

Lackierroboter im Testlabor von Borealis. Dort wurden neue Materialformulierungen für die effiziente Lackierung von Polypropylen ohne Primer untersucht (© Borealis)



## Damit der Lack niemals ab ist

*Polypropylen mit den richtigen Material- und Prozessparametern ohne Primer lackieren*

In der Automobilindustrie werden viele spritzgegossene Kunststoffbauteile mit mehrschichtigen Lacksystemen überzogen. Nach entsprechender Vorbehandlung der Oberfläche wird mindestens eine Schicht Primer, eine Schicht Basislack und eine Schicht Klarlack aufgetragen. Ein neuartiges Polypropylen-Compound erfüllt nun alle technischen Kriterien auch ohne Applikation eines Primers und spart damit Zeit und Kosten. Dafür kommt es allerdings nicht allein auf das Material an.

**P**olypropylen (PP) ist relativ einfach zu verarbeiten und lässt sich an ein breites Spektrum von Anwendungen anpassen. Der Kunststoff wird sowohl im Verpackungsbereich, für die Medizintechnik, Rohre, Kabelisolierungen oder für Haushaltgeräte eingesetzt. Auch in der Automobilindustrie werden mit mineralischen Verstärkungsstoffen (Talkum, Kreide, Glimmer etc.) versetzte, schlagzäh-modifizierte PP-Compounds verwendet. Verschiedenste Verkleidungs-, Struktur- und Karosseriebauteile im sichtbaren und

nicht sichtbaren Bereich bestehen aus Polypropylen. Manche Eigenschaften des Materials wie z.B. die chemische Beständigkeit sind eine technische Herausforderung für nachfolgende Veredlungsschritte wie etwa die Lackierung. Die niedrige Polarität von PP macht die Benetzung der Oberfläche ohne entsprechende Vorbehandlung praktisch unmöglich.

Vor der ersten Lackschicht müssen die Oberflächenenergie und Polarität der Bauteile erhöht werden. Indem aktive Gruppen eingebaut werden, gibt es

verschiedenste Möglichkeiten, um die Oberfläche von PP für die Lackierung vorzubereiten. In der Automobilindustrie hat sich weitgehend die Beflammung mit einer sauerstoffreichen Flamme als kostengünstige und effektive Methode zur Vorbehandlung großflächiger Bauteile durchgesetzt. Die Prozessparameter der Beflammung, d. h. das Gas-zu-Luft-Verhältnis der Brennerflamme, der Abstand der Flamme zur Oberfläche sowie die Geschwindigkeit, mit der die Flamme über die Oberfläche geführt

wird, beeinflussen maßgeblich die Aktivierung und damit auch die spätere Benetzung und Haftung des Lacks im ausgehärteten Zustand.

### Einflüsse auf die Lackhaftung

Abgesehen von der Aktivierung haben auch die Vorbereitung der Bauteile, insbesondere die Alterung und Reinigung der Oberfläche, die Polymer- bzw. Compound-Zusammensetzung, die Werkzeuggestaltung und die Spritzgießbedingungen Einfluss auf die Lackhaftung. Hinzu kommt das gewählte Lacksystem, der Auftrag samt Abluft- und Aushärtezyklen sowie die Lackhaftungsprüfung. Für ein optimales Lackierergebnis müssen all diese Parameter bestmöglich aufeinander abgestimmt werden. Die weitgehende Automatisierung der wesentlichen Prozessschritte ist daher eine logische Konsequenz, um die Ausschussraten in der Fertigung gering zu halten. Um die Entwicklung neuer Materialkonzepte gezielt voranzutreiben, müssen alle Prozessgrößen beherrscht und kontrolliert werden. Die Borealis Polyolefine GmbH, Linz/Österreich, hat daher an ihrem Hauptsitz ein Lackierlabor eingerichtet.

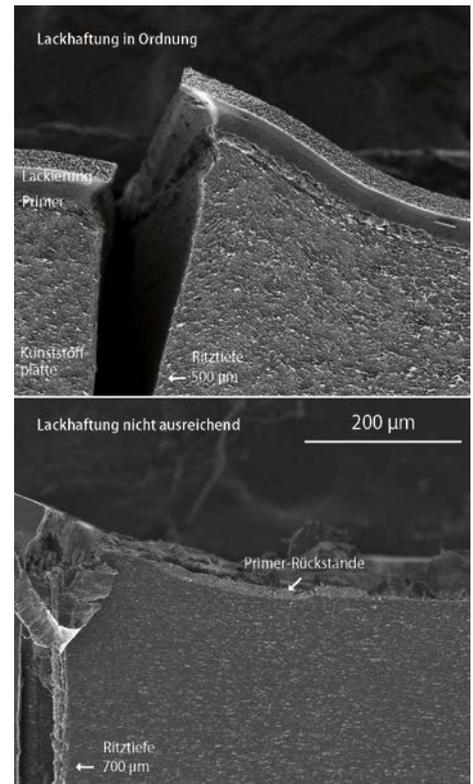
Das Labor verfügt über einen Waschautomaten zur Reinigung der zu lackierenden Teile, einen Lackierroboter (**Titelbild**) und eine automatisierte Dampfstrahlereinheit samt computergestützter Auswertung des Fehlerbilds (Lackablösung). Der Lackierroboter und die Dampfstrahlereinheit sind Sonderanfertigungen, die speziell für die Bedürfnisse der Materialentwicklung konstruiert wurden. Der La-

ckierroboter übernimmt und protokolliert die Beflammung der Proben sowie das Aufbringen, Ablüften und Aushärten der einzelnen Lackschichten. Die Dampfstrahlereinheit prüft und vermisst automatisch die verschiedenen Prüfpunkte an einer Probenplatte. Die so erzielbare hohe Reproduzierbarkeit und Probenanzahl erlauben es, statistisch abgesicherte Aussagen zum Einfluss von Materialzusammensetzung und Prozessparametern zu treffen. Zur nachträglichen Schadensanalyse stehen darüber hinaus ein Rasterelektronenmikroskop samt Elementanalyse, ein Rasterkraftmikroskop sowie verschiedenste lichtmikroskopische Verfahren zur Verfügung (**Bild 1**).

In den vergangenen Jahren hat sich der Chemie- und Kunststoffhersteller intensiv mit dem Zusammenhang von Materialkomposition und Lackhaftung beschäftigt. Im Mittelpunkt der Studien standen grundlegende Untersuchungen zur Haftung wasserbasierender Lacke, die ohne entsprechende Primer-Schicht (primerless) aufgebracht werden. Die Lackierung ohne Primer verringert unter anderem Herstellungskosten, Durchlaufzeiten sowie den Lackauftrag und reduziert die Emissionen in der Fertigung. Dafür muss die Funktionalität des Primers durch entsprechend angepasste Prozess- und Materialparameter kompensiert werden, d. h. das Werkstoffsystem muss wesentlich robuster gegenüber den trotz Automatisierung vorhandenen Prozessschwankungen sein.

### Maßgebliche Material- und Prüfparameter

Die Qualität der endgültigen Lackhaftung wird maßgeblich durch die folgenden Prüfparameter beschrieben. Für die Dampfstrahlprüfung gemäß DIN 55662 muss je nach Methode mittels Ritzstichel oder Messer ein definierter Ritz (Andreas-kreuz) in die lackierte Oberfläche eingebracht werden. Die Schneide der dafür verwendeten Klinge sollte regelmäßig auf ihre Schärfe überprüft werden. Eine stumpfe Schneide kann zu deutlich höheren Lackablösungen im späteren Dampfstrahltest führen (**Bild 2**). Die Orientierung (in und quer zur Fließrichtung) und Tiefe (bis in das Substrat) des Ritzes sind weitere Unsicherheitsfaktoren. Aus diesem Grund wird bei Borealis für Zwecke der Materialentwicklung mit einem

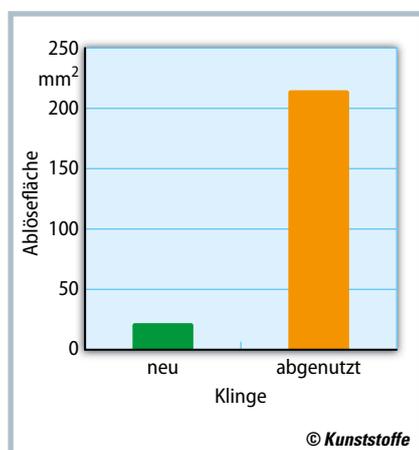


**Bild 1.** Möglichkeiten der Fehleranalyse mittels Rasterelektronenmikroskopie zur nachträglichen Schadensanalyse © Borealis

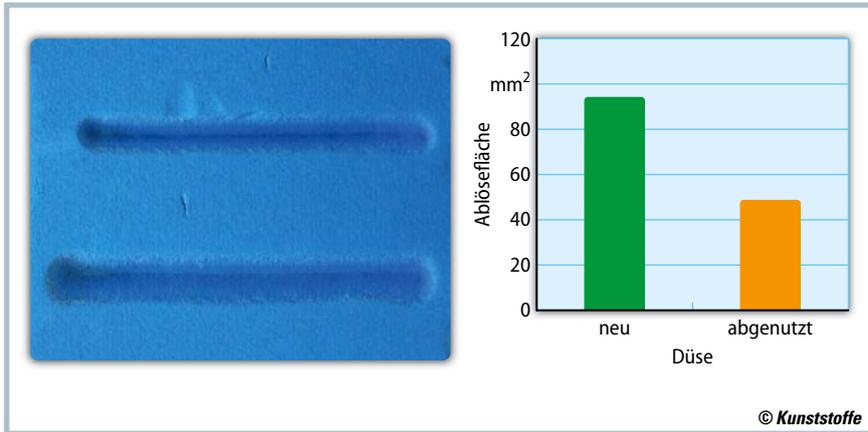
stets einheitlichem Ritzbild und einer vordefinierten Ritztiefe gearbeitet.

Zustand und Verschleiß der Düse des Dampfstrahlprüfgeräts sollten ebenso regelmäßig kontrolliert werden. Die Fertigungstoleranz oder eine abgenutzte Düse kann den Strahl aufspreizen und zu deutlich abweichenden Prüfergebnissen führen. Aus diesem Grund wird das Sprühbild regelmäßig an einem Polystyrolschaumblock überprüft und kontrolliert (**Bild 3**).

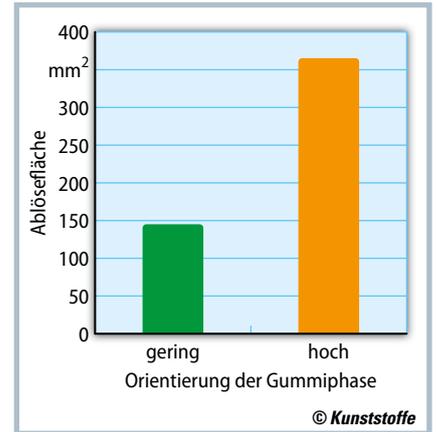
Anhand von im Labormaßstab hergestellten PP- und PP-Compounds wurde der Einfluss verschiedenster Materialkenngrößen auf die Lackhaftung im Dampfstrahltest (gemäß DIN 55662) ermittelt. Neben PP-Homopolymeren wurde vor allem schlagzähmodifiziertes PP für diese Untersuchungen eingesetzt. Die Schlagzähigkeit von PP wird durch Zugabe einer amorphen, nicht in der PP-Matrix löslichen Gummiphase erreicht. Dieses mehrphasige Gemenge aus semikristalliner PP-Matrix und amorpher Gummiphase kann sowohl in-situ, z. B. in einem mehrstufigen Polymerisationsverfahren wie dem herstellereigenen Borstar-PP-Prozess, als auch in »



**Bild 2.** Einfluss verschieden abgenutzter Klingen auf den Ritz und das Dampfstrahlergebnis nach DIN 55662 Methode C (Quelle: Borealis)



**Bild 3.** Bestimmung des Sprühbilds des Dampfstrahltesters (links) und Einfluss der Düsengeometrie auf das Dampfstrahlergebnis (rechts) (Quelle: Borealis)



**Bild 4.** Dampfstrahlergebnisse für zwei PP-Typen mit unterschiedlich stark orientierter Elastomerphase (Quelle: Borealis)

einem nachträglichen Verarbeitungsschritt, etwa in einem Zweischnellenknetter, hergestellt werden. Der Anteil und die Morphologie der dispersen Phase bestimmen dabei weitgehend die Eigenschaften des Materials.

In [1] wurden bereits grundlegende Zusammenhänge zwischen der Phasenmorphologie von schlagzähmodifizierten PP-Compounds und der Lackhaftung untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass Materialien mit einer stark ausgeprägten Orientierung der dispersen Elastomerphase eher zu Lackablösungen neigen als Materialien, deren Elastomerphase eher kugelförmige Domänen ausbildet. Diesen Trend bestätigt auch das Primerless-Verfahren (**Bilder 4 und 5**).

Durch gezielte Werkstoffmodifikation, z. B. durch ein abgestimmtes Verhältnis des Molekulargewichts zwischen Matrix und disperser Phase, kann bereits in der Polymerisation der Grundstein für eine gute Lackhaftung gelegt werden.

Die Morphologie und Orientierung der Elastomerphase wird aber sehr stark durch die Verarbeitungsparameter, in diesem Fall Spritzgießparameter, beeinflusst. Eine möglichst schonende, mit geringen Scherbelastungen für das Material verbundene Verarbeitung ist empfehlenswert. Die Auslegung des Werkzeugs und insbesondere der Angüsse sollte dabei nicht außer Acht gelassen werden.

### Verarbeitungsprozess und neue Materialentwicklungen

Die in **Bild 4** gezeigten Ablöseflächen wurden für eine Prozesseinstellung (Gasratio, Abstand, Vorschubgeschwindigkeit) in der Beflammung ermittelt. In industriellen Fertigungsprozessen und an dreidimensionalen Bauteilen wie z. B. Stoßfängern lassen sich der Abstand zwischen Brenner und Bauteiloberfläche sowie die Vorschubgeschwindigkeit, beispielsweise

## Die Autoren

**Dipl.-Ing. (FH) Georg Grestenberger** ist seit 2007 Research Engineer und Projekt Manager im Bereich Innovation & Technology bei der Borealis Polyolefine GmbH, Linz/Österreich; [georg.grestenberger@borealisgroup.com](mailto:georg.grestenberger@borealisgroup.com)  
**Robert Gubo, Claudia Kniesel** und **Daniela Mileva** sind ebenfalls bei der Borealis Polyolefine GmbH tätig.

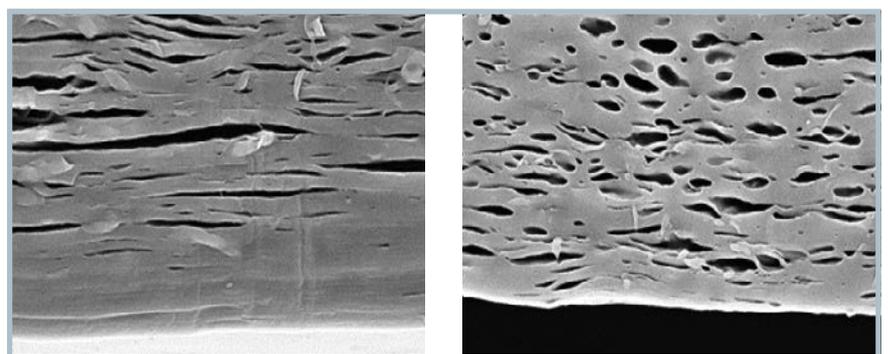
## Service

### Literatur & Digitalversion

- Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter [www.kunststoffe.de/1272540](http://www.kunststoffe.de/1272540)

### 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)

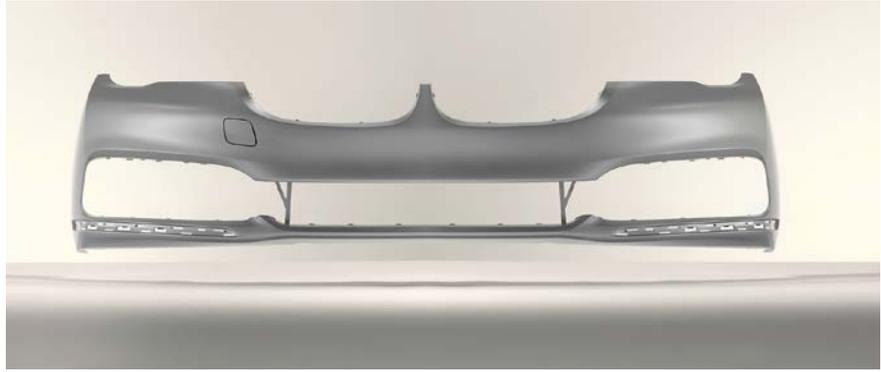


**Bild 5.** Aufnahme der oberflächennahen Zone eines schlagzähmodifizierten PP mit stark (links) bzw. wenig (rechts) orientierter Gummiphase mittels Rasterelektronenmikroskop (Schnitt parallel zur Fließrichtung) (© Borealis)

an Ecken, nur in gewissen Bandbreiten kontrollieren. Aus diesem Grund werden auch in der Materialentwicklung breitere Prozessfenster in der Aktivierung berücksichtigt.

Abgesehen von den Beflämmparametern werden auch Spritzgießprobekörper mit unterschiedlichen Prozessparametern hergestellt. Auf diese Weise können die zur Verfügung stehenden Prozessfenster für eine optimale Lackhaftung im Lackierlabor umfassend beurteilt werden. Je Platte werden fünf vordefinierte Prüfpunkte getestet. Neben der Gesamtablösefläche wird auch die Defektgröße je Prüfpunkt ausgewertet. Auf diese Weise können Aussagen darüber getroffen werden ob es angussnah/angussfern oder quer/längs zur Fließrichtung vermehrt zu Ausfällen kommt.

Durch gezielte Anwendung der beschriebenen Systematik sind Material, Prozess und Lack aufeinander abstimmbare. Dies ermöglicht deutlich robustere und effizientere Lackiersysteme. Ein Beispiel dafür ist Daplen EE112AE, ein mineralisch verstärktes PP-Compound für Automobilanwendungen. Das Compound weist eine deutlich geringere Dichte als vergleichbare Materiallösungen auf und erfüllt höchste Anforderungen hinsichtlich Verarbeitbarkeit, Mechanik und Lackhaftung (**Bild 6**). Letzteres gilt insbesonde-



**Bild 6.** Frontstoßfänger (oben) und Heckklappenverkleidung (unten) des BMW 7er mit Daplen-EE-112AE-Lackierung (© Borealis)

re für das Primerless-Verfahren. Die Lackierung ist seit November 2014 bei der BMW Group, München, im Einsatz. Neben den Frontstoßfängern für die Fahrzeuge

der BMW 3er Reihe werden seit Kurzem auch die Frontstoßfänger und die Heckklappenverkleidung des neuen BMW 7er daraus gefertigt. ■