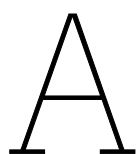


FORSCHUNG

«Mikrospiegel im Glas»

Grosse Fensterscheiben lassen viel Licht in Gebäude. Bei zu viel Sonneneinstrahlung überhitzen jedoch die Innenräume. Was also tun? Die EPF Lausanne hat eine mögliche Lösung entwickelt.

Text und Interview: Paul Knüsel



Achtung, zerbrechlich: Andreas Schüler nimmt die erste Glasscheibe zur Hand, die den Unterschied zwischen direktem und diffusem Sonnenlicht erkennen kann. Sie ist ein Prototyp, eben erfunden in einem Physiklabor der EPF in Lausanne. In den letzten Monaten und Wochen wurde sie in Handarbeit hergestellt; vier weitere werden nun folgen. Der Platz für die Endmontage ist bereits reserviert: Bis Ende Jahr werden diese Einzelanfertigungen in der Deutschschweiz installiert. Den fünf Flachgläsern, die mit der selektiven Polymerschicht versehen sind, steht ein Praxistest an der Forschungseinheit Empa NEST in Dübendorf ZH bevor. Das Besondere am neu entwickelten, transparenten Laminat ist: Seine Mikrostruktur ist geometrisch so verformt, dass es einzelne Lichtwellen ablenken oder reflektieren kann und deshalb für das gesamte Strahlenspektrum unterschiedlich durchlässig wird.

« Optisch veränderte Mikrostrukturen optimieren die Tageslichtnutzung. »

TEC21: Herr Schüler, wann kommen diese Gläser auf den Markt?

Andreas Schüler: Je nach Engagement der Industrie kann man in zwei bis fünf Jahren damit rechnen. Wir hoffen, der anstehende Praxistest kommt bei unserem Industriepartner derart gut an, dass sich das Management für eine industrielle Fertigung entscheidet.

Was darf sich die Baubranche von dieser Erfindung versprechen?

Solche «intelligenten» Gläser bezwecken, der Überhitzung im Sommer entgegenzuwirken. Dank den optisch veränderten Mikrostrukturen lässt sich die Tageslichtnutzung optimieren, etwa im Sommer. Überschüssige Wärme bleibt draussen, ohne die Durchlässigkeit für den sichtbaren Lichtanteil zu

mindern, auf den man im Winter angewiesen ist. Das hilft, die Energieeffizienz eines Gebäudes im Jahresverlauf zu verbessern.

Die sogenannten Low-E-Schichten mit isolierender Wirkung sind schon fast Standard. Warum braucht es Ihre Forschung?

Gläser mit niedriger thermischer Emissivität, die den Energiedurchlass dämpfen, haben sich tatsächlich schon durchgesetzt. Erhältlich ist beispielsweise elektrochromes Glas, das eigentlich dimmbar ist. Dank diesen bleibt die Wärme im Winter drinnen, sodass viel Sonnenenergie passiv gewonnen werden kann. Im Sommer bleibt dagegen die Hitze draussen. Erhältlich ist auch elektrochromes Glas, das dimmbar ist. Man erkennt die Produkte an ihrem typischen bläulichen Glanz.

Wie geschieht das?

Elektrochrome Fenster lassen sich nach Bedarf hell oder dunkel schalten. Mithilfe von elektrischer Energie wird die Abdunklung provoziert; sie funktionieren vergleichbar einer Batterie mit schwacher Kapazität. Verbesserungswürdig scheint uns allerdings der Mechanismus und das Tempo der Umschaltzeiten respektive die Verstärkung des Kontrasts zwischen dunkel und hell. Wir arbeiten zudem daran, die Blendwirkung zu verhindern, ohne den Einfall von sichtbarem Licht allzu sehr zu mindern.

Wie lang braucht ein Umschalten jetzt?

Das ist abhängig von der Fenstergrösse; ein Umschalten benötigt aber mindestens 20 Minuten. Halb so lang wäre besser. Zudem möchten wir, um den Blendschutz zu verbessern, die sichtbare Transmission unter 1% senken. Technisch können wir das erreichen; der Praxistest muss jedoch beweisen, ob es effektiv genügt. Was wir an elektrochromen Gläsern ebenfalls hinterfragen, ist die mangelnde Dauerhaftigkeit. An unseren Institutsgebäuden installierte Prototypen zeigen, dass die flüssigen Elektrolyten, die in solchen Glaselementen enthalten sind, nach wenigen Jahren ausgasen. Das Bauteil ist zu wenig dicht, um eine Lebensdauer von 20 bis 25 Jahren gewährleisten zu können. Deshalb setzen wir auf einen alternativen

Ansatz und verzichten sowohl auf die Zuhilfenahme von Strom als auch auf flüssige Elektrolyten.

Wie sieht die Ersatzvariante aus?

Auch die Industrie kennt dieses Problem und setzt nur noch auf Festkörperelektrolyten für die elektrochrome Verglasung. Es ist auch so schon ein teures Luxusprodukt, das sich in der breiten Anwendung kaum rentiert. In unserem Labor verfolgen wir deshalb einen noch radikaleren Technologiewandel. Unser Glasprototyp kommt ganz ohne Elektrolyt und elektrische Energie aus. Stattdessen bauen wir etwas ähnliches wie Mikrospiegel ein.

Selektive Chromatisierung als Erfindung

Das Forschungslabor in Lausanne ist nicht zufällig auf diese inzwischen patentierte Erfindung gestossen. Am Ursprung standen Arbeiten zur Einfärbung von Photovoltaikzellen. Der Ansatz hier war ebenfalls, die optischen Eigenschaften von transparenten Festkörpern zu verändern. Man will die Lichtstrahlen eigentlich selber machen lassen und verändert die Mikrostrukturen so, dass die Strahlung selektiv reflektiert oder transmittiert wird. Die Farbe wird dadurch als Nebeneffekt erzeugt. Die Forschungskonkurrenz geht aktuell anders ans Werk: Die vielfältige Farbpalette wird mithilfe einer Pigmentierung von PV-Trägermaterialien erzeugt. Dafür aber wird die Lichtstrahlung teilweise vor dem Auftreffen auf die PV-Zelle absorbiert, weshalb der Wirkungsgrad der Stromproduktion sinkt.

Zurück zur selektiv reflektierenden Chromatisierungstechnik, die in Lausanne erfunden wurde. Auf dem PV-Markt ist ein solches Industrieprodukt bereits erhältlich. Für den Markt der Wärmeschutzverglasung steht dieser Schritt noch bevor.

« Die Infrarotstrahlung will man nur im Sommer draussen halten. »

Herr Schüler, wie lassen sich Mikrospiegel einbauen, um selektive optische Interferenzen zu erzeugen?

Wir verwenden dazu nicht Glas, sondern ein Polymer, das man als dünne Schicht auftragen kann. Wir fräsen mit dem Laser Mikrostrukturen in das filmartige Material und dampfen darauf Metalloxide, die die Lichtstrahlen unterschiedlich ablenken. Das erzeugt den Reflexionseffekt.

Können Sie den Spiegeleffekt noch genauer kontrollieren?

Das ist der Trick: Wir fräsen solche Winkel ein, die die Reflexionswirkung erhöhen können. Wir wissen: Im Sommer fällt das Sonnenlicht jeweils im steilen Winkel auf das Fenster. Wir können diesen in den bearbeiteten Schichten zum Beispiel so weit re-

konstruieren, dass die wärmende Strahlung im selben Winkel wieder zurückgesendet wird, nämlich nach oben. Ein Aufheizen der Nachbarschaft kann so verhindert werden. Eine weitere Voraussetzung ist, dass unterschiedliche Frequenzen gesondert behandelt werden, mit einer selektiven Ablenkung. Wenn wir von voller Transparenz sprechen, meinen wir eigentlich nur diejenigen Farbbereiche, die für das menschliche Auge erkennbar sind. Die Infrarotstrahlung will man im Sommer draussen halten, aber im Winter nicht.

Wie funktioniert das Selektionsverfahren?

Im Sommer ist der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen sehr steil. Man kann sich unterschiedliche Strukturen überlegen und diese einbauen. Im unteren Fenstersegment kann ich beispielsweise andere Effekte erzeugen. Mithilfe eines ultradünnen Films baue ich eine solarselektive Schicht ein, die das sichtbare Licht durchlässt, aber nur Wärmee erzeugende Infrarotstrahlung reflektiert.

Die Mikrowinkel lassen sich sehr wahrscheinlich nicht verändern. Wie passiert, wenn sich der Lauf der Sonne saisonal ändert?

Die Jahreszeiten und der unterschiedliche Einfallswinkel arbeiten für uns: Im Winter ist er flacher, sodass die einstrahlende Energie von den Spiegeln nicht zurückgeworfen wird. Zudem lassen sich die Fenster in verschiedene Zonen unterteilen und beschichten. Der Hauptbereich ist die «vision section» und für den Sichtkontakt nach aussen wichtig. Das obere Drittel, die «daylight section», bestimmt die Tageslichtnutzung.

Funktioniert das Architekturglas also bald auch wie ein Brillenglas, das im Gleitsichtformat jeweils zonen-gerechte, unterschiedliche Fokusfunktionen anbieten kann? Die Tests werden zeigen, ob die Haptik und die visuelle Wirkung dieser nächsten Glasgeneration den Nutzeransprüchen genügen. Und für den Fall, dass daraus nichts wird, haben Schüler und seine Mitforscher noch weitere Ideen für neue Gläser: Wärmeschutzfenster, die den Handyempfang nicht stören. Im selben EPFL-Labor werden Gläser entwickelt, die ebenfalls dank Eingriffen in die Mikrostruktur für nicht-ionisierende Funkwellen durchlässig sind. Diese Produkte haben den Prototypstatus jedoch schon hinter sich: Ganze Zugkompositionen und S-Bahnen sind damit in der Agglomeration Bern bereits unterwegs. •

Das Gespräch führte *Paul Knüsel*, stv. Chefredaktor, Redaktor Umwelt/Energie.



Andreas Schüler, Lehrbeauftragter und wissenschaftlicher Mitarbeiter im Labor für Solar-energie und Bauphysik LESO, EPF Lausanne.