

Superharte Kratzfestbeschichtung für transparente Kunststoffe zur innovativen Automobilverglasung

G. Schlick, C. Becker Willinger, R.-P. Winkler, H. Schmidt
Institut für neue Materialien gem. GmbH, Saarbrücken

Einleitung

Transparente Kunststoffe, insbesondere Polycarbonat, könnten in naher Zukunft Glas im Automobilbereich weitgehend verdrängen. Polycarbonat zeichnet sich durch herausragende Eigenschaften aus. Neben seiner optischen Transparenz und geringen Dichte ist es sehr temperaturstabil, extrem bruchfest und schlagzäh. Dieses Eigenschaftspaket prädestiniert Polycarbonat als Werkstoff zur Herstellung von Automobilverschiebungen.

Das geringe Gewicht dieses Werkstoffs im Vergleich zu Glas identischer Dicke ermöglicht bei einem Mittelklassewagen eine Gewichtseinsparung von ca. 18 kg [1] und führt zu einer Verlagerung des Fahrzeugschwerpunktes nach unten. Neben dem dadurch verbesserten Kurvenverhalten wird auch der Kraftstoffverbrauch vermindert. Als wichtigstes Verkaufsargument muss die Sicherheit der Insassen genannt werden. So werden Polycarbonatscheiben bei einem Überrollunfall wesentlich weniger beschädigt als ihr konventionelles Pendant aus Glas. Dies trägt zum weitgehenden Erhalt der Fahrgastzelle bei.

Zum Schutz des Polycarbonats vor mechanisch- und witterungsbedingter Eintrübung wurde eine glasähnliche Lackschicht mittels Sol-Gel-Technik mit integriertem UV-Schutz entwickelt. Die Schicht besteht aus einem anorganisch-organischem Netzwerk, welches zur Einstellung der mechanischen Eigenschaften mit Nanopartikeln gefüllt ist. Die Nanopartikel besitzen eine Partikelgröße, die deutlich geringer als die Wellenlänge des sichtbaren Lichtes ist. Dadurch können Lichtstreuungseffekte vermieden werden und man erhält transparente Lacke, die sich strukturell als anorganisch-organische Nanokomposite einstufen lassen.

Experimentelles

Zur Herstellung des Beschichtungssols wurden Tetraethoxysilan (TEOS) und Glycidyl-oxo-propyl-trimethoxysilan (GPTS) sauer hydrolysiert und kondensiert. Weiterhin wurden Böhmit Nanopartikel (γ -AlOOH) und Aluminiumalkoholat in das erhaltene Sol eingebracht.

Die geprimerten Polycarbonatplatten wurden durch Fluten mit dem Sol beschichtet und nach einem kurzen Ablüftvorgang bei 130 °C thermisch gehärtet. Als praxisnahe Prüfungen der mechanischen Oberflächeneigenschaften wurde der Sandrieseltest (DIN 52348), der Taber-Abrasertest (Anlehnung an DIN 52347, 2 x 500 g Last, Abriebrollen: CS-10F) und der Test in der Laborwaschstraße (Amtec, Konzentration Quarz-sand: 2 g/l Wasser, 10 Doppelhübe) durchgeführt. Die Beurteilung der Oberflächenqualität erfolgte durch Streulichtmessung (Hazeguard Plus, BYK Gardener) und anschließende auflichtmikroskopische Untersuchung.

Zur Beurteilung der Bewitterungsstabilität wurden die Schichten in einer QUV-Schnellbewitterungsmaschine (Q-Panel Lab Products; 8h UV, 60 °C, 0,77 W/m²*nm bei 340 nm; 4 h Kondensklimate 50 °C) belastet. Im Verlauf der Bewitterung wurde Gelbwert (UV-VIS-Spektrometer, Bruins Instruments Ω 30, Normlicht C, 2°) und Streulichtverlust aufgezeichnet.

Ergebnisse

Um die Beschichtungen mit Glas vergleichen zu können, wurden die mechanischen Tests auch an Windschutzscheibenzuschnitten durchgeführt. In Bild 1 sind die mechanischen Oberflächeneigenschaften der superharten Kratzfestbeschichtung dem Verhalten von Windschutzscheibenglas gegenübergestellt. Auch unbeschichtetes Polycarbonat wurde getestet.

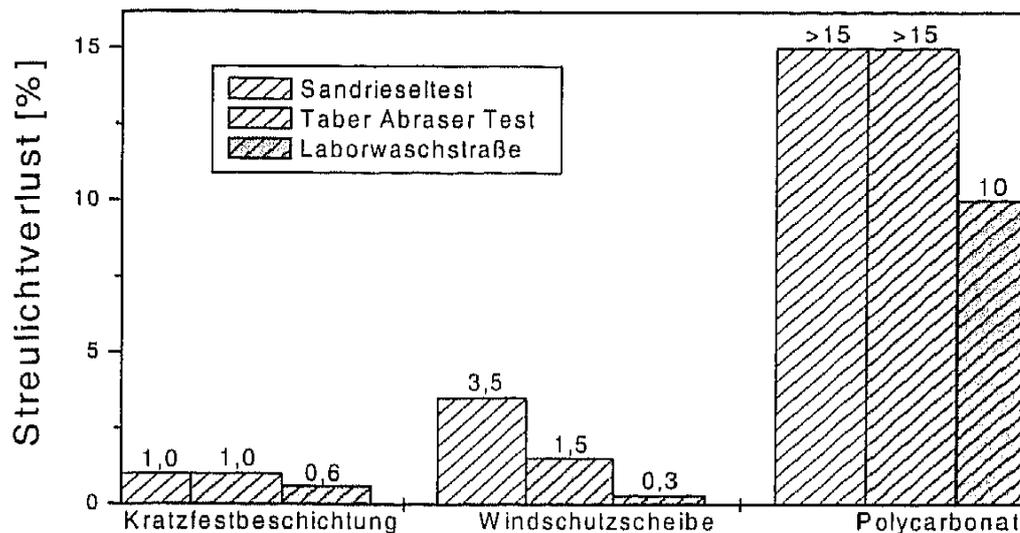


Bild 1: Mechanische Oberflächeneigenschaften der superharten Kratzfestbeschichtung auf Polycarbonat im Vergleich zu Windschutzscheibenglas und unbeschichtetem Polycarbonat

Polycarbonat ohne Beschichtung ist als Automobilverschiebung ungeeignet, da mechanische Belastungen sehr schnell zu hohen Streulichtverlusten (>15%) führen, was dem Erblinden des Materials gleichzusetzen ist. Die Kratzfestbeschichtung zeigt unter allen Testbedingungen sehr guten Erhalt der Transparenz, d. h. nur sehr kleine Streulichtverluste. Besonders auffallend ist der geringe Streulichtverlust der Hartschicht nach dem Sandrieseltest im Vergleich zur Windschutzscheibe. Dies kann durch die hohe Elastizität der Beschichtung erklärt werden. Glas hingegen wird durch sein sprödes Verhalten stärker geschädigt (höherer Streulichtverlust).

Um weitere Informationen über die Schadensmechanismen zu gewinnen wurden die getesteten Materialien auflichtmikroskopisch untersucht. Bild 2 zeigt repräsentative Mikrofotos der belasteten Bereiche.

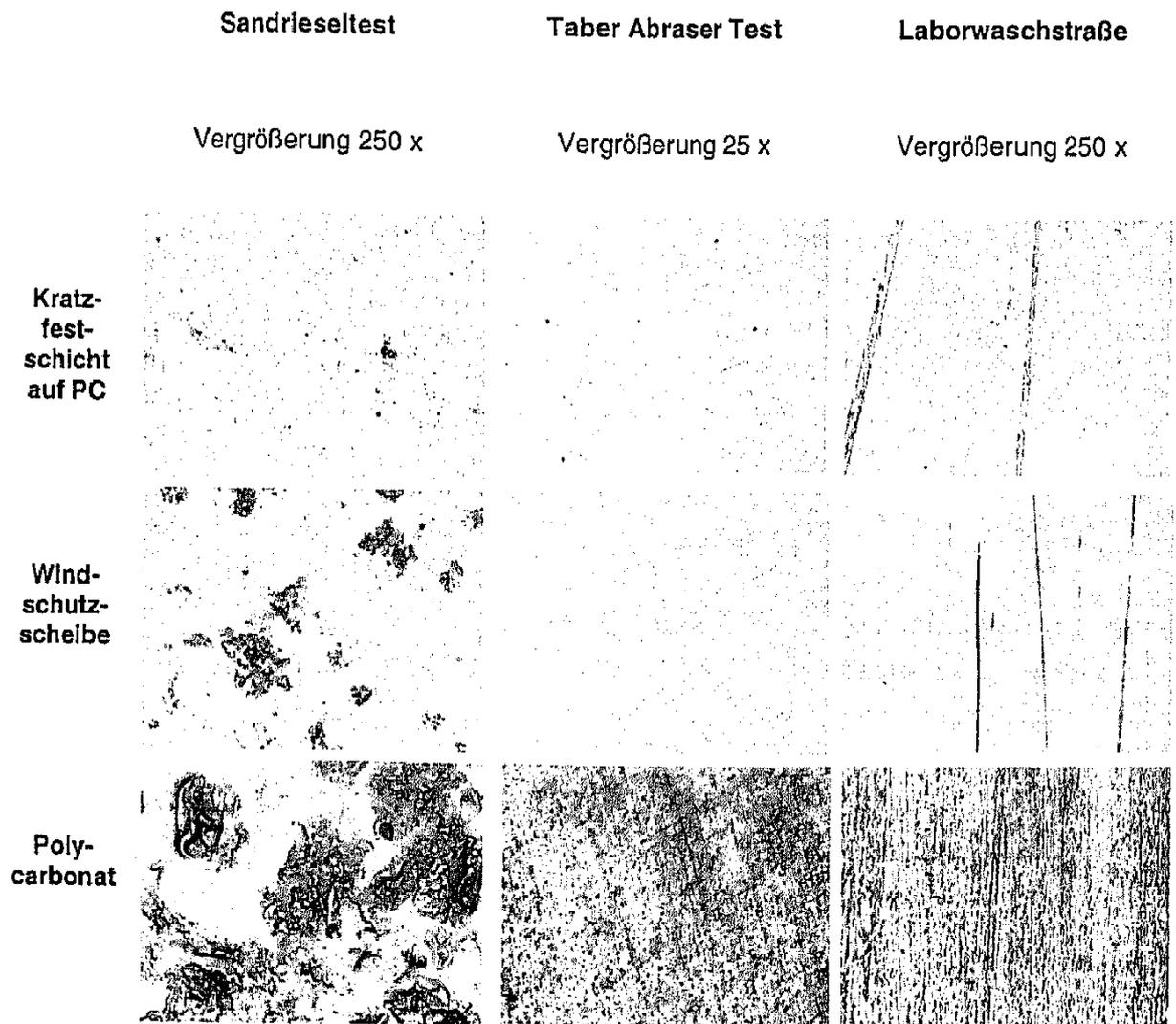


Bild 2: Mikroskopische Befunde der untersuchten Materialien nach mechanischen Belastungen

Aus der Windschutzscheibe werden durch auftreffenden Sand mikroskopisch kleine Glassplitter (schwarze Stellen im Foto) aus der Oberfläche herausgebrochen während die Kratzfestbeschichtung den Impuls der auftreffenden Sandkörner elastisch abfängt und daher kaum Schaden nimmt. Tabertest und Laborwaschstraße hinterlassen sowohl auf den Glasplatten, als auch auf der Hartschicht nur wenige Spuren. Das Polycarbonat wird durch alle mechanischen Belastungen weitgehend duktil verformt. Sand erzeugt Abdrücke im Material, die Taberrollen verursachen die rautenförmig angeordneten Kratzer und die Bürste der Waschstraße führt zu den typischen parallel laufenden Rillen. Bezüglich des Taber Abraser Tests und der Laborwaschstraße ist die Beständigkeit der Kratzfestschicht vergleichbar zu Glas. Im Sandrieseltest ist die Performance der Kratzfestschicht auf PC sogar noch besser, als die des Glases der Windschutzscheibe.

Als weitere unabdingbare Eigenschaft in der Automobilaußenanwendung wurde die Bewitterungsstabilität untersucht. Dies ist eine spezielle Anforderung, da der Lack organische Komponenten im Netzwerk trägt, die ihrerseits aufgrund von Witterungseinflüssen degradiert werden könnten und im vorliegenden Lack durch entsprechende organische sowie anorganische UV-Absorber geschützt werden müssen. Bild 3 gibt den Verlauf der für transparente Substrate wesentlichen Kriterien Gelbwert und Streulichtverlust wieder.

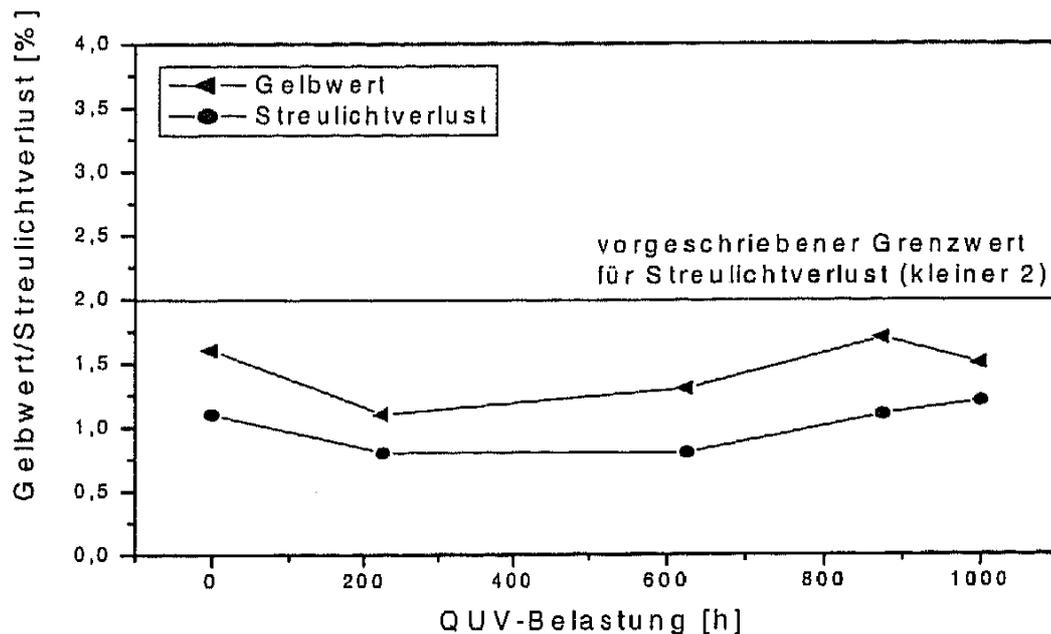


Bild 3: Gelbwert und Streulichtverlust im Verlauf der QUV-Schnellbewitterung

Der Gelbwert ändert sich im Rahmen der Messwertfehler ($\pm 0,2$) im betrachteten Bewitterungszeitraum nicht, das heißt, das menschliche Auge kann den Farbunterschied nicht wahrnehmen. Auch der Streulichtverlust bleibt auf einem für optische Anwendungen geeigneten Niveau. Auf der vorgestellten Materialbasis konnte somit ein Werkstoff entwickelt werden, der die Kernanforderungen für die Anwendbarkeit im Automobilbereich erfüllt. Die weiteren Arbeiten betreffen den technologischen Übertrag von Technikumsmaßstab in den Pilotmaßstab unter Berücksichtigung des chemischen up-scalings der Synthese kombiniert mit einer für den späteren Fertigungsprozeß entsprechender Scheiben relevanten Applikations- und Härtungstechnik.

Literatur

[1] P. Bier, Farbe & Lack 1 (2002), S. 42 - 44