

3. Internationaler Kongreß über die Beschichtung von Glas (ICCG)

# Glas – einer der sieben wichtigsten Werkstoffe der Welt

Hans Joachim Gläser

Vom 29. 10. bis 2. 11. 2000 fand im Anschluß an die Glasstec 2000 in Maastricht die Internationale Konferenz über die Beschichtung von Glas (ICCG) statt, an der wie vor zwei Jahren, damals in Saarbrücken, wiederum über 400 Wissenschaftler aus 28 Nationen teilnahmen.

Die Themenkreise der Tagung waren wie 1998:

- Der Markt der beschichteten Gläser und Kunststoffe,
- Fortschritte bei der Vakuumbeschichtung,
- chemische Beschichtungen auf der Basis von Sol-Gel, Pyrolyse, CVD, PECVD, Sprühen und Puder
- Vor- und Nachbehandlungsprozesse, Messungen und Berechnungen an Schichten
- beschichtete Kunststoffe als Alternative zum Glas,
- Anwendungen, neue Märkte, neue Entwicklungen und Trends bei Anzeigen und Solarzellen,
- Anwendungen, neue Märkte, neue Entwicklungen und Trends bei beschichtetem Architektur- und Fahrzeugglas.

Bei der diesjährigen Konferenz wurden lediglich die Entwicklungen bei Solarzellen und Displays sowie bei den Architektur- und Fahrzeuggläsern in getrennten Sitzungen abgehandelt.

Wichtig zu berichten ist die Feststellung eines Referenten zu Beginn der Tagung, daß gemäß einer amerikanischen Studie Glas in Zukunft zu den sieben wichtigsten Werkstoffen

zählen wird, wobei Beschichtung eine sehr wichtige Veredlungstechnik dieses Werkstoffes ist. Die derzeitige Marktbedeutung und Weiterentwicklungen von folgenden, seit Jahren wichtigen beschichteten Glasprodukten (inzwischen wichtig gewordene fehlten leider) kamen während des Kongresses zur Sprache und wurden diskutiert.

## *Beschichtete Scheiben für die Architektur*

Die Marktdurchdringung der beschichteten Wärmeschutzgläser bei Fensterverglasungen ist seit 1998 weltweit weiter gestiegen. In Europa beträgt sie inzwischen deutlich über 50 %, davon in der BRD und einigen Nachbarländern nahezu 100 %, in USA ebenfalls über 50 % und auch in Fernost, speziell in Japan, ist man nun auch in den Startlöchern. Weltweit ist zu beobachten, daß wegen der besseren technischen Werte die silberbeschichteten Wärmedämmschichten (Soft-Coatings) die online mit dem Floatverfahren beschichteten elektrisch leitfähigen Zinnoxidschichten (Hard-Coatings) vom Markt verdrängen. Bei der Entwicklung der Soft-Coatings haben eine Reihe von Firmen in Europa inzwischen bzgl. der optischen und wärmetechnischen Werte die Grenze des physikalisch Möglichen erreicht. Es werden heute Zweifachisolierscheiben mit einem  $k_V$ -Wert von  $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$  (mit Argonfüllung) und  $g$ -Werten um 50 % vermarktet, die mit einem Doppelsilberschichtsystem ausgerüstet sind. Mit Einfachsilberschichtsystemen werden bei sonst gleichem Scheibenaufbau optimal ein  $k_V$ -Wert von  $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$  bei  $g$ -Werten um 63 % erreicht (theoretisch möglich wäre hier ein  $g$ -Wert von 68 %).

Bei den Sonnenschutzgläsern geht der Trend weiterhin zu selektiven Schichten, d. h. Schichten, die sowohl

Sonnenschutz als auch Wärmedämmung bieten. Solche Schichten sind bei Soft-Coatings inzwischen Standard, z. T. auch auf der Basis von Doppelsilberschichtsystemen. Neu war hier, daß inzwischen auch selektive Sonnenschutzschichten mit jedoch höherem Emissionsvermögen auf der Basis von Hard-Coatings online mit dem Floatprozeß herstellbar sind (siehe die Produkte „SolarE“ von Pilkington und „Sunergy“ von Glaverbel), die für Einfachscheibenverglasungen in sonnenreichen Regionen der Erde auf Position 2, d. h. auf der Innenoberfläche von Verglasungen vorgeschlagen werden. Eine solche Verglasung hat den Nachteil des erhöhten Kondensationsrisikos auf der Innenoberfläche, es sei denn, man verglast Gebäude in Wüsten. Eine neue, nahezu endgültige Generation von Sonnenschutzgläsern, auch für den Einsatz in gemäßigttem Klima, würde aus meiner Sicht jedoch geschaffen, wenn man solche Schichten auf der Außenseite (Position 1) von Isoliergläsern anordnen würde, wobei als Gegenscheibe eine Scheibe mit optimaler Wärmeschutzschicht auf der Basis eines Silber-einfachschichtsystems geschaltet würde. Außer Sonnen- und gleichzeitig verbessertem Wärmeschutz ( $k_V \sim 1,0$ ) würde eine solche Scheibe erstmalig einen von der Witterung unabhängigen, d. h. stabilen  $k_V$ -Wert und gleichzeitig ein wesentlich geringeres Kondensationsrisiko auf der Außenoberfläche der Verglasung zeigen. Eine solche Verglasung könnte man mit gutem Umweltbewusstsein für Gebäude mit Ganzglasfassaden empfehlen.

Sonnenschutzgläser auf der Basis von elektrochromen Schichten, d. h. Schichten mit elektrisch steuerbarem  $g$ -Wert, waren auch in diesem Jahr wiederum ein Thema. Hier scheint mir, hat Pilkington-Flabeg mit dem Produkt „EControl“ weltweit das erste industriell hergestellte Produkt auf dem Markt gebracht.

Von Marktbedeutung sind zu meiner Überraschung auch entspiegelte Scheiben für architektonische Zwecke geworden. Die Komfortansprüche an Glas für gehobene Einsatzzwecke (z. B. Penthäuser, VIP-Logen usw. ) nimmt wohl rasant zu. Bei der Herstellung der Scheiben konkurrieren hier weiterhin chemische Verfahren und Magnetronbeschichtungen, wobei die letzteren bezüglich Entwicklung weit vorangeschritten sind, bei der industriellen Fertigung jedoch noch Probleme zeigen sollen.

### *Beschichtete Scheiben für Fahrzeugverglasungen*

Bei diesen Verglasungen machen selektive Sonnenschutzschichten (die Autoindustrie nennt diese IR-reflektierende Schichten) aus Energieeinsparungsgründen bei der Kabinenklimatisierung große Fortschritte. Zum Einsatz kommen hier ausschließlich Doppelsilberschichtsysteme. Bezüglich Herstellungsverfahren konkurrieren hier die Aufbringung von biegbaren Schichten auf Flachglas und die Beschichtung von Folie („Southwall“). Im ersten Fall wird das Flachglas nach der Beschichtung gebogen und dann zu VSG verarbeitet. Im zweiten Fall wird die beschichtete Folie, zu beiden Seiten in PVB-Folie verpackt, zu VSG assembliert. Die Marktanteile beider Herstellungsverfahren betragen zur Zeit ca. 50 %.

Insbesondere in Japan sind weiterhin wasserabweisende, d. h. hydrophobe Schichten, und wasserverteilende, d. h. hydrophile Schichten, auf der Außenseite von Fahrzeugverglasungen und Kfz-Außenspiegeln ein Thema, wobei die hydrophilen Schichten mit photokatalytisch wirkenden  $TiO_2$ -Schichten erzeugt werden. Der Wirkmechanismus der letzteren Schichten wurde auf der Konferenz eingehend dargestellt. Photokatalytisch zersetzt, d. h. bei Sonnenlichteinfall zersetzt, werden auf geeigneten  $TiO_2$ -Schichten Wasser und Öl. Bei der Wasserzersetzung werden gleichzeitig die  $TiO_2$ -Oberflächen hydrophyl. Die Anwendungsphilosophie solcher Schichten erscheint mir jedoch zweifelhaft. In Europa wurden vor Jahren mit hydrophilen Schichten auf Glas, jedoch anders hergestellt, schlechte Erfahrungen gemacht.

Elektrochrome Scheiben für Dachverglasungen („Sun-Roofs“) und Flugzeugscheiben sind ebenfalls weiterhin ein Entwicklungsthema.

Ein großes Thema war auch wiederum die Substitution der Fahrzeugverglasung durch Kunststoffe (z. B. auf der Basis von Polycarbonat). Wegen des geringeren Gewichtes hätten Kunststoffe bei dem Trend, den Benzinverbrauch zu reduzieren, große Vorteile gegenüber Glasscheiben. Zwar wurden in bezug auf die Kratzfestigkeit der Kunststoffoberfläche in den letzten Jahren Fortschritte erzielt, zu einem bedeutenden Einsatz solcher Scheiben ist es jedoch bisher noch nicht gekommen. Es wurde beklagt, daß die Autoindustrie sehr konservativ sei. Man glaubt nun, daß sich in den nächsten Jahren ein Durchbruch einstellt. Meines Erachtens ist man im Vergleich zu 1998 bescheidener geworden.

### *Beschichtete Substrate für Anzeigen*

Auch beschichtete Substrate (Flachglas und Kunststoffe) für Anzeigen waren ein großes Thema. Der Bedarf an Flachglas für flache Anzeigen steigt weiterhin steil an. Die Produktion von Anzeigen mit den unterschiedlichsten Funktionsmechanismen erfolgt fast ausschließlich in Fernost (z. B. Taiwan). Auf dem Kongreß ging es wie vor zwei Jahren wiederum um transparente, elektrisch leitfähige und entspiegelnde Schichten für Anzeigen, aufgebracht mit chemischen Verfahren, Magnetronbeschichtung und plasmaunterstütztem CVD (PECVD) auf Glas und Kunststoffen. Abgehandelt wurden im wesentlichen die Verbesserung und Weiterentwicklung bei elektrisch leitfähigen Oxiden (TCOs), wie z. B. den Indiumzinnoxid (ITO)-Schichten, den Zinkoxid(ZnO:Al)-Schichten und – was neu war – in Ansätzen auch bei Schichtsystemen auf der Basis von Mischoxiden (sogenannte ternäre Oxidschichten, z. B.  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$ ). Doppelsilberschichtsysteme kommen bei Anzeigen heute dort zur Anwendung, wo der notwendige niedrige Flächenwiderstand mit Oxidschichten nicht erreicht werden kann, z. B. für Abschirmscheiben bei flachen Plasmaschirmen ( $R_{\square} \sim 1,5 \Omega$ ), die auch

Plasmafilter genannt werden. Auf dem Kongreß befaßte sich auch ein Beitrag erstmalig mit einem Einfachsilberschichtsystem (Glas/ITO/Ag/ITO) für Steuerelektroden, im Aufbau analog den Wärmedämmschichten auf der Basis von Soft-Coatings. Bei den entspiegelnden Schichten ging es wiederum um kostengünstige Einfachschichten und Schichtsysteme zur Entspiegelung von Flachbildschirmen und Braunschens Röhren.

### *Dünnschichtsolarzellen*

Abgehandelt wurden in zwei Beiträgen Produktionslinien von Cadmiumtellurid(CTS)-Photovoltaikmodulen, die aber noch im Pilotstadium sind, sowie in mehreren Beiträgen Fortschritte bei der Herstellung von texturierten elektrisch leitfähigen Schichten auf der Basis von ZnO:Al für hocheffiziente amorphe Siliziumsolarmodulen. (Amorphe Solarzellen werden schon industriell hergestellt.) In einem Beitrag wurde auch wiederum über die Herstellung von flexiblen Solarzellen auf Plastikfolie berichtet.

Bei den Beschichtungsverfahren für Flachglas werden heute für große Beschichtungskapazitäten vornehmlich die Magnetrontechnik und das chemische Verfahren bei Atmosphärendruck (z. B. APCVD) online mit dem Floatglasherstellungsprozeß angewandt, wobei die Magnetronbeschichtung bezüglich installierten Beschichtungskapazitäten weltweit einen großen Vorsprung vor den chemischen Techniken hat. Aus diesem Grund nahmen auch auf dem Kongreß die erzielten Fortschritte bei der Magnetrontechnik, z. B. bei Netzgeräten, bei der Prozeßüberwachung und -Regelung, bei Targets (Beschichtungsmaterialien), deren Herstellung oder Ausbeute sowie Weiterentwicklungen bei der Glasvorbereitung für die Beschichtung einen breiten Raum ein. Es ist erstaunlich, welche großen Fortschritte in den letzten Jahren hier gemacht wurden. Die Überwachung und Regelung des APCVD-Prozesses behandelte demgegenüber nur ein Beitrag. Außer diesen beiden Verfahren spielen noch die Sol-Gel-Beschichtung und das PECVD bei kleineren Abmessungen und Beschichtungskapazitäten sowie bei Laborentwicklung eine Rolle. Das PECVD wurde vornehmlich für Be-

schichtungen in Verbindung mit amorphen Silizium-Solarzellen abgehandelt. Für die Beschichtung von Kunststoffen wird die Magnetron-Technik und eine Reihe chemischer Beschichtungsverfahren sowie das PECVD angewandt bzw. erprobt, wobei hier aus meiner Sicht die Durchsetzung des jeweils optimalen Herstellungsverfahrens bei den vermarkteten oder diskutierten Produkten noch nicht soweit gediehen ist wie bei der Flachglasbeschichtung.

Auf dem Kongreß wurden 121 Beiträge präsentiert, davon behandelten wiederum 17 (14 %) die Beschichtung von Kunststoffen. Wie 1998 bemängelte ich deshalb auch diesmal wiederum den Titel der Tagung. „Konferenz über die Beschichtung von transparenten Werkstoffen“ würde die Thematik der Konferenz korrekter beschreiben. Auffallend war auch bei dieser Konferenz wieder die Zurückhaltung der Glasindustrie mit Beiträgen, sieht man einmal von Asahi Glass ab. Es präsentierten: Asahi Glass (Japan) neun Beiträge, Nippon Sheet (Japan) zwei, Saint-Gobain Glass (F) zwei, Pilkington (GB), Interpane (BRD), Semco (BRD) und Scheuten Glass (NL) jeweils einen Beitrag bzw. die beiden letzten Firmen beteiligten sich an einem Beitrag. Angesichts der Tatsache, daß heute solche Fachtagungen wie die ICCG als PR-Veranstaltung für die Innovationskraft eines Unternehmens zur Anwerbung fähigen Nachwuchses genutzt werden könnte, ist die Zurückhaltung der Glasindustrie erstaunlich. Die Diskussionen am Rande des Kongresses scheinen für viele Teilnehmer aus der Industrie wichtiger zu sein als die Konferenz selbst. Ein Teil der Konferenzbeiträge ist – wenn auch unvollständig – in dem Band

„Proceedings of the 3rd Int. Conf. on Coatings on Glass“ (ISBN 90-9014255-x, Universal Press, Veenendaal, NL) veröffentlicht worden. Lobenswert ist die Gastfreundschaft der Holländer. Zu bemängeln ist jedoch, daß die Namen auf der ausgehängten Liste der Konferenzteilnehmer zum Teil unkenntlich entstellten waren. Auch schienen mir die Räumlichkeiten, in denen die Konferenz stattfand (Crowne Plaza Hotel), zu beengt. □