Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 88 (1997)

Heft: 10

Rubrik: Technik und Wissenschaft = Technique et sciences

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Technik und Wissenschaft
Technique et sciences

100 000 und 1 000 000 Dächer

Mit einem 100 000-Dächer-Programm probt Japan den Einstieg in die grossindustrielle Fertigung solartechnischer Anlagen. Die US-Regierung bereitet mit einem Eine-Million-Dächerprogramm für Solarzellen die «dominierende Rolle der US-Hersteller auf dem Solartechnologiemarkt des 21. Jahrhunderts vor».

Das grösste Solardach der Welt

(sie) Auf den Dächern der Messe München wird noch in diesem Jahr die grösste Solarstrom-Dachanlage der Welt installiert. Siemens Solar ist Generalunternehmer und liefert die Solarmodule mit einer Gesamtspitzenleistung von über einem Megawatt.

Die geplante Photovoltaik-Dachanlage auf den sechs nördlichen Hallen der Münchner Messe wird pro Jahr rund eine Million Kilowattstunden in das Messenetz einspeisen und damit im Durchschnitt etwa 4% des Strombedarfes der Münchner Messe liefern. Die kalkulatorischen Kosten des Solarstromes sind deutlich höher als der Tarif für den Strom aus dem Netz der Stadtwerke. Die wirtschaftliche Bedeutung des Projektes liegt daher hauptsächlich darin, vielen Millionen Messebesuchern, vor allem aus Entwicklungsländern, die technischen, wirtschaftlichen und umweltschonenden Eigenschaften der Photovoltaik zu demonstrieren.

In sonnenreichen Ländern würde der Strom der neuen Anlage ausreichen, um

- 20 000 Haushalte in ländlichen Gebieten der Dritten Welt zu versorgen (gegenüber 340 Haushalten in Deutschland), oder
- 500 000 Menschen in der Sahel-Zone täglich 40 Liter Wasser pro Kopf zu liefern, oder
- 500 ländliche Kliniken in der Dritten Welt zu betreiben, die für etwa drei Millionen Menschen die medizinische Grundversorgung liefern könnten.

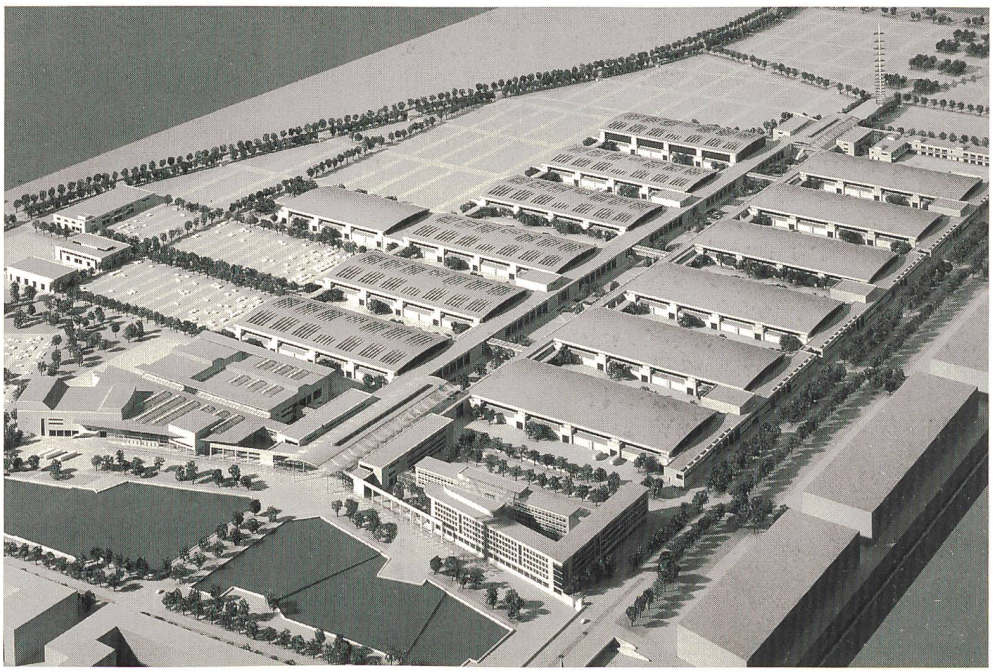
Die Anlage wird eine Reihe technischer Neuerungen aufweisen, deren Erprobung in einer Grossanlage für die Entwicklung der Photovoltaik wichtig ist. Hierzu gehören:

- Der Einsatz von monokristallinen Solarzellen der neuen Siemens TOPS(TM)-Technologie in einem bisher einzigartigen Solarmodul, das für diese Anlage entwikkelt wurde und für künftige Grossanlagen optimal geeignet ist.
- Die Erprobung einer Aufbautechnik mit berührungssicheren Steckern.
- Die erstmalige Verwendung einer zentralen Wechselrichtereinheit in einer Grossanlage mit modernsten USV-Seriengeräten (unterbrechungsfreie Stromversorgung) von Siemens.

Ziel des Projektes ist in erster Linie zu zeigen, dass und wie eine photovoltaische Grossanlage auf den Dächern eines Baukomplexes funktioniert. Durch Optimierung und Weiterentwicklung sollen zudem die Kosten unter die heute üblichen Werte gesenkt werden, wovon dann auch kleinere Anlagen profitieren können. Durch seine Grösse und exponierte Lage auf der Messe München wird das Solardach ein Vorzeigeobjekt ersten Ranges für Photovoltaik sein und das Wissen über diese noch junge Form der Energieerzeugung weiterverbreiten. Um diese Ziele zu erreichen, wurde die Solardach München-Riem GmbH gegründet. An ihr sind das Bayernwerk mit 72% sowie Siemens und die Stadtwerke München zu je 14% beteiligt. Gefördert wird das 15-Millionen-Mark-Projekt zu 20% vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie und zu 10% vom Bundesforschungsministerium.

Solargeneratoren – Welche Wege führen in die Zukunft?

(fab) Schon in den frühen 80er Jahren begannen verschiedenste Hersteller kristalliner Solargeneratoren Alternativen zu den klassischen Zellentypen zu suchen. Einer der Hauptgründe dazu war die Erkenntnis, dass es eigentlich aus ökologischer Sicht unsinnig ist, Siliziumscheiben von $^{3}/_{10}$ bis $^{5}/_{10}$ mm aus hochfeinem, teu-



1-MW-Photovoltaik-Dachanlage für die neue Messe München.

Kostengünstiger Solarstrom dank neuem Baumaterial

(at) Ein neuer Solarschiefer revolutioniert die Photovoltaikbranche. Er wandelt Sonnenenergie in elektrischen Strom und gelangt in Dächern und Fassaden zum Einsatz. Das neue Dach- und Fassadensystem nennt sich Sunslates™ und ist von der Atlantis Solar Systeme AG entwickelt worden.

Bisher wurde die Solarstromerzeugung in breiten Kreisen als zu teuer bezeichnet, die Elemente – vorwiegend auf Dächern montiert oder Feldern aufgestellt – galten als hässlich und zu platzraubend.

Die Sunslates-Dächer und -Fassaden sind attraktiv und werden auf die gleiche Weise gebaut und installiert wie die traditionellen, langjährig bewährten Dach- und Fassadenschiefer. Das heisst auch, dass Sunslates™ der Gestaltungsfreiheit in Form und Farbe kaum Grenzen setzt. Der technologische Aufbau des neuen Systems basiert ebenfalls auf den Schieferplatten, die bisher bereits in grossen Mengen gefertigt wurden und die nun neu im Verbund mit den Solarzellen den kompakten «Solarschiefer» bilden.

Die Sunslates-Elemente sind zur kostengünstigen Massenfertigung geeignet. Erhebliche Kostenvorteile ergeben sich für das Sunslates-System zusätzlich auch durch den weitgehenden Wegfall von Planungs- und Installationskosten ebenso wie von Befestigungselementen. Hinzu kommt die Wertvermehrung des Solarsystems, weil dieses ja gleichzeitig Baumaterial ist.

In der Schweiz alleine werden jährlich mehrere Millionen m^2 Schrägdächer gebaut bzw. erneuert, 1995 zum Beispiel über 10 Mio. m^2 Dächer und Fassaden, trotz Baukrise. Bei einem Installationsvolumen von 100 0000 m^2 pro Jahr (etwa 2000 Dächer) liegen die Solarstrompreise bereits unter 50 Rp. pro kWh.

Bedeutende Projekte, die Atlantis für des Sunslates™-System im Ausland realisiert, sowie eine Partnerschaft mit einem grösseren US-Elektrizitätsunternehmen in Deutschland ermöglichten der Firma anfangs Januar 1997 die Aufnahme der Fabrikation in der Schweiz. Die Solarzellen selbst werden importiert. Atlantis ist bereit, ein industrielles Konsortium zu bilden und eine erste Produktionsanlage mit einer Jahresleistung von 100 000 m^2 (10 MW) zu realisieren, wobei die Anlage die Fabrikation der Solarzellen mit einschliesst.

Solarschiefer Dach- und Fassadensystem (Bild Atlantis Solar Systeme AG).

rem Halbleiter-Silizium herauszuschneiden, um dann lediglich etwa einen Sechstel eines Tausendstel Millimeter für die dem Licht ausgesetzte N-Diffusionszone zu nutzen. Macht man die Scheiben dünner, muss leider mit einem rapiden Anstieg der mechanischen Ausfallrate gerechnet werden.

Als Ausweg aus diesem Dilemma begann man Dünnfilmzellen mit den unterschiedlichsten Materialien wie Silizium, Cadmium-Tellurid, Kupfer-Diselenid wie auch Gallium-Verbindungen zu entwickeln. Trotz ambitiöser Zielsetzungen kamen alle diese Forschungsprojekte nur wesentlich langsamer voran als ursprünglich geplant. Insbesondere blieben die erreichbaren Wirkungsgrade beträchtlich hinter den Erwartungen zurück. Dies führte am Anfang dieses Jahrzehnts zu einer eigentlichen Renaissance der kristallinen Zellen, die nun plötzlich nochmals an Wirkungsgrad zulegten und auch kosmetisch eine Reihe von Verbesserungen erfuhren. Auch in ökologischer Hinsicht war es möglich, einige Schritte weiterzukommen. Als Beispiel sei die Sqround-Zelle von Siemens Solar erwähnt, die mit weniger Silizium mehr Energie erzeugen kann als jedes andere vergleichbare Produkt.

Engpässe

Dennoch, mit einer Jahresproduktion weltweit von über 90-MW-Peak-Leistung im Jahre 1996 geriet die Photovoltaik im Herbst 96 in eine unerwartete Produktionskrise. Ganz plötzlich war nicht mehr genügend reines Rohsilizium auf dem Weltmarkt verfügbar, was praktisch alle Hersteller zwang, die Lieferungen zu kontingentieren. Ob und wie sich die Situation wieder bessern wird, lässt sich heute noch nicht voraussagen. Mit Sicherheit aber arbeitet die Zeit für die Hersteller preis- und materialgünstiger Dünnfilmzellen.

Nicht alle Produzenten hatten mit ihren Entwicklungen das gleiche Glück. So sind schon vor einiger Zeit wichtige Anbieter durch Konkurs aus dem Markt ausgestiegen, andere haben die Produktion eingestellt, bevor es soweit war. Bis zu einem gewissen Grad muss man sich allerdings wundern, mit welch untauglichen Produkten einige Firmen aufgetreten sind. Eines der Hauptprobleme mit auf ein Trägerglas aufgebrachten dünnen Schichten ist die Tatsache, dass die Gläser nach dem Bearbeiten auf die endgültigen Abmessungen geschnitten werden müssen.

Dünnfilmzellen ab der Rolle

Doch es gibt Möglichkeiten, diesen Problemen aus dem Weg zu gehen. Mit ihrem in einem «Rolle-zu-Rolle»-Herstellungsverfahren produziert Uni Solar-Canon quasi Endlos-Solarzellen auf der Basis eines nur etwa 0,12 mm dicken Chromstahlbandes, welches bei Durchlaufen von neun Plasma-Kammern mit einer «Trippelzelle» beschichtet wird. Insgesamt sind die entstehenden neun Schichten kaum einen Tausendstel Millimeter dick, also 400- bis 500mal dünner als eine kristalline Zelle. Die eigentlichen Dünnfilmzellen müssen nun nur noch von der Rolle geschnitten, kontaktiert und in einer geeigneten Verpackung (unter Kunststoffolien oder unter Glas) versiegelt werden.

Hier sei noch die «Dünnfilm-auf-Keramik»-Zelle von Astropower erwähnt. Hier spricht man zwar auch von dünnen, aufgespritzten polykristallinen Schichten, die aber rund 100mal dicker sind als jene der klassischen Dünnfilmzellen.

Fabrimex AG

Strom-Telefon

(zk) Auf einiges Interesse stiess die «Nest-Power-Line»-Technologie von Novell. Die Firma hat eine Möglichkeit entwickelt, nicht nur hochratig Daten übers Niederspannungsnetz zu schicken, sondern auch über die «Stromstrippe» zu telefonieren. Marktreife Geräte sollen bald verfügbar sein. Novell möchte sein System nicht nur zur Datenübertragung genutzt sehen, sondern auch fürs Gebäudemanagement und zur Druckervernetzung.

Wenn die Gebäudefassade als Solarkraftwerk dient ...

(pey) Eine eigentliche «Fabrik der Zukunft» steht heute in Oberentfelden AG: das neue Produktions-, Verwaltungs- und Lagergebäude der Wasag Bürstentechnologie. Als Pionierleistung im Alternativenergiebereich wurde bei diesem Industriekomplex auf dem nach Süden gerichteten Hochregallager eine Solaranlage – bestehend aus einer 640 m² grossen Photovoltaikanlage und aus einer 500-m²-Solarwall – installiert. Dieses Energiesystem wurde vom Bund als sogenanntes Pilot- und Demonstrationsprojekt (P+D) finanziell unterstützt und soll weitere Nachahmer finden.

Solaranlage als sinnvolle Baukomponente

Die Anordnung des Neubaus wurde so gestaltet, dass im Verhältnis zum Innenraum eine minimale Aussenfassade mit überdurchschnittlicher Isolation entstand. Grosse Erdauflagen auf den Dächern klimatisieren das Gebäude mit der natürlichen Schwammbildung zur Regenwasserrückhaltung. Mit Bewegungsschaltern und Lichtmengensteuerung wird die Beleuchtung den Bedürfnissen angepasst oder ganz ausgeschaltet. Das Hochregallager wird ausschliesslich mit der Kompressorenabwärme geheizt. Alle Nebenaggregate und die Absaugvorrichtungen sind mit der Maschinenbetriebszeit gekoppelt. Die gereinigte Absaugluft wird in die Räume zurückgeführt.

Eine *Photovoltaikanlage* ist primär Stromerzeuger. Im Wasag-Neubau wurde diese aber gleichzeitig als funktioneller Gebäudekörper (Baukomponente) und als Wärmeerzeuger eingesetzt. Die *Solarwall* ist ein speziell *perforiertes Fassadenblech*, welches als Wärmeerzeuger eingesetzt wird. Die Solarwall wurde in der Schweiz zum ersten Male am Wasag-Neubau in Oberentfelden auf einer Fläche von 500 m² als grösste derartige Anlage in Europa montiert.

Die Photovoltaikanlage besteht aus einem Dach- und aus einem Fassadenteil. Der 450 m² grosse Dachteil funktioniert dabei gleichzeitig als Dach für das Hochregallager. Mit dieser Dachkonstruktion wird gezeigt, dass Photovoltaikpanele heute sinnvoll in Gebäudekonzepte integriert werden können und als architektonisches und bautechnisches Gestaltungselement sehr geeignet sind. Die durch den Architekten gewählte Lösung für die Dachintegration ist sowohl formal als auch funktionell überzeugend.

Solargenerator Dach	
l Anzahl Module:	280 Stück
l Nennleistung$_{tot}$:	48 kW$_p$
l Modulfläche:	450 m²
l Neigung:	20°/30°/45°
Solargenerator Fassade	
l Anzahl Module:	200 Stück
l Nennleistung$_{tot}$:	17 kW$_p$
l Modulfläche:	190 m²
l Neigung:	45°
Solarwall	
l Fläche:	500 m²
l Fabrikat:	Alcan
Wechselrichter	
l Fabrikat:	Invertomatic
l Typ:	Eco Power
l Nennleistung:	60 kW
Solarmodule	
l Fabrikat:	Solution
l Zellentyp:	Siemens
l Wirkungsgrad:	~12%

Technische Daten der Solaranlage.

Unkonventionelles Energiekonzept

Auf der Südseite des Hochregallagers wurde anstelle eines normalen Trapez-Fassadenblechs eine Solarwall montiert. Mit einer gezwungenen Strömung wird die Aussenluft durch speziell integrierte Löcher in einen Luftkanal hinter die Fassade gesaugt. Am oberen Ende der Fassade wird die erwärmte Luft gefasst. Die gewonnene Wärmeenergie wird über die Lüftungsmonoblöcke für Heizung und Lüftung wiederverwendet.

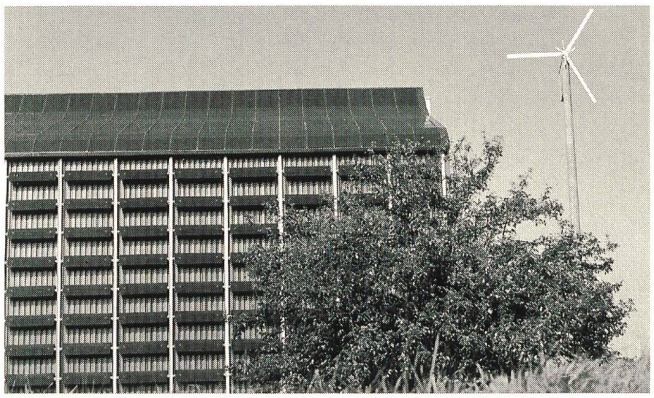
Auf der vorgehängten Stahlkonstruktion an der Südfassade sind total 190 m² Solarmodule mit 17 kW$_p$ montiert. Über einen *Wechselrichter* wird die gewonnene Energie aufbereitet und im eigenen Betrieb genutzt oder als Überproduktion ins öffentliche Netz eingespiesen. Wenn die Luft über die Solarwall angesaugt wird, werden die Panele gleichzeitig gekühlt und die entstehende Wärme zurückgewonnen. Die *Kombination* Photovoltaikanlage und Solarwall wird in Oberentfelden weltweit zum ersten Male getestet.

Da der grösste Teil der Wärme natürlich während der Sommermonate anfällt, wo allerdings jeweils kein nennenswerter Wärmebedarf vorliegt, wurden drei grosse Wärmespeicher mit 78 m³ Speichervolumen installiert, um die Phasenverschiebung zwischen Wärmeerzeugung (Sommer) und Wärmebedarf (Winter) teilweise zu überbrücken.

Nach anfänglichen Problemen mit dem Wechselrichter läuft die Photovoltaikanlage heute den Erwartungen entsprechend. Die jährliche Stromproduktion der Photovoltaikanlage ist auf rund 57 000 kWh veranschlagt. Die einzelnen Anlageteile der Heizungs- und Lüftungsanlage wurden zwischenzeitlich über ein *zentrales Leitsystem* optimiert.

Werner Peyer

In Oberentfelden AG steht dieser zukunftweisende Industrieneubau der Wasag Bürstentechnologie. Über die Hälfte des Bruttowärmebedarfes in diesem Neubau wird durch Abwärme und durch in der Solarwall (links im Bild) erwärmte Aussenluft gedeckt. (Fotos: Wasag)

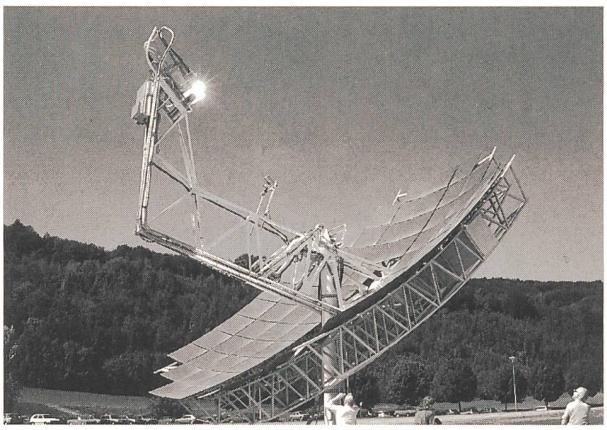


Teilansicht des Daches und der Südfassade des am Neubau angegliederten Hochregallagers: Blick auf die Solarwall – ein speziell perforiertes Fassadenblech mit integrierten Photovoltaikmodulen, das als Wärmeerzeuger eingesetzt wird. Die Photovoltaikanlage besteht aus einem Dach- und aus einem Fassadenteil.

Cern: Neues Experiment mit Antimaterie

(sva) Warum besteht unser Universum vollumfänglich aus Materie, wenn während dem Urknall – wie angenommen – die gleichen Mengen Materie und Antimaterie erzeugt wurden? Hat die Schwerkraft dieselbe Wirkung auf Antimaterie wie auf Materie? Diese und an-

Zement aus Sonnenenergie



(psi) Im Brennpunkt des Parabolspiegels am Paul Scherrer Institut können die PSI-Fachleute in ihrem Solarreaktor Kalk mit 80prozentiger Ausbeute in Zement umwandeln. Sie studieren an diesem Solarkonzentrator bei mehr als 2000 °C auch mit Erfolg neue Möglichkeiten der Sonnenenergie-Speicherung. (Foto: PSI)

dere Fragen wird ein neues Experiment mit Antimaterie, das am Europäischen Laboratorium für Teilchenphysik (Cern) durchgeführt werden soll, möglicherweise beantworten können.

Der Antiprotonen-Verzögerer (Antiproton Decelerator, AD), den das Cern dafür bauen wird, soll rund SFr. 7 Mio. kosten. Finanziert wird er mit besonderen Zuwendungen verschiedener Länder. Der AD entsteht durch den Umbau des bereits bestehenden Antiprotonen-Kollektors (erzeugt und speichert Antiprotonen) in eine Maschine, die ihrerseits die Antiprotonen niedriger Energie (5,8 Mega-Elektronvolt) zusätzlich verzögern, abkühlen und aussenden kann.

Der AD wird frühestens im Frühjahr 1999 in Betrieb genommen und soll es erlauben, mit Antiprotonen von niedrigster Energie zu arbeiten, insbesondere für den Zweck der Anti-Wasserstoff-Forschung.

Kernfusionsreaktor abgeschaltet

(a) Der Forschungsreaktor Tokamak an der Universität Princeton ist wegen Sparmassnahmen der US-Bundesbehörden abgeschaltet worden. Selbst in den letzten 15 Arbeitsstunden hat es noch bahnbrechende Experimente gegeben. Trotz aller Forschung ist es aber bisher nicht gelungen, die Kernfusion so weit zu entwickeln, dass tatsächlich ein Energieüberschuss erwirtschaftet wird.

Nachdem allein die US-Forschung im vergangenen halben Jahrhundert rund 8,2 Milliarden Dollar in diesem Bereich aufwandte, sind die Forscher inzwischen zu der Überzeugung gelangt, dass sie noch Jahrzehnte von ihrem Ziel entfernt sind. Der Reaktor stellte 1994 den immer noch gültigen Rekord für die Kernfusionsleistung auf (eine Sekunde auf 10,7 MW). Das Geld, das die US-Regierung der Universität weiter zur Verfügung stellt, reicht aus, um die theoretische Forschung weiterzuführen und einen kleineren Reaktor zu bauen.

Neuartige Kondensatoren für schlankere Lokomotiven

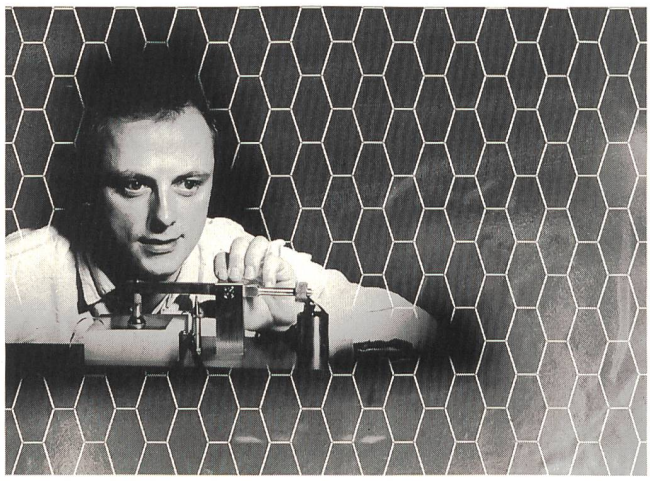
(nfp) Kondensatoren im Gesamtgewicht von fünf Tonnen sind auf einer Lokomotive 2000 der SBB installiert. Sie beanspruchen rund ein Viertel des Innenraumes einer Lok. Während Leistungselektronik-Bauteile immer kompakter wurden, blieben Kondensatoren voluminös und schwer. Dank neuartigen in der Schweiz entwickelten Kondensatoren lässt sich nun der Raumbedarf bei gleicher Kapazität auf etwa die Hälfte verringern. Sogar Kondensatoren mit auf 40% verringertem Volumen wurden bereits während einem Jahr in einem TGV mit Erfolg getestet. Grundlage dieser Innovation ist die Zusammenarbeit zwischen dem Kondensatorhersteller Condis SA, dem ABB Forschungszentrum und der Forschungsgruppe Festkörperphysik an der Universität Freiburg. Die Erfahrung, welche die Freiburger Wissenschafter in das Projekt einbrachten, hatten sie im Rahmen des Nationalen Forschungsprogrammes «Chemie und Physik an Oberflächen» (NFP 24) des Schweizerischen Nationalfonds gewonnen.

Das Spezialwissen der Forscher umfasst zum Beispiel Methoden zum Metallisieren besonders behandelter Kunststoffolien und Kenntnisse, wie diese Folien auf elektrische Felder oder Temperaturerhöhungen reagieren. In den Kondensatoren wird elektrische Ladung auf aufgewickelten, metallisierten Kunststoffolien gespeichert. Die neuen Kondensatoren sind viel kompakter und leichter als die herkömmlich auf Lokomotiven eingesetzten, weil sie sich mit wesentlich höheren Spannungen und damit mit höherer Energiedichte betreiben lassen, ohne dass elektrische Durchschläge durch die Folie erfolgen. Zudem bleibt der Kondensator bei einem Durchschlag intakt, weil dank der Aufgliederung der Metallschicht in kleine sechseckige Segmente die Zerstörung der Folie lokal begrenzt wird.

Mobile Reinigungslaser

(lot) Die Reinigung von Oberflächen mit Laserlicht ist nicht nur ein innovatives, sondern bei bestimmten Materialien auch ein besonders effizientes, einfaches und schonendes Verfahren. Darüber hinaus führt eine zunehmende Sensibilisierung gegenüber Umweltaspekten zu einem zusätzlichen Interesse an dieser Technik.

Die Funktionsweise ist einfach: Die hohe Spitzenleistung eines Laserpulses generiert ein Plasma, das auf der Oberfläche des angestrahlten Materials eine Schockwelle erzeugt. Der hieraus resultierende photomechanische Effekt zerkleinert und löst die oberste Schicht. Kleine Teilchen werden von der Oberfläche geschleudert. Durch die extrem kurze Dauer der Laserpulse erwärmt sich die Oberfläche nicht, und eine thermische Beschädigung des unter der Schmutzschicht befindlichen Grundmaterials ist ausgeschlossen.



Im Hintergrund die hexagonal segmentierte Metallisierung der Kunststoffolien-Oberfläche, die als Ladungsträger für die neuen Kondensatoren verwendet wird. Im Vordergrund die Einrichtung zur Messung der elektrischen Durchschlagfestigkeit.