

**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 116 (1998)  
**Heft:** 51/52

**Artikel:** Elktrochrome, gasochrome und thermotrope Schichten  
**Autor:** Heidler, Klaus / Warmuth, Werner  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-79611>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 23.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Klaus Heidler, Werner Warmuth, Freiburg i. Br.

# Elektrochrome, gasochrome und thermotrope Schichten

Dieser Artikel geht auf Funktionsprinzip und Anwendung der neuen gasochromen Schichten ein, beschreibt aber auch die ebenfalls schaltbaren elektrochromen und thermotropen Beschichtungen.

Grosszügige Verglasungen können im Sommer zu Überhitzung führen. Sonnenschutzverglasungen beheben diesen Mangel, lassen aber auch im Winter die Sonnenwärme nicht ins Gebäude - gerade das ist aber das Ziel von Solararchitektur. Eine gute Abschattung muss sich deshalb an die Bedürfnisse der Bewohner anpassen. Bisher dominieren hier aussenliegende Rollen und Jalousien. Rolladenkästen sind meist Wärmebrücken, die schwer in den Griff zu bekommen sind. Das Fraunhofer ISE entwickelt innovative Verfahren, die diese Nachteile nicht haben: Schaltbare Schichten verhelfen äusserlich normalen Fenstern zu Transmission à la carte - von transparent bis undurchsichtig.

## Das Funktionsprinzip schaltbarer Schichten im Überblick

Drei Schichtsysteme haben grosse Chancen, die mechanische Abschattung zu ersetzen: elektrochrome, gasochrome und thermotrope Schichten. Die Schichten sind dünn, im ungeschalteten Zustand unsichtbar und werden auf herkömmliche Fensterscheiben aufgebracht.

### Elektrochrome Schichten

Wolframoxid ( $WO_3$ ) lässt sich reversibel von einem transparenten in einen tiefblauen Zustand schalten und wird deshalb seit einigen Jahren in abblendbaren Autoinnenspiegeln eingesetzt. Die herkömmliche Färbemethode ist das elektrochemische Injizieren von Protonen oder positiven Ionen, wie etwa  $H^+$  oder  $Li^+$ , in einer aus dünnen Schichten aufgebauten galvanischen Zelle. Zuführen elektrischer Ladung verändert die Farbe eines Anzeigeelements - daher der Name «elektrochrom».

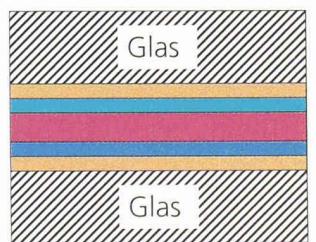
### Gasochrome Schichten

Bei den neuen gasochromen Fenstern wird über eine Katalysatorbeschichtung atomarer Wasserstoff aus einem  $H_2$ -haltigen Gas gebildet. Er diffundiert in die  $WO_3$ -Schicht ein und färbt sie dunkelblau. Spülen der Fenster mit sauerstoffhaltigem Gas entfärbt sie wieder. Die Transmission der Fenster wird so innerhalb weniger Sekunden durch Gas von glasklar nach tiefblau geschaltet - deshalb die Bezeichnung «gasochrom».

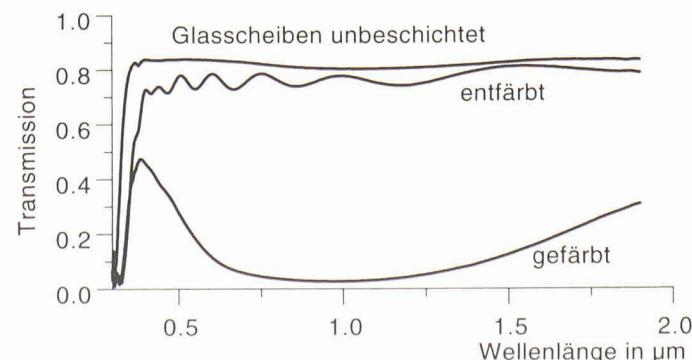
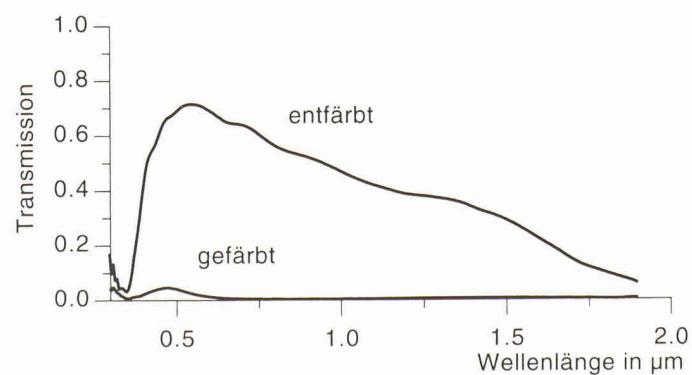
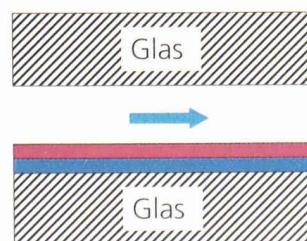
Die Konzentration des Wasserstoffs ist dabei unterhalb der Brennbarkeitsgrenze. Der Energieverbrauch pro Schaltung ist ähnlich gering wie bei elektrochromen Systemen. Die solare Transmission kann von 75% auf unter 5% geschaltet werden.

Wolframoxid ( $WO_3$ ) färbt blau, durch Variation der Beschichtung kann aber auch farbneutrales Grau erreicht werden.

Elektrochrome und gasochrome Fenster schatten durch Absorption ab. Die Beschichtung liegt deshalb auf der Innenseite der Aussenscheibe. So bleibt die Wärme weitgehend draussen. Bei gasochromen Fenstern ist zwar die Versorgungstechnik etwas aufwendiger als bei elektrochromen Beschichtungen. Dafür ist der Schichtaufbau wesentlich einfacher, und auch



Oben (elektrochrom): 1 ITO Elektrode, 2 Ionenleiter, 3  $WO_3$ -Schicht, 4 Rückelektrode  
 Unten (gasochrom): 1  $WO_3$ -Schicht, 2 Gas, 3 Katalysator



Schichtaufbau und Transmission elektrochromer (oben) und gasochromer (unten) schaltender Fenster. Als transparente Elektrode (TE) werden hochdotierte Halbleiter aufgebracht. Die Gegenelektrode (GE) ist meist ein geeignetes Übergangsmetalloxid

grossflächige Fenster können schnell und homogen eingefärbt werden. Das Fraunhofer ISE stellt elektrochrome und gasochrome Fensterelemente durch Sputtern, Aufdampfen oder - in Kooperation mit weiteren Partnern - im Sol-Gel-Verfahren her.

### Thermotrope Schichten

Thermotrope Materialien lassen bei niedrigen Temperaturen Sonnenlicht und damit Strahlungsenergie durch, bei höheren Temperaturen aber - beispielsweise 35°C - «schalten» sie selbsttätig und reversibel auf Reflexion. Physikalischer Hintergrund ist die Entmischung polymerer Moleküle. Im geschalteten Zustand streut die Schicht, wie bei Milchglas ist keine Durchsicht möglich.

Thermotrope Schichten schalten selbsttätig in Abhängigkeit von der ScheibenTemperatur. Dadurch brauchen sie keine Versorgungs- und Regelungstechnik, sind aber auch nicht individuell schaltbar. Wegen der Streuwirkung eignen sie sich weniger für Fenster als für Oberlichter, Dachverglasungen und Solarfassaden. Simulationsrechnungen ergaben bei einer 60%-igen Flächenbelegung der Süd-, Ost- und Westfassaden eines Einfamilienhauses mit transparenten Wärmedämm-Verbundsystemen (TWDVS) eine 27%-ige Reduktion des Heizwärmebedarfs. Gleichzeitig reduziert die Abschattung die InnenTemperaturen im Sommer deutlich.

### Praxisaspekte gasochromer Fenster

Gasversorgung in einem Fenster - das klingt zunächst aufwendig, ist es aber nicht, da der Wasserstoffkreislauf geschlossen ist: Gasvorrat und -regelung werden in der Rahmenkonstruktion des Fensters untergebracht und sind damit praktisch nicht sichtbar. Die Versorgungstechnik arbeitet völlig autonom und wartungsfrei. Die Fenster schalten automatisiert, z.B. bei einer bestimmten Raumtemperatur oder manuell per Knopfdruck.

Das Versorgungssystem muss gleichmässige Einfärbung, hohe Schaltleistung und grosse Langzeitstabilität gewährleisten. Dazu stimmten die Wissenschaftler die Parameter Schichtstruktur, Gaskonzentration und Strömungsgeschwindigkeit optimal ab. Sie bauten für die Hannover Messe Modellelemente von  $1,1 \times 0,6 \text{ m}^2$ . Die durch Sputtern hergestellte Beschichtung wurde bis heute über 10 000 mal ohne Qualitätseinbusse geschaltet.

Mit einer Fassadenbaufirma und einer Glasbeschichtungsfirma gibt es bereits Kooperationen, um die Elemente in zwei bis drei Jahren zur Marktreife zu entwickeln.

### Anwendungsmöglichkeiten

Sowohl im privaten wie im gewerblichen Bereich könnten künftig schaltbare Verglasungen die Steuerung des Gebäudeklimas unterstützen. Gasochrome Fenster könnten Rollosysteme oder Sonnenschutzverglasungen ersetzen. In Niedrigenergiehäusern begrenzt oft die Kühllast im Sommer die Verglasungsfläche. Gasochrome Fenster lösen dieses Problem und bieten für Architekten ganz neue Gestaltungsmöglichkeiten bei höchster Funktionalität.

Gasochrome Verglasungen bieten aber auch im Gebäudeinneren und im Fahrzeugbau neue Möglichkeiten. Grossflächig und sekundenschnell wird aus Durchblick «privacy» oder Blendschutz. Grossraumbüros lassen sich so auf Knopfdruck umgestalten, Scheiben können sich selbsttätig «abblenden».

### Wirtschaftlichkeit

Das Schichtmaterial ist relativ preisgünstig. Ziel ist es, die Beschichtung in die übliche industrielle Massenproduktion bei der Glasveredelung zu integrieren. Mehrkosten für die Fenster entstehen hauptsächlich durch das Versorgungsgerät. Dabei gilt: Je grösser die Fensterfläche, desto geringer fällt das Versor-

gungsgerät preislich ins Gewicht. Schaltbare Fenster sind zwar etwas teurer als Standardfenster, sie sind aber deutlich billiger als Standardfenster plus Rollo und vermeiden allfällige Nachteile der mechanischen Abschattung.

Gasochrome Fenster steigern die Energieeffizienz von Gebäuden. Im Winter sparen sie wegen des höheren Glasanteils der Fassade Heizenergie und Kunstlicht, im Sommer verringern sie die Kühllast - und machen so oft eine Klimaanlage überflüssig.

### Fazit

Gasochrome Fenster enthalten einen einfachen Schichtaufbau, erreichen hohe Transmissionen in entfärbtem Zustand, sind kostengünstig grossflächig herstellbar und weisen bei geeigneter Steuerung eine gute Stabilität auf. Die Schaltung kann automatisiert - z.B. nach Temperatur - oder manuell per Knopfdruck erfolgen. Dabei ist auch im geschalteten Zustand eine Durchsicht möglich, da die Schicht nicht streut. Mit gasochromen Fenstern eröffnen sich ganz neue Möglichkeiten für Solares Bauen und architektonische Anwendungen: Überkopfverglasungen und Oberlichter können mittelfristig auch thermotrope Systeme kostengünstig schalten. Für kleinere Verglasungsflächen bieten sich bereits heute elektrochrome Fenster als «Edel»-Verglasungen an.

Adresse des Verfassers:

Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme ISE, Abteilung thermische und optische Systeme, D-79100 Freiburg