



Störende Reflexionen auf Instrumentenabdeckungen im Auto lassen sich mit hochpräzisen Antireflexschichtsystemen, z.B. speziellen Abdeckgläsern, vermeiden (Bilder 1 bis 6: Flabeg)

# Kratzfest und entspiegelt

**PMMA-Oberflächen.** Bei Instrumentendisplays im Fahrzeuginnenraum kommt es auf eine blendfreie Sicht an. Für diesen Zweck wurde kürzlich eine reflexionsfreie und kratz feste Kunststoffabdeckung entwickelt, die höchste Ansprüche der Automobilindustrie erfüllt.

**THOMAS HÖING  
SVEN SCHRÖBEL  
BURKHARD WALDER**

Die Sonne steht tief, das Licht blendet: Kein Problem für tragbare Displays wie beispielsweise die von Smartphones. Sie lassen sich beliebig aus dem Licht bewegen und die Informationen werden lesbar oder treten zum Vorschein. Bei den Abdeckgläsern von Kombiinstrumenten im Fahrzeuginnenraum funktioniert das nicht. Wenn die Sonne blendet, dann blendet sie – und beeinträchtigt die einwandfreie Sicht auf die Bordinstrumente (Bild 1). Abhilfe schafft nur das für die Abdeckungen verwendete Material. So verhindert der Glasveredelungsspezialist Flabeg Deutschland GmbH, Nürnberg, seit vielen Jahren störende Reflexionen

**ARTIKEL ALS PDF** unter [www.kunststoffe.de](http://www.kunststoffe.de)  
Dokumenten-Nummer KU111243

auf Instrumentenabdeckungen aus Glas mit hochpräzisen Antireflexschichtsystemen (Titelbild). Autofahrer gewinnen damit klare Sicht und somit Sicherheit. Und Fahrzeugdesigner können auf voluminöse Armaturen-Hutzen zum Blendschutz verzichten.

Abdeckgläser von Flabeg verfügen deshalb einerseits über eine sehr feine Struktur, die das auftreffende Licht streut (der sogenannte Antiglare-Effekt) und andererseits über eine spezielle Beschichtung,

die die Helligkeit verringert (Antireflex-Effekt).

Wichtig ist hierbei, die Streueigenschaften der Mikrostruktur so einzustellen, dass das auftreffende Licht möglichst weit gestreut wird und die Abdeckung dadurch blendfrei wird. Darüber hinaus muss der Fahrer die Informationen auf den dahinterliegenden Displays möglichst ungestört sehen können. Es gilt also, eine Balance zwischen Transmission einerseits und Streuung des Lichts andererseits zu finden. Üblicherweise werden Transmissionswerte von mehr als 98 %, Reflexionswerte kleiner 1 % sowie Glanzgrade bei 60° von 80 bis 110 gefordert.

## Freie Formgebung mit Kunststoff

Bislang setzte Flabeg sein Entspiegelungsverfahren nur bei Glas ein – zumeist für Kombiinstrumente im Auto-

**i Kontakt**

**Evonik Industries AG**  
**PR Management Acrylic Polymers**  
**Performance Polymers**  
**D-64293 Darmstadt**  
**TEL +49 6151 18-4079**  
**→ [www.evonik.com](http://www.evonik.com)**  
**→ [www.plexiglas.net](http://www.plexiglas.net)**

mobilbereich. Aber die Anforderungen der Automobilindustrie verändern sich: Fahrzeuge sollen beispielsweise bedienerfreundlicher werden und deshalb rücken bestimmte Formen wie Mikrostrukturen von Fühlelementen (Haptikbremsen) von Touch-Displays oder dreidimensional verformte Displays in

den Fokus. Diese lassen sich leicht mit Kunststoff umsetzen, der zudem ein geringes Gewicht und eine große Farbvielfalt bietet. Doch Kunststoff kann Glas nicht eins zu eins ersetzen. Denn bislang steht kein adäquates Verfahren bereit, das antiglare sowie antireflektive Eigenschaften auf das Material bringt und

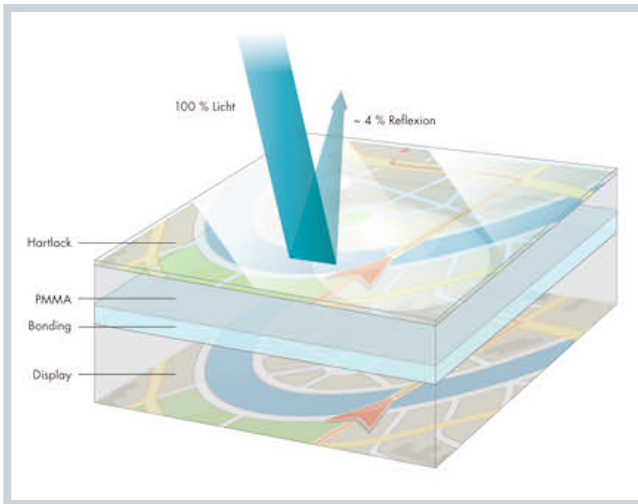
gleichzeitig robust genug für den Dauergebrauch ist.

Das Problem besteht vor allem beim Antiglare-Effekt: Für eine klare Durchsicht muss eine Antiglare-Oberfläche aus einer sehr feinen Struktur bestehen. Diese lässt sich bei Glas durch einen speziellen Ätzprozess erzeugen. In Kombination mit einer aufgedampften Antireflexbeschichtung entsteht dann eine optisch voll entspiegelte Oberfläche mit Reflexionswerten von weniger als 0,5 %, die zudem robust ist. Das Spritzgießen von Kunststoff ermöglicht zwar die Herstellung von strukturierten Oberflächen, jedoch sind die gewählten Werkstoffe meist zu kratzempfindlich oder sie sind aufgrund ihrer rheologischen Eigenschaften nicht in der Lage, feinste Strukturen exakt abzuformen. Alternativ könnte ein Display zunächst spritzgegossen, kratzfest beschichtet und anschließend durch ein Heißprägeverfahren mit der gewünschten Struktur versehen werden. Diese Vorgehensweise ist jedoch sehr kostenintensiv. Das nachträgliche Beschichten von im Spritzprägeprozess erzeugten Strukturen empfiehlt sich nicht, da die feinen Texturen durch den Lack wieder ausgefüllt werden (Bild 2).

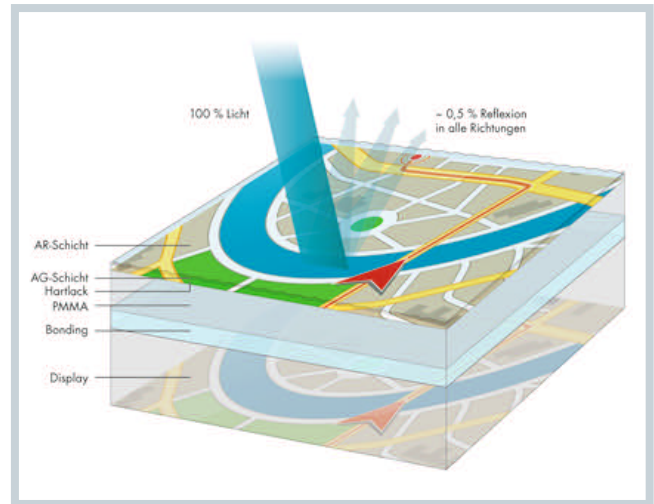


**Bild 1. Nicht entspiegelte Oberflächen von Bordinstrumenten im Auto reflektieren das Licht und beeinträchtigen die einwandfreie Sicht beim Fahren**





**Bild 2. Display-Aufbau ohne Antiglare-Struktur und Antireflex-Schicht: 4 % des Lichts werden reflektiert, die Display-Anzeige ist nicht mehr lesbar**



**Bild 3. Display-Aufbau mit einer in die CoverForm-Kratzfestschicht eingebrachten Antiglare-Struktur (AG) und einer anschließend aufgebrachten Antireflex-Schicht (AR): Nur noch 0,5 % des Lichts werden reflektiert, wodurch die Display-Anzeige deutlich klarer erscheint**

**Voraussetzung: kratzfest**

Die Aufgabe war also, ein Verfahren zu finden, mit dem eine Antiglare-Struktur in Ätzglasqualität kratzfest beschichtet werden kann. Flabeg setzt dafür auf die Oberflächentechnologie CoverForm, die die Evonik Industries AG, Darmstadt, und die KraussMaffei Technologies GmbH, München, gemeinsam entwickelt haben. Diese Systemlösung ermöglicht es nicht nur, Formteile aus Polymethylmethacrylat (PMMA) direkt im Spritzgießwerkzeug mit einem lösemittelfreien Mehrkomponenten-Reaktivsystem auf Acrylatbasis zu beschichten, sondern auch mit einer Mikrostruktur zu versehen (**Bild 3**).

Der Vorteil: Die so in einem Arbeitsprozess erzeugten Oberflächen sind sehr kratzfest sowie gegen viele Chemikalien beständig. Zudem erfüllt CoverForm die hohen Ansprüche, die eine Antiglare-Struktur an die exakte Abbildegenauigkeit der mikrostrukturierten Kavitätsoberfläche stellt. Denn das verwendete Reaktivsystem auf Acrylatbasis weist im ungehärteten Zustand eine niedrige Vis-

kosität von 22 mPa s bei Raumtemperatur auf und ist daher im Spritzprägeprozess besser in der Lage, in die Strukturtiefe einzudringen als klassische amorphe Thermoplaste. Deren Schmelzeviskositäten übersteigen die des Reaktivsystems etwa um den Faktor  $10^5$  bis  $10^6$ . Die Mikroskopaufnahmen der Oberflächen belegen deutlich, dass die im CoverForm-Verfahren abgeformte Werkzeugtextur visuell der im Werkzeugeinsatz vorgegebenen Ätzstruktur entspricht. Dagegen wirkt die im unbeschichteten PMMA abgeformte Struktur deutlich geglättet. Dies zeigt sich auch in den profilometrisch (Talysurf, Taylor Hobson) ermittelten Rauigkeitswerten (Ra):

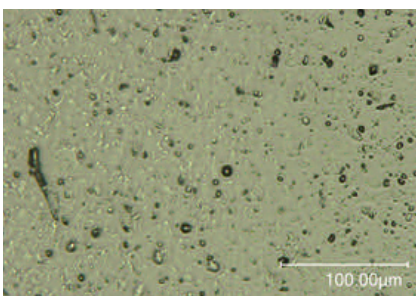
- Werkzeugeinsatz-Oberfläche (Feld NK5) Ra = 0,07 µm (**Bild 4**),
- CoverForm-Oberfläche Ra = 0,06 µm (**Bild 5**) und
- PMMA-Oberfläche Ra = 0,03 µm (**Bild 6**).

Neben der hohen Abbildegenauigkeit ermöglicht das Verfahren zudem eine äußerst gute Haftung: Zwischen Reaktivsystem und PMMA-Substrat ist keine

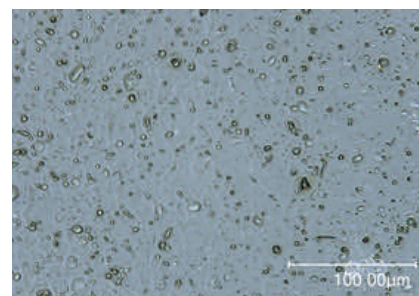
Phasengrenze zu erkennen, da das Reaktivsystem im Prozess das Substrat interpenetriert und dabei fest verankert wird. Der Lack erzeugt zudem keine optischen Verzerrungen oder unerwünschten Regenbogeneffekte, da er bis auf die dritte Nachkommastelle den gleichen Brechungsindex wie das PMMA-Substrat aufweist. Optische Interferenzen und ein damit verbundener Regenbogeneffekt werden so verhindert.

**Versuchsreihe**

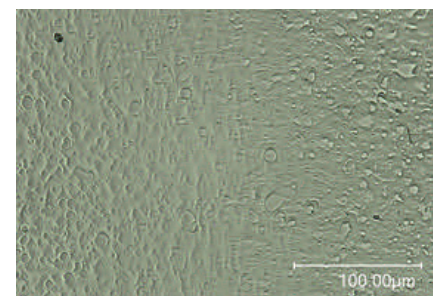
Das Verfahren ist daher in der Lage, ein Kunststoff-Display in einem Schritt mit einer kratzfesten Antiglare-Struktur auszurüsten. Ob die Technologie auch in der Praxis die Anforderungen von Flabeg erfüllt, prüften die Entwickler in einer Testreihe im CoverForm Competence Center bei Evonik in Darmstadt. Dort können Kunden die Oberflächentechnologie CoverForm mit einer speziell dafür ausgerüsteten Spritzprägemaschine von KraussMaffei (Typ CX80) im laufenden Betrieb kennenlernen und für ihre An-



**Bild 4. Mikroskopaufnahme der Formeinsatz-Oberfläche mit einer Rauigkeit Ra von 0,07 µm**



**Bild 5. Mikroskopaufnahme der im CoverForm-Verfahren abgeformten Oberfläche mit einer Rauigkeit Ra von 0,06 µm**



**Bild 6. Mikroskopaufnahme der mit PMMA abgeformten Oberfläche mit einer Rauigkeit Ra von 0,03 µm**

wendungen erproben. So müssen sie für Versuche kein eigenes CoverForm-Stammwerkzeug anschaffen.

Für die Testreihe erstellte Flabeg zunächst einen Kavitätsein-satz mit einer Mikrostrukturoberfläche für die Spritzprägema- schine (**Bild 7**). Darauf waren vier unterschiedlich fein struktu- rierte Felder aufgebracht, um die optimale Kombination für den Antiglare-Effekt zu finden. Evonik hat diesen Mikrostrukturein- satz dann mit Plexiglas FT15 cf und dem CoverForm Reactive- Liquid CF30 abgemustert.

Die so entstandenen Prüflinge beschichtete Flabeg am Stand- ort Furth im Wald zusätzlich durch ein sogenanntes PVD-Ver- fahren (engl. physical vapour deposition) antirefektiv. Dabei wurden in einer Inline-Sputteranlage dünne Schichten im Na- nometerbereich aufgebracht. Dieser anorganische Antireflex- film besteht aus mehreren abwechselnd hoch und niedrig bre- chenden optischen Schichten. Die Oberfläche wird damit fast unsichtbar, da keine störenden Reflexionen mehr auftreten kön- nen. Die eingesetzten Materialien sind zudem sehr hart und ab- riebbeständig.

Schließlich unterzog Flabeg die Prüflinge aufwendigen Tests, bei denen die optischen Eigenschaften, die Kompatibilität mit



**Bild 7. Kerneinsatz mit vier unterschiedlichen Versuchsfeldern im Cover- Form-Werkzeug einer Spritzprägemaschine** (Foto: Evonik)

der PVD-Beschichtung und die Lebensdauerprüfungen nach gängigen Automobilstandards im Fokus standen. **Tabelle 1** zeigt, welche Prüfungen bestanden wurden.

Zu den untersuchten Aspekten zählten auch eine mikrosko- pische und visuelle Bewertung sowie Tests der Rauigkeit (Taly- surf), Reflexion und Transmission (gerichtet, gesamt), Haze und Clarity (Hazegard) sowie Gloss 20/60/85 Grad (Glossmeter BYK Gardner) (**Tabelle 2**).

### Ergebnis: hohe Abbildgenauigkeit

Die Resultate zeigen, dass besonders eines der vier Testfelder im CoverForm-Verfahren eine derart feine Struktur erreicht, die fast der Abbildgenauigkeit von geätztem Glas entspricht. Sie ist zudem deutlich besser und feiner als das Ergebnis, das alternative Verfahren erreichen, beispielsweise Antiglare-Foli- en. Außerdem haben die Struktur und Beschichtung dieses Felds die Lebensdauertests nach Ansprüchen der Automobilindustrie, einschließlich Abriebbeständigkeit, be- standen.

Damit hat Flabeg eine Lösung gefunden, die eine PMMA- Oberfläche mit einem Antiglare-Effekt in Ätzglasqualität →

Klimawechseltest	-40 °C @ 4 h / +80 °C @ 4 h, 5 Zyklen / 120 h
CASS-Test	DIN EN ISO 9227 CASS, 24 h
Salzprühtest	DIN EN ISO 9227 NSS, 48 h
Feuchtraumtest	DIN 50017, 50 °C / 95 % RH, 144 h
Chemikalienbeständigkeit	Spiritus, Waschbenzin, Ajax-Reiniger
Chemikalienbeständigkeit nach ISO/DIS 16750-5	dest. Wasser, Isopropanol, Glassreiniger, Aceton
	Salzlösung, künstl. Schweiß, Kaffee, Cola
Schichthaftung	Klebeband (DIN 58196-6-K2)
	Gitterschnitt (GT 0.1)
Kochtest	kochen in VE-Wasser (DIN 58196-2-C60)
Abriebfestigkeit	10 N Last mit weichem Tuch, 10 mm Zapfen, 600 Hübe
	10 N Last mit 2-Propanol-getränktem Tuch, 100 Hübe

**Tabelle 1. Bestandene Prüfungen von Prüfkörpern, hergestellt nach dem CoverForm-Verfahren, hinsichtlich der gängigen Automobilstandards**

	Werkzeug	Testfeld 4 / NK5			Ätzglas (ohne AR)	
		PMMA	Cover-Form	CoverForm mit AR	GW100	GW50
Rauigkeit Ra $\mu\text{m}$	0,07	0,03	0,06	0,06	0,1	0,2
Reflexion (C/2°) mit Glanz <sup>(1)</sup> %		7,59	7,69	4,96	8,5	8,4
Reflexion (C/2°) ohne Glanz %		0,58	1,09	0,64	0,08	1,4
Transmission (C/2°) %		93,9	93,4	95,5	92,4	92,1
Haze %		2,81	11,9	12,4	2,2	11,7
Clarity %		93,6	89,8	90,2	78,7	46,1
Glanzgrad 20°		61,4	57,3	41,7	67,2	24,5
Glanzgrad 60°		89,5	82,2	53,9	101	52,4
Glanzgrad 85°		96,6	83,9	74,5	93,8	75,3

(1): In der Reflexion mit Glanz ist der Rückseitenreflex von ca. 4 % enthalten, der nach dem Aufbenden auf ein Display verschwinden würde.

**Tabelle 2. Prüfung und Bewertung der optischen Eigenschaften von Glas- und CoverForm-Oberflächen**

sowie eine Antireflexoberfläche mit einer Restreflexion unter 1 % liefert (siehe Bild 3). Sie ist zudem äußerst kratz- und abriebfest. Ermöglicht wird dies durch eine Kombination aus CoverForm, das eine kratzfeste Struktur mit hoher Abbildgenauigkeit gestattet, und einer PVD-Antireflexbeschichtung.

Künftig könnten solche Kunststoffabdeckungen vor allem auch für touchfähige Displays eingesetzt werden, insbesondere wenn diese eine 3D-Form aufweisen, die in Glas nur sehr schwer zu realisieren wäre. ■

**DIE AUTOREN**

THOMAS HÖING ist als Leiter F&E bei der Flabeg Deutschland GmbH, Furth im Wald, verantwortlich für F/E-Projekte in den Bereichen Automotive und Technisches Glas; thomas.hoeing@flabeg.com

SVEN SCHRÖBEL ist als Senior Manager Business Development des Geschäftsgebiets Acrylic Polymers bei der Evonik Industries AG, Darmstadt, beschäftigt. sven.schroebel@evonik.com

BURKHARD WALDER ist geschäftsführender Gesellschafter der BWengineering GmbH, Hagen, und war für die Projektierung verantwortlich; B.Walder@bwengineering.de

**SUMMARY  
SCRATCH-RESISTANT AND  
ANTI-REFLECTIVE**

PMMA SURFACES. Instrument displays in vehicle interiors must be glare-free. For this purpose, an anti-reflective, scratch-resistant display cover has recently been developed that meets the highest requirements of the automotive industry.

Read the complete article in our magazine *Kunststoffe international* and on [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)