

Roland Zain

## Glasbeschichtungen aller Art

In den letzten 10 Jahren sind die Beschichtungsarten um ein Vielfaches gestiegen. Es gibt sehr viele Anwendungsbereiche, die sich durch die ganze Glasindustrie ziehen.

**Flachglas:** Flachgläser werden z.B. einseitig oder beidseitig mit hauchdünnen, kaum wahrnehmbaren Metallschichten bedampft für AR (Anti Reflektion) Beschichtungen, Wärmeschutzschichten (Architekturglas mit Fluor dotiertem Zinnoxid), Sonnenschutzisolierschichten (Gold, Silber, Kupfer), Dekorationsverglasung mit Titanverbindungen (z.B. Casino Verglasung in Dubai, Palaca-Hotel und McDonalds in Moskau), Splitter-schutzverglasung, Verspiegeln von Flachglas, Antischmutz- und Entspiegelungsschichten, Thermochrome Schichten (z.B. mit Vanadiumoxid), emailliertes Glas (Schrannenhalle in München), Sicherheitsklebefolien für Diebstahlschutz, Verfahren für Flachglasbeschichtungen sind z.B. Hard-coating (Beschichtung im Heißfloatprozess mit Metallverbindungen), Offline-coating (PVD), Soft-coating (Mehrschichtsystem) und Sol-Gel-Verfahren, u.v.m.

**Thermometerglas:** Galliumoxidbeschichtung für Galinstan® Thermometer, einbrennbare Skaleneinteilungen, u.v.m.,

**Leuchtstofftechnik:** Innenhaftung des Neopulvers,

**Lampenindustrie:** Reflektionsbeschichtung, hitzebeständige Graphitbeschichtung, Metallbeschichtungen u.v.m.,

**Optik:** AR - Beschichtungen verschiedenster Metalle (z.B. Chrom, Titan, Gold, Silber, Platin, Aluminium, u.v.a.), Entspiegelungsschichtungen u.v.a.,

**Kunstglas:** Glasmalen mit verschiedensten Techniken (z.B. Einbrennfärbungen, Glasmalstifte), Aufdampfen einiger Metalle und deren Verbindungen, Verspiegeln, Vergolden, Tauch- und Sprühlack auf Kunststoffbasis u.v.m.,

**Glasapparatebau:** Antistatische Beschichtung (z.B. PU, TCO=Transparent Conductive Oxide), Metallbeschichtungen nach und vor dem Einschmelzen (galvanisch, thermisch, manuell), Splitter-, Anlauf- UV Schutzbeschichtung mit Kunststoffen (PU, PVC), einbrennbare Schilder und Skalen (Diffusion Emaille Farbe), Quarzglas Reflektionsbeschichtungen, Beschichtungen für chemische Beständigkeit mit Metallen (Platin, Gold, Silber, Palladium), Kunststoffen (z.B. PTFE, ETFE, PFA) ECTFE-Halar® natronlaugenbeständiger Kunststoff, spezielle Wachse (HF beständig), Glas-Glas, Keramik, Kupfer, Aluminium, Beschichtungen Hochtemperaturbeschichtungen für die Solar oder Halbleiterindustrie, Festigkeits- und Trennbeschichtungen (z.B. Bornitrid, Aluminiumoxid), Anzeichnen von Glas mit Stiften z.B. Paint Marker wasserfesten Markern u.w.m..

Weiterhin gibt es in der Forschung und der Industrie Gebiete, die sehr viel mit Glas arbeiten und auch beschichten z.B. Solarindustrie (Bau von neuen Solarzellen mit Hilfe von Glas-Beschichtungen mit Titandioxid, Platin oder Graphitschicht), Elektronikindustrie (schaltbare elektrochrome Beschichtungen aus Nickeloxid und Titanoxid im Sol-Gel Prozess), Autoindustrie (Nanobeschichtungen für wasserabweisende Oberflächen, eingebraunte farbige Metalloxidschichten, farbige Klebefolien für Autoglasscheiben, beschichtete Scheinwerfergläser) Haushaltstechnik z.B. hydrophobe Beschichtungen für Duschkabinen (Lotus Effekt) mit Metalloxiden, Glas und Keramiksubstraten. Es gibt auch weiterhin hochinteressante

### Glasbeschichtungen:

- Schaltbare Spiegel mit Yttrium, Magnesium, Gadolinium, Palladium, die mit Wasserstoffatomen reagieren,
- Pulverlackfilmen auf Glas mit Hilfe von Silanen,
- hydrophobe Glasbeschichtungen auf Silikonbasis,

- Beschichtungen auf Basis von hydrolysierbarer organischer Metallverbindungen mit Siliziumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ), Titandioxid ( $\text{TiO}_2$ ), Thoriumoxid ( $\text{ThO}_2$ ), Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Zirkonium(IV)oxid ( $\text{ZrO}_2$ ), Antimondioxid ( $\text{Sb}_2\text{O}_4$ ), Eisen(III)oxid ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), Cadmiumoxid ( $\text{CdO}$ ),  $\text{Zn}_2\text{O}_3$  und Schichten aus den Oxyden des Chroms, Cobalts und Vanadiums,
- DLC-Beschichtungen (Diamond like Carbon) auf Glas, diese zeichnen sich wegen der extremen Härte aus,
- PLD-Verfahren (Pulsed Laser Deposition) wird mit Hilfe von einem Laser das Target verdampft, damit werden z.B. transparente PTFE Schichten auf Glas aufgetragen und Epoxydharzversiegelungen.

Viele dieser Anwendungen sind übergreifend, so dass sie in vielen Bereichen herzustellen sind. Die Chip- und Optikindustrie sind die Industriezweige, die die Beschichtungsmöglichkeiten optimiert und perfektioniert haben. So hat auch die Nanotechnik einen wesentlichen Anteil an der Entwicklung neuer Glasbeschichtungen, so ist es möglich, Materialien ohne Haftungsprobleme mit total unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten fest zu verbinden z.B. Quarzglas (COE 0,55) mit Aluminiumbeschichtung (COE 23,8) zumal es diese Verbindung ist, wo der Ausdehnungskoeffizient (COE) am weitesten auseinander liegt zwischen einem Glas und einem nicht magnetisch hochschmelzenden ( $660^\circ\text{C}$ ) Metall. Alle anderen Metalle sind entweder magnetisch oder sind niederschmelzend. Dieses ist möglich, weil die Schichtdicken im Nanobereich liegen.

Die gebräuchlichsten Arten, um Schichten auf das Glas zu bekommen, sind z.B. PVD (Physical Vapor Deposition), CVD (Chemical Vapor Deposition) und Sol-Gel. Bei PVD-Prozessen wird durch Kondensation aus einer Dampfphase eine dünne Schicht auf dem Glasteil erzeugt. Dies kann in zwei Methoden erfolgen:

**1. Das Aufdampfen** ist ein thermischer Prozess, wo das Schichtmaterial unter Hochvakuum bei Temperaturen zwischen  $500$  und  $3000^\circ\text{C}$  erhitzt wird (z.B. Chrom, Aluminium, Titan).

**2. Das Sputtern** ist das Herausholen von Teilchen per Ionen. Erzeugt allgemein festere und dichtere Schichten als das Aufdampfen. Wie das PVD werden auch die meisten CVD-Verfahren im Hoch-

vakuum betrieben. Für die Glasbeschichtung sind folgende CVD-Verfahren interessant:

- 1. PECVD** - plasmaunterstützte chemische Gasphasenabscheidung (aktivierende Siliziumdioxidschichten).
- 2. HFCVD** - Heißdraht aktivierende chemische Gasphasenabscheidung (Bedampfen mit hochschmelzenden Metallen (z.B. Rhenium, Wolfram)).
- 3. MOCVD** - metallorganische chemische Gasphasenabscheidung ( Verbindungen von Zinn, Barium, Wismut, Strontium und anderen).

Weiterhin gibt es viele andere Verfahren, unter anderem die VAD ( Vakuum Arc Deposition = Vakuumlichtbogenabscheidung). Damit werden Glasscheiben zur Außen- und Innendekoration mit Titanverbindungen mit unterschiedlichen Farben beschichtet. Beim Sol-Gel-Verfahren entsteht die Beschichtung durch Eintauchen des Glases in eine Suspension mit Metalloxiden (z.B. ATO – Antimon Zinnoxid) unter Kontrolle der Geschwindigkeit, mit der das Glas hinausgezogen wird.

**Zu all meinen aufgezählten Materialien, Gebieten und Verfahren gibt es weitaus mehr. Alle Anwendungsgebiete und Verfahren haben Ihre Vor- und Nachteile.**

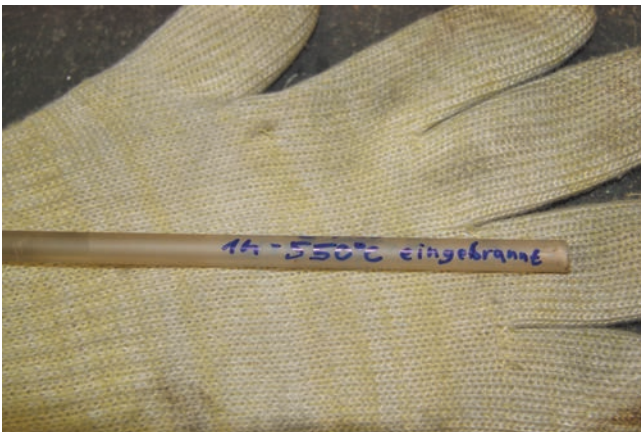
**Man muss genau abwägen, welches für meine Anwendung das Beste ist.**



## Hier nun eine kleine Aufzählung der Glasbeschichtungen, die wir an der Technischen Universität durchführen :



1. Hier suchten wir eine Schicht, die wir auf der verspiegelten Fläche auftragen können. Diese sollte wesentlich beständiger sein als die üblichen Schichten, die oftmals aus Schellack bestanden. Wir wollten damit die mit Silbernitrat innenbeschichteten Rohrflächen beschichten. Versuche machten wir unter anderem mit flüssiger Bornitrit Suspension und mit Zirkonium.



2. Diese Beschichtung ist aus einem einbrennbaren Lack für ein Glasrohr. Diese diente als Antireflectionsschicht für die Optik.



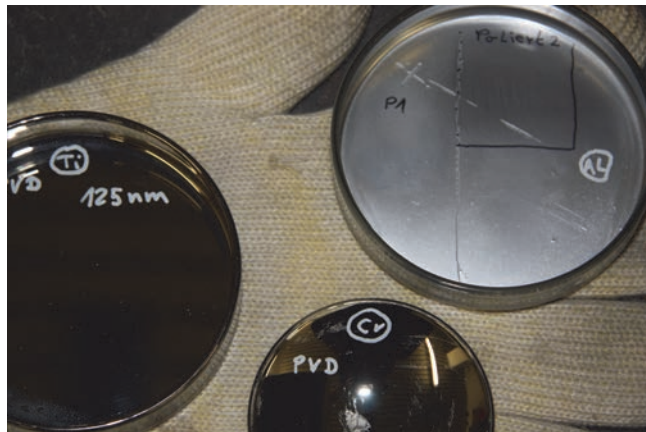
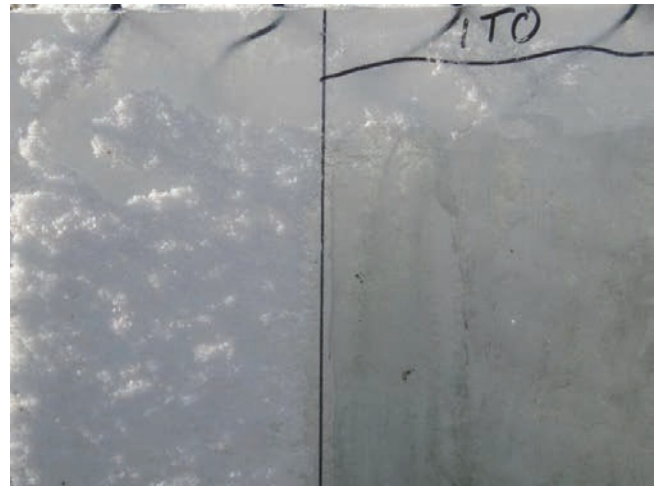
3. Hiermit testeten wir verschiedene Metalle für eine Außenreflektions-Spiegelbeschichtung. Auf dem Bild gezeigte Metallschicht besteht aus einer Indium-Zinn Legierung.



4. Die Aufgabe dieser Beschichtung sollte es sein, einen Glasbehälter zu bauen, der eine bestimmte UV-IR Undurchlässigkeit hat, so gut es geht undurchsichtig ist, preislich günstiger ist als Platin und flusssäurebeständig ist. Nach langen Versuchen ist uns eine Innenbeschichtung gelungen, die aus Palladium besteht.



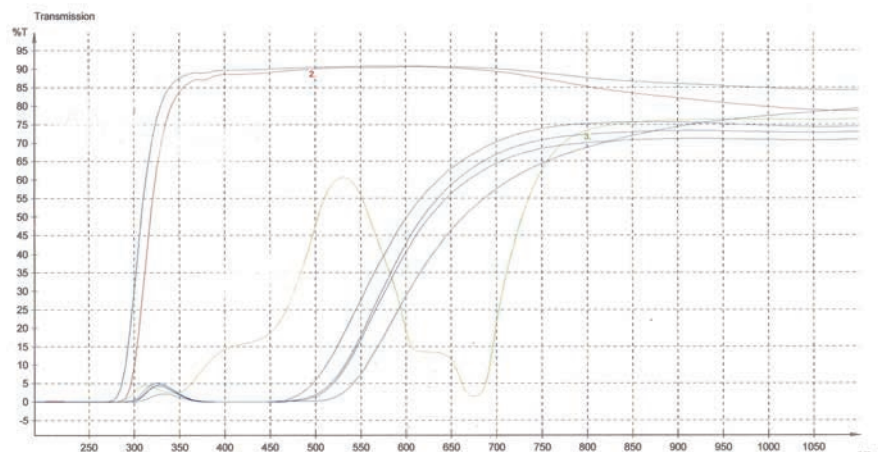
5. Mit einer Indium-Zinkoxid Beschichtung (ITO) ist es uns gelungen, eine Apparatur aus Glas zu fertigen, die unter Minusgraden bei Tieftemperaturreaktionen wenig Eis an der Außenseite des Glases ansetzt. Das Bild zeigt die Testscheibe bei den ersten Versuchen. Links ohne ITO Beschichtung



6. Beim Bau von Reflektionsspiegeln ist die Beschichtung mit Metallen weit verbreitet. Hier testen wir verschiedene Metalle auf die Kratzfestigkeit, auf den Reflektionsgrad und die thermische Belastbarkeit u.v.m. Links und Mitte : Titan- und Chrombeschichtung in PVD-Verfahren hergestellt. Rechts : Aluminiumbeschichtung



7. Um Apparaturen für UV anfällige Chemikalien zu bauen ist es wichtig zu wissen, welchen UV-Bereich wir abdecken wollen. Hiermit testen wir verschiedene selbsthergestellte Silberbeizen, die wir nach dem Einbrennen genau analysieren. Diese Silberbeizen bestehen aus Silbernitrat, Kupfersulfat oder Silberoxid, die mit einem Trägermaterial gesättigt werden. Nach dem Einbrennen der streichfähigen Pasten haben wir die Testscheiben in ein UV – IR Messgerät gesteckt um genau zu schauen, was jede einzelne Scheibe für einen Bereich der Undurchlässigkeit abdeckt. Dies war ein kleiner Ausblick in die Beschichtungen, die wir hier an der Technischen Universität Clausthal durchführen.



**Roland Zain**