

Elektrochrome Gläser

# Die steuerbare Licht- und Wärmekontrolle

*Darf es etwas heller sein? Oder kühler? Ein Knopfdruck genügt – nicht an Lichtschalter oder Klimaanlage, sondern an der elektronischen Steuerung der neuen Glas-Generation: Mit elektrochromem Isolierglas für den Bau, wie z. B. „Pilkington E-Control“, ist der Einfall von Licht- und Solarenergie in den Raum individuell nach Bedarf steuerbar. Damit läßt sich die Verglasung den im Tages- und Jahresverlauf wechselnden äußeren Bedingungen – hinsichtlich Energieeinsparung und Nutzerkomfort – jeweils ideal anpassen.*

## Lichtdurchflutet

Hohe Durchlässigkeit für sichtbares Licht steigert das Wohlbefinden im Raum und spart Energie und Kosten für den Beleuchtungsaufwand. Deshalb soll ein Funktionsglas ein Maximum an natürlichem Licht durchlassen. Diese allgemeingültige Forderung an ein Funktionsglas gilt praktisch für jedes Einsatzgebiet.

Das sichtbare Licht, also der Anteil der Sonnenstrahlung, der mit menschlichem Auge wahrnehmbar ist, liegt in der Wellenlänge zwischen 380 und 780 nm. Der Lichttransmissionsgrad  $T_L$  ist das Maß, das eine Verglasung in dieser Hinsicht charakterisiert.

## Wohltemperiert

Weit komplexer als die Beurteilung der Lichtdurchlässigkeit gestaltet sich jedoch für den Architekten und Bauherren die Entscheidung, wie das Glas in bezug auf seine Gesamtenergie-Durchlässigkeit beschaffen sein soll, also einschließlich seiner Eigenschaften hinsichtlich des nächst längerwelligen Frequenzbereiches im Sonnenspektrum, der infraroten Wärmestrahlung. Der g-Wert einer Verglasung ist die entsprechende Maßzahl dafür. Er gibt prozentual an, wieviel vom vorhandenen Strahlungsangebot das Glas im Wellenlängenbereich von 300 bis 2500 nm durchläßt.

Mit der aktuellen Wärmeschutzverordnung gewährt der Gesetzgeber dem Planer die Freiheit, den anzustreben-

den niedrigen Bilanz-k-Wert durch Minimierung der Wärmeverluste (d. h. möglichst niedriger k-Wert) oder durch Maximierung der Wärmegewinne (d. h. möglichst hohen g-Wert) zu realisieren. Doch das ist hehre Theorie. Bei unseren klimatischen Bedingungen ist und bleibt eine hervorragende Wärmedämmung (niedriger k-Wert) die erste und selbstverständ-

liche Anforderung an eine Verglasung. Nahezu ebenso sicher ist, daß die Sonne in unseren Breitengraden die Wärmeenergie zu Zeit und Ort bereitstellt, wann und wo sie der Nutzer des Gebäudes gerade nicht brauchen kann: zu Tages- und Jahreszeiten, zu der man sich eher Abkühlung als Aufheizung wünscht – an einem Ort, hinter dem Fenster, wo in erster Linie



Zustand des elektrochromen Glases: hell – Lichttransmission  $T_L = 50\%$



Zustand des elektrochromen Glases: dunkel – Lichttransmission  $T_L = 15\%$

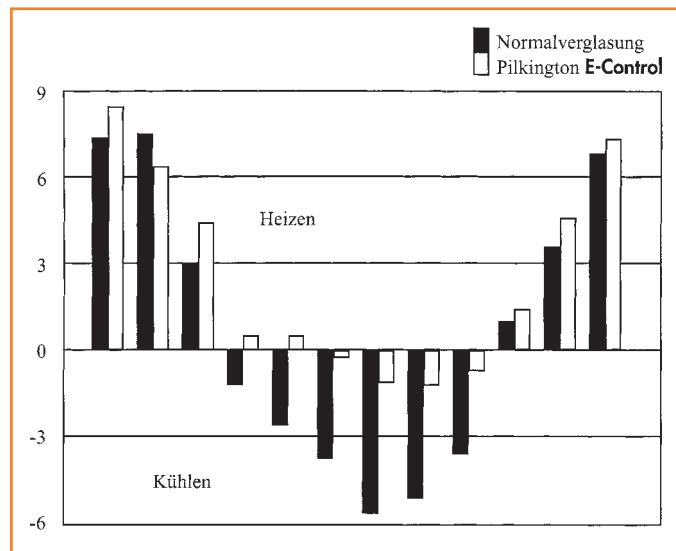
Lichtdurchlässigkeit anstatt Wärme gefragt ist.

Nun gibt es mittlerweile Haustechniken, die diese Gegebenheiten berücksichtigen und eingestrahlte Wärmeenergie speichern und sowohl räumlich als auch zeitlich in gewünschter Weise übertragen. Das Stichwort dazu ist das Niedrigenergiehaus im privaten Wohnbau. Hier speziell ist ein hoher g-Wert bei sehr gutem k-Wert gefordert. Der konventionelle private Wohnungsbau kommt in der Regel mit einem mittleren g-Wert aus, da die Fensterflächen dort nicht so groß sind, als daß eine Minimierung des g-Wertes erforderlich wäre.

Doch überall, wo große Fensterflächen zur Beleuchtung von Arbeitsplätzen und/oder große Fensterflächen gestalterisch eingesetzt werden, ist ein möglichst niedriger g-Wert notwendig. Dies gilt insbesondere für den Objektbau: Büro- und Verwaltungsgebäude, Flughafenterminals, Einkaufs-Freizeitzentren und andere öffentliche Gebäude, wo die filigrane Transparenz moderner Glasarchitektur einer sommerlichen Klimatisierung bedarf. Auch dies nur eine Faustregel: Denn bei der Folge schlechter Sommer in den letzten Jahren hätte ein mittlerer g-Wert oft zur Verbesserung des Raumklimas beigetragen. „Pilkington E-Control“, das schaltbare Glas, verfügt nach Aussagen des Herstellers stets über die idealen Werte. Denn sein g-Wert läßt sich in Abhängigkeit von der Sonneneinstrahlung, also Tages- und Jahreszeit, steuern.

## Rationeller Einsatz elektrischer Energie

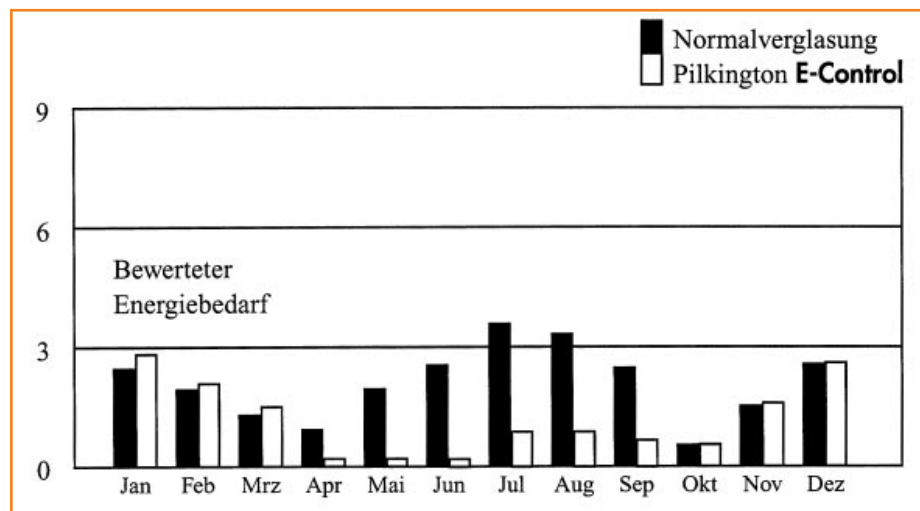
Geringe elektrische Spannungsimpulse – kleiner/gleich drei Volt – regulieren bei dem mit Wolframoxid beschichteten und mit einer leitfähigen Polymerfolie versehenen Isolierglasaufbau die Licht- und Wärmedurchlässigkeit. In der kälteren Jahreszeit oder bei geringer Sonneneinstrahlung läßt sich durch die maximale Aufhellung der Gläser der Einsatz künstlicher Beleuchtung minimieren. Zudem ist die



Wärme- bzw. Kühlbedarf (kWh/m² Monat)

gesamte Sonnenenergie-Durchlässigkeit regelbar. Bei starker Sonneneinstrahlung vermeidet „Pilkington E-Control“ die Überhitzung des Raumes und mindert störende Blendwirkungen und Reflexionen am Ar-

Im Verhältnis zu den möglichen Energieeinsparungen durch Minderung des Klimatisierungs- und Beleuchtungsbedarfes ist der Energieverbrauch der elektrochromen Gläser vernachlässigbar. Denn sie benötigen lediglich



Energiebedarf (kWh/m² Monat)

Bilder: Pilkington Flabeg

beitsplatz. Dadurch reduziert sich die energetische Kühllast. Ein weiteres Sonnenschutzsystem, wie zum Beispiel Jalousien, ist nicht erforderlich. Ebenso entfallen die damit verbundenen Wartungsarbeiten.

Der Prozeß der Transmissionsänderung von der hellsten bis zur intensivsten Einstellung – bei einer Scheibengröße von 900 × 2000 mm – dauert zwölf Minuten. Er verläuft lautlos und langsam und entzieht sich damit der Aufmerksamkeit der Raumnutzer. Dabei bleibt die freie Durchsicht stets erhalten.

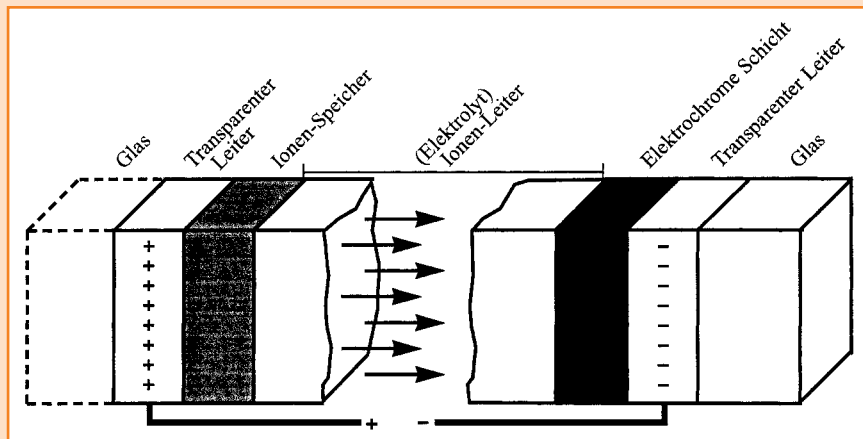
zum Ändern der Transmissionseinstellung eine geringe elektrische Spannung.

## Neue Dimension im Sonnenschutz

Wie gezeigt, ist bei großflächigen Verglasungen im Objekt-Bau ein niedriger g-Wert wichtig. Dies nicht nur aus praktischen Erwägungen, es ist auch eine Forderung der geltenden

## Das physikalische Prinzip elektrochromer Verglasung

Das A und O eines elektrochromen Glases ist die kompakte Aufbringung von transparenten leitfähigen Minus- und Plus-Polen und oxidischen Beschichtungen. Die Oxid-Beschichtungen sind in der Lage, Ionen und Elektronen aufzunehmen bzw. abzugeben. Den Kern des Glasaufbaues bildet eine leitfähige Polymerfolie. Sie fungiert als Elektrolyt bzw. Ionen-Leiter: Denn sie verfügt über eine hohe Durchlässigkeit für Ionen und ist nahezu undurchlässig für Elektronen.



Wird eine Spannung an die beiden transparenten Leiter angelegt, fließen Ionen – je nach Stromrichtung – von der einen in die andere Schicht (galvanische Zelle). Durch das Einbringen der Ionen entsteht ein ladungsausgleichender Elektronenrückfluß. Dieser fließt über den externen Stromkreis und führt zu einer Änderung der Elektronendichte, die in der elektrochromen Schicht zu einer Veränderung ihrer optischen Eigenschaften führt (Transmissionsmodulation). In Abhängigkeit von der Wahl des elektrochromen Oxids ruft diese Elektronen-Injektion eine Herabsetzung oder Erhöhung der Transparenz hervor. Wolframoxid ( $WO_3$ ) läßt sich reversibel von einem transparenten in einen dunkelblauen Zustand mit geringer Transmission schalten. Aufgrund der vernachlässigbaren Elektronenleitfähigkeit des Ionen-Leiters bleibt der jeweilige Zustand auch nach Abschalten der externen Spannung stabil (open circuit memory).

Voraussetzungen zur praktischen Nutzung des elektrochromen Prinzips sind die Haltbarkeit der Beschichtungen, die Effizienz der Einfärbung im Verhältnis zur angelegten Spannung und die Geschwindigkeit des Entfärbungsvorganges. Dies hat die Flabeg GmbH mit der Entwicklung von „Pilkington E-Control“ realisiert.

Wärmeschutzverordnung (S. „sommerlicher Wärmeschutz“ für Gebäude „mit raumluftechnischen Anlagen mit Kühlung“ oder mit einem Fensterflächenanteil von 50 % oder mehr je Fassade. Das Produkt aus Fensterflächenanteil und g-Wert der Verglasung darf 0,25 nicht überschreiten:  $g \cdot f < 0,25$ .)

Der Praktiker weiß, daß der Begriff „sommerlicher Wärmeschutz“ zu eng

gefaßt ist, da die Gefahr der Überhitzung des Gebäudes an Sonnentagen rund ums Jahr gegeben ist.

Das Merkmal leistungsfähiger Sonnenschutzgläser besteht in ihrer unterschiedlichen Durchlässigkeit für die verschiedenen Wellenlängen des Lichtes, d. h. die unerwünschten Wärmestrahlungen zu reduzieren (niedriger g-Wert) und ein Maximum an sichtbarem Licht durchzulassen (hoher  $T_L$ -Wert). Sie sollen sich selektiv verhalten. Als Maß für diese Eigenschaft gilt die Selektivitätskennzahl S, die das Verhältnis von Lichttransmission zu g-Wert definiert:

$$S = \frac{T_L}{g}$$

Die Selektivitätszahl S gibt Aufschluß über die Effizienz der Sonnenschutzgläser. Galt früher ein Glas als besonders effizient, wenn es einen Wert von  $S > 1$  erreichte, erzielen heute moderne Sonnenschutzbeschichtungen den doppelten Wert. In der Tat gilt in Fachkreisen ein S-Wert von knapp über 2 als Grenze des Machbaren.

## Dynamische Selektivität

Da bei „Pilkington E-Control“ der Sonnenschutz variabel ist, ergibt sich seine Leistungsfähigkeit aus dem Vergleich seiner Lichttransmission im aufgehellten Zustand mit der Energie-Transmission im eingefärbten Zustand. Das Maß dafür ist die dynamische Selektivität:

$$S^* = \frac{T_{Lmax}}{g_{min}}$$

Hierbei erzielt „Pilkington E-Control“ Werte über 4. Die große Transmissionsmodulation von „Pilkington E-Control“ bedingt seine einzigartigen Sonnenschutzigenschaften. Während ihrer Einfärbung verschiebt sich das transmittierende Strahlungsmaximum. Dadurch färbt sich das elektrochrome Glas angenehm blau.

## Steuerung

„Pilkington E-Control“ benötigt – wie die Installation von Alarmverglasungen – eine elektrische Zuleitung zu jeder Scheibe. Denn jede Scheibe wird von einem separaten Steuergerät geregelt. So läßt sich prinzipiell jedes Glas individuell einstellen. Doch praxisnäher scheint die mögliche Gruppensteuerung für mehrere Fenster, die die Einzelsteuerungen und damit die Einfärbung synchronisiert. Der ökonomisch effizienteste Niederschlag zur Energieeinsparung im Gebäudehaushalt läßt sich jedoch durch die Integration der elektrochromen Verglasung in das Hausbussystem erzielen. □

Pilkington Flabeg GmbH, 90766 Fürth,  
Fax (09 11) 9 97 44 50