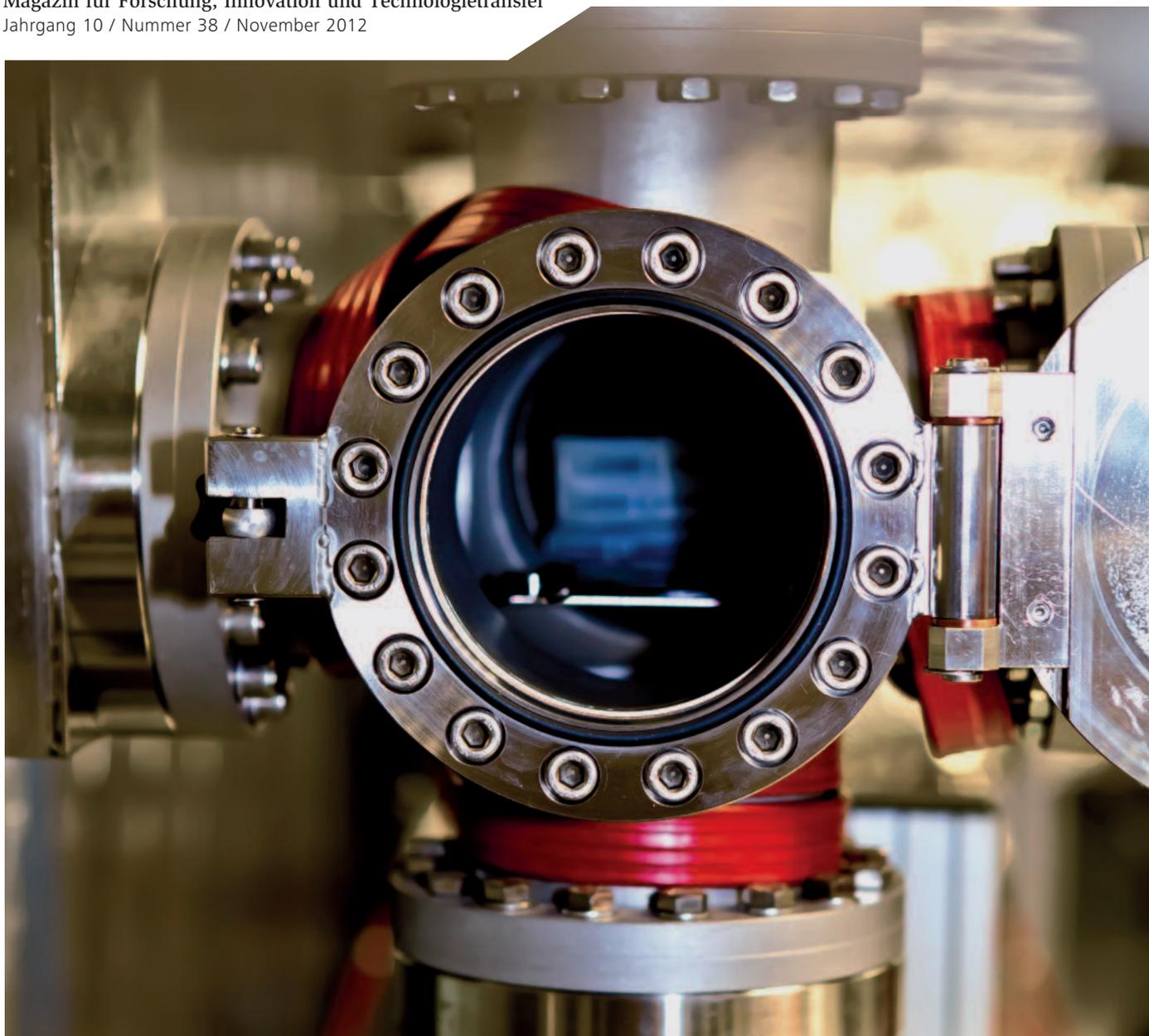


Empa **News**

Magazin für Forschung, Innovation und Technologietransfer
Jahrgang 10 / Nummer 38 / November 2012



Solare Energieversorgung

EMPA 
Materials Science & Technology

Erdgas-Hybridauto
CLEVER 10

Asphalt, der sich
selber heilt 14

Neu: Departementsleiterin
Brigitte Buchmann 16

Die Schweizer Energiewende

Nun stellen wir also unser Energiesystem um. Das hat der Bundesrat in seiner «Energiestrategie 2050» beschlossen und bereits erste Massnahmen vorgestellt. Im Kern geht es darum, weniger «klassische» Energie zu verbrauchen und vermehrt erneuerbare Quellen zu nutzen.

Was auf dem Papier einfach aussieht, entpuppt sich indes bei genauerem Hinsehen als ein äusserst komplexes Unterfangen – bei dem nicht selten einstige «Hoffnungsträger» schnell einmal zum Buhmann werden.



Etwa biogene Treibstoffe, von denen die meisten alles andere als «Bio» sind (s. Seite 20). Oder im Bereich Mobilität, wo das Pendel nach der anfänglichen Elektro-Euphorie allmählich in die Gegenrichtung auszuschielen beginnt.

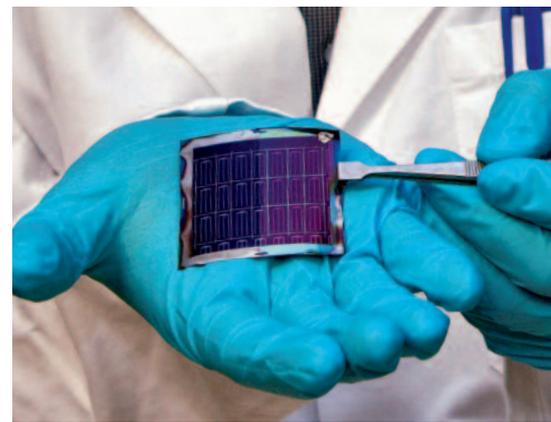
Was lernen wir (hoffentlich) daraus? Dass es im Energiebereich keine simplen Allheilmittel gibt. Wollen wir die Energiewende bewerkstelligen, tun wir gut daran, die unterschiedlichen Ansätze nicht gegeneinander auszuspielen und einseitig zu propagieren. Es gilt vielmehr, auch die Schwachstellen künftiger Energieträger und -systeme zu analysieren und zu berücksichtigen. Und dann ein Szenario zu entwerfen, in dem die verschiedenen Energiequellen ihre Stärken voll zur Geltung bringen können.

Das heisst aber auch, dass sich etwa der Mobilitätssektor deutlich diversifizieren wird. Anstatt ausschliesslich Erdöl-basierter Treibstoffe werden künftig verschiedene Energieträger Menschen und Güter transportieren helfen. Wie das konkret aussehen könnte, zeigt «CLEVER», ein an der Empa entwickeltes Fahrzeug, das einen energiesparenden Hybridantrieb mit einem CO₂-armen Erdgasmotor kombiniert (s. Seite 10).

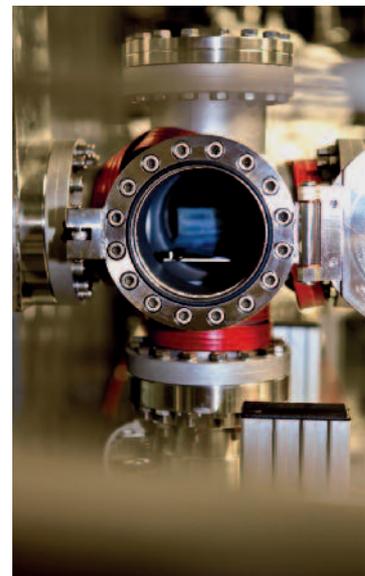
Die verschiedenen Mobilitätstypen auf Stärken und Schwächen abzuklopfen und weiterzuentwickeln, ist auch Ziel des «Mobility Demonstrator», den wir derzeit konzipieren (s. Seite 17). Damit möchte die Empa zu einer Versachlichung der häufig emotional geführten Energiediskussion beitragen.

Viel Vergnügen beim Lesen.

Michael Hagmann
Leiter Kommunikation



Anorganische Solarzellen
Dünne Schichten auf dem Weg zur Serienreife 04



Titelbild

In dieser Vakuumverdampfungsanlage entsteht die Solarzelle der Zukunft: Die aktive Schicht aus Kupfer, Indium, Gallium und Selen ist 100 Mal dünner als die einer Silizium-Solarzelle. Das macht die Zellen billiger – und zugleich auch biegsam.



Organische Solarzellen
Ein billiger Foto-Farbstoff
als Stromproduzent 08



Automobiltechnik
Der Erdgas-Hybrid CLEVER
auf seiner ersten Fahrt 10



Tensairity-Technologie
Federleichte Empa-Technik
für die Paralympics 19

Impressum

Herausgeberin

Empa
 Überlandstrasse 129
 8600 Dübendorf
 Schweiz
 www.empa.ch

Redaktion & Gestaltung

Abteilung Kommunikation

Kontakt

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

Anzeigenmarketing

MetroComm AG
 Ernst Niederer
 Zürcherstrasse 170
 9014 St.Gallen
 Schweiz
 Telefon +41 71 272 80 50
 info@metrocomm.ch

Erscheint viermal jährlich



Fokus: Solare Energieversorgung

- 04 Solarzellen nach Geheimrezept**
 Dünne CIGS-Zellen stehen kurz vor der Serienreife.
- 08 Farbige Energieversorgung**
 Transparente Solarzellen aus einem altbekannten Farbstoff
 Forschung und Entwicklung
- 10 CLEVER fahren mit Erdgas und Strom**
 Das Erdgas-Hybridauto der Empa auf seiner ersten Fahrt
- 12 So funktioniert der CLEVER – Hybridtechnik im Röntgenbild**
- 14 Aufgekocht und frischgemacht**
 Ein neuartiger Asphalt heilt seine Risse selbst
- 16 «Die Empa ist immer in Bewegung»**
 Die neue Departementsleiterin Brigitte Buchmann im Interview
 Wissens- und Technologietransfer
- 19 Olympische Ehren für die Tensairity-Technologie**
 Federleichte Halbmonde begeistern an den Londoner Paralympics
- 20 Biotreibstoffe: von wegen «grün»!**
 Eine neue Studie der Empa zeigt beträchtliche Umweltschäden



Solarzellen nach Geheimrezept

Solarmodule aus Silizium sind für viele Anwendungen zu starr in der Form – oft sind sie auch zu teuer. Die Lösung sind Solarzellen auf flexiblen Folien. Sie könnten Strom aus Sonnenlicht deutlich billiger erzeugen. An der Empa wird der Aufbau solcher Zellen erforscht. Und gleich nebenan probt eine Start-up-Firma bereits die Serienfertigung.

TEXT: Rainer Klose / BILDER: Empa



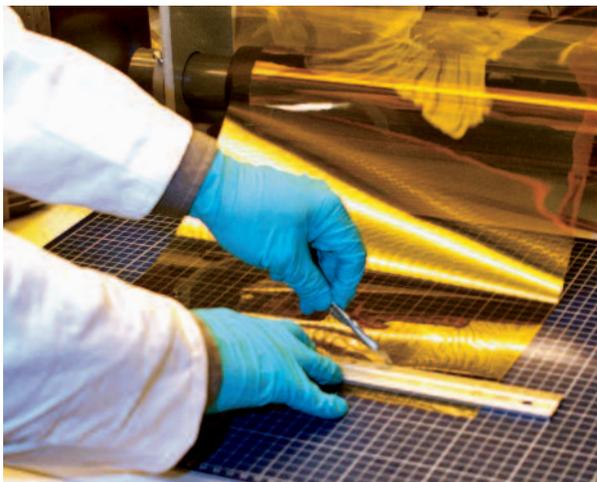
Der Empa-Solarforscher Ayodhya Tiwari ist zugleich Start-Up-Unternehmer. In den grossen Vakuum-Verdampfungsanlagen seiner Firma lassen sich flexible Dünnschichtsolarezellen von beträchtlicher Grösse herstellen. Zugleich forscht Tiwari mit seiner Arbeitsgruppe weiter an den Grundlagen der Technologie.

An der Empa gibt es Räume, an denen Staub von draussen nichts zu suchen hat. Das Forschungslabor von Ayodhya Tiwari und seinem Team ist ein solcher Ort. Vor seinem Betreten hält man inne: Überschuhe aus blauem Plastik sind Pflicht; an der Schwelle zum Labor zieht man sie über. Die staubarme und krümfreie Atmosphäre ist dem Forschungsobjekt geschuldet: Hier werden Solarzellen erforscht, deren aktive Schicht nur einen 500-stel Millimeter Stärke hat. Trotzdem sind diese sogenannten Dünnschichtzellen in der Lage, knapp 20 Prozent des Sonnenlichts in Elektrizität umwandeln.

Schon in wenigen Jahren könnten uns diese Dünnschichtzellen überall begegnen – auf Autodächern und Outdoorbekleidung, auf Solar-Rollos oder Dachpappe aus dem Baumarkt – vor allem aber auf riesigen Solar-Feldern. Einerseits also dort, wo Siliziumzellen zu starr und unflexibel sind. Andererseits dort, wo teure Siliziumtechnik heute noch nicht rentiert. Der technische Grund dafür ist einfach: Kristallines Silizium muss rund ein Fünftel Millimeter dick sein, um in einer Solarzelle eingesetzt werden zu können. Dann aber lässt es sich nicht mehr biegen – der Kristall würde zerbrechen. Die hohe Schichtdicke frisst ausserdem viel Material, und das geht ins Geld.

Vorteil für die Dünnschichtzelle

Dünnschichtzellen – mit ihrer 100-mal dünneren Schicht – umgehen diese Probleme. Doch ihre Herstellung ist trickreich. Vor allem dann, wenn die Zellen besonders effizient sein sollen. Tiwaris



1



2

Team beschäftigt sich mit der Erforschung von CIGS-Zellen – die Abkürzung steht für «Cooper-Indium-Gallium-(di-)Selenid». Ein Teil des Teams fabriziert die Zellen im nasschemischen Verfahren aus einer Lösung. Das Aufbringen von gelösten Stoffen ist technisch einfacher, bringt jedoch nur Zellen mit geringerer Effizienz hervor.

Ein anderer Teil des Forschungsteams untersucht das Verdampfungsverfahren für die Herstellung von CIGS-Zellen. Mit dieser Bauart gelang es dem Empa-Team vergangenes Jahr, den Effizienz-Weltrekord für flexible Solarzellen auf Plastikfolien zu knacken: 18,7 Prozent Energieausbeute bescheinigte das Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) im deutschen Freiburg.

Mit verhüllten Schuhen stehen wir also nun vor mehreren stählernen Vakuumverdampfungsanlagen, in denen die Rekord-Zellen präpariert wurden. Gruppenleiter Stephan Bücheler erläutert, wie komplex die Herstellung ist: Die Grundlage für die Zellen bildet eine Folie aus Polyimid – einem hochoberflächenfesten Kunststoff, der die folgende Prozedur überstehen muss. Zunächst wird im Sputterverfahren eine Molybdänschicht aufgebracht. Die so metallisierte Folie wandert dann durch mehrere Schleusen in die stählerne Hochvakuumverdampfungsanlage. «Hier geschieht der entscheidende Schritt der Herstellung», sagt Bücheler. «Aus den Einzelbestandteilen Kupfer, Indium, Gallium und Selen wird die CIGS-Schicht aufgedampft. Dabei bleibt die Zusammensetzung nicht über die ganze Schichtdicke gleich, sondern verändert sich von unten nach oben.»

Das Rezept bleibt ein Geheimnis

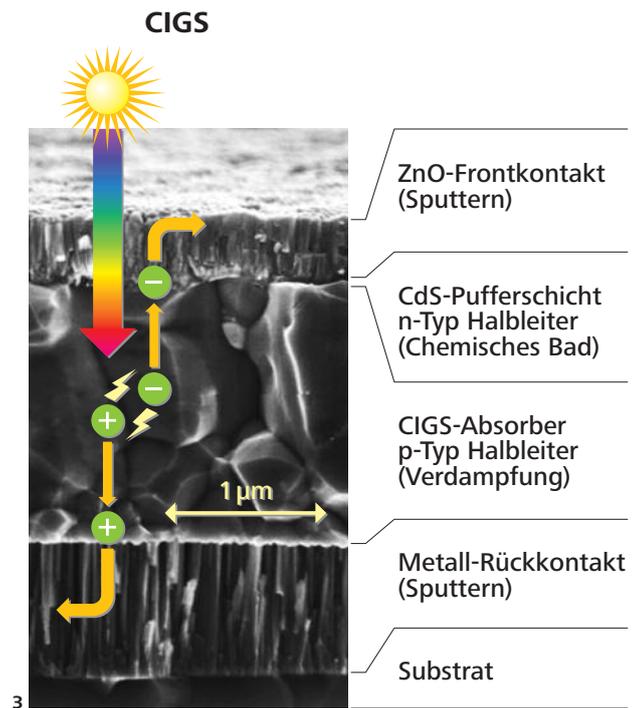
Danach wird die CIGS-beschichtete Folie aus dem Vakuum herausgenommen, erhält auf nasschemischem Weg eine Pufferschicht, dann abermals im Sputterverfahren eine Deckelektrode aus Zinkoxid. Das entscheidende Know-how steckt jedoch in der CIGS-Schicht: Per Hand steuern die Empa-Forscher die Temperatur der einzelnen «Zutaten» und damit deren Verdampfungsrate.

Auf der Folie bildet sich eine Schicht mit graduell unterschiedlicher Zusammensetzung. Das Grundprinzip ist zwar weit herum bekannt, doch die Feinheiten des Prozesses bleiben geheim. Die älteste Verdampfungsanlage ist bereits seit 20 Jahren in Betrieb. So lange experimentiert das Tiwari-Team schon an der perfekten CIGS-Zelle. Experimentieren heisst natürlich nicht «trial and error» bis die Mischung stimmt. Die theoretischen Grundlagen hinter der perfekten Zelle wollen gleichzeitig erarbeitet sein, auftretende Effekte und Ergebnisse müssen in der wissenschaftlichen Gemeinde diskutiert werden. Es ist eine ausgewogene Strategie nötig zwischen Veröffentlichung eines Ergebnisses – oder dessen Sicherung durch ein Patent.

Der lange, teure Weg zur Serie

Einer der aufwändigsten und teuersten Schritte ist jedoch der Weg vom Labor zur Serienproduktion. Denn selbst mit den besten Forschungsergebnissen lässt sich erst dann Energie ins Stromnetz speisen, wenn das ersonnene Produkt in grosser Menge hergestellt wird. «Dieser Schritt erfordert ein grosses Team, viele Monate, wenn nicht Jahre Arbeit und – eine Menge Geld», betont Ayodhya Tiwari. Mit einigen seiner früheren Doktoranden hat er das Start-up-Unternehmen «Flisom» gegründet und einige Investoren um sich geschart. Während im Labor also Versuchszellen von fünf Quadratzentimeter Grösse entstehen, wird bei Flisom die Serienproduktion grosser Zellen geübt. Der Standort der Forschungsfirma ist nur wenige hundert Meter von den Labors entfernt, ebenfalls auf dem Empa-Gelände.

Hinter einer unscheinbaren Stahltür muss der Besucher die Strassenschuhe ein weiteres Mal mit Überschuhen aus Plastik verhüllen. Denn auch die Prototypenproduktion ist heikel. Tiwari führt uns durch die Halle, in der knapp 20 Mitarbeiter an der Serienfertigung von flexiblen Dünnschichtzellen tüfteln. Hier sieht alles schon deutlich nach Industrie aus: Grosse, zylinderförmige



Maschinen stehen herum, jede knapp vier Meter im Durchmesser. Hier soll – im Hochvakuum – der Beschichtungsvorgang stattfinden. Die vorbereitete Polyimidfolie, auf der bereits eine Molybdänschicht haftet, wird auf einer grossen Spindel in die Vakuumanlage eingespannt, dann wird die Luft aus der Anlage herausgepumpt. Im Vakuum wird die Folie dann abgerollt, mit der CIGS-Schicht versehen und wieder aufgerollt. Die weiteren Beschichtungsschritte finden wieder ausserhalb der Maschine statt.

«Beinhardter Wettbewerb»

Soweit das Prinzip. Eine der Maschinen steht zu Wartungsarbeiten gerade offen und lässt einen Blick ins Innere zu. Ein kompliziertes System von Spindeln, Umlenkrollen und Metallkästen ist zu sehen. «Fotografieren dürfen Sie hier nicht», sagt Tiwari und hält den Kollegen mit der Kamera zurück. Strengste Geheimhaltung gilt auch hier: «Es gibt einen beinhardten internationalen Wettbewerb auf diesem Gebiet.» Die grossen Folienbeschichtungsanlagen sind technisch zwar mit Maschinen verwandt, die schon heute in der Verpackungsindustrie eingesetzt werden. Ein Industrieausrüster liefert sie massgeschneidert an Flisom. «Doch auch der Lieferant kennt nicht alle Details», lächelt Tiwari geheimnisvoll. «Wir bestellen die Anlagen mit bestimmten Leerstellen im Gehäuse. Was an diesen Stellen dann eingebaut wird, wissen nur wir.»

Und wann kommen die ersten CIGS-Zellen auf den Markt, wollen wir vom Empa-Forscher wissen. «Die Serienproduktion ist fast in Sicht», antwortet Tiwari. Wenn alles gut gehe, sei die Produktionsmethode in weniger als fünf Jahren marktreif. Schon jetzt stehen Prototypen von CIGS-Zellen auf dem Dach der Empa und werden bei Wind und Wetter, Sommer wie Winter, auf ihre Haltbarkeit und Widerstandsfähigkeit geprüft. In fünf bis zehn Jahren könnte es erste Solar-Parks auf Basis der preisgünstigen Dünnschichtzellen geben. Dann ist der weite Weg von der Laborforschung bis zur Energieproduktion geschafft. //

1

Eine hitzefeste Spezialfolie aus dem Kunststoff Polyimid bildet die flexible Grundlage für die CIGS-Dünnschichtzellen.

2

Gruppenleiter Stephan Bücheler nimmt eine der CIGS-Zellen aus der Labor-Verdampfungsanlage. Im Hochvakuum wurde eine Mischung aus Kupfer, Indium, Gallium und Selen auf die Trägerfolie aufgedampft – daher stammt das Kürzel CIGS.

3

Die einzelnen Schichten einer CIGS-Zelle und ihre Herstellungsweise. Die aktive Schicht ist 100-mal dünner als die einer herkömmlichen Siliziumzelle. Das spart Kosten.

Finanzmittel von der EU

Die Empa und das Start-up-Unternehmen Flisom sind Partner im Europäischen Konsortium R2R-CIGS, das sich zum Ziel gesetzt hat, die Entwicklung hocheffizienter CIGS Solarmodule auf flexiblen Substraten voranzutreiben. Die Europäische Kommission unterstützt das R2R-CIGS Forschungs- und Entwicklungsprojekt mit 7 Millionen Euro.



Farbige Energieversorgung

Mit Hilfe preisgünstiger Solarzellen aus organischen Farbstoffen möchte Frank Nüesch mit Partnern aus Forschung und Industrie die Energiewende unterstützen. Vorteil: Die Zellen können auch transparent sein, eignen sich also für Büroverglasungen und Autofenster.

TEXT: Rainer Klose / BILDER: Empa

Wie eine Solarzelle Licht einfängt und in Strom umwandelt, ist nicht ganz einfach zu erklären. Darum wird ein Besuch bei Frank Nüesch schnell zu einem intellektuellen Parforceritt durch die Welt der Quantenchemie. Der Physiker leitet die Abteilung «Funktionspolymere» und forscht an Solarzellen auf der Basis von organischer Chemie – das Licht soll also mit Hilfe von Kohlenstoffverbindungen «verstromt» werden. Eine profunde Kenntnis von Halbleiterphysik ist hierfür ebenso wichtig wie Virtuosität im chemischen Syntheselabor.

Vereinfacht erklärt, funktioniert die organische Solarzelle so: Licht fällt auf einen Farbstoff und regt dort Elektronen zum Schwingen an. Die schwingenden Elektronen können ihre Energie von einem Molekül zum anderen weitergeben, bis sie schliesslich von einem Akzeptormolekül aufgefangen und an eine Elektrode weitergeleitet werden. Die «verlorengegangenen» Elektronen werden von der Gegenelektrode an den Farbstoff zurückgegeben. So fließt ein Strom, der durch Lichteinfall ausgelöst worden ist.

Eine junge Disziplin

Organische Solarzellen sind eine recht neue Disziplin in der Wissenschaft. Die erste wurde 1986 von Ching W. Tang in den Kodak Research Laboratories gebaut – immerhin 33 Jahre nach der ersten Siliziumsolarzelle, die in den Labors der US-Telefonfirma Bell entstand. Doch die Aufholjagd in den Labors der Welt ist seit den 1990er-Jahren eröffnet: Schon erreichen die ersten organischen Zellen einen Effizienzgrad von über 10 Prozent und sind damit im Bereich von amorphen Siliziumzellen vorgedrungen. «Es ist nur eine Frage der Zeit, bis organische Solarzellen auf den Markt kommen», sagt Nüesch.

Dafür, dass sie sich dort gegenüber der Siliziumkonkurrenz auch behaupten, sprechen viele Vorteile:

- Es lassen sich extrem stark absorbierende Farbstoffe nutzen, die Sonnenlicht bereits in ultradünnen Schichten einfangen können. Kristallines Silizium absorbiert das Licht dagegen schlechter, es braucht also eine dickere Schicht – sprich: mehr Material – für den gleichen Effekt.
- Manche Farbstoffe können nahes Infrarot- oder UV-Licht einfangen und sichtbares Licht durchlassen. So werden transparente Solarzellen möglich.
- Viele der Farbstoffe sind schon seit Jahrzehnten bekannt und sehr billig herzustellen.
- Die Zellen lassen sich grosstechnisch im «Roll to roll»-Verfahren herstellen, was die Produktion noch weiter verbilligt wird.

Ein altbekannter Farbstoff

Empa-Forscher Nüesch gehört zu den Pionieren der Zunft – er doktorierte in den 1990er-Jahren im Team von Michael Grätzel, dem Erfinder der Farbstoffsolarzelle, einer verwandten Technologie. Kein Wunder, dass er neben etlichen anderen Forschungsvorhaben auch diesem Thema treu blieb. Um Kosten für Solarstrom deutlich senken zu können, setzt Nüesch auf einen Billigfarbstoff: Die Gruppe der Cyaninfarbstoffe wurde bereits im 19. Jahrhundert entdeckt und von Beginn des 20. Jahrhunderts an als Sensibilisator für die Schwarzweissfotografie eingesetzt. Die Farbstoffe fingen energetisch schwächeres rotes Licht ein und konnten damit Silbersalze in den Filmstreifen reduzieren. So wurden hoch lichtempfindliche Filme überhaupt erst möglich. Auch heute noch wird der Farbstoff industriell hergestellt und für die Datenspeicherung auf CD-ROMs und als Biomarker eingesetzt – als billiger Grundstoff kann er bald ebenso für organische Solarzellen Dienste leisten.

Frank Nüesch träufelt etwas von der Farbstofflösung auf ein Trägergewebe, das später in seinen Solarzellen Verwendung findet, und schwärmt: «Diese Fotofarbstoffe sind die stärksten Lichtabsorber, die bekannt sind. Mit nur einem Gramm Farbstoff lassen sich zehn Quadratmeter Solarzellen beschichten.» Dann muss er lächeln. «Allerdings ist am Laborkittel der Forscher auch leicht zu erkennen, wenn jemand unsauber gearbeitet hat.»

Absolut luftdicht – das «TREASORES»-Projekt

Mit dem altbekannten Farbstoff alleine ist es jedoch nicht getan. Organische Solarzellen bestehen aus mehreren Schichten: Auf eine Glasscheibe mit elektrisch leitfähiger Zinnoxid-Beschichtung wird zunächst dotiertes Polythiophen aufgebracht – ein elektrisch leitendes Polymer. Es folgt der Cyaninfarbstoff, darüber eine Schicht C60-Kohlenstoff. Eine Schicht aus Aluminium-Hydroxyquinolin stellt die Verbindung zur Gegenelektrode her, die aus aufgedampftem Aluminium besteht. Das Problem an der Sache: Alles muss absolut luftdicht sein, damit der Farbstoff und die organischen Helferschichten nicht durch Oxidation zerstört werden.

Ein wichtiger Forschungsgegenstand auf dem Weg zur organischen Solarzelle ist also die Suche nach geeigneten Elektrodenmaterialien, die zugleich das System versiegeln. Nüesch ist auch auf diesem Gebiet aktiv, als Koordinator des europäischen «TREASORES»-Projekts («Transparent Electrodes for Large Area, Large Scale Production of Organic Optoelectronic Devices»). Zusammen mit 13 Partnern aus europäischen Hochschulen und Unternehmen wird nach flexiblem Elektrodenmaterial gesucht, das die starren Zinnoxid-beschichteten Glasplatten ersetzt. Auch die Deckelektrode aus Aluminium steht zur Disposition. Das von der EU geförderte Projekt startet im November 2012 und läuft drei Jahre. Am Ende soll ein System von Elektroden- und Dichtschichten stehen, das einerseits den organischen Solarzellen eine lange Lebensdauer sichert, andererseits auf grossen Industriemaschinen rasch und günstig gefertigt werden kann. //

«Ein Gramm Farbstoff genügt für zehn Quadratmeter Solarzelle.» Frank Nüesch träufelt eine Lösung des Cyaninfarbstoffs auf ein Spezialgewebe, in das feine Leiterbahnen eingebaut sind. Aus diesen Komponenten sollen künftig preisgünstige Solarzellen entstehen.



CLEVER fahren mit Erdgas und Strom

Die Empa hat bei der Entwicklung alltagstauglicher Erdgasautos eine tragende Rolle gespielt. Nun folgt der nächste Streich – der Erdgas-Hybridwagen CLEVER. Der Versuchsträger drehte gerade seine ersten Runden. Und EmpaNews sass am Steuer.

TEXT: Rainer Klose / BILDER: Empa

1
Der CLEVER bei seiner ersten Ausfahrt auf dem Gelände der Empa. Die äussere Form des VW Touran blieb unverändert.

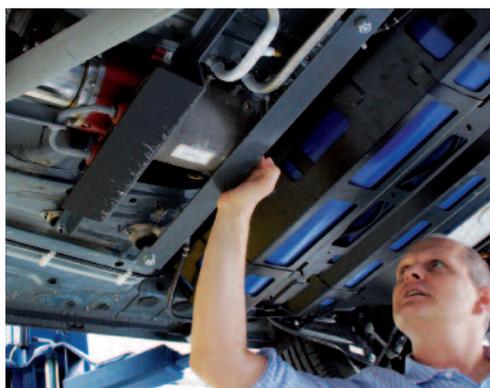
2
Im Gepäckraum ist die 4,5 kWh grosse Batterie untergebracht. Das Modul stammt von der ETH Zürich und hat sich bereits in der Studenten-Rennserie «Formula Student» bewährt. Die Leistungselektronik entwickelte die Empa.

3
Das Herzstück des Hybridantriebs ist der Elektromotor, der vor der Hinterachse im Unterboden sitzt.

4
Ein Zusatzmonitor auf dem Armaturenbrett informiert den Fahrer und gibt Schalttipps.



2



3

Von aussen sieht der Wagen aus wie ein gewöhnlicher VW Touran, Baujahr 2007. Doch unterm Blech steckt eine Revolution – ein Antriebskonzept, das es so noch nie gab und das jetzt an der Empa erforscht und weiterentwickelt wird. Es ist ein sonniger Septembersonntag, und im Motorenhaus der Empa steht der CLEVER, der erste (und einzige) handgeschaltete Erdgas-Vollhybrid der Welt, zu seiner ersten Testfahrt bereit.

Zunächst ist der Wagen noch auf dem Rollenprüfstand festgurtet, auf dem das Feintuning der Antriebssysteme stattfindet. Projektleiter Patrik Soltic erläutert vor der Fahrt, wie es zu dem Projekt kam und was in dem Wagen steckt: Schon seit mehreren Jahren forscht die Empa an Erdgasmotoren. In den Hallen in Dübendorf entstand eines der weltweit ersten Erdgas-Turboautos, hier wurden Brennverfahren erforscht, die es möglich machten, einen Motor direkt mit Erdgas zu starten, ganz ohne Benzin als Starthilfe. Inzwischen ist die an der Empa entwickelte Technik längst auf der Strasse angekommen: VW, Opel und Fiat offerieren sparsame, zuverlässige und kraftvolle Erdgas-Turbomotoren.

Kosten sparen

Die Empa dreht das Rad nun weiter: «Ein Erdgas-Hybridantrieb würde ein Mittelklassefahrzeug um etwa 20 Prozent verteuern – dafür aber bis zu 45 Prozent CO₂ einsparen», erklärt Soltic. «Das ist ein Wert, der vor allem für Flottenbetreiber sehr interessant sein könnte.» Denn jene professionellen Autokäufer interessieren sich nicht allein für den Einstandspreis des Wagens, sondern für die Gesamtkosten über dessen gesamte Lebensdauer, «Total Cost of Ownership» (TCO) genannt.

Statt das ganze Modell nur theoretisch durchzurechnen, entschied sich die Empa, ein echtes Fahrzeug aufzubauen, das auch im Praxiseinsatz getestet werden kann. Parallel dazu entwickelte Soltics Team auf den Motorenprüfständen der Empa neue Konzepte für eine effizientere Erdgasverbrennung. Als Partnerin ist die ETH Zürich mit an Bord: Die Forschungsgruppe von Konstantinos Boulouchos erforscht die Grundlagen von Verbrennungsprozessen, indem sie das Strömungs- und Brandverhalten von Treibstoffen im Zylinder am Computer simuliert, die Forschungsgruppe von Lino Guzzella liefert die theoretischen Grundlagen für die Steuerung der Hybrid-Regelssysteme und die Dimensionierung der Bauteile. Und die Industriepartner Volkswagen und Bosch sorgen mit Grossserientechnik dafür, dass das Versuchsauto CLEVER auf die Räder gestellt

werden konnte – obwohl, wie Empa-Forscher Soltic betont, «die Idee eines handgeschalteten Erdgas-Hybriden nicht zur Konzernstrategie der Industriepartner» gehöre. «Ich bin mir aber sicher, dass sie sich unsere Ergebnisse ganz genau anschauen werden», sagt er.

Ein «entkernter» VW Touran

Die Anfänge des Projekts CLEVER reichen bis ins Jahr 2007 zurück. Ziel war es, ein Hybridsystem mit einem Erdgasantrieb zu verknüpfen. Doch dann verzögerte sich alles durch die Automobilkrise 2008: Viele Zulieferer kamen in Schwierigkeiten, Verträge platzten. So konnten etwa Spezialkolben für den Motor nicht geliefert werden. Das Projekt kam kaum voran. Doch die Verzögerung hatte auch Vorteile: 2009 waren plötzlich speziell für Hybridfahrzeuge entwickelte Antriebskomponenten verfügbar, die es vorher nicht gab.

Endlich konnte der Touran, auf dem der CLEVER basiert, entkernt und an der Empa neu aufgebaut werden. Seine herkömmliche 1,6-Liter-Maschine landete im Regal, ein 1,4-Liter-Erdgas-Turbo fand unter der Haube Platz. Ein weiteres VW-Serienteil sorgt für den Kraftschluss von Elektro- und Benzinmotor, das Allradgetriebe eines VW Tiguan. Die aus dem Getriebe nach hinten führende Kardanwelle, die normalerweise die Hinterachse antreibt, wird im CLEVER einfach anders herum genutzt: Der Elektromotor dreht diese Welle und schickt so seine Kraft ans Getriebe und schliesslich auf die Vorderräder.

Batterietechnik von der ETH

Nun ging es noch um eine passende Batterie. Patrik Soltic baute auf einer Entwicklung von ETH-Studenten auf, die für die Studenten-Rennserie «Formula Hybrid» ein entsprechend leistungsfähiges Grundsystem geschaffen hatten. Das bewährte Modul wurde mit einer neuen Elektronik versehen und füllt nun den Gepäckraum des CLEVER. Die Batteriekapazität von 4,5 kWh «ist für unsere Zwecke mehr als ausreichend», sagt Soltic. Auch die Stromaufnahme des 30 kW starken Elektromotors verursacht keine Probleme – im Renneinsatz der «Formula Hybrid» wird das Bauteil mit bis zu 100 kW fertig.

Soltic hat den CLEVER nun vom Rollenprüfstand abgekoppelt und rollt ihn aus der Motorenhalle. Nun darf die EmpaNews ans Steuer. Auf den ersten Metern fühlt sich der Wagen so vertraut an wie jeder serienmässige VW: Interieur und Bedienelemente des Touran blieben unverändert. Auch das Sechsganggetriebe funktioniert wie gewohnt. Zunächst fällt lediglich der Monitor ins Auge, der mittig auf dem Armaturenbrett thront. Hier gibt die Elektronik des CLEVER dem Fahrer Schalteempfehlungen und zeigt an, ob die Fahrt im nächst höheren oder niedrigeren Gang energieeffizienter wäre.

So clever fährt der CLEVER

Beim Ausrollen vor der ersten roten Ampel gibt Soltic erste Fahrtrips: «Leerlauf rein und mit wenig Gas auf die Ampel zurollen lassen.» Hier spielt der Hybrid seine Stärken aus: Statt den Erdgasmotor im Teillastbereich recht ineffizient laufen zu lassen, wird er von der Bordelektronik abgestellt. Der Elektromotor übernimmt den Schub bis zum Ampelstopp. Dort angekommen bleibt der Verbrennungs-

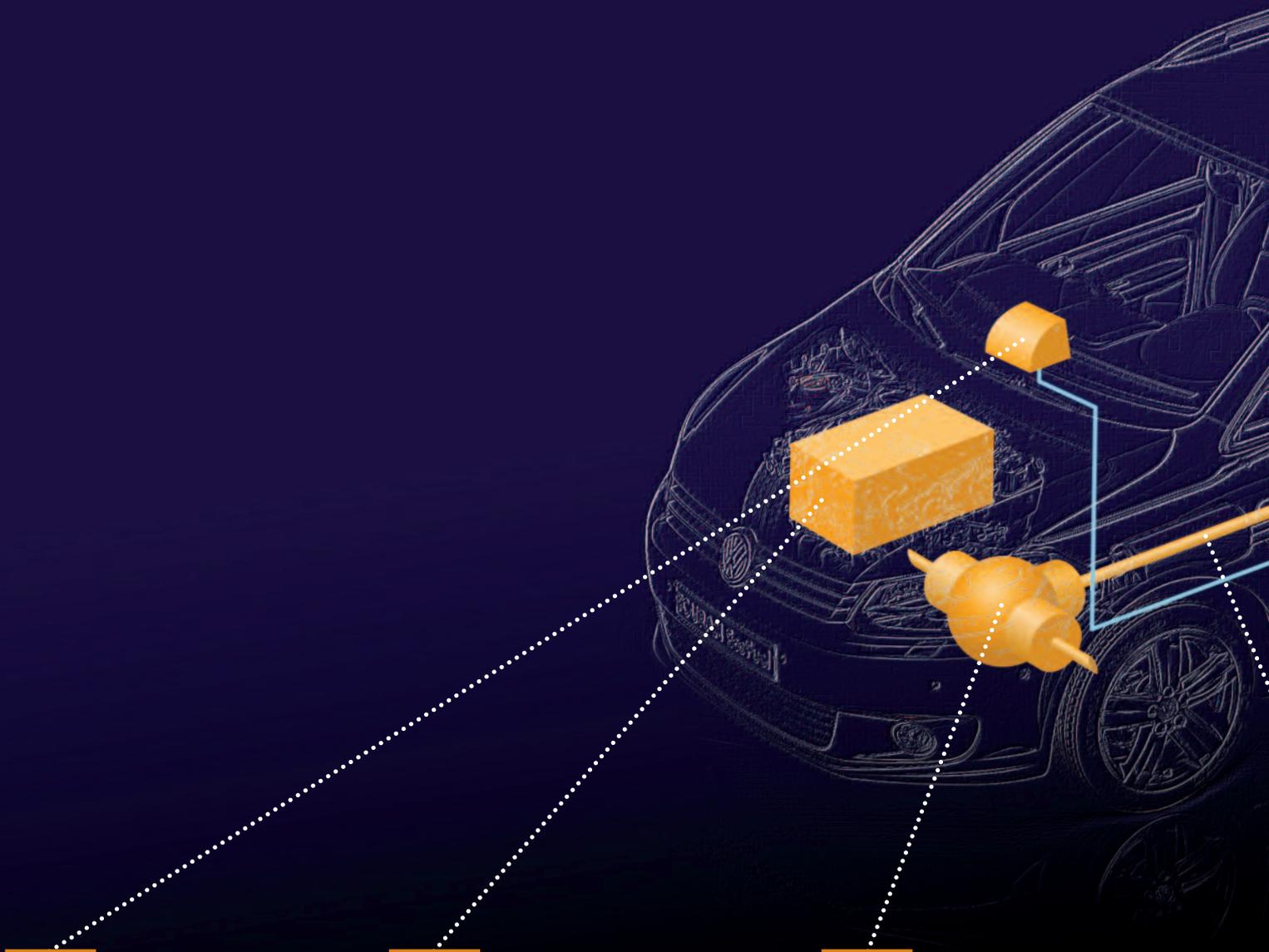
motor aus, bis der Fahrer die Kupplung drückt und wieder den ersten Gang einlegt.

Es braucht ein bisschen Gewöhnung, bis man die Philosophie des Autos verinnerlicht und den eigenen Fahrstil angepasst hat. In bestimmten Situationen lohnt es sich, den CLEVER nur elektrisch zu fahren – dazu wird das Getriebe in Leerlauf geschaltet und der Schub des Elektromotors mit dem Gaspedal geregelt. Der Elektromotor ist freilich auch aktiv, wenn ein Gang eingelegt ist. Entweder schiebt er zusätzlich an und spart dadurch Treibstoff oder er bezieht Kraft aus dem Getriebe und lädt damit die Batterie. Der Bordcomputer wählt die Betriebsarten so, dass der Erdgasmotor immer im energieeffizientesten Bereich läuft und die Batterie eine ausgeglichene Ladebilanz hat – das Auto ist voll autark und muss nie an eine Steckdose.

«All dies haben wir natürlich zuerst einmal am Computer durchgerechnet und simuliert, ein echtes Auto hätten wir für die Erarbeitung des Potenzials und der Betriebsstrategie nicht gebraucht», sagt Soltic. Doch mit einer Fahrt in einem echten Auto liessen sich viele kleine Details wie die Fahrbarkeit und die Akustik besser evaluieren als mit einer Computeranimation. Und das wäre der wahre Sinn des CLEVER: Das Versuchsauto mit Erdgas-Hybridantrieb soll nicht nur die neue Technik erforschen helfen, sondern auch zeigen, ob normale Menschen ohne Ingenieurstudium damit zurechtkommen. «Die Empa hat eine Brückenfunktion zwischen Forschung und Anwendung in der Praxis», sagt Soltic. «Der CLEVER ist ein schönes Beispiel dafür. Mit ihm wollen wir eine Wissenslücke im Bereich der alternativen Antriebe schliessen.» //



So funktioniert der CLEVER –

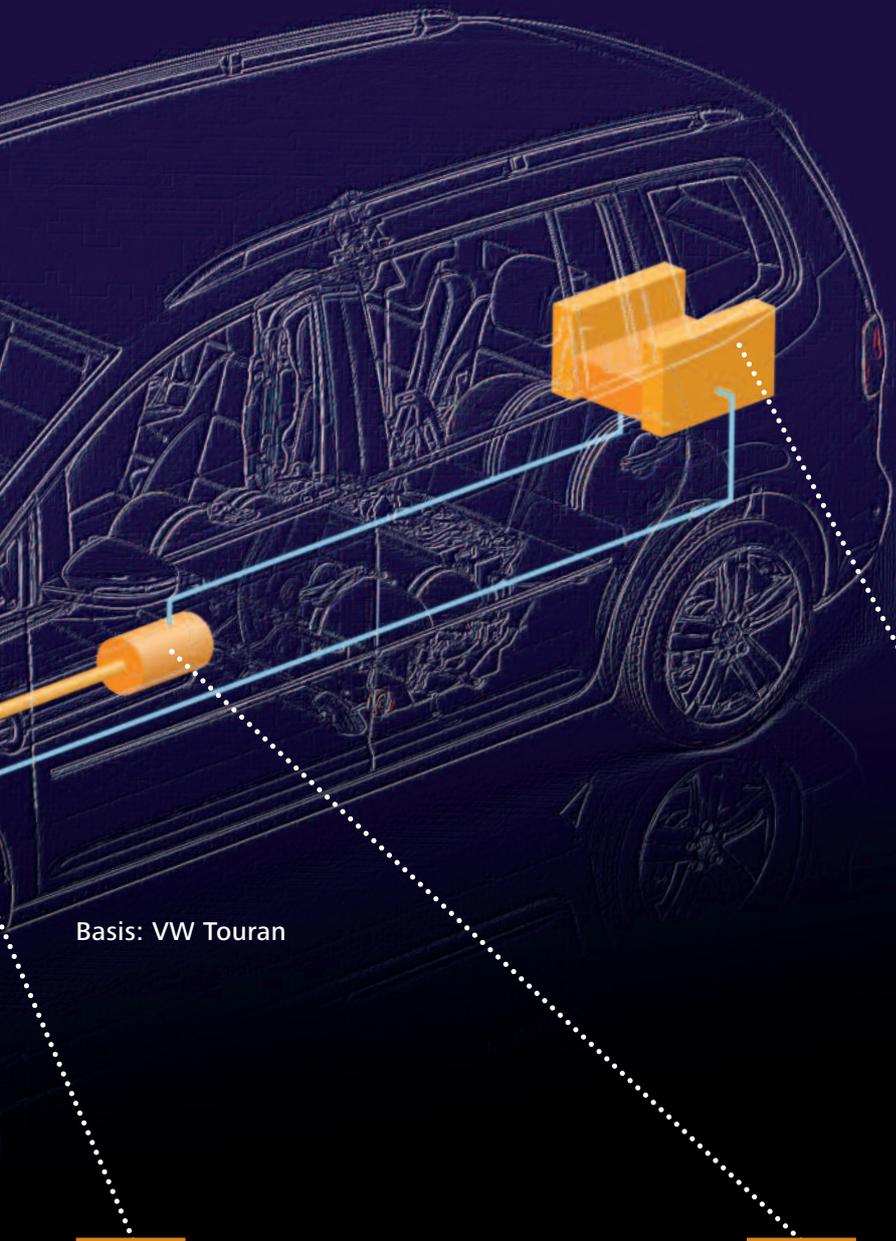


Monitor zur Überwachung
der Fahrzustände.

1,4-Liter Erdgas-Turbomotor
von VW, 110 kW Leistung.

Sechsgang-Schaltgetriebe von
VW in Allrad-Ausführung.

Hybridtechnik im Röntgenbild

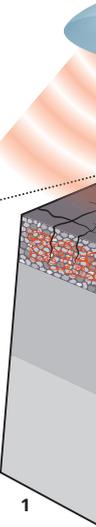
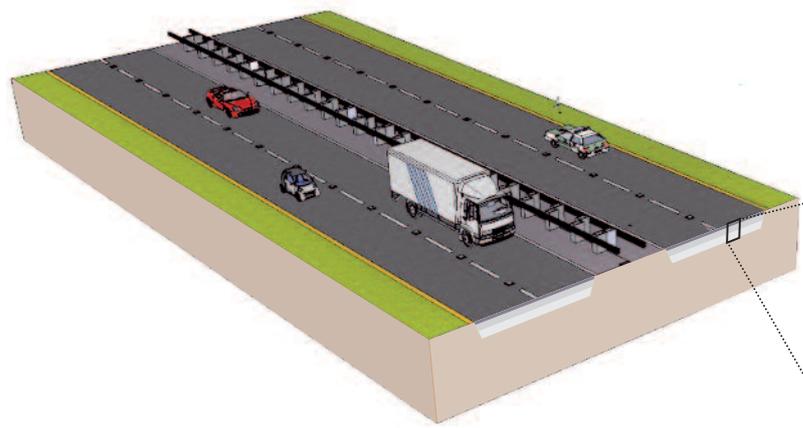


Basis: VW Touran

Kardanwelle – führt normalerweise zur angetriebenenen Hinterachse. Wird beim Empa-Hybriden aber «umgekehrt» genutzt: der Elektromotor speist hier seine Energie in den Antrieb.

Elektromotor,
30 kW Leistung.

Elektrospeicher aus
Li-Ionenbatterien,
Inverter und
Leistungselektronik.



Aufgekocht und frischgemacht

Nach 15 bis 20 Jahren muss der Belag einer Schweizer Strasse ersetzt werden. Die Bauarbeiten führen oft zu nervenden Staus. Empa-Forscher tüfteln an einem neuen Belag, der sich nicht nur einfacher und ohne Verkehrsstaus reparieren lässt, sondern auch noch deutlich langlebiger ist.

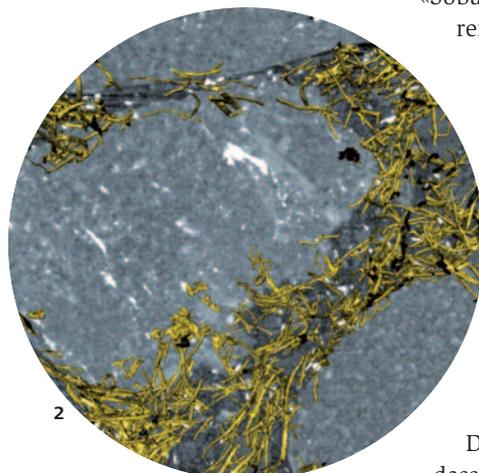
TEXT: Marco Peter / BILDER: Empa

Eine Strasse hat es nicht leicht: Temperaturunterschiede und aggressive chemische Substanzen wie Luftsauerstoff oder Streusalz setzen ihr zu und machen die Fahrbahn spröde; unter dem ständigen Druck des pulsierenden Verkehrs entstehen früher oder später mikroskopisch kleine Risse. Wasser dringt ein, das im Winter gefriert und den Riss dadurch weiter vergrössert, da Wasser beim Gefrieren sich um bis zu zehn Prozent ausdehnt.

«Sobald die Risse von blossen Auge zu sehen sind, ist es bereits zu spät», erklärt Alvaro García von der Empa-Abteilung «Strassenbau/Abdichtungen». Zurzeit kommen in der Praxis verschiedene Reparaturtechniken zum Einsatz. Sichtbare Risse werden beispielsweise aufgefüllt und abgedichtet, damit kein Wasser mehr eindringen kann. Diese Reparaturstellen sind als dünne schwarze Teerstreifen gut sichtbar. Doch irgendwann führt kein Weg mehr um den Austausch der gesamten Deckschicht herum.

Risse schliessen, solange sie noch «jung» sind

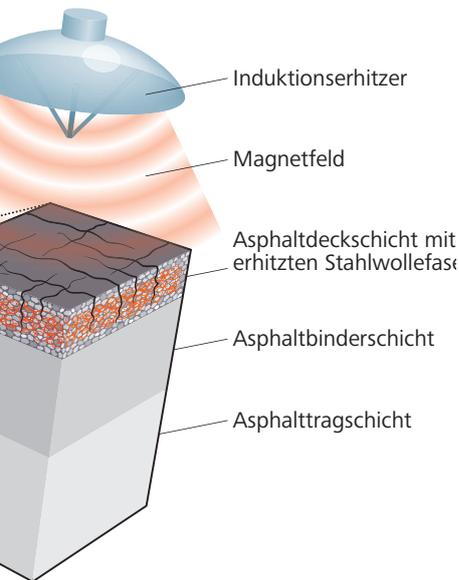
Da kam García auf eine Idee. Warum nicht die Risse schliessen, wenn diese noch mikroskopisch klein sind? Dabei wollte er sich die Eigenschaft zu Nutze machen, dass Bitumen im Asphalt zähflüssig ist. Bitumen, ein komplexes Gemisch langkettiger Kohlenwasserstoffe, das etwa bei der Vakuumdestillation von Erdöl entsteht, ist pechschwarz und funktioniert wie Leim: Es verklebt Gestein und Sand zu Asphalt. Diesem Kleber mischt García feinste Stahlwollefasern bei. Tauchen nun im neuen Belag die ersten Mikrorisse auf, rückt der Wartungstrupp mit einem Induktionserhitzer an. Genau wie der Induktionsherd in der heimischen Küche erzeugt dieses Gerät elektromagnetisch induzierte Wechselströme, die in den Metallfasern in Wärme umgewandelt



1
Eine Schweizer Autobahn besteht aus einer Asphalttragschicht, einer Binder- und einer Deckschicht. Dank feinsten Stahlwollefasern in der Deckschicht kann diese durch Induktion erhitzt werden, kleine Risse «schmelzen» dadurch einfach wieder zusammen.

2
Die Mikroskopaufnahme zeigt eine gleichmässige Verteilung der golden eingefärbten Stahlwollefasern im Bitumen, der die Schottersteine umhüllt.

3
Der Strassentester wird in der letzten Projektphase der Probestfläche mit dem neuen Asphalt zu Leibe rücken, um dessen Reparaturfähigkeit zu testen.



werden. Die Stahlwolle wird heiss, erhitzt das umgebende Bitumen, bei 80 Grad Celsius fängt der Asphalt an zu «schmelzen» und verfestigt sich beim Abkühlen im Inneren wieder zu einer geschlossenen Masse. Der Belag hat sich (fast) von selbst wieder repariert.

Bevor sich Alvaro García aber auf Schweizer Asphalt konzentriert, testet er dieses Verfahren mit Kollegen der Technischen Universität DELFT auf holländischen Strassen. In der Nähe von Vlissingen, im Südwesten des Landes, wurden 300 Meter Autobahn mit dem neuen Asphalt versehen. Seit zwei Jahren rollt der Verkehr über den Testabschnitt. Wenn die Deckschicht am Ende ihrer Lebensdauer angeht, wollen die Wissenschaftler mit dem Induktionserhitzer auffahren und den Belag «auffrischen». Dies wird bereits nach 12 bis 13 Jahren der Fall sein; denn die Strassen Hollands sind anders beschaffen als jene hierzulande: Sie bestehen aus offenporigem Asphalt, kurz OPA. In diesem Asphalt werden die Schottersteine nur von wenig Bitumen zusammengehalten und der Asphalt ist von einem Netz aus Poren durchzogen, so dass Wasser in ihn hineinsickern und auf den Seiten der Fahrbahn abfließen kann. In der Schweiz wird dagegen Asphaltbeton verwendet, in dem die Steine komplett von Bitumen umschlossen sind und in den kein Wasser eindringen kann.

Aufgrund dieser unterschiedlichen Asphalttypen können García und sein Doktorand José Norambuena die Ergebnisse aus dem holländischen Projekt nicht einfach kopieren und hier anwenden, sie müssen im Labor vielmehr nach dem „trial and error“-Prinzip arbeiten, um «die richtige Asphaltmischung für die Schweiz erst noch herauszufinden», so García.

Die richtige Mischung macht's

An der Empa steht dafür ein Mixer, der wie eine Teigmaschine aus einer Grossbäckerei aussieht. Darin mischen die beiden Wissen-

schaftler bei 160 Grad Celsius Asphaltproben, indem sie in variierender Reihenfolge Gestein, Sand, Bitumen und Stahlwollefasern hinzugeben. Zudem probieren sie unterschiedliche Grössen der Gesteinskörnung und der Stahlwollefasern aus. Bislang haben sie mit eher dicken, kurzen Fasern bessere Erfahrungen gemacht, da diese nach dem Mischen besser im Bitumen verteilt waren und keine Klumpen bildeten. Dick heisst in diesem Fall ein Durchmesser von rund drei Mikrometer und kurz beschreibt eine Länge von ein bis drei Millimeter.

Die verschiedenen Asphaltmischungen pressen die Forscher dann in Testblöcke, die etwa die Grösse eines A4-Blattes haben. Diese Proben wollen sie anschliessend im Labor mit einer Maschine zerbrechen und den gemessenen Druck aufzeichnen. Unter dem Induktionserhitzer schmelzen sie die Laborprobe wieder zusammen und spannen sie erneut in die Bruchmaschine ein. Anhand der Kraft, die für den nächsten Bruch nötig ist, erkennen sie, wie gut oder schlecht sich die Bruchstelle «heilen» liess. Diesen Zyklus wiederholten sie mehrere Male.

Bis nächsten Sommer will García die optimale Asphaltrezeptur herausgefunden haben. Damit asphaltiert er dann einen Strassenabschnitt, allerdings keinen, der tatsächlich befahren wird. Vielmehr wird er den neuen Belag mit dem Strassentester der Empa im Zeitraffer malträtiert und so die Verkehrsbelastung von 10 bis 15 Jahren simulieren. Dieses von der Empa und der südafrikanischen Universität Stellenbosch gemeinsam entwickelte Gerät erinnert an einen übergrossen, orangefarbenen Pferdeanhänger und trägt im Inneren mehrere «Lasträder», die in einem Rundlauf über den Belag gefahren werden und so die Belastung simulieren. Nach dem Dauertest werden die Metallfasern in der Asphaltdeckenschicht erhitzt und der Belag wieder «in Form» geschmolzen. Dadurch sollte er der täglichen Fahrzeugflut für weitere fünf bis sechs Jahre standhalten. //

A portrait of Brigitte Buchmann, a woman with short grey hair and glasses, smiling. She is wearing a light-colored blazer over a dark top and a pearl necklace. She is holding a set of keys in her right hand. The background is a dense green hedge.

«Die Empa ist immer in Bewegung»

Seit dem 1. September 2012 ist Brigitte Buchmann Direktionsmitglied der Empa und Leiterin des Departements «Energie, Mobilität und Umwelt». Wo kommt sie her? Wo will sie hin? Was sind ihre Ziele? EmpaNews fragte nach.

TEXT: Rainer Klose / BILDER: Empa

Zur Person

Brigitte Buchmann studierte Chemie an der Universität Zürich und promovierte 1988 auf dem Gebiet der metallorganischen Chemie. Seit 1989 ist sie an der Empa. 2002 übernahm die Forscherin die Leitung der Abteilung «Luftfremdstoffe/Umwelttechnik» und setzte erstmals flächendeckend Satellitendaten zur Untersuchung der Luftqualität in der Schweiz ein. Sie ist Mitglied der eidgenössischen Kommission für Weltraumfragen, Schweizer ESA-Delegierte und leitet seit 1995 das Weltkalibrierzentrum für Ozon im «Global Atmosphere Watch Programm» (GAW) der World Meteorological Organisation (WMO).

Frau Buchmann, Sie sind seit September Leiterin des Departements «Energie, Mobilität und Umwelt» – und damit Direktionsmitglied der Empa. Seit wann haben Sie diese Aufgaben auf sich zukommen sehen?

Unser Direktor, Gian Luca Bona, hat mich letztes Jahr im Sommer gefragt, ob ich das Departement von meinem Vorgänger Peter Hofer übernehmen möchte. Im Herbst entschied ich mich, diese neue Herausforderung anzunehmen. Anfang Dezember 2011 hat mich der ETH-Rat dann als neues Direktionsmitglied bestätigt.

Sie kennen das Departement und Ihr Arbeitsumfeld aber schon seit einigen Jahren?

Ja, ich bin schon seit Dezember 1989 im Departement. Die ersten zehn Jahre leitete ich eine Gruppe in der Abteilung «Luftfremdstoffe/Umwelttechnik» und danach führte ich weitere zehn Jahre die Abteilung selber.

Wie hat sich Ihr Aufgabenbereich in dieser Zeit gewandelt?

Zunächst einmal ist es wichtig zu wissen, dass sich die Empa in dieser Zeit stark verändert hat. Schon allein deshalb hat sich auch meine tägliche Arbeit auf allen Stufen stark gewandelt. Wir haben unsere Aktivität in jener Zeit von nationalen Forschungsprogrammen auf internationale Kooperationen ausgeweitet. Als Abteilungsleiterin habe ich den Weg begleitet, der uns vom reinen Messen von Daten wegführte hin zur Modellierung. Dadurch konnten wir die Qualität unserer wissenschaftlichen Aussagen wesentlich verbessern. Es ist immer etwas neu gestaltet worden, neu ausgerichtet oder neu organisiert. Die Empa – wie ich sie bislang erlebt habe – war immer in Bewegung.

Sie haben Ihr eigenes Fachgebiet gut im Blick. Nun kommen weitere Abteilungen hinzu. Was ist einfacher: das eigene «Gärtchen» zu pflegen oder sich in neue Aufgaben hineinzu-denken?

Beides ist interessant. Ich kenne längst viele Fachgebiete, weil ich bereits seit einiger Zeit Mitglied im Lenkungsausschuss des Empa-Forschungsschwerpunkts «Natürliche Ressourcen und Schadstoffe» war. So konnte ich viele Kolleginnen und Kollegen mit ihren Forschungsfeldern besser kennen lernen. Mit einigen

>>

Abteilungen führten wir auch schon gemeinsame Projekte durch. Ich selber bin in meinem wissenschaftlichen Leben gar nie so sehr einem bestimmten Forschungsgebiet verhaftet gewesen, sondern habe mich gern zwischen verschiedenen Sparten der Chemie bewegt.

Ein Beispiel?

Auch bei meiner Promotion in Chemie war das so. Ich habe mich mit der Metallorganik beschäftigt – das verlangt zum einen ein tiefes Verständnis für organische Synthesen und zugleich eine gute Stoffkenntnis aus der anorganischen Chemie.

Wie weit sind Sie jetzt in Ihrem Departement herumgekommen?

Ich war bereits in einigen Abteilungen zu Besuch und habe mit den Forschungsgruppen Gespräche geführt, etwa im Motorenhaus, in der analytischen Chemie und in der Abteilung «Festkörperchemie und -katalyse». Ich schätze den persönlichen Austausch über neue Projekte – das bringt mich bei der Ideenfindung weiter, als wenn ich nur Projektberichte und Forschungsgesuche lese.

Welche Herausforderungen sehen Sie für die Zukunft? Wie wollen Sie das Departement ausrichten?

Wir arbeiten in unserem Departement an einer Reihe von gesellschaftlich wichtigen Aufgaben, die in der nächsten Zeit viel Aufmerksamkeit verlangen, aber auch Aufmerksamkeit erzeugen werden. Viele Themen sind mit dem Bereich Energienutzung verknüpft: Wir suchen nach neuen Materialien und Ansätzen, mit denen sich die Energieeffizienz verbessern lässt, etwa im Bereich Mobilität, die ganz erheblich zu unserem Energieverbrauch beiträgt. Zurzeit bauen wir den «Mobility Demonstrator» auf, ein richtiges Grossprojekt. Mit ihm wollen wir verschiedene Mobilitätstypen – mit Wasserstoff betriebene Brennstoffzellenfahrzeuge, Gasfahrzeuge und Elektrofahrzeuge – weiterentwickeln beziehungsweise in der Praxis testen. Unser Ziel ist es, die gesamte künftige Mobilität auf eine nachhaltige, aber auch alltagstaugliche Basis zu stellen. Der «Mobility Demonstrator» ist eine Forschungs- und Technologietransfer-Plattform, in die immer wieder neue Ergebnisse aus der Empa-Forschung integriert werden.

Bei gesellschaftlich und politisch so wichtigen Themen nehme ich an, dass viele Politiker aus Bund und Kantonen bei Ihnen um Rat fragen. Spüren Sie einen solchen Wissensdurst?

Das Interesse ist in der Tat sehr gross, und unsere Abteilungsleitungen sind in der Politik auch sehr gut vernetzt, etwa Christian Bach mit dem Thema Mobilität, Andreas Züttel im Bereich Wasserstofftechnologie und Anke Weidenkaff, die unter anderem an Materialien für Brennstoffzellen forscht.

Ihr Departement heisst «Mobilität, Energie und Umwelt». Was tut sich im Bereich Umwelt?

Mit dem Thema Umwelt beschäftigt sich just die Abteilung, die ich in den letzten zehn Jahren geleitet habe. Ein Schwerpunkt ist die Untersuchung von anthropogenen – also vom Menschen verursachten – Emissionen. Dazu nutzen und entwickeln wir neue Modellansätze, aber auch hochspezialisierte Messgeräte. Zudem analysieren wir in den verschiedenen Abteilungen, welche Auswirkung neue Materialien und Technologien auf die Umwelt haben, etwa durch so genannte Lebenszyklusanalysen oder Ökobilanzen. Auf der Ressourcenseite untersuchen wir seltene – oder

«In der Forschung kann man nicht stehen bleiben, sondern gewinnt Erkenntnisse und baut darauf auf. Das ist nicht im Voraus planbar.»



zur Neige gehende – Rohstoffe, zum Beispiel Metalle wie Indium und Gallium, und versuchen zu ergründen, mit welchen Elementen sich diese ersetzen lassen, damit nicht in ein paar Jahren ein technologisches Nadelöhr entsteht, das die wirtschaftliche Entwicklung deutlich bremsen könnte.

Wir sprachen vorhin vom «Mobility Demonstrator», der immer mal wieder an die neuesten Erkenntnisse angepasst und neu konfiguriert wird. Gilt das nicht auch für Ihr ganzes Departement? Haben Sie eine Dauerbaustelle übernommen?

Dauerbaustelle – das klingt mir zu negativ. Aber es ist natürlich schon so, dass man sich in der Forschung immer wieder umorientiert. Man kann nicht stehen bleiben, sondern gewinnt neue Erkenntnisse und baut darauf auf. Solche Prozesse sind natürlich nicht über Jahre im Voraus zu planen – und gewisse Entwicklungen können sich auch auf die Ausrichtung einzelner Abteilungen auswirken. Wir müssen also flexibel bleiben, das liegt in der Natur unserer Tätigkeit, der Forschung. Was dagegen unverändert bleibt, ist unser Ziel: Wir wollen dank unserer Kompetenz und unseren Erfolgen in der praktischen Umsetzung für die Industrie und die öffentliche Hand der kompetente Partner für Innovationen sein. //

Olympische Ehren für Tensairity-Technologie

Grosse Bühne für die an der Empa entwickelte Tensairity-Technologie: An der Schlusszeremonie der Paralympics am 9. September im Londoner Olympiastadion schwebten 14 Meter lange, federleichte Tensairity-Elemente hoch über den Köpfen der rund 80 000 Zuschauerinnen und Zuschauer. Die drei halbmondförmigen Flugelemente bildeten die «Agitos» nach, das Symbol der Paralympics.

Die Organisatoren der olympischen Eröffnungs- und Schlussfeiern hatten sich auf der Suche nach den besten Ballon- oder Drachenenexperten an Rolf Luchsinger und Roland Verheul vom «Center for Synergetic Structures» gewandt – mit einer ganz speziellen «Wunschliste» im Gepäck: Sie träumten von ballonartigen Elementen mit geometrisch anspruchsvoller Form, die extrem leicht sind und sich innerhalb von Minuten aufblasen lassen. Als Lösung präsentierten die Empa-Forscher massgeschneiderte Tensairity-Elemente, die ursprünglich für den Leichtbau – etwa Bedachungen oder Brücken – entwickelt wurden. Die Elemente, die aus einer Membran, Stangen, Kabeln und Luft bestehen, werden derzeit auch als überdimensionale Flugdrachen eingesetzt und sollen in bis zu 1000 Meter Höhe künftig als fliegende Windenergieanlagen fungieren.



Closing Ceremony of the London 2012
Paralympic Games auf Youtube:
<http://youtu.be/pIRHMmM2z7c>

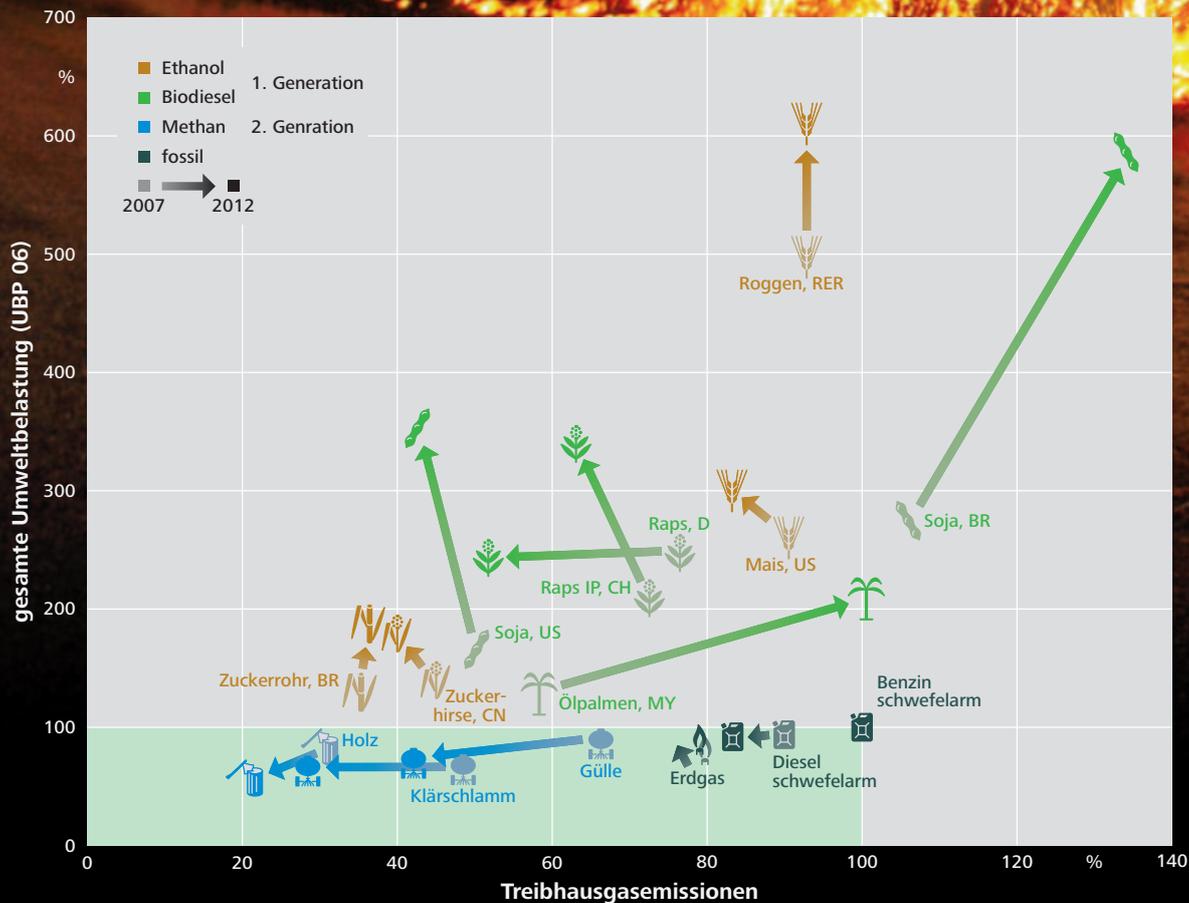
Projekt «Swiss Kite Power»: www.swisskitepower.ch



Biotreibstoffe: von wegen «grün»!

Erst top, dann Flop. So könnte die bisherige Geschichte der Biotreibstoffe zusammengefasst werden. Eine neue Studie der Empa hat die Ökobilanz verschiedener Biotreibstoffe und deren Produktionsverfahren analysiert. Insgesamt sind nur wenige umweltfreundlicher als Benzin.

TEXT: Michael Hagmann / BILD: Wikimedia.org



Biotreibstoffe werden weltweit aus verschiedenen Quellen gewonnen. Umweltbelastung und Treibhausgasemissionen fallen dabei unterschiedlich aus. Die Pfeile in der Grafik zeigen das Ergebnis aktueller Umweltrechnungen im Vergleich zu Berechnungen aus dem Jahr 2007. Vor allem Biotreibstoffe aus Getreide und Soja stehen schlecht da – selbst im Vergleich zu aus Erdöl erzeugtem Benzin.

Hintergrundbild: Brennendes Zuckerrohrfeld bei der Ernte in Australien.

In den letzten Jahren stieg die Nachfrage nach vermeintlich umweltfreundlichen Biotreibstoffen weltweit deutlich an; dies hatte einen vermehrten Anbau so genannter Energiepflanzen zur Folge. Parallel dazu haben Ökobilanzexperten die Methoden zur Umweltbeurteilung von Biotreibstoffen verfeinert und weiterentwickelt. Da Biotreibstoffe grösstenteils aus Agrarerzeugnissen stammen, geht es bei der teils kontroversen Diskussion über deren Umweltverträglichkeit darum, ob die Produktion von Biotreibstoffen aus ökologischer Sicht vertretbar ist, oder ob negative Auswirkungen überwiegen, etwa auf die Nahrungsmittelversorgung in Dürrezeiten oder die Eutrophierung der nutzbaren Böden.

Um darauf Antworten geben zu können, hat die Empa im Auftrag des Bundesamts für Energie (BFE) und in Zusammenarbeit mit der landwirtschaftlichen Forschungsanstalt ART und dem Paul Scherrer Institut (PSI) die Umweltbilanz zahlreicher Biotreibstoffe inklusive ihrer Produktionsketten analysiert. Im Vergleich zur weltweit ersten derartigen Ökobilanzstudie aus dem Jahr 2007, ebenfalls von der Empa, hat das Team unter der Leitung von Rainer Zah sowohl neuartige Energiepflanzen und Verarbeitungsprozesse einbezogen als auch die Bewertungsmethodik auf den neuesten Stand gebracht.

Weniger Treibhause – dafür andere Umweltbelastungen

Trotz erheblich grösserer Datengrundlage und «State-of-the-art»-Methodik kommt die aktuelle Studie dabei zum gleichen Schluss: Etliche Biotreibstoffe aus Agrarerzeugnissen helfen zwar, den Ausstoss an Treibhausgasen und «Ozonkillern» zu verringern, führen aber zu anderen Umweltschäden wie übersäuerte und überdüngte Böden oder Smog. «Die meisten Biotreibstoffe verlagern also lediglich die Umweltbelastungen: weniger Treibhausgase, dafür mehr anbaubedingte Schäden», so Zah. Daher weisen nur wenige Biotreibstoffe eine insgesamt bessere Ökobilanz auf als Benzin. Am umweltfreundlichsten ist Biogas aus Rest- oder Abfallstoffen, das – je nach Ausgangsmaterial – die Umwelt um ein Drittel weniger stark belastet als Benzin. Innerhalb der Biotreibstoffe haben Ethanol-basierte Treibstoffe eine tendenziell bessere Ökobilanz als diejenigen auf Öl-Basis; die Ergebnisse hängen allerdings erheblich von der individuellen Herstellungsart und -technologie ab.

Neue Erkenntnisse zur Treibhausgasbilanz von Biotreibstoffen

Die neue Berechnungsmethode erlaubte es Zah und seinen Kollegen, «Schwächen» der früheren Studie zu beheben. So unterschätzten die Forscher 2007 die Auswirkungen der Umwandlung natürlicher Flächen, etwa die Rodung von Regenwald, auf die Treibhausgasbilanz. Die aktuelle Studie zeigt, dass Biotreibstoffe aus Rodungsflächen in der Regel mehr Treibhausgase ausstossen als fossile Treibstoffe. Dies gilt auch für eine indirekte Landumwandlung: Werden bestehende Agrarflächen erstmals für die Biotreibstoffproduktion verwendet, müssen dafür Waldflächen gerodet werden, um die bisherige Nahrungsmittel- oder Futterproduktion aufrechtzuerhalten.

Positive Effekte können dagegen erzielt werden, wenn der Anbau von Energiepflanzen den Kohlenstoffgehalt des Bodens erhöht, beispielsweise durch Ölpalmen auf ungenutztem Weideland in Kolumbien oder durch Jatropha-Plantagen in Indien und Ostafrika, wodurch verödetes Land wieder urbar gemacht wurde. «Trotzdem kann man nicht generell von Jatropha als «Wunderpflanze» sprechen, da deren Ökobilanz in erster Linie von der landwirtschaftlichen Praxis vor Ort und der vorherigen Nutzung des Landes abhängt», so Zah. Sein Fazit: Jeder (neue) Biotreibstoff müsse daher genau und separat unter die Lupe genommen werden. //

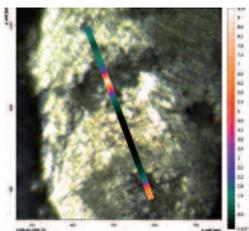
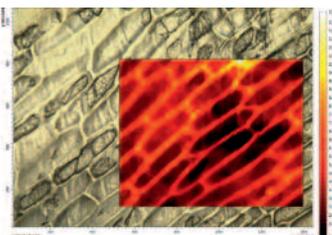


LUMOS

FT-IR-Mikroskopie
leicht gemacht



- Eigenständiges FT-IR-Mikroskop mit Voll-Automatisierung
- Höchster Komfort in der Bedienung
- Motorisierter ATR-Kristall mit integrierter Druckkontrolle
- Messungen in ATR, Transmission und Reflexion komplett automatisiert
- Hohe Qualität der visuellen und IR-spektroskopischen Ergebnisse



Weitere Informationen finden Sie unter:
www.brukeroptics.de • www.lumos-ir.de

Tel: (+41) (44) 825 9818

E-Mail: optics@bruker.ch

Innovation with Integrity

FT-IR



Vorhang zu – und Ruhe.

Lärm ist in vielen Bereichen ein grosser Störfaktor, den es zu beheben galt. Gemeinsam mit dem Industriepartner Weisbrod-Zürcher AG und der Textildesignerin Annette Douglas haben Empa-Forschende im Jahr 2011 ein neues Gewebe für leichte und trotzdem schall absorbierende Vorhänge entwickelt. Die neuen Textilien «schlucken» fünfmal mehr Schall als herkömmliche lichtdurchlässige Vorhänge. Als Gemeinsamkeit zwischen «neu» und «alt» bleibt einzig und allein die Lichtdurchlässigkeit der Stoffe. Die Vorhänge eignen sich bestens für Büros, Sitzungszimmer und auch in Restaurants.

Ausgezeichnet mit insgesamt vier Awards wurden die Lärm schluckenden Vorhänge ein echter Renner. Ab sofort sind die Vorhänge auf dem Markt erhältlich. Den weltweiten Vertrieb der Kollektion tätigt die Firma Vescom. Das Unternehmen Sangetsu wird die Kollektion zusätzlich in Japan vertreiben.

Den Verkauf in der Schweiz übernimmt die Designerin Annette Douglas selbst. Auf der Website www.douglas-textiles.ch sind weitere Informationen zu den drei verschiedenen Vorhangstoffen sowie zur Designerin selbst zu lesen.



Alles schon drin!



Die neue HP Z1 All-in-One Workstation.



Für Anpassungen ohne Werkzeug kann die HP Z1 einfach aufgeklappt werden.

HP Z1 Workstation – die weltweit erste All-in-One Workstation von HP.

Erwecken Sie Ihre Ideen zum Leben mit der HP Z1 All-in-One Workstation. Mit Power versehen durch Intel® Xeon® Prozessoren der Serie E3-1200 und ausgerüstet mit professioneller NVIDIA® Quadro® Grafik, ist dieses Gerät konsequent auf Ihre Bedürfnisse zugeschnitten – und meistert grafikintensive, datenhungrige Bildverarbeitungsaufgaben schnell und zuverlässig. Elegant, stilvoll und in sich geschlossen, ist die HP Z1 All-in-One Workstation mit einem weltweit einzigartigen 27-Zoll-Screen (68,6 cm) mit LED-Hintergrundbeleuchtung ausgerüstet.

Entdecken Sie jetzt die neue HP Z1 All-in-One Workstation!

Rufen Sie uns an: Tel. 044 859 10 10 oder besuchen Sie www.global-it.ch

Wir freuen uns auf Ihren Anruf. Gerne beraten wir Sie im persönlichen Gespräch und beantworten alle Ihre Fragen.

Global IT AG 
Informatic Technologies

EmpaNews auf dem iPad

ab Dezember 2012



Mehr
Multimedia
als je zuvor!



Veranstaltungen

12. November 2012

MedTech Day 2012

Von der Idee zum MedTech-Produkt
Empa, Dübendorf

26. November 2012

**Die Schweiz und die Klimaänderung –
Was, wenn es noch wärmer wird?**

Wissenschaftsapéro
Empa, Dübendorf

27. November 2012

Die Welt der Stähle

Kurs für Ingenieure, Technikerinnen und Konstrukteure
Empa, Dübendorf

11. Dezember 2012

**Die Wärmebehandlung, ein «Werkzeug» zur
gezielten Einstellung von Eigenschaften**

Kurs für Ingenieure, Technikerinnen und Konstrukteure
Empa, Dübendorf

January 21 – 25, 2013

7th International Symposium

Hydrogen and Energy

Seminar- und Wellnesshotel Stoos, Switzerland

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