

*Bild 1 Außergewöhnliches Design erfordert mitunter außergewöhnliche Fertigungsmethoden: Die hinteren Seitenscheiben bestehen aus hochwertigen Kunststoffen (Bild: MCC, Renningen)*

# Die Brillianz der Kfz-Kunststoffscheiben

**SKIN-MOULDING-VERFAHREN ▼**  
Erstmals wurde am Smart in der Großserie eine Seitenscheibe aus Kunststoff realisiert. Geometrie- und Toleranzvorgaben, der Zwang zur Gewichtsreduktion und neue optische Anforderungen waren mit Glas nicht zu erfüllen. Die daraufhin entwickelten innovativen Werkzeug- und Fertigungskonzepte könnten in den nächsten Jahren Auswirkungen auf die gesamte Automobilindustrie haben.

Man sieht ihn immer öfter. Nach zunächst eher verhaltener Nachfrage steigen die Produktionszahlen des Smart seit einiger Zeit kontinuierlich an. Allerdings: Zu hoffen, daß völlig neue Konstruktions- und Fertigungskonzepte gänzlich ohne Anlaufprobleme starten, ist wohl etwas blauäugig. Hier wurden – im Rahmen des Partnerkonzepts – von kompetenten Zulieferer Technologien entwickelt und erstmals realisiert, die in den nächsten Jahren voraussichtlich Auswirkungen in der gesamten Automobilindustrie haben werden.

Eines der interessantesten Beispiele betrifft die Außenhaut des Smart: Mit der hinteren Seitenscheibe wurde erstmals ein Verschiebungssystem aus Kunststoff in der Großserie realisiert.

## Vom Design zur Konstruktion

Schwierige Vorgaben der Designer waren umzusetzen: Zwischen den fünf an-

grenzenden Karosserieteilen C-Säule, Dachmodul, Heckspoiler, Heckklappe und Rückleuchte ist die stark konturierte Heck-Seitenscheibe strak- und spaltmaßgenau eingepaßt. Spezielle Anforderung war das Fortführen der Spoilernase in der Scheibe. Diese anspruchsvolle Designvorgabe und Toleranzforderungen schlossen eine Fertigung in Glas aus. Deshalb entschloß man sich beim Fahrzeughersteller MCC Micro Compact Car (MCC) nach intensiver Beratung mit Reitter & Schefenacker (R&S), Esslingen, Seitenscheibe und Befestigung komplett in Kunststoff zu entwickeln.

Das von MCC und R&S patentierte Verschiebungssystem besteht aus drei Teilen:

- Das Hauptteil ist zweischichtig spritzgegossen und besteht aus der transparenten Scheibe und dem gedeckt eingefärbten Montagerahmen. Beides ist „in einem Guß“ gefertigt; der

Werkstoff: PC Makrolon der Bayer AG.

■ Der spritzgegossene Halterahmen dient der Befestigung. Er integriert, ebenso wie der Montagerahmen die Befestigungselemente der Scheibe.

■ Der Verschußclip macht die Konstruktion zu einem unlöslichen Verbund.

Wichtige Gebrauchseigenschaften wie Transparenz, Schlagfestigkeit, UV- und Kratzbeständigkeit müssen denen von Glas entsprechen. Die Seitenscheibe erfüllt die Anforderungen der Bauartprüfung nach §22 der StVZO Nr. 29 für Sicherheitsglas. Außerdem weist die Kunststoffverschraubung gegenüber Glas einige Vorteile auf:

■ Geringes Gewicht zur Verringerung des Spritverbrauchs ist eine der Hauptforderungen aus der aktuellen Umweltschutzgesetzgebung (Stichwort: 3-Liter-Auto).

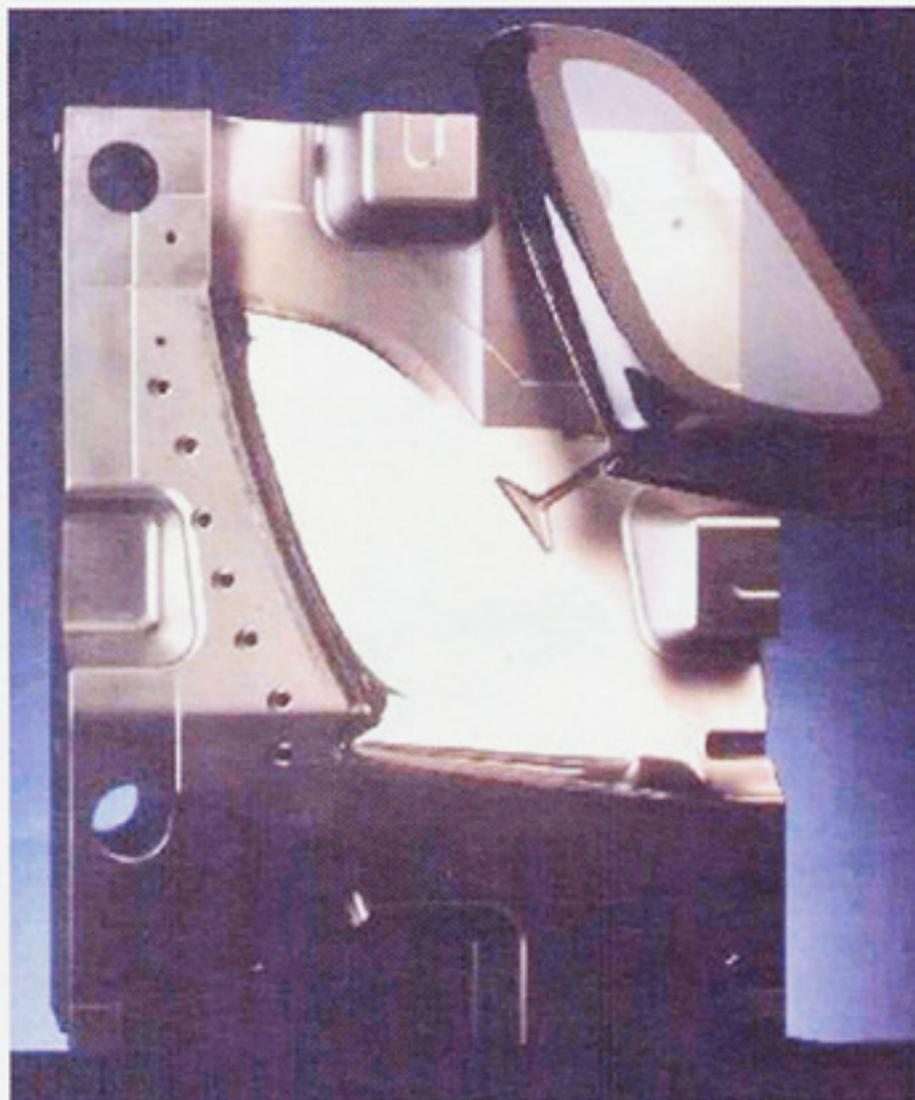
■ Unfall- und Einbruchssicherheit sind sehr hoch. PC Makrolon wird auch für Sicherheitsscheiben in Polizeifahrzeugen und Schutzhelmvisiere eingesetzt.

■ Die mögliche hohe Funktionsintegration eröffnet neue Design- und Konstruktionsansätze. Extreme optische Tiefenwirkung, die hochbrillianten und konturscharfen Sichtfläche lassen sich in keinem anderen Verfahren erzeugen.

■ Befestigungselemente können im Bauteil integriert werden. Erst- und Ersatzmontage sind als Ein-Mann-Montage und ohne Hilfswerkzeuge möglich.



*Bild 2 Design ohne Bruch: Fortführung der Gestaltungselemente C-Säule, Dachmodul, Spoiler, Heckklappe und Rückleuchte in der hinteren Seitenscheibe*



*Bild 3 Produktionswerkzeug Seitenscheibe: Beschichtung der komplexen Schieber mit Balinit C ermöglicht schmierungsfreien Betrieb; die hochglanz-polierten Kavitäten sind gegen Belag und Heißgas-Korrosion mit Balinit D geschützt (Bilder 2 und 3: Balzers, Bingen)*

### **Neue Fertigungsverfahren notwendig**

Nachdem die Teilekonstruktion stand, entwickelten die Formenbauer, unter anderem mit Hilfe von Moldflowsimulationen für Formnerster, Kaltkanal und Heißläufer die Werkzeugkonstruktion. Hier griff R&S auf die Unterstützung der Bayer AG zurück. Ziel war eine möglichst symmetrische Formfüllung ohne Lufteinschlüsse und Bindenähte. Eigenspannungen waren soweit wie möglich zu vermeiden, um das nachfolgende Beschichten und Einbrennen ohne kritischen Verzug zu ermöglichen.

Ausgelegt wurde die Form für ein Scheibenpaar je Schuß. Die Integration der Befestigungselemente und die nachträglich gewünschte Verrippung erforderten eine komplexe zweistufige Schieberanlage. Die konturscharfe, stufenlose Abdichtung des transparenten Bereichs gegenüber dem Montagerahmen erforderte hohen Aufwand im Formenbau.

Auf mehrtaktig und doppelschichtig zu fertigende Spritzteile ist R&S spezialisiert. Mit den gängigen Technologien kam man hier jedoch nicht weiter. Das Umsetzverfahren kam unter anderem aufgrund der Teilegröße und der notwendigen Prozeßsicherheit nicht in Frage. Die Formteilgeometrie ließ die Fertigung auf einer Horizontal-Mehrtaktmaschine nicht zu. Die Fertigung der Verschraubung erforderte ein neuartiges Verfahren. Wegen der Farbfolge war ein – gegenüber dem Standard-Mehrfarben-Spritzguß – inverses Verfahren zu entwickeln. Den Kern der Fertigungszelle bildet eine Vertikal-Spritzgießmaschine KM 1800 von Krauss Maffei. Entnahmeroboter, Anfuß-Abfrässtation und Sichtprüfung ergänzen die Zelle.

Die gewünschte Brillanz der Scheiben erfordert das Spritzen und Rohteilhandling unter besonderer Berücksich-



*Bild 4 Im Zwei-komponenten-Spritzguß gefertigte Scheibe hoher Brillanz und Tiefenwirkung bildet mit Montagerahmen, Halterahmen und Clip eine Einbaueinheit*

der ohnehin eingeplanten Wartungszyklen – mit einem leichten Lösemittel und einem Wischlappen.

#### **Veredelung für kratzfeste Oberflächen**

Auf die Rohteile wird in einem Flutverfahren die Polysiloxan Kratzfest-Beschichtung aufgebracht und anschließend bei etwa 125 °C eingebrannt. Das Verfahren ist aus der Fertigung von Streuscheiben und anderen Einfarbtteilen bekannt. Die Seitenscheibe stellt aber völlig neue Anforderungen. Um das notwendige Verfahren zu entwickeln, nahm R&S den Spezialisten Eurogard im niederländischen Geldrop „mit ins Boot“. Gegenüber Einfarbtteilen ist das Beschichten von Mehrfarbtteilen weitaus komplexer. Spezielle Probleme ergaben sich aus

- Einbrenntemperaturen knapp unterhalb der Warmformbeständigkeit von PC
  - Spannungsriß-auslösende Lösungsmittel
  - elektrostatische Aufladung der Roh-teile
  - Lackansammlungen und -läufer
- Auf der hochtransparenten und auf der schwarz hinterlegten Fläche zeichnen sich kleinste Fehlstellen weit deutlicher ab als an Streuscheiben, die mit einer

tigung der elektrostatischen Aufladungen der Scheibe. Das Aufbringen der Polysiloxanbeschichtung bei einem externen Spezialisten erfordert besondere Maßnahmen hinsichtlich Sauberkeit in der gesamten Logistik.

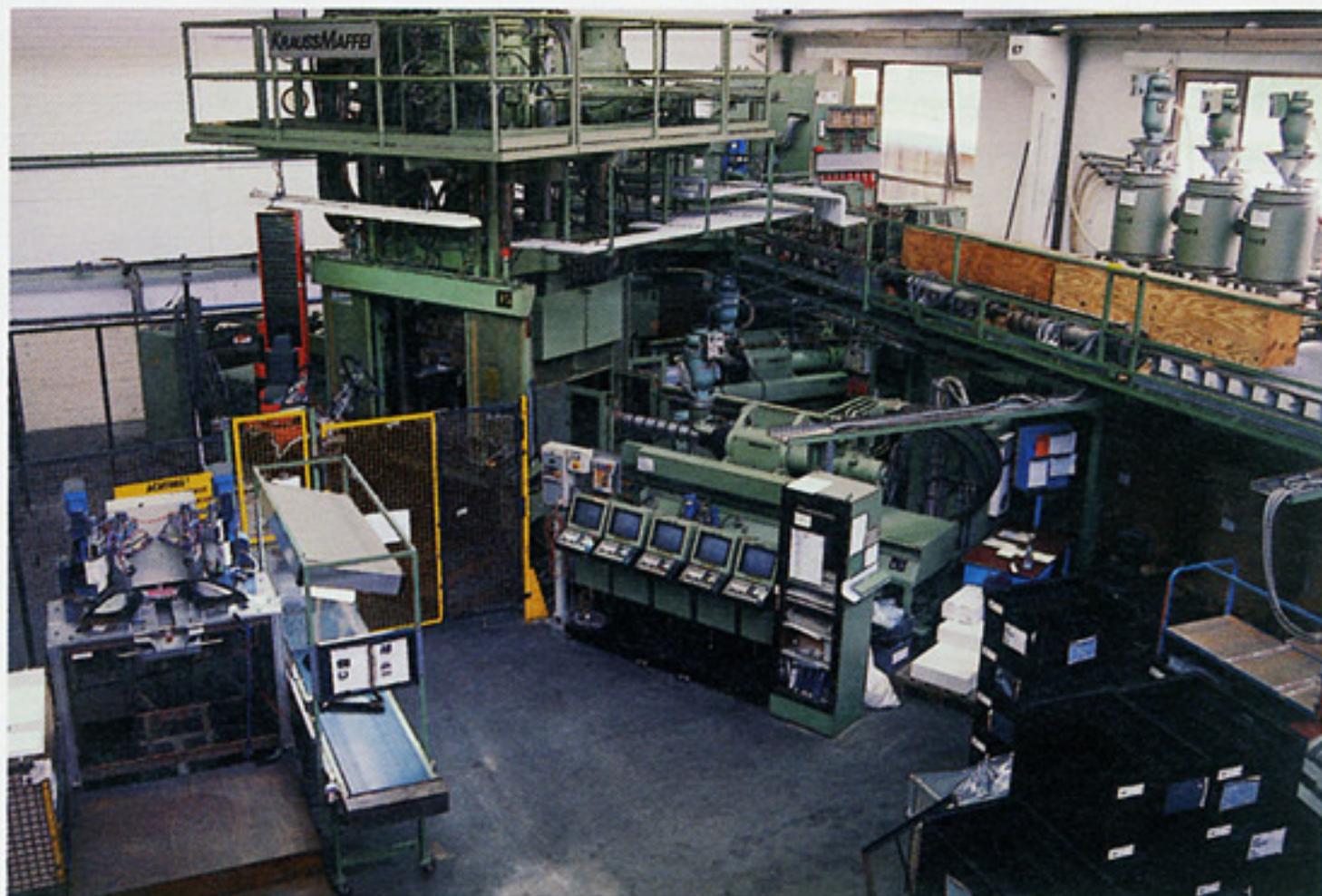
#### **Härtetest Serienfertigung**

Skin-Moulding-Verfahren und nachfolgende Polysiloxan-Hartstoffbeschichtung des Spritzgießteils erfordern den schmierstofffreien Betrieb der Spritzgießform. Im Serienanlauf zeigte die Schieberanlage vorzeitigen Verschleiß durch „Fressen“. Daraufhin wurden alle bewegten Teile im Werkzeug bei Balzers Verschleißschutz, Bingen, mit dem harten aber auch besonders gleitfähigen Balinit C beschichtet. Heute ist dauerhafter Trockenlauf möglich und in der Praxis bewährt.

Auf den Formflächen zeichneten sich im Serienanlauf recht schnell zwei Probleme ab – und das im wahrsten Sinne des Wortes: Zum einen bildeten sich Beläge auf den hochglanzpolierten Oberflächen der Kavitäten, zum andern trat Heißgaskorrosion im Umfeld der Formentlüftung auf. Lochfraß verursachte umfangreiche Nacharbeiten, die mehrfach zu Produktionsausfall führten. Der mußte in teuren Sonderschichten aufgeholt werden.

Auch hier schaffte eine PVD-Verschleißschutz-Beschichtung Abhilfe. Nach Untersuchung ver-

schiedener PVD-Schichten brachte Balzers auf die spiegelglanz-polierten Kavitäten Balinit D auf, eine hochwertige Chromnitrid-Schicht, die für hohe Oberflächenhärte sorgt. Die Trübung ist im Gegensatz zu anderen Beschichtungen extrem gering. Lochfraß durch Ausgasung trat danach nicht mehr auf. Belagbildung ist kaum noch festzustellen. Die noch auftretenden Anhaftungen entfernen die Einrichter während



*Bild 6 Hoch automatisierte Fertigungszelle produziert die Seitenscheiben und integriert nachfolgende Bearbeitungsschritte (Bilder 4 und 6: Reitter & Schefenacker, Esslingen)*

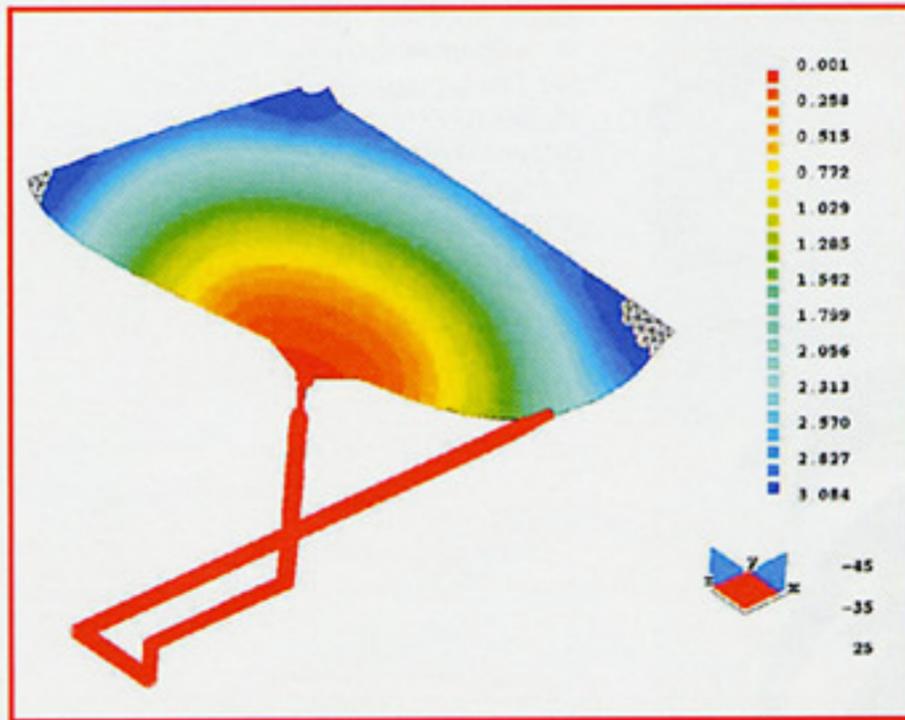


Bild 5 Aufwendige Simulationen waren notwendig, um die Serienanforderungen hinsichtlich Oberflächenqualität, Toleranzen und Kosten zu erfüllen (Bild: Bayer AG, Leverkusen)

Optik hinterlegt sind. Das Verfahren ist heute, einschließlich der notwendigen Logistik, erprobt und hat sich in der Serie bewährt.

**Wie geht es weiter?**

Nachdem mit MCC der erste Automobilhersteller den Schritt zur Kunststoffverschiebung in der Großserie getan hat, ist mit „Nachahmern“ zu rechnen. Bei einfachen Scheibengeometrien mit geringen Wölbungen und bei Verzicht auf höheren Grad der Funktionsintegration wird Glas aufgrund der geringen Kosten in den nächsten Jahren noch die Mehrzahl der Anwendungen abdecken. Anders sieht es bei gehobenen Designansprüchen und neuen

Konstruktionsideen aus: Starke Verwölbungen, das Integrieren von Spoilern oder das direkte Anspritzen einer Rückleuchte sind denkbar. Bereits das beim Smart erzielte neuartige Erscheinungsbild mit extremer optischer Tiefenwirkung im Bereich des angespritzten Montagerahmens ist mit Glas nicht zu erreichen. Schließlich wird der Wunsch nach weniger Gewicht den Trend zur Polycarbonat-Scheibe fördern. Design, Kosten und Kraftstoffverbrauch sind zunehmend die wichtigsten Argumente im Wettbewerb der Automobilbauer. Polycarbonate eröffnen völlig neue Möglichkeiten. Die Scheibe des Smart beweist, daß die Technologie bereits heute zur Verfügung steht.

Die **Balzers GmbH**, ist ein Tochterunternehmen der Balzers AG mit Sitz in Liechtenstein. Von hier aus werden die derzeit 30 Beschichtungszentren in Europa, USA, Brasilien, Japan, Korea und Indien unterstützt. 1998 erwirtschafteten etwa 1 400 Mitarbeiter einen Umsatz von umgerechnet rund 308 Mio. DM. In Deutschland erbringen derzeit neun Beschichtungszentren Dienstleistungen rund um den Verschleißschutz. Neben den Verschleißschutzschichten auf Spritzgießwerkzeugen und Werkzeugen für die Metallbearbeitung verzeichnet derzeit vor allem der Bereich Verschleißschutz an Präzisionsteilen für den Motorenbau besondere Wachstumsraten.

Die **Reitter & Schefenacker GmbH & Co. KG** mit Stammsitz in Esslingen, ist im Besitz der Familie Schefenacker. Neben vier Fertigungsstätten im Umfeld von Stuttgart produziert das Unternehmen in Ungarn, USA und Slowenien. 1998 erzielten etwa 2 150 Mitarbeiter rund 700 Mio. DM Umsatz. Produziert werden schwerpunktmäßig aufwendige Kunststoff-Spritzgußteile, die zu komplexen Baugruppen für die Automobilindustrie wie Außen- und Innenspiegel, Heckleuchten und Soundsysteme montiert werden. Für den Smart werden u.a. Heckleuchten, Heckspoiler mit dritter Bremsleuchte, Kennzeichenbeleuchtung und Heckseitenscheiben produziert.

**Wir messen auch *krumme* Sachen ganz genau!**



- Das Handmessgerät **ColorEye® XTH** stellt die Farbstandards, die Ihre Kunden verlangen, sicher!
- Die Technologie dieses tragbaren Farbmessgerätes erlaubt die exakte Messung von Farbe an fast jeder Oberfläche.
- Durch die schnell verfügbaren Messergebnisse nehmen Sie sofort Einfluß auf die Produktion.
- So vermeiden Sie Ausschuß, Kosten und Reklamationen!



**Ihre speziellen Fragen klären wir unkompliziert mit Ihnen.**

**Eine unverbindliche Vorführung vereinbaren wir gern mit Ihnen.**

Rufen Sie uns an:  
**0 61 02 / 79 57-0**

GretagMacbeth GmbH  
Siemensstraße 11 • 63263 Neu-Isenburg  
Fraunhoferstraße 14 • 85152 Planegg

