

# Elktrochrome, gasochrome und thermotrope Schichten

Autor(en): **Heidler, Klaus / Warmuth, Werner**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **116 (1998)**

Heft 51/52

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-79611>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrücke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

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 Rollos 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 Transmissi $\ddot{a}$ n 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».

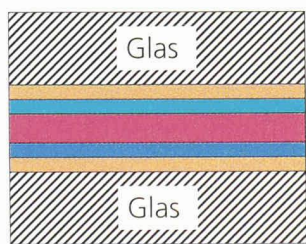
### Gasochrome Schichten

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».

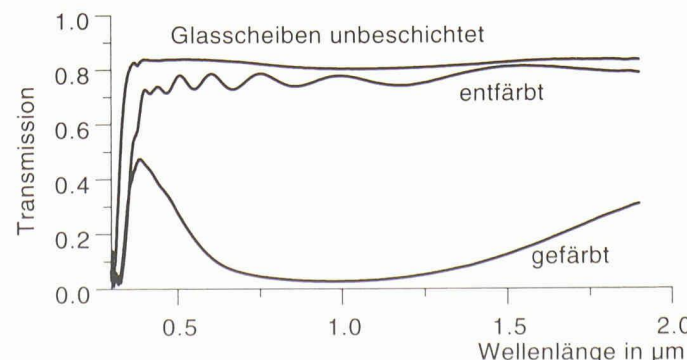
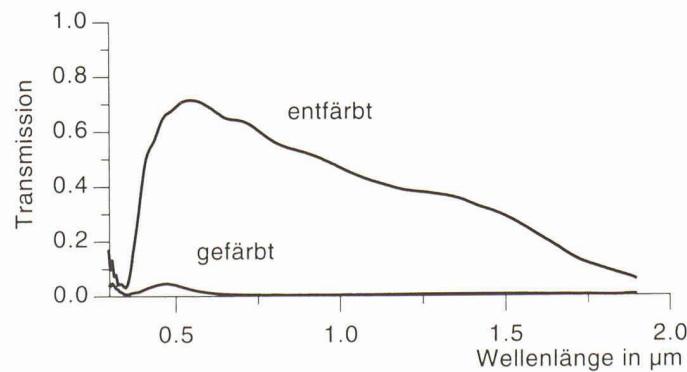
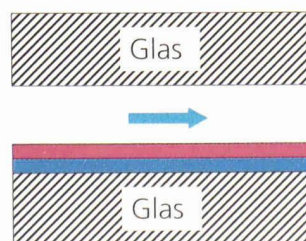
Die Konzentration des Wasserstoffs ist dabei unterhalb der Brennbarkeitsgrenze. Der Energieverbrauch pro Schaltung ist ähnlich gering wie bei elektrochromen Systemen. Die solare Transmission kann von 75% auf unter 5% geschaltet werden.

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 Aussenseibe. 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 1,1×0,6 m<sup>2</sup>. 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 Glanteils 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