



Die andere Seite der Videogames 10

Künstliche Intelligenz
verwirren 34

Laborfleisch hat
Nebenwirkungen 38

Ein Einhorn aus
der Bibel 44

- 3R -
Der Weg zu weniger
Tierversuchen
Seite 25

World of Warcraft für den Lebenslauf

Die Kehrtwende kam abrupt. Noch vor einem Jahrzehnt waren Videospiele ein Schreckgespenst: Gamen schotte die Jugendlichen von der Wirklichkeit ab und lasse sie gewalttätig werden, war man sich weit hin einig. Diese vereinfachte und überzeichnete Sicht hat inzwischen einem differenzierteren Bild der neuen Kultur Platz gemacht. Experten weisen auf die wirtschaftliche Bedeutung der Branche hin, welche die Filmindustrie in den Schatten stellt, und Schweizer Hochschulen profilieren sich mit Kursen in «Game Design».

Diese Entwicklung geht weiter. Bereits wird in Lebensläufen auf die Erfahrung mit Online-Rollenspielen verwiesen – die sogenannten MMORPG wie World of Warcraft. Und das ist keineswegs abwegig: Bei einer Tasse Kaffee mit einem koreanischen Teamkollegen skypen, mühelos zwischen Kampfszenen und Strategiekarten wechseln, eine Flut von Informationen nach Nutzbarem filtern oder die ganze Nacht durchhalten, um in der Rangliste nach oben zu klettern – das sind in der modernen Berufswelt erwünschte oder sogar geforderte Fähigkeiten. Die zunehmende Bedeutung der digitalen Kultur, ihre Codes und ihre Praktiken lassen sich nicht länger ignorieren. Passionierte Gamer haben sich dabei einen Vorsprung erspielt: Sie haben bereits gelernt, sich sowohl in der realen als auch in der virtuellen Welt zu behaupten.

Die Wissenschaft interessiert sich nun also auch für die Lerneffekte von Videospiele. Doch davon auszugehen, dass alle Gamer von heute zu beispielhaften Berufsleuten von morgen heranreifen, wäre illusorisch. Diese naive Hoffnung entspringt wohl einer Strategie zur Bewältigung des Unbehagens, das viele angesichts der fortschreitenden Digitalisierung verspüren. Denn wenn wir etwas Unbekanntem gegenüberstehen, stürzen wir uns oft auf das erstbeste Gegenmittel und schreiben ihm geradezu magische Kräfte zu.



Daniel Saraga, Chefredaktor

Die Schule und auch die Eltern müssen in dieser Frage eine zentrale Rolle spielen. An die Stelle von Berührungängsten, Unverständnis und Gleichgültigkeit gegenüber der Leidenschaft der Kinder für virtuelle Welten muss ein echter Austausch treten. Damit die neue Generation – ebenso wie die ältere – möglichst bald auf eine reale Welt vorbereitet wird, die zwar zunehmend auch einem Spiel gleichen mag, in der jedoch Belohnungen, Gratisleben und «Restart-Knöpfe» schmerzlich fehlen.

horizonte

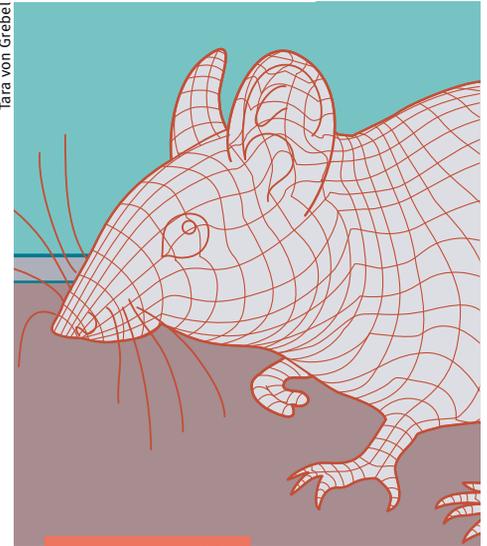
Lesen Sie
uns online:
horizonte-magazin.ch





Shana de Neve

Schwerpunkt Spielen für die Wissenschaft



Tara von Grebel

Wissen und Politik

10

Computerspiele: eine Ehrenrettung

Sie unterhalten, schaffen digitale Pioniere und bringen die Wissenschaft voran. Videogames muss man ernst nehmen.

13 **Fit für die Arbeitswelt**

Früher galten sie als asoziale Aussenseiter. Heute sind die Fähigkeiten der Videospiele auf dem Arbeitsmarkt gefragt.

18 **Sechs Games aus dem Labor Schweiz**

Heimische Videospiele trainieren einen gesunden Rücken, fördern ethisches Verhalten und machen aus Städtern Bauern.

22 **Spieltrieb nützt der Wissenschaft**

Ob bewusst oder nebenbei: Gamer leisten ihren Beitrag zur Lösung von grossen Fragen.

24 **Globalisierung auf chinesisich**

Marc Laperrouza schickt Studierende nach Shenzhen statt San Francisco.

25 **Tierversuche minimieren**

Ersetzen, verringern und verbessern - und trotzdem gelingt der totale Verzicht auf Tierversuche nicht.

29 **Bekannte Stimme der Wissenschaft**

Der neue Präsident der Akademien der Wissenschaften, Antonio Loprieno, setzt auf Dialog.

30 **Open Access hat es nicht leicht**

Das revidierte Urheberrecht könnte die Bemühungen für Open Access gefährden.

◀ Umschlag: Pong war das erste kommerziell erfolgreiche Computerspiel. Das digitale Tischtennis wurde ab 1972 von Atari verkauft. Spielstand: 1:0. Bild: 2. Stock Süd

◀ Umschlag innen: Heutige Videogames fordern von ihren Nutzern viel Multitasking, eine intensive Zusammenarbeit mit andern Spielern und ein gutes räumliches Vorstellungsvermögen. Bild: Shana de Neve

34

Curioso/Shutterstock



Umwelt und Technik

34 Künstliche Intelligenz verstehen

Forschende verwirren und täuschen neuronale Netzwerke - um sie zu begreifen.

37 Schatten schadet Solarzellen Herz treibt den Herzschrittmacher an Rissprognose für Beton

Im Bild

6
Bunter Informationsfluss im Kopf

kontrovers

8
Haben Menschen das Recht, mit ihren Genen zu experimentieren?

38

CANA atelier graphique



Biologie und Medizin

38 Fleischalternativen auf dem Prüfstand

Umweltverschmutzung und Ressourcenverbrauch: Was bringt das Laborschnitzel?

40 Neue klinische Studien gefordert

Ein Statistiker zweifelt das Fundament der personalisierten Medizin an.

41 Suizid mit Medikamenten Gammastrahlentherapie gegen Tremor Weshalb Käfer so schön schimmern

Vor Ort

32
Unter Hochspannung im Labor

Wie funktioniert's?

49
Kampagnen effizienter organisieren

42

Valérie Chérelat



Kultur und Gesellschaft

42 Ein gewählter Politologe

Theorie und Praxis sind für Romain Felli Alltag: Der Politologe ist auch Politiker.

44 Tierische Geschichten

Einst galt das Einhorn als mächtig und gefährlich. Wie es zu einem niedlichen Tier wurde, erklären Berner Forscher.

46 Staatliche Gewalt gegen Bürger

Wie Entscheidungsträger in einem Land über Konflikte sprechen, hat einen Einfluss auf die Lösungsansätze.

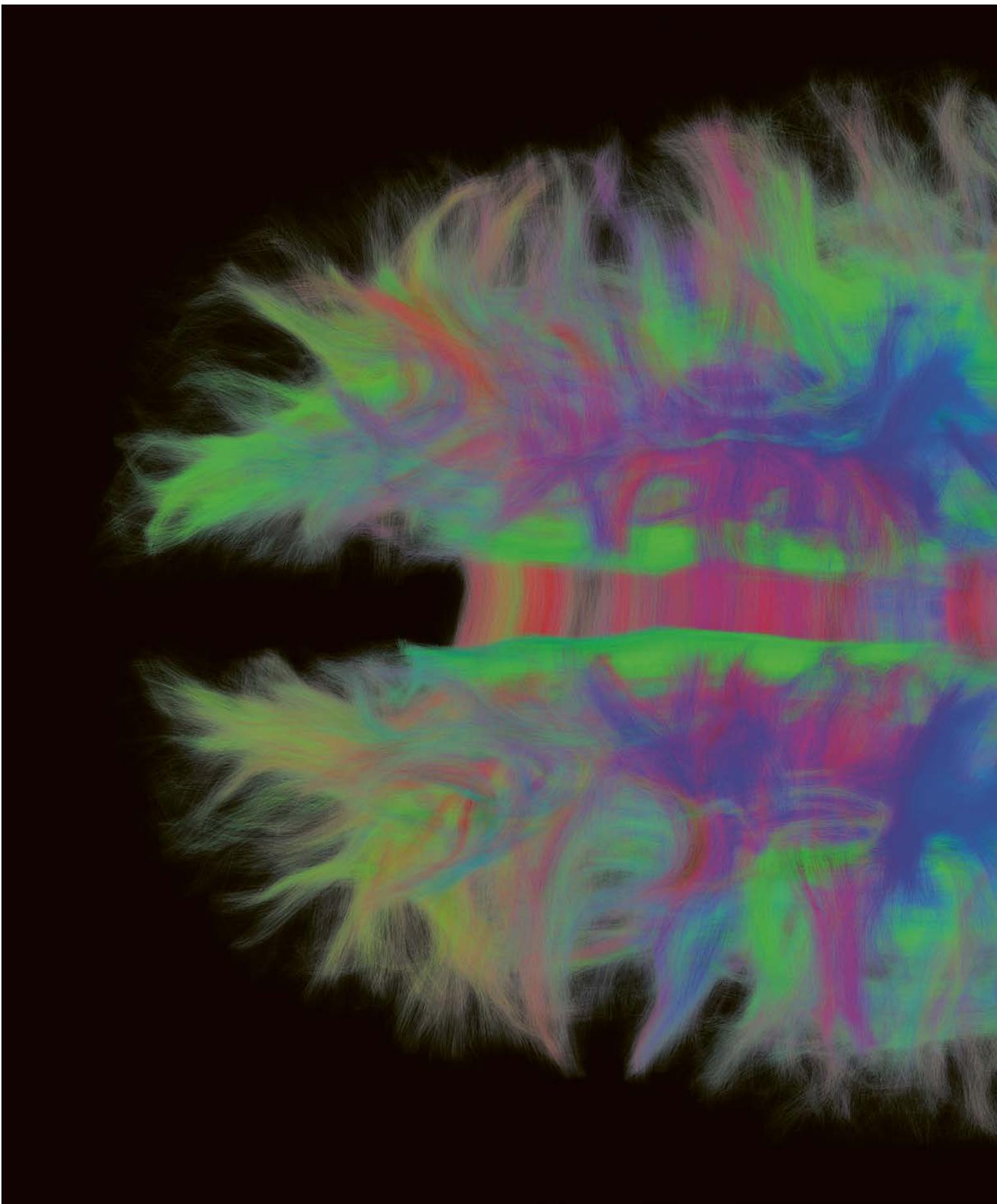
48 Konfliktnetzwerke entflechten Prozesse im Asylverfahren verstehen Feiern wie die alten Römer

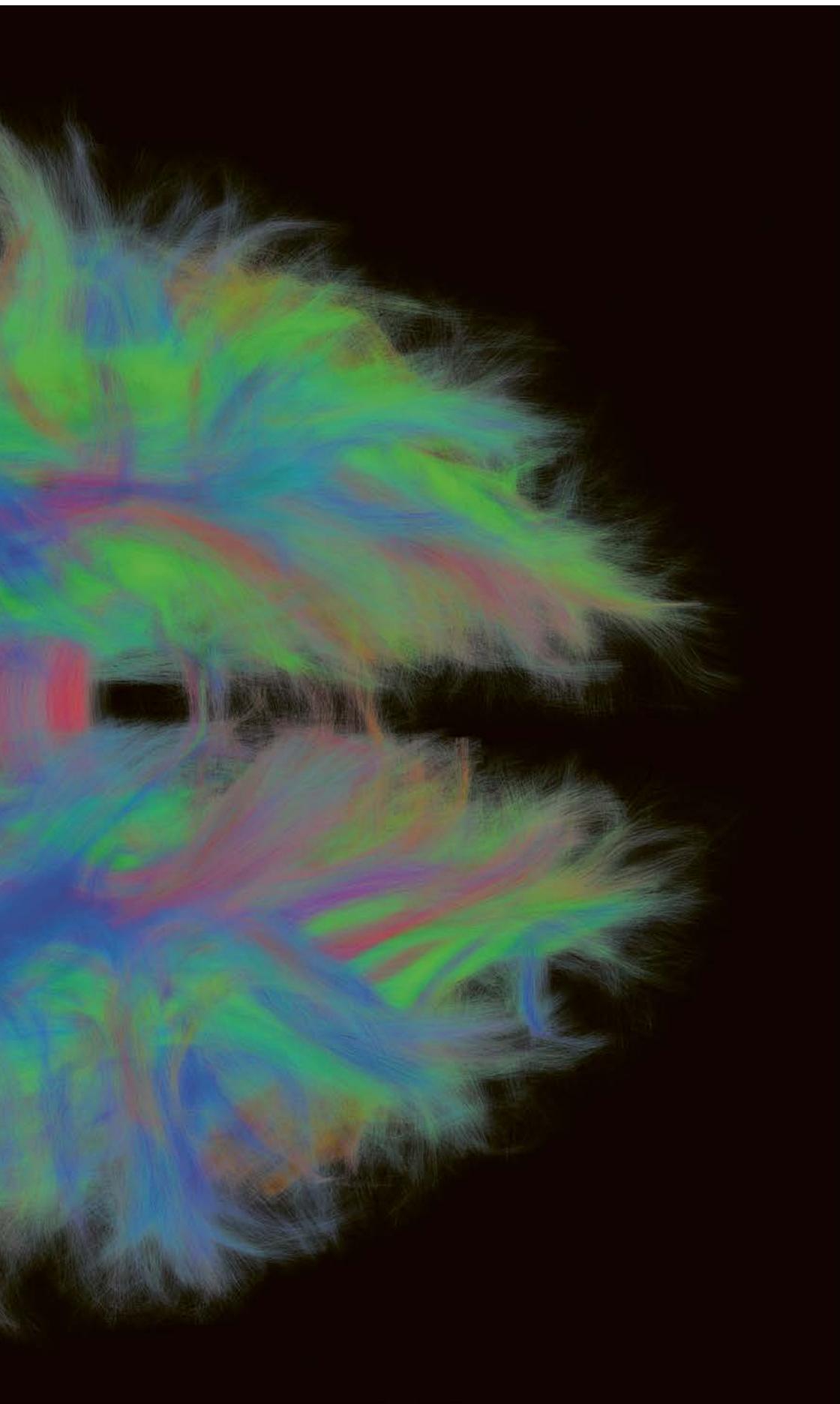
Aus erster Hand

50
Symposium für digitale Weiterbildung

SNF und Akademien direkt

51
Mädchen für Technik begeistern





Die weisse Substanz in Farbe

Dieses Bild, das an eine Nuss erinnert, zeigt unser Gehirn von oben. Die Farben veranschaulichen die Richtung der Informationsflüsse: grün für Längs-, rot für Quer- und blau für Vertikalverbindungen. Gut sichtbar ist in der Bildmitte der rot eingefärbte Balken, der die beiden Hirnhälften verbindet.

Das Bild wurde mittels Traktografie von Gabriel Girard im Rahmen seiner Postdocstelle am Labor für Signalverarbeitung 5 der EPFL aufgenommen. Mit dieser Methode lässt sich die weisse Substanz des Gehirns darstellen. Diese besteht aus Axonen – die Fortsätze der Nervenzellen, die diese Zellen miteinander verbinden. Die sogenannte graue Substanz wiederum besteht hauptsächlich aus dem Zellkörper der Nervenzellen.

«Diese Bilder zeigen, in welche Richtungen die Informationen im Gehirn fliessen», erklärt der Forscher aus Québec. «Damit ist es möglich, Gewebe zu gruppieren und die Regionen der Grosshirnrinde zu kartografieren. Vor allem zeigen sie, wie diese verbunden sind, womit sie einen Beitrag zur Konnektomik leisten.»

Die Traktografie beruht auf diffusionsgewichteten MRI. Dieses Bildgebungsverfahren stellt die Bewegung der Wassermoleküle dar und nicht wie bei einem klassischen MRI deren Standort. Da sich die Moleküle vor allem entlang der Axone bewegen, lässt sich der Verlauf der Nervenbahnen abbilden.

«Dieses Bild widerspiegelt nur eine erste Etappe», ergänzt Gabriel Girard. «Unser Team untersucht die Axone noch detaillierter, zum Beispiel die Grösse oder Anzahl der Axone, und wir suchen nach Zusammenhängen mit Krankheiten.» Eine lokale Degeneration von Nervengewebe zum Beispiel kann die Signalübertragung beeinträchtigen, was durch die Traktografie sichtbar wird.

«Ich zeige gern solche Bilder. Sie machen neugierig und werfen Fragen auf. Das ist ein guter Einstieg, wenn ich Personen aus andern Disziplinen meine Forschung erklären will.»

Daniel Saraga

Bild: Gabriel Girard/EPFL



Abbey Goldman (Fotomontage)

«Unsere Gene sollen nicht mehr nur ein Zufallsprodukt sein, sondern eine bewusste Wahl.»

Dürfen wir am eigenen Genom experimentieren?

Biohacker weltweit beginnen ihre genetischen Methoden an sich selbst zu testen. Ist es ein Menschenrecht, seine eigene DNA zu verändern?



Manu Friederich

«Naiv ist weniger die Sehnsucht nach Verbesserung als die Behauptung, dieser Wunsch sei freiwillig und authentisch.»

Ich experimentiere auf dem Gebiet der Genetik. Seit Jahren arbeite ich an der Heilung genetischer Krankheiten bei Hunden und an mir selber. Ich habe vorübergehend neue Gene zu einigen meiner Zellen hinzugefügt – als Vorbereitung für etwas Bedeutenderes.

Ich bin Biohacker und verändere Gene in meinem Labor zu Hause. Das erste Experiment wird eine Nachbildung eines klinischen Versuchs von 2008 an der Ohio State University sein, bei dem Patienten mit Muskeldystrophie zusätzliche Kopien des menschlichen Follistatin-Gens erhielten. Dieses bewirkt eine grössere Muskelmasse und weniger Körperfett. In Mäusen erhöht sich die Lebenserwartung um 15 Prozent. Das ist gut belegt. Ich will diese Verbesserung für mich selber. Reiche Medizintouristen können sie für rund eine Million Dollar kaufen. Ich werde keine Million ausgeben müssen.

Biohacker sind eine lose organisierte weltweite Gemeinschaft, die Methoden wie die Gentechnologie allen Menschen zugänglich machen will. Deshalb verfolgen wir einen Open-Source-Ansatz: Wir teilen alles mit der Welt – Erfolge und Misserfolge. Die Grundidee ist, dass die reinste Forschung und Entwicklung am transparentesten und offensten sein sollte.

Unser Körper, unser Genom, gehört nur uns selber. Niemand kann uns vorschreiben,

wie unsere Gene sein sollten. Die Selbstbestimmung über den Körper ist ein grundlegendes Menschenrecht, und das Genom ist vermutlich das Persönlichste, was einem gehören kann. Vielleicht gibt es für die Freiheit des Menschen kein fundamentaleres Recht als das Recht, das zu sein, was man sein möchte, bis hinunter auf die molekulare Ebene.

Dieses Recht lässt sich leicht in Abrede stellen, weil niemand es bisher in Anspruch nehmen konnte. Ich behaupte, dass wir dieses Recht schon immer hatten, nur nicht die Möglichkeit, es zu nutzen. Da uns diese nun durch neue Gentechniken wie CRISPR offensteht, müssen wir uns der Tatsache stellen, dass jede Person das Recht hat, über ihr eigenes Genom zu bestimmen.

Ja

sagt Biohacker David Ishee.

Es bestehen Risiken, diese betreffen aber nur mich selbst, weshalb es mir freistehen sollte, sie einzugehen. Und ich bin nicht der Einzige. Viele Leute wollen mit dieser Technologie Veränderungen bei sich selber herbeiführen. Einige haben

Erbkrankheiten, und ihre Zeit wird knapp. Weil es keine Behandlung gibt, wollen sie ihre eigenen Helden sein. Andere wollen ihre Gene nach ihren Wünschen gestalten. Alle arbeiten daran, die Techniken zu verbessern und die Technologie anwenderfreundlicher, kostengünstiger und sicherer zu machen.

Der Menschheit eröffnet sich eine neue Chance – mit tiefgreifenden Veränderungen und wunderbaren Zukunftsperspektiven. Ich freue mich auf eine vielfältigere und gesündere Menschheit. Unsere Gene sollen nicht mehr nur ein Zufallsprodukt sein, sondern eine bewusste Wahl. Die Frage war nie, ob die Leute das Recht haben, ihre Gene zu verändern, sondern, weshalb sich jemand das Recht nehmen darf, über die Gene anderer Menschen zu bestimmen. Kurz gesagt: Nun, wo Sie die Wahl haben – welche Gene hätten Sie denn gerne?

David Ishee ist ein Biohacker aus Mississippi (USA) und Inhaber des auf Hundezucht spezialisierten Unternehmens Midgard Mastiffs.

Ja sagt auch die Bioethikerin Effy Vayena. Lesen Sie online: bit.ly/Ho_116_kontrovers

Die Do-it-yourself-Gentherapie (DIY) folgt konsequent den vor einigen Jahren erfolgreich etablierten Direct-to-Consumer-Genests. Wer privat diagnostizieren darf, soll auch selbst therapieren können. Das Mängelwesen Mensch beschäftigte schon Platon. Der alte Traum, menschliche Unzulänglichkeiten zu überwinden, wurde im grossen Stil in den politisch-eugenischen Programmen der US-amerikanischen Technokraten verfolgt, im Stalinismus und im Nationalsozialismus. Eugenik ist seither verpönt und versteckt sich deshalb unter veränderten politischen Vorzeichen hinter dem Schlagwort «Self-Enhancement». «Eu» bedeutet übersetzt gut. Mit dem Präfix «self» wird also behauptet, dass mit Hilfe von Biotechnologien ein selbstgewähltes «Gutes» angestrebt wird, das in der liberalen Gesellschaft notorisch zur Privatsache erklärt wird und deshalb Eingriffen von aussen entzogen ist.

Die Befreiungsrhetorik moderner Biotechnologien hat schon Michel Foucault als Internalisierung des politisch-ökonomischen Programms permanent steigender Effizienzumutungen entlarvt. Naiv ist weniger die Sehnsucht nach Verbesserung als die Behauptung, dieser Wunsch sei freiwillig und authentisch. Tatsächlich

geht es um eine Art «genetical correctness», die sich an den Entscheidungen in der Präimplantations- und Pränataldiagnostik eindrucksvoll studieren lässt. Auch das subversiv daher kommende Biohacking bietet lediglich die Abenteuervariante – gesundheitspolitisch geförderter – Selbstdisziplinierung.

Nein

sagt Frank Mathwig von der Nationalen Ethikkommission.

Das liberal-genetische Credo von der Freiheit zur Selbstmanipulation geht nicht auf. Es kollidiert mit den realen sozialen Verhältnissen, wie die nicht abreissenden Dopingkandale im Sport zeigen. Das Bastel-Ego widerspricht demokratischen Grundsätzen von Gerechtigkeit und Fairness. Das betrifft auch die Frage nach der Kompensation von negativen Folgen der Selbstmanipulation. Diese dem Sozial- und Gesundheitswesen aufzubürden folgt zwar der kapitalistischen Hardcore-Logik, Gewinne zu privatisieren und Verluste zu

sozialisieren, ruiniert aber jeden Sozialstaat. Der Hinweis, mit DIY Krankheiten bekämpfen zu können, kann nur diejenigen überzeugen, die jede Form von Solidaritätsgemeinschaft bereits für bankrott erklärt haben. Bei der ursprünglichsten Form der Genetik, der Reproduktion, ist ungewiss, ob und wie sich genetische Manipulationen der Eltern auf ihr Kind auswirken wird. Spätestens dabei wird klar, dass das «Selbst» in den Ausdrücken «Selbst-Enhancement» und «Selbst-Manipulation» auf eine fatale Selbsttäuschung hinausläuft.

Ironischerweise tritt die Firma Open Discovery Institute, die Biohackern genetische Werkzeuge liefert, mit dem Kürzel «The Odin» auf, also dem Namen des germanischen Göttervaters, Kriegs- und Totengottes Wotan. «Gott zu spielen» scheidet, auch in der modernen Variante der Demokratisierung göttlicher Fantasien.

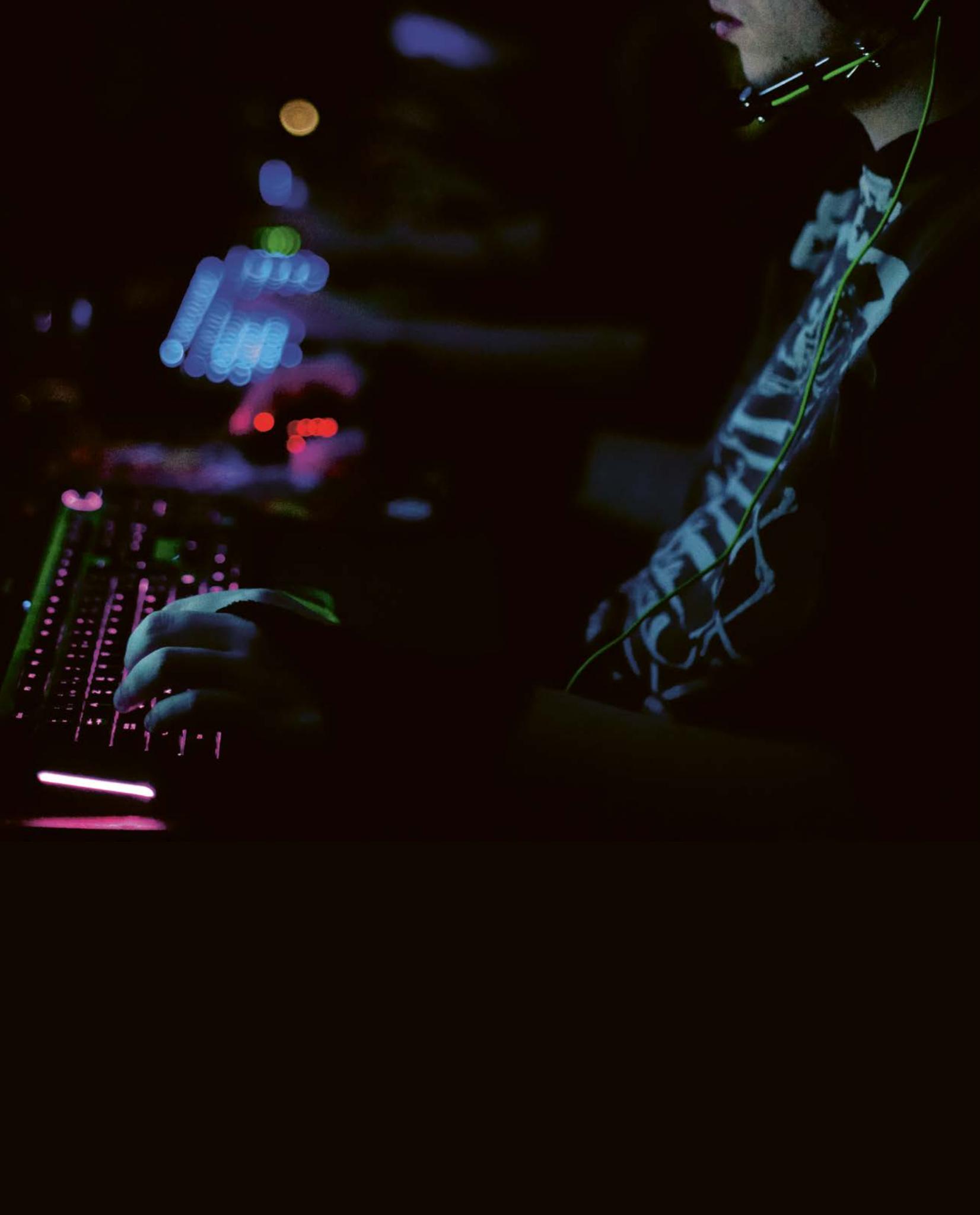
Der Theologe und Ethiker Frank Mathwig arbeitet beim Schweizerischen Evangelischen Kirchenbund und an der Universität Bern. Er ist Mitglied der Nationalen Ethikkommission im Bereich der Humanmedizin.



Die Gamer befassen sich schon heute mit den Herausforderungen von morgen. Das Massenphänomen Videospiele ist längst zum Wirtschaftsfaktor geworden.



**Unscheinbar, leidenschaftlich
und gerüstet für die Zukunft**



Computerspielerfahrung ergänzt den Lebenslauf

Die Generation der Digital Natives drängt auf den Arbeitsmarkt. Dabei können sie von ihrer Erfahrung mit Videogames profitieren – nicht nur als Pilotinnen und Chirurgen. *Von Yvonne Vahlensieck*

Die neusten Helden der Sportwelt tragen keine Fussballschuhe und schwingen keine Tennisschläger – sie sitzen vor einem Bildschirm und dirigieren mit höchster Konzentration und Geschwindigkeit Spielfiguren durch eine virtuelle Welt. Die Wettkämpfe zwischen verschiedenen E-Sport-Teams füllen mittlerweile riesige Hallen und versprechen Preisgelder in Millionenhöhe. Für die Elite der professionellen Gamerinnen und Gamer zahlen sich die vielen vor dem Computer verbrachten Übungsstunden in barer Münze aus.

Doch was ist mit all den andern Jugendlichen, die ebenfalls einen grossen Teil ihrer Freizeit mit Gamen verbringen? Zwei Drittel der Jugendlichen in der Schweiz spielen laut einer von der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften erstellten Studie Videogames – in den USA sind es sogar fast alle. Vielleicht sind diese verspielten Stunden keine Zeitverschwendung, sondern eine Investition in die Zukunft, denn die Arbeitswelt befindet sich im Umbruch: Experten schätzen, dass durch Fortschritte auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz und der Robotik die Hälfte aller Jobs wegfallen wird. Gleichzeitig entstehen aber auch viele neue Arbeitsplätze an der Schnittstelle zwischen Mensch und Technik – und versierte Spieler von Videogames haben womöglich einen Vorteil in dieser neuen Arbeitswelt.

Schneller, genauer, aufmerksamer

Für angehende Chirurginnen und Chirurgen lohnt sich das Spielen auf jeden Fall: Heutzutage sitzen viele während der Operation vor einem Computerbildschirm und steuern von dort aus Kameras und Werkzeuge im Körperinneren. Für solche Schlüsselloch-Operationen brauchen

Ärztinnen und Ärzte ein gutes räumliches Vorstellungsvermögen und eine gute Auge-Hand-Koordination. Studien zeigen, dass Medizinstudierende, die als Jugendliche viel Zeit mit Action-Videogames verbracht haben, einen Vorsprung haben: Sie operieren schneller und machen dabei weniger Fehler.

Auch bei Pilotinnen und Piloten ist bekannt, dass das Spielen von Videogames einen positiven Einfluss hat. Ein Grossteil der Ausbildung findet heutzutage in Simulatoren statt, die sich nicht wesentlich von denen auf dem Heimcomputer unterscheiden. Und auch in einem ganz neuen Beruf lassen sich die beim Gamen erworbenen Fähigkeiten eins zu eins umsetzen: Drohnenpilotinnen und -piloten steuern vom Computer aus unbemannte Flugkörper auf der ganzen Welt – mit dem feinen Unterschied, dass ihre Drohnen nicht über Fantasie-Landschaften fliegen, sondern in der realen Welt unterwegs sind.

Mittlerweile gibt es Hinweise darauf, dass Gamerinnen und Gamer auch in andern Jobs die Nase vorn haben könnten: So prägte der amerikanische Erziehungsexperte Marc Prensky 2001 den Begriff der Digital Natives und postulierte, dass deren Hirnstruktur sich durch die am Computer verbrachte Zeit dauerhaft verändere. Deshalb würden sie anders denken, anders Informationen verarbeiten und anders an das Lösen von Problemen herangehen.

Tatsächlich bestätigte eine systematische Analyse der wissenschaftlichen Literatur, dass das Spielen von Videogames die kognitiven Fähigkeiten beeinflussen kann. Eine der ersten, die sich damit befassten, war die Genfer Neuropsychologin Daphne Bavelier. Ihre Forschung konzentriert sich auf eine bestimmte Kategorie von Action-Videogames, die sogenannten

Bei den Computerspielern herrscht eine eigene Atmosphäre. Die belgische Fotografin Shana de Neve entführt ihr Publikum mit der Fotoreportage «Gamer» in eine vielen unbekannte Welt.

First-Person- und Third-Person-Shooter. «Diese Spiele sind äusserst komplex und variabel», erklärt Bavelier. «Die Spieler müssen viele Objekte gleichzeitig im Auge behalten und werden ständig mit neuen Informationen bombardiert.»

In einem typischen Studienansatz vergleichen die Forschenden Personen, die regelmässig spielen, mit Personen, die keinerlei Erfahrung mit Action-Video-games haben. Allerdings besteht bei dieser Art von Untersuchungen die Gefahr, dass unbekannte Faktoren die Ergebnisse verfälschen. So könnte es beispielsweise sein, dass Menschen mit einer besseren visuellen Wahrnehmung lieber und öfter Videogames spielen. Deshalb führen die Forschenden auch Experimente unter kontrollierten Bedingungen durch: Dafür suchen sie Versuchspersonen ohne Erfahrung mit Videogames und teilen sie in zwei Gruppen auf: Die eine spielt ein Action-game wie Call of Duty - beispielsweise 50 Stunden lang auf zwölf Wochen verteilt. Die andere Gruppe spielt im gleichen Zeitraum ein Simulationsspiel wie The Sims, das keine Action-Elemente enthält. Jeweils vor und nach dieser Versuchsperiode absolvieren die Probanden standardisierte kognitive Tests, und die Ergebnisse der beiden Gruppen werden verglichen.

In den USA schreiben mittlerweile einige Stellenbewerber im Computerspiel erworbene Führungserfahrung in den Lebenslauf.

Mit Hilfe solcher Experimente ermittelten Bavelier und ihre Kollegen eine ganze Reihe von Fähigkeiten, die sich bei den Spielerinnen und Spielern der Actiongames verbesserten. Die Effekte zogen sich durch alle Ebenen der kognitiven Prozesse - von der einfachen Wahrnehmung bis hin zu komplexen Denkvorgängen: So konnten die Spielerinnen und Spieler von Actiongames verschiedene Graustufen besser voneinander unterscheiden und mehr bewegliche Objekte am Rand des Gesichtsfelds im Auge behalten. Sie waren in der Lage, Informationen schneller zu verarbeiten, und hatten kürzere Reaktionszeiten. Auch wenn es darum ging, Entscheidungen zu treffen und Probleme zu lösen, schnitten sie besser

ab. Und sie konnten schneller zwischen zwei Aufgaben wechseln oder mehrere Aufgaben gleichzeitig durchführen.

Bavelier glaubt, dass der gemeinsame Grund für alle diese positiven Effekte die selektive Aufmerksamkeit ist - also die Fähigkeit, sich angesichts einer Vielzahl von Informationen und Eindrücken auf eine Aufgabe zu konzentrieren und alles Unwesentliche darum herum auszublenden. Eine wichtige Erkenntnis ist auch, dass die in Actiongames erlernten Fähigkeiten sich auf reale Situationen übertragen lassen. Bavelier ist deshalb sicher, dass dies für einen Vorteil in der neuen Arbeitswelt sorgt: «Schliesslich basiert so gut wie alles, was wir im 21. Jahrhundert tun, auf der Interaktion mit Computern.»

Spielen als Arbeit

Die Businesswelt hat die positiven Effekte von Videogames schon lang entdeckt und treibt die Einführung spielerischer Elemente am Arbeitsplatz voran - die sogenannte Gamification. «Mehr lebenslange Spieler sind in die Arbeitswelt eingestiegen; deshalb scheint die Idee, sie mit Hilfe von Spielen zu schulen, nicht mehr so merkwürdig», schreiben die amerikanischen Spieleentwickler David Ederly und Ethan Mollick in ihrem Buch über den Einsatz von Videogames in der Wirtschaft. Für sie stellt die Kombination von Arbeit und Spiel keinen Widerspruch mehr dar: Speziell entwickelte Spiele - sogenannte Serious Games - sollen in Zukunft helfen, Mitarbeitende zu schulen, Prozesse zu optimieren und das Teamwork zu verbessern. Im besten Falle können durch solche Spiele sogar lästige Aufgaben Spass machen. So berichten Ederly und Mollick von einem Unternehmen, das eigens ein Spiel kreierte, um seine Mitarbeitenden zum Testen einer neuen Softwareversion zu motivieren.

Einen Volltreffer landete die US Army mit ihrem als First-Person-Shooter gestalteten Videogame America's Army, in dem die Spielenden die Ausbildung als US-Soldatin oder -Soldat durchlaufen und wirklichkeitsnahe Missionen erfüllen müssen. Die Idee war, ein realistisches Bild der Armee zu vermitteln und so geeignete neue Rekrutinnen und Rekruten zu finden. Aufgrund des grossen Erfolgs dient es mittlerweile in verschiedenen Versionen auch zu Schulungs- und Übungszwecken. Zwar kann nicht jeder Betrieb einen zweistelligen Millionenbetrag für ein massgeschneidertes Videogame ausgeben - doch auch einfache Rätselspiele

«Mit gewissen Spielen kann man Zweitklässlern beibringen, lineare Gleichungen zu lösen.»

Dominik Petko

oder Simulationen können nach Ansicht von Ederly und Mollick die Produktivität erhöhen und gleichzeitig für Spass bei der Arbeit sorgen.

Auch Dominik Petko, Medienpädagoge an der Pädagogischen Hochschule Schwyz, beschäftigt sich mit Serious Games. Er sieht in Lernspielen ein grosses Potenzial für Schule und Ausbildung: «Es gibt sehr gut gemachte Spiele, mit denen man zum Beispiel schon Zweitklässlern beibringen kann, lineare Gleichungen zu lösen.» Andererseits gäbe es auch sehr schlechte Spiele, die gar nichts bringen. «Unsere Fragestellung ist deshalb: Was sind Designprinzipien und -elemente von wirksamen Spielen im Vergleich zu solchen, die weniger wirksam sind.»

Mehr soziale Kompetenz

Um das herauszufinden, vergleicht Petko in Schulklassen den Lerneffekt des gleichen Spiels in verschiedenen Variationen: In einer fehlt beispielsweise die herzige Spielfigur, in einer andern kann man keine Punkte sammeln. Das Ziel sei ein Spiel, das die Teilnehmenden in den Bann zieht und gleichzeitig genug kognitive Kapazitäten für den Lernprozess freihält. Wichtig ist laut Petko auch, dass die Aufgaben weder zu einfach noch zu schwierig sind und sich das Spiel automatisch dem Können anpasst.

Eine weitere Anwendung von Serious Games wird gerade an der Universität

Zürich erprobt: Hier soll das Spiel nicht Lerninhalte vermitteln, sondern das ethische Bewusstsein formen. «Ethikschulung in ihrer jetzigen Form ist, überspitzt gesagt, meistens etwas distanziert und langweilig», erklärt der Ethikforscher Markus Christen. «Es sitzen Leute zusammen und diskutieren.» Zusammen mit Carmen Tanner und Kollegen hat er deshalb ein Serious Moral Game entwickelt, das der Vermittlung ethischer Werte in der Finanzbranche dienen soll (siehe «Spass als Manager», S. 19).

In dem Spiel sind die Teilnehmenden beispielsweise als Beraterinnen und Berater in einem grossen Unternehmen unterwegs und kommen dabei immer wieder in ethisch knifflige Situationen – etwa, was die Vertraulichkeit von Unterlagen betrifft. «Durch die Immersion in das Spiel sollen die Spielerinnen und Spieler mehr über sich als moralisch handelnde Person erfahren, als wenn sie nur abstrakt reflektieren», sagt Christen. Er glaubt allerdings nicht, dass Spielen allein ausreicht – wichtig sei es wahrscheinlich auch, dass die Person später über ihr Verhalten im Spiel nachdenkt. Ob diese Hypothese stimmt, wird derzeit experimentell getestet. Ebenfalls in Arbeit ist ein Serious Moral Game für die Ethikschulung von Medizinstudierenden, das Interessenkonflikte im medizinischen Alltag thematisiert.

Das Projekt der Universität Zürich beruht auf der Erkenntnis, dass Videogames

Umstrittener Effekt auf Aggressionen

Die Frage, ob Videogames die Gewaltbereitschaft bei Jugendlichen erhöhen, sorgt seit vielen Jahren für erbitterte Debatten. In den letzten Jahren kamen allerdings mehrere Metastudien zum Schluss, dass das Spielen von Videogames nur einen geringen oder gar keinen Einfluss auf das aggressive Verhalten von Jugendlichen hat. Für den Schweizer Blogger und Videogame-Experten Marc Bodmer ist das Thema damit «so ziemlich gegessen».

Ebenfalls keinen Beleg fanden diese Metastudien für einen Zusammenhang zwischen Videospiele und Gewaltverbrechen. «Für das Risiko, zum Amokläufer zu werden, spielen Videogames, wenn überhaupt, nur eine ganz minime Rolle», so Bodmer. Die Bereitschaft

zur Gewalt werde massgeblich durch andere Faktoren bestimmt, wie häusliche Gewalt oder Alkohol- und Drogenkonsum. In Deutschland habe die Politik schon auf die Entwarnung reagiert: «Obwohl das Land eines der strengsten Jugendschutzgesetze hat, werden dort kaum mehr Videospiele auf den Index gesetzt, sondern ungeschnitten ab 18 Jahren freigegeben.»

Es gibt allerdings auch Metastudien, die einen klaren Zusammenhang zwischen Videogames und Aggression finden. Diese widersprüchlichen Ergebnisse kommen vor allem zustande, weil die Forschenden die Einzelstudien, die sie in ihre Analysen einbeziehen, nach verschiedenen Kriterien auswählen und unterschiedlich auswerten. In Forscherkreisen ist die Kontroverse also noch lange nicht vom Tisch.

«So gut wie alles, was wir im 21. Jahrhundert tun, basiert auf der Interaktion mit Computern.»

Daphne Bavelier

nicht nur kognitive Fähigkeiten, sondern auch das Sozialverhalten positiv beeinflussen können – allerdings hängt dies stark vom Inhalt des Spiels ab: So liess der Sozialpsychologe Tobias Greitemeyer von der Universität Innsbruck seine Versuchspersonen prosoziale Videogames wie Lemmings spielen, in dem die Teilnehmenden kleine, hilflose Geschöpfe vor Unheil beschützen müssen. Eine Kontrollgruppe spielte den neutralen Spiele-Klassiker Tetris. Nach dem Durchgang waren die Spielerinnen und Spieler von prosozialen Games in einer Testsituation hilfsbereiter als die des neutralen Games. Weitere ähnliche Studien bestätigten den Zusammenhang: Prosoziale Videogames fördern prosoziales Verhalten. Laut Greitemeyer zeigen Studien über eine längere Zeit, dass die gemessenen positiven Effekte anhalten, auch wenn Videogames nur einer von vielen Faktoren sind, die das Sozialverhalten beeinflussen.

Neue Formen von Teamwork

Viele Betriebe machen sich diese Erkenntnis schon zunutze und lassen ihre Mitarbeitenden gemeinsam kollaborative Videogames spielen – in der Hoffnung, dass ein gutes Team in der virtuellen Welt auch im Büro gut zusammenarbeitet.

Von besonderem Interesse sind hierfür die sogenannten Massively Multiplayer Online Role-Playing Games (MMORPG), zu denen beispielsweise World of Warcraft gehört: In diesen Spielen, die oft von mehr als tausend Teilnehmenden gleichzeitig gespielt werden, können ihre Figuren miteinander Freundschaften knüpfen und sich zu Teams zusammenschliessen, um gemeinsame Feinde zu bekämpfen. Psychologen glauben, dass sich in diesen virtuellen Welten neue Formen von Freundschaft, Führerschaft und Zusammenarbeit entwickeln.

Tatsächlich identifiziert eine von IBM in Auftrag gegebene Studie mit dem Titel «Virtual Worlds, Real Leaders» einige Elemente, die virtuelle Teams in MMORPG auszeichnen: So sind die

Führungsstrukturen dort oft nur temporär – je nach Aufgabe übernimmt jemand anderes die Leitung der Gruppe. Auch Fehler machen ist erlaubt, denn wenn etwas schiefgeht, wird einfach nochmal von vorne begonnen. Dadurch sind die Teamführerinnen und -führer mutiger in ihren Entscheidungen und eher bereit, Risiken einzugehen. Laut dem Wirtschaftsmagazin Forbes schreiben in den USA mittlerweile einige Stellenbewerberinnen und -bewerber ihre in MMORPG erworbene Führungserfahrung in den Lebenslauf – als Nachweis dafür, dass sie gut vorbereitet sind auf die Arbeitswelt der Zukunft.

Inwieweit sich diese Prinzipien auf die reale Welt übertragen lassen, ist jedoch offen. Doch schon jetzt sitzen viele Menschen allein in einem Homeoffice und kommunizieren nur noch virtuell mit dem Rest des Teams. Für diese zunehmende Vereinsamung am Arbeitsplatz ist allerdings schon Abhilfe in Sicht: Der Einsatz einer Virtual Reality Software soll Arbeitskräften das Gefühl geben, dass sie mit ihren Kolleginnen und Kollegen im selben Raum sitzen, selbst wenn diese auf der ganzen Welt verstreut sind. Bald soll Virtual Reality auch dabei helfen, neue Produkte zu designen, Prototypen zu testen und Daten zu visualisieren. «Wir glauben, dass diese Art der immersiven Augmented Reality eines Tages Teil des täglichen Lebens für Milliarden von Menschen sein wird», schrieb der Facebook-Chef Mark Zuckerberg in seinem Blog. Es scheint also unvermeidlich, dass sich die Arbeitskräfte der Zukunft auch in der virtuellen Realität zurechtfinden müssen. Die Jugendlichen von heute, die mit Virtual-Reality-Brillen auf der Nase die neusten Videogames spielen, bereiten sich gerade darauf vor.

Yvonne Vahlensieck ist freie Wissenschaftsjournalistin in der Nähe von Basel.

Internetsüchtige Jugendliche

Offiziell ist die Computerspielsucht noch keine Krankheit: In der neusten Auflage des psychiatrischen Diagnosehandbuchs DSM taucht die «Störung durch Spielen von Internetspielen» nur im Anhang auf – mit dem Vermerk, dass mehr Forschung auf diesem Gebiet nötig sei.

Auch die vom Bundesamt für Gesundheit ins Leben gerufene «ExpertInnengruppe Onlinesucht» bezeichnet die epidemiologischen Daten zur problematischen Internetnutzung als «nach wie vor sehr bescheiden» und warnt vor einer Dramatisierung. Die WHO hingegen behandelt diese Störung als Krankheit. Eine Studie der ZHAW stellte bei fast neun Prozent der Schweizer Jugendlichen eine problematische Nutzung des Internets fest, was auf ein Suchtverhalten hindeuten könnte. Diese gefährdete Gruppe spielte auch signifikant häufiger Videogames. Gefährlich wird es laut Suchtexperten, wenn kaum noch Zeit für Schlafen, Essen oder Schule bleibt und die virtuelle Welt zum Lebensmittelpunkt wird.

Deshalb plädiert die ZHAW für eine verstärkte Prävention, beispielsweise ein Angebot von alternativen Freizeitbeschäftigungen, bei denen sich Jugendliche als kompetent erleben dürfen, so dass sie ihre Erfolgserlebnisse nicht beim Gamen suchen müssen.



Evolution für Anfänger

Die eigenen Tiere so züchten, dass sie überleben. Niche, das ist Genetik, Vererbung und Evolution. Nicht immer haben die hübschen Kreaturen beste Aussichten. Die Häschen bleiben an der Spucke von eher hässlichen und gemeinen Tieren hängen – der sichere Tod. Also müssen sich die eigenen Tiere schnell weiterentwickeln, um sich gegen Fressfeinde zu wehren, Krankheiten zu überstehen und dem Klimawandel zu trotzen. Wenn man ungeübt ist, gehen die Kreaturen nicht selten zugrunde.

Die Spielenden lernen, welche Eigenschaften vorteilhaft sind und wie man sie besser ausprägen kann. Aus einer Bachelor- und einer Masterarbeit an der Zürcher Hochschule der Künste entwickelte Philomena Schwab ein Spiel, das ihr nun beim Magazin Forbes einen Eintrag in die Liste der 30 einflussreichsten unter 30-jährigen Europäer der Tech-Branche einbrachte.



Furchtlose Schweizer Szene

KLASSIKER

Ein virtueller Bauernhof

Auf einer virtuellen Fläche von zwei mal zwei Kilometern darf man im eigenen Betrieb Bauer spielen. Das heisst: Felder, Ställe und Wald bewirtschaften; säen, düngen und ernten; Schafe, Kühe und Schweine versorgen; Getreide und Tiere verkaufen sowie sein Geld verwalten, Geräte anschaffen und seine Mitarbeiter optimal einsetzen. Bestechend ist die Detailgenauigkeit vor allem der Maschinen. Beim Spielen versinkt man immer mehr in diese ruhige künstliche Welt fern aller politischen Probleme wie Glyphosat und Massentierhaltung.

Alles begann damit, dass sich ein Freund des Spielentwicklers Stefan Geiger von Giants Software für Landwirtschaft interessierte. Er wollte mit einem virtuellen Traktor auf einem Bauernhof herumfahren. Das ist zehn Jahre her. Heute ist der Landwirtschafts-Simulator der Schweizer Hit: Die neue Version 17 verkaufte sich eine Million Mal innerhalb eines Monats.

In dieser Version reagierten die Entwickler auf Wünsche der Fans und führten neben drei Düngestufen die Möglichkeit ein, selbst gebaute Fahrzeuge in die Bauernhofwelt zu integrieren, zum Beispiel einen Zuckerrübenernter.

Originelle Schweizer Videospiele erringen internationale Anerkennung. Die Szene ist zum Labor für neue Ideen geworden. Eine Auswahl.

Von Hubert Filser



Farming Simulator 17

KOOPERATION Probleme lösen in 19 Sprachen

Die Aufgabe ist simpel: Man muss unterschiedlich grosse Quader und Zylinder stapeln. Es ist ein spielerisches Labor mit wechselnden Versuchsanordnungen, eine Experimentierwelt, die sich ständig erweitert. Doch man kämpft dabei nicht nur gegen physikalische Phänomene wie Schwerkraft oder tückische Magnetfelder. Dreii hat eine tiefere Botschaft: Es gibt im Spiel nämlich einen Punkt, an dem man als Einzelner nicht mehr weiterkommt. Ein Block ist zu schwer, um ihn allein heben zu können. Man ist auf andere angewiesen. «Die Spieler könn-

ten so unbewusst lernen, dass gegenseitiges Helfen belohnt wird», sagt Christian Etter von der Zürcher Entwicklerfirma Etter Studio. «Wir Menschen müssen ein neues Selbstverständnis entwickeln.»

In 19 Sprachen von Arabisch über Hindi bis zu Schweizerdeutsch können die Spieler Ausdrücke wählen, um miteinander zu kommunizieren. Auch das ist ein Symbol, dass wir Teil einer globalen Identität sind, ohne die lokale Identität zu verlieren. Mit seinen einfachen und klaren Linien ist Dreii vom reduzierten Swiss Design inspiriert.



GAMIFICATION Fliegen für die eigene Gesundheit

Mit Valedo haben die Entwickler der Zürcher Firma Hocoma eine Spieloberfläche für ihr ambitioniertes Rückentraining entworfen. Die Nutzer sollen bei Laune gehalten werden. Man klebt sich zwei Bewegungssensoren auf Brust und unteren Rücken, startet die Software auf dem Tablet und beginnt sein Training. Die Chips übertragen die Körperposition während einer Übung via Bluetooth auf einen Avatar auf dem Bildschirm. Der niedlich geratene Flugroboter zeigt dabei an, wie gut man die mehr als fünfzig programmierten Übungen ausführt.

Während man einen Canyon durchquert oder durch eine Unterwasserwelt schwimmt und Hindernissen ausweicht, macht der Avatar mit seinen Flügeln alle Bewegungen mit. Je häufiger man trainiert, umso komplexer werden die Übungen. Eine Art Leitstrahl zeigt den Weg, folgt man ihm exakt, erhält man mehr Punkte. Es funktioniert wie ein simples Belohnungssystem. «Das Spiel dient der Motivation», sagt Mike Fuhrmann von Hocoma. Eine gelungene Form von Gamification.



MORAL Spass als Manager in einer Bank

Wie kann ethisches Verhalten in der Wirtschaft gefördert werden? Das sogenannte Serious Game Ufin funktioniert rein über Dialoge, bei denen der Spieler als Organisationsmanager einer interplanetaren Bank Informationen sammelt. Er soll in einer Filiale nach dem Rechten sehen, in der einiges schief läuft. Der Spieler muss das Geschehen bewerten: Geschäftszahlen könnten gefälscht sein, Mitarbeiter persönliche Probleme haben, sogar Betrug ist denkbar.

Der Manager ist dabei selbst unter Druck und muss Ergebnisse liefern: Sein Chef möchte einen Bericht mit drei Verbesserungs-

vorschlägen. Versagt er, droht seine Entlassung. «Das Spielziel ist nicht, möglichst viele Punkte zu sammeln, sondern diesen Bericht abzuliefern», sagt Spiel-Mitentwickler Markus Christen von der Universität Zürich. Auf den Spieler warten zahlreiche moralische Entscheidungen. So wird er verleitet, in der Privatsphäre der Mitarbeiter zu schnüffeln. Nach Spielende folgt eine Rückmeldung aufgrund des Spielverhaltens. «Wir vermuten, dass der Lerneffekt am grössten ist, wenn man das Verhalten im Spiel danach in der realen Welt nachbespricht», sagt Christen.



ABENTEUER Zaubern in einer virtuellen Welt

Sobald man bei Break a Leg die Virtual-Reality-Brille aufsetzt, findet man sich auf einer Bühne wieder, umringt von seltsamen Gestalten, die man nun mit allerlei Zaubertricks unterhalten soll. Der Spieler wandelt dabei auf den Spuren berühmter Magier wie Harry Houdini. Seine Aufgabe: Er soll den Aliens, die ihn entführt haben, durch sein Zaubern helfen, die mächtigsten Kräfte in der Galaxie zu entfesseln.

Überzeugend ist vor allem die neue Art des interaktiven

Geschichtenerzählens, in jeder Ecke der fremden Welt warten neue Herausforderungen. «Spatialstories» nennen die Macher vom Schweizer Startup Apelab ihre Plattform. Sie sind allesamt Absolventen der Hochschule für Kunst und Design in Genf (HEAD). «Es geht nicht einfach darum, die Bilder in 3D zu verwandeln», sagt Michaël Martin von Apelab. «Der Spieler kann sich aussuchen, wohin er schauen will, das verändert alles.»







Gamen für die Wissenschaft

Vor zehn Jahren ging das erste Computerspiel online, mit dem Laien die Wissenschaft vorantreiben konnten. Der Spieltrieb ist seither ein zuverlässiger Projektpartner.

Von Frederik Jötten

«Es ist sehr schwierig, eine Community von Spielern um ein vergleichsweise langweiliges Spiel aufzubauen.»

Bruno Strasser

Videospieler lösten ein 15 Jahre altes Rätsel und klärten die Struktur eines HIV-Hüllproteins. Damit schafften sie es auf die Autorenliste der Fachzeitschrift Nature. Dabei hatten sie einfach nur versucht, möglichst viele Punkte beim Computerspiel Foldit zu sammeln. Beim ersten wissenschaftlichen Computerspiel, das vor zehn Jahren online ging, geht es darum, die richtige dreidimensionale Form von Proteinen zu entdecken.

Hintergrund: Proteine steuern fast alle Lebensprozesse - bei Mikroben ebenso wie bei Menschen. Doch können sie dies nur, wenn die langen Ketten aus Aminosäuren ihre spezifische dreidimensionale Faltung einnehmen, die zum Beispiel auch als Angriffspunkt für Medikamente entscheidend ist. Zwar können die Wissenschaftler die Abfolge der teils mehreren hundert Aminosäuren recht einfach bestimmen. Daraus eine Vorhersage über die dreidimensionale Form eines Proteins abzuleiten ist bislang aber kaum möglich. Die Wechselwirkungen zwischen den Aminosäuren sind dafür zu komplex. Forschende arbeiten deshalb manchmal jahrelang daran, die Faltung bestimmter Proteine aufzuklären.

Menschen schlagen die Maschine

David Baker, führendem Proteinforscher der University of Washington in Seattle, wurde in den 2000er-Jahren klar, dass Menschen dreidimensionale Probleme besser lösen können als Computer. Um den menschlichen Verstand einzubinden, setzte er sich deshalb mit Computerwissenschaftlern um seinem Kollegen Zoran Popovic zusammen. Dieser entwickelte mit seinem Team Foldit. 500 000 Spieler registrierten sich über die Jahre.

«Foldit ist nicht nur wissenschaftlich ein Erfolg», sagt Bruno Strasser, Professor für Wissenschaftsgeschichte an der Uni Genf, der sich mit Computerspielen in der Forschung befasst. «Vor allem war es eine Überraschung, dass es tatsächlich Menschen gibt, die ihren Feierabend mit Wissenschaft verbringen möchten.» Das Spiel zählt somit zu den ersten Citizen-Science-Projekten. «Foldit hat die Menge der in

der weltweiten Proteinforschung aktiven Menschen vervierfacht», sagt Mit-Erfinder Zoran Popovic. «Das Internet ist ein Superhighway der Möglichkeiten für Menschen, die vorher von der akademischen Wissenschaft ausgeschlossen waren.»

Wer sich die komplizierten Vorgänge anschaut, die man bei Foldit durchführen muss, merkt schnell: Wer erfolgreich sein will, muss viel lernen. «Das Spiel hat gezeigt, dass Menschen sich auch ausserhalb von Universitäten so viel Wissen aneignen können, damit sie an Spezialisten-Diskussionen teilnehmen können», sagt Strasser.

Die Foldit-Grafik allerdings erinnert eher an Abbildungen in Chemiebüchern und sieht nicht nach Spass aus: Ein kleiner roter Stern, der in einem Gewirr von Ästen und Spiralen hin und her springt, soll Spannung ausdrücken. Bewegt man per Mausclick die dargestellten Aminosäuren, erscheinen mehr Sterne. Das bedeutet, die Seitenäste der Aminosäuren sind zu dicht zusammen und behindern einander: So kann das Protein in der Natur nicht gefaltet sein.

So wie die Oberfläche von Foldit sehr nach den 90er-Jahren aussieht, sind auch die Spieler gealtert. Viele sind mittlerweile über 50. Von den registrierten Nutzern sind nur noch wenige hundert aktiv. Neue Spieler generiert das Spiel meist unter Experten. «Foldit ist nicht so spannend, wie Zombies abzuschliessen», sagt Strasser. «Es ist sehr schwierig, eine Community von Spielern um ein vergleichsweise langweiliges Spiel aufzubauen.»

Bestehendes Spiel gekapert

Einen interessanten neuen Weg beschritt deshalb das Walliser Start-up Massively Multiplayer Online Science (MMOS). Die Schweizer IT-Unternehmer fügten dem Mehrspieler-Internet-Rollenspiel Eve Online, einer Weltraum-Flugsimulation ohne wissenschaftlichen Anspruch, zwei Erweiterungen hinzu. Zum einen können Spieler mikroskopische Aufnahmen von gefärbten Zellen auf auffällige Veränderungen hin untersuchen. Zum anderen können sie Satellitendaten auswerten, um Planeten zu entdecken. Beides läuft unter

«Ich habe einen neuen Sinn im Leben gefunden, indem ich wieder Teil eines wissenschaftlichen Projekts wurde.»

Susanne Reber-Leutenegger

dem Titel «Project Discovery», und die Spieler können damit Belohnungen generieren, die daraufhin im regulären Rollenspiel verwendet werden können. Eve Online hat 500 000 registrierte Nutzer, von denen jederzeit 40 000 online sind.

Die wissenschaftliche Fragestellung wird so an eine riesige, bereits bestehende Community gegeben. Das ist eine sehr Erfolg versprechende Idee, denn genügend Spieler anzulocken und diese langfristig im Spiel zu halten, ist der schwierigste Teil, wenn man ein wissenschaftliches Projekt mit Gaming lösen will.

Inzwischen gibt es Hunderte wissenschaftlicher Spiele, mit Fragestellungen von Astronomie über Klimaforschung bis zur Insektenkunde. Viele sind grafisch ansprechend, manche animiert.

Die Senior-Gamerin

Eines der wissenschaftlichen Computerspiele mit den meisten Spielern ist Eyewire: 80 000 Registrierungen, 1000 aktive Spieler im Dezember 2017. Der Erfolg des am Massachusetts Institute of Technology entwickelten Spiels liegt wohl auch darin begründet, dass es, soweit möglich, als Videospiel gestaltet wurde. Es soll Spass machen und enthält inklusive fiktionaler Charaktere eine moderne Grafik. Ziel von Eyewire ist, den Verlauf von Nervenzellen in der Netzhaut der Maus zu kartieren. Dazu werden den Spielern Würfel von Abschnitten der Netzhaut zugeteilt, die aus elektronenmikroskopischen Querschnitten bestehen. Aus den flächigen Aufnahmen rekonstruieren die Spieler dreidimensionale Abbilder des Nervenzellgewirrs.

Eine der erfolgreichsten Eyewire-Spieler ist Susanne Reber-Leutenegger (@susi) aus Sissach in der Nähe von Basel. Sie hat kürzlich 30 Millionen Punkte erreicht. Nur ein Spieler, @Nseraf, ist noch erfolgreicher. «Das Spiel ist sehr befriedigend», sagt die 68-Jährige. «Ich habe einen neuen Sinn im Leben gefunden, indem ich wieder Teil eines wissenschaftlichen Projekts wurde.» Ausserdem habe sie neue Freunde gefunden. Der Kontakt zu jüngeren Menschen in der Eyewire-Community halte sie jung.

Obwohl im Rentenalter, arbeitet sie noch halbtags als Buchhalterin. Sie nennt das ihre zweite Karriere, nachdem sie mit der Promotion in Biologie über die mikroskopische Struktur von Meereseinzellern die erste Karriere abgeschlossen hatte. In den 70er-Jahren arbeitete sie während ihres Biologiestudiums an einer 3D-Rekonstruktion eines Amphibiengehirns. «Damals hatten wir noch keine Hilfe von Computern - alles war Handarbeit. Eyewire ist jetzt eine Art dritte Karriere für mich, die mit der ersten verbunden ist.»

Reber-Leutenegger ist allerdings eine Ausnahme. Die meisten Spieler sind männlich: Beim am besten untersuchten Spiel Foldit sind es 90 Prozent. 80 Prozent sind dort zudem Wissenschaftler, Ingenieure oder arbeiten in der IT-Branche. «Es gibt wenige Spieler, die beruflich nichts mit Wissenschaft oder Computern zu tun haben», sagt Bruno Strasser. «Wir sollten deshalb vorsichtig damit sein, Citizen Science als Demokratisierung der Wissenschaft zu sehen - es kann und will nicht jeder forschen.» Auch sei es übertrieben, die Spieler wissenschaftlicher Computerspiele bereits als Wissenschaftler anzusehen. «Sie tragen etwas zum Erkenntnisgewinn bei, aber eher wie Techniker mit speziellen Fähigkeiten», so Strasser. «Wissenschaft ist viel mehr, vor allem auch die Entwicklung neuer Fragestellungen.»

Doch auch dafür gibt es in der Citizen Science schon erste Ansätze. Mit «mapping for change» vom University College London können Laien entscheiden, welche Luftschadstoffe an welchem Ort in Grossbritannien gemessen werden. Für zuverlässiges Betreiben von Messstationen gibt es Punkte - fast wie im Computerspiel.

Der Wissenschaftsjournalist Frederik Jötten schreibt unter anderem für Das Magazin und die NZZ am Sonntag. Er wohnt in Frankfurt am Main.

Acht Games für die Wissenschaft

MOZAK	2017
400 aktive Spieler / 3000 registrierte Spieler University of Washington	
Spieler verfolgen den Verlauf von Neuronen und erstellen 3D-Modelle von diesen. Ziel ist eine neuronale Karte des Gehirns.	
DECODOKU	2016
50 / 3000 Universität Basel 1 Publikation	
Spieler lösen Zahlenrätsel. Mit den so gefundenen Lösungsstrategien könnten vielleicht einmal die Fehler künftiger Quantencomputer effizient korrigiert werden.	
PROJECT DISCOVERY	2016
37 000 / 320 000 MMOS Monthey	
Spieler lokalisieren Proteine in Zellen und werten Satellitendaten zu Exoplaneten aus.	
BIG BELL TEST	2016
100 000 (einmalig) Barcelona Institute for Science and Technology 2 Publikationen	
In einem einmaligen Experiment generierten Teilnehmer durch Spielen eines Videospieles zufällige Abfolgen von Nullen und Einsen, die in quantenphysikalischen Experimenten verwendet wurden.	
QUANTUM MOVES	2012
12 000 / 250 000 Universität Aarhus 1 Publikation	
Durch geschicktes Verschieben grafisch dargestellter Atome können echte Atome in der Erforschung von Quantencomputern besser manipuliert werden.	
EYEWIRE	2012
1000 / 80 000 MIT 1 Publikation	
Aus einer Abfolge zweidimensionaler elektronenmikroskopischer Querschnitte einer Maus-Netzhaut erstellen Spieler dreidimensionale Modelle der darin enthaltenen Neuronen.	
ETERNA	2010
500 / 100 000 Carnegie Mellon und Stanford 11 Publikationen	
Teilnehmer entwickeln dreidimensionale Modelle von RNS-Molekülen - die besten werden hergestellt und ihre Eigenschaften mit den Vorhersagen abgeglichen.	
FOLDIT	2008
500 / 500 000 University of Washington 3 Publikationen	
Die Spieler falten dreidimensionale Modelle von Proteinen.	

INTERVIEW

«Die Globalisierung in China hat nichts mit dem zu tun, was wir uns in der Schweiz vorstellen»

Pierre-Michel DelSSERT



Seit drei Jahren gehen Lausanner Studierende für zwei Wochen nach China, um dort Projekte für App-fähige Produkte zu entwickeln und die Schwellenmärkte hautnah zu erleben, erklärt Marc Laperrouza vom Collège des Humanités an der EPFL, Mitbegründer des China Hardware Innovation Camp.

Weshalb reisen die Teilnehmenden nach China und nicht ins Silicon Valley?

Man muss in ein Schwellenland gehen, um die nächsten 25 Jahre zu verstehen. Das ist

die einzige Art, die Dynamik dieser Märkte zu begreifen. Mit China hat sich die Situation gegenüber früher umgekehrt: Man geht dorthin, um zu kopieren, nicht, um sich kopieren zu lassen. Die Teilnehmenden reisen nach Hongkong und nach Shenzhen, eine Megastadt mit 14 Millionen Menschen sowie dank Huawei und Foxconn auch eine Hardware-Metropole.

Welche Art von Projekten wird entwickelt?

Jedes Team besteht aus Studierenden der EPFL, der FH für Kunst (ECAL) und der Wirtschaftsfakultät der Universität Lausanne (HEC). Ein Jahr lang arbeiten sie an der Entwicklung eines App-fähigen Produkts, zum Beispiel an einem intelligenten Velohelm, einem selbstheizenden Behälter oder einer Sonde zur Messung des Grundwasserspiegels. In China perfektionieren sie dann ihre Prototypen.

Was lernen die Teilnehmenden?

Erstens, was in einem solchen Ökosystem machbar ist und was nicht. China bietet ein extrem dynamisches Umfeld und ermöglicht andere Geschäftsmodelle. Man gewinnt Zeit und Geld, verliert aber Qualität und setzt sich Risiken im Zusammenhang mit dem geistigen Eigentum aus. Dann auch, dass die Globalisierung vor Ort nichts mit dem zu tun hat,

was wir uns in der Schweiz vorstellen. Oft haben die Teilnehmenden Produkte wie Kickstarter vor Augen, die im Westen und für ein westliches Publikum entwickelt wurden, in China entdecken sie dann vollkommen andere Nutzer. Das ist häufig eine Offenbarung.

Welche konkreten Kontakte haben sie mit der lokalen Bevölkerung?

Sie arbeiten mit Spezialisten in Fabriken und Ateliers zusammen. Sie sollen auch potenzielle Nutzer treffen. Ein Team, das eine Uhr zur Unterstützung autistischer Kinder entwickelte, kontaktierte beispielsweise einen lokalen Verein. Sie besuchen auch Unternehmen wie Huawei und Innovationsparks.

Ist es das Ziel, Schweizer Start-ups in China zu lancieren?

Nein, wir sind kein Inkubator. Die Studierenden lernen die schnelle Prototypisierung kennen, das schnelle Entwickeln und Testen von Prototypen - und die Maxime «fail, but fail fast». Gewisse Projekte verändern sich im Projektverlauf zudem grundlegend. Durch die Begegnung mit anderen Werten und Studienprogrammen ist die Interdisziplinarität ein zentraler Punkt des Programms.

Interview von Daniel Saraga

FORSCHUNG ERFORSCHT

■ Ehrenautorenschaft und unnötige Zitierungen sind weit verbreitet

Forschende ohne feste Anstellung sind bei ihren Artikeln eher zu Ehrenautorenschaft und unnötigen Zitierungen bereit, wie eine aktuelle Umfrage bei 110 000 Forschenden ergab. Ein Drittel der 12 000 Antwortenden gaben an, dass sie bei einem Fachartikel einen Koautor aufführten, der nur minimal zur Arbeit beigetragen hatte. Dieser Anteil ist doppelt so hoch bei jungen und 60% höher bei weiblichen Forschenden. Die Hälfte der Antwortenden begründet dies damit, dass die betreffende Person Einfluss auf ihre Karriere hat oder die Einrichtung leitet. Mehr als 40% gaben an, dass sie nicht-essenzielle Zitierungen in ihren Artikel aufnehmen würden, wenn sie ihre Arbeit bei Fachzeitschriften mit einem entsprechenden Ruf einreichten. bit.ly/Ho_116_5

■ Für die Laufbahn als Erfinder zählen Geld und Ethnie

Kinder, die in den USA in der dritten Klasse bei Mathematiktests unter den besten 5% sind und deren Eltern zu den obersten 20% der Einkommenspyramide gehören, sind später doppelt so häufig erfinderisch tätig (d.h. sie reichen ein Patent ein) wie Kinder mit denselben Ergebnissen, deren Eltern

zu den übrigen 80% gehören. Bei Kindern asiatischer Ethnie ist die Wahrscheinlichkeit doppelt so hoch wie bei Weissen und neun Mal so hoch wie bei Hispanics und Schwarzen. Für die Studie wurden demografische Daten im Zusammenhang mit 1,2 Millionen Patenten ausgewertet. bit.ly/Ho_116_2

«Wir sind unglaublich tolerant mit Leuten, die sich nicht an die Regeln halten.»

Robin Nelson, Assistenzprofessorin für biologische Anthropologie an der Santa Clara University über sexuelle Übergriffe an Hochschulen, zitiert in der Zeitschrift Inside Higher Ed. Parallel dazu wurden auf einer Website der früheren Wissenschaftlerin Karen Kelsky innert zwei Wochen 1761 Berichte über Belästigungen registriert. bit.ly/Ho_116_4, bit.ly/Ho_116_1

■ Unzitierte Forschung

Gemäss einer Studie von Nature sinkt die Zahl der nie zitierten Artikel. 11,5% der 2006 veröffentlichten Artikel wurden in zehn Jahren nie zitiert, 30% betrug dieser Anteil bei den Artikeln von 1980. In der Medizin ist der Anteil am tiefsten (5%), gefolgt von den Naturwissenschaften (13%) und den Sozialwissenschaften (14%). Der hohe Anteil bei den Human- und Geisteswissenschaften (69%) deutet auf einen methodologischen Mangel hin: Viele ihrer Fachzeitschriften werden von der verwendeten Datenbank, Web of Science, nicht berücksichtigt. Insgesamt werden weniger als 10% der Artikel nie zitiert - obwohl sie vielleicht noch immer gelesen werden und einflussreich sind. bit.ly/Ho_116_7

■ Nur für Frauen

Die Max-Planck-Gesellschaft wird für die nächsten vier Jahre 30 Millionen Euro zur Finanzierung von bis zu 40 Tenure-Track-Professuren bereitstellen - ein Programm nur für Wissenschaftlerinnen. bit.ly/Ho_116_3



TIERVERSUCHE

WENIGER IST MEHR

Das Leid, das durch Tierversuche entsteht, soll durch die Prinzipien «replace, reduce, refine» auf ein Minimum reduziert werden. Hält der Slogan, was er verspricht?

Text: Florian Fisch, Illustrationen: Tara von Grebel

Ein mulmiges Gefühl in der Magengend überkommt einen beim Gedanken an die Geschöpfe, die in den Labors für die Wissenschaft leiden. Niemand macht Tierversuche zum Spass. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse beschern uns immer wieder medizinische Fortschritte - für Mensch und Tier. Der Gesetzgeber hat dem ethischen Dilemma zwischen dem Nutzen für den Menschen

und dem Leiden der Tiere Rechnung getragen: Laut Gesetz sind Tierversuche «auf das unerlässliche Mass zu beschränken».

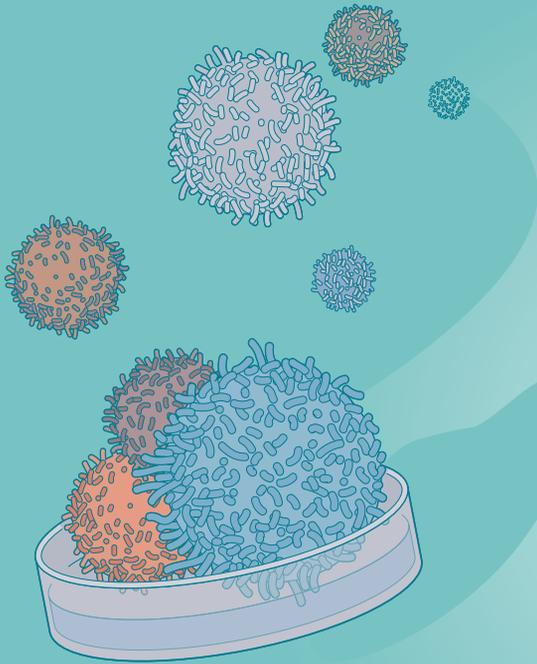
So ähnlich haben dies bereits 1959 ein Zoologe und ein Mikrobiologe aus Grossbritannien gedacht und drei Prinzipien aufgestellt, damit Tierversuche humaner werden: Forschende sollen, wenn immer möglich, alternativen Ansätzen folgen («replace», S. 26 und 27), möglichst wenige

Tiere einsetzen («reduce», S. 28) und die Versuche möglichst schonend gestalten («refine», S. 28).

Die 3R-Prinzipien sind weder eine vollständige Absage an Tierversuche noch ein Freipass für die Forschenden. Sie verlangen einen sorgsamen Umgang mit den Tieren. Dies kommt auch der Wissenschaft zugute: Die Ergebnisse werden aussagekräftiger, allgemeingültiger und reproduzierbarer.

Was die Alternativen können

Tierversuche vollständig zu ersetzen wird ein Traum bleiben. Die Alternativen sind als neue Forschungsmethoden in jedem Fall interessant. Doch nicht alle Ersatzmethoden sind gleichwertig. Eine Übersicht.



ZELLKULTUREN

Grosses Potenzial liegt in der Petrischale

Die Fortschritte mit Zellkulturen sind enorm. Schon heute werden damit erfolgreich Tierversuche ersetzt. Diese Kulturen erlauben zudem, direkt mit menschlichem Material zu experimentieren. So können zum Beispiel realistische, menschliche Hautgewebe nachgebildet werden, an denen unter anderem die Kosmetikindustrie ihre Produkte auf Verträglichkeit testen kann. «Arbeiten mit Zellen von gesunden und kranken Personen gewähren Einsichten, die im Tierversuch niemals möglich sind», sagt Stefanie Schindler, Co-Geschäftsführerin von der Stiftung Animalfree Research. Die Stiftung unterstützt Forschung, um Tierversuche unnötig zu machen.

Sind keine menschlichen Spender vorhanden, gibt es heute die Möglichkeit, Stammzellen aus normalen Körperzellen herzustellen. Aus diesen kann im Prinzip jeder Körperteil entstehen: zum Beispiel Herzmuskelzellen, die tatsächlich schlagen.

Die meisten Zellkulturen bestehen heute aus einer Schicht von einzelnen Zellen, die auf einer Oberfläche ausgebreitet sind. Weil dies nicht ihrem natürlichen Umfeld entspricht, ergibt sich ein unrealistisches Modell für die tatsächliche Situation im Körper. Deshalb wird gegenwärtig viel in dreidimensionale Rekonstruktionen von Geweben investiert (siehe Horizonte 110, S. 49).

Mit Gerüsten und Gelen wird versucht, die Zellen an die richtigen Stellen zu locken – oder sie gleich mit einem 3D-Drucker korrekt zu platzieren. Eine weitere Möglichkeit ist, die Zellen sich selbst organisieren zu lassen. In einem Wassertröpfchen oder am Boden von kleinen Löchern kleben sie aneinander und bilden kugelige Miniorgane (Organoide). In der richtigen Mischung verschiedener Zelltypen können bisher Modelle für Gehirngewebe, Bindegewebe und Tumore hergestellt werden.

MENSCHENVERSUCHE

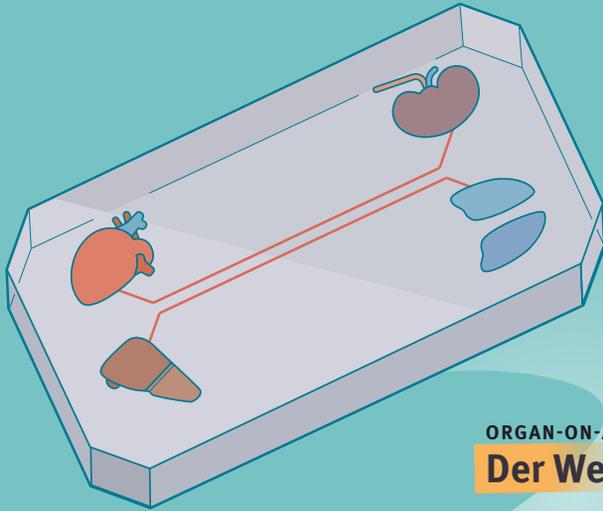
Direkt an Patienten testen ist verboten

Tierversuche sind unzuverlässig. Weniger als einer von zehn Wirkstoffen, die die Tierversuche überstanden haben, schaffen es, als Medikament auf dem Markt zugelassen zu werden. Sie können sich in klinischen Versuchen an Menschen überraschend als schädlich oder als unwirksam erweisen. Trotzdem werden viele gefährliche und nutzlose Wirkstoffe bereits in Tierversuchen aussortiert.

Würde auf Tierversuche verzichtet, müsste entweder die Entwick-

lung neuer Substanzen vollständig eingestellt werden oder diese müssten direkt an menschlichen Probanden getestet werden. Ernst Hunziker von der Stiftung Forschung 3R sagt: «Man darf nicht direkt in den Menschen gehen.» Deshalb sehen die Gesetze und Regulierungen heute eine Art Kaskade vor: zuerst mit Zellen, Gewebe- und Organkulturen testen, dann mit Tieren und erst zum Schluss am Menschen.





ORGAN-ON-A-CHIP

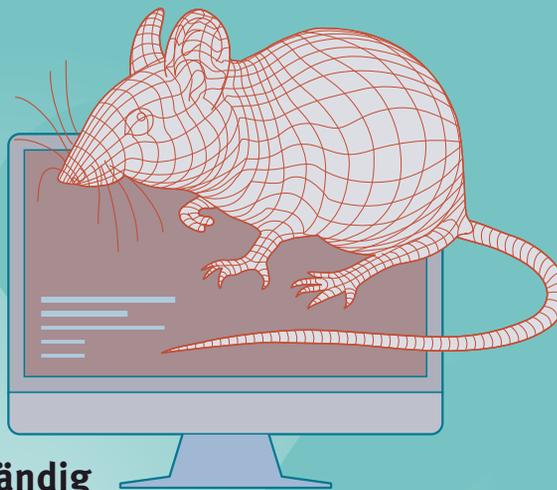
Der Weg zum künstlichen Organ ist lang

Eine einzelne Zellkultur kann nicht Modell sein für die komplexe Zusammenarbeit zwischen den unterschiedlichen Zelltypen in einem Organ. Zum Beispiel werden chemische Substanzen an einem Ort umgewandelt und erhalten erst dadurch an einem anderen ihre zerstörende oder heilende Wirkung. Auf einem Chip kann diese Situation jedoch nachgebildet werden. Mit einzelnen Kanälen können Zellkulturen miteinander verbunden werden und Stoffe austauschen.

Am meisten Potenzial, um neue chemische Substanzen zu testen, hat das Organ-on-a-Chip. «Im Bereich der Toxikologie könnte

bald auf Tierversuche verzichtet werden», sagt Stefanie Schindler. Die niederländische Regierung plane einen vollständigen Ausstieg von Tierversuchen in der Toxikologie bis 2025.

Um wirklich alle Aspekte von Organen nachzubauen, müssen viele weitere Faktoren berücksichtigt werden. Bei einer Lunge zum Beispiel werden die Bläschen durch das Ein- und Ausatmen mechanisch beansprucht. Dies könne zwar mechanisch nachgeahmt werden, doch Schindler räumt ein: «Von einem künstlichen Gesamtorganismus ist die Methodologie zugegebenermassen noch weit entfernt.»



SIMULATION

Wichtig, aber niemals vollständig

«Ohne Computermodellierungen lassen sich komplexe Phänomene schlicht nicht erfassen», sagt Uwe Sauer von der ETH Zürich, der schon den Zuckerstoffwechsel eines einfachen Modellbakteriums simuliert hat. Sorgfältig durchgerechnete Hypothesen ermöglichen eine zielgerichtete Forschung. Das ersetzt viele unnötige Tierversuche.

Tierversuche ganz ersetzen können Simulationen nicht: Sie müssen

auf Informationen basieren, die aus der realen Welt stammen. Ernst Hunziker, Präsident des Expertenausschusses der Stiftung Forschung 3R, formuliert es so: «Man kann nie alles voraussehen, was in vivo passiert.» Als trauriges Beispiel führt er das Schlafmittel Contergan an, das Ende der 1950er-Jahre zu Missbildungen bei Neugeborenen führte: «Dies konnte nicht einmal im Tierversuch vorhergesehen werden.»

Qualität statt Quantität

Paradoxerweise könnte eine Vergrösserung der Experimente die Zahl der Tierversuche senken.

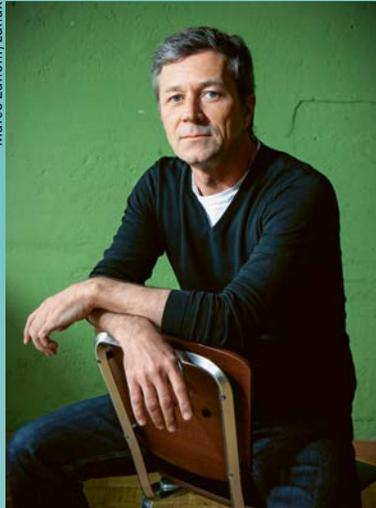
In der Schweiz ist die Zahl der Tiere in Versuchen zwischen 1983 und 1996 von fast 2 Millionen auf unter 750 000 gesunken und ist seither stabil geblieben. Für Tests von pharmazeutischen Wirkstoffen werden immer weniger Tiere benötigt. In der Grundlagenforschung aber nimmt die Anzahl zu. «Dieser Anstieg hat hauptsächlich mit der zunehmenden Verwendung von gentechnisch veränderten Mäusen zu tun», sagt Stefanie Schindler von der Stiftung Animalfree Research.

Die Stiftung vergibt Spendengelder für Forschungsvorhaben mit dem Ziel, Tierversuche völlig unnötig zu machen. Schindler ist sich bewusst, dass es ein langfristiges Ziel ist, ist aber von dessen Erreichbarkeit überzeugt. Die Verbreitung des 3R-Wissens ist das Zwischenziel der Stiftung auf dem Weg dorthin. Dazu wurde ein Projekt zur Entwicklung eines Online-Tools gefördert. Es soll Forschenden helfen, wissenschaftliche Literatur zum 3R-Ansatz zu finden und Alternativmethoden in die Projektplanung zu integrieren.

Durch eine verbesserte Qualität der Versuche kann die Anzahl Versuchstiere reduziert werden. Das heisst: ein Verzicht auf unnötige Wiederholungen und eine möglichst hohe wissenschaftliche Aussagekraft pro Versuch. Paradoxerweise kann dies jedoch zu grösseren Versuchen mit mehr Tieren pro Versuch führen.

Das Fachmagazin Nature lancierte dafür 2017 eine neue Art von Artikeln für aussagekräftige «präklinische Studien». Nature will damit vor allem erreichen, dass weniger oft vielversprechende Therapien im Menschen scheitern. Für Hanno Würbel von der Universität Bern geht das in die richtige Richtung. «Wenn zum Schluss zu wenige Tiere verwendet werden, um eine gesicherte Aussage machen zu können, dann ist es Verschwendung.» Tierversuche werden so immer mehr von Menschenversuchen inspiriert.

Marco Zanoni/Lumax



«Angst und Stress sind die grössten Störvariablen»

Wird das Leiden minimiert und das Tierwohl verbessert, erhöht sich auch die wissenschaftliche Aussagekraft eines Experiments, sagt Hanno Würbel. Der Professor für Tierschutz an der Universität Bern vertritt seine Institution am neuen 3R-Kompetenzzentrum des Bundes.

Wie findet man heraus, ob Versuchstiere leiden und wie stark?

Das ist das grosse Drama unseres Fachgebiets. Wir wollen subjektive Empfindungen wie Schmerz und Angst messen, die objektiv gar nicht messbar sind. Dennoch liefern Indikatoren wie Lebenserwartung, Krankheitsraten, Stresshormone und

Verhaltensänderungen objektive Entscheidungshilfen.

Wie kann das Leiden von Labormäusen konkret vermindert werden?

Für die Haltung von Mäusen am wichtigsten ist genügend Nestmaterial. Es braucht jedoch qualifizierte Tierpfleger, die Probleme erkennen und beurteilen können und neue Lösungsansätze ausprobieren dürfen.

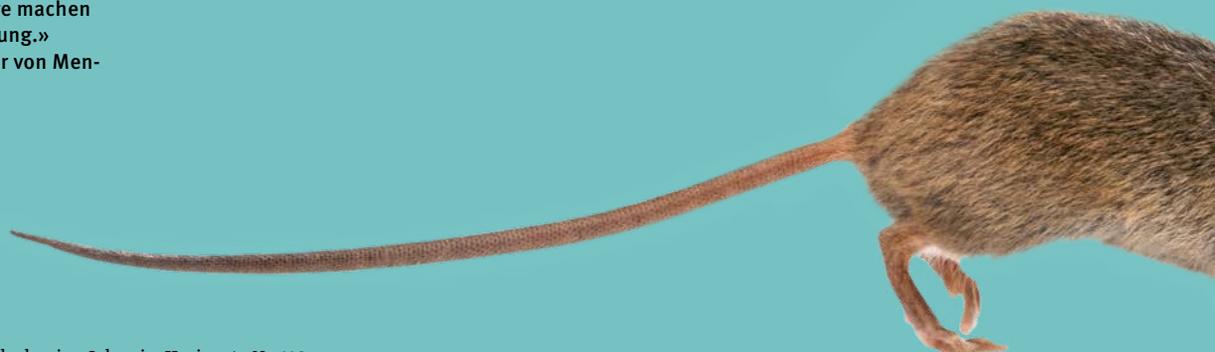
Gewisse Forschende kritisieren, die Tierversuchskommissionen könnten das Leiden gar nicht kompetent beurteilen.

Das habe ich auch schon gehört – meistens anonym. Tatsächlich sind die Kommissionen mit dem Aufwand überfordert, weil sie zu viele Aufgaben wahrnehmen. Ich plädiere deshalb dafür, dass die Forschungsinstitutionen selber mehr Verantwortung für die Einhaltung der 3R-Prinzipien und die wissenschaftliche Qualität der Versuche übernehmen. Die Kommissionen sollten ausschliesslich die Güterabwägung der Forschenden auf Plausibilität prüfen müssen.

Gibt es grosse Missstände in der Forschung?

Häufig wird das Tier als Messinstrument missverstanden. Forschende versuchen, Tiere zu standardisieren, und lehnen deshalb auch komplexere Haltungsbedingungen ab. Dadurch gehe die Präzision verloren. Das ist aus biologischer Sicht aber eine Fehlüberlegung: Je präziser die Resultate werden, desto mehr verlieren sie an Allgemeingültigkeit. Zudem sind Stress und Angst die grössten Störvariablen, die beispielsweise auch das Immunsystem beeinflussen. Bessere Bedingungen für die Tiere führen deshalb auch zu aussagekräftigeren Ergebnissen.

Eric Isselee/Shutterstock



«Die Stimme der Akademien ist die Stimme der Wissenschaft»

Als Präsident der Akademien der Wissenschaften Schweiz will Antonio Loprieno den Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft fördern.

Von Pascale Hofmeier

Herr Loprieno, die Skepsis gegenüber wissenschaftlichen Fakten wächst. Was werden Sie dieser Entwicklung als Präsident der Akademien entgegensetzen?

Die Rolle als Präsident ist dafür prädestiniert, sich mit diesem Riss auseinanderzusetzen. Wenn die Akademien eine primäre Funktion haben, dann ist es der Brückenbau zwischen Wissenschaft und Gesellschaft. Die Stimme der Akademien ist jene der Wissenschaft an sich. Das macht es umso wichtiger, den Dialog mit der Öffentlichkeit zu fördern und die Deutungshoheit der Wissenschaft glaubwürdig zu vertreten.

Wie schätzen Sie den Einfluss der Akademien auf gesellschaftliche Debatten ein?

Das ist eine heikle Frage. Ich glaube, das fällt den Akademien nicht immer leicht. Dies aufgrund einer Stärke, die in diesem Fall als Schwäche wirkt: ihre Vielfalt als Dachorganisation mit verschiedenen fachlichen Kulturen. Diese Vielfalt sichert uns die Nähe zur Wissenschaft. Sie ist aber weniger geeignet, um Anliegen öffentlich zu vertreten. Als Ganzes könnte man mehr erreichen.

Was wäre eine Massnahme, um die Brücke zu bauen zwischen Wissenschaft und Gesellschaft?

Die Akademien sollten so oft wie möglich mit einer Stimme sprechen. Wenn sich der Begriff «Akademien der Wissenschaften Schweiz» in der Öffentlichkeit, in der Politik oder in den sozialen Medien als «Marke» etablierte, wäre dies eine geeignete erste Massnahme, um die schon geleistete Arbeit sichtbarer zu machen. Dafür ist jedoch die Bindung an die wissenschaftliche Basis zentral. Das ist der Spagat eines Präsidenten.

Die Akademien sind nach eigenen Angaben das grösste und zugleich kostengünstigste wissenschaftliche Netzwerk der Schweiz. Braucht es also eine Professionalisierung?

Das Wort Professionalisierung hat in der akademischen Welt eine gute und eine schlechte Konnotation. Wenn Professionalisierung im Sinn von Vereinheitlichung gemeint ist, die dazu beiträgt, die gemeinsamen Interessen verschiedener Stakeholder zu vertreten, dann sicher. Wenn hingegen der Aufbau einer Verwaltung gemeint ist, die bestehende Formen der



Antonio Loprieno will die Akademien der Wissenschaften Schweiz als Marke etablieren.

Bild: Valérie Chételat

Wissenschaftsförderung dupliziert, dann nicht. Die Akademien sollen primär wissenschaftliche Anliegen unterstützen, die nicht durch andere Institutionen gefördert werden.

Zum Beispiel?

Interdisziplinarität. Sie ist schwierig zu fördern. Die Akademien sind dafür die beste und auch die prädestinierte Struktur. Für arrivierte Wissenschaftler ist es einfacher, sich auf das Terrain der Interdisziplinarität zu wagen, als für junge Forschende, die eine Karriere aufbauen müssen.

Welche weiteren Bereiche sind Ihnen ein Anliegen?

Die Digitalisierung. Mich bewegt in dieser Frage der Kulturwandel. Dieser ist vergleichbar mit dem Wandel in der Renaissance durch den Buchdruck. Unser bisheriges Wissen war das Wissen von Individuen, zum Beispiel Professoren, die erzählen, was die Studierenden noch nicht wissen. In der digitalen Gesellschaft sind wir mit sozialem Wissen konfrontiert, das die Autorenschaft in Frage stellt. Wikipedia zum Beispiel ist solch verdichtetes Wissen, das viele Autoren hat. Das ist ein radikaler Wandel.

Und was reizt Sie an Ihrer neuen Aufgabe?

In der Doppelfunktion als Präsident der Schweizer Akademien und der All European Academies (ALLEA) habe ich erstens das wissenschaftspolitische Privileg, unsere Wissenschaft auf europäischer Ebene mit zu repräsentieren. Zweitens finde ich

es als Wissenschaftler interessant, die Einbindung der Wissenschaft in den gesellschaftlichen Diskurs mitzugestalten. Ein dritter Aspekt ist die Institutionalisierung: Die Akademien haben als Fachgesellschaften sehr unterschiedliche Kulturen, die zu kombinieren eine schöne Aufgabe darstellt.

Gibt es bei den Akademien einen Verjüngungsbedarf?

Ein entsprechendes Projekt besteht ja. Auch als ALLEA-Präsident würde ich eine Verjüngung der Akademien in Europa begrüssen. In einer Zeit, in der Nachwuchsförderung grossgeschrieben wird, kann es nicht sein, dass die Akademien ein Altherrenklub bleiben. Wir müssen unbedingt für jüngere Forschende attraktiver werden.

Pascale Hofmeier ist SNF-Wissenschaftsredaktorin.

Im Zentrum der Wissenschaft

Antonio Loprieno (62) übernimmt im Mai 2018 das Präsidium der Akademien der Wissenschaften Schweiz. Für die Amtszeit 2018 bis 2021 wurde er auch zum Präsidenten der All European Academies (ALLEA) ernannt. Loprieno ist seit 2000 ordentlicher Professor für Ägyptologie an der Universität Basel, der er von 2006 bis 2015 als Rektor vorstand. Er war von 2008 bis 2015 Präsident der Schweizerischen Rektorenkonferenz (CRUS).

Das neue Urheberrecht bremst Open Access

Das revidierte Urheberrecht soll nach langem Hin und Her doch kein Zweitveröffentlichungsrecht enthalten. Das könnte alle Bemühungen gefährden, wissenschaftliche Publikationen öffentlich zugänglich zu machen.

Von Michael Baumann

Mit öffentlichen Geldern finanzierte Studien und Forschungsergebnisse sollen einem breiten Publikum unentgeltlich zur Verfügung stehen, wie der Grundsatz von Open Access (OA) gebietet. In der Schweiz laufen die Diskussionen dazu auf Hochtönen (vgl. Kasten «Wissen teilen»).

Zufälligerweise wird derzeit auch das Urheberrecht (URG) revidiert mit dem Zeithorizont 2020. Dabei sollen auch die Interessen der Wissenschaft berücksichtigt werden. Seit November 2017 liegt der Gesetzesentwurf vor, doch nach einigem Hin und Her fehlt das Zweitverwertungsrecht, also das Recht auf ein kostenfreies elektronisches Zur-Verfügung-Stellen einer Originalpublikation und damit eine wichtige Grundlage für OA. In seiner Vernehmlassungsantwort zum URG schrieb zum Beispiel der Schweizerische Nationalfonds, dass OA ein gesetzlich vorgesehenes Zweitveröffentlichungsrecht bedinge.

«Über das Zweitveröffentlichungsrecht wird nur diskutiert, weil die Erstveröffentlichung nicht funktioniert.»

Willi Egloff

In den meisten Fällen treten heute Forschende die Rechte an wissenschaftlichen Arbeiten an die Verlage ab. Falls die Autorinnen und Autoren ihre Publikationen trotzdem in einem Forschungsnetzwerk oder auf der eigenen Homepage veröffentlichen, verletzen sie die Urheberrechte der Verlage und machen sich strafbar. Sie können deshalb auf Unterlassung oder Schadenersatz verklagt werden. Gleiches gilt für die Universitäten, wenn sie Werke in ihre elektronischen Repositorien aufnehmen. Deshalb wird teilweise von der Publikation im Internet Abstand genommen, was nicht im Interesse der Wissenschaft und der Forschung ist.

Daniel Hürlimann, Assistenzprofessor an der Universität St. Gallen, der sich stark für die Zweitverwertung einsetzt und an einer Vernehmlassungseingabe mitgewirkt hat, ist enttäuscht. Durch den Verzicht auf die Verankerung des Zweitveröffentlichungsrechts im Urheberrecht werde die nationale Open-Access-Strategie gefährdet. Er ortet das Grundproblem mit dem Zweitveröffentlichungsrecht beim leichtfertigen Umgang mit dem Urheberrecht: «Viele wissenschaftliche Autoren treten ihre Rechte an den Verlag ab, ohne zu überlegen, was das bedeutet.» Dies geschehe, weil sich die Autoren nicht um ihre Rechte kümmern oder weil diese ihnen nicht so wichtig seien. Theoretisch sei es zwar möglich, die Verträge mit den Verlagen anders auszugestalten. «Die Autoren wollen aber in erster Linie publiziert und zitiert werden», erklärt Hürlimann, «weshalb Vertragsdetails naturgemäss in den Hintergrund rücken.»

Verankerung im Obligationenrecht

Deshalb schlägt Hürlimann vor, im Obligationenrecht (OR) festzulegen, dass die Rechte immer beim Autor bleiben und er seine Werke auf eine Webseite hochladen kann. Für die nationale Open-Access-Strategie wäre ein Zweitveröffentlichungsrecht hilfreich, ist Hürlimann überzeugt, denn die Anliegen der Wissenschaft sollten im Gesetz besser berücksichtigt werden. In seiner Stellungnahme zur Revision des Urheberrechts, die er mit Florent Thouvenin eingereicht hat, wird die Forderung erhoben, neben einer breit gefassten Wissenschaftsschranke für das Text- und Data-Mining im URG das Zweitveröffentlichungsrecht im OR mit einem neuen Artikel gesetzlich zu verankern. Der Vorschlag: «Nicht auf den Verleger übertragen werden kann das Recht, einen mit öffentlichen Mitteln finanzierten Beitrag für eine wissenschaftliche Zeitschrift oder ein wissenschaftliches Sammelwerk unentgeltlich öffentlich zugänglich zu machen.» Auf diese Weise wäre sichergestellt, dass wissenschaftliche Publikationen interessierten Kreisen und der Öffentlichkeit kostenlos zur Verfügung stehen.

Eine andere Meinung vertritt der selbstständige Berner Anwalt und Urheberrechtsexperte Willi Egloff. Er ist kein Freund des Zweitveröffentlichungsrechts. Es sei sinnvoller, zuerst die Erstveröffentlichung zu regeln. «Über das Zweitveröffentlichungsrecht wird nur diskutiert, weil die Erstveröffentlichung nicht funktioniert», führt er aus. Die heutige Situation, in der die Verlage die Werke veröffentlichen, für das Lesen im Internet aber etwas verlangten, sei unhaltbar. Hier gelte es den Hebel anzusetzen, damit jeder auch im Internet unentgeltlich Zugang zu Forschungsergebnissen habe. Für Egloff ist klar, dass die Verlage ihre Geschäftsstrategie ändern müssen. «Dafür muss Überzeugungsarbeit geleistet werden.» Der Anwalt bezweifelt im Übrigen, dass die Verlage mit der heutigen gängigen Strategie viele zusätzliche Einnahmen generieren. Die Autoren erhielten ohnehin keine Tantiemen.

Ein Text, mehrere Versionen

Egloff sieht noch weitere Problemfelder: Wenn ein Zweitveröffentlichungsrecht eingeführt würde, hätte das zur Folge, dass zwei Textversionen im Umlauf wären. «Diese Situation hätte negative Konsequenzen





Viele Forschende achten wenig auf ihre Urheberrechte. Oft gehen diese an die Verlage über – ein Hindernis für Open Access. Bild: Keystone/Gaetan Bally

beim Zitieren von wissenschaftlichen Texten», ist er überzeugt. Hürlimann widerspricht: «Man würde dieselbe Version verwenden wie bei der Erstveröffentlichung.» Egloff hält auch vom Vorschlag im Gesetzesentwurf für die Revision des Urheberrechts nicht viel, wonach bei einer Publikation in einem ausländischen Verlag zwingend schweizerisches Recht gelten muss. Diese Forderung gehe ins Leere und interessiere die Verlage im Ausland nicht. Man müsse sich deutlich vor Augen halten, dass die Autoren aus Gründen der wissenschaftlichen Karriere anstreben, in renommierten Zeitschriften wie Nature oder Science publizieren zu können und im Erfolgsfall die Bedingungen des Verlags zu akzeptieren hätten. Zu diesen Bedingungen gehört auch das auf den Verlagsvertrag anwendbare ausländische Recht. Für Hürlimann ist es hingegen unerheblich, ob sich die Verlage im Ausland dafür interessieren: «Es wäre zulässig, die Texte von Autoren an Schweizer Universitäten online zugänglich zu machen.»

Mit Bestimmtheit sei, so die feste Überzeugung von Egloff, die Open-Access-Strategie nicht von einem Zweitveröffentlichungsrecht abhängig. «Der Bund soll

besser bei sich selbst und bei allen von ihm finanziell unterstützten Organisationen dafür sorgen, dass Daten und Publikationen tatsächlich zugänglich gemacht werden.» Bis es soweit ist, schlägt Egloff einen pragmatischen, aber umstrittenen Lösungsansatz vor: Wissenschaftliche Arbeiten sollten einfach auf den Homepages der Institute und auf den privaten Websites der Autoren publiziert werden. Egloff sagt dazu: «Mir ist kein Fall bekannt, in dem ein Verlag interveniert hätte.»

Auch wenn im Gesetzesentwurf für die Revision des Urheberrechts der Bundesrat das Thema der Zweitveröffentlichung nicht aufnimmt, will er die Diskussionen auf europäischer Ebene aufmerksam weiterverfolgen, «um einen allfälligen Handlungsbedarf auszuloten», so die Vernehmlassungsantwort. Ein wichtiger Punkt für die Wissenschaft hat es hingegen in den Entwurf geschafft: Die Nutzung urheberrechtlich geschützter Werke für Text- und Data-Mining ohne die Zustimmung der Autoren und ohne jegliches Entgelt wäre zugelassen. Das nächste Wort zur Gesetzesrevision haben die eidgenössischen Räte.

Michael Baumann ist freier Journalist in Zürich.

Wissen teilen

Mit öffentlichen Mitteln finanzierte Forschungsergebnisse sind ein öffentliches Gut und sollten daher elektronisch öffentlich und kostenlos zugänglich sein: Das ist der Kerngedanke von Open Access (OA). Das Thema wird international seit Jahren heftig diskutiert, unter anderem auch in Deutschland und den Niederlanden. In der Schweiz wurde im Frühjahr 2017 die Nationale Open-Access-Strategie verabschiedet. Diese will ab 2024 öffentlich geförderte Forschung OA zugänglich machen. Der SNF unterstützt dies, hat für sich selber jedoch das Ziel gesetzt, dass schon 2020 sämtliche aus seiner Förderung resultierenden Publikationen OA verfügbar sein müssen.

Unter Spannung

Das Schweizer Stromübertragungsnetz stösst an seine Leistungsgrenzen. Eigentlich bräuchte es neue Überlandleitungen, doch die sind der Bevölkerung suspekt. Sören Hedtke versucht, mehr aus den Leitungen herauszuholen.

«Ich war schon ziemlich beeindruckt, als ich zum ersten Mal unser Forschungslabor betreten habe: ein Raum so gross wie eine Turnhalle, Generatoren so hoch wie ein Zehn-Meter-Sprungturm, dazwischen aufgespannt Freileitungen. Hier zu arbeiten, das ist etwas anderes, als sich über eine elektronische Schaltung zu beugen. Das wirkt schon sehr futuristisch.

Zukunftsweisend ist auch unser Projekt. Hier – am Lehrstuhl für Hochspannungstechnik der ETH Zürich – forschen wir an einem zentralen Infrastrukturprojekt unserer Gesellschaft: der Frage, wie man in Zukunft den Strom übers Land transportiert. Das ist eines der grossen Themen im Nationalen Forschungsprogramm 70 Energiewende (NFP 70), an dem ich mitarbeite. Wissenschaft als Selbstzweck, das war noch nie was für mich.

Das Problem, das wir lösen wollen, ist offenkundig: Das Stromübertragungsnetz in der Schweiz stösst an seine Grenzen, schon jetzt gibt es immer wieder Engpässe. Zum einen steigt der Strombedarf. Stellen Sie sich nur vor, was passiert, wenn flächendeckend auf Elektromobilität umgestiegen wird! Hinzu kommt, dass zunehmend dezentral Strom erzeugt wird. Windräder, Solaranlagen und Wasserkraftwerke sind über das ganze Land verteilt. Ihr Strom muss möglichst verlustfrei zu den Menschen gebracht werden.

Regen macht Leitungen laut

Dabei ist es nur schwer vorstellbar, viele neue Freileitungstrassen zu bauen. Dem steht die Bevölkerung sehr kritisch gegenüber. Deshalb müssen wir mehr aus den bestehenden Leitungen herausholen. Ein technischer Weg dahin ist weitgehend bekannt. Man kann die bestehenden Wechselstrom-Hochspannungsleitungen zu hybriden Trassen umrüsten, die gleichzeitig auch Gleichstrom transportieren. So entfallen Umwandlungsverluste, eine höhere effektive Spannung wäre möglich. Theoretisch liesse sich die Kapazität mehr als verdoppeln.

Das Hybrid-System hat aber auch Nachteile. Es kommt zu Wechselwirkungen zwischen den beiden Systemen. Dies kann

zu einer höheren Geräuscentwicklung und zu stärkeren elektrischen und magnetischen Feldern am Boden führen. Unsere Aufgabe ist es, diese Nebenerscheinungen des Stromtransports zu minimieren, wobei wir nicht alle Effekte gleichermassen dämmen können. Man muss optimieren. Das ist eine spannende Sache, weil wir dabei an der Schnittstelle vieler Disziplinen stehen: Elektrotechnik, Physik, Akustik, Materialwissenschaften, Statik.

Viele unserer Experimente machen wir im Labor, wo wir das Wetter kontrollieren können. Schulklassen auf Besuch staunen immer, wenn wir etwa unseren Regensimulator anschalten und es plötzlich zu knistern beginnt. Oder wenn wir das Licht abschalten und die Schüler durch ein spezielles UV-Nachtsichtgerät die kleinen Blitze, die elektrischen Entladungen der sogenannten Korona, beobachten können. Diese sind die Folge des erhöhten elektrischen Feldes am Leiter durch Wassertropfen, Schmutz oder Kratzer an der Oberfläche und erzeugen das typische prasselnde Geräusch.

Nicht alle diese Effekte können wir im Labor simulieren. Schmutzeffekte etwa durch fliegende Gräser und Pollen oder besondere Wetterlagen lassen sich besser im Feld untersuchen. Das machen wir in unserer Forschungsstation in Däniken bei Aarau, wo wir zwei Leiterbündel von 35 Meter Länge in zehn Meter Höhe installiert haben. Das ist alles sehr aufwändig. Natürlich müssen die Sensoren extrem wetterbeständig sein. Auch können wir nicht einfach ein verkabeltes Messgerät an eine 400 000-Volt-Leitung legen; deshalb arbeiten wir viel über funkende Sensoren.

Vom Prinzip her ist das natürlich alles sehr gefährlich, aber wir haben sehr strikte Sicherheitsvorkehrungen. Alle riskanten Bereiche sind eingezäunt. Bei der kleinsten Abweichung schaltet das System sofort ab. Für die Arbeit an Mast und Seilen haben wir Kräne und Hebebühnen, niemand muss da hochklettern. Wir hatten noch nie einen Unfall. Und selbst wenn man direkt unter einer Leitung steht, könnte man allenfalls ein leichtes Kräuseln im Nacken spüren.

Aber auch so was möchte natürlich kein Anwohner erleben. Die Bevölkerung ist skeptisch gegenüber neuen Technologien. Deshalb arbeiten wir im NFP 70 auch viel mit Sozialwissenschaftlern zusammen, sie erforschen die gesellschaftliche Akzeptanz unseres Vorhabens. Auch wir Ingenieure wissen: Es ist sehr, sehr wichtig, gut zu kommunizieren.»

Aufgezeichnet von Christian Weber.



Ob eine Freileitung unter der Regenanlage im Hochspannungslabor (r.) oder die Hybridfreileitung Däniken bei Aarau unter freiem Himmel: Sören Hedtke beobachtet Stromleitungen und elektrische Entladungen sehr genau – manchmal auch mithilfe eines UV-Restlichtverstärkers (unten).

Bilder: Martina Stadelmann, ETH High Voltage Lab (oben); Jurij Pachin, ETH High Voltage Lab (rechts und unten)



Stromleitungen optimieren

Sören Hedtke studierte Elektrotechnik an der Technischen Universität Darmstadt und schloss dort 2014 mit einem Master ab. Seitdem arbeitet er an seiner Promotion am Lehrstuhl für Hochspannungstechnik der ETH Zürich.





Indian elephant

Die blinden Flecken neuronaler Netze

Künstliche Intelligenz vollbringt wahre Kunststücke. Wie sie genau funktioniert, das durchschaut bisher niemand. Nun führen Forschende Algorithmen absichtlich in die Irre, um deren Grenzen zu testen und sie besser zu verstehen. *Von Sven Titz*

Plötzlich hegen einige Fachleute für künstliche Intelligenz (AI) ungewöhnliche Zweifel: «Das maschinelle Lernen ist zur Alchemie geworden», unkte Ali Rahimi von Google neulich in einem Vortrag. Seine Provokation löste eine lebhafte Debatte aus. Rahimi hatte einen Nerv getroffen.

Vielleicht war ein Rückschlag überfällig. In den letzten Jahren haben tiefe neuronale Netze - lernfähige Rechengebilde, die aus mehreren Schichten virtueller Neuronen bestehen - erstaunliche Erfolge gefeiert, etwa in der Sprach- und Bilderkennung. Jetzt folgt das Unbehagen: Weiss man wirklich, was im Innern neuronaler Netze vor

sich geht? Lassen sich die neuen Techniken austricksen? Sind sie ein Sicherheitsrisiko? Diesen Fragen widmen sich neue Forschungsgebiete, die sich «Explainable AI» oder «AI neuroscience» nennen.

Tiefe neuronale Netze (DNN für «deep neural networks») lassen sich auf vielfältige Weise täuschen, wie mehrere Forschende gezeigt haben. Anh Nguyen von der Auburn University zum Beispiel konstruierte Bilder, die für Menschen nicht den geringsten Sinn ergeben, die DNN zur Bilderkennung aber eindeutig als Darstellungen bestimmter Tiere identifizierten.

Noch tückischer sind die sogenannten «adversarial» (feindlichen) Testbeispiele.

Realistisch aussehende Bilder werden dabei minimal verändert. Das menschliche Auge nimmt den Unterschied praktisch nicht wahr. Dennoch identifiziert das DNN im manipulierten Bild einen völlig anderen Gegenstand. Der Gruppe von Pascal Frossard von der EPFL gelang es zum Beispiel, dass eine abgebildete Socke für einen Elefanten gehalten wurde.

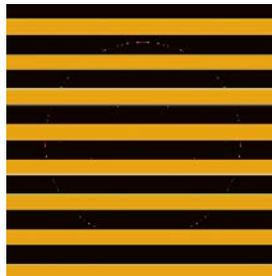
«Systeme auf der Basis von DNN sind derzeit ziemlich verletzlich gegenüber Veränderungen der zugrundeliegenden Daten», sagt Frossard. «Oft können wir keine Garantie für ihre Leistung aussprechen.» Bei Anwendungen im Bereich von Medizin und Sicherheit kann das zu einem echten

Verwirrte neuronale Netzwerke:
Eine Socke wird zum Elefanten,
ein paar Linien zum Schulbus. Mit
diesen Bildern haben Forschende
neuronale Netzwerke getäuscht.

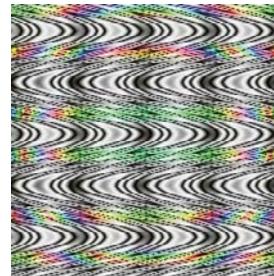
Bilder: S. Moosavi-Dezfooli, A. Fawzi, O. Fawzi
and P. Frossard Proceedings of IEEE CVPR,
2017 (indian elephant, macaw); Nguyen et
al., «DNNs are Easily Fooled», CVPR 2015
(school bus, comic book)



macaw



school bus



comic book

Problem werden. Selbstfahrende Autos
zum Beispiel müssen Verkehrszeichen ver-
lässlich erkennen. Sie dürfen sich durch
Manipulationen nicht täuschen lassen.

Achtbeinige Zebras

Allmählich beginnen Forschende zu ver-
stehen, wie es zu den Fehlern kommt. Ein
Grund ist, dass die Programme mit einer be-
grenzten Menge an Beispieldaten trainiert
werden. Werden sie dann mit ganz anderen
Fällen konfrontiert, geht das gelegentlich
schief. Ein weiterer Grund für das Versagen
ist die Tatsache, dass DNN nicht die struktu-
rell korrekte Wiedergabe von Objekten ler-
nen. «Ein echtes Bild eines vierbeinigen Ze-
bras wird als Zebra klassifiziert», erläutert
Nguyen. «Fügt man dem Zebra im Bild aber
weitere Beine hinzu, ist das DNN eher noch
sicherer, dass es sich um ein Zebra handelt -
selbst wenn das Tier acht Beine hat.»

«Oft können wir keine
Garantie für die Leistung von
tiefen neuronalen Netzen
aussprechen.»

Pascal Frossard

Das Problem: Die DNN ignorieren den
Gesamtaufbau der Bilder. Vielmehr basiert
die Erkennung auf Farb- und Formdetails.
Das ergibt sich jedenfalls aus den ersten
Studien, in denen ermittelt wurde, wie die
DNN im Innern ticken.

Um den Geheimnissen der neuronalen
Netze auf die Schliche zu kommen, nutzen
Nguyen und andere Forschende unter an-
derem Techniken zur Visualisierung. Sie
markieren, welche virtuellen Neuronen auf
welche Eigenschaften von Bildern reagieren.
Eines der Resultate: Generell lernen die
ersten Schichten von DNN die Grundeigen-
schaften der Trainingsdaten, wie
Nguyen erläutert. Das sind bei Bildern zum
Beispiel Farben und Linien. Je tiefer man in
ein neuronales Netz vordringt, desto mehr
werden die bereits erfassten Informationen
kombiniert. Die zweite Schicht erfasst
schon Konturen und Schatten. Im Verbund
des Netzes gelingt schliesslich die Erkennung
von Objekten.

Dabei gibt es erstaunliche Parallelen
zu den Neurowissenschaften: So konnten
Hinweise darauf gefunden werden, dass
einzelne Neuronen im Hirn auf bestimmte
prominente Personen spezialisiert sein
könnten. Ähnliche Resultate ergaben sich
auch bei den DNN.

Man versucht das Innenleben neuro-
naler Netze auch auf theoretischem Weg
zu entschlüsseln. «Dabei geht es zum Bei-
spiel um mathematische Eigenschaften
der Algorithmen», erklärt Frossard. «Ent-
scheidungsgrenzen» repräsentieren die
Grenzen zwischen verschiedenen Bild-
kategorien. Zum Beispiel wird markiert, ob
ein Bild in die Kategorie «Äpfel» oder die
Kategorie «Birnen» fällt.

Was die Funktionsweise angehe, seien
generell noch viele Fragen offen, sagt Yan-
nic Kilcher vom Data Analytics Lab der ETH
Zürich. Das betrifft die Fehler ebenso wie
das Wunder des Gelingens. Oft liefert selbst
ein Programm, das auf unbekannte Daten
angewandt wird, vernünftige Ergebnisse.
«Warum die neuronalen Netze zu dieser
Verallgemeinerung fähig sind, verstehen
wir noch nicht vollständig», so Kilcher.

Schach und Tumoren

In vielen Anwendungen macht es die Men-
ge der Daten und der vernetzten Parameter
sehr schwierig, das Verhalten der DNN zu
interpretieren. Selbst Schachspieler ha-
dern mit der mangelnden Transparenz
von Programmen, die DNN nutzen. Neu-
lich besiegte Google Alpha das beste her-
kömmliche Schach-Computerprogramm.
Aber niemand weiss so recht, wie das ge-
lang. Wenn es schon Schwierigkeiten beim
Schach gibt, wie steht es dann erst um me-
dizinische Hilfsprogramme zur Klassifika-
tion von Tumoren? Sind sie schon so ver-
ständlich und bewährt, dass man sich auf
die «Entscheidungen» der Computerhirne
verlassen möchte? Viele Forschende haben
da so ihre Zweifel - selbst wenn sie nicht
gleich von Alchemie sprechen würden.

Die Defense Advanced Research Projects
Agency des US-Verteidigungsministeri-
ums widmet sich bereits der Herausforde-
rung: Im Projekt «Explainable AI» werden
Modelle entwickelt, die auf DNN basieren,
aber dennoch für den Nutzer transparent
sind. Forschende an der Stanford University

wiederum haben neulich ein Programm
entwickelt, das neuronale Netze auf Fehler
untersuchen kann. Es eignet sich ausser-
dem dafür, die getroffenen Entscheidungen
besser zu verstehen. Das gelingt, indem die
Komplexität des Modells auf das Wesent-
liche reduziert wird.

Frossard und seine Gruppe verfolgen ein
anderes Konzept. Sie lassen empirisches
Vorwissen in ein DNN-gestütztes Modell
einfließen. Die Idee: Kombiniert man das
maschinelle Lernen mit konkreten Kennt-
nissen der Wirklichkeit, lässt sich womög-
lich ein Programm fertigen, das die Vortei-
le beider Seiten vereint - die Lernfähigkeit
von DNN mit der Interpretierbarkeit her-
kömmlicher Programme. Frossard: «Am
Ende hängt zwar alles von den Anwendun-
gen ab. Aber das beste System ist wahr-
scheinlich irgendwo in der Mitte.»

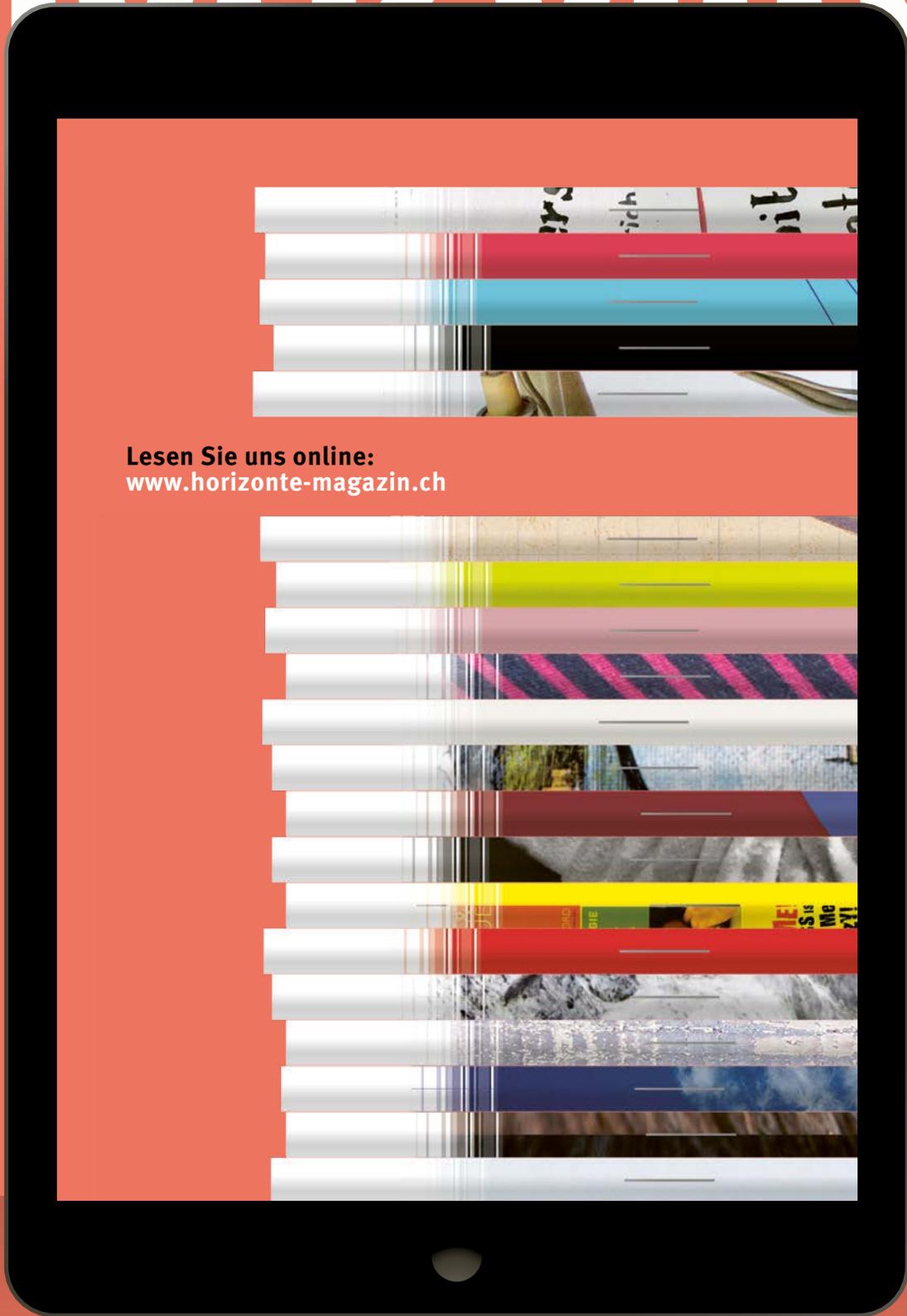
Sven Titz ist freier Wissenschaftsjournalist
in Berlin.

Modelle klonen und nachbauen

Ein spezielles Problem vielschichtiger
neuronaler Netze ist die Gefahr des Modell-
Diebstahls. Zwar werden die Programme
oft anhand von Daten trainiert, die geheim
sind. Durch einen Trick lassen sich die
Modelle aber nachbauen, ohne dass man
die Trainingsdaten kennt, erläutert Yannic
Kilcher von der ETH Zürich. Dazu stellt man
dem Modell «Fragen» (das sind zum Bei-
spiel Bilder im Fall eines Bilderkennungs-
algorithmus). Aus der Kombination mit
den Resultaten lässt sich - mithilfe eines
eigenen neuronalen Netzes - das Programm
nachbauen.

Das Problem besteht nun darin, dass
sich aus dem rekonstruierten Netzwerk
Informationen über die geheimen Train-
ingsdaten ermitteln lassen. Wenn es sich
um Patientendaten handeln würde, wäre
das besonders heikel. Forschende wie
Kilcher haben aber bereits erste Versuche
unternommen, durch geschickte Verände-
rungen an den Programmen den Diebstahl
zu erschweren.

horizonte



Lesen Sie uns online:
www.horizonte-magazin.ch



@horizonte_de



horizonsmagazine



www.horizonte-magazin.ch/newsletter



Ist ein Teil der Zelle in der Sonne und ein Teil im Schatten, entstehen Spannungsunterschiede.

Schatten ist der Feind der Solarzellen

In weniger als zehn Jahren haben sich die Perowskite in der Solarzellenforschung etabliert. Forschende in den USA, Korea oder der Schweiz befassen sich mit dieser Materialfamilie, die eine Kristallstruktur aufweist. Die Technologie macht rasante Fortschritte: Die Stabilität der Sonnenkollektoren ist von wenigen Stunden auf über 40 Tage gestiegen. Der Wirkungsgrad hat sich von 4 auf über 22 Prozent vervielfacht.

Luca Bertoluzzi erforscht die Grenzen von Perowskit-Solarpanels unter speziellen Bedingungen. Zum Beispiel, wie gut sie Spannungsunterschiede tolerieren, wenn ein Teil des Panels in der Sonne und ein anderer Teil im Schatten ist. Solarpanels bestehen aus einzelnen Zellen, die nicht zu jeder Zeit dieselbe Leistung erzeugen. Dies kann für Module aus Perowskit oder dem üblicherweise verwendeten Silizium problematisch sein: «Die Zellen im Schatten verhalten sich dann wie eine Staumauer, die den Strom blockiert, der durch die sonnenexponierten Zellen erzeugt wird», erklärt der Forscher. «Wenn der Spannungsunterschied eine gewisse Schwelle überschreitet, kann die Staumauer überflutet und beschädigt werden.»

Silizium übersteht Spannungsunterschiede von mehr als 10 Volt schadlos. Perowskit-Prototypen tolerieren lediglich 1 bis 4 Volt, gewinnen ihre Eigenschaften aber nach einem solchen Ereignis teilweise zurück. Falls der Zustand lang anhält oder wiederkehrt, akkumulieren sich die Schäden. Das hat Leistungseinbussen zur Folge und zerstört schliesslich die Zelle.

«Es wäre ideal, wenn wir genau verstehen würden, was auf chemischer Ebene abläuft, damit wir widerstandsfähigere Perowskite entwickeln können», sagt Bertoluzzi, Postdoc an der Universität Stanford. Gemeinsam mit der Doktorandin Andrea Bowring hat er weitere mögliche Lösungen identifiziert: «Man könnte Schaltungen entwickeln, die den Stromüberschuss umleiten – oder die Panels so aufstellen, dass die Bestrahlungsunterschiede möglichst gering sind.» *Lionel Pousaz*

A. R. Bowring et al.: Reverse Bias Behavior of Halide Perovskite Solar Cells. *Advanced Energy Materials* (2017)

Das Herz als Kraftwerk für seinen Schrittmacher

Ärztinnen und Ärzte implantieren jährlich weltweit mehr als eine Million Herzschrittmacher. Der Eingriff ist Routine, aber nach fünf bis zehn Jahren braucht das kleine Gerät eine neue Batterie. Und jede erneute Operation birgt ein Risiko für Komplikationen. Aus diesem Grund forscht der biomedizinische Ingenieur Adrian Zurbuchen an einem autonomen Herzschrittmacher, der ohne Batterie auskommen könnte.

«Einmal implantieren und dann vergessen, wäre das Ziel», sagt Zurbuchen, der gerade einen Forschungsaufenthalt an der University of Michigan in Ann Arbor beendet. Er schlägt zusammen mit Kollegen von der Universität Bern einen neuen Ansatz vor: Ein kleines Gerät aus Magneten und Spulen wandelt die Aktivität des Herzmuskels in elektrische Energie für den Schrittmacher um. Mit jedem Muskel Schlag bewegt das Herz den sogenannten Harvester. Der Minigenerator könnte mit einem Katheter in die rechte Seite des Herzens implantieren werden. Der Nachteil dieser Lösung: Wegen der Magnete im Harvester müsste ein Patient auf MRI-Untersuchungen verzichten.

Um jede Minute sechs Liter Blut zirkulieren zu lassen, bringt das Herz eine Pumpleistung von rund einem Watt. Ein Herzschrittmacher benötigt dagegen nur fünf bis zehn Mikrowatt, würde also nur einen Bruchteil der vom Muskel produzierten Energie benötigen. Bei einem In-vivo-Versuch an Schweinen gelang es dem Team, bei einem Herzschlag von 160 Schlägen pro Minute 1,7 Mikrowatt Leistung zu erzeugen. Das reicht zwar noch nicht ganz, doch in einer Simulation hat Zurbuchen durchgerechnet, welche Parameter des Harvesters verändert werden müssten, um genügend Energie zu gewinnen.

Alexandra Bröhms

A. Zurbuchen et al.: Endocardial Energy Harvesting by Electromagnetic Induction. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* (2017)



Der Harvester soll künftig im Herzen die Energie produzieren, die der Herzschrittmacher braucht.



Die Möglichkeit, Risse in Hochleistungsbeton vorherzusagen, macht Bauwerke sicherer.

Prognosen für Betonrisse

Risse schwächen Betonstrukturen und können zum Einsturz führen. Wie eine neue Studie zeigt, lässt sich mit Kernspinresonanzspektroskopie (NMR) das Wachstum von Poren im Innern des Materials verfolgen. Dies ermöglicht die Vorhersage von Rissen in Hochleistungsbeton, der in stark belasteten Strukturen von Brückenpfeilern oder Wolkenkratzern verwendet wird.

Beton entsteht durch das Verkleben der Gesteinskörnung, zum Beispiel Sand, mit Zement und Wasser. Der Zement härtet durch das zugefügte Wasser aus, indem die Kalziumsilikat-Moleküle bei der Reaktion mit den Wassermolekülen nadelförmige Kristalle bilden. Mit fortschreitender Reaktion vernetzen sich die Nadeln zu einer festen Struktur, deren Poren mit einer Mischung aus Wasser und Luft gefüllt sind. Der Druck an der Wasser-Luft-Schnittstelle presst den Beton zusammen, diese Belastung kann zu Rissen führen.

Zhangli Hu von der EPFL in Lausanne hat zusammen mit einem Team der Empa in Dübendorf eine neue Methode entwickelt für die Vorhersage, wie sich die relative Feuchtigkeit im Innern von Beton im Lauf der Zeit verändert und mit welcher Wahrscheinlichkeit sich dadurch Risse bilden. Die Methode stützt sich auf die Messung der relativen Häufigkeit grosser und kleiner Poren. Dazu werden Betonproben mit einem Labor-NMR-Gerät untersucht. Bei diesem Ansatz müssen die Proben nicht zerkleinert werden, wie dies bei der direkten Messung der relativen Feuchtigkeit erforderlich ist.

Bei Beton mit relativ hohem Wassergehalt weichen die NMR-Vorhersagen weniger als vier Prozent von direkten Messungen ab, bei Beton mit geringem Wassergehalt sogar weniger als zwei Prozent. «Deshalb ist diese Methode sehr vielversprechend für die Analyse von Hochleistungsbeton», erklärt Hu. «Dieser enthält wenig Wasser und ist gleichzeitig anfälliger auf Risse, die durch Veränderungen der Feuchtigkeit im Innern ausgelöst werden.» *Edwin Cartlidge*

Z. Hu et al.: A novel method to predict internal relative humidity in cementitious materials by H NMR. *Cement and Concrete Research* (in press)

Das Laborschnitzel ist

Der wachsende Fleischkonsum schadet der Umwelt.

Seit den 1960er-Jahren hat sich der globale Fleischkonsum vervierfacht, was einen enormen Verbrauch an Ressourcen nach sich zieht. So dient heute ein Drittel der weltweit verfügbaren Landfläche ausschliesslich der Viehzucht, und rund 40 Prozent des Getreides wird an Tiere verfüttert.

Bereits seit langem wird deshalb an Ersatzprodukten gefeilt, die wie Fleisch aussehen, riechen und schmecken – gleichzeitig aber klimaverträglicher und ressourcenschonender sein sollen. Nicht alle Alternativen halten dieses Versprechen.

Die Auswirkungen beziffern

Mit Lebenszyklusanalysen kann die Ökobilanz eines Produkts gemessen werden. Die Untersuchung von Alexander Mathys von der ETH Zürich vergleicht die Umwelteinflüsse der Rohstoffgewinnung, Produktion und Verarbeitung von jeweils einem Kilogramm Fleisch oder Ersatzprodukt. Die Emissionen und der Ressourcenverbrauch werden dabei in einzelne Einflussfaktoren unterteilt, beispielsweise in Ozonabbau, Strahlung, Land- und Wasserverschmutzung.

Diese Vielzahl von Schadensindikatoren wird wiederum in den Kategorien menschliche Gesundheit, Ökosystem und Ressourcen zusammengefasst. So wird beispielsweise aufgezeigt, wie sich die Verbrennung fossiler Brennstoffe über die dadurch verursachte Luftverschmutzung auf die menschliche Lebenserwartung und Gesundheit auswirkt (Atemwegserkrankungen, Krebs). Die verwendeten Daten stammen aus Nahrungsmitteldatenbanken und Publikationen zur Produktion und Verarbeitung von Fleischersatzprodukten.



POULET

Geflügel ist überraschend umweltfreundlich

Hühnerfleisch ist populär: In der Schweiz konsumiert jede Person im Durchschnitt 12 Kilogramm Hühnerfleisch pro Jahr, weltweit sind es fast zwei Kilogramm mehr. Im Vergleich zu Rind- und Schweinefleisch ist das Geflügel umweltfreundlich und schneidet selbst gegenüber den untersuchten Fleischersatzprodukten nicht schlecht ab. In den Kategorien Gesundheit, Ökosystem und Ressourcen befindet es sich im Mittelfeld. Am umweltschädlichsten sind die für die Aufzucht der Hühner benötigten Futtermittel, da diese Ressourcen wie Landfläche und Wasser verbrauchen.

0,18

0,06

0,38



SOJA

Verbraucht am meisten Energie in der Bratpfanne

Mit Soja können Schnitzel und Bratwürste produziert werden, die dem Original teilweise sehr ähnlich sind und sowohl Eisen als auch Vitamine wie Folsäure enthalten. Ein bekanntes Beispiel des Soja-Fleischersatzes ist Tofu.

Da das hier untersuchte Sojamehl als Nebenprodukt der Sojaöl-Produktion abfällt, weist es in der Lebenszyklusanalyse eine gute Ökobilanz auf – am meisten Energie wird für das Zubereiten in der Küche der Konsumenten benötigt. Die grossen Landflächen, die heute für den Anbau von Soja benötigt werden, sind darauf zurückzuführen, dass drei Viertel der globalen Sojaernte heute an Nutztiere verfüttert wird.

0,1

0,02

0,16

ein Klimasünder

Text: Julia Richter

Infografik: CANA atelier graphique

Doch auch Ersatzprodukte haben ökologische Nebenwirkungen.



INSEKTEN

Doppelt so viel Essbares wie beim Rind

Insekten enthalten Eiweisse, ungesättigte Fettsäuren, Vitamine und Ballaststoffe. Zudem sind aus den Tierchen gewonnene Lebensmittel billig und ökologisch vorteilhaft. Denn während beispielsweise bei einem Rind nur vierzig Prozent des Tieres auf dem Teller landen, werden von einer Grille achtzig Prozent verspeist. Die Lebenszyklusanalyse gibt dem Insekten-Fleischersatz denn auch in allen drei untersuchten Kategorien gute Noten.



IN-VITRO-FLEISCH

Die Laborfrikadelle hat einen grossen Fussabdruck

In der In-vitro-Fleischzucht werden einem Tier Zellen entnommen, diese vermehren sich in Nährlösungen, produzieren Proteine und werden nach einigen Wochen als Fleisch «geerntet». Dieses Laborfleisch, so die Vision, könnte den globalen Land- und Wasserverbrauch stark reduzieren, da es für die Herstellung statt einem ganzen Tier nur wenige Zellen benötigt.

Beim heutigen Stand der Technik ist es jedoch zweifelhaft, ob die Laborfrikadelle in Zukunft eine bessere Umweltbilanz aufweisen wird als herkömmliches Fleisch. Wie die Lebenszyklusanalyse zeigt, schneiden In-vitro-Fleischprodukte zwar in Bezug auf den Landverbrauch sowie auf die Land- und Bodenverschmutzung tatsächlich gut ab, benötigen für die Herstellung aber mit Abstand am meisten Energie, was sich auf die Ökobilanz in allen drei Kategorien negativ auswirkt.



Was die Konsumenten davon halten

Der erste Burger aus In-vitro-Fleisch überzeugte aus Konsumentenperspektive nur wenig: 2013 hatte die Laborfrikadelle einen Wert von stolzen 250 000 Dollar und schmeckte dabei nicht einmal besonders gut. Es fehlten Fett und Bindegewebe. Seither arbeiten Forscher daran, die Marktauglichkeit des Laborfleischs in ökonomischer und geschmacklicher Hinsicht zu optimieren. Vom Verkauf in den Regalen der Detailhändler ist es aber noch weit entfernt.

Neben dem Preis ist auch die Akzeptanz der Konsumenten ein wichtiger Faktor für den Markterfolg eines Produkts. Dies zeigt sich am Beispiel der Insekten: Wie eine Umfrage der Berner Fachhochschule verdeutlicht, anerkennen viele Schweizer Bürger zwar die potenziellen Vorteile des Insektenkonsums, möchten die Krabbeltiere aber dennoch nicht essen. Obwohl das Lebensmittelgesetz den Verkauf bestimmter Insektenarten in der Schweiz seit Mai 2017 erlaubt, wird es deshalb wohl noch eine Weile dauern, bis sich der Konsum von Insekten auch in unseren Breiten durchsetzt.

Julia Richter ist freie Journalistin.

In Millipunkten (mPt)

- RESSOURCEN
- ÖKOSYSTEME
- MENSCHLICHE GESUNDHEIT

Der Fussabdruck der Produktion eines Kilogramms Fleisch oder Ersatzprodukt wird mit dem jährlichen Fussabdruck eines Durchschnittseuropäers verglichen. Dieser entspricht einem Punkt (Pt) oder tausend Millipunkten (mPt).

Personalisierte Medizin braucht eine andere Art von Studien

Alle träumen von auf einzelne Patienten massgeschneiderten Therapien. Leider liefern herkömmliche klinische Studien nicht die richtigen Daten dafür, sagt ein Biostatistiker.

Von Sascha Karberg

Die Medizin hat ein Problem: Meist spricht nur ein Teil der Patienten auf eine Therapie an. So sind Antidepressiva laut der US-amerikanischen Arzneimittelbehörde FDA bei fast 40 Prozent der Behandelten wirkungslos. Die Ursache dafür soll in den Genen liegen.

Auf diesen Unterschieden zwischen den Patienten basiert die personalisierte Medizin. Ein Beispiel ist das Krebsmedikament Iressa. Es wirkt nur bei Patienten, deren Tumorzellen Mutationen in einem Gen aufweisen – ein Wachstumsfaktor, der die Zellteilung anregt. Die Mutationen sind ein Hinweis, ein sogenannter Biomarker, ob ein Patient auf eine Therapie ansprechen wird.

Den Unterschied zwischen Patienten herauszufinden ist weitaus schwieriger, als man denken könnte. Dieser Meinung ist zumindest Stephen Senn vom Luxembourg Institute of Health. «Es ist normalerweise nicht möglich, in einer klinischen Studie festzustellen, wer von einer Behandlung profitiert hat und wer nicht», so Senn. «Der Hype um die personalisierte Medizin basiert auf der kaum getesteten Hypothese, dass sich Patienten in ihrer Reaktion auf eine Therapie stark unterscheiden.» Aussagen über Responder und Non-Responder, wie von der FDA zitiert, stünden auf statistisch wackligen Füßen, kritisiert Senn.

Das liege daran, dass in den Studien nicht die Reaktion einzelner Patienten verglichen wird. Vielmehr werden ganze Gruppen von Patienten einander gegenübergestellt, und zwar auf Grundlage ihrer durchschnittlichen Reaktion – etwa der Unterschied in der Höhe des Blutdrucks aller Patienten, die eine Behandlung bekommen haben, im Vergleich zu denen, die ein Placebo erhielten. «Wir führen schlicht und einfach nicht die Art von Studien durch, die es uns erlauben würden, Responder von Non-Respondern zu unterscheiden.»

Senn bestreitet nicht etwa, dass genetische Unterschiede der Patienten Auswirkungen auf den Erfolg einer Therapie



Manchmal wirkt die Therapie, manchmal nicht. Vielleicht wurde auch schlicht am falschen Tag gemessen. Dies zu unterscheiden wäre sehr aufwendig. Bild: Viacheslav Lopatin/Shutterstock

haben können. Er sagt, dass die meisten klinischen Studien nicht in der Lage sind zu entscheiden, ob die Ursachen unterschiedlicher Therapieergebnisse genetisch sind. Sie könnten durch zufällige Unterschiede in der Ernährung oder versteckte Infektionen eines Patienten verursacht sein.

Erst Placebo, dann Wirkstoff

Als Ausweg schlägt Senn vor, Patienten individuell über einen längeren Zeitraum zu beobachten. Dabei erhalten sie erst einen Wirkstoff, dann ein Placebo – oder umgekehrt. Diese sogenannten seriellen N-of-1-Studien lieferten Daten, mit denen die Reaktion der Patienten von zufälligen Variationen in den Messergebnissen unterschieden werden könne. Auch Nicholas Schork, Direktor für Humanbiologie am J. Craig Venter Institute in La Jolla (Kalifornien), forderte 2015 im Fachmagazin *Nature* N-of-1-Studien, um die «Unzahl von Faktoren zu testen – genetische und umweltbedingte –, die die Reaktion einer Person auf eine bestimmte Behandlung beeinflussen».

Allerdings sind solche N-of-1-Studien auch umstritten. Peter Jüni hält diese für wenig praktikabel: zu langwierig und zu kompliziert für den Klinikbetrieb, meint der Schweizer Epidemiologe und Direktor des Applied Health Research Centre der

Universität Toronto. Zwar habe Senn recht, dass aus Studien viel zu häufig unbegründete Rückschlüsse über Responder oder Non-Responder gezogen werden. Doch wenn man «sehr diszipliniert» vorgehe, gebe es Wege, auch traditionelle Studiendesigns korrekt zu interpretieren.

«Eine wirklich personalisierte Medizin gibt es nicht.»

Peter Jüni

Allerdings müsse man sich bewusst machen, dass Ergebnisse von spezifischen Untergruppen von Patienten häufig überinterpretiert werden. «Eine wirklich personalisierte Medizin, in der jeder Patient die exakt passende Therapie erhält, gibt es nicht», sagt Jüni. «Diese Erwartungen können wir bisher nicht erfüllen.» Bemühungen um eine bessere Datengrundlage für die personalisierte Medizin seien darum wichtig, auch wenn Senns provokative These in der Fachwelt umstritten sei.

Sascha Karberg ist Redaktor für den Bereich Forschen beim Tagesspiegel in Berlin.

Alkoholiker töten sich oft mit Medikamenten

Menschen mit chronischen Alkoholproblemen begehen häufiger Suizid als die Allgemeinbevölkerung. Und sie töten sich öfter mit Medikamenten als andere gefährdete Gruppen. Dies fanden Forschende heraus, als sie sämtliche zwischen 2000 und 2010 erfassten Suizide in der Schweiz untersuchten, zu denen es Angaben über die Blutalkoholkonzentration zum Todeszeitpunkt gibt. In über einem Drittel dieser Fälle hatten die Verstorbenen kurz vor dem Tod getrunken. Und von diesen Menschen litten laut Krankengeschichten wiederum drei Viertel unter einer Alkoholkonsum-Störung, wie der medizinische Fachausdruck lautet.

Für Thomas Reisch vom Psychiatriezentrum Münsingen, der die Studie mitveröffentlicht hat, ist das nicht überraschend. Ebenso wenig, dass in dieser Gruppe die Arzneimittelvergiftung eine besonders häufige Methode des Freitods ist: «Für viele Alkoholiker ist der Konsum von Medikamenten etwas sehr Gewohntes, weil sie in intensiver medizinischer Behandlung sind.» Aus demselben Grund seien sie auch oft im Besitz von Präparaten, die sich für einen Suizid eignen.

Genau hier sehen die Autoren einen möglichen Präventionsansatz: «Schränkt man den Zugang zum Tötungsmittel ein, könnten viele Suizide verhindert werden», ist Reisch überzeugt. Deshalb sollten Ärztinnen und Ärzte bei Menschen mit chronischen Alkoholproblemen bestimmte Wirkstoffe wie Benzodiazepine möglichst zurückhaltend verschreiben. Denkbar wäre, diese Medikamente nur unter Aufsicht direkt beim Arzt oder in der Apotheke einnehmen zu lassen – oder sie nur in sehr kleinen Packungsgrößen abzugeben. *Stéphane Praz*

P. Pfeifer et al.: Acute and chronic alcohol use correlated with methods of suicide in a Swiss national sample. *Drug and Alcohol Dependence* (2017)



Ein erschwerter Zugang zu Medikamenten könnte Suizide verhindern.

Gamma Knife ICON, Elekta Instruments, AB, Sweden



Das Gamma-Messer kann eine kleine Hirnregion zerstören – als Therapie.

Mit Gammastrahlen gegen das Zittern

Ein Patient, der unter essenziellem Tremor leidet, hat Mühe, einen Gegenstand zu halten: Das Zittern stört seine willentlichen Bewegungen. Ein radiochirurgischer Eingriff mit dem «Gamma Knife» ist eine mögliche Behandlung: Hochenergetische Gammastrahlen werden dabei auf einen tiefen Bereich des Gehirns im motorischen Thalamus gelenkt.

Die Hälfte der Patienten spricht gut auf diese Behandlung an: Das Zittern wird auf die Hälfte reduziert. Noch wird diese Therapie nicht gut verstanden. In einem ersten Schritt wird nun das Gehirn geheilter Patienten untersucht.

«Wir haben die Dichte der grauen Substanz von 38 Patienten vor und nach der Radiochirurgie mit struktureller Magnetresonanztomografie (MRI) verglichen», erklärt Constantin Tuleasca vom Gamma-Knife-Zentrum des Universitätsspitals Lausanne und Erstautor der Studie, die zusammen mit der EPFL und dem Centre hospitalier de la Timone in Marseille durchgeführt wurde. «Dabei beobachteten wir eine Korrelation zwischen der Verbesserung des Zitterns und der Veränderung eines am Sehvorgang beteiligten Hirnareals.»

Dieser Zusammenhang konnte bestätigt werden: Bei 52 weiteren Patienten liess sich der Erfolg der Behandlung auf Basis der MRI-Bilder vorhersagen. «Das Ergebnis war umso besser, je höher die Dichte der grauen Substanz in diesem Hirnbereich vor dem Eingriff war», erklärt der Forscher. Die Rolle dieses Areals, das mit der Radiochirurgie nicht behandelt wird, muss noch geklärt werden. Nun laufen Untersuchungen mit anderen MRI-Methoden, mit denen der Zusammenhang zwischen der Aktivität des Thalamus und jener dieses Sehrindenareals geprüft wird. «Dann könnte entschieden werden, ob auch dieses Areal anvisiert werden sollte, um das Behandlungsergebnis zu optimieren», erklärt Tuleasca. *Aurélie Coulon*

C. Tuleasca et al. Right Brodmann area 18 predicts tremor arrest after Vim radiosurgery: a voxel-based morphometry study. *Acata Neurochir* (2017)

Leuchtende Tarnfarbe

Viele Insekten erzeugen schillernde Farbeffekte nicht durch Pigmente, sondern durch spezielle Nanostrukturen in ihrem Körper. Forschende um Bodo Wilts von der Universität Freiburg haben nun entdeckt, wie der aus Indonesien stammende Rosenkäfer (*Chalcothea smaragdina*) sein metallisches Grün produziert.

Sie untersuchten den Chitinpanzer des Käfers unter anderem mit Elektronen- und Rasterkraftmikroskopie und fanden einen schraubenartigen Aufbau der äussersten Schicht. In dieser sogenannten Cuticula liegen ungefähr 70 Lagen von feinsten Fasern (Mikrofibrillen) aufeinander, in regelmäßigem Abstand zueinander versetzt. «Genau diese Anordnung braucht es, damit nur eine einzige Farbe reflektiert wird – in diesem Fall das Grün.» Bei der Reflexion wird dem Licht eine ganz bestimmte Schwingrichtung aufgezwungen, es wird zirkulär polarisiert. Zudem schwächt eine gitterartige Struktur auf der Oberfläche des Panzers die Spiegelung des nicht Opolarisierten Lichts etwas ab.

Die Forscher zeigten auch, dass der Käfer durch einen Polarisationsfilter leuchtender erscheint. Viele Insekten nehmen diese Polarisierung des Lichts wahr, Vögel und Säugetiere dagegen nicht. «Indem er polarisiertes Licht erzeugt, sticht der Käfer also wohl Artgenossen ins Auge, bleibt aber vor Fressfeinden getarnt», sagt Wilts.

Er möchte nun Schraubenstrukturen, wie sie der Käfer verwendet, im Labor herstellen. Das würde zum einen die Herstellung von Farben ermöglichen, die beständiger und gesünder sind als pigmentbasierte. Zum anderen ist es denkbar, auf diese Weise in Reisepässen oder Banknoten Sicherheitsmerkmale zu erstellen, die von blossen Auge nicht erkennbar sind. *Simon Koehlin*

L. T. McDonald et al: Circularly polarized reflection from the scarab beetle *Chalcothea smaragdina*: light scattering by a dual photonic structure. *Interface Focus* (2017)



Nanostrukturen im Panzer erzeugen das schimmernde Grün des Rosenkäfers.

Ein Politologe macht Politik

Romain Felli verbindet die Theorie mit der Praxis. Der Forscher analysiert die institutionelle Kommunikation zum Klimawandel. Gleichzeitig sitzt er im Gemeinderat von Lausanne.

Von Martine Brocard

Früher wollte er Notar werden und «viel Geld verdienen», später Geograf und die Umwelt schützen, und schliesslich Beamter bei den europäischen Institutionen. Ausserdem hat er sein Glück beim Skifahren versucht, und sein «eleganter, aber nicht genügend schneller» Stil reichte immerhin für die zweite Stufe des Treppchens bei den Westschweizer Slalom-Meisterschaften. Schliesslich stellte er fest, dass ihn nichts so sehr begeistert wie die Forschung. Heute passen alle Puzzleteile zusammen: Romain Felli untersucht die Politik im Bereich Klimawandel. Als Oberassistent für Politikwissenschaften an der Universität Lausanne und Lehrbeauftragter am Institut für Umweltwissenschaften der Universität Genf befasst sich der elegante Mittdreissiger, der gerne Fliege trägt, mit der Frage, was die internationalen Institutionen zum Schutz der Umwelt unternehmen.

Seine Arbeiten bilden einen scharfen Kontrast zum klassischen Diskurs über die Klimaerwärmung. «Mit den aktuellen politischen Konzepten gelingt es in keiner Weise, den Temperaturanstieg einzudämmen», bringt es der Forscher auf den Punkt. «Der Konsens besteht darin, den Trend zu einem zerstörerischen Wachstum in keiner Weise infrage zu stellen, sondern sich damit zufrieden zu geben, das Beste daraus zu machen.» Dies zeige sich in den Programmen zur Anpassung an den Klimawandel, die auf zusätzliche Marktmechanismen setzen, beispielsweise mit privaten Mikro-Versicherungen für Kleinbauern.

«Der Aufruf der Institutionen zur Anpassung an den Klimawandel ist politische Resignation.»

Der Sohn eines Skischulleiters in Leysin in den Waadtländer Voralpen begann sich für den Klimawandel zu interessieren, als er sein Skigebiet bedroht sah: «Ich realisierte, dass die Folgen nicht nur weit entfernt oder in ferner Zukunft eintreten werden, sondern vor meiner Haustüre.»

Seit rund zehn Jahren befasst sich Romain Felli mit den Diskursen zum Klimawandel, beispielsweise damit, wie «Klimaflüchtlinge» zu «Migranten» geworden

sind. Später hat er das heute allgegenwärtige Konzept der Resilienz untersucht, bei dem der Fokus nicht auf der Bekämpfung, sondern auf der Anpassung liegt.

«Mit seinen Arbeiten hat er einen neuartigen Ansatz entwickelt», erklärt Geraldine Pflieger, Leiterin des Instituts für Umweltwissenschaften an der Universität Genf. «Sie geben eine andere Sicht auf die Welt.» Sie erachtet den Waadtländer als einen «atypischen Forscher, der einen kritischen Ansatz mit methodischer Genauigkeit verbindet und ein brillanter Theoretiker ist».

Romain Felli analysiert derzeit die Kommunikation der Weltbank zum Thema Resilienz und entschlüsselt die Soziologie der herangezogenen Experten. «Drei Viertel haben dieselben Universitäten in Grossbritannien oder den USA besucht», erklärt er. «Zahlreiche Studien haben jedoch gezeigt, wie wichtig lokales Wissen ist.» Der 36-jährige Politologe möchte keine Weltuntergangsstimmung verbreiten, kritisiert aber den Aufruf zu Anpassung als «politische Resignation». Der Wille fehle, wirtschaftliche Strukturen zu verändern, die Ressourcen ausbeuten. Ein Trend, der perfekt zur neoliberalen Logik passt, bei der sich die Angepassten am besten aus der Affäre ziehen: «Treibhausgasreduktionen kommen allen zugute, Massnahmen zur Anpassung hingegen nur denjenigen, die sie treffen.»

Ein forschender Gemeinderat

Kritik ist einfach, wenn man nicht selber Verantwortung übernimmt. Dieser Vorwurf zielt bei Romain Felli ins Leere. An zwei Dienstagabenden pro Monat wechselt er als Gemeinderat von Lausanne in die Praxis. Der Wissenschaftler aus liberalem Haus hat mit der Familientradition gebrochen und ist 2007 der Sozialdemokratischen Partei (SP) beigetreten.

Der Forscher ist Mitglied der Finanzkommission für die industriellen Betriebe, die für die Energiewende in der Waadtländer Kantonshauptstadt verantwortlich ist. Trotz seines Fachwissens nimmt er nicht als Experte Stellung. Seine Forschung hat ihn dennoch für gewisse Punkte sensibilisiert, zum Beispiel für «mögliche Massnahmen gegen die Bildung von Wärmeinseln in Hitzeperioden». Der Vater eines fünfjährigen Jungen hat deshalb ein Postulat zur Schaffung von Planschbecken in öffentlichen Parks und für das Anpflanzen

von Obstbäumen in der Stadt lanciert. Für den Präsidenten der SP Lausanne, Benoît Gaillard, ist Romain Felli «ein echter Sozialdemokrat, der konkrete Dinge sofort ändern will und auch ein Ideal vor Augen hat.»

Seine akademische Arbeit beeinflusst nicht nur seine politische Tätigkeit, sondern auch umgekehrt. «Das Mandat im Gemeinderat hat mich dafür sensibilisiert, dass es schwierig ist, Allianzen zu schmieden, und dass in Institutionen politische und wirtschaftliche Zwänge bestehen.» Dass er seine beiden Rollen nicht vollkommen trennen kann, beschäftigt ihn hingegen nicht. Er empfindet diese Interaktionen eher als «gegenseitig befruchtend», solange die Eigenheiten beider Institutionen respektiert werden «und man seine jeweilige Aufgabe richtig versteht».

Der Sozialdemokrat macht sich keine Sorgen über die Neutralität der Forschung. «Meine Projekte betreffen Fragen, die ich als politisch wichtig erachte, was aber nicht bedeutet, dass meine Forschung dadurch beeinflusst wird.» Wichtiger als Neutralität scheint ihm, den Blickwinkel und die Methoden zu erklären, damit seine Arbeiten reproduzierbar sind. «Wenn eine Person mit einer andern politischen Sensibilität meinen Ansatz verwendet, sollte sie zu denselben Ergebnissen gelangen, selbst wenn sie sich zu Beginn vielleicht nicht dieselbe Frage gestellt hätte.»

Eines ist für Felli ganz klar: Der Wissenschaftler, der sein Leben mit einer Sozialwissenschaftlerin teilt, geniesst es, mit seinem Sohn die Skipisten in seiner Heimat Leysin hinunterzufahren, wann immer er Zeit findet. Solange es noch Schnee hat.

Die Journalistin Martine Brocard wohnt in Lausanne.

Politologe und Geograf

Romain Felli, geboren 1981, ist Oberassistent für Politikwissenschaften an der Universität Lausanne und Lehrbeauftragter am Institut für Umweltwissenschaften der Universität Genf. 2016 veröffentlichte der Experte für Klimawandel im Verlag Seuil das Werk «La grande adaptation». Er erhielt 2015 den Nachwuchspreis der Schweizerischen Akademie der Geistes- und Sozialwissenschaften.



Das Einhorn

Als Fabelwesen und Disney-Figur bekannt, kommt das Einhorn auch in der Bibel vor. Ähnlich wie Sirenen oder Kentauren findet man es nicht in der hebräischen Bibel, sondern nur in der griechischen Übersetzung, der Septuaginta. Sie war zur Zeit des Neuen Testaments unter Juden wie Christen verbreitet, und auf ihr basiert der Physiologus. Ursprünglich war das Einhorn, wie es in Psalm 22:21 vorkommt, ein mächtiges und gefährliches Tier. In der frühen mittelalterlichen Kunst war die Legende vom Einhorn, das sich nur von einer Jungfrau fangen lässt, weit verbreitet. Ihren Ursprung hat sie im Zentrum der christlichen Theologie, der Christologie: Das von der Jungfrau gefangene Einhorn ist ein Bild für die Fleischwerdung Jesu in der Jungfrau Maria. Weil es durch die Jungfrau bezwungen wird, wird es in der christologischen Deutung klein und niedlich.



Das Evangelium der Natur

In der Natur kann man lesen. Wie in der Bibel findet man darin Spuren Gottes. Das ist die Grundidee des sogenannten Physiologus. Berner Forscher haben die Texte neu untersucht. *Von Pascale Hofmeier*



Der Elefant

Aristoteles schreibt in seiner «Historia animalium», die Geschichte sei nicht wahr, wonach Elefanten im Stehen schliefen, weil sie sonst nicht wieder aufstehen könnten. Die Illustration im Berner Physiologus knüpft an Aristoteles an. Er zeigt, was man tatsächlich in der Natur beobachten kann: wie Elefanten einem gefallenem Artgenossen beim Aufstehen helfen. Die Naturbeobachtung verbindet der Physiologus allegorisch mit dem Alten Testament: Er schildert zuerst den Fall von Adam und Eva – des Elefantenpärchens –, die im Paradies lebten, bis sie von der verbotenen Frucht assen. Danach berichtet der Text von den erfolglosen Versuchen der andern Elefanten – Moses und der Propheten –, die gefallene Menschheit aufzurichten. Erst der letzte Elefant – Christus – kann dem gefallenem Elefanten – Adam – wieder aufhelfen. Im Verhalten der Elefanten spiegelt sich die christlich gedeutete Menschheitsgeschichte.



Der Löwe

Der Physiologus beginnt mit dem König der Tiere. Bereits in Ägypten und Assyrien symbolisierte der Löwe die Macht von Königen und Göttinnen, im Alten Testament repräsentiert er den erwarteten Messias (Genesis 49,9). Der Physiologus sieht in ihm Christus, indem er antike Tierkunde mit alttestamentlicher Symbolik verbindet: Der Löwe werde zunächst tot geboren und nach drei Tagen von seinem Vater zum Leben erweckt – wie Christus aus dem Grab erweckt wurde. Er verwische seine Spuren mit dem Schwanz, wie Christus seine Göttlichkeit im Fleisch verborgen habe.

Der Physiologus Bernensis ist in Reims um 830 entstanden und liegt heute in der Burgerbibliothek Bern.

Bilder: Bern, Burgerbibliothek, Cod. 318, f. 19v – Physiologus Bernensis (bit.ly/Ho_116_8)

Der Pelikan

Der Pelikan, der sich die Brust aufreisst und sein Blut auf seine Brut tropfen lässt – man findet das Bild in Kathedralen, Universitäten und Rathäusern, auf der Flagge des US-amerikanischen Bundesstaats Louisiana und im Wappen der brandenburgischen Stadt Luckenwalde. Ein Blick in den Physiologus erweist es als Bild der Menschheitsgeschichte von Schuld und Versöhnung: Gestört durch das Geschrei seiner Kinder, so erzählt der Physiologus, tötet der Vogel seine Kinder – wie Gott einst die Welt in der Sintflut vernichtete. Dann aber erbarmt er sich ihrer und erweckt sie zu neuem Leben, indem er sein Blut auf sie tropfen lässt. Die theologische Bedeutung des Bildes ist am Ende des Mittelalters in Vergessenheit geraten: Die offene Brust des Pelikans symbolisiert die offene Brust Christi am Kreuz, das Blut das Sakrament der Eucharistie, welches das ewige Leben stiftet.

Tiersymbolik und Naturkunde

Kein antiker Text ausser der Bibel wurde häufiger übersetzt als der Physiologus. Die Sammlung des Physiologus – wörtlich «Naturforscher» – ist anonym überliefert. Entstanden sein dürfte sie im 2. Jahrhundert in Alexandria in griechischer Sprache. In rund fünfzig Abschnitten behandelt der Text vor allem Tiere, aber auch Pflanzen und Mineralien. Die Theologen Rainer Hirsch-Luipold und Zbyněk

Kindschí Garský von der Universität Bern haben untersucht, wie die Schrift alttestamentliche Tiersymbolik und antike Naturkunde verbindet, um eine christliche Gesamtdedeutung der Natur zu entwerfen. Der Gedanke dahinter ist schöpfungstheologisch: Weil Christus als das göttliche Wort alle Dinge ins Dasein gerufen hat, ist er in allen Dingen der Schöpfung zu erkennen. Der Physiologus hat die christliche Ikonografie wesentlich geprägt.

Die Rhetorik staatlicher Gewalt

Ob und wie Menschenrechte in einem Land eingehalten werden, hängt auch davon ab, wie Entscheidungsträger über einen Konflikt sprechen. Ein neues Instrument ermöglicht, dies zu analysieren, und könnte helfen, Konflikte zu verhindern.

Von *Theodora Peter*

Staatliche Gewalt passiert nicht in einem Vakuum. Zehn Tage nach seinem Amtsantritt 2006 schickte der mexikanische Präsident Felipe Calderón 7000 Militärangehörige in den Gliedstaat Michoacán, um von dort aus den Kampf gegen die Drogenkartelle und das organisierte Verbrechen aufzunehmen. Dies mit dem Argument, die Bevölkerung vor Übergriffen zu schützen. Der Preis war hoch für den Versuch, die Sicherheit im Land wiederherzustellen: Allein während Calderóns sechsjähriger Präsidentschaft starben mehr als 60 000 Menschen im Zusammenhang mit dem Drogenkrieg.

Mexiko: tödlicher Schutz

Die Politikwissenschaftlerin Evelyne Tauchnitz nahm den Diskurs der mexikanischen Regierung kurz vor, während und nach der Lancierung der Operation Michoacán unter die Lupe. Im Rahmen ihrer Dissertation am Genfer Graduate Institute of International and Development Studies untersuchte Tauchnitz staatliche Gewalt im Lichte menschenrechtlicher Normen. Ihre Analyse zeigt, dass das Kriegsvokabular und das allumfassende Thema Sicherheit kaum Raum liessen für alternative Ansätze der Problemlösung, die nicht in das Muster einer Aufrüstung der Streitkräfte passten. Zumindest in diesem frühen Stadium des Drogenkriegs wusste Calderón die öffentliche Meinung hinter sich.

Die Drogenkartelle wurden vor allem als Bedrohung der Sicherheit, aber auch als Hindernis für die wirtschaftliche Entwicklung des Landes dargestellt. Ganz ausgeblendet blieb die Möglichkeit, dass Armut, Perspektivenlosigkeit und Mangel an Bildung die Hauptmotivation dafür sein könnten, weshalb junge Mexikaner in das risikoreiche, aber hochprofitable Drogengeschäft einsteigen. Auch verlor die Regierung kein Wort über die Frage, ob es überhaupt legitime Aufgabe von Armee und Marine ist, die Polizei bei der Verfolgung von Kriminellen zu unterstützen. Im Gegenteil galt das Militär als grosse Hilfe, wofür die Bürgerinnen und Bürger dankbar sein sollten.

«Die Regierung legitimiert den Einsatz von Zwangsmitteln oft mit dem Argument, die Bevölkerung gegen Sicherheitsbedrohungen schützen zu wollen», erklärt Tauchnitz. Doch von einer Demokratie wie Mexiko erwarte man auch den Respekt fundamentaler Menschenrechte. So müssten die gesetzlichen Regeln und das fundamentale Recht auf Leben aller Staatsbürger respektiert werden. «Das Beispiel des mexikanischen Drogenkriegs zeigt jedoch, dass das Recht auf Schutz des Lebens für die Legitimierung von staatlicher Gewalt instrumentalisiert werden kann.» Solange die Pflicht, Menschenleben zu schützen, nicht auch auf - potenzielle - Kriminelle angewendet werde, könne staatliche Gewalt nicht eingedämmt werden. Nur wenn der Schutzanspruch für alle gelte, erhöhe dies die Wahrscheinlichkeit, dass eine Regierung im Konflikt auf friedlichere Methoden zurückgreife.

Indien: einmal Gewalt, einmal Frieden

Ihre Forschung führte Tauchnitz nebst Mexiko auch nach Indien. Dort untersuchte sie in zwei Fallstudien die gegensätzliche Handhabung des politischen Konflikts mit den Naxaliten, den maoistischen Rebellengruppen. Während in den Jahren 2004 und 2005 im Bundesstaat Andhra Pradesh Friedensgespräche zwischen der Regierung und Rebellenführern möglich waren, wurden 2009 im Bundesstaat Chhattisgarh die Aufständischen gewaltsam niedergeschlagen. Die Analyse dieser beiden Kapitel des ein- und desselben langjährigen Konflikts ermöglichte es der Wissenschaftlerin, die unterschiedlichen Diskurse der Schlüsselpersonen und ihre Auswirkungen im gleichen Land während Zeiten hoher Gewalteskalation und politischer Versöhnungsversuche mit den Rebellen zu vergleichen.

Dabei zeigte sich im Fall von Andhra Pradesh, dass die Entscheidungsträger den Konflikt unter sozioökonomischen Aspekten wie Armut, Ungleichheit oder Landbesitz einordneten. Dieses Muster suggerierte, dass es Landreformen braucht, um



Michoacán 2009: Die staatliche Offensive gegen die Drogenkartelle liess keinen Raum für alternative Ansätze, um das Problem anzugehen.

Bild: Keystone/AP Photo/Miguel Tovar

die Armen vom Kampf gegen die Regierung abzubringen. Auch wurde die Frage diskutiert, wie man die Rebellen dazu bringen könnte, sich als «normale» politische Gruppierung in den demokratischen Rahmen des Staates einzubringen. Während der gesamten Friedensverhandlungen verzichtete die Regierung darauf, den Konflikt als gravierendes Sicherheitsproblem darzustellen, wie dies dann Jahre später in Chhatisgarh der Fall war. Dort war der Schutz der Zivilbevölkerung vor Attacken der Rebellen das Hauptargument dafür, dass die indische Zentralregierung Spezialeinheiten in das unwegsame Hinterland schickte. Die dortige Bevölkerung litt in der Folge nicht nur unter der Eskalation der Gewalt, sondern wurde auch verdächtigt, die Rebellen zu unterstützen. Dadurch wurde auch die Zivilbevölkerung zur Zielscheibe exzessiver Staatsgewalt.

Werkzeuge für die Diplomatie

Die Erkenntnisse aus den Fallstudien führten Tauchnitz zur Entwicklung einer Toolbox. Sie liefert Werkzeuge, um den Kontext zu entschlüsseln: Wie wird das Problem definiert und eingeordnet? Werden tiefere Ursachen von Konflikten angesprochen oder einer militärischen Lösung das Wort geredet? Wie wird der «Feind» wahrgenommen, und wie werden Identitäten

konstruiert? Welche Emotionen spielen mit, welche Werte werden angesprochen?

Ein potenzielles Anwendungsgebiet sieht die Wissenschaftlerin in der Prävention von Konflikten. «Kommen gewisse Elemente im Diskurs gehäuft und in Kombination vor, könnte dies ein Hinweis auf künftige Gewaltausbrüche sein», sagt Tauchnitz.

«Das Recht auf Schutz des Lebens kann für die Legitimierung von staatlicher Gewalt instrumentalisiert werden.»

Evelyne Tauchnitz

Für den Völkerrechtler und Menschenrechtsexperten Walter Kälin stellt die Forscherin mit ihrer Arbeit ein hilfreiches Analyseinstrument zur Verfügung: «Es ist sehr wichtig, dass man Konfliktsituationen differenziert versteht und aufzeigen kann, mit welchen Argumentationsmustern eine Regierung versucht, ihr Handeln zu legitimieren.» Das Fallbeispiel Mexikos belege, wie der in den Menschenrechten verankerte Schutzanspruch von Staaten

missbraucht werden könne, um unzulässige Methoden einzusetzen. Erst wenn man diese Mechanismen im Detail verstehe, «kann man auch mit Gegenargumenten ansetzen». Handlungsanweisungen zu liefern sei aber nicht Aufgabe der Wissenschaft, sondern der Politik, betont Kälin. Wenn die westliche Diplomatie in einem aktuellen Konflikt wie der Verfolgung der Rohingya in Myanmar ins Gespräch kommen wolle, müsse man zunächst die Argumentationsmuster unter die Lupe nehmen.

Für Evelyne Tauchnitz ist klar: «Will man Staaten dazu bringen, Menschenrechte zu respektieren, braucht es Diskurse, die menschenrechtskonformes Handeln unterstützen.» Oder mit anderen Worten: «Ändere die Art und Weise, wie politische Entscheidungsträger ein bestimmtes Problem wahrnehmen und diskutieren, und sie werden andere Entscheidungen zur Konfliktlösung treffen.»

Theodora Peter ist freie Journalistin in Bern.

—
E. Tauchnitz. Old Violence – New Package: The Discursive Legitimation of State Violence in Mexico. Peter Lang (erscheint 2018)

E. Tauchnitz. When States Use Lethal Force against their Own Citizens – Human Life Protection Norms on a Crossroad (2016)

Römische Jahrhundertfeiern

Wenn heute alle 100 Jahre Gedenkfeiern zelebriert werden, geht dies auf die römische Antike und ihre Vorstellung von Zeit als Abfolge von Jahrhundert zu Jahrhundert zurück. Die Säkularfeiern im alten Rom dauerten mehrere Tage und sollten jeweils einen politischen Neuanfang markieren. Gefeierte wurde prunkvoll und aufwendig: mit Spielen, Orakeln, Gebeten, Opferungen und Prozessionen mit Vertretern von Oberschicht und Kaiserfamilie. Diese Feiern fanden nicht genau alle 100 Jahre statt, sondern meist dann, wenn es den Mächtigen passte, ein neues Jahrhundert zu zelebrieren.

Die rituellen Handlungen zweier Säkularfeiern – eine unter Kaiser Augustus 17 vor Christus und eine unter Septimius Severus 204 nach Christus – sind in fragmentarischen Inschriften beschrieben, die neu erschlossen und gedeutet worden sind. Die Texte waren selbst Teil des Ritus. «Da die römische Religion exakt vorgeschriebene, immer gleiche rituelle Handlungen forderte, musste der Ablauf der Feste jeweils protokollartig festgehalten werden», sagt Projektleiter Thomas Späth, Dozent für Antike Kulturen an der Universität Bern. Denn 100 Jahre waren eine lange Zeit: «Es lebte ja niemand mehr, der Auskunft über die Säkularfeier geben konnte.»

Die Inschrift von 204 hat Bärbel Schnegg, wissenschaftliche Mitarbeiterin, neu entziffert, ergänzt und erstmals übersetzt. Aus den Namenslisten geht hervor, dass bereits Eliten aus Nordafrika und dem nördlichen Italien kultische Funktionen in Rom erfüllten. Einzigartig ist ausserdem, dass auch die Namen von Ehefrauen und Kindern erwähnt sind.

Christoph Dieffenbacher

B. Schnegg, *Commentaria ludorum saecularium*, De Gruyter (erscheint 2019)



Weil nach 100 Jahren niemand mehr lebte, wurden die Riten mit Inschriften überliefert.



Ob die Behörden den Asylbewerbern glauben, hat viel mit der Kultur in den Ämtern zu tun.

Asylverfahren: Das System entscheidet mit

Die allermeisten negativen Asylentscheide in der Schweiz werden mit «fehlender Glaubhaftigkeit» der Gesuchstellenden begründet. Auffällig: Diese Quote ist über Jahre konstant, unabhängig davon, woher die Asylsuchenden stammen oder wie viele insgesamt Asyl beantragen. Dieses Phänomen hat ein Forschungsteam rund um Sozialanthropologin Julia Eckert von der Universität Bern untersucht.

Sie haben herausgefunden, dass der «institutionelle Habitus» eine entscheidende Rolle im Asylverfahren spielt. «Das ist eine bestimmte Art zu denken, zu fühlen, wahrzunehmen und zu handeln, die man durch die Sozialisierung innerhalb einer Institution entwickelt», erklärt Laura Affolter, die soeben ihre Dissertation zum Thema abgeschlossen hat. Bezogen auf das Staatssekretariat für Migration, in dem Affolter über zwei Jahre hinweg geforscht hat, bedeutet das: «Hier herrscht eine Misstrauenskultur. Eine kritische Einstellung gegenüber Asylsuchenden wird als professionell wahrgenommen.» Mitarbeitende verinnerlichen bestimmte Muster und Handlungsziele – unabhängig von persönlichen Wertvorstellungen. So werden Fragetechniken angewendet, die Gesuchstellende in Widersprüche verwickeln.

Dass ausgerechnet die Glaubhaftigkeit im Asylverfahren so entscheidend ist, liegt laut Affolter daran, dass es schwierig ist, gegen diesen Artikel Rekurs einzulegen. Und: «Indem man die Glaubhaftigkeit von Asylsuchenden in Frage stellt, gibt man ihnen die Verantwortung für die Ablehnung: Sie sind dann praktisch selber schuld am Entscheid», sagt Affolter. Ziel des Projekts war primär, die Entscheidungsprozesse zu verstehen. Eine konkrete Handlungsempfehlung haben die Forschenden nicht abgeleitet. «Wir sind gern bereit, mit der Behörde unsere Ergebnisse zu diskutieren», sagt Julia Eckert. *Astrid Tomczak*

L. Affolter: *Asyl-Verwaltung kraft Wissen: Die Herstellung von Entscheidungswissen in einer Schweizer Asylbehörde*. In Ch. Lahusen et al.: *Asyl verwalten: Zur bürokratischen Bearbeitung eines gesellschaftlichen Problems*. Kultur und soziale Praxis. Bielefeld: transcript (2017)

Netzwerke im Krieg

Die jüngsten Bürgerkriege in Afrika und im Nahen Osten unterscheiden sich fundamental von den Konflikten während des Kalten Kriegs: Statt zweier Lager, die von Grossmächten unterstützt werden, sind in den aktuellen Konflikten oft Dutzende von Parteien beteiligt, die sich zu wechselnden taktischen Allianzen zusammenschliessen. Entsprechend vielfältig sind die politischen Optionen zur Befriedung. Aber welche Massnahmen bringen den gewünschten Erfolg?

Der Ökonom Michael D. König von der Universität Zürich hat Modelle entwickelt, die das Verständnis von Netzwerken bei der Entstehung solcher Konflikte, aber auch von Forschungskollaborationen und Wertschöpfungsketten verbessern. Sie tragen dazu bei, die Effizienz von politischen Massnahmen auszuloten.

Am Beispiel des Zweiten Kongolesischen Bürgerkriegs (1998-2003) zeigt König, wie sich Netzwerke und das Verhalten der beteiligten Akteure – 80 militante Gruppen – gegenseitig beeinflussen. So nimmt zum Beispiel die Kampfintensität einer Gruppe zu, wenn deren Alliierte ihr Engagement während einer Regenperiode reduzieren oder wenn deren Gegner ihre Kampfanstrengungen erhöhen. Ein Verbot von Waffenlieferungen an eine Gruppe kann zwar deren Aktivität um bis zu 60 Prozent reduzieren, nicht zwingend aber die Gesamtzahl der Kämpfe, weil die Alliierten dann umso intensiver kämpfen.

«Erfolgreicher sind Verhandlungen, die zum Austritt bestimmter Kriegsparteien führen», erklärt Michael D. König. «Bei einem Rückzug aller ausländischen Gruppen reduziert sich gemäss unserem Modell die Zahl der Kampfhandlungen um 41 Prozent.» So belegt das Resultat die kriegstreibende Rolle der Nachbarstaaten. *Nicolas Gattlen*

M. D. König et al.: *Networks in Conflict: Theory and Evidence from the Great War of Africa*. *Econometrica* (2017)



Die militante Union of Congolese Patriots wurde erst gegen Ende des Krieges gegründet.

Wo ist das passende Publikum?

Ein Start-up analysiert Daten von Mobilfunkanbietern. Es stützt sich auf physikalische Gesetze, um Marketing direkt an die relevanten Zielgruppen richten zu können.

Text: Florian Fisch

Infografik: ikonaut

1 Menschen sind wie Teilchen
Menschenmengen verhalten sich in gewisser Weise ähnlich wie eine Quantenflüssigkeit aus Elektronen oder Heliumatomen. Wie Alberto Hernando de Castro von der EPFL beobachtete, scheint die Entscheidung eines Individuums zwar relativ unabhängig zu sein, das Gesamtverhalten grosser Gruppen lässt sich aber mit hoher Genauigkeit vorhersagen.

2 Mobiltelefonaten
Das Start-up Sthar analysiert Daten von Mobilfunkbetreibern. Die Informationen zum Standort und zum sozioökonomischen Status der Nutzer werden durch Datenaggregation anonymisiert. «Wir interessieren uns für statistische Gruppen: etwa die 10 Prozent der Nutzer unter 25 Jahre, die an den Wochenenden in die Berge gehen, oder die 15 Prozent, die jeden Tag die Autobahn benutzen», erklärt der Gründer Alberto Hernando de Castro. Mit Formeln aus der Thermodynamik kann er den wahrscheinlichsten Aufenthaltsort solcher Gruppen zu einem bestimmten Zeitpunkt vorhersagen.

3 Zielgenaue Kampagnen
Eine von Sthar vertriebene App unterstützt politische Parteien, NGO und Unternehmen dabei, ihre Kampagnen zum richtigen Zeitpunkt an die wirksamsten Orte zu lenken. Zum Beispiel hat es an einem bestimmten Ort vielleicht weniger Leute als an einem Bahnhof, dafür mehr von den «richtigen».

VOTE
SALE
NGO

4 Auf der Spur von Verkehrsströmen und Epidemien
Mit Mobilfunkantennen entlang von Strassen lassen sich Verkehrsströme beobachten. Dies ermöglicht Verbesserungen beim öffentlichen Verkehr oder liefert Betreibern von Autobahnen Informationen. Nach demselben Ansatz der Mobilitätsanalyse lassen sich auch Prognosen zur Ausbreitung von Infektionskrankheiten wie Cholera entwickeln.

mobility
epidemic

Digitale21 – Bildung und Beschäftigung im Umbruch

Von Maurice Campagna

Digitalisierung fragt nicht, wo wir verankert sind. Zwischen Wirtschaft und Wissenschaft sollen keine Berührungsängste herrschen. Was können wir dazu beitragen, damit alle Arbeitskräfte in der

Schweiz für die digitale Revolution bereit sind? Zu diesem Zweck findet im kommenden April die #digitale21 statt, ein mehrtägiges Symposium in Lugano, das Akteure aus Bildung, Wissenschaft und Arbeitswelt zusammenbringt und dazu einlädt, die anstehenden Herausforderungen für Aus- und Weiterbildung zu diskutieren.

Als Netzwerkpartner stellen die Akademien der Wissenschaften Schweiz die nötige Plattform für Interaktionen zur Verfügung und erhoffen sich durch den interdisziplinären Dialog einen Mehrwert für alle. Es ist entscheidend, dass die MINT-Fächer, also Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik, breit vermittelt werden, so dass alle Teile der Gesellschaft ein Grundverständnis und im besten Fall sogar spezialisierte Kenntnisse in der Digitalisierung haben. In der Berufsbildung führt die Zusammenarbeit zwischen öffentlichen und privaten Akteuren zur Vermittlung von Inhalten, die am Markt gefragt sind. Es mag sein, dass auch in der Weiterbildung solche Kooperationen zur dringend notwendigen Agilität führen. Vermehrt sollte auch praktisches Know-how aus der Arbeitswelt in den Hochschulen vermittelt werden. Umgekehrt sollen auch wissenschaftliche Erkenntnisse weiterhin zu Innovationen in der Praxis führen.

Die Zukunft hält viele Herausforderungen, aber auch viele Chancen bereit. Mit dem Commitment aller Akteure kann uns dies gelingen. Der erste Schritt macht das Jugendparlament im März 2018 in Bellinzona. Ich bin gespannt, wo die Digital Natives den Handlungsbedarf in der digitalen Revolution orten.

Maurice Campagna ist Präsident der Akademien der Wissenschaften Schweiz.

www.digitale21.ch



Valérie Chételet

Leserbriefe

Komplexe Folgen der Technologie

Einige Ergänzungen zu den beiden Stellungnahmen «Setzen neue Technologien Behinderte unter Druck?» (Horizonte 115, Dezember 2017, S. 8): Diese reduzieren Behinderung vor allem auf Körperbehinderung. Neue Technologien betreffen auch Menschen, die kognitiv beeinträchtigt oder verhaltensauffällig sind. Einerseits haben wir die pränatale Diagnostik (Hochtechnologie-Medizin), die bei positiven Befunden in bis zu 96 Prozent der Fälle zu einer Abtreibung führt. Andererseits gibt es mehr Menschen mit schwerster und mehrfacher Behinderung, die durch moderne Technologie einen Unfall überleben. Auch extreme Frühgeburten überleben wegen Technologien – mit einem erhöhten Risiko einer Behinderung. Die Auswirkungen der neuen Technologien sind sehr komplex und haben auch in einem breiter angelegten Kontext ein Pro und ein Kontra.

Dr. Riccardo Bonfranchi, Heil- und Sonderpädagoge, Wolfhausen

Einbahnstrasse vom Experten zum Richter

In der Beziehung zwischen der Justiz und Gerichtsexperten («In der Wissenschaftsfalle», H. 115, S. 12) gibt es bisher eine strukturelle Unzulänglichkeit: Der Gutachter übermittelt seinen Bericht, bekommt in der Regel aber kein Feedback. Er weiss somit nicht, ob seine Expertise hilfreich war. Der Experte hat es darum schwer, aus der Praxis zu lernen. Es kommt auch vor, dass die Justiz einen Expertenbericht vollständig übernimmt und sich im Urteil sogar hinter die Experten zurückzieht. Weiter erschwert die fehlende Transparenz, dass die interessierte Fachwelt aus bedeutenden Verfahren lernen kann: Obwohl die Schweizer Rechtspflege eine Öffentlichkeit von Urteilen vorsieht, ist der Zugang oft schwierig. Ausserdem ist auch im Expertenbericht eine eindeutige Falsifizierung ein stärkeres Argument als die Verifizierung. Das lässt sich aus Fallbeispielen leicht belegen.

Prof. em. Willem B. Stern, Mitglied der Kammer der Schweizer Gerichtsexperten

Ein veraltetes Wissenschaftsbild

In seinem Artikel «Die zwei Gesichter der Wahrheit» (H. 115, S. 21) spricht Nic Ulmi von einem vollständig veralteten Wissenschaftsmodell. Es könne heute in der Wissenschaft nicht mehr um absolute Wahrheit gehen. Ulmis Auffassung ist sachlich klar falsch. Selbstverständlich geht es bei aller Wissenschaft um Wahrheit, das heisst um das, was wir als «verlässliche Information» bezeichnen. Oft stellt sich aber ein anderes Problem: Können uns wissenschaftliche Fachleute auch in Bereichen, in denen verschiedene Einflüsse abzuklären und zu bewerten sind, auf unsere Fragen immer eine eindeutige und richtige Antwort geben? In solchen Fällen ist in der Regel eine Antwort tatsächlich umso verlässlicher, je mehr Fachleute sich auf eine bestimmte Meinung haben einigen können.

Karl Hostettler, Aadorf

Schiefgegangen

Mit einem Satz im Artikel «Die zwei Gesichter der Wahrheit» von Nic Ulmi (H. 115, S. 21) habe ich ein Problem: «Die Episode veranschaulicht, dass ein neuer Trend auf unserem Kontinent Fuss gefasst hat: Expertengutachten nicht mehr vorbehaltlos Glauben zu schenken.» Der ganze Rest des Hefts erzählt, dass es unbedingt notwendig ist, Expertengutachten Glauben zu schenken. Da ist wohl etwas schiefgegangen.

Herbert Manser, Basel

Wurmloch mit Fragezeichen

Beim Bericht «Per Wurmloch in die Zukunft» (H. 115, S. 37) vermisste ich ein grosses Fragezeichen im reisserischen Titel. Der Text bezieht sich auf eine theoretische Arbeit, die das «Phänomen» eines Wurmlochs untersucht, durch das man mit Hilfe von «Teleportation» reisen könne. Die Untersuchung verwendet zwei Ansätze, von denen eine auf einer «Quantengravitationstheorie» beruht. Als theoretischer Teilchenphysiker kann ich zu diesen Modellen nicht allzu viel sagen. Es wäre hilfreich, lesen den Laien zu erklären, dass eine anerkannte Quantengravitationstheorie nicht existiert. Ausserdem wird die Aussage, dass es theoretisch «möglich wäre, ein solches schwarzes Loch künstlich zu erzeugen», von fast keinem Physiker unterstützt.

Roland Rosenfelder, Waldshut-Tiengen (D)

Störende Plastikverpackung

Ich freue mich jedes Mal, wenn Horizonte in meinem Fächlein liegt. Die Artikel sind kurz und anregend. Mehr als einmal konnte ich sie sogar im Unterricht verwenden. Saures Aufstossen bereitet mir jedoch jedes Mal die Plastikverpackung, die mir völlig unnötig erscheint und im krassen Widerspruch zur ressourcenschonenden Grundhaltung einer auf Recyclingpapier gedruckten Zeitschrift. Gibt es eine Möglichkeit, ein kleines, aber wirkungsvolles Zeichen gegen Plastikvermüllung zu setzen und auf die Folie zu verzichten?

Jens Listemann, Lehrer, Kantonsschule Sargans

Antwort Horizonte: Nur mit einer Adressetikette versehen würde das Heft als offene Sendung gelten, der Versand würde dadurch deutlich teurer. Ausserdem könnten bei einem offenen Versand Seiten knicken. Im Bestreben, das Heft zu schützen, wird es darum in Polyethylenfolie aus Recycling-PE eingeschweisst.



Schreiben Sie uns Ihre Meinung

Sie möchten uns einen Leserbrief schicken? Wir freuen uns über Ihre Zuschrift an

redaktion@horizonte-magazin.ch

oder Ihren Kommentar auf Facebook.

Chemiker erhält Latsis-Preis

Valérie Chételat



Der Nationale Latsis-Preis 2017 wurde an Xile Hu, Professor für Chemie an der EPFL, verliehen. Hu ist Experte für Katalyse, die Umwandlungen von Molekülen durch bestimmte Stoffe. Der chinesische Wissenschaftler hat bahnbrechende Studien

über die Produktion von solaren Treibstoffen und die Synthese von chemischen Molekülen durchgeführt. Der Latsis-Preis wird jedes Jahr vom SNF im Auftrag der internationalen Latsis-Stiftung verliehen.

So wird Forschung öffentlich

Was tun, wenn Medienschaffende anrufen? Für Forschende bietet der SNF 2018 praxisnahe Medientrainings, Schreibcoachings und neu auch Social Media Workshops. Der SNF unterstützt die Kurse in einer Partnerschaft mit Innosuisse, der Gebert-Rüf-Stiftung und der Stiftung Mercator Schweiz. Alle Kursinformationen sind auf der SNF-Webseite verfügbar.

Transparente Gremien

Die Auswahlverfahren des SNF werden transparenter: Nun sind alle Namen der Mitglieder der Evaluationsgremien des SNF auf der Webseite veröffentlicht. Die 90 Evaluationsgremien des SNF begutachten die Gesuche und bereiten die Entscheidung des Forschungsrats vor. Die meisten der insgesamt über 700 Mitglieder dieser Gremien sind an Hochschulen tätige Forschende. Davon sind ein Drittel Frauen, und ein Drittel arbeitet an Institutionen im Ausland.

Auswirkungen der digitalen Transformation

Digitalisierung und disruptive Technologien verändern immer weitere Bereiche unseres Privat- und Berufslebens. Im Rahmen der Ausschreibung «Digital Lives» unterstützt der SNF Forschende in Geistes- und Sozialwissenschaften an Schweizer Hochschulen, die die Folgen der digitalen Transformation untersuchen. Eingaben sind bis am 1. Mai 2018 möglich. Der SNF setzt für die Ausschreibung einen Gesamtbetrag von bis zu 6 Millionen Franken ein.

Talente entdecken und fördern

Spielerisch Zugang zu technischen Themen finden - dies ermöglicht das Programm «Swiss TecLadies». So will die Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften insbesondere Mädchen für Technik und Informatik begeistern. Seit 1. März 2018 läuft die Online-Challenge www.tecladies.ch. Mädchen von 13 bis 16 können sich dabei für ein Mentoring-Programm qualifizieren.

Mehr als Fernrohre

Über 50 Teleskope, Satelliten und andere Forschungsanlagen geben Astronominen und Astronomen Einblick ins Weltall. Der Zugang zu diesen Grossanlagen ist für die Astronomie in der Schweiz essenziell. Was die Anlagen leisten und welche Bedeutung sie für die Schweiz haben, hat die Akademie der Naturwissenschaften nun in einer Broschüre zusammengestellt.

Drei neue Forschungsrätinnen



Der Ausschuss des SNF-Stiftungsrats hat drei Wissenschaftlerinnen in den Forschungsrat gewählt. In der Abteilung Geistes und Sozialwissenschaften wurden Claudia Mareis (Künste, Fachhochschule Nordwestschweiz) und Eszter Hargittai (Kommunikations- und Medienwissenschaften, Universität Zürich) gewählt. Ulrike Lohmann (Umweltwissenschaften, ETH Zürich) nimmt Einsitz in den Forschungsrat der Abteilung Mathematik, Natur- und Ingenieurwissenschaften.

Gesund, zufrieden, integriert

Die neue «Platform Ageing Society» der Akademien verbindet Forschung und Praxis im Themenfeld alternde Gesellschaft, um den kontinuierlichen Wissensaustausch zu ermöglichen. Mit dieser Initiative engagieren sich die Akademien für den «Globalen Strategie- und Handlungsplan zum gesunden Altern» der Weltgesundheitsorganisation WHO. www.ageingsociety.ch

Horizonte

Das Schweizer Forschungsmagazin erscheint viermal jährlich auf Deutsch und Französisch. Die Online-Ausgabe erscheint auch auf Englisch. 31. Jahrgang, Nr. 116, März 2018

www.horizonte-magazin.ch auf Deutsch
www.revue-horizons.ch en français
www.horizons-mag.ch in English

www.facebook.com/horizonsmagazine
www.twitter.com/horizonte_de

kontakt@horizonte-magazin.ch

Herausgeber

Schweizerischer Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (SNF)
Wildhainweg 3
Postfach
CH-3001 Bern
Tel. 031 308 22 22
com@snf.ch

Akademien der Wissenschaften Schweiz
Haus der Akademien
Laupenstrasse 7
Postfach
CH-3001 Bern
Tel. 031 306 92 20
info@akademien-schweiz.ch

Redaktion

Daniel Saraga (dsa), Leitung
Florian Fisch (ff)
Pascale Hofmeier (hpa)
Marcel Falk (mf)
This Rutishauser (tr)

Gestaltung und Bildredaktion

2. stock süd netthoevel & gaberthüel,
Valérie Chételat

Übersetzung

Weber Übersetzungen

Korrektur

Anita Pfenninger

Druck und Litho

Stämpfli AG, Bern und Zürich
klimaneutral gedruckt, myclimate.org
Papier: Refutura FSC, Recycling, matt
Typografie: FF Meta, Greta Text Std

Auflage

36 000 deutsch, 16 500 französisch

© alle Rechte vorbehalten.
Nachdruck der Texte mit Genehmigung des Herausgebers erwünscht.
ISSN 1663 2710

Das Abonnement ist kostenlos.
www.horizonte-magazin.ch/abo

Die Artikel geben nicht die Meinung der beiden Herausgeber SNF und Akademien wieder.

Der SNF

Der SNF fördert im Auftrag des Bundes die Grundlagenforschung und unterstützt jährlich mit rund 800 Millionen Franken über 3200 Projekte, an denen 14 000 Forschende beteiligt sind. Er ist damit die wichtigste Schweizer Institution zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung.

Die Akademien

Die Akademien der Wissenschaften Schweiz setzen sich im Auftrag des Bundes für einen gleichberechtigten Dialog zwischen Wissenschaft und Gesellschaft ein. Sie vertreten die Wissenschaften institutionen- und fachübergreifend. In der wissenschaftlichen Gemeinschaft verankert, haben sie Zugang zur Expertise von rund 100 000 Forschenden.

**«Wenn das Tier auf dem Bild
acht Beine hat, ist das tiefe neuronale
Netz noch sicherer, dass es sich dabei
um ein Zebra handelt.»**

Anh Nguyen Seite 35

**«Vom Prinzip her ist das natürlich
alles sehr gefährlich.»**

Sören Hedtke Seite 32

**«Das Recht auf Schutz des Lebens
kann für die Legitimierung
von staatlicher Gewalt
instrumentalisiert werden.»**

Evelyne Tauchnitz Seite 47



Mit dem Videospiel Dr. Mario eliminieren Spielerinnen und Spieler seit 1990 Viren, indem sie herunterfallende Medikamentenkapseln gleicher Farbe richtig darauf positionieren. Mit andern Spielen können sie hingegen konkret zur Lösung wissenschaftlicher Fragen beitragen.

Bild: © 2018 Nintendo