

Empa **News**

Magazin für Forschung, Innovation und Technologietransfer
Jahrgang 9 / Nummer 34 / September 2011



Ressourcen effizient nutzen

EMPA 
Materials Science & Technology

Zweite Chance
für Jatropa 04

Wie fahren wir
in 20 Jahren? 13

Flugshow
der Pixel 22

Kreislauf statt Einweg

Wie funktioniert unsere konsumorientierte Gesellschaft? Wir kaufen ein Produkt – natürlich möglichst billig –, nutzen es und «entsorgen» es, sobald wir es nicht mehr brauchen. Dabei erstaunt mitunter schon, was heutzutage alles als Wegwerfware gilt, zumindest in den Industrienationen.



Dieser lineare Warenstrom mit einem Anfang und einem Ende hat einen Schönheitsfehler: Etliche der zur Herstellung von Waren und Gütern benötigten Rohstoffe inklusive unsere fossilen Energieträger gehen allmählich zur Neige. Daher sind Ressourcen schonende und energieeffiziente Technologien gefragter denn je.

Das Nonplusultra wären freilich geschlossene Stoffkreisläufe. Etwa für Kohlenstoff, indem man das «Abfallprodukt» CO₂ aus der Atmosphäre mit solar gewonnenem Wasserstoff zu Methan oder gar flüssigen Kohlenwasserstoffen umwandelt, die dann wiederum als Brenn- und Treibstoffe verwendet werden können. An diesem Thema und an anderen Ressourcen schonenden Technologien arbeitet die Empa mit ihren Partnern, wie verschiedene Beiträge in der aktuellen Ausgabe der «EmpaNews» illustrieren.

Um Ideen und Konzepte wie Nachhaltigkeit bereits in jungen Köpfen zu verankern, engagiert sich die Empa in der Nachwuchsausbildung und -förderung. Das Sommercamp war – wie jedes Jahr – ein grosser Erfolg, und auch das erstmalige «Gastspiel» des Kinderlabors an der Empa war schnell ausgebucht. Dass dieser Wissenstransfer keineswegs eine Einbahnstrasse ist, zeigt der Artikel über die Gewinnerinnen des Sonderpreises «Schweizer Jugend forscht» 2011, die an der Empa einen LED-Sonnensimulator entwickelt haben (der von den Forschern auch rege genutzt wird).

Viel Vergnügen beim Lesen.

Michael Hagmann
Leiter Kommunikation



Einsatz für Afrika
Was sich beim Jatropha-Anbau
besser machen lässt 04



Titelbild

Sorgsamer Umgang mit Energie und Rohstoffen ist ein zentrales Forschungsthema an der Empa. Hier schmiegt sich eine hocheffiziente CdTe-Solarzelle um zwei Finger. Das Victory-Zeichen ist kein Zufall: Die flexible Zelle wandelt 13,8 Prozent des Sonnenlichts in Strom um. Damit hält die Empa derzeit den Weltrekord. (Siehe Seite 27)
BILD: Beat Geyer (Empa).



**Energie-Zukunft
Treibstoff aus Treibhausgas –
Professor Züttels kühne Vision 08**



**Emissionsfrei fahren?
Die Antriebstechnologien
der nächsten 20 Jahre 14**



**Erfinderischer Nachwuchs
Der Sonnensimulator aus
der Maturarbeit 18**

Fokus: Ressourcen effizient nutzen

- 04 **Zweite Chance für Jatropha**
- 08 **Die Oktan-Vision**
Der Treibstoff aus dem Treibhausgas
- 12 **«Grüner» wirtschaften**
Das World Resources Forum 2011 und seine Ziele
- 13 **Der Funken im Wasserstoff**
Neues Projekt im Motorenlabor
- 14 **Wie fahren wir in 20 Jahren?**
Ein Antriebsexperte gibt Auskunft
- 16 **«Die Schweiz ist mitverantwortlich!»**
Drohende Rohstoffknappheit bei Seltenen Erden
- 17 **Bildschirm a.D**
1,4 Mio. Flachbildschirme jährlich – ein Entsorgungsproblem?

Forschung und Entwicklung
- 18 **Sonne, en miniature**
Kantonsschülerinnen konstruieren einen Sonnensimulator

Wissens- und Technologietransfer
- 20 **Empa-Technologie im Reich der Mitte**
Die Geschichte der Start-Up-Firma Weihua Solar
- 22 **Flugshow der Pixel**
Virtuoses Hantieren mit polymeren Sprengstoffen

Wissenschaft im Dialog
- 26 **Schaufenster der Schweizer Nano-Szene**
SwissNanoConvention 2011 – ein Rückblick

Impressum

Herausgeberin

Empa
Überlandstrasse 129
CH-8600 Dübendorf
www.empa.ch

Redaktion & Gestaltung

Abteilung Kommunikation

Kontakt

Telefon +41 58 765 47 33
empanews@empa.ch
www.empanews.ch

Erscheint viermal jährlich



A close-up photograph of a Jatropha plant branch. The branch is green and has several large, round, green fruits hanging from it. The leaves are also green, with some showing signs of being eaten, such as small holes and reddish-brown spots. The background is a soft-focus green, suggesting a natural outdoor setting.

Zweite Chance für Jatropha

Jatropha galt als grosse Hoffnung Afrikas: Die Pflanze liefert brennbares Öl, wächst ohne Dünger auch an unwirtlichen Orten – und ihre Früchte sind ungeniessbar. Das klingt wie ein Volltreffer in Sachen Bioenergie, doch bislang hat sich die «Wundernuss» noch nicht durchgesetzt. Die Empa untersucht, warum.

TEXT: Rainer Klose / BILDER: Empa



Jatropha-Pflanze in Ostafrika

Auf den ersten Blick passt alles: Die Jatropha-Pflanze, ein Wolfsmilchgewächs aus Zentralamerika, scheint wie gemacht, um den Energiebedarf im ländlichen Afrika zu decken. Der anspruchslose Busch wächst selbst auf kargen Böden, ist trockenheitsresistent – und bringt Nüsse hervor, dessen Öl sich als Brennstoff in Dieselmotoren nutzen lässt. Ein weiterer Vorteil: Die Nüsse sind giftig; sie werden nicht von Wildtieren gefressen, sondern können so lange reifen, bis der Mensch Interesse an der Frucht zeigt.

Trotz der guten Ausgangslage muss Simon Gmünder, Forscher in der Empa-Abteilung «Technologie und Gesellschaft», nun einen Fehlschlag analysieren und herausfinden, ob es eine alltags-tauglichere Energielösung für Entwicklungsländer gibt. Denn bei der Einführung der Nutzpflanze ging vieles schief: «Man hat vielen Kleinbauern Jatropha als «grünes Gold» verkauft», erzählt Gmünder. Auch Grossinvestoren stürzten sich auf die Idee, legten Plantagen an und versprachen den Dorfbewohnern schnellen Reichtum. Sogar Hilfsorganisationen waren begeistert; sie empfahlen, Jatropha als Blockplantage anzubauen – also auf einem Feld in einem Mix aus Jatropha und einheimischen Nutzpflanzen.

Getrübt Nachhaltigkeit

Der anfänglichen Euphorie folgte jedoch schon bald Ernüchterung. Denn vielerorts blieben die Ernteerträge unter den Erwartungen. Genauso wie die Nachfrage nach den Jatropha-Nüssen. Der Markt spielte nicht, die Preise blieben tief – und minderten zusätzlich die Chance einer kostendeckenden Produktion. Um einen höheren Ertrag zu erzielen, wichen viele Anbauer auf fruchtbares Land aus oder intensivierten die Bewirtschaftung. Damit aber trat Jatropha in direkte oder indirekte Konkurrenz mit der Nahrungsmittelproduktion – was sowohl die Ökobilanz als auch die gesellschaftliche Akzeptanz trübte.

Daher geriet der Jatropha-Anbau in Ostafrika über die letzten Jahre immer mehr in Verruf. Einige Kleinbauern, aber auch Grossinvestoren stiegen aus. Der Fehlstart wäre laut Gmünder vermeidbar gewesen, man hätte vorher geeignete Anbaupraktiken erforschen



Die Jatropha-Nuss ist in Ostafrika schon jetzt Teil der Alltagskultur geworden. Jatropha wird zur Eindämmung der Bodenerosion in Erosionsrinnen angepflanzt (Bild oben). Aus dem Öl stellen lokale Handwerker Seife her (Bild ganz links). Doch die wirtschaftliche Nutzung der Ölfrüchte ist noch mangelhaft. Hier soll das Forschungsprojekt ansetzen.

und die lokalen ökologischen und sozio-ökonomischen Auswirkungen untersuchen müssen. «Der Schritt von der Vision zum effektiven Anbau erfolgte schlicht zu schnell. Vor allem die Kleinbauern, die den unrealistischen Versprechungen Glauben schenken, mussten dafür einen hohen Preis bezahlen.» Nun ist der Ruf der Pflanze gewissermaßen ruiniert – und auch seriöse Jatropha-Projekte werden dadurch in Mitleidenschaft gezogen.

Systematische Erforschung

Die erste Einführung von Jatropha ist also gescheitert. Doch die Wissenschaft sieht trotzdem Chancen: Ein Zusammenschluss von Forschenden aus aller Welt will die Jatropha-Nuss und ihre Nutzung nun systematisch erforschen und Empfehlungen abgeben, wo (und wie) der Anbau der Pflanze sinnvoll ist. Sechs Institute in Europa (darunter die EPFL, die Universität Bern und die Empa), fünf Universitäten in Afrika und drei Institute aus Zentralamerika arbeiten gemeinsam an dem dreijährigen Projekt, das seit Juni 2009 läuft.

Es geht um die optimale Kultivierung der Pflanze, um eine passende Technik zur Weiterverarbeitung der Nüsse und nicht zuletzt um Umweltaspekte: Wie ist die Ökobilanz von Jatropha-Öl? Tritt die Pflanze in Konkurrenz zu Nahrungspflanzen? Schützt ihr Anbau vor Bodenerosion – oder verstärkt er diese?

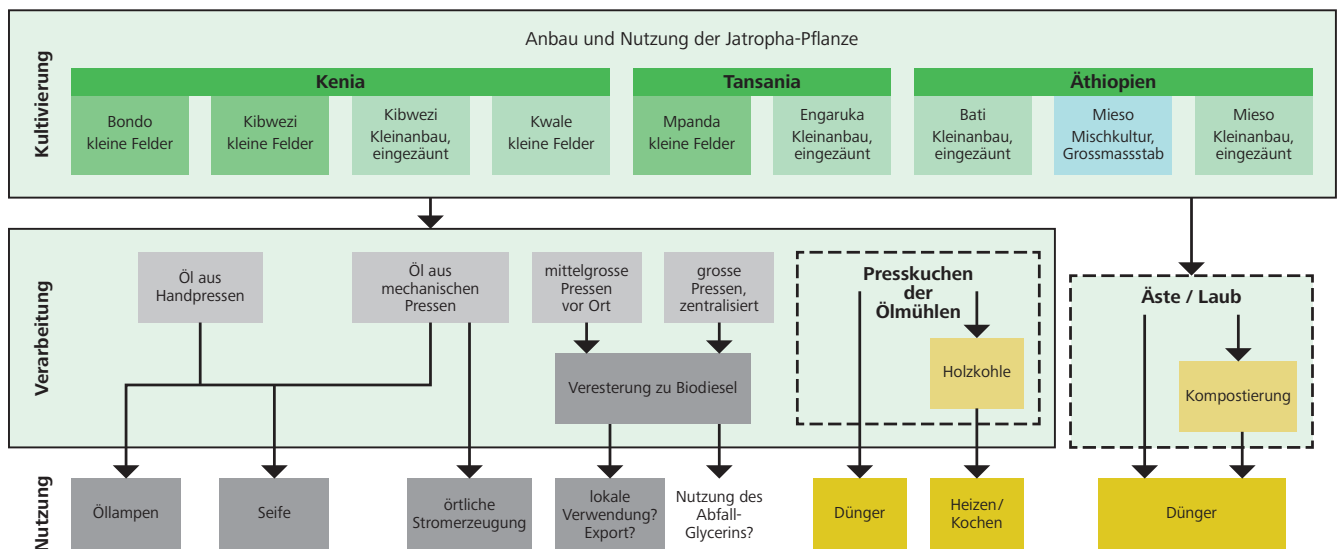
Mittendrin steckt Simon Gmünder. Er ist einer der weltweit führenden Experten für Jatropha, schon in seinem Zivildienst beschäftigte er sich mit einem Jatropha-Projekt in Indien – das, nebenbei



Link



Direkter Link zur Forschungsabteilung, zu Originalliteratur und Podcasts:
www.empa.ch/empanews



Anbau- und Nutzungsmöglichkeiten der Jatropha-Pflanze, des Öls, des Presskuchens aus der Ölgewinnung und des Holzes: In den Projektgebieten der einzelnen Länder werden verschiedene Methoden ausprobiert, vom Kleinmassstab bis zu industriellen Prozessen.

erwähnt, noch immer erfolgreich läuft. Zwar ist das Projekt noch nicht abgeschlossen, doch erste Resultate liegen bereits vor: Die in der Vergangenheit angelegten Jatropha-Grossplantagen hält Gmünder für sinnlos. Denn gerade als Grossplantage konkurriert Jatropha besonders stark mit dem Anbau von Nahrungsmitteln – eine angesichts der aktuellen Hungerkatastrophe in Ostafrika mehr als zweifelhafte Strategie.

Neue Strategie soll richten

Eine weit bessere Idee sei es, Windschutzhecken aus Jatropha-Büschen am Rand von Feldern anzulegen. Dies vermindert die Erosion der Böden und schützt die Anbauflächen vor Wildtieren. Würde statt der bisher üblichen Dornenbüsche Jatropha gepflanzt, dann hätten Windschutzhecken einen weiteren Nutzen: Sie würden zur Erntezeit als «Abfallprodukt» energiereiches Öl liefern. Das lässt sich nicht nur in Treibstoff verwandeln – etwa für Stromgeneratoren oder motorgetriebene Wasserpumpen –, sondern auch zu Seife verarbeiten oder in handgefertigten Öllampen zur Beleuchtung nutzen.

Gmünders Fazit: Der Traum vom grünen Gold ist in Bezug auf Jatropha noch nicht geplatzt. Es gilt aber, die letzte Chance zu nutzen. Dazu müssen die Fehler der Vergangenheit sowie die Bedürfnisse und Ziele aller Beteiligten genau analysiert werden. Wenn sich daraus eine gemeinsame Strategie

formulieren lässt und diese zügig in Pilotprojekten umgesetzt wird, könnte der Jatropha-Anbau doch noch zu einem Erfolg werden und Teile Afrikas mit selbst erzeugter Bioenergie versorgen. Da das Öl auch als Treibstoff für Fahrzeuge und Flugzeuge verwendet werden kann, könnten sich am Ende gar Exportchancen für manche Anbauländer ergeben, was wiederum die Preise für das Produkt stabilisieren würde.

«Unsere Aufgabe ist es, eine solide Wissensbasis zu schaffen und das zusammengetragene Wissen zu verbreiten», sagt Gmünder. «Im Endeffekt möchten wir den nicht-nachhaltigen Anbau von Jatropha – der meist auf Kosten der ländlichen Bevölkerung geht – zurückbinden und stattdessen nachhaltige Anbauarten und Nutzungsformen fördern.» Nutzniesser könnten Entwicklungshilfeorganisationen sein, die Landwirtschaft generell – und lokale Politiker in Afrika, die mit Hilfe der Wissenschaft bessere Entscheide treffen können. //





Die Oktan-Vision

Warum etwas entsorgen, wenn es sich nutzen lässt? Empa-Forscher Andreas Züttel will zusammen mit der ETH Lausanne und dem Paul Scherrer Institut eine ehrgeizige Vision in die Realität umsetzen: Aus Wasserstoff und dem ungeliebten Treibhausgas Kohlendioxid soll ein flüssiger Kohlenwasserstoff entstehen, der ganz normal getankt wird. Im Labor funktioniert es bereits.

TEXT: Rainer Klose / BILDER: Empa



Empa-Forscher Andreas Züttel «produziert» hier CO₂. Hinter ihm ist die Vakuum-Analyseapparatur zu sehen, in dem der Physiker erforscht, wie sich auf Metallhydrid-Oberflächen CO₂ und H₂ zu Olefinen zusammenlagern kann. Seine Vision: Aus dem Treibhausgas CO₂ soll Treibstoff entstehen.

So «fangen» Profis CO₂

Während an der effizienten Herstellung von Wasserstoff noch geforscht wird, hat die Schweizer Firma «Climeworks» sich eine «Maschine» zur Gewinnung von CO₂ aus der Luft bereits patentieren lassen. Die Firma ist als «Spin-off» aus einem Forschungsprojekt der ETH Zürich entstanden und wurde beratend von der Empa unterstützt. Nun soll die Technologie weltweit vermarktet werden.

Das Verfahren basiert auf einem Zyklus von Absorption und Desorption: Das CO₂ lagert sich an einem speziellen Filtermaterial an und wird dort in regelmässigen Abständen wieder herausgelöst und als Reinstoff in Gasflaschen gespeichert. Vorteil des Verfahrens: Es werden nur moderate Temperaturen benötigt. Die notwendige Wärme lässt sich entweder solar erzeugen oder es wird billige Abwärme aus Kraftwerken und Industrieanlagen genutzt. Somit hat das Climeworks-Verfahren nicht nur ökologisch und ökonomisch die Nase vorn, es ist auch überall einsetzbar. Das Verfahren könnte einst als Basis für Andreas Züttels visionäres Projekt dienen – und Treibstoff aus der Luft herstellen helfen.

Die Reise in die Energiezukunft beginnt mit einem Blick auf die Vergangenheit: «Seit dem Zeitalter der Dampfmaschine geht die Menschheit mit der Energie gleich um», konstatiert Andreas Züttel, «wir graben Energieträger aus der Erde, verbrennen sie – und blasen CO₂ in die Atmosphäre». Das müsse sich ändern, meint der Leiter der Abteilung «Wasserstoff und Energie». «Wenn unsere Gesellschaft zu einer nachhaltigen Energieversorgung finden will, dann brauchen wir einen geschlossenen Kreislauf von Energieträgern. Das könnte etwa ein CO₂-neutraler Kohlenstoffkreislauf sein, mit dem sich einerseits die Abhängigkeit vom Erdöl reduzieren lässt und andererseits die CO₂-Emissionen eines Landes stabilisieren würden.»

Wasserstoffspeicherung als Kernfrage

Züttel beschäftigt sich bereits seit 15 Jahren mit dem Energieträger Wasserstoff und seinen Speichermöglichkeiten, speziell der Speicherung in Metallhydriden. Er ist Präsident der Schweizer Wasserstoffvereinigung «Hydropole» und leitet seit 2006 die «Wasserstoff»-Abteilung der Empa. Doch trotz langjähriger Erfahrung musste Züttel erkennen, dass Metallhydride sich als Wasserstoffspeicher im Alltag nur mühsam behaupten: Hydride sind oft luftempfindlich und müssen daher zum Schutz mit Metallcontainern umhüllt werden – was sie noch schwerer und damit weniger konkurrenzfähig macht. Die Speicherung von teuer erzeugtem Solar- und Windstrom ist also noch immer schwierig, ein Schlüsselproblem zur nachhaltigen Energieversorgung weiterhin ungelöst.

Um das Problem zu lösen, tüfteln viele Energieforscher an einer Idee, auf die auch schon die alten Alchemisten stolz gewesen wären: Man nehme ein billiges, ungeliebtes Gas und «verwandeln» damit den

flüchtigen Wasserstoff in eine «brauchbare» Flüssigkeit. Mit dem «Abfallstoff» CO₂ wäre solch ein Verfahren denkbar, davon ist Züttel überzeugt. Am Ende könnte aus dem ungeliebten Treibhausgas ein wertvoller, synthetischer Treibstoff entstehen – Synfuel genannt. Der alte Alchemistentraum – aus Blei Gold zu machen – wäre damit ins 21. Jahrhundert übersetzt.

Chemische Idee mit Friedensmission

Die Idee hat es auch politisch in sich. «Heute finden die meisten globalen Konflikte dort statt, wo es Erdöl gibt», sagt Züttel. «Wenn jeder auf der Welt in der Lage wäre, Treibstoff nicht aus Erdöl, sondern buchstäblich aus Energie und Luft zu machen, dann fielen diese Begehrlichkeiten weg. Das CO₂, das wir benötigen, macht ja nicht an Ländergrenzen halt. Es ist überall in der Atmosphäre verfügbar. Jeder kann es extrahieren.»

Hinter der politischen Vision steckt natürlich auch eine chemische Idee: Ein an der Empa entwickelter Katalysator soll H₂ und CO₂ zu kurzkettingen Olefinen verbinden – etwa zu Oktan. Dieser bei Raumtemperatur flüssige Kohlenwasserstoff ist als Bestandteil von Benzin den meisten Autofahrenden bekannt: Die «Oktanzahl» gilt als Qualitätsmerkmal für klopfestes Benzin. Synthetisch erzeugtes Oktan liesse sich wie gewohnt tanken und in herkömmlichen Motoren verwenden. Damit wäre der solar oder per Windkraft erzeugte Wasserstoff endlich in eine handhabbare Form gebracht; zugleich würde die Methode CO₂ binden. Ein Spin-off der ETH Zürich hat in Zusammenarbeit mit der Empa sogar schon die passende Apparatur für die CO₂-Gewinnung entwickelt: eine solar betriebene Abscheideanlage holt das Gas effizient aus der Luft (siehe Kasten).

1

Oben: Andreas Züttel prüft die Gasanalyse an seinem Reaktor. Wenn die Geräte «Benzingeruch» melden, hat er gewonnen.

Unten: In diesem beheizbaren Metallzylinder in Züttels Labor soll die ersehnte Reaktion stattfinden. Einmal hat es schon geklappt: Aus CO_2 und H_2 ist Methan entstanden. Der Anfang ist geschafft.

2

Die Vision einer Energieversorgung der Zukunft: Aus Öko-Strom und CO_2 werden künstliche Treibstoffe synthetisiert – «Synfuels», mit denen man genau wie heute Autos, Lastwagen und Flugzeuge betanken kann. Das Treibhausgas aus den Auspuffrohren wird wieder «eingesammelt» und erneut verwendet – der Kreislauf ist geschlossen.



Natürlich ist Züttels Idee nicht einfach aus der Luft gegriffen: Seit Jahren schon forscht seine Abteilung an Metallhydriden und komplexen Hydriden, die ursprünglich als Wasserstoffspeicher dienen sollten. Der Vorteil: Wasserstoff ist in diesen Hydriden in atomarer Form gebunden – also in einer deutlich reaktiveren Form als im Wasserstoffgas H_2 . Das, so Züttel, müsste sich für die anvisierte Methode nutzbar machen lassen.

Energiekreislauf der Zukunft

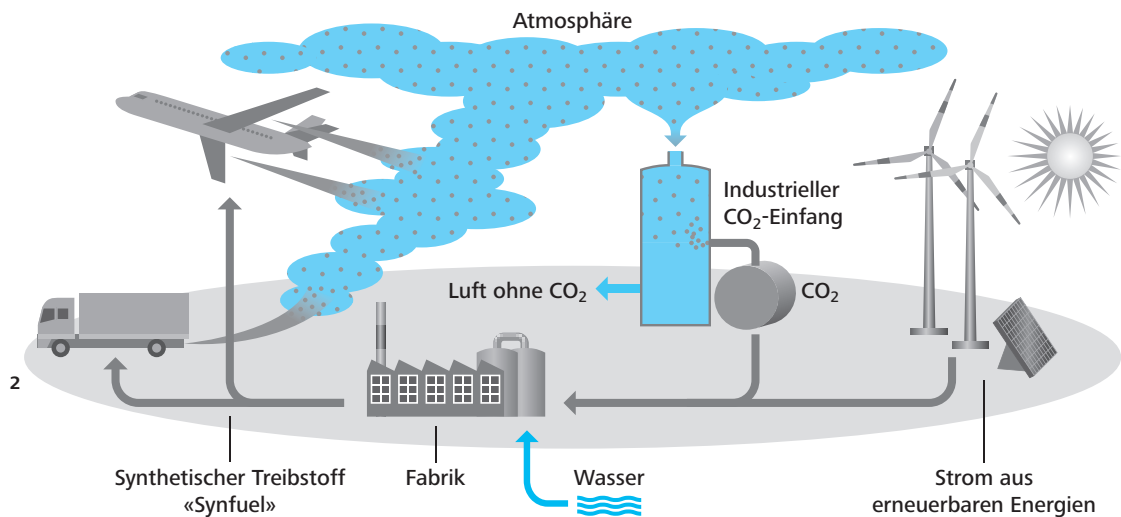
Das entsprechende Gerät steht bereits in seinem Labor an der Empa. Ein unscheinbarer, beheizbarer Metallzylinder von der Grösse eines Bierfässchens. Hier soll das, was einst die Welt verändern könnte – der Energiekreislauf der Zukunft –, in Gang kommen. Geführt von einem Trägergas, fliessen CO_2 und H_2 in den Zylinder; die Gasmischung trifft dort auf ein Metallhydrid – derzeit ist es Mg_2NiH_4 . Um zu bemerken, was im Reaktor passiert, sind am Abluftschlauch ein Massenspektrometer und ein Infrarotspektrometer angeschlossen. Die Analysegeräte zeigen an, sobald die ersehnte Reaktion stattgefunden hat – nämlich dann, wenn sich das bislang «nutzlose» Treibhausgas CO_2 in den brennbaren Treibstoff Methan (CH_4) verwandelt hat.

Im Nachbarlabor läuft ein ähnlicher Versuch unter stark vermindertem Druck. Dort möchte man auf atomarer Ebene verstehen, welche Reaktionen auf der Oberfläche der Hydride ablaufen. Dazu wird sie spektroskopisch untersucht.

Erfolg im Labor

Zwar läuft der kleine Reaktor erst seit Anfang des Jahres, doch die ersten Ergebnisse liegen bereits vor: Bei Temperaturen zwischen 150 und 350 Grad Celsius gelang es dem Empa-Team, Methan aus CO_2 und H_2 zu erzeugen. Auch ein Mechanismus ist bereits postuliert: Das zunächst vorliegende Metallhydrid Mg_2NiH_4 zerfällt während der zyklischen Aufnahme und Abgabe von Wasserstoff allmählich zu Magnesiumoxid MgO und fein verteiltem Nickel. An den Nickelpartikeln lagern sich dann CO_2 -Moleküle an und werden – wie gewünscht – zu CH_4 hydriert. Die Ergebnisse sollen demnächst im Magazin «Energy & Environmental Science» erscheinen.

Doch das Erzeugen von (gasförmigem) Methan ist nur der erste Schritt auf dem Weg zu flüssigem Treibstoff. «Wir müssen die Mechanismen auf der Oberfläche der Hydride besser verstehen. Dann können wir nach Strukturen suchen, auf denen sich acht CO_2 -Moleküle nebeneinander gruppieren können, die dann gleichzeitig hydriert werden», sagt Andreas Züttel. «Und schon hätten wir Oktan.»



Moderne Alchimisten im Wettrennen

Empa-Forscher Züttel steht mit seinem Vorhaben durchaus unter Konkurrenzdruck – denn es gibt auch andere Projekte zum Thema «CO₂-Alchemie». So hat etwa Aldo Steinfeld, Professor für erneuerbare Energieträger an der ETH Zürich Anfang des Jahres seine Vision einer solaren Treibstoffherzeugung im Wissenschaftsmagazin Science vorgestellt. Steinfelds Team wählte ein Hochtemperaturverfahren: In einem Solar-Reaktor wird Ceriumoxid auf 1500 Grad Celsius erhitzt, Sauerstoff spaltet sich ab. Das Material ist nun in der Lage, Wasser und CO₂ bei 900 Grad aufzuspalten; es entsteht ein Gemisch aus H₂ und CO – so genanntes Synthesegas, aus dem sich Benzin synthetisieren lässt.

Doch Steinfelds Reaktor setzt nur 0,8 Prozent der Sonnenenergie in Treibstoff um. Diesen Wirkungsgrad möchte Züttel mit seiner Methode übertreffen. Das Rennen der Solar-Alchimisten ist also eröffnet. //

Link	↗
Direkter Link zur Forschungsabteilung, zu Originalliteratur und Podcasts: www.empa.ch/empanews	

Schweizer Forschungsverbund – mit internationaler «Unterstützung»

Die Hydrierung von CO₂ an Metallhydriden ist Teil eines schweizweiten Forschungsvorhabens, das von Andreas Züttel koordiniert wird und an dem unter anderem Thomas J. Schmidt mit seinem Team vom PSI, Gabor Laurency von der EPFL und Jens Norskov, ein Experte für Oberflächenkatalyse an der Stanford University, USA, beteiligt sind. Das Forscherteam will nach neuen – effizienteren – Methoden suchen, um aus erneuerbaren Energien und CO₂ einen synthetischen Treibstoff herzustellen, der sich in herkömmlichen Motoren und Flugzeugtriebwerken verwenden lässt. Die Forscher untersuchen die Produktion von synthetischem Treibstoff (Synfuel) in zwei Stufen:

In Stufe 1 geht es um die effiziente Erzeugung von Wasserstoff. Drei verschiedene Verfahren werden näher untersucht:

- Hydrolyseanlagen, die auf Polymer-Elektrolytmembranen (PEM) basieren (PSI, Empa, EPFL)
- Elektrokatalysatoren für die Reduktion von CO₂ und H₂O in wässriger Lösung (PSI, EPFL, Stanford)
- die Reduktion von CO₂ und H₂O bei hoher Temperatur; dabei wird nach neuen, keramischen Materialien gesucht, die Sauerstoffionen O²⁻ gut leiten können (Empa).

In Stufe 2 wird der Wasserstoff weiterverarbeitet. Hier werden zwei Methoden untersucht:

- die Reduktion von CO₂ an Metallhydriden, um länger-kettige Kohlenwasserstoffe wie etwa Oktan zu erzeugen (Empa – siehe Haupttext)
- die Reduktion von CO₂ und H₂ in homogener Katalyse (Fischer-Tropsch-Verfahren); (EPFL, Stanford).

Am Ende könnte ein Weg gefunden sein, um den teuer erzeugten, aber schwer speicherbaren Solarstrom effizient in flüssigen Treibstoff zu verwandeln. Ein grosser Schritt für die industrialisierte Welt und für Schwellenländer gleichermaßen – es brächte die Welt ein Stückchen weiter von ihrer Erdöl-Abhängigkeit.



«Grüner» wirtschaften

Das «World Resources Forum» WRF 2011, das vom 19. bis 21. September im Kongresszentrum Davos stattfindet, rückt ein ernstes Problem ins Zentrum: Unser heutiges Wirtschaftssystem (ver)braucht zu viel Ressourcen.

Wie sind Ressourcenverbrauch und Wirtschaftswachstum miteinander verknüpft? Können wir nachhaltig mit Ressourcen umgehen? Wie können wir die Ausbeutung reduzieren und gleichzeitig die Produktivität steigern? Wie können wir Ressourcen global und zwischen den Generationen fair verteilen? Welchen Lebensstil, welche Produktions- und Konsummuster können wir uns noch leisten? Wie können wir gleichzeitig das Ökosystem erhalten, das lebenserhaltende Leistungen für uns erbringt? Wie würde ein «grünes Wirtschaftssystem» aussehen? Ziel der Initianten des WRF ist es, die Veranstaltung als Plattform zu etablieren, auf der Antworten auf diese Fragen gefunden und vermittelt werden.


«Shaping the Future of Natural Resources – Towards a Green Economy»

Unter den Rednerinnen und Rednern des WRF sind unter anderem Bundesrätin Doris Leuthard, Umweltministerin der Schweiz; Achim Steiner, Generalsekretär des Umweltprogramms der Vereinten Nationen (UNEP); Janez Potocnik, EU-Kommissar für Umwelt; Jacqueline McGlade, Direktorin der Europäischen Umweltagentur (EEA) sowie Ashok Koshla, Co-Präsident des «Club of Rome».

Das WRF ist eine Initiative der Empa zusammen mit dem Faktor-10-Institut; zu den Partnern zählen das «Resource Panel» des UNEP, das Schweizer Bundesamt für Umwelt (BAFU), das Deutsche Umweltbundesamt (UBA), die Schweizer Direktion für Entwicklung und Zusammenarbeit (DEZA), das Schweizer Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO) und die Schweizerische Akademie der Technischen Wissenschaften (SATW).

Die Vorläuferveranstaltung des WRF fand unter dem Namen R'93 bis R'07 alle zwei Jahre statt, seit 2007 in Davos. Seit 2009 heisst die Veranstaltung «World Resources Forum». «Es bestehen Pläne, das WRF nächstes Jahr in China abzuhalten», verrät sein Präsident und Empa-Direktionsmitglied Xaver Edelmann.



Link 
Information und Anmeldung unter www.worldresourcesforum.org . Unter jenem Link finden sich nach Abschluss des WRF auch Ergebnisse, Analysen und das Schlusscommuniqué.

Der Funken im Wasserstoff

Die Empa-Motorenexperten hatten bereits mitgeholfen, den Erdgas-Turbomotor salonfähig zu machen. Nun folgt der nächste Streich: Beigemischter, solar erzeugter Wasserstoff spart Energie und verbessert den Motorlauf.

TEXT: Rainer Klose / BILD: Empa

Der schallgedämmte Versuchsraum im Motorenhaus der Empa ist eine Art Folterbank für Verbrennungsmotoren: Auf einem gelben Stahlgestell ist ein Motor festgeschraubt; daran hängen hunderte von Elektrokabeln in allen Farben, dazu Messgeräte, Abgasschläuche, kleine Boxen voller Elektronik. Hier werden neue Motorenkonzepte erdacht und ausprobiert.

Der Empa-ETH-Erdgasmotor

Das Plagen der Maschinen hat Methode und ist Teil eines aktuellen Forschungsprojekts: Die Empa will das Zusammenspiel von Erdgas und Wasserstoff im Motor genauer untersuchen. Forschung an Erdgasmotoren hat Tradition in Dübendorf. Bereits von 1999 bis 2004 stellte die Abteilung «Verbrennungsmotoren» in Zusammenarbeit mit der ETH Zürich der Autoindustrie im Rahmen des Projekts «Clean Engine Vehicle» (CEV) einen VW Polo auf Erdgasbetrieb um und kompensierte den Leistungsverlust mit einem Turbolader. Sie konnten zeigen, dass sich Erdgas bzw. Biogas hervorragend als Kraftstoff für moderne Motoren eignet und extrem tiefe Schadstoffemissionen zu erreichen sind; das Projektteam wurde 2006 mit dem Innovationspreis der Deutschen Gaswirtschaft ausgezeichnet. Inzwischen gibt es solche Erdgasmotoren zu kaufen: etwa den VW Passat Ecofuel mit einem aufgeladenen, 110 Kilowatt (150 PS) starken 1,4-Liter-Erdgasmotor. 2009 errang das Modell als erstes Auto die sehr strenge 5-Sterne-Bewertung beim ADAC EcoTest.

Wie viel Wasserstoff darf es sein?

Nun kommt der nächste Schritt: der Wasserstoff-Erdgas-Mix. Erste Vorversuche liefen bereits 2005 an, zunächst am CEV-Motor, danach an einem grösseren Serienmotor. Bisheriges Fazit: Beimischen von Wasserstoff verbessert das Zündverhalten erheblich. Das bedeutet, eigentlich schlecht zündfähige Gemische lassen sich durch eine kleine Menge beigemischten Wasserstoff schnell und verlässlich entzünden, wodurch sich ein Effizienzgewinn und eine Reduktion der Schadstoffe ergeben. Zudem ist es möglich, mehr Abgas in den Motor zurückzuführen und so die Motorleistung zu regeln. Die Drosselklappe kann in dem Fall weiter geöffnet werden, der Motor läuft mit weniger Drosselung, also sparsamer.

Nun gehen die Versuche weiter. Zwei Serienfahrzeuge mit neuester Erdgasantriebstechnik stehen auf den

Empa-Rollenprüfständen und werden mit verschiedenen Anteilen Wasserstoff im Erdgas betankt. In einem ersten Schritt wird untersucht, welchen Einfluss die Gemische haben, wenn keine Anpassungen gemacht werden. Im zweiten Schritt werden die Steuer- und Regelsysteme des Fahrzeuges so angepasst, dass das Optimum aus bestehenden Systemen herausgeholt wird.

Gleichzeitig wird auch an den Grundlagen weiter geforscht. Wie wirkt sich direktes Einblasen von Erdgas in die Zylinder und von Wasserstoff ins Saugrohr aus? Was passiert im umgekehrten Fall? Was ändert sich an den Abgaswerten und dem Verbrauch?

Zusammenarbeit im «Competence Center Energy and Mobility»

Diese Grundsatzfragen eines Erdgas-Wasserstoffmotors werden jedoch nicht in seriennahen Automotoren geklärt, sondern in einem 250-ccm-Einzyylinder der Schweizer Firma Swissauto-Wenko, der in einem weiteren Motorenprüfstand steht. Zwei dieser Motoren stehen an der ETH Zürich, wo der Einsatz von Alkoholen studiert bzw. eine Regelung für den Einsatz in Hybridfahrzeugen erforscht wird. Diese koordinierte Forschung findet im Rahmen des «Competence Center Energy and Mobility» statt, eine Projektform, in der verschiedene Institutionen des ETH-Bereichs zusammenarbeiten. «Wir planen, den Motor später mit optischen Zugängen auszurüsten, um anhand optischer Diagnostik studieren zu können, wie die Gemischbildung und Verbrennung durch Zugabe von Wasserstoff beeinflusst wird», erläutert Patrik Soltic, Leiter der Gruppe «Antriebstechnologien».

Neben einer stabileren, harmonischeren Verbrennung bietet das Beimischen von Wasserstoff einen zweiten Vorteil: die Chance, regenerative Energie in einem Verbrennungsmotor zu verwerten. «Überschüssiger» Strom aus Solar- und Windkraftanlagen könnte per Elektrolyse in Wasserstoff verwandelt und dem Erdgas bzw. Biogas beimischt werden, erklärt Projektleiter Soltic. «So hätten wir wirklich «die Sonne im Tank»». //



Projektleiter Patrik Soltic inspiziert einen Zylinderkopf, der für die Wasserstoff-Erdgasversuche eingesetzt werden soll. Im Hintergrund ist der Empa-Prüfstand für Vierzylindermotoren zu sehen.

Link



Direkter Link zur Forschungsabteilung, zu Originalliteratur und Podcasts:

www.empa.ch/empanews

Wie fahren wir in 20 Jahren?

Patrik Soltic, Gruppenleiter «Antriebstechnologien» in der Abteilung «Verbrennungsmotoren», gibt Antwort.

Ottomotor

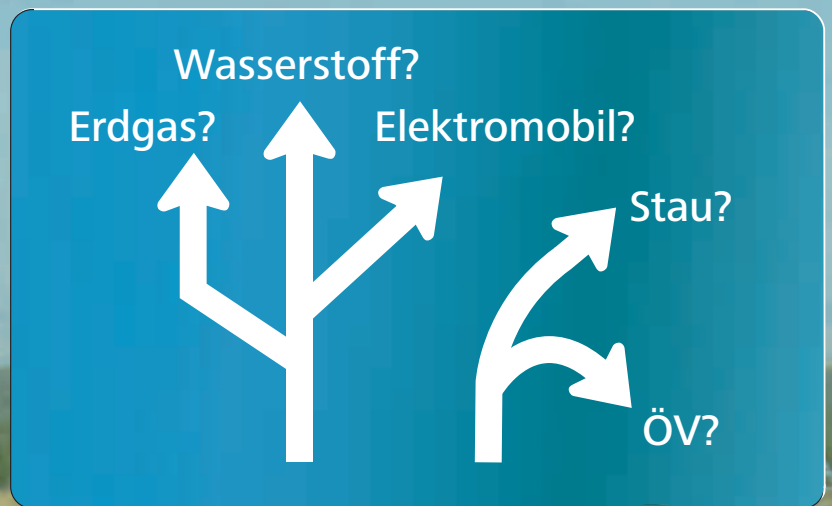
Auch in Zukunft werden die meisten Autos mit Ottomotoren ausgerüstet sein. Denn viele suchen ein Mehrzweckauto mit grossem Ladevolumen und urlaubstauglicher Reichweite. Dabei wird der Anteil kleiner, turbogeladener Motoren, so genannte Downsizing-Motoren, zunehmen, denn diese verbrauchen deutlich weniger im «Teillastbereich» (in dem PKW hauptsächlich bewegt werden). Neben dem konventionellen Kraftstoff Benzin werden aus geopolitischen Überlegungen und abhängig von den Rohölpreisen Kraftstoffe aus alternativen oder biogenen Quellen (Erdgas, Biogas, Bio-Ethanol etc.) an Bedeutung gewinnen. Das verbessert die CO₂-Bilanz.

Diesel

Derzeit gibt es bei den Abgasvorschriften ungleich lange Spiesse: Ottomotoren müssen schärfere Grenzwerte erfüllen als Diesel. Dieser Unterschied soll mit der Euro-6-Abgasnorm verschwinden. Also brauchen Euro-6-Dieselmotoren eine aufwändigere «Chemiefabrik» im Abgasstrang, was sie im Vergleich zu Ottomotoren noch teurer macht. Prognosen gehen daher von einem sinkenden Dieselanteil aus – auch, weil moderne Ottomotoren nur unwesentlich mehr verbrauchen werden als Dieselmotoren. Es ist unwahrscheinlich, dass in Zukunft grössere Anteile Bio-Diesel den mineralischen Diesel ersetzen können, denn Bio-Diesel unterscheidet sich chemisch und physikalisch stark vom mineralischen Diesel und verursacht in modernen Einspritz- und Abgasnachbehandlungssystemen erhebliche Probleme.

Hybrid

Hybride sind Autos mit Verbrennungsmotoren, die beim Anfahren durch einen Elektromotor unterstützt werden; beim Bremsen speist er dann Energie zurück in die Batterie. Rein elektrisch können normale Hybride nur einige hundert Meter weit fahren. Auch ohne dass die Autos an die Steckdose müssen, lässt sich dadurch speziell im Stadtverkehr der Kraftstoffverbrauch deutlich senken. Aufgrund der beschlossenen gesetzlichen Vorgaben für CO₂-Reduktion von Fahrzeugen wird diese Technologie an Bedeutung gewinnen.



Elektroauto

Diese sind in bestimmten Einsatzgebieten sinnvoll, etwa bei Kommunalfahrzeugen, bei regionalen Lieferdiensten (etwa Paketdienste) sowie bei Stadtautos, die nach kurzen Strecken regelmässig zur Basisstation zurückkehren. Elektroautos sind nicht in jedem Fall umweltfreundlicher: In der EU werden pro Kilowattstunde Strom durchschnittlich rund 570 Gramm CO₂ erzeugt, und die Prognosen gehen weltweit eher von einem Anstieg als von einer Absenkung der CO₂ Emissionen bei der Stromproduktion aus. Somit würde eine Massenmotorisierung mit Elektrofahrzeugen in absehbarer Zukunft nicht zu einer CO₂-Reduktion im Vergleich zu modernen Fahrzeugen mit Verbrennungsmotoren führen.

Plug-in-Hybrid

Plug-in-Hybride können an der Steckdose Energie beziehen und haben typischerweise eine rein elektrische Reichweite von einigen zehn Kilometern. Sie werden zurzeit bei der CO₂-Berechnung der Emissionen allerdings durch eine Gesetzeslücke begünstigt: Strom aus der Steckdose gilt als CO₂-frei, so werden unrealistisch tiefe CO₂-Emissionen angegeben. Sobald die realen CO₂-Emissionen der Stromerzeugung berücksichtigt werden, verlieren Plug-in-Hybride ihre CO₂-Vorteile, ausser sie werden rein im städtischen Umfeld betrieben.

Brennstoffzelle

Antriebe von Brennstoffzellen sind auch Hybridantriebe, denn neben dem Energiewandler «Brennstoffzelle» wird eine Batterie als Zwischenspeicher benötigt. Der Brennstoffzellenantrieb ist gegenwärtig nur bei Kommunalfahrzeugen und regionalen Lieferdiensten möglich, weil ein öffentliches Wasserstoff-Tankstellennetz noch nicht existiert. Auch gibt es noch keinen umweltfreundlich (aus Solarstrom und Windkraft) erzeugten Wasserstoff. Fast der gesamte weltweit erzeugte Wasserstoff wird chemisch gewonnen – vor allem aus Erdgas, Schweröl oder Kohle. Dies bringt mit Blick auf die CO₂-Emissionen nur dann Vorteile, wenn der Antrieb der Brennstoffzelle einen sehr ineffizienten konventionellen Antrieb ersetzt.



Bildschirm a.D.

Pro Jahr werden in der Schweiz 1,4 Mio. Flachbildschirme verkauft. In den LCD-Panels steckt wertvolles Indium, in der Hintergrundbeleuchtung giftiges Quecksilber. Eine Empa-Studie legt dar, wie sich der anfallende Geräteschrott am besten recyceln lässt.

TEXT: Rainer Klose / ZEICHNUNG: André Niederer

Analysemethode für Quecksilber

Anfang 2011 wurde an der Empa die weltweit erste Analysemethode für Quecksilber in Flachbildschirm-Leuchten entwickelt. In solchen Lampen erzeugt ein Lichtbogen UV-Strahlung. Eine Leuchtstoffschicht auf dem Glas wandelt diese Strahlung in sichtbares, weisses Licht um. Mit der Zeit verbindet sich der Quecksilberdampf mit dem Leuchtstoff; die Leuchte erlischt. Beim Recycling hat man also sowohl mit dampfförmigem als auch chemisch gebundenem Quecksilber zu kämpfen. Leuchten, die insgesamt mehr als 5 Milligramm Quecksilber enthalten, dürfen nach Chemikalien-Risikoreduktionsverordnung (ChemRRV) und EU-Richtlinie 2002/95EG nicht in den Handel gelangen. Information: renato.figi@empa.ch.

Link



Direkter Link zur Forschungsabteilung, zu Originalliteratur und Podcasts:
www.empa.ch/empanews

Wohin mit dem alten Flachbildschirm? Für die Endkundschaft ist die Sache klar: beim Händler oder Importeur abgeben. Der zerbricht sich auch nicht weiter den Kopf und gibt das Gerät weiter an die Swico, die Recyclingorganisation des Schweizer Elektro- und IT-Fachhandels.

2009 haben Herr und Frau Schweizer rund 300 000 Flachbildschirme, 60 000 Flachbildfernseher und 240 000 Laptops entsorgt. 2010 dürfte die Zahl noch höher gelegen haben und dieses Jahr weiter steigen. Auf der Suche nach ökologisch sinnvollen Recyclingmethoden wandte sich die Swico an die Empa.

Die Empa-Experten Heinz Böni und Rolf Widmer von der Abteilung «Technologie und Gesellschaft» kamen in ihrer Studie «Entsorgung von Flachbildschirmen in der Schweiz» zu folgenden Schlüssen:

- Problematisch ist die Hintergrundbeleuchtung von LCD-Bildschirmen, denn diese enthält Quecksilber. Allerdings sind in den neuesten Modellen die Leuchtröhren durch LED-Beleuchtungen ersetzt – das Problem wird also allmählich verschwinden. Die grösste Menge an quecksilberhaltigen Flachbildschirmen dürfte 2014 ins Recycling gelangen und schweizweit 36 Kilogramm Quecksilber in die Entsorgung bringen. Bezogen auf die Gesamtmenge von 1380 Kilogramm Quecksilber, das jährlich

in Schweizer Kehrrechtverbrennungsanlagen (KVA) abgetrennt wird, ist die Menge jedoch gering.

- In den Bildschirmen steckt auch das wertvolle (da seltene) Metall Indium, mit dem elektrisch leitfähige Glasplatten hergestellt werden können. Im Jahr 2017 werden via Recycling 115 Kilogramm Indium in der Schweiz anfallen – im Wert von 66 000 US-Dollar. Dennoch lohnt es sich aus wirtschaftlichen Gründen nicht, das Indium zurückzugewinnen.
- In der Vergangenheit wurden Flachbildschirme in KVA entsorgt. Böni und Widmer raten hiervon ab, weil der Brennwert der Bildschirme gering ist und die Wertstoffe verloren gehen.
- Beim mechanischen Verarbeiten (Schreddern) würde das in LCDs enthaltene Quecksilber gasförmig emittiert. Flachbildschirme sollten daher nur in geschlossenen Anlagen geschreddert werden.
- Mit manuellem Zerlegen lassen sich die Wertstoffe am besten zurückgewinnen. Beim Zerschneiden der quecksilberhaltigen LCD-Lampen besteht keine Gesundheitsgefahr für die Arbeitskräfte: Messungen zeigten Emissionen unterhalb der Maximalen Arbeitsplatz-Konzentration (MAK-Wert).

Die Empa schlägt aufgrund ihrer Studie vor, die technischen Vorschriften für Swico-Recycling in den genannten Punkten zu verbessern. //



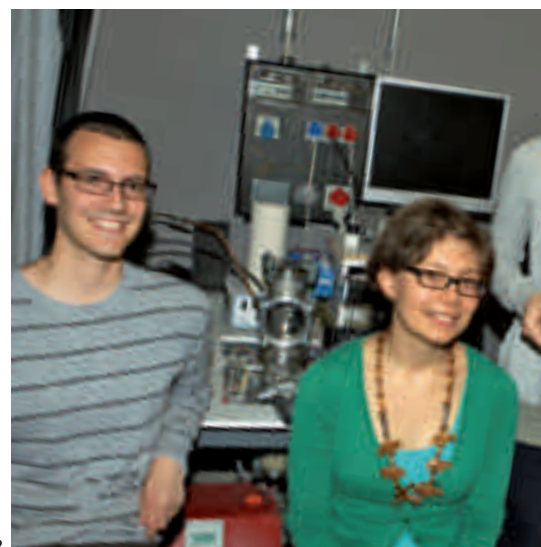
Sonne, en miniature

Am Anfang stand eine Maturarbeit zum Thema Solarenergie. Herausgekommen ist ein Sonnensimulator, den Aargauer Maturandinnen gemeinsam mit Empa-Forschern entwickelt und gebaut haben – und der heute im Labor für die Messung der Quanteneffizienz an Solarzellen verwendet wird.

TEXT: Martina Peter / BILDER: Kevin Schmid; Empa

1
Der Sonnensimulator gibt das Farbspektrum der Sonne wieder. Damit lässt sich herausfinden, wie gut eine Photovoltaikzelle Sonnenlicht in Strom umwandeln kann.

2
Fabian Pianezzi, Kathrin Ernst, Debora Bachmann und Miriam Marti (von links) haben zusammen einen tragbaren Sonnensimulator gebaut.



Wie Sonnenenergie genutzt werden kann, interessiert Kathrin Ernst schon lange. Schon als 15-Jährige engagierte sie sich bei der Greenpeace-Kampagne «Jugend-solar» und half als Freiwillige, Anlagen aufzubauen, mit denen sich Sonnenenergie in andere Energieformen umwandeln liess. Deshalb schlug die Gymnasiastin im Sommer 2009 zwei Kolleginnen an der Kantonsschule Zofingen vor, sich für die Maturarbeit mit Solarzellen zu beschäftigen. Miriam Marti, die aufgrund ihres Schwerpunktfachs «Physik und Anwendungen der Mathematik» eine technische Arbeit schreiben wollte, war sofort dabei. Und auch Debora Bachmann liess sich nicht lange bitten.

Doch wie anpacken? Schnell war klar: Um weiterzukommen, brauchten sie eine Patenschaft mit dem universitären Umfeld. Über die Internetplattform der Schweizer Akademie der Naturwissenschaften stiessen sie auf die Empa und Fabian Pianezzi, seit 2009 Doktorand in der Abteilung «Dünnschichten und Photovoltaik». Dessen Enthusiasmus hielt sich zunächst in Grenzen. «Zu kompliziert», meinte Pianezzi, als ihm die Maturandinnen während eines ersten Besuchs vorschlugen, eine organische Solarzelle zu entwickeln.

Im Gespräch stiessen die vier dann aber auf eine andere Idee: Bei der Entwicklung von Solarzellen ist es wichtig herauszufinden, wie hoch der Wirkungsgrad einer Solarzelle ist, das heisst, wie effizient sie Sonnenenergie in Strom umwandelt. Die Empa verwendete für ihre Tests im Labor einen Sonnensimulator; Pianezzi hatte aber Interesse an einem neuen System, das schnell einsatzbereit, mobil und günstig sein sollte. Denn kommerzielle Systeme sind nicht nur teuer, sondern brauchen bis zu einer halben Stunde zum Warmlaufen. «Die Vorstellung, ein Produkt für die Empa zu entwickeln, das die Forschenden dann auch wirklich einsetzen, hat uns noch mehr motiviert», erinnert sich Kathrin Ernst.

Preiswertes Material war gefragt

Damit sich das Sonnenlicht kostengünstig simulieren liess, setzten die Maturandinnen auf ein preiswertes Ausgangsmaterial: Leuchtdioden (LED). Um das gesamte Sonnenspektrum im Wellenlängenbereich zwischen 350 und 1100 Nanometer abzudecken, benötigten sie eine grosse Anzahl verschiedenfarbiger Lämpchen. Doch welche waren die richtigen? Durch Berechnungen allein hätten sie die optimale Zusammensetzung der LED nie herausgefunden, so Miriam Marti, die Mathematikspezialistin im Team. «Deshalb probierten wir verschiedene Varianten aus, indem wir die Anzahl und die Sorten der LED variierten». So lange, bis sie eine Auswahl von LED festmachen konnten, die in puncto Farbspektrum und Helligkeit dem Sonnenlicht entsprach.

Bei den technischen Zeichnungen und der Herstellung der Kuppel aus Aluminium, wo die LED-Lämpchen untergebracht werden, half der Physikmechaniker der Kantonsschule. «Den Einbau in die Kuppel sowie das Lötens und Anschliessen an die Steuerung haben wir vorwiegend selbst gemacht», erzählt Miriam Marti. Die Programmierung der Steuerung, um die Leuchtdioden mit der nötigen Spannung zu versorgen und einzeln an- und abschalten zu können, nahm Kathrin Ernst an die Hand und lernte so nebenbei gleich noch eine neue Programmiersprache.



Ziel nicht (ganz) erreicht – und trotzdem nützlich

«Im Gegensatz zu manchen KollegInnen an der Kanti wurde es uns nie langweilig», beschreibt Kathrin Ernst. «Wir waren über Monate hinweg ständig im Kontakt mit den Fachleuten und durften im Empa-Labor sogar selbst Tests durchführen.» Sie hätten laufend neue Tipps erhalten, wie sie den selbst konstruierten Simulator weiter verbessern konnten. Denn der erste Simulator funktionierte zwar, hatte allerdings eine zu geringe Leistung. Um diese zu erhöhen, bauten Ernst und Co. zusätzlich weisse Power-LED und eine Linse ein, die das Licht bündelt, sozusagen konzentriert. Die beste Lösung wäre gewesen, leuchtstärkere LED zu suchen. Diese seien, so die Maturandinnen, leider im Moment noch nicht auf dem Markt erhältlich oder sehr teuer. Sie zeigten sich aber überzeugt, dass in einigen Jahren ein Sonnensimulator der gewünschten Leistung mit handelsüblichen LED günstig hergestellt werden könne.

«Obwohl der Sonnensimulator mit den Standard-LED am Ende doch nicht die gewünschte Leistung brachte, können wir ihn an der Empa trotzdem gebrauchen», so Empa-Betreuer Fabian Pianezzi. «Wir verwenden ihn nun für die Messung der Quanteneffizienz an Solarzellen». Weil die 64 LED-Lämpchen sich einzeln ein- und ausschalten lassen, kann nach der Messung mit dem neuen Sonnensimulator berechnet werden, wie viel Prozent des Lichts einer bestimmten Wellenlänge eine Solarzelle in elektrischen Strom umwandelt.

Erfolg bei «Schweizer Jugend forscht»

Hier könnte die Geschichte eigentlich enden – tut sie aber nicht: Schon bevor sie ihre Maturarbeit an der Schule abgaben, hatten die jungen Frauen eine Vorversion beim Wettbewerb «Schweizer Jugend forscht» eingereicht. «Zu unserer Überraschung wurden wir von der Jury sofort in die Endrunde durchgewinkt – ohne die geringsten Änderungen anbringen zu müssen», erzählt Kathrin Ernst stolz. Trotzdem hätten sie sich die fakultativen Empfehlungen der Jury zu Herzen genommen und in die endgültige Fassung eingearbeitet.

Am 30. April wurde ihre Arbeit an der ETH Zürich von der Stiftung «Schweizer Jugend forscht» mit dem Prädikat «sehr gut» und einem Barpreis von 800 Franken ausgezeichnet. Und obendrauf erhielten die drei erst noch einen Sonderpreis: Sie wurden eingeladen, am «International Summer Science Camp» im dänischen Aalborg teilzunehmen. Ausserdem bekamen sie Gelegenheit, ihren Sonnensimulator an der Jahrestagung des Industrieverbandes «Swissmem» in einem Kurzfilm vorzustellen. Und schliesslich überzeugte ihre Maturarbeit auch die Kantonsschule – sie wurde als eine der 24 besten im Kanton Aargau lobend erwähnt.

Und das Fazit der jungen Frauen? «Wir haben einen guten Eindruck davon erhalten, wie Forschung im Labor abläuft», sagt Debora Bachmann. «Am Mittagstisch sassen wir manchmal mit WissenschaftlerInnen aus der ganzen Welt zusammen und erfuhren mehr über deren Arbeit.» Schon vor dem Studium hätten sie so erlebt, wie sich der Forschungsalltag gestaltet. Nach den Sommerferien wollen alle drei ein Studium in Angriff nehmen: Kathrin Ernst würde gerne Mikrotechnik studieren, Miriam Marti fängt mit Physik an und Debora Bachmann beginnt, Pädagogik zu studieren, um vielleicht der-einst einmal Naturwissenschaften zu unterrichten. //

Link	➔
Direkter Link zur Forschungsabteilung, zu Originalliteratur und Podcasts:	
www.empa.ch/empanews	

1

Jungunternehmer Bin Fan verfasste an der Empa seine Doktorarbeit, nahm seine Erfindung mit und gründete in China die Firma «Weihua Solar».

2

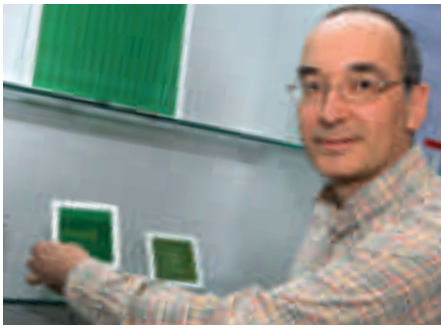
Freut sich über die gelungene Umsetzung seines Empa-Forschungsprojekts: Frank Nüesch, Leiter der Abteilung «Funktionspolymere» und Doktorvater von Bin Fan.



Empa-Technologie im Reich der Mitte

Flexible Dünnschichtsolarzellen haben gute Aussichten, die derzeit gebräuchlichen starren Solarzellen aus Silizium zu ersetzen, unter anderem weil ihre Herstellung weniger Rohstoffe benötigt. Die Empa hat vor kurzem ein neuartiges Funktionsprinzip für organische Solarzellen zum Patent angemeldet. Und der ehemalige Empa-Forscher Bin Fan will die neuen Zellen auch gleich in einem eigens dafür gegründeten Start-up in China produzieren und vermarkten.

TEXT: Rémy Nideröst / BILDER: Bin Fan; Empa



2

Im Empa-Patent geht es um eine neuartige Dünnschichtsolarzelle in «Sandwich»-Bauweise. Das A und O dabei: Die so genannte aktive Schicht besteht nicht aus seltenen und daher teuren Elementen, sondern aus synthetischen organischen Farbstoffen, wie sie bereits seit langem in der analogen Fotografie in den Emulsionen von Farbfilm zum Einsatz kommen. Diese absorbieren das Licht ausserordentlich gut – und wandeln es zudem effizient in Strom um. Und zwar dank einer Empa-Entwicklung, nämlich ultradünne Salzschichten, die zwischen den beiden aktiven Schichten eine Art Grenzfläche bilden. Dadurch erhöht sich der durch Sonneneinstrahlung erzeugte Ladungsfluss – der Strom – zwischen den beiden Schichten drastisch. Und somit auch die Effizienz der organischen Solarzelle, wie Laborversuche eindrücklich gezeigt haben.

Vom Labor- zum Industriemasstab – ein gigantischer Schritt

Doch was im Labor einwandfrei funktioniert, lässt sich nicht automatisch in die Praxis – also in die industrielle Fertigung – umsetzen. Denn das «Hochskalieren» vom Labor- auf Industriemasstab erweist sich häufig als kompliziert und aufwändig. Was auch Investoren und Entscheidungsträger in den Unternehmen wissen, deren Unterstützung für diesen Technologietransfer unverzichtbar ist.

Dies musste auch Bin Fan erfahren, ein chinesischer Nachwuchsforscher, der an der Entwicklung der neuen Empa-Solarzelle im Rahmen seiner Doktorarbeit beteiligt war. Nach seinem erfolgreichen PhD-Abschluss wollte er nämlich die Entwicklung in einer eigenen Firma vorantreiben. Beim Zusammenstellen seines Businessplans fand er zwar im «glaTec» die nötige Unterstützung; der Business Inkubator der Empa in Dübendorf

fördert Unternehmensgründungen und Innovationsprozesse im Bereich der Material- und Umweltwissenschaften. Doch selbst der beste Businessplan ist ohne Geldgeber nichts wert. Und gerade die waren in der Schweiz für eine Start-up-Gründung nicht zu finden.

Lizenz schon vor Patentabschluss vergeben

Mehr Erfolg mit seiner Idee hatte der junge Chinese in seiner Heimat. Dort werden nachhaltige Energietechnologien im Rahmen der seit 2008 bestehenden «China Greentech Initiative» staatlich gefördert (siehe Kasten). In einem Businesswettbewerb setzte sich Bin Fan durch und erhielt einen Förderbeitrag von 12 Mio. Yuan (umgerechnet 1,4 Mio. CHF), mit dem er in seiner Heimatstadt Xiamen die eigene Firma «Weihua Solar» gründete. Neben dem Know-how des Firmengründers ist das wichtigste «Asset» des Jungunternehmens eine Lizenz zur Weiterentwicklung der Solarzelle, die Bin Fan bereits erworben hatte – noch bevor der Empa das hängige Patent überhaupt erteilt worden war.

Inzwischen beschäftigt er bereits zehn Mitarbeitende und vertreibt nebenbei diverse Verbrauchsmaterialien, die für Solarzellenforschung notwendig sind. Frank Nüesch, Leiter der Empa-Abteilung «Funktionspolymere» und Bin Fans Doktorvater, freut sich, dass die an der Empa gestartete Entwicklung jetzt ihren Weg in die Praxis findet: «Das ist für einen Forscher die Bestätigung seiner Arbeit». Nüesch schätzt, dass noch fünf bis zehn Jahre Entwicklungsarbeit nötig sind, bis erste, nach dem neuartigen Prinzip aufgebaute Solarmodule verkauft werden können. Den Schritt seines einstigen Studenten bewundert er jedenfalls. «Das braucht unter anderem auch einiges an Risikobereitschaft. Wir hätten die weiteren Schritte in unserem Labor nicht machen können.» //

Fördergeld der China-Greentech-Initiative

Die China Greentech Initiative (www.china-greentech.com) wurde 2008 aufgelegt, um mit staatlicher Unterstützung China zu einem Technologieführer auf dem Gebiet der Umwelttechnik zu machen. Derzeit sind unter dem Dach der Initiative mehr als hundert Organisationen verbunden, die mit mehr als 300 Industriepartnern vernetzt sind – darunter internationale Firmen wie PricewaterhouseCoopers (PWC), Alstom, General Electric, IBM, Panasonic, BP, Bayer und die Bank HSBC.

Die Aktivitäten der Initiative sind in sechs Sparten unterteilt: Saubere konventionelle Energie, Erneuerbare Energie, Elektrische Infrastruktur, Effizienz im Gebäudebau, Saubere Transportmittel und Sauberes Wasser. Sie gewährt auf Antrag Fördermittel für Umwelttechnologien – wie etwa für organische Solarzellen.

Flugshow der Pixel

Zehn Jahre Forschung an polymeren «Sprengstoffen» führten zu einem hell leuchtenden Ergebnis und einem Etappensieg auf dem Weg zum Farbbildschirm per Laserverfahren.

TEXT: Rainer Klose / BILDER: Empa



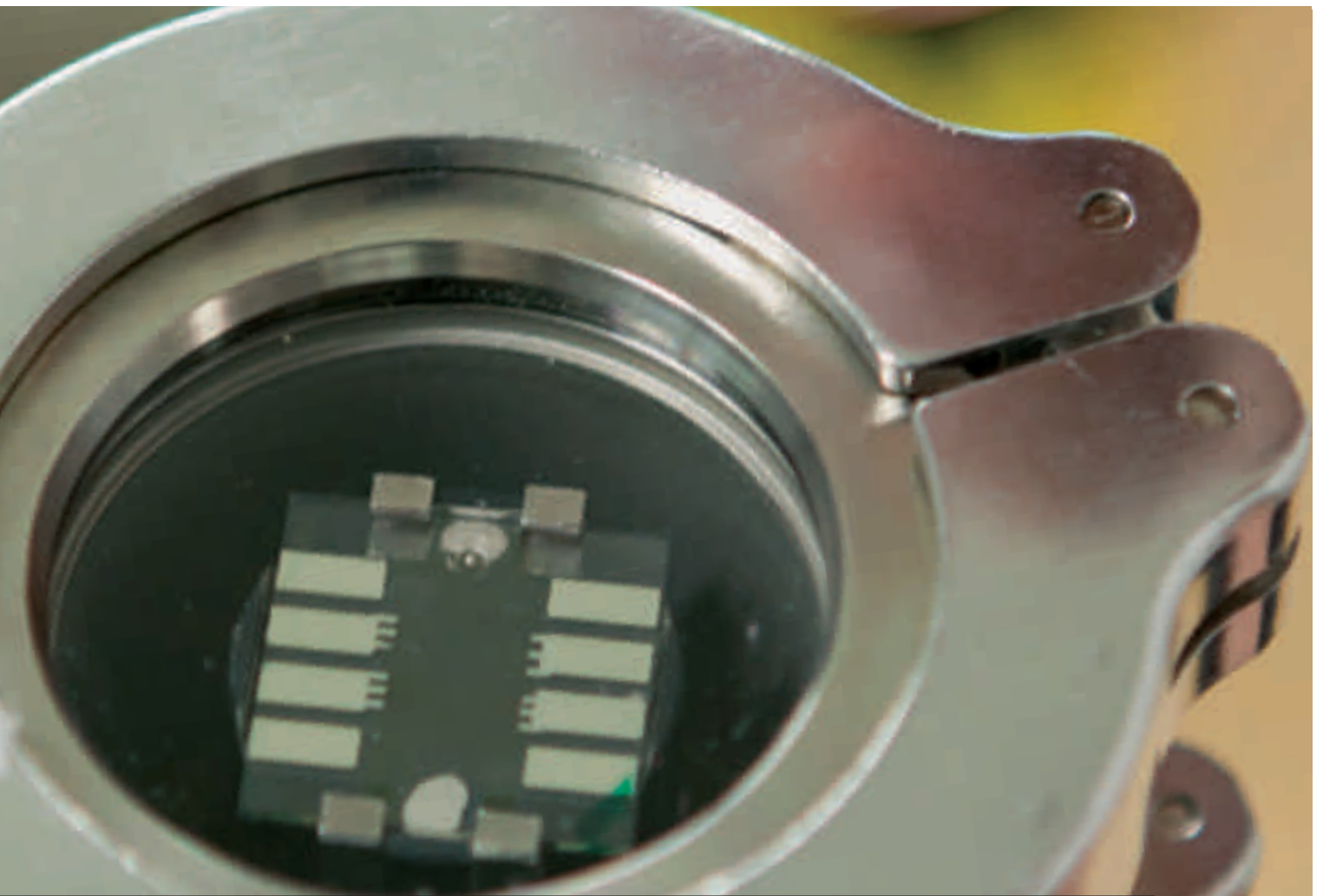
Doktorand James Shaw-Stewart (links) und Projektleiter Matthias Nagel betrachten den fertigen Chip: Auf der Platine, die in Schutzgasatmosphäre eingeschlossen ist, sollen Pixel in drei Farben leuchten. Damit wäre das Experiment erfolgreich.



In einem Chemielabor der Empa beugen sich zwei Männer in weissen Kitteln über einen fest verschraubten Metallzylinder mit Sichtfenster im Deckel. «Sieht brauchbar aus», konstatiert der eine. «Mal schauen, ob es funktioniert hat», murmelt der andere etwas skeptischer. Kurz darauf ist der Metallzylinder samt Inhalt in einer Halterung eingespannt. Der jüngere der beiden – der Doktorand James Shaw-Stewart – betrachtet durch ein Spektralmessgerät das Ergebnis. Ein Lächeln fliegt über sein Gesicht. Und Projektleiter Matthias Nagel ist der Stolz auf das Erreichte deutlich anzusehen.

Triazenpolymer – ein explosiver Kunststoff

Was die Empa-Forscher so erfreut, sind drei kleine Punkte, die im Innern des Zylinders rot, grün und blau leuchten. Das sind nicht etwa gewöhnliche Leuchtdioden (LED), sondern die ersten Proben eines leuchtenden Kunststoffs – eines LEP, «light emitting polymer». Die Besonderheit: Die drei farbigen Pixel wurden mit einer speziellen, an der Empa in Zusammenarbeit mit dem Paul Scherrer Institut (PSI) erforschten Methode auf den Trägerchip «geschossen». Ein explosiver Kunststoff – ein Triazenpolymer – macht's möglich. Dieser wird mit einem Laserblitz belichtet, zerfällt daraufhin innerhalb von Sekundenbruchteilen und erzeugt dabei grosse Mengen Stickstoff. So wird alles, was darüber liegt, lokal «weggesprengt» und fliegt mit hoher Ge-



schwindigkeit ins Ziel. Der Clou: Wenn alles richtig eingestellt ist, bleiben die weggesprengten Schichten unbeschädigt und funktionieren weiter.

Die Art der «Treibladung» aus Triazenpolymeren, aber auch alle anderen ballistischen Parameter (etwa die optimale Entfernung zum Ziel, die Menge des Treibstoffs, die Stärke des Laserblitzes, der Luftdruck in der Umgebung) sind an der Empa und am PSI akribisch untersucht und optimiert worden. Nur wenn alles harmonisiert, kommen die Leuchtpixel unzerstört am Bestimmungsort an. Die Technologie trägt das Kürzel LIFT – Laser-induced forward transfer (zu Deutsch etwa: Laser-ausgelöste Materialübertragung).

Worin aber liegt der Sinn, leuchtenden Farbpixeln das Fliegen beizubringen? Zum Beispiel um mit den drei Grundfarben – Rot, Grün, Blau – einen Farbbildschirm zu konstruieren. Die einzelnen Bildpunkte liessen sich nach der Empa-PSI-Methode elegant mit einem Laserverfahren aufbringen. Punktgenau, lösungsmittelfrei, preiswert. «Damit haben wir gezeigt, dass das System funktioniert», sagt Nagel. «Nun muss die Industrie sich der Sache annehmen und das Verfahren zur Marktreife weiterentwickeln.»

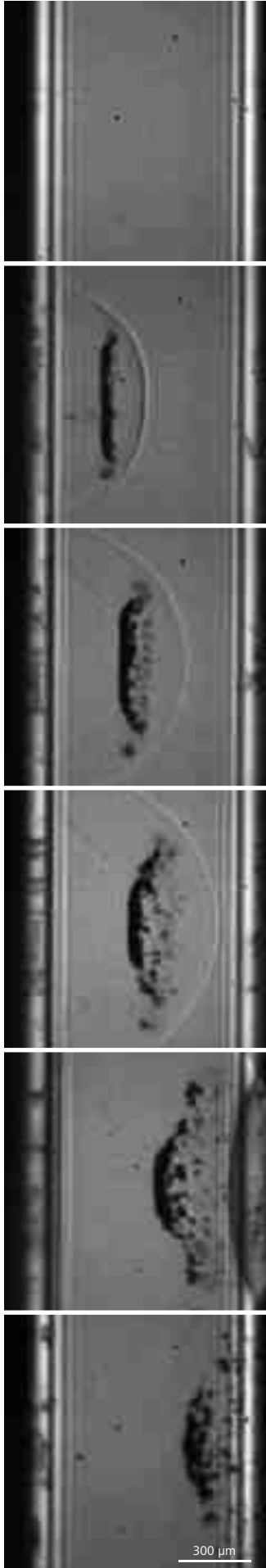
Was Nagel beschreibt, ist der vorläufige Endpunkt eines bald zehnjährigen Forschungsprojekts – und zugleich ein typischer Fall für die industrienahen Grundlagenforschung, wie sie an der Empa betrieben wird. Kurz nach der Jahrtausendwende stiess Matthias Nagel auf

die Triazenpolymere, die bereits in den 1990er-Jahren entwickelt und seit dem vorwiegend in der Lithographie verwendet worden waren. Dabei schoss man mit dem Laser auf die Triazenschicht, sprengte die belichteten Stellen lokal weg und erhielt so ein hochpräzises Relief – eine Art Druckplatte.

Puffern und Titrieren für einen glasklaren Film

Die Projektpartner Empa und PSI wollten einen Schritt weiter gehen: Was passiert, wenn die Triazenschicht von hinten beleuchtet wird? Lassen sich so nützliche «Mikro-Explosionen» erzeugen? Doch vor den Erfolg hatten die Götter die Arbeit gesetzt – in diesem Fall die Mühsal einer sorgfältigen chemischen Synthese. Zwar gab es ein «Rezept» für Triazenpolymere, das ein Doktorand an der Technischen Universität München entwickelt hatte, doch das Ergebnis war wenig befriedigend. «Als wir das nachkochten, erhielten wir eine bräunliche Knödelsuppe», sagt Nagel. «Das taugte zwar für die Lithographie, doch wir mussten für unsere Versuche definierte, dünne Schichten herstellen. Und dazu war das Material unbrauchbar.»

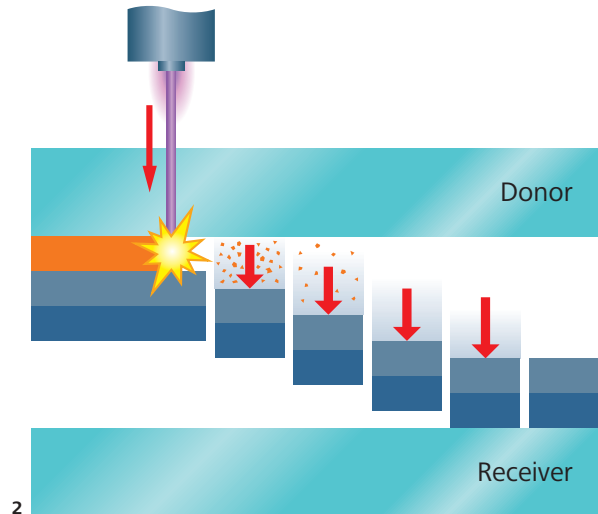
Nagel analysierte die Syntheseprozedur Schritt für Schritt und fand schliesslich die Schwachstelle: Im Münchner Rezept wurde an einem bestimmten Punkt die Säure zu schnell neutralisiert. Alles kippte ins Alkalische, wodurch eine unerwünschte Nebenreaktion stattfand – was zu den «Knödeln» führte. Die Lösung



1

1
Pixel im Vorbeiflug: Von der «Abschussrampe» links im Bild bis zum «Ziel» rechts ist es nur ein Millimeter Flugstrecke. Man beachte die Druckwelle auf den Bildern 2, 3 und 4, die mit Schallgeschwindigkeit dem Pixelfarbstoff vorausweilt. Wird zu viel der Triazen-Treibladung genommen, dann würde der Pixel schneller als der Schall fliegen und beim «Überholen» der Druckwelle zerstört. Auch diesen Fall haben die Forscher fotografisch dokumentiert.

2
Schematische Darstellung des so genannten «LIFT»-Verfahrens: Per UV-Laserblitz wird die Triazenschicht (orangefarben im Bild) zur Explosion gebracht. Dabei entsteht gasförmiger Stickstoff, der die darüber liegenden Schichten ins Ziel schiebt. Die Methode ist so schonend, dass auch empfindliche Farbstoffe und sogar lebende Zellen befördert werden können.



2

musste heissen: puffern und titrieren – was jeder Student, jede Studentin der Chemie im ersten Semester lernt und ausgiebig übt. Wird der pH-Wert kontrolliert abgesenkt, entsteht sauberes Triazenpolymer. Einem glasklaren, hauchdünnen Film stand nun nichts mehr im Weg.

Mit dem so hergestellten Material liess sich prächtig experimentieren. Schon 2006 konnten Biologinnen und Physiker mit Nagels Filmproben erstmals Nervenzellen auf einen Objektträger katapultieren. Im Ziel angekommen, lebten die Zellen weiter und teilten sich sogar. Damit war eine sehr schonende Methode für Materialtransfer in kleinsten Mengen gefunden.

Der gepixelte Osterhase als Beweis

Doch Wissenschaft ist mehr als Ingenieurskunst: Sie will nicht nur, dass es funktioniert, sie will auch eine Erklärung warum. 2007 kamen daher Silberschichten an die Reihe. «Wir schossen Löcher mit geringer Energie von nur 65 Millijoule pro Quadratentimeter in eine Triazenpolymerschicht, auf die wir eine Schicht Silber aufgebracht hatten. Solch schwaches Laserlicht hätte nie gereicht, um die Silberschicht zu verdampfen», erläutert Nagel. Und doch war das Silber an den belichteten Stellen verschwunden. Damit war der Beweis erbracht, dass die Triazenschicht das darüber liegende Silber präzise weggesprengt hatte. Den damaligen Probenträger hütet Nagel noch heute in seinem Schreibtisch: das Bild eines lächelnden Osterhasen aus einzelnen winzigen Pixeln, herausgelöst aus der spiegelnden Silberschicht.

Fehlschüsse erwiesen sich als nützlich

Nach dem Fortsprengen kam als nächster Schritt der «Zielschuss». Die Doktoranden Romain Fardel und James Shaw-Stewart untersuchten mit Nagels Unterstützung die Flugeigenschaften des verschossenen Materials. Immer wieder fabrizierten sie Probenräger an der Empa, pendelten zum PSI, wo sie die Laserblitze drauf abfeuerten, dann ging es zurück zur Empa, um die Ergebnisse zu charakterisieren.

Gerade die Fehlschüsse halfen den Forschern weiter: Warum flog dieses Pixel unvollständig ins Ziel? Warum bringt eine dickere Triazenschicht keine besseren Ergebnisse? Wieso schadet zu starkes Laserlicht dem Ergebnis? Unter anderem fanden die Forscher heraus, dass beim Schuss eine Schockwelle entsteht. Das verursacht Probleme: Ein zu heftiger Laserblitz beschleunigt das verschos-

sene Material auf Überschallgeschwindigkeit. Sobald es durch die vorausseilende Schockwelle fliegt, wird es pulverisiert – nichts kommt mehr am Ziel an.

Nun ist die Industrie am Zuge

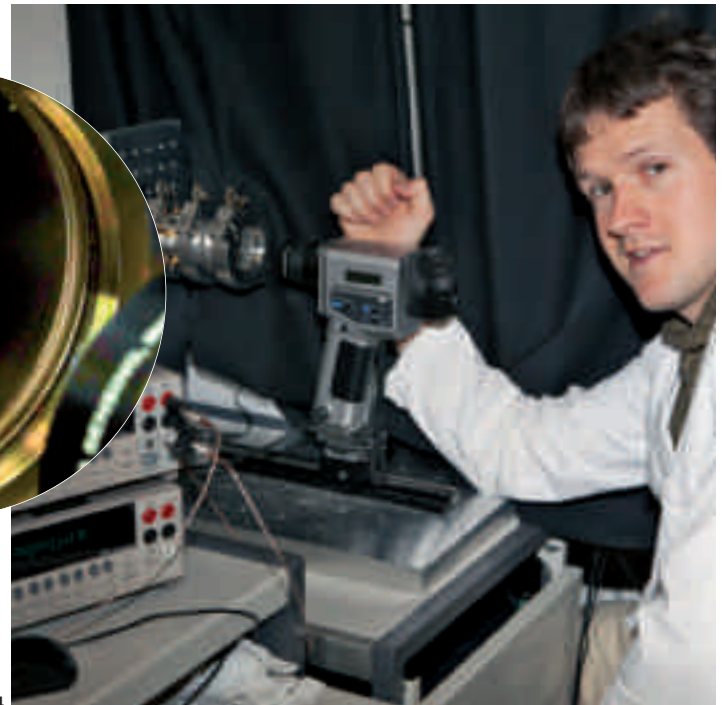
Dutzende wissenschaftliche Veröffentlichungen entstanden über die Zeit, publiziert in Fachzeitschriften wie «Applied Surface Science», «Journal of Physical Chemistry» oder sogar als Titelstory in «Macromolecular Chemistry and Physics». Nun dürften die Kollegen und Kolleginnen an Universitäten und in der Industrie wissen, wie sie es machen müssen, etwa: Den Spalt zwischen Abschuss und Ziel richtig festlegen, damit das Material nicht an beiden Seiten kleben bleibt. Bei vermindertem Luftdruck schießen, um der zerstörerischen Schockwelle zu begegnen. Das Laserlicht richtig bemessen, damit die empfindlichen Farbstoffe auch im Ziel noch schön leuchten.

Doch der Moment voller Stolz über ein gelungenes Experiment ist zugleich ein Moment des Abschieds: Die drei farbig leuchtenden Punkte waren eines der vorläufig letzten Experimente auf dem Gebiet der fliegenden Pixel an der Empa. Denn das System ist nun charakterisiert und durchschaut; den weiten Weg zu einer kommerziellen Anwendung muss ab jetzt die Industrie bestreiten. Das kann – und soll – eine nationale Forschungsinstitution nicht leisten. James Shaw-Stewart wird aus den Ergebnissen seine Doktorarbeit verfassen, die im Frühjahr fertig sein soll. Dann wird er weiterziehen.

Mit dem Ende des Projekts LIFT wird sich auch Projektleiter Matthias Nagel einem neuen Thema zuwenden. Ideen für nächste Projekt hat er bereits, um fehlende Knacknüsse muss er sich keine Sorgen machen: «Grundsatzprobleme aus dem Gebiet der Funktionspolymere gibt es genügend», sagt Nagel und schmunzelt. Photovoltaik mit organischen Materialien wird an der Empa intensiv untersucht. «Hier gibt es Fragen zu Grenzflächen und Morphologien, die noch nicht geklärt sind.» Nagel wird sich etwas suchen, das nicht – oder noch nicht – funktioniert. Und damit fängt seine Forscherarbeit wieder ganz von vorne an. //



3



4

3
James Shaw-Stewart bereitet unter Schutzgasatmosphäre die Probe vor.

4
Erfolg! Die Pixel leuchten und sind unversehrt im Ziel angekommen. Der Empa-Forscher sieht das Ergebnis im Spektralanalysegerät.

Link



Direkter Link zur Forschungsabteilung, zu Originalliteratur und Podcasts:
www.empa.ch/empanews

Schaufenster der Schweizer Nano-Szene



Nanotechnologie eröffnet neue Märkte und ermöglicht Lösungen für unzählige Herausforderungen in den unterschiedlichsten Branchen – so der Tenor der 1. Swiss NanoConvention, die am 18. und 19. Mai in Baden über die Bühne ging. Die von der Empa, dem PSI und der ETH Zürich organisierte Konferenz bot den knapp 300 anwesenden EntscheidungsträgerInnen eine Plattform, sich über effiziente, für die Gesellschaft nützliche Entwicklungen im Nanobereich, aber auch über potenzielle Risiken zu informieren und auszutauschen.

25 Referentinnen und Referenten aus dem In- und Ausland führten vor, warum «Nano» bald schon nicht mehr wegzudenken sein wird: Smarte Fenster, die dank Nanobeschichtung ihre Lichtdurchlässigkeit der Sonneneinstrahlung anpassen und so helfen, Energie zu sparen; neuartige Diagnosemethoden und massgeschneiderte Medikamente gegen HIV und Arteriosklerose; Nanofasern, die einerseits wirksamere Staubfilter ermöglichen, andererseits Weinberge dank dosierter Pheromonabgabe vor Schädlingsbefall schützen; neue, nanostrukturierte Materialien für effizientere Batterien; innovative Speichermedien für schier unvorstellbare Datenmengen. Und das sind nur einige der Entwicklungen, an denen NanoforscherInnen derzeit arbeiten und über die in Baden lebhaft diskutiert wurde.

In der Schweiz herrsche derzeit eine positiv-kritische Einstellung gegenüber der Nanotechnologie, wurde festgehalten. Selbst Kritiker bestreiten nicht, dass Nanotechnologie Probleme in Medizin und Umweltschutz einst lösen könne. Doch – so die einhellige Meinung – auch Befürchtungen seien ernst zu nehmen. So laufen in der Schweiz und in Europa zurzeit verschiedene Initiativen, in denen VertreterInnen aus Wissenschaft und Industrie zusammen mit Konsumenten- und Umweltschutzverbänden Sicherheitsraster für Anwendungen verschiedener synthetischer Nanomaterialien erstellen. Das schafft Entscheidungsgrundlagen für allfällige risikoreduzierende Massnahmen seitens Industrie und Behörden.

Nächstes Jahr wird die Swiss NanoConvention von der EPF Lausanne organisiert. Sie findet am 23./24. Mai 2012 am Rolex Learning Centre in Lausanne statt.



Szenen von der Swiss NanoConvention im Mai 2011. Empa-Direktor Gian-Luca Bona im Gespräch mit einem Teilnehmern (Mitte). Als Redner war unter anderem Nobelpreisträger Heinrich Rohrer mit dabei (rechts).

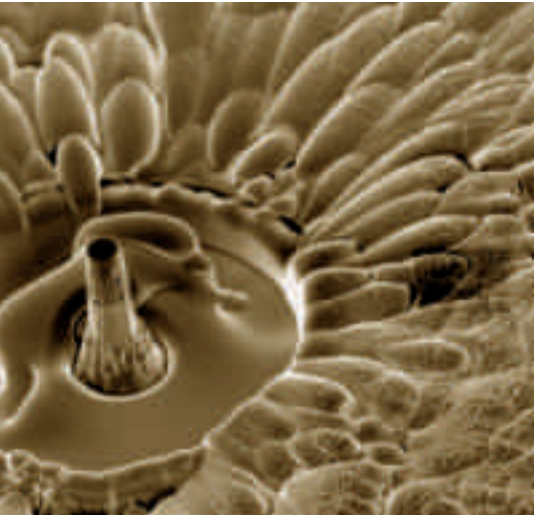
Video-Podcast



– Podcast auf EmpaTV zur Swiss NanoConvention 2011:
Impressions – Encounters – Conversations und
– Vorträge von Thomas Borer, John E. Kelly, Aymeric Sallin
und v.a.m. auf

www.swiss-nanoconvention.ch sowie auf www.empa.ch/empatv





Schönheit der Nanowelten

Mit einer Ionenfeinstrahlanlage (FIB für Focused Ion Beam) baute Siddharta Pathak (Abt. «Werkstoff- und Nanomechanik» sowie «Advanced Materials Processing») aus einem hochdichten Teppich aus Kohlenstoff-Nanoröhrchen kleine Türmchen mit 500 Nanometern Durchmesser. In Belastungsexperimenten mit Mikrowerkzeugen wollte er herausfinden, bei welchem Druck diese Türmchen einknicken. Sein Ergebnis: Die Türmchen widerstehen sehr hohen Lasten und eignen sich somit als Kandidaten für Energie-absorbierende Anwendungen in mikromechanischen Systemen.

Doch damit nicht genug: In der Dokumentation dieser Versuche gelang es ihm mit dem Rasterelektronenmikroskop immer wieder faszinierende Bilder zu erschaffen. Diese gelangten nicht nur bis auf die Titelseiten von renommierten Fachzeitschriften; Pathak gewann zusammen mit seinen Kollegen auch Preise, die den künstlerischen Aspekt auszeichneten – etwa im internationalen Online-Wettbewerb von NanoArt21 (www.nanoart21.org), bei dem Pathak mit dem gezeigten Bild den ersten Platz belegte.

Effizienzrekord bei Solarzellen

Das Empa-Labor «Dünnschicht- und Photovoltaik» ist spezialisiert auf die Entwicklung hocheffizienter (und dabei erst noch kostengünstiger) Dünnschicht-Solarzellen. Den Forschenden um Ayodhya N. Tiwari gelang es, Prozesse bei niedrigen Depositionstemperaturen (also unter 450 Grad Celsius) für hocheffiziente CdTe-Solarzellen zu entwickeln und zu optimieren. Auf Glas als Trägersubstrat erreichte Tiwaris Team eine Effizienz von 15,6 Prozent, auf flexiblen Polymerfolien einen Rekordwert von 13,8 Prozent. Erst vor kurzem hatte Tiwaris Team den Effizienzrekord auch bei flexiblen Solarzellen aus Kupfer-Indium-Gallium-Diselenid (kurz CIGS) auf 18,7 Prozent verbessert.



Flurina (9) testet die Hängebrücke – und ihren Mut.

Brücken bauen im Sommercamp

21 Kinder von Empa-Angestellten forschten begeistert im einwöchigen Sommercamp Mitte Juli in den verschiedenen Labors. Dabei entdeckten sie fremde Welten, vom Kosmos der Nanotechnologie bis zur Umwelttechnik – und kombinierten ihre Alltagserfahrungen mit neuem Wissen. Die Königsdisziplin des Nachwuchses war der Bau einer tragfähigen Hängebrücke über den Dübendorfer Chriesbach. Der Brückenspezialist und ehemalige Empa-Direktor Urs Meier arbeitete mit den Jungkonstrukteuren verschiedene Konzepte aus, die die Kinder selbst entwickelt hatten. So meint Cecilia (12) zu den Vorbereitungsarbeiten: «Am Schluss wussten wir genau, worauf es ankommt». Die Umsetzung war noch anspruchsvoller. Gemeinsam stellten sie die Pylone – Brückenpfeiler – auf und verknüpften sorgfältig Seile mit Sprossen zu einem Gehsteig. Nach konzentriertem Einsatz stand die Brücke – aber wird sie auch halten? Die kleinen Brückenbauer waren überzeugt. «Wir haben selber mitgebaut» so die einleuchtende Begründung.

Am Ende war das Sommercamp für die Nachwuchsforscher und -forscherinnen ein voller Erfolg: «Es war sehr cool und ich würde gerne nochmal kommen», fasst Jessica (9) ihre Eindrücke zusammen.

Meinung

Heinrich Steinmann



Heinrich Steinmann
ehem. Präsident der Hasler Stiftung

“

Die Empa hat keine Mühe
gescheut und uns ihre
industriennahe Forschung
eindrücklich nahe
gebracht. Ich war über-
rascht, wie modern
und wettbewerbsorientiert
hier geforscht und
entwickelt wird.

”

Veranstaltungen

26. September 2011

Catalytic methane oxidation
Empa, Dübendorf

27. September 2011

Bioplastik: Verpackung der Zukunft?
Empa, St. Gallen

28. September 2011

Polymerwerkstoffe für technische Anwendungen:
Bewertung und Auswahl
Empa, Dübendorf

30. September 2011

Smart textiles – Applications and potential
in optical and electrical measurement
Empa, Dübendorf

6. Oktober 2011

Metallische Gläser: Eigenschaften, Technologien,
Anwendungen
Empa, Dübendorf

18. Oktober 2011

Flexible Fahrbahnübergänge
Empa, Dübendorf

8. November 2011

Schadensprävention hochbeanspruchter Bauteile
und Komponenten
Empa, Dübendorf

9./10. November 2011

Titan-Anwenderseminar 2011
Empa, Dübendorf

15. November 2011

Zukunftsperspektive Brennstoffzelle
Empa, Dübendorf

17. November 2011

Der Blick ins Innere: 20 Jahre industrielle
Computertomographie an der Empa
Empa, Dübendorf

Details und weitere Veranstaltungen unter
www.empa-akademie.ch

Ihr Zugang zur Empa:



portal@empa.ch
Telefon +41 58 765 44 44
www.empa.ch/portal