

Gemeinsam eintauchen, selbst Hand anlegen und Biotechnologie begreifen.

Biotechnologie für alle

Biotechnologische Forschung findet heute nicht mehr nur in spezialisierten Labors statt. Eine wachsende Gemeinschaft von Biologen, Bastlern und Technikbegeisterten experimentiert in Küchen, Werkstätten und Eigenbau-Labors. Einige sehen in der Demokratisierung der Biotechnologie eine Gefahr; andere die Chance für ein besseres Verständnis von komplexen wissenschaftlichen Zusammenhängen in der Gesellschaft.

Was sich anfangs 1990er-Jahre in der Software-Entwicklung ereignete, wiederholt sich seit wenigen Jahren im Bereich der Biotechnologie: «Open Source»- und «Do it yourself (DIY)»-Strategien eröffnen einer breiten Gemeinschaft ein Wissensgebiet, das traditionell von Experten, Universitäten und Grossunternehmen besetzt war. 2008 machten es sich einige Technik-Freaks in Boston zum Ziel, die biotechnologische Forschung aus den etablierten Institutionen in die Garagen und Küchen in den Städten und auf dem Land zu holen. Seither entstanden in Europa, den USA und in Asien dutzende Garagenlabors mit Waagen, Mixer, Kühlschränken und Inkubatoren, die sich die Initiatoren günstig über ebay zusammenkaufen. Teils werden die Labors auch gleich mit

selbstgebauten Bioanalytik-Geräten bestückt. Neugierige Laien und gestandene Forscher experimentieren dort Schulter an Schulter. Sie gehen ihren persönlichen Biotech-Forschungsprojekten nach oder frönen auch einfach nur der Freude am Selbermachen.

Mikroskope aus Billig-Webcams

Mehrere parallele Entwicklungen haben zum Aufschwung der DIY-Biotechnologie geführt: Die technischen Komponenten für die Entwicklung von eigenen Bioanalytik-Geräten, darunter Mikrochips und LEDs, wurden dermassen billig, dass sie heute auch für Laien erschwinglich sind. Mit viel Kreativität bauen DIY-Bio-



Forschen mit selbstgebaute Laborinstrumenten im Luzerner GaudiLabs. In kurzen Hack-Sprints werden in interdisziplinären Teams Projekte weiter entwickelt.



logen aus Einzelkomponenten neue Labormaterialien wie Spektrometer, Mikroskope oder sogar DNA-Sequenziermaschinen. Die Strategie des «Hackens» ist dabei ein integraler Bestandteil: Günstige, für den Massenmarkt produzierte technisch hochstehende Geräte wie Smartphones werden für neue, labortüchtige Funktionen modifiziert. Zum Beispiel finden Interessierte im Internet Anleitungen, um aus einer Webkamera für wenige Franken ein Computer-kompatibles Mikroskop zu basteln (http://hackteria.org/wiki/DIY_microscopy). Die Elektronik der Webcam 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 angestrahlt.

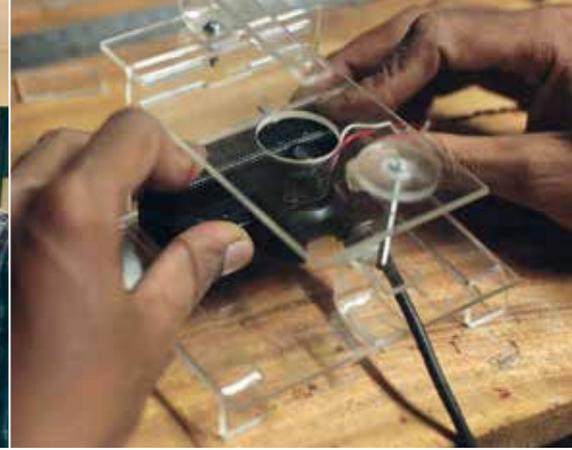
Weiter wurde die DIY-Biologie von den neuen interaktiven und kollaborativen Möglichkeiten des Web 2.0 und der sozialen Medien beflügelt: Neu gegründete Labors haben sich schnell vernetzt. Über Blogs tauschen die DIY-Biologen untereinander weltweit Wissen aus. Wissenschaftliche und technische Erkenntnisse sind dadurch je länger je mehr nicht mehr nur in spezialisierten Magazinen für ein Fachpublikum verfügbar, sondern jede und jeder mit einem Internet-Anschluss kann darauf zugreifen. Was in den Garagenlabors entwickelt wird, wandert meist sowieso gleich ins Netz. Denn es gehört zu den ungeschriebenen Gesetzen der DIY-Biologen, dass Neuentdeckungen und -entwicklungen über das Internet geteilt werden. Ähnlich wie die Open-Source-Community bevorzugt man das Copyleft vor dem Copyright. Biotechnologische Innovationen sollen nicht wie in kommerziellen Unternehmen geschützt werden, sondern im Gegenteil demokratisiert und verbreitet werden. Über die Online-Plattform

«Hackteria.org» zum Beispiel finden Interessierte ein Wiki mit über 80 gelisteten Projekten; darunter Baupläne für Geräte, Codes für die Software-Programmierung und Projektbeschreibungen. Nicht zuletzt ist die DIY-Biologie aber auch ein Ausdruck einer neuen, zeitgenössischen Lust des gemeinschaftlichen Selbstermachens. Neben neuen kollektiven Werkstätten, Nähateliers und FabLabs mit 3D-Druckern sind die kollaborativen, meist durch Beiträge von Mitgliedern getragenen DIY-Biolabors Teil dieses Trends.

Neue Gefahr und Limiten

Doch lauern in dieser Demokratisierung einer Technologie, zu der einst nur Spezialisten Zugang hatten, auch Gefahren? Darüber wurde insbesondere in den USA in den vergangenen Jahren eine öffentliche Debatte geführt. Einige befürchten neue Schlupfwinkel für die Entwicklung von biologischen Kampfstoffen oder Unfälle mit verheerenden Folgen. Das ist wohl übertrieben, aber die Gefahr des Missbrauchs soll auch nicht kleingeredet werden. Um dieser zu begegnen, verfolgen die USA mittlerweile eine Kooperationsstrategie. Das FBI veranstaltet Kurse für Leiter von Garagenlabors und sensibilisiert diese darauf, verdächtige Mitglieder frühzeitig zu melden (<http://ask.diybio.org/>).

Bei vielen analytischen Aktivitäten, unter anderem im Dienstleistungssektor, müssen sich Labors nach nationalen und internationalen Regeln und Standards richten, in denen beispielsweise die Wahl der Methoden und Instrumente vorgegeben sind. Zudem müssen die Labors oft auch noch akkreditiert werden. Diese Bereiche werden deshalb professionellen spezialisierten Labors vorbehalten bleiben.



Workshops zum Umbau einer Webcam in ein DIY Mikroskop wurden schon weltweit durchgeführt.

Potenzial für Entwicklungsländer und Lehre

Die Biotechnologie und die biologischen Wissenschaften im Allgemeinen bewegen sich in Richtung immer höherer Komplexität und DIY-Biologie sollte nicht zu einer neuen «Übersimplifizierung» führen. So müssen auch einfachere Lösungsansätze aus einer wissenschaftsethisch sauberen Grundhaltung heraus verfolgt werden und wissenschaftlichen Standards standhalten.

Wo Wissen und Gelder für teure bioanalytische Analytik oft fehlen, könnte das Selbermachen Alternativen bieten.

Die Vertreter der DIY-Biologie betonen, dass sie bezüglich Infrastruktur und Wissen niemals in der Lage wären, gefährliche Organismen zu produzieren, und vor allem genauso wenig Interesse daran hätten wie die Gesellschaft. Für sie überwiegen die positiven Potenziale des DIY-Ansatzes, zum Beispiel für Entwicklungsländer. Wo nämlich Wissen und Gelder für teure bioanalytische Analytik oft fehlen, könnte das Selbermachen Alternativen bieten. So machten letztes Jahr drei Erfinder aus den Niederlanden von sich reden, die mit einem Haartrockner, einer Schuhschachtel und etwas Elektronik einen Malaria-Detektor entwickelten, der mittlerweile zu einem Prototypen für den Feldeinsatz in Afrika weiterentwickelt wurde (www.amplino.org). Trotz Weiterentwicklung ist er noch immer um ein vielfaches günstiger als gängige Maschinen für die quantitative Echtzeit-PCR; eine Ver-

vielfältigungsmethode für Nukleinsäuren anhand einer Polymerase-Kettenreaktion (PCR), mit welcher DNA quantifiziert wird.

Die DIY-Biologen sehen aber auch Chancen für die Lehre in Entwicklungsländern. Wo die Budgets für Ausbildung klein sind und der Zugang zu Labors sowie Fachliteratur stark beschränkt ist, könnten Garagenlabors neue Wege des Lernens eröffnen.

Doch auch bei uns werden die Chancen des Selbermachens für die Lehre zunehmend erkannt. Der ETH-Professor Gerd Folkers schrieb unlängst in einem Essay mit dem Titel «Der Sinn des Begreifens»: «Fälschlicherweise werden «verstehen» und «begreifen» heute synonym verwendet. Begreifen heisst [...] Geist und Körper zu benutzen, um ein Objekt zu deuten. Und genau dies ist notwendig, um uns als körperliche Wesen eine Vorstellung von der Welt, die uns umgibt, zu machen.» Im Unterschied zu «Verstehen», das rein im Geist ablaufen kann, hat «Begreifen» ein körperliches Element mit dem «Greifen mit den Händen». Garagenlabors können Räume sein für solches «Begreifen»; der DIY-Ansatz die Philosophie dazu. Hier soll Wissen nicht von Experten zu Lernenden unidirektional vermittelt werden. Vielmehr soll sich jeder mit seinem spezifischen Wissen einbringen können. In einem weitgehend hierarchielosen Raum werden so gemeinsam neue Geräte, Projekte und Produkte erarbeitet und die Beteiligten können dabei voneinander lernen. In einer Welt, die mehr und mehr von (Bio-)Technologie durchdrungen ist, könnte ein solches «Begreifen» zu einer besser fundierten Debatte in der Gesellschaft über komplexe Themen wie Gentechnologie oder Stammzellenforschung beitragen.



Die Werkstatt als Raum zum Entwerfen, Besprechen, Austauschen, Begreifen, Abwägen und Umsetzen.

«Do it yourself» in der Bioanalytik: Selbermachen und

Die SATW hat im Oktober 2014 in Zusammenarbeit mit der FHNW und dem Netzwerk «Hackteria» einen zweitägigen Workshop zu «Do-it-yourself von Laborgeräten in der Bioanalytik» veranstaltet. Dabei stand die Frage im Zentrum, wie Biohacking und Do-it-yourself-Strategien als sinnvolle Unterrichtseinheiten genutzt werden können.

Im Raum 229 der Hochschule für Life Sciences FHNW in Muttenz wird an diesem Donnerstagnachmittag für einmal ein wenig anders gelernt. Wo sonst Studierende in Reihen den Ausführungen eines Professors an der Wandtafel oder vor einer Power-Point-Präsentation lauschen, haben sieben Workshop-Teilnehmer ein temporäres Biotechnologie-Labor aufgebaut. Es könnte auch Daniel Düsentricks Werkstatt sein: Verstreut auf mehreren zusammengeschobenen Tischen liegen Schraubenzieher, Heissleimpistolen, Multimeter, Laptops, Reagenzgläser, Zangen, winzige Leuchtdioden, Drähte und Digitalanzeigen. In einer Ecke wurde eine kleine Nasszone eingerichtet mit Pipetten, Gläschen für den Photometer, PVC-Handschuhen und einem Sack Kartoffeln. Die Wandtafel vor den Tischen zieren Chemieformeln und Schemata von elektrischen Schaltkreisen.

Lernen von den Biohackern

Im zweitägigen Workshop sollen Strategien der DIY-Biologie und der weltweit verbreiteten Garagenlabors in die wissenschaftliche Lehre integriert werden. Dafür hatten Daniel Gygax, Professor am Institut für Chemie und Bioanalytik an der FHNW, Marc Dusseiller, Mitgründer des DIY-Biotechnologie-Netzwerks «Hackteria», und Urs Gaudenz, Dozent für Produktinnovation an der HSLU und Mitglied von Hackteria, gemeinsam mit der SATW eine Lehrereinheit gestaltet. Diese sollte nun an einer Gruppe von erfahrenen Biohackern, Studierenden und interessierten Laien ausprobiert werden.

Im Workshop sollen Strategien der DIY-Biologie und der weltweit verbreiteten Garagenlabors in die wissenschaftliche Lehre integriert werden.



Das Entstehen von Geräten, das Leben von Prozessen. Der Weg ist auch ein Ziel.



begreifen

Der Workshop bestand aus mehreren Modulen, die eng ineinander verzahnt waren. Die Kursorganisatoren hatten sich bewusst für ein Wechselspiel zwischen Theorie und Praxis und thematischen Einführungen in Elektronik, Biologie und Messtechnik entschieden. Dadurch waren die Teilnehmer gefordert, sich andauernd auf Neues einzulassen und dieses mit dem soeben Erlernten zu verbinden. Hinzu kam, dass sich die Teilnehmer dadurch auch physisch im Raum bewegen mussten und sich stets neu gruppierten. Dass der Kurs nicht in einem der zahlreichen Biotechnologie-Labors der FHNW Muttenz stattfand, war bewusst gewählt. Der Aufbau des eigenen Labors ist ein wichtiges Element der DIY-Philosophie. Dadurch soll die Neugierde der Teilnehmer gesteigert und das Bewusstsein dafür gestärkt werden, dass keine teure High-Tech-Infrastruktur nötig ist, um Bioanalytik zu betreiben.

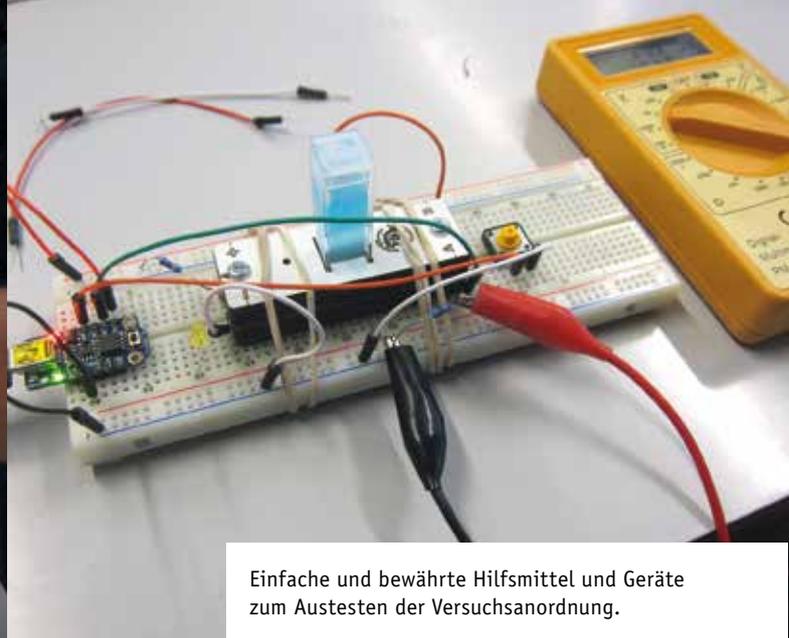
Phosphatase-Aktivitäts-Test mit Kartoffeln

In einem ersten thematischen Teil erhielt die Gruppe einen Crash-Kurs in Elektronik. Danach wurde sie aufgefordert, mit einfachen elektronischen Komponenten – darunter Leuchtdioden (LEDs), Knopfzellen, Widerstände und Multimeter – zu exper-

imentieren. Darauf folgten erste Arbeiten im Küchenlabor, wobei die Teilnehmer lernten, wie sich natürliche Enzyme isolieren und anreichern lassen. Sie schälten und schnitten Kartoffeln und pressten diese mit einer Knoblauchpresse aus. Über ein Fil-

Der Aufbau des eigenen Labors ist ein wichtiges Element der DIY-Philosophie.

terpapier trennten sie die flüssigen von den festen Bestandteilen. Aus dem Kartoffelextrakt wurden anschließend durch Pipettieren Verdünnungsreihen erstellt, um später einen Phosphatase-Aktivitäts-Test mit para-Nitrophenylphosphat durchzuführen. Die Phosphatasen katalysieren den Abbau dieser farblosen Substanz zu para-Nitrophenol, das gelb ist und dessen Konzentration deshalb spektroskopisch (bei einer Wellenlänge von 405 nm) gemessen werden kann. Aus der Menge an para-Nitrophenylphosphat, die zugegeben wurde, und der Menge an para-Nitrophenol, die gemessen wird, kann dann die Aktivität der Phosphatasen bestimmt werden.



Einfache und bewährte Hilfsmittel und Geräte zum Austesten der Versuchsanordnung.

Nun folgte ein technischer Teil, das so genannte Rapid-Prototyping: Auf Basis der Elektroneinführung konstruierten die Teilnehmer DIY-Messgeräte für die Analyse der zuvor erstellten Verdünnungsreihen. Mögliche Konstruktionen wurden untereinander diskutiert und jeder konnte mit dem zur Verfügung stehenden Material sein individuelles Messgerät zusammenstellen. Ziel dieses «Pröbelns» war es, am Ende zu einem stabilen Messaufbau bestehend aus Küvetten-Halterung, Streulichtschutz, Spannungsversorgung und Messelektronik zu gelangen. Mit diesen einfachen Aufbauten konnten die DIY-Biologen anschließend die Phosphatase-Aktivität im Kartoffel-Extrakt messen.

Wir haben uns ständig untereinander ausgetauscht und unsere Entwürfe verglichen. Jeder hat sich eingebracht, egal wie viel er bereits über DIY-Biologie wusste.

Um das Prinzip von Spektrometrie und Kalibrierung verständlich zu machen, wurde der Messaufbau von einem theoretischen Teil begleitet, indem die Teilnehmer das Wichtigste zur Umrechnung von Messresultaten erfuhren. Zugleich wurden sie ins Lambert-Beersche Gesetz zur Abschwächung der Strahlungsintensität von Licht in Abhängigkeit von einer absorbierenden Substanz eingeführt.

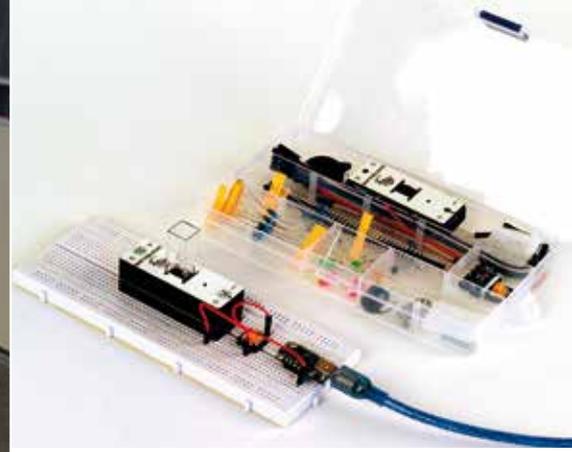
Erfahrene Workshop-Teilnehmer gingen noch einen Schritt weiter und rüsteten ihren Aufbau so um, dass sie die Messresultate des selbstgebauten Spektrometers gleich auf ihrem Laptop aufzeichnen und analysieren konnten. Möglich ist dies dank einfach programmierbaren Microcontrollern basierend auf der Open-Hardware-Umgebung von Arduino.cc, wie sie heute von vielen Ingenieuren und Bastlern verwendet wird. Der Controller wird über einen USB-Anschluss direkt mit dem Laptop verbunden und mit Open-Source-Software aus dem Internet bedient.

Einblick in die Blackbox

Am Ende des zweiten Workshop-Tages diskutierte die Gruppe ihre Resultate untereinander. Gleichzeitig holten sich die Veranstalter ein Feedback ein über Ablauf und Schwierigkeiten beim DIY-Ansatz. Dabei zeigte sich, dass sich einige etwas mehr Theorie zu Elektronik und Biologie gewünscht hätten, während andere speziell den stark aufs Selbermachen fokussierten «Hands-on»-Ansatz schätzten. Die Abwesenheit von klaren Anweisungen bei gleichzeitiger Verfügbarkeit von unterschiedlichen Werkzeugen und Komponenten trage zur Kreativität bei jedem einzelnen bei, so ein Kommentar aus der Runde. Für Mitorganisator Urs Gaudenz war vor allem die Lern-Atmosphäre während des Workshops einzigartig: «Wir haben uns ständig untereinander ausgetauscht und unsere Entwürfe verglichen. Jeder hat sich eingebracht, egal wie viel er bereits über DIY-Biologie wusste.» Gaudenz verstand sich dabei nicht als Workshop-Leiter, sondern vielmehr als «Facilitator», als ein Vereinfacher des Ablaufs mit einem spezifischen Wissen. Er und



Etwas müde, aber die Gewissheit etwas geschaffen und begriffen zu haben.



seine Kollegen schlagen drei solche Facilitator pro Workshop vor, die sich idealerweise interdisziplinär ergänzen: Einer mit spezifischen Wissen in Bioanalytik oder Molekularbiologie, einer mit Wissen in Elektrotechnik oder Hardware-naher Programmierung und ein weiterer mit Erfahrung in interdisziplinären Projekten und Peer-to-Peer-Lernformen.

Eine solche Lehrform stellt aber auch hohe Anforderungen an die Organisatoren: «Es ist wichtig, dass sich die Lehrpersonen auf den Prozess des gemeinsamen Forschens und Lernens einlassen», betont Marc Dusseiller. «Nur so kann das Wissen der Teilnehmer so gut wie möglich in den Kurs einbezogen werden, was die Voraussetzung für einen Lernerfolg ist.»

Der grosse Vorteil des DIY-Ansatzes ist, dass die Studierenden ein Gefühl dafür kriegen, was in bioanalytischen Geräten steckt.

Daniel Gyax hat nun an der FHNW einen DIY-Bioanalytik-Kurs ins sechste Semester des Studiengangs «Molecular Life Science» integriert. Er sieht darin vor allem eine Chance, um die unterschiedlichen fachlichen Vorbildungen in Chemie, Biologie und Engineering für die Lehre fruchtbar zu machen. «Der grosse Vorteil des DIY-Ansatzes ist, dass die Studierenden ein Gefühl dafür kriegen, was in bioanalytischen Geräten steckt und welche Komponenten es braucht, um bioanalytische Messungen durchzuführen», sagt Gyax. «Sie sehen in solchen Instrumenten nicht mehr nur eine Blackbox.» Ein Student in der Gruppe war überzeugt, dass diese praktische und selbstgesteuerte Art des Lernens bei seinen Kollegen und Kolleginnen gut ankommen wird. Dies bestätigt auch die Rückmeldung aus dem ersten regulären DIY-Bioanalytik-Kurs. Die Rückmeldungen der Studenten waren durchwegs positiv.

Vademekum für DIY-Lehre

Die Erfahrungen des Workshops «Do-it-yourself von Laborgeräten in der Bioanalytik» wurden in einem Vademekum aufgearbeitet. Dieses beinhaltet mögliche Lernsequenzen, Ablaufpläne, Materiallisten, Theorie und Software-Codes. Das Vademekum und Informationen zu weiteren Workshops stehen sämtlichen Lehrpersonen und Interessierten unter <http://hackteria.org/education/satw/> frei zur Verfügung.

Weitere Informationen zu den Tätigkeiten des DIY-Biotechnologie-Netzwerks Hackteria

<http://hackteria.org>

Weitere Informationen zu Do-it-yourself-Laborinstrumenten und Lehre

GaudiLabs, Luzern, DIY-Labor-Instrumente

<http://www.gaudi.ch/GaudiLabs/>

wetPONG – Laborkurse mittels DIY-Methoden zu Themen der Mikrofluidik und Nanotechnologie, FHNW

<http://wetpong.net/>

BioHack Academy – Open Wetlab @ Waag Society, Amsterdam

<http://waag.org/biohackacademy>

BIO-DESIGN for the REAL WORLD, hosted at School of Life Sciences at EPFL and Hackuarium, Renens:

<http://biodesign.cc/>

<http://hackuarium.org/>

MIT Media Lab (eg. Lifelong Kindergarten and others):

<http://www.media.mit.edu/>

Public Lab: a DIY environmental science community

<http://www.publiclab.org/>

J.M. Pearce, Open-Source Lab: How to Build Your Own Hardware and Reduce Research Costs, Elsevier 2014

http://www.appropedia.org/Open-source_Lab

Impressum

SATW INFO 2/15, August 2015

SATW Geschäftsstelle

Gerbergasse 5, 8001 Zürich

Tel. +41 44 226 50 11

info@satw.ch

www.satw.ch

Redaktion: Samuel Schläfli, Beatrice Huber

Fotos: Hackteria

SATW

Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften
Académie suisse des sciences techniques
Accademia svizzera delle scienze tecniche
Swiss Academy of Engineering Sciences



Mitglied der
Akademien der Wissenschaften Schweiz