

ENERGIE  Diesen Artikel können Sie als Audiodatei beziehen; siehe www.spektrum.de/audio

Wasserstoff aus Biomüll

Spezielle Bakterien können aus pflanzlichem Material durch Gärung Wasserstoff erzeugen. Bioabfälle wären so eine umweltfreundliche und preiswerte Quelle für den Energieträger der Zukunft.

Von Lars Fischer

Auf kaum einem anderen Stoff ruhen so viele Hoffnungen wie auf dem Wasserstoff. Als künftiger Energieträger soll er Elektromotoren ebenso zuverlässig antreiben wie Raketen; zurück bleibt nur harmloser Wasserdampf. Woher das Gas in den nötigen Mengen kommen soll, ist allerdings noch fraglich. Als Option gilt etwa die Elektrolyse von Wasser mit Strom aus riesigen Solaranlagen in sonnenreichen Ländern.

Eine verlockende Alternative hat nun Luca Alibardi von der Universität Padua vorgeschlagen. Man könne Wasserstoff auch aus Bioabfällen gewinnen, berichtete er jüngst auf der Copenmind-Technologiekonferenz in Kopenhagen. Und zwar direkt durch Gärung.

Derzeit wird Wasserstoff technisch aus Erdgas erzeugt: durch Dampfreformierung von dessen Hauptbestandteil Methan. Auch das Biogas, das 3000 Anlagen allein in Deutschland inzwischen durch Vergärung von Biomasse produzieren, besteht größtenteils aus Methan. Meist wird es zur Stromerzeugung und Gewinnung von Wärme verbrannt. Genauso gut ließe sich daraus ebenfalls Wasserstoff produzieren. Die von Alibardi vorgeschlagene biologische Lösung ist allerdings viel eleganter: Man spart sich den Umweg über Methan und erzeugt den Wasserstoff direkt aus der Biomasse-Vergärung. Man braucht dazu nur spezielle Mikroorganismen.

Deutsche Forscher arbeiten bereits seit 2004 daran, Energiepflanzen wie Mais für die Wasserstoffwirtschaft nutz-

bar zu machen. Rainer Stegmann von der Technischen Universität Hamburg-Harburg hat früher mit Alibardi kooperiert. »Unser Verfahren entspricht im Prinzip der Erzeugung von Biogas, wir steuern den Prozess aber so, dass in der ersten Stufe ausschließlich Wasserstoff entsteht«, erklärt er.

Der wesentliche Unterschied liegt in den Bakterien, die im Fermenter leben. Statt methanogener Mikroben kommen Arten von *Thermoacetobacter* und *Thermotoga* oder Clostridien zum Einsatz. Sie verwerten das Substrat bei erhöhter Temperatur und in saurem Milieu. Aus einem Molekül Glukose entstehen dabei je zwei Moleküle Essigsäure und Kohlendioxid sowie vier Moleküle Wasserstoff – zumindest theoretisch. »In der Realität sind es weniger, weil unter realen Bedingungen auch Propionsäure und Buttersäure anfallen«, erklärt Stegmann. Das reduziert die Ausbeute.

Die nötigen Mikroorganismen sind leicht zu beschaffen. Man findet sie fast überall: in Komposthaufen, Abwässern von Zuckerfabriken oder im Klärschlamm. Sogar an Hydrothermalquellen in der Tiefsee kommen sie vor. Zwar muss man sie zunächst von den gleichfalls allgegenwärtigen Methanbildnern befreien. Doch dazu genügt es, die Probe für eine halbe Stunde auf 80 Grad zu erhitzen. Das ist normalen Fäulnisbakterien zu warm, für die Wasserstoffbildner aber gerade richtig.

Da während der Vergärung kontinuierlich Säure entsteht, setzt man dem Substrat Kalziumkarbonat als Puffer zu, der den pH-Wert im günstigen Bereich zwischen fünf und sechs hält. Wie viel

Aus Maiskörnern gewonnene Stärke kann als Ausgangsmaterial zur Gewinnung von Wasserstoff in einem mikrobiologischen Fermentationsprozess dienen.



TECHNISCHE UNIVERSITÄT HAMBURG-HARBURG

In diesem Versuchsfermenter, der zur Minimierung von Wärmeverlusten mit Aluminiumfolie umwickelt ist, vergären spezielle Bakterien Kohlehydrate zu Wasserstoff.

Wasserstoff in dieser ersten Stufe des Verfahrens entsteht, hängt davon ab, wie viel Zucker das Substrat enthält. Reine Glukose ergibt 280 Milliliter pro Gramm, bei Zuckerrüben sind es immerhin noch 188.

Zum Animpfen der Wasserstoffstufe verwendet Stegmann wärmebehandelten Klärschlamm, der eine Mischkultur verschiedener wasserstoffbildender Mikroorganismen enthält. Das ist nicht nur einfacher, als eine definierte Bakterienkultur einzusetzen, sondern überraschenderweise auch effektiver. Stämme wasserstoffbildender Mikroben, die der Forscher zusammen mit einem Harburger Kollegen isolierte, boten letztlich keinen Vorteil: Selbst wenn sie in der Petrischale überdurchschnittlich viel Wasserstoff produzierten, waren sie in der Praxis der Mischkultur nicht überlegen.

Mehr Energie in zwei Stufen

Weil die Wasserstoffbildner energiereiche Moleküle als Abfallprodukte ausscheiden, gewinnt man in Form von Wasserstoff weniger Energie, als im Methan aus der gleichen Biomasse enthalten wäre, räumt Stegmann ein. Wasserstoff ist wegen seiner Vielseitigkeit allerdings das höherwertige Produkt. Außerdem lässt sich aus den Abfällen der Vergärung, die große Mengen Essig- und Propionsäure enthalten, in einer weiteren Stufe auf herkömmliche Weise Methan gewinnen. Dadurch ist die Energieausbeute insgesamt im Idealfall ungefähr genauso hoch wie bei der normalen Biogasproduktion. Die Wasserstoffstufe, so der Plan, soll bestehenden Biogasanlagen vorgeschaltet werden, um den Aufwand zur Umrüstung möglichst klein zu halten.

Funktioniert das Verfahren tatsächlich so gut wie erhofft, droht es sich allerdings mit seinem Erfolg selbst in Frage zu stellen; denn Energiepflanzen wie Mais oder Zuckerrübe konkurrieren direkt mit der Lebensmittelproduktion um Dünger und Ackerland. So trieb die Nachfrage nach Bioethanol aus Mais im Januar 2007 die



Lebensmittelpreise derart in die Höhe, dass es zum Beispiel in Mexiko zu Protesten und Krawallen kam.

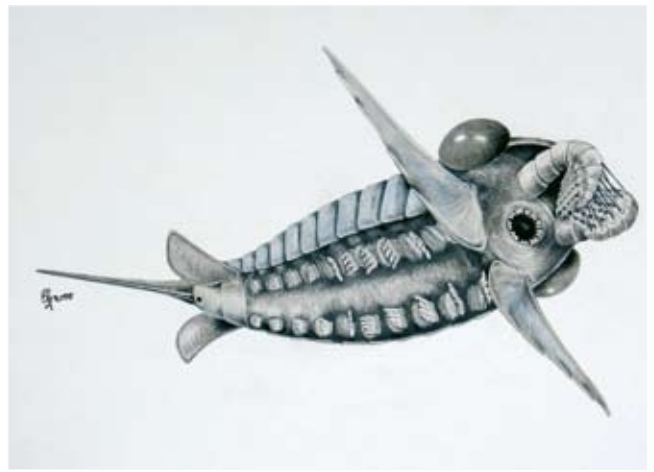
Deshalb schlägt Alibardi vor, langfristig auf Abfälle zurückzugreifen, die sonst weggeworfen würden. Der geringe Preis des Rohstoffs wiegt dann die niedrigere Ausbeute an Wasserstoff mehr als auf. Sogar den Biomüll von Haushalten will der Forscher auf diese Weise verwerten.

Die Vergärung von Küchenabfällen liefert, wie er festgestellt hat, noch etwa fünf Gramm Wasserstoff pro Kilo. Aus Deutschlands Biomüll ließen sich so jährlich immerhin etwa 60000 Tonnen Wasserstoff herstellen – genug für den Betrieb von einer halben Million Autos.

Lars Fischer ist Chemiker und arbeitet als freier Wissenschaftsjournalist in Hamburg.



FOTO: ALEXANDRA BERGMANN & GEORG OLESCHINSKI; ZEICHNUNG: ELKE GRÖNING, TU CLAUSTHAL



Das links abgebildete Fossil aus dem Hunsrück gehörte zu einem ausgefallenen Urzeittier, dessen Rekonstruktion rechts gezeigt ist.

PALÄONTOLOGIE  Diesen Artikel können Sie als Audiodatei beziehen; siehe www.spektrum.de/audio

Exotischer Fossilfund im Hunsrück

Wie der Schinderhannes postum Pate eines uralten Räubers wurde.

Von Michael Groß

Der Hunsrück ist ein dünn besiedelter Landstrich zwischen Mosel, Nahe und Rhein, der dem Wanderer eine abwechslungsreiche Landschaft mit Hügeln und Wäldern bietet. Grandiose Burgruinen wie etwa die Schmidburg deuten auf eine bewegte Vergangenheit hin. Seit Simmern, damals die Hauptstadt eines unabhängigen Staats, im Pfälzischen Erbfolgekrieg 1689 dem Erdboden gleichgemacht wurde, tendiert die politische Bedeutung der Gegend jedoch gegen null.

Der berühmteste Hunsrücker ist vermutlich Johannes Bückler (1779–1803), besser bekannt als der Schinderhannes. Wie sein Vater und dessen Vorfahren hatte er das Handwerk des Abdeckers gelernt; heute würde man Tierkadaververwertungsexperte sagen. Schon früh entschied er sich allerdings für eine kriminelle Laufbahn. In weniger als zehn Jahren soll er mit über 90 Kumpanen in wechselnden Banden mehr als 130 Straftaten begangen haben, vor allem Diebstähle und Raubüberfälle. Dann wurde er hingerichtet.

Warum das hier interessiert? Nun, Paläontologen haben jetzt einen spektakulären Fossilfund aus dem Hunsrück nach dem berüchtigten »Lumpenhund« benannt und so zu seinem Nachruhm auch in Kreisen beigetragen, die mit Carl Zuckmayers Theaterstück über ihn nicht

unbedingt vertraut sind (*Science*, Bd. 323, S. 771).

Die Namenswahl scheint insofern passend, als *Schinderhannes bartelsi* mit seinen bedrohlichen Klauen, die direkt vor dem kreisrunden Maul angeordnet sind, sicher ebenfalls ein übler Räuber war. Er gehört zu jenen merkwürdigen Urzeittierchen, die massenhaft im etwa 505 Millionen Jahre alten Burgess-Schiefer in Kanada gefunden wurden und mit ihren ausgefallenen, ja exotischen Körperbauplänen die Evolutionsforscher faszinieren.

Mehr als eine Laune der Natur

Bisher galt diese seltsame Tierwelt als eine vorübergehende Laune der Natur. Das Schinderhannesfossil aus dem Schieferbergwerk in Bundenbach liefert nun jedoch den sensationellen Gegenbeweis; denn der Hunsrücker Schiefer ist nachweislich 100 Millionen Jahre jünger als die Burgess-Formation. Die ungewöhnlichen Tiere sind also keineswegs sofort wieder vom Erdboden verschwunden, sondern konnten sich – jedenfalls in Deutschland – mindestens bis zum Zeitalter des Devon (vor 416 bis 359 Millionen Jahren) halten.

Nachdem nun klar ist, dass die Burgess-Fauna auch im Hunsrück vorkam, erhebt sich die Frage, wo die Artgenossen und entfernteren Verwandten des urzeitlichen Schinderhannes geblieben sind. Gut möglich, dass sie unentdeckt

auf Dächern herumliegen oder auf Gartenpfaden mit Füßen getreten werden. Denn im Hunsrück sind viele Häuser mit Schiefer gedeckt, und die Schieferplatten werden auch sonst für alle möglichen Zwecke genutzt. Für Hausbesitzer könnte es sich also lohnen, ihre Dächer einmal genauer zu inspizieren. Reichtümer gäbe es dabei nicht zu erwerben, wohl aber wissenschaftlichen Ruhm oder eine Namenspatenschaft, wie sie Christoph Bartels zuteil wurde. Der Mitarbeiter des Bergbaumuseums in Bochum entdeckte das Schinderhannesfossil und präparierte es aus der Schieferplatte heraus, ohne allerdings seine Bedeutung zu erkennen. Das blieb der Bonner Doktorandin Gabriele Kühl vorbehalten, die das Fundstück im Naturhistorischen Museum in Mainz aufstöberte.

Da es im Hunsrück auch zahlreiche Amateure gibt, die Schieferplatten aufspalten und die auftauchenden Fossilien sammeln, wäre sogar vorstellbar, dass der eine oder andere *Schinderhannes* irgendwo unerkannt im Regal verstaubt. Seinerzeit durchkämmte die Polizei die Gegend Haus für Haus nach dem Räuber. Heute könnte man, wenn man die Dörfer abklapperte, womöglich weitere Kumpane seines Patenkindes finden. Vielleicht sollte man zumindest an den Rathäusern einen Steckbrief aushängen.

Michael Groß ist promovierter Biochemiker und Wissenschaftsjournalist in Oxford (England).

KÜNSTLICHE WESEN » Diesen Artikel können Sie als Audiodatei beziehen; siehe www.spektrum.de/audio

Ein Roboter wie du und ich

Forscher weltweit basteln an mechanischen Helfern für den Haushalt. Von Zeit zu Zeit stellen sie ihre Entwicklungen der Öffentlichkeit vor – so kürzlich der CoTeSys-Exzellenzcluster an der Technischen Universität München. Dort legt man besonderen Wert auf den menschlichen Touch.

Von Jochen Steiner

» Wir schicken die Roboter in den Ruhestand.« So wirbt ein Mobilfunkanbieter dafür, dass nun »echte« Menschen die Fragen der Kunden am Telefon beantworten. »Wir schicken die Roboter zu Ihnen nach Hause, und sie werden Ihnen in der Küche zur Hand gehen«, könnte hingegen der Slogan lauten, mit dem die Wissenschaftler des CoTeSys-Exzellenzclusters an der Technischen Universität München ihre Forschung bewerben. Dort führte unlängst eine Gruppe aus Informatikern, Mathematikern, Neurologen, Biologen, Psy-

chologen und Maschinenbauern ihre neuesten Roboterentwicklungen vor.

Der Star unter ihnen heißt Eddie und gehört zu einer simulierten Wohngemeinschaft in den Räumlichkeiten des Exzellenzclusters in der Münchener Innenstadt. Der Roboter ist menschengroß, hat zwei Greifarme und einen Kopf mit beweglichen Augen sowie einen roten, ebenfalls beweglichen Mund. Dank Rädern ist das klobige Gerät recht mobil.

Bei allem Streben nach Menschenähnlichkeit hat Eddies Aussehen allerdings noch wenig mit dem seiner Erschaffer gemein. Das Menschlichste an ihm ist seine Mimik; denn die Forscher haben ihm

Gefühlsäußerungen wie zum Beispiel Freude einprogrammiert: Lächelt ihn sein Gegenüber also an, lächelt Eddie zurück. Das ist nett, aber eben nur Beiwerk. Beweisen muss sich der stählerne Butler durch seine Tüchtigkeit im Haushalt.

Bei der Pressevorführung kommt ein Bewohner der Wohngemeinschaft nach Hause. Kameras an der Decke registrieren das und geben die Information an Eddie weiter. Dieser sollte nun eigentlich auf den Neuankömmling zurollen und ihn begrüßen. Sollte, denn beim ersten Versuch rührt er sich nicht vom Fleck.

Beim zweiten Mal klappt es dann, und der Roboter blickt den Menschen

ANZEIGE

Konzentrierter. Belastbarer. Ausgeglichener.

Die täglichen Aufgaben im Beruf und privat stellen mit den Jahren wachsende Anforderungen an die Konzentration und Gehirnleistung. Bei nachlassender mentaler Leistungsfähigkeit kommt es darauf an, die Kraftwerke der Gehirnzellen zu aktivieren. **Tebonin®** aktiviert die Energieproduktion in den Gehirnzellen. Für mehr Gehirnleistung und mehr Konzentration bei nachlassender mentaler Leistungsfähigkeit.



Tebonin®

* Bei nachlassender mentaler Leistungsfähigkeit infolge zunehmender Funktionseinbußen der Nervenzellen im Gehirn.

Tebonin® konzent 240 mg 240 mg/Filtablette. Für Erwachsene ab 18 Jahren. Wirkstoff: Ginkgo-biloba-Blätter-Trockenextrakt. Anwendungsgebiete: Zur Behandlung von Beschwerden bei hirnorganisch bedingten mentalen Leistungsstörungen im Rahmen eines therapeutischen Gesamtkonzeptes bei Abnahme erworbener mentaler Fähigkeit (demenzielles Syndrom) mit den Hauptbeschwerden: Rückgang der Gedächtnisleistung, Merkfähigkeit, Konzentration und emotionalen Ausgeglichenheit, Schwindelgefühle, Ohrensausen. Bevor die Behandlung mit Ginkgo-Extrakt begonnen wird, sollte geklärt werden, ob die Krankheitsbeschwerden nicht auf einer spezifisch zu behandelnden Grunderkrankung beruhen. Zu Risiken und Nebenwirkungen lesen Sie die Packungsbeilage und fragen Sie Ihren Arzt oder Apotheker. Dr. Willmar Schwabe GmbH & Co. KG, Karlsruhe

Stand: April 2009 T/04/09/1

Tebonin® stärkt Gedächtnisleistung und Konzentration.*

Ginkgo-Spezialextrakt
EGb 761®

- Pflanzlicher Wirkstoff
- Gut verträglich



Mit der Natur.
Für die Menschen.

Dr. Willmar Schwabe GmbH & Co. KG

www.tebonin.de

WÄHLEN SIE AUS UNSEREN VORTEILSABOS:



EIN ABO – VIELE VORTEILE

- 1 Nutzen Sie Ihren Sparvorteil gegenüber dem Einzelkauf.
- 2 Sie verpassen keine Ausgabe und bekommen das Heft sicher verpackt und pünktlich nach Hause geschickt.
- 3 Profitieren Sie vom kostenlosen Onlinezugang auf alle Spektrum-Ausgaben seit 1993.
- 4 Jeden Monat finden Sie im Internet einen nicht im Heft publizierten Zusatzartikel.
- 5 Sie können ausgewählte Sonderhefte gratis downloaden.
- 6 Mit Ihrem persönlichen Mitgliedsausweis (zum Download) kommen Sie in den Genuss zahlreicher Vergünstigungen.
- 7 Als Abonnent können Sie unser Produkt des Monats günstiger bestellen.

Ihr Zugang zu den
Onlinevorteilen:

www.spektrum.de/plus

JAHRESABO:

- 12 Ausgaben zum Preis von nur € 6,60 (statt € 7,40) pro Ausgabe; Schüler, Studenten und Azubis zahlen sogar nur € 5,55.
- 1 Begrüßungspräsent zur Wahl

Es bedarf nur direktes Sonnen- oder Halogenlicht und das kleinste Solarauto der Welt fährt los! Mit seinen Maßen von L 3,3 cm x B 2,2 cm x H 1,4 cm passt es dabei bequem in jede Jackentasche.



Weitere
Präsente unter
spektrum.de/juni



Raten Sie sich klug! Das Buch »Wie Schwarze Löcher Spaghetti machen« präsentiert 77 unterhaltsame Wissenschaftsrätsel aus der Rubrik »DenkMäler« von spektrumdirekt.

MEHR WISSEN, WENIGER ZAHLEN, NICHTS VERPASSEN!

MINIABO:

- 3 aktuelle Ausgaben mit 35 % Preisvorteil:
Sie zahlen pro Heft nur € 4,83.
- 1 Präsent zur Wahl

Mit diesem USB-Stick können Sie 2-GB-Dateien in Sekundenschnelle speichern.



**35 %
PREIS
VORTEIL**



Das T-Shirt »Pioneer« (100 % Baumwolle, XL) mit der berühmten Grußbotschaft der Menschheit von der Raumsonde Pioneer 10; diese geht auf eine Idee des Wissenschaftlers Carl Sagan zurück.

SO KÖNNEN SIE BESTELLEN:



MIT DER BESTELLKARTE



TELEFON: 06221 9126-743



FAX: 06221 9126-751



E-MAIL: service@spektrum.com

www.spektrum.de/juni

SPEKTRUM VERSCHENKEN

VERSCHENKEN SIE EIN JAHR
LESEVERGNÜGEN

Das erste Heft des Abonnements verschicken wir – zu dem von Ihnen gewünschten Termin – zusammen mit einer Grußkarte in Ihrem Namen an den Beschenkten. Das Präsent schicken wir an Ihre Adresse.

www.spektrum.de/juni

LESER WERBEN LESER

SIE MÖCHTEN UNS EINEN
NEUEN ABONNENTEN VER-
MITTELN?

Dann haben Sie sich eine
Dankesprämie verdient und
können zwischen mehreren
Präsenten wählen:

www.spektrum.de/juni

PRODUKT DES MONATS

Die legendäre Starklichtlampe
»Petromax HK 500« erzeugt

ca. 400 Watt, fasst ca.
1 Liter Petroleum (bis
zu 8 Stunden Brenndauer)
und ist 40 cm hoch.
Geliefert wird sie in
einer praktischen Transport-
und Aufbewahrungstasche mit zahlreichem Zubehör.

Preis für
Abonnenten:

€ 166,- inkl. Versand
Inland (statt € 186,-)

www.spektrum.de/plus



**10%
PREIS
VORTEIL**

mit seinen Kameraaugen treuherzig an. Der Gast bittet um Kaffee. Die Spracherkennung von Eddie verarbeitet den Wunsch, und schon eilt der maschinelle Diener zum Tisch, wo eine Tasse steht. Er ergreift sie und rollt wieder Richtung Mensch. Unterwegs bleibt er allerdings an einem Tischchen hängen. Seine Konstrukteure müssen ihn befreien.

Dabei kippt Eddie bedrohlich zur Seite, was er mit den Worten kommentiert: »Ich glaube, ich bin ausgerutscht!« Immerhin scheint der kleine Tollpatsch so etwas wie Humor zu haben – programmierten Humor, versteht sich. Doch bis zu einem Gehilfen, der sich problemlos im Haushalt zurechtfindet und sich wirklich nützlich macht, fehlt noch einiges.

Ziel der Wissenschaftler von CoTeSys ist es, die Zusammenarbeit von Mensch und Roboter durch möglichst natürliche Interaktionen zu optimieren. So soll man irgendwann nicht mehr den Eindruck haben, mit einer dummen Blechkiste zu reden, sondern mit einem intelligenten Wesen, das lernfähig und freundlich ist. Deshalb brauchen Serviceroboter auch die

GLOSSE

Immer Ärger mit PIPPO

Wie Pharmafirmen mit erfundenen Krankheiten Kasse machen.

Würden Sie auf die Idee kommen, den Arzt Ihres Vertrauens zu fragen, ob er Evidenzbasierte Medizin betreibt? Was soll er denn sonst tun, werden Sie vermutlich denken. Doch als vor fünf Jahren Wissenschaftler des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein 900 Ärzte zur Evidenzbasierten Medizin (EbM) befragten, gab fast ein Viertel an, den Begriff noch nie gehört zu haben; etwa 30 Prozent kannten ihn zwar, wendeten das Prinzip in der Praxis aber nicht an.

Dabei lautet die Grundforderung der EbM ebenso schlicht wie einleuchtend: Mediziner sollen für ihre therapeutischen Entscheidungen die Ergebnisse wissenschaftlicher Studien zu Rate ziehen. Das ist keineswegs trivial; denn um zuverlässige Informationen, etwa über die Wirksamkeit eines Medikaments zu erhalten, genügt es nicht, ein paar physiologische Zusammenhänge im Labor aufzuklären. Ob ein Medikament wirkt, weiß man erst dann sicher, wenn es am Patienten getestet wurde und zwar randomisiert, verblindet, kontrolliert und in ausreichender Stichprobenzahl.

So selbstverständlich diese Vorgehensweise klingt, hat sie in der Medizin noch keine lange Tradition. Das Ergebnis der ersten klinischen Studie nach heute gängigen Kriterien erschien 1948, was angesichts der langen Medizingeschichte als spät anzusehen ist. Der Begriff EbM selbst ist noch viel jünger: Gordon Guyatt von der McMaster University in Hamilton (kanadische Provinz Ontario) prägte ihn Anfang der 1990er Jahre. Seither hat sich die EbM zwar stark verbreitet, aber nicht überall Anklang gefunden. Viele Ärzte kri-

tisieren das strikte Vorgehen nach Studienergebnissen als »Kochbuchmedizin« oder Medizin nach Zahlen. Ganz von der Hand weisen lässt sich der Vorwurf nicht, immerhin ist jeder Patient ein Individuum, mit eigener Krankheitsgeschichte und eigenen Prädispositionen, die nicht ohne Weiteres in eine Statistik passen.

Aber auf welches Wissen greifen Mediziner dann zurück, wenn nicht auf wissenschaftlich gesicherte Fakten? Erfahrung? Überlieferung? Bauchgefühl? Zu den eher fragwürdigen Quellen zählen auch mit großem Aufwand verbreitete Informationen der Pharmaindustrie. Die hat natürlich ein Interesse daran, dass möglichst viele Ärzte ihre Produkte verschreiben. Da wird dann auch gerne die Krankheit zum passenden Medikament erfunden. Besonders offensichtliche Fälle wie das 1998 von der Firma Smith-Kline Beecham (heute GlaxoSmithKline) lancierte depressive Leiden namens »Sissi-Syndrom« sind durch die Presse gegangen.

Vom Großteil der Pharma-PR bemerkt die Öffentlichkeit aber gar nichts. Denn diese Kampagnen zielen vor allem auf die praktizierenden Ärzte, welche in anzeigenfinanzierten Fachzeitschriften, gesponserten Vorträgen, gekauften Symposien und Fortbildungen mit Informationen über neue Gefahren geradezu bombardiert werden. Wer da nicht gewappnet ist, fällt leicht selbst einer neuen Epidemie zum Opfer, die Norbert Donner-Banzhoff jüngst auf einer EbM-Tagung in Berlin beschrieb. Ganz nach Pharmamanier verpasste ihr der Tagungspräsident und

Professor für Allgemeinmedizin an der Universität Marburg auch gleich ein medizinisches Etikett: das PIPPO-Syndrom.

Ein solcher PIPPO besteht immer aus den gleichen Symptomen:

P wie Panik vor einer neuen oder alten Krankheit, die auf jeden Fall immer schlimmer wird

I wie Industrienähe, denn wo dieses Syndrom auftritt, ist auch ein neues Medikament nicht weit

P wie Pathophysiologie, insbesondere in Form bunter Schaubilder, die ein mechanistisches Verständnis der Krankheitsvorgänge suggerieren

P wie Pseudolösungen; denn Pillen gegen Blutfett, Zucker oder Übergewicht gehen an der Ursache der Probleme, dem ungesunden Lebensstil, vorbei

O wie ohne Grenzen; denn der Drang des Syndromverursachers, die Menschheit mit seinen Mitteln zu beglücken, kennt keine Grenzen

»Von rüpelhaften Kindern und Schwierigkeiten beim Sex über Aufstoßen bis zu Unglück im Allgemeinen – das alles kann man mit medizinischen Etiketten versehen«, erklärt Donner-Banzhoff. Als probatestes Mittel gegen diese Epidemie empfiehlt er, unbequeme Fragen nach wissenschaftlichen Belegen zu stellen. Gab es klinische Studien und wie war ihr Design? Wie verhält sich der Nutzen zu einem möglichen Schaden? Und wer hat welche Untersuchungen bezahlt?

So manches Mittelchen, das dem einen oder anderen Praxisbesucher vielleicht lieb geworden, aber nutzlos ist, wird dann sicher nicht mehr verschrieben. Doch profitiert von mehr EbM in der Medizin am Ende das Gesundheitssystem und damit auch der Patient.

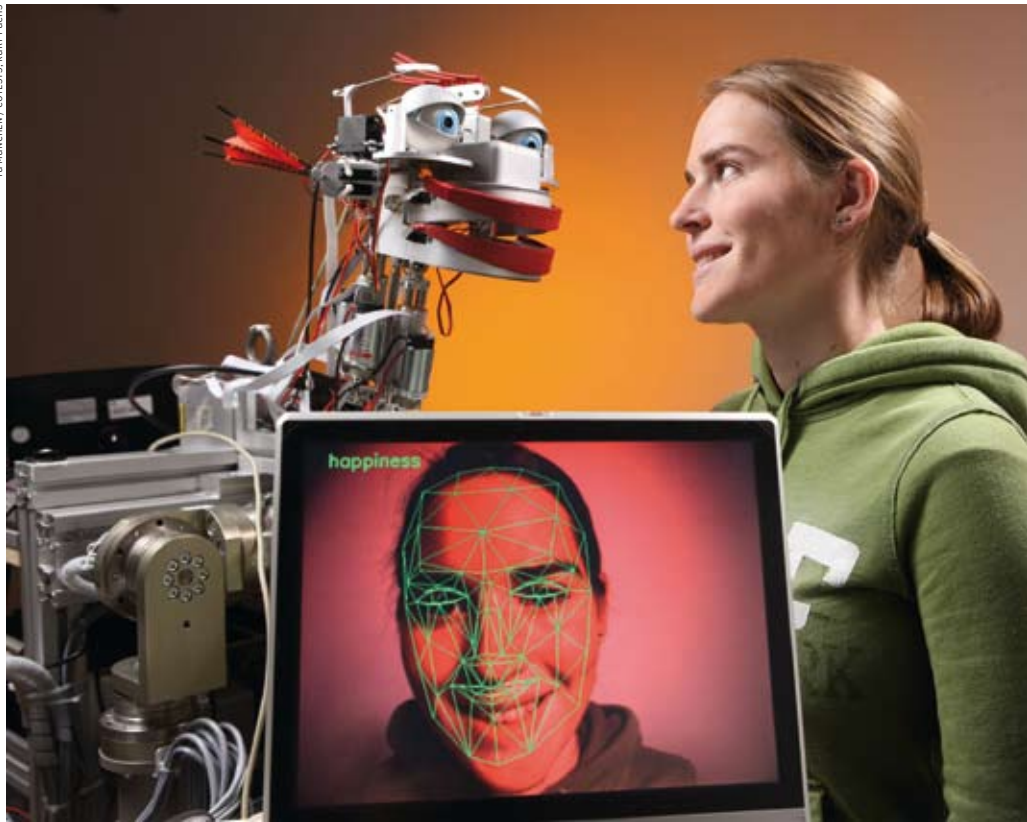
Miriam Ruhenstroth ist freie Wissenschaftsjournalistin in Berlin.

Fähigkeit, Emotionen zu zeigen; denn das kommt, wie Studien ergaben, ausgesprochen gut an. Doch zu sehr dürfen sie dem Menschen auch nicht gleichen, sonst würde ihre Akzeptanz wieder schwinden. Ein nützlicher Helfer – ja, ein uns ebenbürtiges Wesen – nein. Dazulernen soll der Helfer aber schon können; denn es wäre ausgesprochen lästig, ihm zum Beispiel immer wieder zeigen zu müssen, wo die Kaffeemaschine steht. Auch daran arbeiten die Münchener Forscher.

Um das Jahr 2020 dürften Roboter und Mensch dann gedeihlich zusammenleben können, prophezeit Martin Buss von CoTeSys. Doch wer will das überhaupt? Bislang gibt es in Deutschland noch keine aussagekräftigen Untersuchungen darüber, wie hoch die Akzeptanz gegenüber den elektronischen Hel-

Serviceroboter Eddie erkennt durch Vergleich mit einer Schablone für einen glücklichen Gesichtsausdruck, dass sein Gegenüber ihn anlächelt, und reagiert mit einer freundlichen Grimasse.

TU MÜNCHEN / COTESYS, KURT FUCHS



9. MÜNCHNER WISSENSCHAFTSTAGE

18.-21. Juli



Ideen für die Zukunft

an über 50 verschiedenen Orten im Großraum München

Führungen, Vorträge & Workshops für Jedermann
spezielles Programm für Schüler und Kinder
alle Veranstaltungen kostenlos

gefördert von



Landeshauptstadt
München

Medienpartner

Spektrum
muenchen@de

www.muenchner-wissenschaftstage.de

Die 9. Münchner Wissenschaftstage bieten allen Interessierten vom 18.-21. Juli 2009 Einblick in „Ideen für die Zukunft“ – und zwar in neuem Gewand: Erstmals finden in diesem Jahr fast alle Veranstaltungen wie Führungen, Vorträge, Tage der offenen Tür und Workshops direkt in den Räumen der beteiligten wissenschaftlichen Institutionen und forschenden Unternehmen statt.

Im Großraum München präsentieren Spitzenwissenschaftler über 50 verschiedene Veranstaltungen. Im Mittelpunkt stehen die zentralen Herausforderungen unserer Gesellschaft: die Erhaltung der Lebensgrundlagen, die demografische Entwicklung, die Verknappung der Rohstoffe, die Energienutzung, der Klimawandel, die Globalisierung der Märkte, Intensivierung der weltweiten Kommunikation und des Verkehrs. Wie stark all diese Themen miteinander verbunden sind, zeigt der Eröffnungsabend. Er trägt den Titel „Der Klimawandel – Herausforderung für die Zukunft“. Der Abschlussabend steht, aus Anlass des vierzigsten Jahrestages der Mondlandung, unter dem Motto „Zum Mond und bis ans Ende der Welt. Reisen ins Ungewisse – das Abenteuer Raumfahrt“.

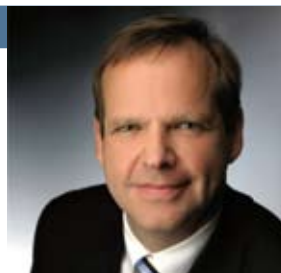
KOMMENTAR

Jetzt umsteuern!

Die Bologna-Reform leidet unter eklatanten Schwächen.

Von Bernhard Kempen

Professor Dr. Bernhard Kempen
ist Präsident des Deutschen
Hochschulverbandes, Bonn



Zehn Jahre nach der »Bologna-Erklärung«, in der sich 30 europäische Staaten am 19. Juni 1999 zu dem Ziel eines einheitlichen europäischen Hochschulraums bekannten, hat sich an deutschen Universitäten statt Euphorie Ernüchterung breitgemacht. Selbst vehemente Befürworter der Hochschulreformen müssen eingestehen, dass Kernziele des Bologna-Prozesses bislang nicht erreicht wurden. So ist mit der Einführung von Bachelor- und Masterstudiengängen ein Studienortwechsel im In- wie Ausland nicht erleichtert, sondern deutlich erschwert worden. Der erhoffte Automatismus bei der Anerkennung von Studienleistungen blieb aus. Und die Zahl der Studienabbrecher hat sich insbesondere in den Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften erhöht statt verringert.

Verantwortlich für diese Fehlentwicklungen ist die bürokratische Umsetzung der Reformen in Deutschland, bei der die angestrebte Vereinheitlichung mit Gleichmacherei verwechselt wurde. Die unterschiedlichen Wissenschafts- und Ausbildungstraditionen der inzwischen 46 Bologna-Signatarstaaten lassen sich jedoch nicht über einen Kamm scheren. Sach- und fachangemessen muss entschieden werden, ob die neuen Abschlüsse für die jeweilige Disziplin taugen oder nicht. Wer eine dem Wettbewerb verpflichtete, autonome Hochschule will, sollte nicht gleichzeitig von oben herab Studienstrukturen verordnen.

Nicht jedes Fach lässt sich in ein sechssemestriges Korsett pressen. Betätigungsfelder unterhalb der klassischen ärztlichen und juristischen Berufe würde ein dreijähriges grundständiges Bachelorstudium in Medizin und Jura nicht eröffnen. Vergleichbares gilt für die Lehramtsstudiengänge sowie die Ingenieurwissenschaften: Gerade in den Ingenieurwissenschaften war das Diplom made in Germany eine international anerkannte Marke, die ihren Trägern weltweit Zugang zum Arbeitsmarkt eröffnete. Diese Marke jetzt aufzugeben war kein Gebot der Bologna-Vereinbarungen, sondern eine mehr als unvernünftige Forderung deutscher Kulturpolitik.

Ebenso wenig ist den Konferenzdokumenten zu entnehmen, dass der Master nur einer Hand voll Auserlesener vorbehalten bleiben sollte. Darauf läuft es aber in Deutschland hinaus: Die Hochschulen werden per Zielvereinbarung dazu gebracht, bei der Masterausbildung zu knausern und ihre Mittel bis zu 80 Prozent in Bachelorprogrammen einzusetzen. In vielen Studienfächern können sich daher nur 20 Prozent der Bachelorabsol-

venten in einem Masterstudiengang weiterqualifizieren. Viele der Bachelorabsolventen, die von der Wirtschaft allen Werbekampagnen zum Trotz eben doch nicht immer mit Kusshand genommen werden, klopfen jetzt vergeblich an die Tür zum Masterstudium. Es passt einfach nicht zusammen: Für Handwerksmeister werden die Zugangshürden zum Bachelorstudium beseitigt, während sich beim Masterstudium durch Noten und Quoten neue Hürden auftürmen.

Das unerfüllte Versprechen, den deutlich erhöhten Prüfungs- und Lehraufwand der modularisierten Studiengänge mit zusätzlichem Personal aufzufangen und zusätzliche Masterstudienplätze zu schaffen, droht im Zuge der Finanz- und Wirtschaftskrise in Vergessenheit zu geraten. Die vom Wissenschaftsrat zuletzt angemahnten 1,1 Milliarden Euro für eine Verbesserung der Studiensituation sind im Hochschulpakt II nicht enthalten. Dabei liegt das Kapital moderner Wissensgesellschaften vor allem in einer hochwertigen Ausbildung, die die Studierenden auch wollen. Wenn im 10. Studierendensurvey, der im Auftrag des Bundesforschungsministeriums herausgegeben wird, die Hälfte der Befragten dem Bachelorstudium die wissenschaftliche Qualität abspricht, muss das alarmieren. Gerade an Universitäten haben die neuen Studiengänge dem Anspruch einer universitären Ausbildung durch Wissenschaft gerecht zu werden. Nicht der Bachelor, sondern der Master sollte deshalb der Regelabschluss sein. Wer in Krisenzeiten in die Zukunft investieren will, darf bei der Bildung nicht sparen. Volkswirtschaftlich ergibt es wenig Sinn, dass eine große Wissenschaftsnation diejenigen, die ihr altes Auto entsorgen, mit einer Abwrackprämie ködert, aber denjenigen, die mit ihren Köpfen etwas aufbauen wollen, den Berufszugang versperrt.

Kostenneutral werden sich die Bologna-Reformen nicht umsetzen lassen. Für die Bologna-Ziele, mehr Mobilität und bessere Vergleichbarkeit von Abschlüssen in einem gemeinsamen europäischen Hochschulraum, lohnt aber jede Mühe. Um mehr Mobilität zu ermöglichen, sind finanzielle Anreize erforderlich. Mobilitätsverbünde, bei denen Hochschulen im In- wie Ausland ihre Curricula aufeinander abstimmen, sollten prämiert werden. Auch praxisnahe Studiengänge gilt es längerfristig mit Geld zu fördern – durch Belohnung von Hochschulen, deren Absolventen unmittelbar nach dem Studium einen fachnahen Arbeitsplatz erhalten haben.

Damit der Bologna-Zug an Fahrt gewinnt, hat der Deutsche Hochschulverband die eklatanten Schwächen der Reform beim Namen benannt. Seine Verbesserungsvorschläge liegen auf dem Tisch. Die Hochschulpolitik muss unverzüglich handeln, wenn der Bologna-Zug nicht bald in einem Sackbahnhof stehen bleiben soll: Mit Beschwichtigung und betulicher »Nachbesserungsrhetorik« dürfen wir uns nicht länger aufhalten. Die Lösung heißt: Jetzt umsteuern!

Eine Aktionswoche von
Spektrum der Wissenschaft
und dem Blogportal SciLogs.de
vom 15. bis 21. Juni 2009:
www.scilogs.de/bologna



10 JAHRE BOLOGNA
Die Zukunft unserer Hochschulen

fern sein könnte. Deren Zielgruppe ist ganz klar die ältere Generation. In einer vergreisenden Gesellschaft sind schon jetzt die Wartezeiten für Pflegeheime lang und die Pflegekräfte rar. Da wären Serviceroboter willkommen Helfer. Aber eben nur das: Sie könnten den Pfleger entlasten, jedoch nicht ersetzen. Zu dessen wesentlichen Aufgaben gehören schließlich auch die persönliche Zuwendung mit echten Emotionen und das einfühlsame Gespräch. Damit wäre selbst der beste Roboter überfordert. Aber er könnte beispielsweise bei pflegebedürftigen Menschen mit anpacken, ihnen etwas zu trinken reichen oder Alarm schlagen, wenn Hilfe benötigt wird. In Japan werden Roboter bereits im Pflegebereich eingesetzt. Dort stoßen sie auf breite Akzeptanz, weil die Japaner quasi mit Elektronikvehikeln wie mechanischen Hunden aufwachsen und schon die Kleinen begeistert damit spielen.

Alternative zum Seniorenheim

Doch vermutlich werden sich auch die Deutschen irgendwann an elektronische Gefährten in ihrem Umfeld gewöhnt haben. Die heute junge Generation ist die Roboter-Zielgruppe von morgen. Und wenn man beobachtet, wie schnell Kinder den Umgang mit Computern, Handys und Co. lernen und diese technischen Geräte ganz selbstverständlich in ihr tägliches Leben integrieren, ist kaum zu erwarten, dass sie es eines Tages seltsam oder gar ethisch bedenklich finden, wenn ihnen ein Serviceroboter zur Seite steht.

Nicht alle älteren Menschen werden dereinst in Mehrgenerationenhäusern oder in Rentnerwohngemeinschaften zusammenleben wollen oder können. Wer allein und dennoch selbstständig bleiben und sein vertrautes Zuhause nicht verlassen möchte, der greift dann vielleicht gerne zum mechanischen Butler und schiebt so das Seniorenheim noch etwas hinaus.

Der intelligente Serviceroboter wird also auf längere Sicht auch in Deutschland Abnehmer finden. Dann dürfte Eddie hoffentlich so weit sein, statt zu rollen auf zwei Beinen zu laufen und freundlich lächelnd, ohne zu stolpern, seinem Mitbewohner eine Tasse Kaffee servieren zu können.

Jochen Steiner ist freier Wissenschaftsjournalist in Mainz.

Springers Einwürfe

Kleine Physik der Wirtschaftskrise

Gibt es ein Hebelgesetz für Finanzmärkte?

Im Januarheft ereiferte ich mich an dieser Stelle ein wenig über Physiker, die lieber an der Wallstreet spekuliert haben, als in weiser Voraussicht der kommenden Krise mathematische Modelle für instabile – »wilde« – Märkte zu entwerfen. Das trug mir mehrere Leserbriefe ein, die übereinstimmend bezweifelten, dass moderne Finanzmärkte überhaupt berechenbar seien. Es handle sich nun einmal um ein chaotisches Aufschaukeln positiver Rückkopplungen, und daran müsse jede Theorie scheitern, die nach dem Vorbild der Physik Erhaltungsgrößen und Gleichgewichte definiert.

Tatsächlich hat sich in der Krise die herkömmliche Idee des Marktgleichgewichts blamiert, der zufolge umfassend informierte Akteure nur ihrem Eigeninteresse folgend Angebot und Nachfrage so auspendeln, dass Güter und Dienstleistungen sich ganz von selbst optimal verteilen. Das ähnelt der statistischen Thermodynamik, in der das mikroskopische Zufallsverhalten der einzelnen Atome zu Gesetzen für makroskopische Kenngrößen wie Druck, Temperatur und Entropie führt. Jetzt aber schlägt die Stunde der Nichtgleichgewichtstheoretiker, die seit Jahren das dicke Ende kommen sahen. Dieses *fat tail*, wie es in den Modellen der *Econophysicists* heißt, meint den Umstand, dass starke Abweichungen vom Gleichgewicht viel häufiger vorkommen als gemäß der herkömmlichen Glockenkurve mit ihren schmalen Enden.

Ein prominenter Ökonophysiker ist Stefan Thurner, Leiter der Forschungsgruppe für komplexe Systeme der Medizinischen Universität Wien. Dort erforschte der theoretische Physiker und Wirtschaftswissenschaftler zunächst die Genetik der Zuckerkrankheit, wandte sich dann aber den internationalen Finanzmärkten zu. Zuletzt entwickelte er ein aufwändiges Modell der Finanzspekulation, das er auf der Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft in Dresden vorstellte.

In diesem Computermodell treten virtuelle Akteure in Wechselwirkung – insbesondere Banken, die Geld verleihen, und Hedgefonds, die damit spekulieren. Daneben gibt es kleine Spekulanten, die für ein gewisses Hintergrundrauschen im System sorgen, sowie Großinvestoren, die etwa der staatlichen Rentenkasse entsprechen. Doch als entscheidend für das Systemverhalten erweist sich in diesem komplexen Geschehen überraschenderweise ein einziger Parameter, der Leveragefaktor oder Hebeleffekt.

Ein Hedgefonds vervielfacht seinen Spekulationsgewinn per Leverage, indem er das eingesetzte Eigenkapital mit geliehenem Geld um das Fünffache aufstockt. Das funktioniert natürlich nur, falls die Spekulation überhaupt etwas abwirft und sofern der Spekulationsgewinn die Zinsen für das Geldleihen übersteigt. Andernfalls stürzt der Hedgefonds besonders tief.

Ohne Leverage verhält sich Thurners Modell brav und »klassisch«. Doch je stärker am Hebel gedreht wird, desto volatil – unruhiger – wird das System. Und oberhalb eines Leveragefaktors von fünf gerät es völlig außer Rand und Band. Dann kann die kleinste Schwankung des Hintergrundrauschens, ausgelöst von einem normalerweise für das Systemverhalten ganz unbedeutenden Einzelhändler, den ganzen virtuellen Markt zum Crash bringen.

Nun werden Sie vielleicht sagen: Dass Hedgefonds verboten gehören, war mir immer klar. Aber aufwändig gewonnene Aussagen über komplexe Systeme muten meist trivial an – oft so banal wie ihr Gegenteil. Wenn sich das Resultat bewährt, wäre es zumindest ein starkes Argument für Maßnahmen gegen Hebefaktoren über fünf, beziehungsweise für eine entsprechende Obergrenze, bis zu der Banken an Hedgefonds Geld verleihen dürfen.



Michael Springer