

Beschichtungen, die Funktionseigenschaften  
von Substraten verändern

# White Paper

Oberflächen-Beschichtungen  
von Glas und Nicht-Glas-Substraten

# Oberflächen-Beschichtungen von Glas und Nicht-Glas-Substraten

**Optische Beschichtungen** von Glas ermöglichen die optische Beeinflussung einer natürlichen oder künstlichen Lichtstrahlung durch Filterung.

**Funktionale Beschichtungen** von Glas, aber auch von Metallen und Kunststoffen, ermöglichen die Veränderung von physikalischen und biochemischen Eigenschaften der Substratoberflächen zwecks Erweiterung ihrer Funktionen.

# Die Möglichkeiten und Verfahren der Beschichtung

## 1. Die Glasbeschichtung zur optischen Lichtfilterung

ermöglicht die Beeinflussung natürlicher und künstlicher Lichtstrahlung.

So lassen sich auftreffende Lichtstrahlungen verändern, wodurch beispielsweise bei Konversionsfiltern die Lichtspektren verschoben werden oder bei Farbeffekt-Glas „weißes“ Licht in nahezu jede Spektralfarbe „verwandelt“ wird (siehe unser Whitepaper Dichroitische Filter).

Für viele technische Anwendungen werden nur bestimmte Teile des Spektrums benötigt. Dazu werden beispielsweise IR- und UV-Filter eingesetzt. Die Durchlässigkeit von Gläsern kann anwendungsspezifisch exakt gesteuert werden. Der beeinflussbare Bereich liegt in der Regel zwischen 250 und 1600 Nanometern (UV / VIS / NIR). Optische Filter aus Glas für technische Anwendungen werden in der Wissenschaft, Medizin und Industrie sowie in der Sensorik eingesetzt. (Siehe unser Whitepaper Optische Filter.)

## 2. Die >Funktionale< Beschichtung von Glas, Metall und Kunststoff

verändert die Oberflächeneigenschaften dieser Substrate. Dazu werden lichtdurchlässige, transluzente oder auch opake Schichten hauchdünn aufgebracht. Im Vergleich zu den optischen Schichten sorgen funktionale Schichten nicht ausschließlich für eine gezielte optische Modifikation des auftreffenden oder durchgehenden Lichts. Die Funktion beruht auf der Interaktion der in der Beschichtung eingebundenen Moleküle oder Atome bei Kontakt mit äußeren Einflüssen wie UV-Licht, elektrischen Ladungen, Bakterien oder dem Eintrag mechanischer Energie. Je nach Art der Beschichtung wirken sie fotokatalytisch, elektrisch leitfähig, antimikrobiell oder aber auch Stoß absorbierend.

### 2.1 Substrate

<b>Glas-Standardstärken</b>					
Floatglas	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm	6 mm
Borofloat	1,1 mm	2 mm	3,3 mm	5,5 mm	6,5 mm
Weißglas	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm	6 mm
<b>Metall-Stärken</b> nach Spezifikation / Kundenwunsch					
<b>Standard-Größen</b> Tauchbeschichtung					
minimal	je nach Material im mm-Bereich				
maximal	brutto 1.150 x 850 mm / netto 1.080 x 800 mm				
<b>Fertige Bauteile</b> Beschichtung durch Sprühen und Fluten, je nach Kundenspezifikation					

## 2.2 Materialien zur Darstellung funktionaler Beschichtungen

### **Metallorganische Beschichtungen**

Eine große Gruppe der verwendeten Ausgangsmaterialien sind metallorganische Verbindungen der schichtbildenden Oxide. Durch ihre hohe Reaktivität und Vernetzung lassen sich Beschichtungslösungen herstellen, die die Substrate gut benetzen. Die Umwandlung der Reaktanden in Oxide beim Einbrand erfolgt bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen.

Eine Teilgruppe dieser metallorganischen Verbindungen sind Alkoxide von  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{SiO}_2$  und deren Mischungen. Diese werden für die Herstellung von optischen Interferenzfiltern mit dem Sol-Gel-Verfahren eingesetzt. Eine Besonderheit der Interferenzbeschichtung ist das Fehlen von Absorption. D. h. die eingestrahlte Lichtmenge teilt sich in einen transmittierten und einen reflektierten Strahlenanteil auf. Die Interferenzeffekte sind vom Einfallswinkel des Lichts abhängig.

Metallorganische Verbindungen von Zinn ermöglichen die Herstellung von elektrisch leitfähigen Schichten mit niedrigem elektrischen Widerstand.

Eine weitere Gruppe der verwendeten metallorganischen Verbindungen sind Lüsterfarben. Diese erzeugen einen metallischen Glanz mit hoher Reflexion auf der Substratoberfläche. Zur Herstellung von metallischen Spiegelschichten werden u.a. Titan- und Eisenverbindungen, aber auch Edelmetalle wie Gold und Platin verwendet.

Ein winkelunabhängiges optisches Verhalten wird durch den Auftrag von Pigmentlösungen erreicht. Die große Gruppe der Beschichtungslösungen, die aus Dispersionen hergestellt werden, zeichnet sich dadurch aus, dass die Pigmente zumeist zusammen mit einem optisch- und haftungsoptimierten Binder aufgetragen werden. Im Fall von keramischen Pigmenten ist die Temperaturbeständigkeit der resultierenden Schicht sehr hoch. Die Spezialpigmente erzeugen die gewünschte physikalische, chemische oder biologische Funktion. Dabei sorgt der Binder für eine homogene Verteilung und ausreichende Haftung der Pigmente auf dem Substrat. Neben zahlreichen Oxiden wie z.B.  $\text{ZnO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SnO}_2$  werden ebenfalls Mineralien wie z.B. Spinelle,  $\text{CoAl}_2\text{O}_4$  (blau) oder  $(\text{MgFeCu})\text{Al}_2\text{O}_4$  (schwarz) verwendet. Zur Herstellung transparenter keramischer Pigmentdispersionen werden Dispergiervverfahren wie das Nassmahlen, z.B. in Rührwerkskugelmühlen angewendet.

Die zuletzt beschriebenen Stoffgruppen ermöglichen Beschichtungen, die mindestens einen Teil der auftreffenden Strahlung absorbieren und die transmittierte Strahlung somit konvertieren. Die Lichtenergie wird dabei meist in Wärme umgewandelt.

Eine Kombination von Interferenz- und Absorptionsbeschichtungen wird angewendet, um einen Teil der Winkelabhängigkeit der optischen Filter zu reduzieren.

## Organische Beschichtungen

Gänzlich andere Eigenschaften hat die Gruppe der organischen Beschichtungen. Neben klassischen Glaslacken werden leitfähige Polymere oder bei Raumtemperatur vernetzende und aushärtende Beschichtungen mit Pigmenten verwendet. Dies können z.B. Silberkolloide oder -nadeln, aber auch lichtstreuende oder farbgebende Komponenten sein. Die organischen Schichten zeichnen sich durch eine – besonders bei der Designgestaltung erwünschte – Vielfalt an Farb- und Glanzeffekten aus. Beschichtung und Härtung erfolgen durch Verdampfen des Lösungsmittels und Vernetzung der Edukte meist bei Raumtemperatur oder bei bis max. 150°C. Dies bewirkt eine gegenüber den oxidischen Schichten reduzierte Kratz- und Haftfestigkeit. Die Schichtdicken sind mit 1 bis 30µm deutlich höher als beim Tauchverfahren.

### 2.3 Verfahren zur Applikation der funktionalen Beschichtungen

#### Sol-Gel-Tauchverfahren

Bei diesem Flüssigbeschichtungsverfahren wird das Objekt in eine Beschichtungslösung getaucht. Durch das kontrolliert-kontinuierliche Herausziehen entsteht eine homogene Beschichtung mit einstellbarer Schichtdicke. Beim klassischen Sol-Gel-Tauchverfahren reagiert die Beschichtungslösung mit dem Wasser



aus der Luft, und es kommt zur Gelierung und Schichtbildung. Durch einen finalen thermischen Einbrennschritt wird das vernetzte Gel auf der Substratoberfläche in den oxidischen Zustand überführt. Durch die gleichmäßige Vernetzung bei der Gelierung entstehen sehr homogene Schichtdicken mit einer Dicken-schwankung von wenigen Nanometern.

Die geeigneten Substrate sind Glas, Metall und Kunststoff, die Schichtdicken liegen in einem Bereich von 30 nm bis einige µm bei Einbrenntemperaturen bis 180°C.

### **Sol-Gel Rotationsverfahren zur Kugel-Innenbeschichtung**

Eine spezielle Weiterentwicklung der Sol Gel Beschichtung ist unser Rotationsverfahren, mit dem die Applikation eines Interferenzfilters auf der inneren Oberfläche einer Glaskugel möglich ist. Durch eine kombinierte Rotations- und Schwenkbewegung lassen sich sehr homogene Mehrschichtsysteme in der Glaskugel herstellen.



Dichroitische Innenbeschichtung einer Glaskugel

## Fluten

Das Fluten ist ein einfaches Verfahren ohne aufwändige Anlagentechnik. Die Beschichtungslösung läuft dabei kontrolliert aus einer Dosiereinheit über die Oberfläche des zu beschichtenden Objekts und wird durch die Schwerkraft bewegt.

Die Beschichtungszeiten sind kurz, hohe Auftragsmengen sind möglich. Die Schichteigenschaften entsprechen denen des Tauchverfahrens.



Glasbeschichtung mittels Fluten

Das Substrat muss benetzbar sein und eine plane Oberfläche (ohne Flansche) besitzen, um einen homogenen Schichtdickenverlauf zu gewährleisten.

Die Schichtdicke ist vergleichbar mit der des Tauchverfahrens, lässt sich jedoch nur durch Konzentrationseinstellung der Beschichtungslösung steuern. Der Schichtverlauf ist potenziell inhomogener als beim Tauchverfahren.

## **Spritzen/Sprühen**

Bei diesem Verfahren werden Beschichtungslösungen unter Druck in einer Düse zerstäubt. Das Aerosol wird durch den Luftstrom beschleunigt, prallt auf die Substratoberfläche und formt eine Schicht. Nach dem Verdampfen des Lösungsmittels erfolgt ggf. ein Vernetzungs- und thermischer Härtingsprozess.

Die Beschichtungslösung muss dem Sprühprozess angepasst sein. Der starke Luftstrom bedingt eine saubere Umgebung. Das Verfahren ermöglicht eine homogene Beschichtung auf komplex geformten Oberflächen.

Die Schichtdicken können 0,2 bis 20 µm pro Einzelschicht betragen, sind jedoch weniger homogen als beim Tauch- und Flutverfahren. Eine Innenbeschichtung von Hohlkörpern ist, abhängig von der Geometrie des Bauteils, machbar. Die Anlagentechnik ist einfach, hohe Auftragsraten sind möglich.



Sprühbeschichtung von Glas

## **Sprühpyrolyse**

Bei dieser Sonderanwendung des Sprühverfahrens wird auf ein über 500°C erhitztes Glassubstrat eine zinnhaltige Beschichtungslösung gesprüht. Das Aerosol wird aufgespalten, die Organik verdampft und eine oxydische Schicht kristallisiert auf dem Substrat, deren Aufbau sich von der einer getauchten Sol-Gel-Schicht unterscheidet. Erforderlich ist eine hohe Temperaturwechsel-Beständigkeit des Glases.

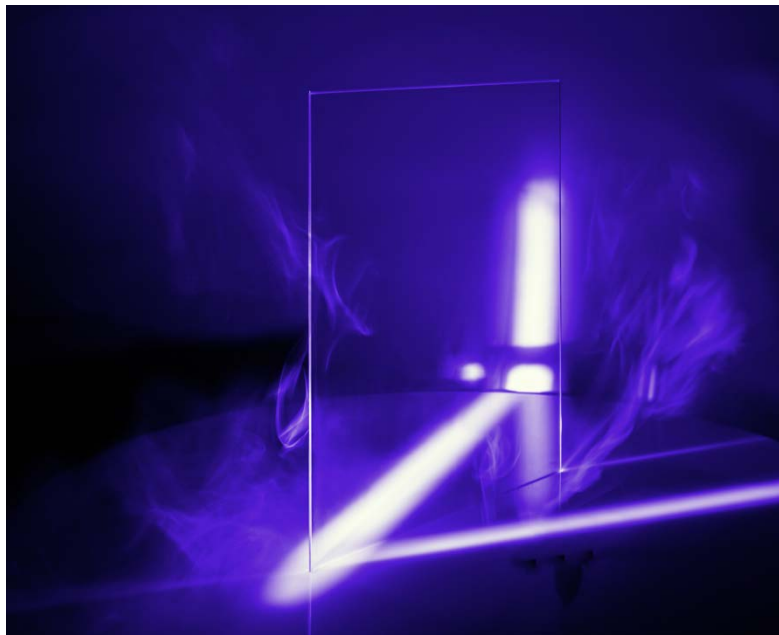
Bei einer Zinnoxid-Beschichtung beträgt der kleinste realisierbare Flächenwiderstand 10 Ohm/sq. bei hoher Wärmereflexion und elektrischer Leitfähigkeit. Die Prozesstechnologie benötigt kein Vakuum.



### 3. Möglichkeiten und Produktanwendungen

#### 3.1 Fotokatalytisch aktive Beschichtungen

von Glas- und Metalloberflächen bewirken unter Einwirkung von UV-Licht die Reinigung von Luft sowie die Tilgung von Keimen und Gerüchen, zum Beispiel auf Textilien.



Fotokatalytische Beschichtung von Glas

Die fotokatalytische Beschichtung nutzt Licht, um schädliche Substanzen wie Rauch oder unangenehme Gerüche auf molekularer Ebene abzubauen. Sie kann auf Glas und verschiedenen Metallen erfolgen.

Flächen bis zu ca. einem Meter Länge werden im Tauchverfahren beschichtet; bei sehr großen Abmessungen erfolgt die Beschichtung mittels Sprühverfahren.

**Verfahren:** Tauchbeschichtung, Sprühen

## Anwendungsbeispiele

### Abbau von Gerüchen oder Schadstoffen

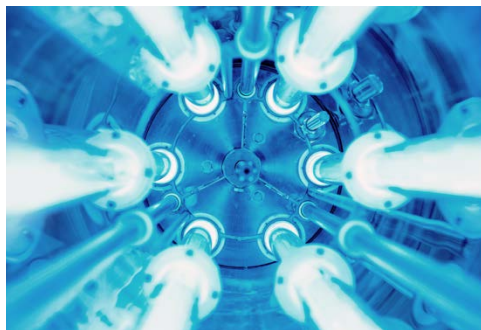
Das Entfernen von Gerüchen, zum Beispiel an Textilien, oder der Abbau von Schadstoffen und Keimen auf Gläsern und Metallteilen erfolgt durch Beschichtung mit fotokatalytisch aktivem Titandioxid (TiO<sub>2</sub>) in der Kristallmodifikation Anatas unter Einwirkung von UV-Licht.



Katalytische Reinigung von Hemden

### Wasserreinigung

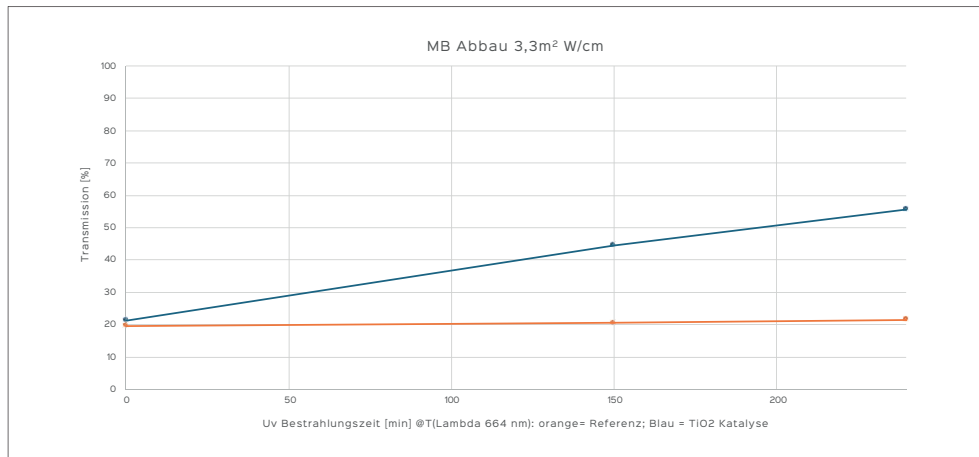
Die Reinigung von Wasser erfolgt durch fotokatalytisch aktive Reaktoren. Das zu reinigende Wasser umströmt unter Bestrahlung mit UV-Licht die mit TiO<sub>2</sub>-beschichteten großflächigen Filter.



UV-Bestrahlung zur Wasseraufbereitung

Verwendet werden hierfür Konstruktionen mit möglichst großer Oberfläche, um eine bestmögliche Reinigungswirkung zu erzielen. Zusätzlich wird die Struktur der Schichten so eingestellt, dass diese selbst auch eine große spezifische Oberfläche haben. Hierdurch ist eine hohe Effizienz des UV-Reinigungsmechanismus möglich.

Die fotokatalytische Wirkung der Beschichtung wird in Anlehnung an die Prüfung gemäß DIN 52980 durchgeführt. Die Wirksamkeit der Oberfläche bezüglich ihrer Aktivität zum Abbau organischer Moleküle erfolgt durch Bestrahlung einer Probe mit UV-Licht, welche im Kontakt mit einer wässrigen Lösung von Methyleneblau steht. Eine zweite Probe derselben Methyleneblaulösung, in der sich kein Fotokatalysator befindet, wird als Referenz genutzt.



Abbau von Methylenblau durch die photokatalytische Aktivität einer mit TiO<sub>2</sub> beschichteten Metalloberfläche.  
Mit zunehmender UV-Bestrahlungsdauer entfärbt sich die Lösung (Blaue Kurve), Die Transmission steigt an.

### 3.2 Elektrisch leitende Beschichtungen

auf Glas und Polymer-Oberflächen sind elektrisch leitfähig und lichtdurchlässig, Die Applikation kann sowohl ohne Temperung als auch bei Hochtemperatur erfolgen.

#### Ohne Temperung

erhalten Glas und Kunststoffe

- eine antistatische Funktion, um elektrische Ladungen auf Glasoberflächen abzuleiten (Explosionsschutz)
- eine sensorische Funktion, um Messdaten weiterzuleiten.

#### Die leitfähigen Polymer-Beschichtungen

- haben einen Flächenwiderstand im K $\Omega$  bis M $\Omega$  -Bereich und bestehen aus elektrisch leitenden, transparenten Polymeren
- sind geeignet für temperaturempfindliche Kunststoff-Oberflächen
- bieten eine Antistatik-Funktion für Glasbauteile
- Die Beschichtung der Substrate erfolgt bei Niedrigtemperatur durch Sprühen, Fluten und Tauchen, die abschließende Aushärtung bei Raumtemperatur.

### Durch Hochtemperatur-Applikation

erhalten Glasoberflächen eine elektrisch leitfähige Zinnoxid-Beschichtung

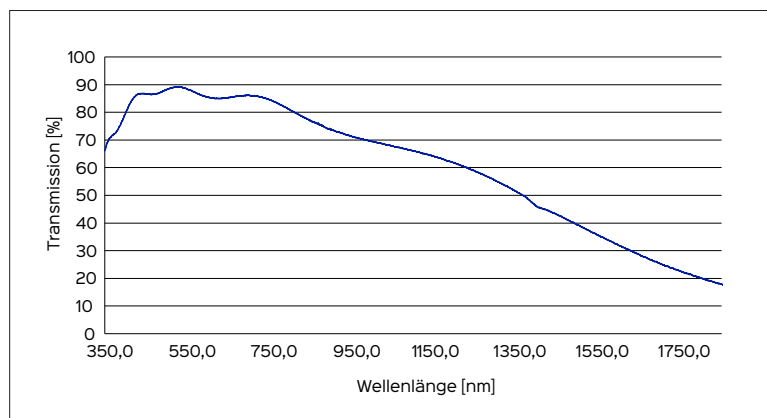
- dotiert mit Fluor (FTO), Antimon (ATO) und Indium (ITO) oder
- Zinkoxid dotiert mit Aluminium (AZO).
- Der Flächenwiderstand liegt im  $\Omega$ - bis  $k\Omega$  -Bereich.
- Die maximale Einsatztemperatur der Schichten beträgt 650° C.
- Die Beschichtung erfolgt durch Sprühpolyolyse bei auf 500- 600° C erhitztes Glas.

**Verfahren:** Tauchen, Sprühen

Typ: Organische Schicht / Pigment- Beschichtung

Aushärtung: bei Raumtemperatur (organisch) / bis 580°C, thermisch, über Heizrampe (Pigment basiert)

Thermisch vorspannbar



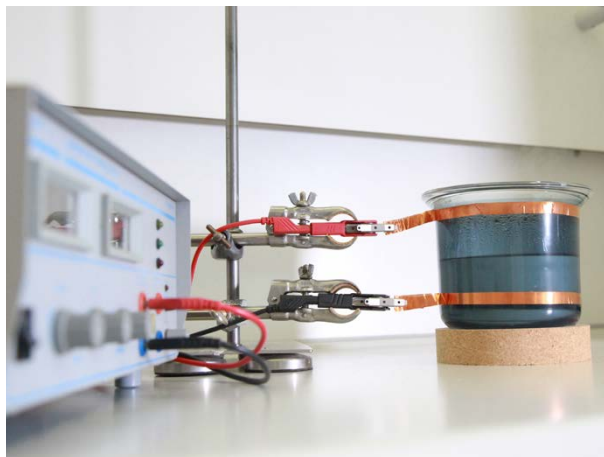
Transmissionsspektrum Zinnoxid

## Anwendungsbeispiele

### Chemieanlagenbau



Elektrostatische Beschichtung von Anlagenkomponenten im Ex-Schutz Bereich



Elektrisch beheizter Reaktor mit ATO- Mehrfachbeschichtung

### Display-Fertigung

Spezielle Displayanwendungen, elektrische Abschirmungen (ESD) und Schutzgläser, z.B. bei Laseranwendungen, können durch eine Beschichtung mit Zinnoxid (ATO, Blue ITO) im Tauchverfahren hergestellt werden. Die Leitfähigkeit liegt im Bereich von 1 bis 10 k $\Omega$ . Durch den schonenden Einbrand können im Vergleich zur Sprühpyrolyse auch thermisch empfindlichere Gläser wie z.B. Weißglas beschichtet werden.

### 3.3 Splitterschutz-Schichten

werden auf der Außenseite von Glaskomponenten aus dem Bereich des chemischen Anlagenbaus aufgetragen, wie z. B. auf Rohre und Reaktoren. Die ca. 1 bis 3 mm dicken Polymerschichten bestehen u.a. aus Polyurethan und schützen das Glas vor mechanischer Beanspruchung, z.B. bei der Montage von Chemieanlagen und bei der Reinigung. Die Beschichtungen sind transparent und haben keine Eigenfarbe bis zu einer Einsatztemperatur von ca. 120°C.

Die Splitterschutz- Schichten können mit Antistatik-Beschichtungen kombiniert werden, um bei der Reinigung mit Tüchern induzierte elektrische Ladungen zu verhindern.



Beschichteter Bogen mit Splitterschutzschicht



Reaktor mit Splitterschutzschicht  
auf der Außenseite und zusätzlicher Antistatik-Beschichtung

### **3.4 Antimikrobielle Beschichtung**

Glasoberflächen, z.B. Touch Displays, die in einer sterilen Umgebung eingesetzt werden, sind oftmals mit einer antimikrobiellen Beschichtung versehen. Verwendet wird eine kommerzielle Beschichtungslösung auf Sol-Gel-Basis. Eingebaute Silber-Ionen bewirken die Abwehr von Keimen auf der Oberfläche des Displays. Die biologische Wirksamkeit ist seitens des Herstellers nachgewiesen.

**Verfahren:** Tauchen, Sprühen

Typ: Sol-Gel-Beschichtung

Aushärtung: 150°C an der Luft

Einsatztemperatur: maximal 350°C (Oxidation des Silbers)

Nicht thermisch vorspannbar.

### **3.5 Streuschichten und Intensitätsfilter**

Zur Erzeugung einer definierten Streuung werden keramische oder organische Partikel in eine transparente Lösungsmatrix eingebunden. Größe und Anzahl der Partikel in Kombination mit der eingestellten Schichtdicke beeinflussen die Streuwirkung und den Glanzwert des beschichteten Glases.

Soll die Lichtintensität gleichmäßig und definiert gedrosselt werden, kommen Graufilter zum Einsatz. Die Farbe und der Kontrast der einfallenden Lichtmenge werden nicht beeinflusst.

**Verfahren:** Tauchen

Typ: Pigmentbeschichtung, Glaslack

Aushärtung: 400 bis 500°C an Luft oder bis 150°C bei organischem Lack

### Anwendungsbeispiele für Streuschichten

Milchglas, Bedienblenden



Streuschicht (unterer Teil der Glasscheibe) für einen Milchglas-Effekt

### Anwendungsbeispiele für Intensitätsfilter

Fotografie,ameratechnik



Graufilter

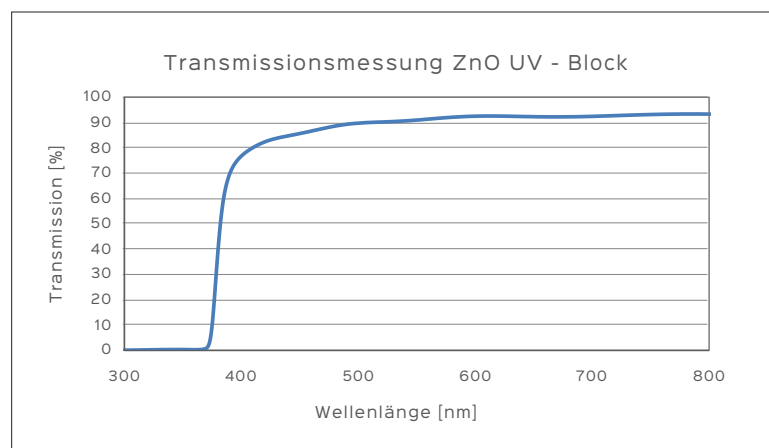
Beleuchtungstechnik  
Paketlogistik



### 3.6 UV-Filter

UV-Filter, die einen definierten UV-Bereich reflektieren, können mittels Interferenzbeschichtung hergestellt werden, so wie in unserem Whitepaper „Optische Filter“ beschrieben.

Eine weitere Möglichkeit zur Herstellung von UV-Block-Filtern ist die Beschichtung mit einer pigmentbasierten Beschichtungslösung mit Zinkoxid (ZnO). Bis zu einer Wellenlänge von 365 nm wird kein UV-Licht transmittiert.



Transmissionspektrum einer Zinkoxid-Beschichtung mit einer ZnO-Partikellösung

**Verfahren:** Tauchen

Typ: Pigment-Beschichtung

Aushärtung: 480°C, thermisch

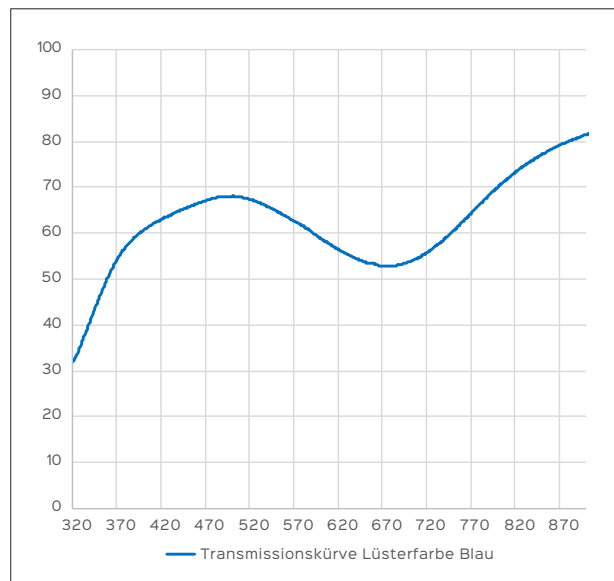
Thermisch vorspannbar

**Anwendungsbeispiel:**

Beschichtung CDMT-Leuchtmittel

### 3.7 Konversionsfilter (Lüster)

Die Gruppe der Lüsterfarben zeichnet sich durch eine breite Farbpalette, hohe Reflexion und brillanten metallischen Glanz aus. Die metallorganischen Lösungen werden im Tauch- oder Sprühverfahren aufgebracht und im klassischen thermischen Verfahren gehärtet. Die Farbänderung (Konversion) erfolgt durch Absorption. Eine Teilgruppe der Lüster sind Edelmetallverbindungen, mit Hilfe derer z.B. die Goldrand-Beschichtungen auf Porzellan und Gebrauchsgläsern hergestellt werden.



Transmissionsspektrum Lüster Typ Lu 200

**Verfahren:** Tauchen

Typ: Lüster-Beschichtung

Aushärtung: 480°C–680°C, thermisch

**Anwendungsbeispiele:**

Automotive Leuchtmittel-Beschichtung

Dekorative Beschichtung

UV- Schutz (Braunglas)

### **3.8 Dekorative Beschichtungen**

Organische Farben und Lacke haben eine polymere Basis und sind zur Farb- und Funktionsgebung mit organischen Pigmenten gefüllt. Der Auftrag erfolgt über Tauchen oder Sprühen, die Aushärtung ist auf unterschiedlichem Weg möglich.

Standard-Dekorlacke härten an Luft aus durch Verdunstung des Lösungsmittels. Hochleistungslacke für Brauch- und Verpackungsgläser enthalten UV- oder Thermostarter. Letzterer wird bei Temperaturen um 120°C aktiviert und bewirkt die chemische Vernetzung und Härtung der Schicht. Dadurch sind einige dieser Speziallacke chemisch beständig und spülmaschinenfest.

**Verfahren:** Tauchen oder Sprühen

Typ: organische Pigment-Beschichtung

Aushärtung: UV, Raumtemperatur oder 150°C

**Anwendungsbeispiel:**

Hüllgläser für Leuchtmittel, Lampenabdeckung

#### 4. Kundenspezifische Entwicklungen:

##### **Beratung – Projektierung – Realisierung**

Das breite Spektrum der Beschichtungsangebote in Verbindung mit dem daraus resultierenden Know-How bietet die Voraussetzungen für die Übernahme kundenspezifischer Entwicklungen in allen Bereichen der Oberflächenbeschichtung. Dafür stehen die Labor- und Fertigungsanlagen sowie erfahrene Beschichtungs-Experten von PRINZ OPTICS und GLAS PLUS zur Verfügung.

##### **Unser Technikum**

- Dispergiertechnik  
Rührwerks-Kugelmühle, Batchmühle (Batchgröße 6 kg), Labor-Dispergier-Einheit (1 kg)  
Ultraschall-Dispergieren  
Planetenkugelmühle  
Siebtechnik
- Tauchbeschichtungs-Anlagen (Abmessung bis 1150 x 850 mm)
- Sprühtechnik  
Heißbeschichtung (Sprühpyrolyse)  
Lackierkabine  
Systemtechnik zur Innenbeschichtung von Hohlkörpern
- Fluten  
Beschichtungsanlagen zur Innenbeschichtung
- Heizverfahren  
Konvektionsöfen  
Strahlungsöfen



Rührwerks-Kugelmühle

### Unser Messlabor

- Lichtstrommessung (1-Meter-Ulbrichtkugel)
- Farbkoordinaten-Messung
- Transmissions-, Reflexions- und Absorptions-Messungen mit Dioden-Array-Spektrometer
- Ellipsometrie
- Partikelgrößen-Messung mit DLS
- Lux-Messung
- Genaue Geometrie-Messung, Profilprojektor
- Kratztest, Schruppmaschine
- Taber-Abraser-Test
- Klima-Testkammer



Ulbrichtkugel – Durchmesser 1 m

## Beratungs- und Service-Leistungen

Bei Fragen zur Anwendung beschichteter Gläser und zur Realisierung entsprechender Projekte bieten PRINZ OPTICS und GLAS PLUS die entsprechenden Service-Leistungen: von lichttechnischer Beratung, optischen Messungen, dem Bau von Modellen, Spezialanfertigungen bis zum Projektmanagement.

Ansprechpartner

Herr Peter Röhlen

E-Mail: [peter.roehlen@prinzoptics.de](mailto:peter.roehlen@prinzoptics.de)

Tel.: +49 6724 60193-16

Dr. Karsten Werbter

[k.werbter@glas-plus.de](mailto:k.werbter@glas-plus.de)

+49 6131 90833-66

Impressum

Herausgeber:

PRINZ OPTICS GmbH

Simmerner Strasse 7

D-55442 Stromberg

GLAS PLUS Beschichtungs GmbH & Co. KG

Galileo-Galilei-Str. 28

D-55129 Mainz

V.i.S.d.P.

Horst Poscharsky

E-Mail: [hijposcharsky@t-online.de](mailto:hijposcharsky@t-online.de)