

Solararchitektur

# Sonnenstrom

Photovoltaik direkt in die Gebäudehülle zu integrieren ist der Traum vieler Architekten. Doch die passenden Solarmodule sind keine Massenware und deshalb teuer. Neue Halbleiter und die wachsende Auswahl an Elementen wecken allmählich aber auch das Interesse der Bauherren.

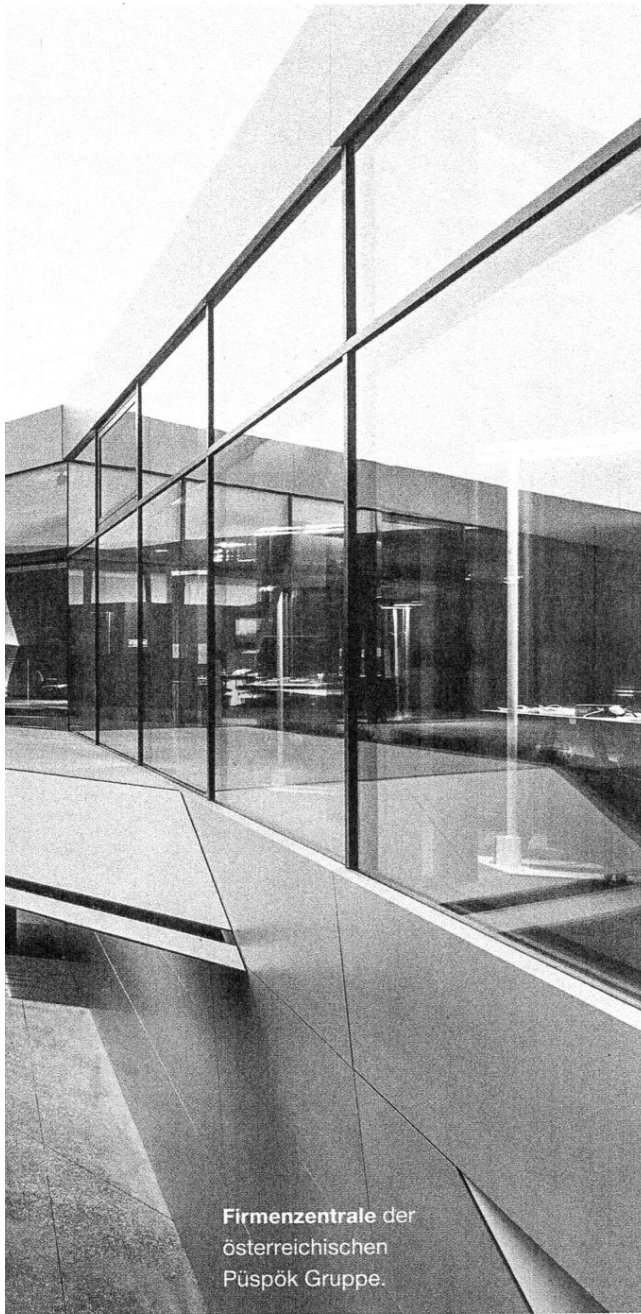
## aus der Fassade

Was in Deutschland bisher kaum funktioniert, fluppt in Dänemark: Der dänische Staat verabschiedet eine neue, strengere Energieeinsparverordnung, und die Immobilienwirtschaft reagiert prompt mit kreativen Erneuerbare-Energien-Projekten. So hat das Wohnungsbauunternehmen Boliggården

auf zehn seiner Mehrfamilienhäuser in der Stadt Helsingør Photovoltaikanlagen mit einer Leistung von 56,4 Kilowatt installiert. Das Besondere: Die Solarmodule wurden als Ergänzung zu bereits bestehenden Solar-dächern in die Dächer von 75 Balkonen der obersten Etagen der Häuser integriert. Dadurch werden die

staatlichen Auflagen erfüllt und die insgesamt 225 Wohnungen erhalten kostengünstig Strom, heißt es bei Boliggården.

Geht man nach den Prognosen des US-amerikanischen Marktforschungsunternehmens N-Tech Research, dürften auf dieses Projekt viele weitere folgen. Die Analysten sehen die ge-



Firmenzentrale der österreichischen Pöpsch Gruppe.

Foto: Hertha Hummels

bäudeintegrierte Photovoltaik vor dem Durchbruch und schätzen, dass das weltweite Marktvolumen von Glas, das speziell für die Anforderungen der BIPV (Building-integrated Photovoltaics) hergestellt wird, von derzeit einer Milliarde auf 6,3 Milliarden Euro im Jahr 2022 steigen wird. Grund für diese Prognose sind deutliche Preissenkungen für Module, die sich zum einen aus günstigeren

Die Länder haben ihre Unterstützung für die Solarenergie stark zurückgefahren

organischen Halbleitermaterialien und zum Zweiten aus Partnerschaften zwischen Solar- und Glasfirmen ergeben. „Dadurch erwarten wir eine Neugestaltung der Fertigungsstrategien und Lieferketten“, erklären die N-Tech-Analysten. Noch ist die gebäudeintegrierte Photovoltaik aber nur eine Nischenanwendung. Von den rund 40 Gigawatt Solarstromleistung, die 2014 weltweit neu

errichtet wurde, entfiel nur knapp ein Gigawatt auf Fassadenanlagen – das entspricht einem Marktanteil von gerade einmal 2,5 Prozent. Ein Wachstumshemmnis sind die relativ hohen Kosten der Fassadenelemente. Um das zu ändern, müssen die Produktionen erweitert und effizienter werden. Das ist möglich, indem sich die Hersteller etwa auf wettbewerbsfähige Marktsegmente der BIPV und die Produktion vorgefertigter Elemente konzentrieren.

Ebenso wichtig wird es sein, die Technik ins Blickfeld der Architekten zu rücken. Sie setzen Trends und sind für die Bauherren die entscheidenden

Die Nachfrage nach Spezialglas für die BIPV versechsfacht sich bis 2022

Impulsgeber. Bisher hält sich ihr Interesse an Solarfassaden jedoch in Grenzen, wobei die hohen Kosten dafür nur ein Grund sind. Viele europäische Länder sind dem Beispiel Deutschlands gefolgt und haben die Solarförderung drastisch gekürzt. „Unter diesen Bedingungen hat es die gebäudeintegrierte Photovoltaik schwer“, sagt Tobias Bube vom Architekturbüro Rolf-Disch-Solararchitektur aus Freiburg. Hinzu kommen technische Vorbehalte. So nutzen Fassadenelemente das Licht nicht so effizient wie zur Sonne geneigte Module auf dem Dach. „Das ist rein physikalisch schwierig“, sagt Michael Zach von der Firma Zach-Architekten aus dem bayerischen Otterfing.

Dennoch ist ein Erfolg der BIPV nicht ausgeschlossen, denn sie kann wesentlich zum Klimaschutz beitragen. Die Mitgliedsstaaten der Europäischen Union (EU) haben sich darauf verständigt, ihre Treibhausgasemissionen bis 2030 um mindestens 40 Pro-

zent gegenüber 1990 zu reduzieren, die Energieeffizienz um 27 Prozent zu erhöhen und einen Erneuerbare-Energien-Anteil am Gesamtenergieverbrauch von 27 Prozent zu erreichen.

Gebäude stehen dabei besonders im Fokus. Neubauten sollen ab 2020 fast keine Energie mehr für Heizung, Warmwasser, Lüftung und Kühlung benötigen und den restlichen Energiebedarf selbst decken. Die BIPV könnte ins Spiel kommen, wenn Dächer zur Solarstromproduktion fehlen oder in Bürogebäuden besonders ästhetische Lösungen gefragt sind. Außerdem entwickeln sich technische Neuen-

erungen für Fassadenelemente schnell. Dadurch sinken die Kosten und erhöht sich der Gestaltungsspielraum. Ein Beispiel für den Effizienzfortschritt liefert das neue Solarmodul *T-Pedge*, das das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg gemeinsam mit Industriepartnern entwickelt hat. Die ersten 70 Module dieses Typs wurden im November zu Demonstrationszwecken an der Außenfassade eines ISE-Laborgebäudes in Freiburg angebracht. Sie basieren auf sogenannten Metal-Wrap-Through (MWT)-Zellen aus kristallinem Silizium, die sämtliche Stromanschlüsse auf der Rückseite tragen. So bleibt die Front frei, und es kann mehr Licht eindringen; der Wirkungsgrad steigt auf über 20 Prozent. Das MWT-Konzept ist nicht neu, setzte sich wegen der relativ aufwendigen Produktion aber bisher nicht durch. Das könnte sich ändern: „Wir haben den Prozess vereinfacht“, erklärt ISE-Wissenschaftler Harry Wirth. ▶



**Hocheffizienzfassade:**  
Freiburger Solarforscher  
testen neuartige kristalline  
Siliziummodule in der  
Gebäudehülle ihres Instituts.

che von 307 Quadratmetern  
passend mit Modulen zu be-  
stücken, lieferte Ertext nicht  
nur Elemente in verschiede-  
nen Formen, sondern auch  
in besonderer Größe. Inge-  
samt wurden 72 Module ver-  
baut; im Schnitt misst ein Ele-  
ment also vier Quadratmeter  
und ist somit etwa doppelt  
so groß wie ein Standardmodul. Trotz semitransparenter  
Ausführung und lichter Be-  
legung der Zel-  
len erreicht ein  
Ertext-Modul aber  
immer noch gute  
555 Watt. Zum

glas mit verschiedenen Far-  
ben, Mustern, Strukturen und  
Transparenzgraden realisie-  
ren, außerdem bedrucktes  
Rückseitenglas und Einkap-  
selungsfolien. Auch farbige  
und semitransparente Solar-  
zellen sowie ge-  
färbte Lötverbin-  
der sind möglich.  
„Auf diese Weise  
ist die Solarzellen-  
struktur kaum mehr wahr-  
nehmbar“, erklärt Moor.

Neue Technik macht  
herkömmlichen  
Siliziummodulen  
Konkurrenz

Vergleich: Die besten mono-  
kristallinen Standardmodule  
kommen auf 300 Watt. Das  
zeigt, dass sich der Wider-  
spruch zwischen Ästhetik  
und Leistung in der gebäude-  
integrierten Photovoltaik all-  
mählich auflöst.

Die Manz CIGS Technolo-  
gy hingegen setzt bei ihren  
BIPV-Elementen nicht auf  
kristalline, sondern auf Dünn-  
schichttechnik. Das Unter- ▶

Zeit und Kosten werden  
auch im Modulbau gespart.  
In der Regel werden die Zel-  
len zwischen Folien laminiert,  
um sie vor Witte-  
rungseinflüssen  
zu schützen. An-  
schließend wird  
das Modul zur  
Stabilisierung in einen Alu-  
miniumrahmen gefasst. Bei  
*T-Pedge* werden die Zellen  
punktuell zwischen zwei  
Glasscheiben fixiert – der Ein-  
satz von Folien und das Lami-  
nieren entfallen dadurch. Ein  
thermoplastisches Material  
dient schließlich zur Randab-  
dichtung, was wiederum den  
teuren Alurahmen spart. „Die  
Gesamtkosten des Moduls re-  
duzieren sich so um mehr als  
zehn Prozent“, sagt Wirth.  
Weitere Kostensenkungen  
erhoffen sich die Entwickler  
von rasch steigenden Produk-  
tionsmengen. „Wir haben das  
Modul für den Massenmarkt  
entwickelt. Die BIPV ist dabei  
nur eine Anwendungsmög-  
lichkeit.“

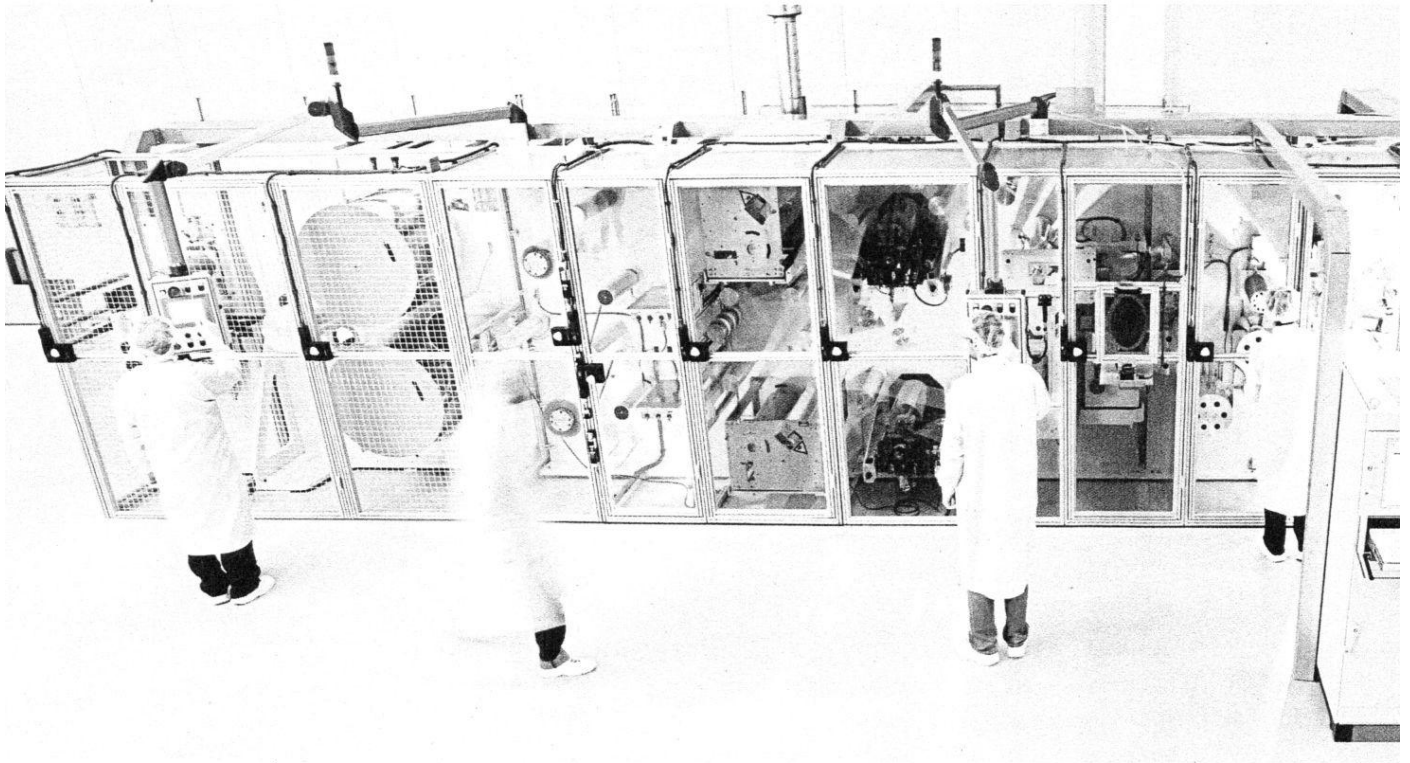
Neuentwicklungen  
sorgen für sinkende  
Preise bei den  
Fassadenelementen

hat das Unternehmen nach  
Angaben von Marketing-Ge-  
schäftsführer Dieter Moor  
gemeinsam mit Architekten,  
Glas- und Solar-  
herstellern Mo-  
dule mit unter-  
schiedlichem  
Erscheinungsbild  
entwickelt. Jede Ebene eines  
Moduls vom vorderen bis  
zum rückseitigen Glas kann  
strukturiert und eingefärbt  
werden. So lasse sich Front-

**Komplett solar:** Dank gut handhabbarer und ästhetisch erscheinender Dünnschichtmodule  
lassen sich Gebäude vollständig in Solartechnik hüllen.



Auch die Firma Ertext-  
Solartechnik aus dem öster-  
reichischen Amstetten setzt  
vorwiegend hocheffiziente  
Siliziumzellen in ihren Fassa-  
denelementen ein. Um Archi-  
tekten möglichst viel Gestal-  
tungsfreiheit zu ermöglichen,



**Schlanke Linie:** Innovative Fertigungsverfahren erleichtern die Produktion von Solarelementen und senken die Kosten der BIPV. Zu den neueren Ansätzen zählt auch die Rolle-zu-Rolle-Technik der Firma Heliatek.

nehmen entwickelt Produktionslinien für Module auf Basis der Elemente Kupfer, Indium, Gallium und Selen und fertigt im süddeutschen Schwäbisch Hall BIPV-Module in diversen, frei wählbaren Dimensionen und Formen. Manz dampft die photoaktive CIGS-Schicht im Vakuum hauchdünn auf Glas auf – dieser Prozess erlaubt variable Modulgrößen und Sonderformen, so Geschäftsführer Bernd Sprecher. Nicht nur die Vielfalt, sondern auch der verbesserte Wirkungsgrad spricht für die Dünnschicht. Bisher waren die Paneele kaum gefragt, weil sie Licht nur mit rund zehn Prozent Effizienz in Strom umwandelten. Das hat sich dank optimierter Produktionsverfahren geändert. CIGS-Module von Manz erreichen mittlerweile fast 15 Prozent Wirkungsgrad, langfristig seien sogar 20 Prozent möglich, erklärt Bernd Sprecher: „Im

Labor werden solche Werte bereits erzielt.“ Damit würde die Dünnschicht in Effizienzbereiche vordringen, die bisher klassischen Siliziummodulen vorbehalten waren.

Dank neuer Halbleiter dürften sich den Architekten künftig noch mehr Gestaltungsspielräume mit Solartechnik bieten. So arbeiten in dem öffentlich geförderten Projekt „Transparente organische Photovoltaik“ verschiedene Unternehmen und Institute daran, organische Photovoltaikfolien für Fenster, Sonnenschutzverglasung und Durchsichtsfassaden zu entwickeln. Der generelle Vorteil der Folien gegenüber der herkömmlichen Photovoltaik besteht darin, dass die Elemente besser handhabbar sind und auch in unregelmäßig geformte Fassaden eingebettet werden können,

Flexible Solarfolien erlangen Marktreife und interessieren Architekten

erklärt Kathleen Walter, Sprecherin der Dredner Firma Heliatek, die die organischen Folien herstellt. Außerdem verspricht die Technik niedrige Produktionskosten, da die winzigen photoaktiven Moleküle (Oligomere) ausreichend verfügbar sind und sich im effizienten Rolle-zu-Rolle-Verfahren auf Folie abscheiden

lassen. Das ist weitaus weniger aufwendig als die Produktion von kristallinen Siliziumzellen, deren Rohlinge – die Wafer – erst aus einem massiven Block gesägt werden müssen, ehe sie zu Zellen weiterverarbeitet werden können.

In der Baubranche kommen die solaren Leichtgewichte offenbar gut an. „Wir werden mit Anfragen für Pilotprojekte regelrecht überrannt“, sagt Kathleen Walter. Noch hat Heliatek aber nicht

alle kritischen Punkte gelöst. Folien aus der Pilotproduktion erreichen derzeit einen Wirkungsgrad von sieben bis acht Prozent. In der geplanten Großproduktion will Heliatek diesen Wert auf zwölf Prozent erhöhen. Hier sollen künftig statt wie bisher 50.000 Quadratmeter eine Million Quadratmeter Solarfolie pro Jahr produziert werden. Dann will Heliatek auch breitere Bahnen von bis zu 1,20 Meter herstellen. Die Pilotlinie bringt derzeit nur 30 Zentimeter breite Bahnen hervor. „Dadurch würde sich der Installationsaufwand deutlich verringern“, so Walter.

Neben den organischen Solarfolien halten Wissenschaftler ein weiteres Ass für die BIPV in der Hand: Zellen aus Perowskit. Das Mineral lässt sich ähnlich einfach und sparsam verarbeiten wie Oligomere, kann aber Son-

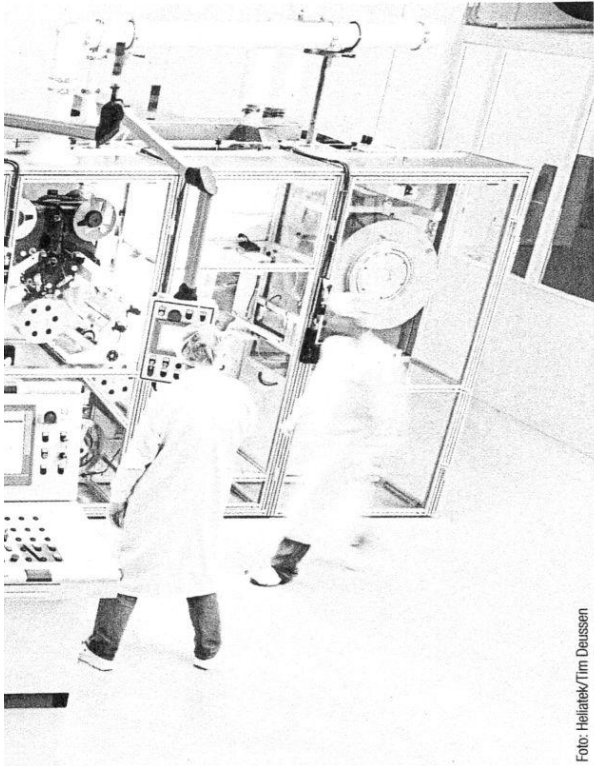


Foto: Heliatek/Tim Deussen

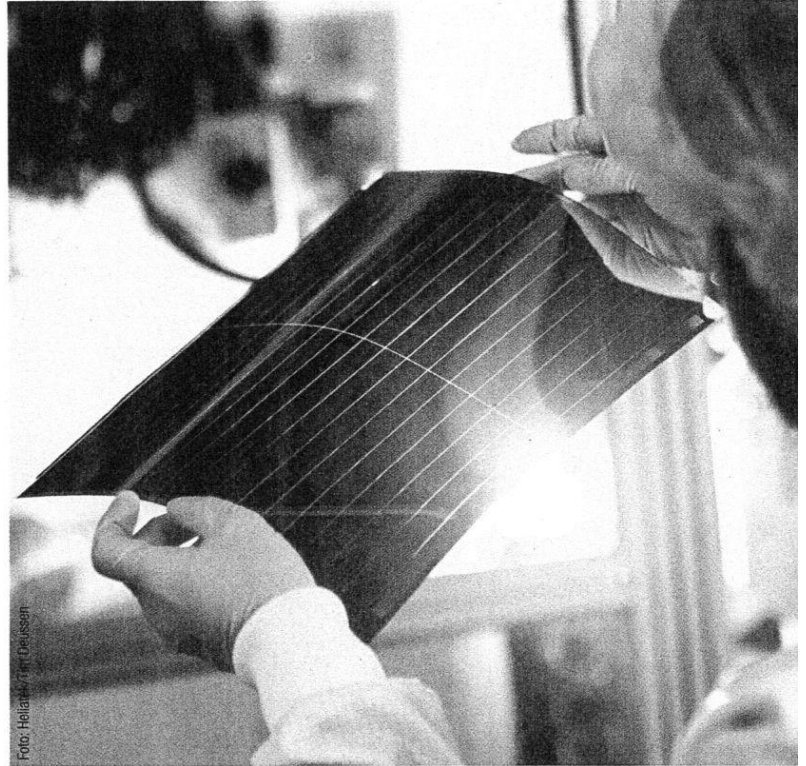


Foto: Heliatek/Tim Deussen

**Fast durchsichtig:** Flexible, halbdurchsichtige Solarfolien zählen zu den neuesten Errungenschaften.

nenlicht noch effizienter in Strom umwandeln. Ein Forschungsteam unter Leitung der Professoren Michael Grätzel und Anders Hagfeldt an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Lausanne (EPFL) hat im vergangenen Dezember einen neuen Rekordwert für den Wirkungs-

grad von Perowskitzellen von 21,02 Prozent aufgestellt. Damit erhöhten sie den bisherigen Perowskitrekord um fast einen Prozentpunkt, was in der Photovoltaik als große Errungenschaft gilt. Die Zelle basiert unter anderem auf winzigen Bleikristallen, die in verschiedene ultradünne

Schichten eingebracht und in eine schützende Versiegelung eingebettet sind. Dennoch erzeugte der neue Lichtsammeler ebenso viel elektrische Energie wie eine 150-fach dickere Siliziumzelle. Gelänge es, Perowskitzellen für die BIPV nutzbar zu machen, gäbe es keine technischen

**Herausforderung:**  
Forscher tüfteln an  
stromerzeugenden  
Fenstern

Heliateks Oligomere gilt, gilt noch mehr für Perowskite: Sie sind extrem empfindlich und müssen besonders gut vor äußeren Einflüssen geschützt werden. „Es geht darum, ihre Stabilität zu erhöhen“, erklärt Dyesol-Sprecherin Eva Reuter. Das Unternehmen will 2018 die Serienfertigung der

Perowskitzellen starten. Dafür plant es in der Türkei eine neue Fabrik mit 600 Megawatt Jahreskapazität. Die nötigen Mittel sollen unter anderem aus einer erfolgreichen Kapitalerhöhung stammen, die Dyesol im Dezember gut fünf Millionen Euro einbrachte. Gelingt die Massenproduktion der günstigen und vielseitigen Perowskitzellen, dürfte das der BIPV einen gehörigen Schub verleihen, auf den Architekten und Bauherren nur warten. □

Sascha Rentzing



Foto: © Alain Herzog/EPFL

**Pionier:** Der Solarforscher Michael Grätzel gilt als einer der Wegbereiter hauchdünner, farbstoffbasierter Solarzellen.

und Kostenhemmnisse mehr. Die Europäische Union fördert deshalb die Weiterentwicklung der Technik über ihr Programm „Horizont 2020“ mit insgesamt rund drei Millionen Euro. Konkretes Ziel von „Got Solar“, so der Name des Forschungsprojekts, an dem neben Zellenentwickler Dyesol sechs europäische Forschungseinrichtungen beteiligt sind, ist die Entwicklung einer für die industrielle Produktion geeigneten Versiegelungstechnik der Zellen. Denn was für