

LESO-PB: Laboratorium für Sonnenenergie und Gebäudephysik brachte Farbe in die Fassade

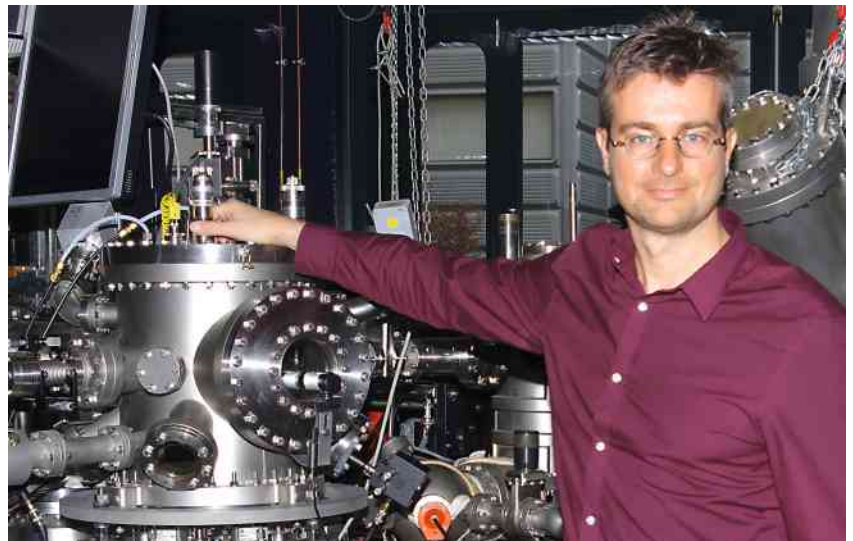
Fassadenintegration mit farbigen Oberflächen

Am Anfang stand der Wunsch, Sonnenkollektoren für eine Fassadenintegration mit farbigen Deckgläsern ausstatten zu können. Das Forschungsteam des LESO-PB-Laboratorium für Sonnenenergie und Gebäudephysik der ETH Lausanne machte sich im Jahre 2000 auf den Weg. Heute ist das Ziel grundsätzlich erreicht, die Applikationen sind machbar. Manche weitere Anliegen werden nun von den Forschenden bearbeitet.

Jürg Wellstein

■ Gleich einem farbenprächtigen Schmetterling haben sich die Oberflächen von Sonnenkollektoren und Photovoltaik-Modulen vom düsteren Erscheinungsbild einer Raupe zu einem bunten Falter entwickelt. Heute ist eine ästhetisch anspruchsvolle Farbgebung bei Gebäudeintegrationen möglich. Anwendung finden die farbigen Oberflächen dieser Elemente der Gebäudetechnik in immer mehr Neubauten und bei Gebäudehüllensanierungen. Einen wesentlichen Anteil an dieser Entwicklung hat das LESO-PB - Laboratorium für Sonnenenergie und Gebäudephysik der ETH Lausanne, das sich bereits um das Jahr 2000 mit ersten entsprechenden Forschungsarbeiten befasste. Diese Aktivitäten führten zu erfolgreichen Umsetzungsprojekten und werden heute auch auf weitere Gebäudeapplikationen ausgeweitet. Der Leiter der Forschungsgruppe, Dr. Andreas Schüler, erläutert die Entwicklungsanstrengungen auf dem Weg zu farbigen Gläsern.

Photovoltaik-Module mit farbigen Oberflächen werden zunehmend für Gebäudehüllen eingesetzt. Sowohl in der Schweiz aber auch besonders in



Andreas Schüler: «Für die Forschung im Bereich der Nanotechnologie steht uns beispielsweise eine moderne Plasma-Beschichtungsanlage zur Verfügung.»

anderen Ländern. Sie waren bei dem eindrucklichen Projekt in Kopenhagen, in der dänischen Hauptstadt, involviert. Was ist dort entstanden?

Andreas Schüler: Beim neuerstellten Nordhavn Campus der International School von Kopenhagen (DK) hat sich der Architekt von den farbigen Modu-

len inspirieren lassen und damit eine der zurzeit umfangreichsten, gebäudeintegrierten Solarstromanlagen realisiert. Die Fassade besteht aus ca. 6600 m² Glasfläche, weist rund 13000 Module auf und erreicht eine Leistungsspitze von ca. 720 kW. Die einzelnen Module sind strukturiert montiert und ergeben eine dynamische Oberfläche der einzelnen Bauten. Dieses Objekt ist für uns einerseits ein Meilenstein, der die weitere Umsetzung der frei wählbaren Farbgebung erleichtert, andererseits schauen wir auch auf einige Jahre der konzentrierten Entwicklung zurück, in denen wir vom kleinflächigen Versuch zur gross dimensionierten Anwendung gelangten.

Wie haben die Forschungsarbeiten um das Jahr 2000 begonnen?

Damals stand der Wunsch im Mittelpunkt, ausgeglichene farbige Gläser für die thermischen Sonnenkollektoren herzustellen. Die konventionellen Produkte liessen kaum eine attraktive Integration in Fassaden zu. Während meines Doktorats an der Universität Basel hatte ich mich auf die Oberflächenphysik fokus-



Heute befasst sich das internationale Forschungsteam mit weitergehenden Fragen zur Anwendung von Glasbeschichtungen für den Gebäudebereich. (Bild: LESO-PB)

siert und dann hier am LESO-PB die Verknüpfung mit der Sonnenenergie ermöglichen können. Es galt, den Aufbau von Forschungseinrichtungen für selektive Oberflächenbeschichtungen zu gestalten, um auf diese Weise zu farbig wahrzunehmenden Gläsern zu gelangen.

Kam dieser Wunsch tatsächlich von den Architekten?

Viele damals umgesetzte Dach- als auch besonders die Fassadenintegrationen erschienen für unsere Architekten an der EPFL kaum als gelungen. Die gleichen Vorbehalte konnten auch im Markt beobachtet werden. Despektierlich nannte man damals die Kollektoren «Alteisen im Schaufenster». Es musste etwas gesehen werden. Forschungsprojekte wurden aufgelegt und Varianten geprüft.

Was wurde konkret verlangt?

Neben der Farbwahl ging es auch um die Textur der Glasoberflächen. Rasch wurde klar, dass wir die Farbe nicht auf den metallischen Absorber applizieren dürfen, sondern nur die Innenseite der Glasabdeckung nutzbar sein wird.



Für den neuerstellten Nordhavn Campus der International School von Kopenhagen (DK) hat sich der Architekt von den farbigen Gläsern aus Lausanne inspirieren lassen. (Bild: Philippe Vollichard, EPFL)

Welche physikalischen Prinzipien waren zu beachten?

Es musste garantiert werden, dass mit einer Beschichtung möglichst wenig Energieverlust entsteht. Es konnten also keine Farbpigmente aufgebracht werden, sondern wir mussten mit interferierenden Wellen arbeiten. Das Prinzip schauen wir der Natur ab, beispielsweise den Farbeeigenschaften von Schmetterlingsflügeln. Wir suchten nach geeigneten Beschichtungsmaterialien, seien es Silizium-, Titan- oder Aluminium-Oxide. Dabei versuchten wir auch Mischungen zu synthetisieren, sodass gezielte Eigenschaften entstehen. Die Schichtdicken

liegen im Bereich von 5 bis ca. 200 Nanometern, und sind somit geringer als die Wellenlängen des sichtbaren Abschnitts des Sonnenspektrums (380 bis 780 nm). Die Schichten sind sehr transparent, daher entsteht vorteilhafterweise fast kein Absorptionseffekt und nur eine äusserst geringe Energieeinbusse. Und auch die Verfahren, um solche Beschichtungen auf das Glas aufbringen zu können, standen zur Diskussion.

Welche Beschichtungsverfahren wurden ausgewählt?

Grundsätzlich lassen sich solche Beschichtungen mit dem Magnetron Sput-

SIEMENS

Ingenuity for life



Smart Thermostate von Siemens

Smart heisst, Ihre Bedürfnisse zu verstehen.

Die neuen Smart Thermostate bestechen durch eine Vielzahl intelligenter Funktionalitäten. Die Endbenutzer App mit integriertem Navigationsassistent ermöglicht eine einfache Bedienung sowie eine schnelle, unkomplizierte Inbetriebnahme. Alle relevanten Daten wie Luftqualität, Temperatur, Feuchte, Green Leaf, Zeitschaltprogramm oder Energieverbrauch hat man stets im Überblick. Dank sechs leistungsstarker Sensoren sind die Smart Thermostate zudem immer perfekt an die Umgebung und an Ihre Bedürfnisse angepasst.

siemens.ch/smartthermostat

tering, Plasma- und Vakuum-Aufdampfverfahren und dem als Eintauchprozess gestalteten SolGel-Verfahren ausführen. Damals hatten wir noch keinen Zugang zu einer Plasma-Anlage, die mir eigentlich vertraut gewesen wäre, sodass wir die Forschungsarbeiten mit dem SolGel begannen, was auch verfahrenstechnisch einfacher war.

Schrittweises Up-scaling und erste Kontakte mit der Industrie

Die Suche nach möglichen Farbschichten begann mit Briefmarken-grossen Glasplättchen. 2006 hatte das damalige Team bereits verschiedene Farbmuster in A4-Grösse, die nun auch den Architekten vorgestellt werden konnten. Diese Demonstrationsboxen, DemoBoite genannt, stiessen auf grosses Interesse, konnten doch unterschiedliche Farb-

reflexionen und Glasstrukturen aufgezeigt werden. Selbstverständlich mussten die Glasflächen auf einen Quadratmeter vergrössert werden, was zu einem Technologietransfer in die Industrie führte. Das Unternehmen SwissIN-
SO hat die Entwicklung von LESO-PB zunächst aufgenommen. Für grössere Beschichtungsflächen mussten jedoch industrielle Anlagen genutzt werden, die in der Regel mit dem Plasma-Prozess arbeiten, sodass man die Verfahren aus dem Labor anpassen musste. Bei bestehenden europäischen Glasherstellern mietete sich das Team wochenweise ein und stellte grössere Mustergläser her. SwissIN-
SO entwickelte in Zusammenarbeit mit dem LESO-PB die Kromatix-Technologie für farbige Gläser. 2013 entstand dann als Joint Venture zwischen Dubai Investments PJSC und der

SwissIN-
SO die Emirates Insolaire LLC in Dubai. Dieses neue Unternehmen hat sich auf die Produktion von beschichteten Gläsern spezialisiert und ermöglicht heute Dimensionen von 3 x 7 Metern, was eine ideale Grösse für die Anwendung bei modernen Gebäuden und Hochhäusern darstellt. In der Schweiz vertreibt die Soltis SA in Lausanne sowohl diese farbigen Gläser zur Weiterverarbeitung, als auch komplettierte Module.

Während ursprünglich die Anwendung in der Solarthermie im Vordergrund stand, hat heute die Photovoltaik den grösseren Bedarf. Waren die Forschungsarbeiten auf beide Bereiche ausgerichtet?

Andreas Schüler: Tatsächlich war uns allen von Anfang an klar, dass die positiven Effekte einer Fassadenintegration auch für die Photovoltaik gelten werden. Für die tief stehende Sonne bietet die vertikale Position erhebliche Ertragsvorteile, besonders für die Erzeugung von Wärme in der kalten Jahreszeit. Aber auch die Produktion von Solarstrom kann dadurch sinnvoll über den Tag verteilt werden. Deshalb hatten wir die PV-Module schon damals im Auge, auch wenn deren Entwicklungs- bzw. Kostenstand im Jahr 2000 gegenüber der Solarthermie noch differierte.

Wo sehen Sie Unterschiede für die Farbbeschichtung?

Während beim Sonnenkollektor die innenliegende Beschichtung durch eine Luftkammer vom Absorber getrennt ist, besteht beim Photovoltaik-Modul eine direkte Berührung mit der Verkapselung der Solarzellen. Diese Tatsache hatte einige Auswirkungen auf die Gestaltung der Beschichtung. Und während die Solarthermie das gesamte Lichtspektrum nutzen kann, also auch die nicht sichtbaren Bereiche, entsteht in der Photovoltaikzelle bei Wellenlängen grösser als 1100 nm kein Ertrag mehr. Diese physikalischen Gegebenheiten mussten wir berücksichtigen, ansonsten sind sehr gute Effizienzwerte messbar und die Gläser somit für beide Technologien zu nutzen.

Mit welchen Herausforderungen wurden Sie neben den materialtechnischen Ansprüchen konfrontiert?

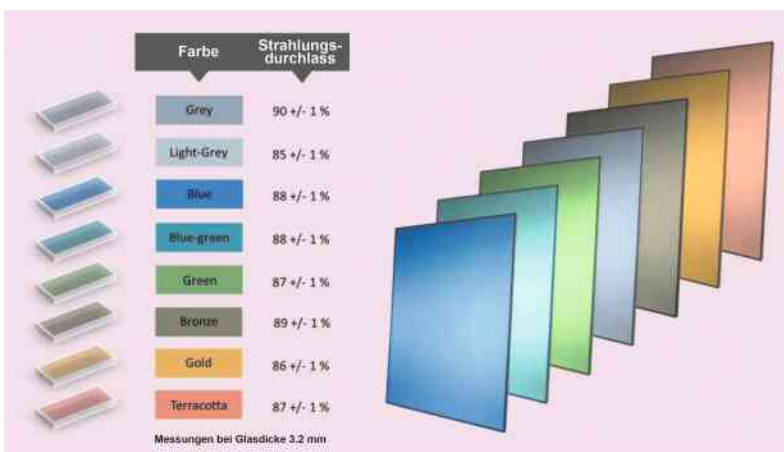
Es war für uns stets ein Anliegen, die Erkenntnisse aus der Forschung und die erreichten Resultate möglichst zielstrebig in der Industrie und im Gebäude-



Mit dem zurzeit im Bau befindlichen Projekt «SolAce» werden farblich aufeinander abgestimmte Sonnenkollektoren und PV-Module zusammen als Hybridfassade im Forschungsgebäude NEST demonstriert. (Bild: Empa)



Durch die farbselektive Beschichtung auf der Glasrückseite lässt sich eine bunte Palette erzeugen. (Bild: LESO-PB)



Kromatix-Farbgläser erreichen eine hohe Strahlungsdurchlässigkeit. (Bild: Emirates Insolaire)

markt umsetzen zu können. Dies ist für die Glaubwürdigkeit unserer Arbeit wichtig. Es ist faszinierend zu sehen, wie mittlerweile aus den ersten kleinen Glasblättchen unseres Labors ganze Solarfassaden geworden sind. Wir waren immer wieder konfrontiert mit den unterschiedlichen Zeitachsen von Forschung und Industrie; und wir brachten lediglich eines der mehreren Themen zu den Glasverarbeitern, die in den letzten zwei Jahrzehnten enorme Veränderungen und Produktentwicklungen realisieren mussten. Und schliesslich sind bei Gebäudeprojekten die Kosten und Liefertermine meist wichtiger, als eine solartechnisch interessante Lösung. Doch mit den zahlreichen Beispielen, die den Bauherren und Architekten heute zur Verfügung stehen, ist ein grosser Schritt getan.

Nanotechnologie für Sonnenenergie

Die Forschung im Bereich der Nanotechnologie hat heute beim LESO-PB einen hohen Stellenwert. Neben der Entwicklung von farbigen Deckgläsern für Dach- und Fassadenintegration von Solarthermie und Photovoltaik werden verschiedene Themen behandelt. Die Nutzung thermochrome Schichten, die bei Temperaturveränderung ihre Farbe wechseln, wird als Option angesehen, für Sonnenkollektoren einen automatisierten, reversiblen Stagnationseffekt zu erreichen, ohne dass eine Überhitzung eintritt. Diese Forschungsaktivitäten sind auch für andere Einsatzgebiete (z. B. Elektronik) nutzbar. Ferner werden auch Schichten mit Elektrochromie-Effekten untersucht, um eine nächste Generation von «smarten» Fenstern zu konzipieren. Bestehende Technologien reagieren noch zu langsam auf veränderte Einstrahlung. Aber auch die Lebensdauer von flüssigen oder organischen Elektrolyten ist beschränkt. Deshalb richtet sich der Fokus dieses Forschungsbereichs auf elektrochrome Metalloxid-Schichten kombiniert mit festen Ionenleitern. Die Kompetenzen in der Nanotechnologie kommen hier also auch gebäudetechnischen Entwicklungen zugute.

Weitere Informationen: https://leso.epfl.ch/e/research_nanotec.html

Die farbigen Gläser sind realisiert. Wie setzen Sie die Kompetenzen Ihres Forschungsteams in den aktuellen Arbeiten ein?

In Zusammenarbeit des Schweizer Kompetenzzentrums für Energieforschung (SCCER FEEB&D) sind wir an der Konzeption einer Hybrid-Fassade beteiligt, die im NEST in Dübendorf unter dem Begriff «SolAce» installiert wird. Dabei geht es unter anderem um farblich gleich gestaltete Sonnenkollektoren und PV-Module, um an der Fassade sowohl optimal Nutzwärme als auch Solarstrom gewinnen zu können.

Und welche weiterführenden Themen bearbeiten Sie im Labor in Lausanne?

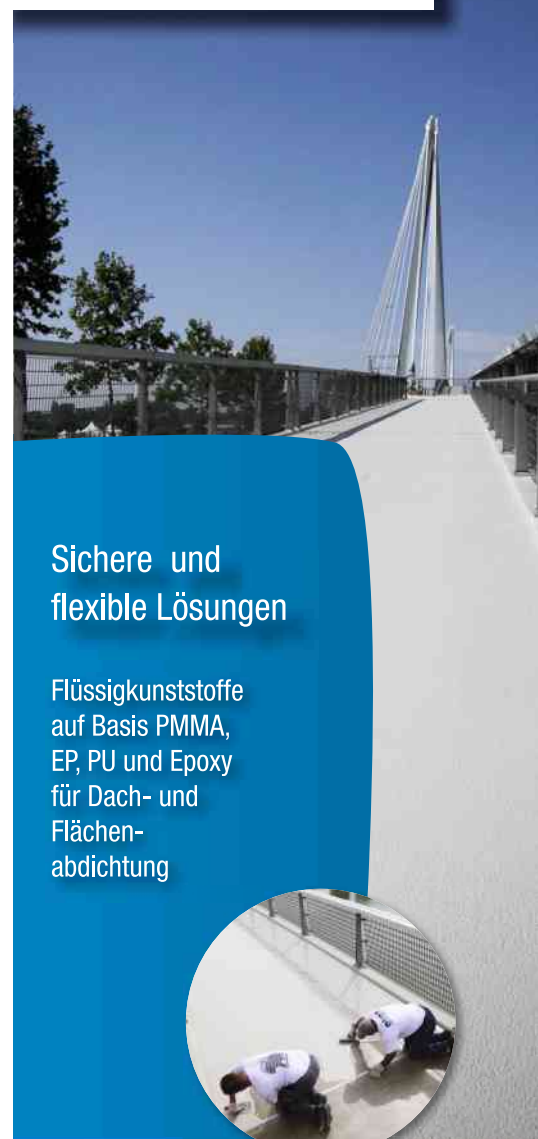
Einerseits befassen wir uns mit Fragen zur Glasbeschichtung für Fenster, die heutzutage vorwiegend mit Low-E-Beschichtungen ausgestattet werden. Dies ist wichtig, um die Wärmeverluste durch Infrarotstrahlung zu vermindern und dadurch die Gebäude besser thermisch zu isolieren. Die fast unsichtbaren aber elektrisch leitenden Schichten lassen das sichtbare Licht gut hindurch. Damit verbunden ist jedoch eine reduzierte Durchlässigkeit der Handy-Strahlen und somit eine Beeinträchtigung des Empfangs. Mit einer gezielten Laserbehandlung können wir diesen Nachteil beheben. Die Anwendung sehen wir sowohl bei Gebäudefenstern als auch im Bahnwagenbau, wo wir uns ebenfalls in einem breit abgestützten Projekt eingebracht hatten. Ferner arbeitet unser Team an einem neuen mikrostrukturierten Architekturglas, um eine Sommer-Winter-Optimierung des Lichteinfalls zu verwirklichen. Aber auch für die selektive Beschichtung von Absorberrohren für Hochtemperatur-Rinnenkollektoren haben wir SolGel-Verfahren entwickelt, um zuverlässige Betriebszustände für solche Anlagen unterstützen zu können. ■

Kontakte

Dr. Andreas Schüler, EPFL Lausanne,
Laboratorium für Solarenergie und Bauphysik LESO-PB
CH-1015 Lausanne, andreas.schueler@epfl.ch

SwissINSO: www.swissinso.com

Emirates Insolaire: www.emirates-insolaire.com



Sichere und flexible Lösungen

Flüssigkunststoffe auf Basis PMMA, EP, PU und Epoxy für Dach- und Flächenabdichtung



- ✓ 30 Jahre Erfahrung mit Flüssigkunststoffen am Bau
- ✓ Abdichtung und Beschichtung von Balkon bis zur Brücke
- ✓ Geprüfte und zertifizierte Systeme, kompatibel und einfach in der Anwendung

Hårdlistrasse 1 - 2 | 8957 Spreitenbach
info@soprema.ch | Tel. +41 56 418 59 30

www.soprema.ch