

Forschen, um für die Zukunft gewappnet zu sein

Wo die ETH künftige Herausforderungen für unsere Gesellschaft ortet. **Von Mirjam Oertli**

Der Schwerpunkt dieser Sondernummer liegt auf dem Technologietransfer, der Schnittstelle zwischen Forschung und Wirtschaft. Damit aber Forschung überhaupt in jenen Bereichen tätig werden kann, deren Erforschung aus gesellschaftlicher und wirtschaftlicher Perspektive sinnvoll und nötig ist, muss sie strategisch vorgehen. Wo liegen die grossen Herausforderungen der Zukunft? Und welche Rolle soll die ETH Zürich bei diesen Herausforderungen spielen? Die Beantwortung dieser Fragen stand im Zentrum, als die Schulleitung der ETH vor einiger Zeit vier Wissens- und Wirkungsfelder definierte, die aus ihrer Sicht die Zukunft nachhaltig prägen werden:

1. Die **Informationswissenschaften** als Schlüsselbereich des 21. Jahrhunderts.
2. Die **Life Science oder Lebenswissenschaften**, von denen man sich medizinisch und technisch verwendbare Erkenntnisse über die gesamten Lebensvorgänge erhofft.
3. Die **Gestaltung unseres Lebens- und Kulturrums «Stadt und Landschaft»** in einer Welt die immer urbaner und globaler wird.
4. Das Themenfeld **Energie, natürliche Ressourcen und Nachhaltigkeit**, damit unsere Kinder einen intakten Lebensraum haben werden.

Wie wird an diesen Themen geforscht? Welches sind die künftigen Anwen-

dungsfelder in Wirtschaft und Gesellschaft? Und wo liegen die Chancen und Probleme? Antworten geben die vier Forschungsprojekte, die im Folgenden porträtiert werden und jeweils exemplarisch für eines der Zukunftsfelder stehen: Das Projekt «BTnode: Drahtlose Ad-hoc-Netze» untersucht, wie mobile Kommunikationsnetzwerke über kleine Prozessoren erstellt werden können, «Glyco Init» analysiert die Funktionen von Kohlenhydraten, das Glattalprojekt interessiert sich für den Zusammenhang zwischen Verkehr und Siedlungsentwicklung und das Paul-Scherrer-Institut forscht gemeinsam mit der ETH Zürich an der Umwandlung von Sonnenenergie in Wasserstoff.

«Eine Art Lego für Ingenieure»

Zukunftsfeld «Informationswissenschaften»: «BTnode: Drahtlose Ad-hoc-Netze» untersucht, wie die vielen Prozessoren in unserem Umfeld – ob bei Handy, PC oder Waschmaschine – als Kommunikationsknoten für drahtlose Netze genutzt werden können. **Von Mirjam Oertli**

Heutige drahtlose Kommunikationsnetzwerke setzen eine komplexe Infrastruktur mit vielen Basisstationen voraus. Gemessen an künftigen Möglichkeiten sind die aktuellen Netze zudem eher einfache Systeme. Nach neuartigen Methoden für mobile Netzwerke suchen Wissenschaftler im Rahmen des ETH-Forschungsprojektes «BTnode: Drahtlose Ad-hoc-Netze». Eingebettet ist das Pro-

jekt in das nationale Forschungsprogramm «Mobile Information and Communications Systems» (MICS).

Prozessoren – auch kaum sichtbare – gibt es überall

«MICS ist eines der grössten Projekte der Welt in diesem Bereich, wenn nicht das grösste», sagt Lothar Thiele, Professor am Institut für Technische Informatik und

Kommunikationsnetze der ETH sowie Leiter der Forschungsgruppe Computer Engineering. Verschiedene Forschungsanstalten und Universitäten sind im Forschungsverbund beteiligt, nebst der EPFL Lausanne und der ETH Zürich die Universitäten Bern, Lausanne, St. Gallen und Zürich und das Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique (CSEM). Über 30 Professoren und rund 70 Doktoranden sind im Projekt involviert.

«Früher gab es in einem Unternehmen einen Zentralrechner, der alle Berechnungen machte. Dann tauchten allmählich immer mehr PCs auf und heute kommt man täglich mit ganz vielen Prozessoren in Berührung, auch wenn sie kaum sichtbar sind», erklärt Thiele den Hintergrund der «Ad-hoc-Netze»-Forschung. Ob in Autos, Mobiltelefonen, MP3-Playern, Laptops oder in

Waschmaschinen: Überall sind solche Prozessoren. Was passiert nun, wenn die Zahl dieser Rechner in unserem Umfeld – wie zu erwarten ist – noch grösser wird? «Wenn ich heute mit dem Handy telefoniere, geht das über einen grossen Sendemast, also über eine Zentrale», sagt Thiele. «Wir untersuchen nun, wie das stattdessen über viele kleine Kommunikationsknoten laufen

könnte, die untereinander selbstorganisierend kommunizieren.» Neben theoretischen Untersuchungen habe die Forschungsarbeit an solchen Systemen auch einen erheblichen experimentellen Aspekt, erläutert Thieles Mitarbeiter Jan Beutel. «Sozusagen Lego für Ingenieure.»

Viel Potenzial im Bereich der Umweltbeobachtung

Seit vier Jahren läuft das MICS-Projekt und die Verlängerung für weitere vier Jahre steht an. Das Budget für die erste Phase betrug etwa 30 Millionen Franken. Hatte man sich bisher vor allem auf Grundlagenfragen konzentriert – Fragen im Bereich angewandte Mathematik, Informationstheorie und theoretische Informatik – sowie erste Prototypen erstellt, soll die zweite Phase mehr der Anwendung gewidmet werden.

Für drahtlose «Ad-hoc-Netze» gibt es drei wesentliche Anwendungsbereiche. Da ist zunächst das Pervasive oder Ubiquitous Computing, die Allgegenwärtigkeit von kleinsten, miteinander drahtlos vernetzten Computern. Viel Potenzial sieht Thiele auch im Bereich Umweltbeobachtung: «Wetterstationen sind heute aufwändig und sehr teuer. Man könnte die Messinstrumente in Form von Kommunikationsknoten sehr klein und billig herstellen.» Die Sensoren würden einmalig platziert und wären dann selbstorganisierend, d. h., sie fänden sich gegenseitig und überlieferten Signale. Auch Gletscherbewegungen, Ozon-Werte oder Lärm-Emissionen könnten so gemessen werden.

Der dritte Anwendungsbereich liegt in der Gebäudeautomation. Das heisst, dass man z. B. Klimasteuerung, Gebäudesicherheit und auch Multimedia-Anwendungen personalisiert bereitstellen kann. Thiele ist überzeugt: «Damit liessen sich sehr viele Kosten sparen, die sonst in die Verkabelung gesteckt werden.» Auch Kabelsalate gehörten dann



Bild: ETH Zürich

Über solche BTnodes, also Kommunikationsknoten (im Original 58 mal 33 Millimeter gross), werden in den mobilen Ad-hoc-Netzen Nachrichten übermittelt.

Zur Zukunft der Innovation: Paul Schönsleben



Was muss in der Schweiz geschehen, um langfristig die Innovationskraft zu erhalten und zu stärken?

«Verglichen mit der persönlichen Leistung sind die realisierten Ansprüche an den Lebensstandard hier zu Lande im Allgemeinen wohl zu hoch. Wir verbrennen damit unser Vermögen (im weitesten Sinne verstanden). Hier ist eine radikale Änderung im Bewusstsein nötig. Wie steht es bei uns mit dem Arbeitseinsatz jedes einzelnen verglichen mit demjenigen z. B. in China (Aktionäre, Topmanagement, Studierende und (Früh-?)Pensionierte eingeschlossen)?»

Wo sehen Sie den Forschungs- und Innovationsstandort Schweiz und die ETH in 15 Jahren?

«Geben wir uns nicht Illusionen bezüglich einer von uns einseitig gewünschten Teilung der Wertschöpfung hin, z. B. «billige Arbeit in China, hoch qualifizierte Arbeit bei uns» oder «Produktion in China, Wissens- und Denkarbeit (Innovation und Design) bei uns». Wenn es uns nicht gelingt, auch die Produktion hier zu behalten, dann wird es auch mit dem Forschungs- und Innovationsstandort Schweiz zu Ende sein.»

Prof. Dr. Paul Schönsleben ist Leiter des Departements «Management, Technology, and Economics» der ETH Zürich

der Vergangenheit an. Neben dem erhofften Komfort würde aber auch der Energieverbrauch wesentlich reduziert.

Um immer wieder einen «Reality Check» vorzunehmen, wird Wert auf die Beteiligung der Industrie gelegt. So gibt es einerseits Industriebeteiligungen

auf der MICS-Projektebene: Ein «Liaison Program», an dem rund zehn Firmen beteiligt sind, u. a. IBM, Microsoft, Samsung, Siemens und Swisscom. Andererseits werden auf der Ebene der «Ad-hoc-Netze» die Prototypen der Kommunikationsknoten von der Industrie her-

gestellt, konkret vom ETH-Spin-off «Art of Technology». Zudem gibt es auch direkte Kooperationen mit Firmen für spezifische Anwendungen. Denn Thiele betont: «Die Partner aus der Industrie sollen unbedingt ihre Bedürfnisse in das Projekt einfließen lassen können».

Zucker als Treibstoff für Spitzenforscher

Zukunftsfeld «Life Science»: Das Projekt «Glyco Init – The Zurich Glycomics Initiative» erforscht die noch weitgehend unbekannt Funktionen von Kohlenhydraten. **Von Irina Kisseloff**

Wer Zucker hört, denkt an Kaffee oder die zahnschädigende Wirkung dieses Stoffs, aber kaum daran, dass keine Zelle in ihren Prozessen ohne Zucker auskommt. «Kohlenhydrate sind einerseits Energielieferant, als Oligosaccharide aber auch zentrale Komponenten im Informationsnetzwerk von Zellen», sagt Professor Markus Aebi, Leiter des Instituts für Mikrobiologie und Mitinitiant von «Glyco Init – The Zurich Glycomics Initiative». Wenig erforscht seien die Zucker bisher, an ihrer Biosynthese sind unzählige Proteine beteiligt, weshalb sie sich nicht so linear ableiten lässt, wie die Entstehung der Proteine aus der DNA.

Geld aus Wettbewerb

Würden wir verstehen, wie Zucker aufgebaut werden und welche Funktionen sie haben, liessen sich z. B. Rückschlüsse ziehen auf Erbkrankheiten und könnten neue Impfstoffe entwickelt werden. «Wir stossen fremdes Gewebe ab, weil es einen falschen Zucker an der Oberfläche hat», erklärt Aebi und ist überzeugt: «Die Glykobiologie ist ein zukunftsträchtiges Gebiet. Deshalb möchten wir an der ETH ein Top-Forschungszentrum in diesem Bereich aufbauen.» Glyco Init ist 2003 gestartet und war

eines der ersten drei Projekte, die im Rahmen der im selben Jahr lancierten Innovations-Initiative (Init) der ETH Forschungsgelder erhielten. Mit dem Wettbewerbsverfahren der Init will die ETH Zürich neue Forschungsschwerpunkte finden und diese gezielt mit 250 000 Franken pro Projekt und Jahr unterstützen. Weshalb hat unter 19 Anträgen Glyco Init einen Zuschlag bekommen? «Weil wir mit dieser Initiative einen Kristalli-

sationspunkt schaffen, der hochkarätige Forscher anzieht, wie z. B. Peter Seeberger, der vom MIT kam», sagt Aebi.

Das Geld aus dem Init-Wettbewerb setzt die Glyco Community für einen Post Doc und einen Laboranten auf dem Gebiet der Glykobiologie sowie für internationale Referenten ein. «Und wir erweitern auf dieser Grundlage das technische und wissenschaftliche Know-how des «Glyco-Forum»».



Standortvorteil dank Infrastruktur: Mit diesem Massenspektrometer lassen sich Kohlenhydrate genauestens analysieren.

An der multidisziplinären Plattform sind bereits mehr als 10 Forschungsgruppen aus Biologie, Biochemie, Chemie, Biophysik, Informatik und Medizin der ETH und der Universität Zürich sowie Industrievertreter beteiligt. Von Anfang an hätten sie das Projekt auch für die Uni geöffnet, obwohl es ETH-finanziert ist: «Es zählt das gebündelte Know-how im Raum Zürich, egal ob an der ETH oder an der Uni. Damit schaffen wir einen Standortvorteil, der weitere Spit-

zenforscher nach Zürich bringt.» Und das, sagt Aebi, sei das entscheidende an der Forschung, «dass sie über Interaktionen neue Erkenntnisse schafft».

Neuartige Schmiermittel

Wo dereinst die vielfältigen Anwendungsgebiete der Zuck erforschung liegen, lässt sich bereits abschätzen: Neben der pränatalen Diagnose von Erbkrankheiten und der Entwicklung von Impf-

stoffen sieht Aebi Potenzial für die Materialwissenschaften: «Zucker haben besondere Eigenschaften. Sowohl der Knorpel als auch das Schmiermittel in unseren Gelenken bestehen aus Kohlenhydraten. Und die Schmiermittel der Ingenieure kommen noch nicht an die biologischen heran.» Deshalb ist für Aebi klar: «Die Zusammenarbeit mit der Industrie soll verstärkt werden – wir hoffen, dass die Industrie erkennt, dass hier an etwas für sie Spannendem geforscht wird.»

Das Glattal – die fast perfekte Peripherie

Zukunftsfeld «Gestaltung unseres Lebens- und Kulturrums»: Verkehrsinfrastruktur und Siedlungsentwicklung hängen eng zusammen. Wie die Abhängigkeiten aussehen, untersucht die ETH Zürich am Beispiel des Glattals im Norden von Zürich. **Von Irina Kisseloff**

Mobilität per Zug, Auto oder Bus bis in jeden Winkel des Landes ist uns heute eine Selbstverständlichkeit. Wo noch mehr Mobilität durch neue Strassen oder Zugstrecken möglich wäre, sollte investiert werden. Oder etwa nicht? «Nicht jede weitere Investition in die Verkehrsinfrastruktur bringt volkswirtschaftlichen Gewinn», sagt Kay W. Axhausen, Professor für Verkehrsplanung an der ETH Zürich, und macht damit gleich die zentralen Fragen seines Forschungsbereichs deutlich: Wie verändern sich die Strukturen unseres Lebens- und Kulturrums im Laufe der Zeit, welche Auswirkungen hat das und wie sind daraus abgeleitet Investitionsprioritäten zu setzen?

Ein autodominiertes Dorf

Um solche komplexen Fragestellungen zu beantworten, braucht es zunächst vor allem eines: Datensätze ohne Ende. Im Rahmen des Forschungsschwerpunktes «Zukunft urbaner Kulturland-

schaften» (ZUK), der exemplarisch das Glattal im Norden von Zürich untersucht, seien sie mit einer fünfseitigen Liste von benötigten Datensätzen auf Datenjagd, sagt Urs Waldner. Er interessiert sich in seiner Dissertation im Teilprojekt «Infrastruktur, Erreichbarkeit und Raumentwicklung» des ZUK insbesondere für den Einfluss von Lärm auf die Siedlungsentwicklung – ein sehr aktuelles Thema im flughafennahen Glattal.

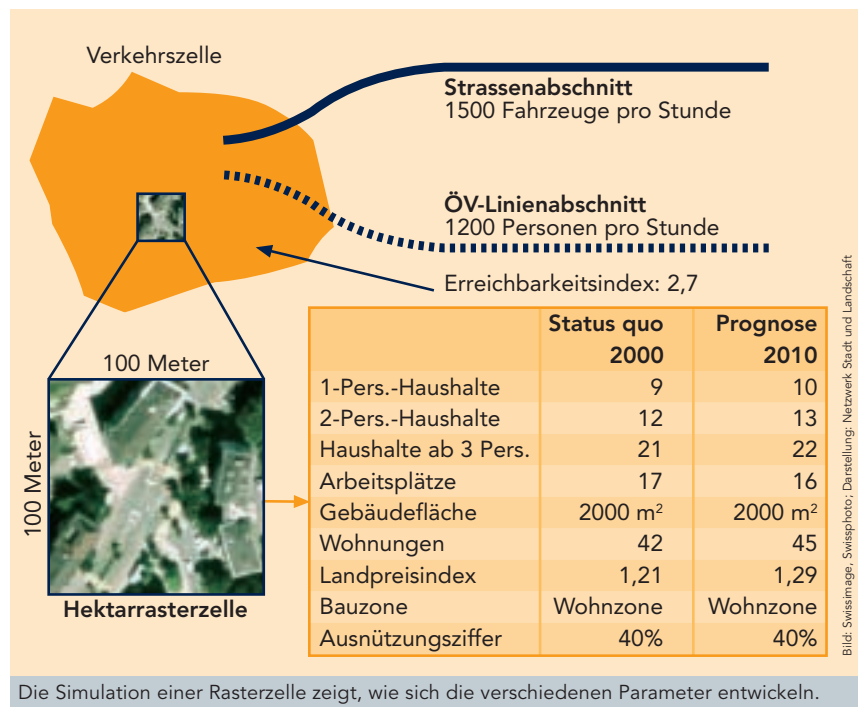
Wieso aber steht gerade das Glattal so im Mittelpunkt des Forscherinteresses? «Der stark vernetzte Lebensraum Glattal mit seinen 170 000 Einwohnern und 120 000 Arbeitsplätzen ist die fast perfekte Peripherie», sagt Axhausen. «Es ist eine Ansammlung von zu schnell gewachsenen Dörfern, hat viele Einkaufszentren, aber kein Zentrum, ist sehr autodominiert und städtebaulich nicht befriedigend», ergänzt Waldner. In solchen «Zwischenstädten» finde heute das Wachstum statt, sie seien die grosse Herausforderung unserer Zeit: «Wie wirkt sich die Verstädterung aus,

der riesige Ressourcenverbrauch dieser Gebiete? Was passiert, wenn in 30 Jahren die Preise für die Verkehrsnutzung in die Höhe schiessen, weil das günstige Erdöl durch teurere Energie ersetzt werden muss? Auf solche Fragen gilt es künftig Antworten zu finden», zeigt Axhausen die Bedeutung des Zukunftsfeldes «Gestaltung unseres Lebens- und Kulturrums» auf.

Die Entwicklung einer Rasterzelle in 15 Jahren

Ein kleines Stück Antworten liefern das ZUK-Projekt und seine vielen Teilprojekte. Urs Waldner und zwei weitere Doktoranden untersuchen in ihrem Teilprojekt, dem knapp eine halbe Million Franken Budget zu Grunde liegt, die Interaktionen zwischen Verkehr und Siedlungsentwicklung. Um da Szenarien für einen Zeitraum von 15 Jahren entwerfen zu können, modellieren die Forscher die Entwicklung des Glattals in Flächeneinheiten von 100 mal 100 Metern (Hektarrasterzellen). Dafür füt-

tern sie ihre Simulationssoftware mit allen Datensätzen der fünfseitigen Liste, darunter auch Daten aus eigenen Befragungen. Ziel ist es, Informationen über Zuzug und Wegzug von Haushalten und Arbeitsplätzen zu erhalten, über die Entwicklung der Bautätigkeit und der Landpreise. Steht das Modell erst einmal, können verschiedene Szenarien abgefragt und verglichen werden: Wohin zieht es Menschen und Arbeitsplätze, wenn die Stadtbahn Glattal erweitert oder die Nordumfahrung von Zürich ausgebaut wird? Abnehmer der Erkenntnisse der ETH-Forscher ist in erster Linie die öffentliche Hand; der Link zur Wirtschaft entsteht in der Regel dann, wenn die jungen Wissenschaftler nach der Dissertation mit ihrem Know-how selbstständige Berater werden.



Autofahren mit Sonnenenergie – auch bei Nacht und Nebel

Zukunftsfeld «Energien, natürliche Ressourcen und Nachhaltigkeit»: Das Projekt «Wasserstoff aus Sonnenenergie» erforscht, wie Sonnenlicht in chemische Energie umgewandelt werden kann, um Solarenergie lager- und transportfähig zu machen. **Von Mirjam Oertli**

Mit Sonnenenergie liesse sich der Energiebedarf der ganzen Weltbevölkerung theoretisch problemlos und sauber decken. Praktisch stellen sich allerdings einige Probleme: Erstens ist Sonnenenergie nur periodisch vorhanden, denn die Sonne scheint nicht ununterbrochen. Zweitens ist die Sonneneinstrahlung nicht gleichmässig über den Erdball verteilt und drittens erreicht sie nur verdünnt die Erde. Gerade im Winter ist der Energiebedarf in nördlichen Gebieten wie z. B. der Schweiz am höchsten. Also genau dann, wenn Dauer und Intensität der Sonneneinstrahlung am geringsten sind. Wie kann diesem Problem begeg-

net werden? «Indem man Sonnenenergie in transportfähige chemische Energie umwandelt. So können wir die Probleme von Zeit und Distanz überwinden», sagt Professor Aldo Steinfeld vom Institut für Energietechnik an der ETH Zürich und Leiter des Labors für Solartechnik am Paul-Scherrer-Institut (PSI).

Wasserstoff gewinnen aus südeuropäischer Sonne

Das ist die Thematik, mit der sich das PSI und die ETH Zürich im Rahmen des Forschungsprogramms «Solarchemie» auseinandersetzen. Seit rund zehn Jahren besteht das Programm, in das heute

ungefähr 30 Personen in rund acht Projekten involviert sind.

Unter anderem geht es in den Projekten auch um Fragen, die sich mit der Umwandlung von Sonnenenergie in Wasserstoff beschäftigen. Mit so genannten thermochemischen Kreisprozessen könnte man zum Beispiel in Südeuropa aus Wasser und Sonnenlicht Wasserstoff gewinnen. Wird dieser Wasserstoff – nun transportfähige Energie – in die Schweiz geliefert, kann er z. B. von einem Brennstoffzellen-Auto genutzt werden. «Es lässt sich dann mit gutem Gewissen sagen, <ich fahre mit Solarenergie> und das auch in der Nacht oder wenn es regnet», betont Steinfeld.

Schwerpunkte der Forschung sind einerseits das so genannte «Chemical Reactor Engineering». Dabei steht das Design, die Fabrikation, das Testen und die Optimierung der Solarreaktoren im Vordergrund. Andererseits will man durch grundlegende physikalische und

chemische Studien verstehen, wie die Interaktion zwischen Sonnenstrahlung und thermochemischen Systemen funktioniert, um effizientere Reaktoren kreieren zu können.

Erfolge sind bereits zu verbuchen: In einem von der EU geförderten For-

schungsprojekt zur chemischen Speicherung von Sonnenenergie (SOLZINC) haben führende europäische Forschungsinstitute aus Frankreich, Israel und Schweden zusammen mit dem PSI und der ETH Zürich Ende letzten Jahres eine 300-Kilowatt-Pilotanlage zur energieintensiven Herstellung von Zink bei Temperaturen über 1200 Grad Celsius realisiert und am «Weizmann Institute of Science» in Rehovot, Israel, in Betrieb genommen. Besonders attraktive Anwendungen des Zinks sind seine Umwandlung in elektrischen Strom in Zink/Luft-Brennstoffzellen sowie die Herstellung von Wasserstoff durch seine Reaktion mit Wasserdampf. Die solare Reaktortechnologie ist eine Schweizer Entwicklung des PSI und der ETH Zürich. «Wir konnten damit die Umwandlung von Sonnenenergie in rund eine halbe Megawattstunde chemische Energie demonstrieren», sagt Steinfeld. Ziel sei es, in weiteren fünf bis zehn Jahren diese Menge auf zehn Megawattstunden zu erhöhen und den Prozess in grossem Massstab experimentell zu demonstrieren, damit die Resultate auch für die Industrie interessant werden.



Mittels Solaranlagen testet das PSI chemische Prozesse in Hochtemperatur-Solarreaktoren.

Zur Zukunft der Innovation: Peter Grüschow



Was muss in der Schweiz geschehen, um langfristig die Innovationskraft zu erhalten und zu stärken?

«Ein wichtiges Stichwort ist die Kommunikation. Gerade in Zeiten, in denen «Zeit» kostbarer ist denn je, ist es von zentraler Bedeutung, dass wir uns genügend Zeit für die Kommunikation nehmen. Nur im intensiven Dialog zwischen Wirtschaft, Politik und Hochschulen lassen sich wichtige Trends – in der Gesellschaft genauso wie bezüglich Technologien – rechtzeitig erkennen und die richtigen Prioritäten setzen.»

Wo sehen Sie den Forschungs- und Innovationsstandort Schweiz und die ETH in 15 Jahren?

«Um die internationale Wettbewerbsfähigkeit auch in Zukunft zu gewährleisten, braucht es nicht zuletzt auf Grund der beschränkten finanziellen Mittel unbedingt eine Konzentration der Kräfte. Die Bedeutung der internationalen Zusammenarbeit steigt stetig und muss entsprechend gefördert werden. Grundsätzlich bin ich der Meinung, dass ein Staat wie die Schweiz gut beraten ist, bei der Bildung nicht zu sparen. So werden die Schweizer Hochschulen auch in 15 Jahren noch zur europäischen Elite gehören.»

Peter Grüschow ist Generaldirektor und Delegierter des Verwaltungsrates von Siemens Schweiz

Offensichtlicher Nutzen

Die Industrie ist allerdings bereits heute schon finanziell involviert. So wird z. B. ein Projekt – die solare Herstellung von Wasserstoff aus Erdöl-Koks, einem Abfallprodukt bei der Erdölproduktion – von der Ölfirma PDVSA (Petróleos de Venezuela) finanziert.

Nach dem Nutzen des Forschungsprogramms «Solarchemie» muss Steinfeld nicht lange suchen: «Es ist offensichtlich: Sonnenlicht ist eine saubere, universelle und nachhaltige Energiequelle. Solare Brennstoffe wie Zink und Wasserstoff können für eine umweltfreundliche Energieversorgung genutzt werden und einen Beitrag leisten zur Lösung der Klimaproblematik.»