

Große Exterieurteile mit integrierten Funktionen und hochwertigen Oberflächen fertigen

## Facelifting für Elektrofahrzeuge

Die Verbindung von Spritzprägen, partiellem Film Insert Molding und Direct Coating ermöglicht ein neuartiges Konzept für das Frontmodul des Elektrofahrzeugs BMW iX. Wichtig bei der Entwicklung waren umfangreiche Spritzgießversuche, die der Kunststoffhersteller Covestro in seinem Technikum durchführte. Materialeitig erwies sich ein Grundträger aus Polycarbonat, der mit Polyurethan überflutet wird, als gelungene Kombination.



Für die Herstellung des Frontmoduls des BMW iX, die sogenannte Niere, werden verschiedene Produktionsverfahren miteinander kombiniert.

© BMW

Bei der Entwicklung des vollelektrischen BMW iX spielte das ShyTech-Konzept eine prägende Rolle. Gemeint ist damit, dass Funktionen wie die Sensorik für das teilautonome Fahren für den Fahrer nur sichtbar sein sollen, wenn er sie benötigt. Diese Anforderung galt es auch bei der Entwicklung des Niere genannten Frontmoduls des iX umzusetzen (**Bild 1**). Der elektrische Antrieb eröff-

nete zudem zusätzliche Freiheiten bei der Gestaltung der Fahrzeugfront weg vom klassischen Kühlergrill. Ziel des Designs war es, ein ästhetisches Frontbauteil mit dreidimensionaler Tiefenwirkung zu entwickeln, das bestimmte Fahrerassistenzfunktionen integriert. Außerdem sollte es Mehrfarbigkeit unter einer transparenten Class-A-Oberfläche aufweisen.

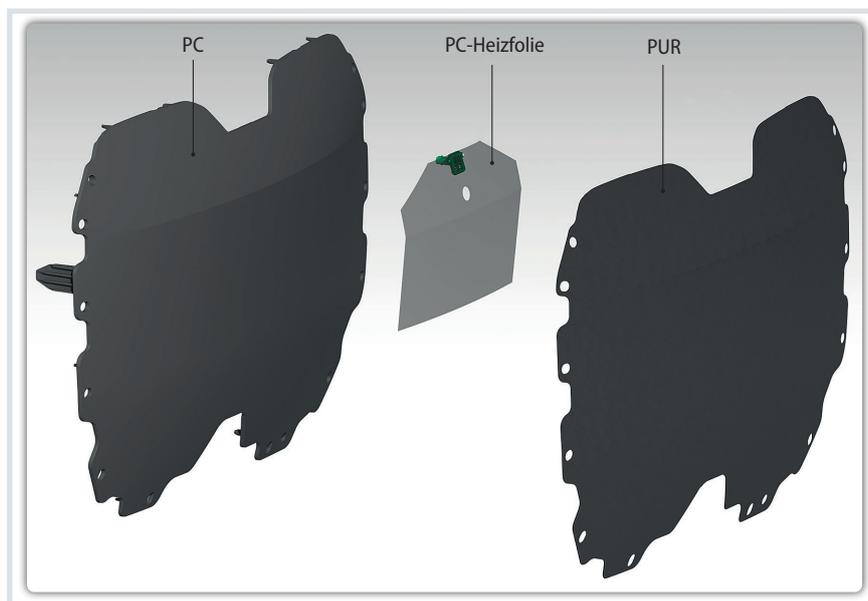
Sichergestellt werden musste ebenfalls, dass die Sensoren unter allen Einsatzbedingungen sicher funktionieren und etwa keine Vereisung der darüber liegenden Außenhaut erfolgt. Neben den Designzielen galt es somit, die hohen Anforderungen der Sensorik zu erfüllen. Beispielsweise sollte das Radom fugenlos in die Oberfläche integriert werden. All das erforderte ein fein abgestimmtes

Zusammenspiel zwischen der Material-, Komponenten- und Fertigungsentwicklung und war daher nur in enger Zusammenarbeit zwischen den Projektpartnern zu verwirklichen.

### Mehrfarbig und mit 3D-Tiefeneffekt

Für das Frontbauteil wurde eine 3D-Struktur mit unterschiedlich tiefen Prismen festgelegt, die sich in einem transparenten Polycarbonat-Grundträger (PC) befinden. Für ein zweifarbiges Design sorgen weitere Veredelungsschritte auf der Bauteilrückseite. Sie erzeugen zusammen mit der Struktur des Rohteils den gewünschten optischen 3D-Tiefeneffekt. Durch diesen Ansatz kommt es zu Wanddickensprünge von bis zu 100 % auf der Rückseite des spritzgegossenen PC-Grundträgers. Die volumetrische Schwindung des Thermoplasts führt außerdem zu einer gewissen Welligkeit in der Oberfläche der Bauteilvorderseite. Daher wäre mit gängigen Spray- oder Hardcoating-Verfahren keine Class-A-Oberfläche erreichbar gewesen. Zur Lösung dieses Problems bot sich die Integration des sogenannten Direct-Coating-Verfahrens (DC) in den Gesamtprozess an. Bei diesem wird der Lack mit erhöhter Schichtdicke im geschlossenen Spritzgießwerkzeug appliziert.

An dieser Stelle kam der Kunststoffhersteller Covestro ins Spiel. Das Unternehmen verfügt als einer der technologi-



**Bild 2.** In den Grundträger des Panels ist ein transparenter und hinterspritzter 3D-Folieninsert aus Makrofol UV244 mit einer Heizfunktion integriert. Diese hält den Radarsensor eisfrei. Der Folienbereich ist mit PUR-Tiefenglanzlack beschichtet. © BMW

schen Wegbereiter in der Automobilver-scheidung aus PC, beim DC zur Beschichtung von Kunststoffteilen und beim Film Insert Molding (FIM) zur Herstellung von bedruckten, funktionalisierten und hinterspritzten 3D-Folien-Dekorbauteilen über große Erfahrung bei den relevanten Technologien. Darüber hinaus konnte das Unternehmen als einer der wichtigsten Hersteller von PC und Polyurethan (PUR) seine materialtechnische und anwendungsspezifische Expertise

bei diesen Werkstofffamilien einbringen. Dieses gebündelte Know-how trug wesentlich dazu bei, dass Covestro Projektpartner für die Frontniere des BMW iX wurde.

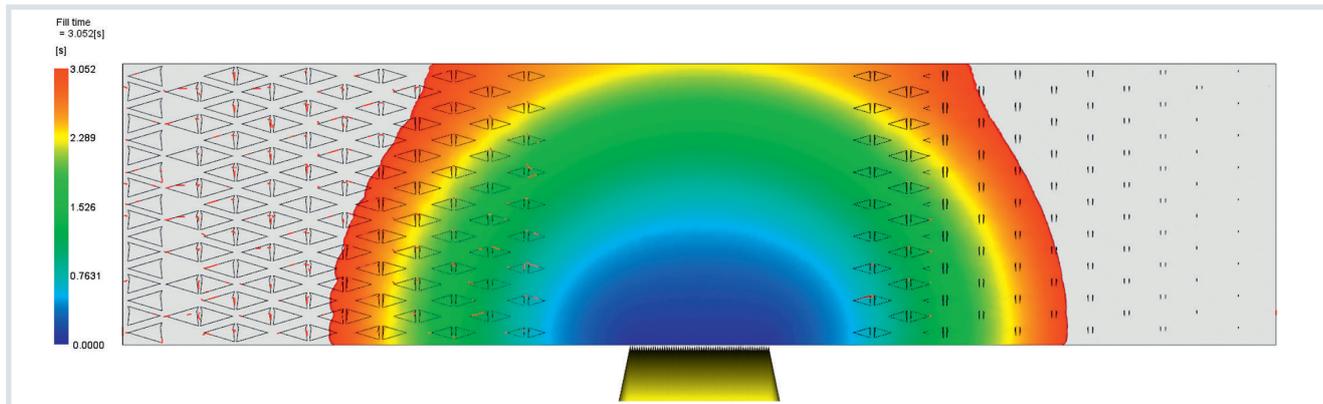
### Gelungene Kombination aus FIM, DC und Spritzprägen

Gemeinsam mit BMW und anderen Partnern wurde ein Fertigungskonzept für die Niere erarbeitet, welches das Spritzprägen und FIM mit dem DC kombiniert. Dabei wird ein 3D-Folieninsert in ein Spritzgießwerkzeug gelegt und mit dem transparenten PC Makrolon AG (Automotive Glass-like) von Covestro hinterprägt. Dabei entsteht ein Thermoplastteil mit partiellem Folienbereich, das anschließend im gleichen Werkzeug über einen RIM-Mischkopf (Reaction Injection Molding) mit einem transparenten PUR-Lacksystem beschichtet wird (**Bild 2**).

Die Lackschicht basiert auf den Materialien Desmodur und Desmophen von Covestro. Sie verleiht der Bauteiloberfläche eine hohe Kratzfestigkeit und ist selbstheilend eingestellt. Kleinere Kratzer verschwinden daher nach kurzer Zeit von allein. Ein Vorteil des PUR-Reaktionssystems ist, dass es die sehr guten mechanischen Eigenschaften des PC-Substrats nur wenig beeinflusst. Der PUR-Lack für das Frontpanel erfüllt »



**Bild 1.** Gefertigt wird das markante Frontpanel des BMW iX aus dem PC Makrolon AG von Covestro. Kameratechnik, Radarfunktionen und weitere Sensorik für das Fahrerassistenzsystem sind in das großflächige Bauteil integriert. © BMW



**Bild 3.** Simulation der Werkzeugfüllung im Spritzprägeprozess: Die Analysen halfen bei der optimierten Auslegung der Geometrie und der Wanddicken der rückseitigen 3D-Designstruktur. © Covestro

## Info

### Text

**Jochen Holzleitner** ist Produktionsleiter im Bereich Spritzguss und Vormontagen für Kunststoff-Exterieurteile bei BMW.

**Stefan Wulfers** leitet bei BMW die Entwicklung für Frontklappen, Heckklappen und die Seitenwand vorne.

**Joachim Wehner** ist globaler Key Account Manager für BMW bei Covestro Deutschland.

**Benjamin Herzberg** beschäftigt sich in der Anwendungsentwicklung des Segments Engineering Plastics von Covestro Deutschland mit Lackier- und Dekorationstechnologien.

**Hans-Jörg Dahmen** ist Projektleiter für komplexe Karosserieaußenanwendungen in der Anwendungstechnik des Segments Engineering Plastics bei Covestro Deutschland.

**Christoph Klinkenberg** ist im globalen technischen Marketing des Segments Engineering Plastics von Covestro Deutschland verantwortlich für Exterieur-anwendungen von Automobilen.

### Kontakt

<https://www.covestro.com>

### Service

Weiterführende Informationen zum Direct Coating und zur rheologischen Simulation des Verfahrens finden Sie in **Kunststoffe** 9/21 ab Seite 84 und unter:

<https://www.kunststoffe.de/a/article-344626>

### Digitalversion

Ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/onlinearchiv](http://www.kunststoffe.de/onlinearchiv)

### English Version

Read the English version of the article in our magazine **Kunststoffe international** or at [www.kunststoffe-international.com](http://www.kunststoffe-international.com)

unter anderem in puncto Haftfestigkeit zum thermoplastischen Substrat, Abriebfestigkeit, Farbstabilität und Witterungsfestigkeit alle von BMW an Exterieurbauteile gestellten Anforderungen.

### *Integrierte Heizfunktion sorgt für eisfreie Sensoren*

Das partielle 3D-Folieninsert ist vor dem Radarsensor platziert und rückseitig mit Heizdrähten und einer Steckeranbindung versehen. Die Heizfunktion hat die Aufgabe, den Radarsensor bei Kälte schnee- und eisfrei zu halten. Das Insert besteht aus Makrofol UV244, einer PC-Folie von Covestro, die mit einem UV-Schutz versehen ist. Dieser stellt sicher, dass die Folie bei eventuellen Schäden der Kratzschuttschicht auf Dauer nicht vergilbt.

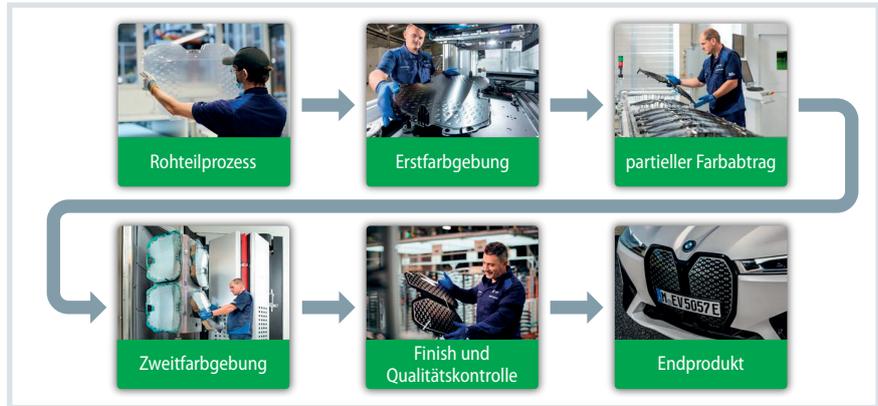
Beim Hinterspritzmaterial handelt es sich wie erwähnt um Makrolon AG. Das speziell für glasartige Oberflächen im Automobilexterieur entwickelte PC ist seit vielen Jahren in verschiedenen Bauteilen im Serieneinsatz. Es besitzt eine kristallklare Transparenz. Mit dem Material lassen sich Bauteile mit sehr guter Oberflächenqualität herstellen, die sich durch eine hohe Schlagzähigkeit auch bei tiefen Temperaturen auszeichnen. Seine sehr hohe Produktqualität und -reinheit beruht auf den verwendeten Rohstoffen sowie einem speziellen Produktionsverfahren, das unter anderem einen Filtrationsschritt für die Schmelze vorsieht. Zudem enthält es ausschließlich bewitterungsstabile Farbstoffe, um ein Ausbleichen des Bauteils über die Fahrzeuglebensdauer zu vermeiden.

Covestro hat BMW bei der Entwicklung des Frontpanels über die gesamte Projektphase detailliert unterstützt. Beispielsweise wurden verschiedene Baustufen im Technikum des Unternehmens in Leverkusen hergestellt. Im ersten Schritt wurde ein Plattenwerkzeug mit der Designstruktur des Frontpanels versehen, um die optimalen Wanddickensprünge für den Spritzprägeschritt zu finden. Wichtige prozessbestimmende Parameter konnten erarbeitet werden und flossen anschließend in das endgültige Bauteildesign ein. Zum Beispiel ließen sich optisch störende Luftschlieren an den Übergängen vermeiden. Wichtig war zudem, den optimalen Abstand des Folienvorformlings zum Anguss festzulegen und zu prüfen, wie sich Prozessparameter auf die spätere Funktion der Heizfolie auswirken.

### *Erkenntnisse aus dem Technikum erleichtern Aufbau der Serienproduktion*

Alle diese Erkenntnisse flossen im nächsten Schritt in den Bau eines Werkzeugs ein, das bereits für die FIM- und DC-Verfahren ausgelegt war. Auf einer Spritzgießmaschine mit Schiebetisch wurden erste lackierte Bauteile mit integrierter Folie hergestellt. Mit ihnen war es möglich, die Qualität der Oberfläche und die Sichtbarkeit des Übergangs zwischen Folie und PC-Substrat reproduzierbar zu bewerten. Verarbeitungsparameter konnten optimiert und wichtige Rückschlüsse zur richtigen Positionierung und Fixierung der Folie im Werkzeug gezogen werden. Außerdem ließ sich erstmals beurteilen, wie leistungsfähig der gesamte Fertigungsprozess ist. Wichtige

Funktionen wie das Verhalten des Bauteils unter Umweltbedingungen oder die Zuverlässigkeit der Radarfunktion konnten realitätsgetreu dargestellt und die entsprechenden Ergebnisse von den BMW-Fachstellen abgesichert werden. Auf Basis der Erfahrungen baute das Unternehmen ein seriennahes Prototypwerkzeug in Originalgeometrie. Es wurde ebenfalls komplett im Covestro-Technikum unter nahezu den späteren Serienbedingungen abgemustert. Die in den verschiedenen Baustufen gewonnenen Erfahrungen waren eine große Hilfe beim reibungslosen Aufbau der Serienproduktion bei BMW in Landshut.



**Bild 5.** Der Produktionsprozess des Frontmoduls besteht aus mehreren Schritten und Verfahren.

Quelle: BMW; Grafik: © Hanser

### Simulationen enthüllen den optimalen Fülldruck

Covestro führte im Rahmen des Projekts umfangreiche Simulationen zum rheologischen Verhalten sowohl des Spritzprägematerials als auch des PUR-Reaktionssystems bei der Werkzeugfüllung durch. Dadurch konnten im spritzgeprägten Substrat Spannungen minimiert, Bindenähte in nicht sichtbare Bereich verlegt, Lufteinschlüsse vermieden und die Bauteilqualität im hinterspritzten Folienbereich vorhergesagt werden (**Bild 3**). Für die PUR-Füllung ließ sich durch Simulationen der optimale Fülldruck für die gewählten Wanddicken ermittelt sowie die Entlüftungen für die PUR-Kavität millimetergenau positionieren (**Bild 4**). Darüber hinaus hat Covestro Simulationsmethoden entwickelt, um Schwindung und Verzug der mit PUR gefluteten Bauteile und das Auftreten von Luftblasen in der Kavität während der Füllung präzise vorherzusagen.

In der Komponentenfertigung im BMW-Werk in Landshut wurde für die Niere des BMW iX eine komplett neue Produktionslinie aufgebaut, die eine Reihe fortschrittlicher Technologien beinhaltet. Das Produktionslayout wurde dabei mit besonderem Augenmerk auf technische Sauberkeit konzipiert. Dabei standen nicht nur die einzelnen Fertigungsschritte, sondern auch Transport und Lagerung aller Zwischenzustände des Bauteils im Mittelpunkt. Zur optimalen Gestaltung des Wertstroms finden alle Schritte innerhalb der gleichen Produktionshalle statt. Das verhindert zusätzliche Schmutz- und Feuchtigkeitseinträge.

### Mehrteilige Produktionslinie mit fortschrittlichen Verfahren

Nach der Herstellung des beschriebenen Rohteils auf einer Spritzgießmaschine mit Wendepplatten und integrierter PUR-Einheit folgen weitere Fertigungsschritte (**Bild 5**): Das Rohteil wird zunächst rücksei-

tig schwarz lackiert und dann sowohl im 2D- als auch im 3D-Bereich freigelasert. Zur Reduktion der lokalen Spannungen folgt ein Temperschritt. Anschließend wird die zweite Farbe mittels PVD-Verfahren (Physical Vapour Deposition) appliziert. Das Verfahren sorgt für eine metallische Anmutung, ohne dadurch die Radarfunktion der integrierten Sensoren zu beeinträchtigen. Ein im Anschluss aufgebracht Topcoat schützt die PVD-Schicht vor Umwelteinflüssen und sorgt für die finale Farbgebung. Im End-of-Line-Bereich werden per Roboter noch die Bauteilkanten versiegelt, um das PC vor Umwelteinflüssen zu schützen. Zur Sicherstellung der Funktion erfolgt abschließend eine hundertprozentige Radar- und Heizungskontrolle. Ein neues Produktionsüberwachungssystem erfasst alle relevanten Parameter und garantiert auf diese Weise deren Rückverfolgbarkeit auf die Bauteile und sogar jeden einzelnen Fertigungsschritt.

### K 2022: Neues Frontpanelkonzept integriert zusätzliche Funktionen

Covestro entwickelt seit 2014 eigene Konzepte für neuartige Kfz-Frontpanels aus PC. Auf der Kunststoffmesse K 2022 in Düsseldorf wird das jüngste Ergebnis dieser Arbeit zu sehen sein: das Konzept eines spritzgeprägten Bauteils, das weitere Design- und Funktionsmerkmale aufweist. Darunter fallen etwa beidseitiges FIM, Elemente zur Kommunikation mit Fußgängern und integrierte Funktionen wie Kantenleuchten, sogenannte edge-lit, und hidden-until-lit, also unsichtbare, erst bei Bedienung aktivierte und hinterleuchtete Funktionen. ■

**Bild 4.** Simulation des zeitlichen Ablaufs der PUR-Füllung am Beispiel der Seriengeometrie der Niere: Die Untersuchungen halfen sowohl bei der Bestimmung der optimalen Prozessparameter als auch der Werkzeuggeometrie.

© Covestro

