

TRANSPARENTE ALTERNATIVE ZU SONNENSTOREN

Energetisch betrachtet haben Fenster abhängig von der Jahreszeit eine gegenläufige Wirkung: Im Winter lassen sie die Sonnenwärme in die Innenräume und senken damit den Heizbedarf. Im Sommer dagegen ist der solare Wärmeeintrag oft unerwünscht, denn er kann zu einem erhöhten Kühlbedarf führen. Storen und andere variable aussenliegende Sonnenschutzsysteme dienen dazu, die Sommerhitze von den Innenräumen fern zu halten. Eine Alternative dazu sind Fenstergläser, die sich durch das Anlegen einer elektrischen Spannung verdunkeln lassen, sogenannte «elektrochrome Gläser». Die Hochschule Luzern hat die Vorzüge und Nachteile dieser Technologie in einer Literaturstudie dargestellt. Ob elektrochrome Gläser energetisch vorteilhaft gegenüber Standardsystemen sind, kann nur im Einzelfall entschieden werden.

Fragen der richtigen Beleuchtung spielen in der Architektur von Wohn- und Geschäftsgebäuden eine wichtige Rolle. Viele Menschen schätzen helle Räume, die durch grosse Fenster



Das Fenster des Lichtmesscontainers auf dem Campus der Hochschule Luzern in Horw zeigt vier Einstellungen von elektrochromen Gläsern (v.l.n.r.): ungetönt; stufenloser Verlauf von oben hell bis unten getönt; stufenloser Verlauf von oben getönt bis unten ungetönt; getönt. Fotomontage: Licht@hslu

eine Verbindung zur Umgebung herstellen und mitunter die Wirkung der Inneneinrichtung und ihrer Farbgestaltung akzentuieren. Anders als in der Schweiz ist dem Thema Licht und Beleuchtung im Ausland sogar ein eigenes Studienfach gewidmet. So beispielsweise in London. Dort bietet das University College London (UCL) einen «Master of Science in Light & Lighting» an. «Der Studiengang befasst sich unter anderem mit der Wirkung von Licht auf den Menschen, behandelt aber auch Fragen des Licht-Designs», sagt Janine Stampfli, die den Masterstudiengang absolviert hat.

Unterdessen arbeitet Stampfli als Wissenschaftlerin am Institut für Gebäudetechnik und Energie (IGE) an der Hochschule Luzern (HSLU). Sie ist dort Mitarbeiterin der Themenplattform [Licht@hslu](#), die sich verschiedenen Fragestellungen rund um Kunst- und Tageslicht widmet. Auf der grünen Wiese des HSLU-Campus' in Horw steht ein drehbarer Container, mit dem sich Tageslichtsituationen nachstellen und untersuchen lassen. Der Lichtmesscontainer kann so ausgerichtet werden, dass die Sonne aus unterschiedlichen Richtungen durch das Fassadenfenster in den Raum tritt. Seit 2019 besteht das Fenster aus einer elektrochromen Verglasung.

Drei Generationen von Gläsern

In einem kürzlich abgeschlossenen Forschungsprojekt hat sich Janine Stampfli gemeinsam mit einem HSLU-Forscherteam mit elektrochromen Gläsern auseinandergesetzt. Das



Der Lichtmesscontainer auf dem HSLU-Campus in Horw beim Einbau der elektrochromen Verglasung. Foto: Licht@hslu

sind Spezialgläser, deren optische Durchlässigkeit sich elektrisch regeln lässt (vgl. Textbox), womit sie gemäss Herstellern als Sonnen- und Blendschutz eingesetzt werden können. Elektrochrome Gläser sind seit Mitte der 1990er Jahre erhältlich und wurden seither schrittweise verbessert. Bei der ersten Generation konnte die Transparenz der Gläser ganzflächig in fixen, vorprogrammierten Stufen (z.B. hell, abgedunkelt, dunkel) geregelt werden. Später kamen Gläser auf den Markt, die aus drei Tönungszonen bestanden, die sich einzeln steuern liessen. Das machte es möglich, z.B. innerhalb einer grossen verglasten Terrassentür drei Teilberei-

SO FUNKTIONIERT ELEKTROCHROMES GLAS

Werden Brillen mit photochromen Gläsern ausgestattet, dunkeln sie sich bei Sonneneinstrahlung ab. Anders bei elektrochromen Gläsern: Hier erfolgt die Abdunkelung nicht automatisch, sondern die optische Durchlässigkeit wird durch Anlegen einer elektrischen Spannung geregelt. Bei der Abgabe der elektrischen Ladungen an eine dünne Beschichtung (zum Beispiel Wolframoxid) wird diese optisch aktiv und ändert ihre Durchlässigkeit, wobei sie meist bläulich wirkt. Je nach Grösse der angelegten Spannung wird eine unterschiedlich starke Durchlässigkeit erzeugt, was Einfluss auf den Lichttransmissionsgrad und Gesamtenergiedurchlassgrad hat. Die Dauer dieses Vorgangs variiert je nach Produkt und hängt unter anderem von der Grösse der Glasfläche und der Aussentemperatur ab. Wird die Spannung entfernt, kehrt das Glas in seinen ungetönten Ausgangszustand zurück. Die Steuerung erfolgt über ein Gebäudeautomationssystem oder manuell.

Ungetöntes elektrochromes Glas hat einen tieferen Lichttransmissionsgrad als eine konventionelle Verglasung: Bei einem konventionellen Dreifachglas dringen 73 bis 75 % des Lichts in den Innenraum, bei elektrochromen Gläsern 47 bis 61 %. Auch der Gesamtenergiedurchlassgrad ist bei elektrochromen Gläsern tiefer. Das bedeutet, dass im Winter die solaren Wärmegewinne geringer ausfallen, ebenso die in den dunklen Monaten wichtige Lichtausbeute. Für den Sommer weisen die Gläser hingegen gute Eigenschaften auf: Schon im ungetönten Zustand dringt weniger Wärme ein als bei klassischen Gläsern. Eine durch elektrochrome Verglasung reduzierte Lichtausbeute ist in den Sommermonaten aufgrund der langen und hellen Tage weniger kritisch. BV.



Beispiel einer Verglasung, die vertikal in drei Zonen unterteilt ist, deren Verdunklung sich einzeln regeln lässt. Foto: SageGlass/Jeffrey Totaro

che unterschiedlich stark abzdunkeln. Auch wurden Produkte entwickelt, die ohne fixe, vorprogrammierte Stufen auskommen. Die neuste Generation elektrochromer Gläser verfügt neben der ganzflächigen Tönung über zwei Spezial-einstellungen, bei denen die Tönungsübergänge innerhalb einer Glasfläche stufenlos sind, d.h. von oben dunkel nach unten hell oder von oben hell nach unten dunkel. Ästhetisch ist das ein Fortschritt im Vergleich mit den zonierten Glasflächen.

Trotz dieser Entwicklungsschritte werden elektrochrome Gläser in der Schweiz bisher nur sporadisch eingesetzt, dies vor allem in Bürogebäuden. Am bekanntesten ist das US-amerikanische Unternehmen SageGlass, das in der Schweiz rund 85 realisierte Projekte vorweisen kann. «Der Grund für die Zurückhaltung ist wohl der Umstand, dass aufgrund der fehlenden Langzeiterfahrungen die Verwendung von elektrochromer Verglasung noch immer als risikoreicher betrachtet wird als diejenige einer Standard-Verglasung mit beweglichem aussenliegendem Sonnenschutz», sagt Janine Stampfli.

Das von ihr geleitete Forschungsprojekt, das vom BFE gefördert wurde, hat nun Vor- und Nachteile elektrochromer Gläser untersucht. Die Ergebnisse basieren auf einer Literaturstudie, also der Auswertung der verfügbaren Studien zum Thema. Einige Erkenntnisse stützen sich zudem auf Messungen im HSLU-Lichtmesscontainer, die gegenwärtig im Auftrag des Amtes für Hochbauten der Stadt Zürich durchgeführt werden.

Energetisch gleichwertig, aber nicht zwingend besser

Der sommerliche Wärmeschutz ist ein Fokus der aktuellen Gebäudeforschung, da bedingt durch den Klimawandel die Zahl der Hitzetage im Sommer zunehmen dürfte. Das könnte dazu führen, dass auch Wohngebäude vermehrt mit Kühlsystemen ausgestattet werden, verbunden mit einem unerwünschten Mehrverbrauch an Energie. «Der Einsatz von elektrochromen Gläsern kann den Klimakältebedarf reduzieren», hält der HSLU-Schlussbericht fest. Allerdings ergeben die ausgewerteten Untersuchungen in dieser Hinsicht «ein

uneinheitliches Bild», wie die Autorinnen und Autoren festhalten. Daher raten sie, den Einsatz einer elektrochromen Verglasung projektspezifisch (z.B. mittels integraler Simulation) abzuklären, sofern eine Steigerung der Energieeffizienz angestrebt wird. Denn «bauliche Entscheide wie beispielsweise die Fassadenausrichtungen und Grössen der Fassadenöffnungen spielen genauso eine Rolle wie die Wahl des Fassadensystems und der Steuerungsstrategie», konstatiert der Schlussbericht.

In der Winterzeit haben elektrochrome Gläser den Nachteil, dass sie auch im ungetönten Zustand weniger Wärme in die Räume lassen als konventionelle Fenstergläser. Trotzdem gehen die HSLU-Forschenden davon aus, dass elektrochrome Gläser klar an Bedeutung gewinnen dürften, wenn die Zahl der sehr warmen Sommertage klimabedingt zunimmt. Sie verweisen auf mehrere Vorteile, welche die Gläser gegenüber bisher eingesetzten Sonnenschutzsystemen (Storen, Rafflamellen) haben: Weil die Gläser ohne mechanische Teile auskommen, sind sie robuster und zudem resistenter gegen

Windlasten, überdies erfolgt das Aufhellen und Abdunkeln geräuschlos. Besonders wichtig für die Bewohnerinnen und Bewohner: Der Blick nach draussen ist auch in abgedunkeltem Zustand gewährleistet.

Auf die Lebenszykluskosten kommt es an

Verschiedene Studien weisen darauf hin, dass die Investitionskosten bei einer elektrochromen Verglasung höher liegen als diejenigen einer konventionellen Dreifachverglasung mit einem aussenliegenden Sonnenschutz. Da aber aufgrund der fehlenden mechanischen Teile tiefere Reinigungs- und Wartungskosten anfallen, sind die elektrisch schaltbaren Gläser «über den Lebenszyklus hinweg im Vorteil», sagt Prof. Björn Schrader, Dozent für Gebäudetechnik an der HSLU und Leiter der Themenplattform Licht@hslu. Er sieht ein Einsatzgebiet für elektrochrome Gläser neben den Zweckbauten unter anderem bei denkmalgeschützten Gebäuden, die zur Erhaltung ihres äusseren Erscheinungsbildes nicht mit einem herkömmlichen Sonnenschutz ausgestattet werden dürfen.



Bürogebäude sind bisher das wichtigste Einsatzgebiet für elektrochrome Gläser. Das Foto zeigt eine Glasfront des US-amerikanischen Unternehmens SageGlass (Teil des französischen Industriekonzerns Saint-Gobain). Weitere wichtige Hersteller sind die deutsche Firma Econtrol-Glas GmbH & Co. KG, das japanisch-amerikanische Joint Venture Halio International, der US-amerikanische Glashersteller View Inc. und die schwedische Firma ChromoGenics. Foto: SageGlass/Valentin Napoli

In ihren weiteren Forschungsaktivitäten wollen die Forschenden der HSLU künftig die Nutzerinnen und Nutzer der Räume in ihre Betrachtung mit einbeziehen. Es ist nämlich bekannt, dass bei automatisierten Sonnenschutzsystemen die energieeffizient optimierte Steuerung mitunter durch den Eingriff von Menschen ausgehebelt und dadurch das Ziel der Energieeffizienz konterkariert wird. «Da der Vorgang der Tönung kaum wahrnehmbar ist, vermuten wir, dass solche Interventionen bei elektrochromen Gläsern seltener vorkommen, womit diese bei der Erreichung der Energiesparziele gegebenenfalls vorteilhaft sein könnten», sagt Janine Stampfli.

- Interessierte Fachpersonen und Gruppen können nach Voranmeldung den **Lichtmesscontainer** und das elektrochrome Glas vor Ort in Horw besichtigen. Kontakt: Janine.stampfli@hslu.ch
- Der **Schlussbericht** zum Projekt «Elektrochromes Glas. Eine Literaturstudie» ist abrufbar unter: <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=46574>
- **Auskünfte** zu dem Projekt erteilt Nadège Vetterli (nadega.vetterli@lanex.ch), externe Leiterin des BFE-Forschungsprogramms Gebäude und Städte.
- Weitere **Fachbeiträge** über Forschungs-, Pilot-, Demonstrations- und Leuchtturmprojekte im Bereich Gebäude und Städte finden Sie unter www.bfe.admin.ch/ec-gebaeude.



Blick in eine Produktionsstätte von elektrochromem Glas. Foto: SageGlass