

## Beständige Oberflächen mit neuen Lacken

# UV-LED-Lacke auf 3D-Bauteilen

Neue LED-Strahler mit hoher Strahlungsleistung im UV-A-Bereich ermöglichen die Härtung von angepassten LED-Lacken auf dreidimensionalen Bauteilen aus Kunststoff. Erfüllen diese Lacke die Anforderungen der Volkswagennorm TL226 für Automotivinterieur? In Zusammenarbeit mit einem Lampenmodulhersteller und einem Systemlieferanten wurden dreidimensionale Prototypen beschichtet und der neue Prozess untersucht.

**S**taubtücher und Putzmittel gehören zu den natürlichen Feinden von Hochglanzoberflächen im Innenbereich einer Limousine. Schnell lassen Mikrokratzer oder Schmissee von Fingernägeln den hochglänzenden Piano-Lack auf einer Radioblende oder dem Rahmen eines Navigationssystems aussehen wie die frisch befahrene Eisfläche unter den Kufen von Schlittschuhläufern.

Mit extrem feinteiligen Kieselsäuren, die sich in den Oberflächen von Lösungsmittelbasierten Klarlacken anreichern, lässt sich die Kratzfestigkeit von konventionellen Lacken deutlich erhöhen. UV-Lacke hingegen erhalten durch den Einsatz von mehrfach ungesättigten Verbindungen ein stark vernetztes Bindemittelgerüst, das per se

kratzfester ist als ein selbsthärtender oder Isocyanat-vernetzter Lackfilm. Die bisher zur Strahlungshärtung eingesetzten UV-Quecksilberstrahler sind eher starre Systeme und wenig geeignet die Oberfläche von lackierten Bauteilen mit komplexer Geometrie zu beleuchten.

Spiegelsysteme sind hier hilfreich, müssen aber aufwendig angepasst werden, wenn sich die Bauteilgeometrie mit Einführung eines neuen Serienmodells ändert. Ziel des Gemeinschaftsprojekts war es herauszufinden, ob die neue LED-Technik hier Vorteile bietet und ein so gehärteter Lackfilm genügend Beständigkeit gegenüber Hydrolyse, Sonnencreme oder Schwitzwasser bietet. Die Normen einiger Automobilhersteller verlangen das.

### LED-Lacktechnologie Kratzbeständigkeit auf hohem Niveau

Im Unterschied zu den bisher eingesetzten Quecksilberdampf Lampen emittieren LEDs ultraviolettes Licht in einem sehr schmalen Wellenlängenbereich, im vorliegenden Fall bei 395 Nanometer sehr nahe am sichtbaren Spektrum. Die Rezeptur eines angepassten LED-Lacks muss dieser Tatsache Rechnung tragen. So sollte der darin eingesetzte Initiator genau bei dieser Wellenlänge Licht einfangen, darf aber nach der Aktivierung selbst keine Eigenfarbe entwickeln.

Ungeeignete Initiatoren machen sich in einer störenden Gelbfärbung des Lacküberzugs bemerkbar. Durch ein geeignetes Initiatorgemisch kann man diese Nachteile umgehen und erreicht eine Umsetzung der ungesättigten Bindemittel selbst bei hohen Schichtdicken.

Vorteilhaft ist weiterhin, dass dem LED-Lack UV-Filter beigemischt werden können, welche die schädliche UV-B und UV-C-Strahlung absorbieren. Diese Maßnahme erlaubt es, transparente Displays aus Polycarbonat oder Plexiglas gegen Vergilbung durch Sonnenlicht zu schützen. Hierdurch sind auch Anwendungen von LED-Klarlacken im Exterieurbereich vorstellbar.

Elastizität und Flexibilität erhält der LED-Lack indem man sein Bindemittelsystem als ein Dual-Cure-System formuliert, das heißt, ein Teil des Bindemittels wird zuerst durch monochromatische Strahlung radikalisch polymerisiert und der andere Teil in



Bild 1: UV-Klarlacke erlauben die Beschichtung von transparenten Displays zur Erhöhung der Kratzbeständigkeit

einem zweiten Schritt thermisch vernetzt. Das Eigenschaftsprofil lässt sich so durch das Bindemittelverhältnis in weiten Bereichen variieren. Je nach Applikation ist der Lack als High Solid oder Spritzlack einstellbar. Als 2-komponentiger Lack zeigt er sich lagerstabil und ist mit der Verarbeitungszeit an die Erfordernisse moderner Lackieranlagen angepasst.

Die neue LED-Lacktechnologie bietet eine bisher unbekannt Kombination aus hoher Kratzfestigkeit, Chemikalienbeständigkeit und Prozesssicherheit – ohne einen Verlust an optischer Qualität. Für die Klarlackentwicklung wurden neben einfachen Acrylaten aliphatische Urethanacrylate verwendet. Sie lassen sich mit organisch polaren Lösungsmitteln beliebig verdünnen und mit entsprechender Additivierung auf die verschiedensten Untergründe wie Polycarbonat, ABS oder ABS-Blends einstellen.

Die Kratz- oder Scheuerfestigkeit wird nach der VW-Norm TL226 DE 2013-08 mit Hilfe eines Martindale-Prüfgerätes ermittelt. Der zu erreichende Restglanz von UV-Hartbeschichtungen muss dabei mindestens 85 % betragen. Als abrasives Medium kommt dabei ein Papier mit 9 µm Körnung zum Einsatz. Nach 10 Touren mit einem Auflagegewicht von 800 g wird der Glanzverlust bei 20° zum Einfallwinkel bestimmt, das heißt als prozentualer Restglanz gegenüber dem Ausgangsglanz gemessen.

### Bewitterungsbeständigkeit

Schalter und Knöpfe im Automobilinnenraum, welche im oberen Bereich des Armaturenbretts sitzen, sind über die Jahre einer häufigen Sonneneinstrahlung ausgesetzt. Deshalb ist für diese Bauteile auch besondere Beständigkeit in punkto Lichteichtheit und Bewitterungsbeständigkeit gefordert.

Um zum Beispiel die Vergilbungsneigung des UV-LED-Lackes zu untersuchen wurden Prüfplatten in einem modifizierten Xenontest (Prüfnorm JAE J 1960) bewittert. Dabei wurde die Gesamtfarbveränderung (dE\*) und die Gelbverfärbung (db\*) nach dem CIE-LAB-Farbsystem (DIN 6174) nach definierten Bewitterungszeiten



Bild 2: Kunststoffscheiben aus PC oder PMMA weisen gewöhnlich eine nur ungenügende Kratzfestigkeit auf

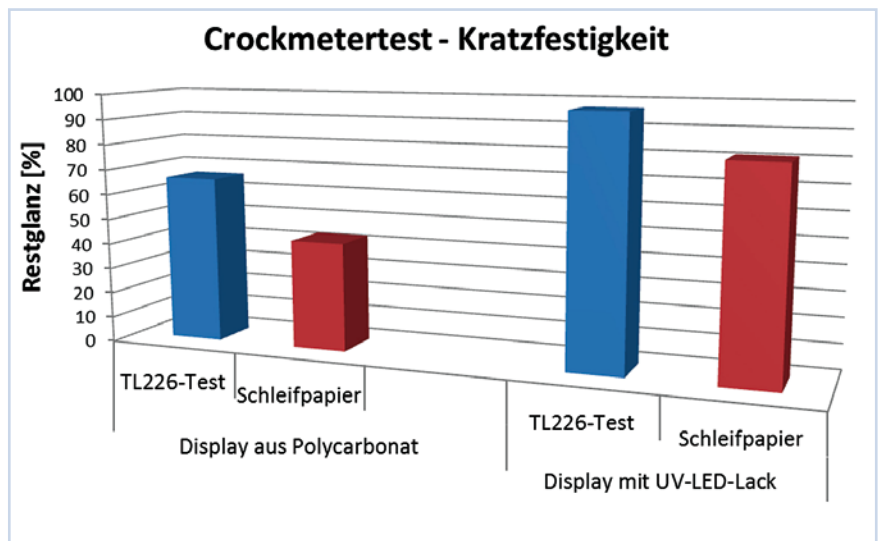


Bild 3: Kratzbeständigkeit eines UV-LED-Lacks nach Crockmeterbelastung, Basislack schwarz. Angabe im Vergleich zum Ausgangsglanz. Als Referenz wurde eine unbeschichtete Polycarbonatplatte herangezogen.

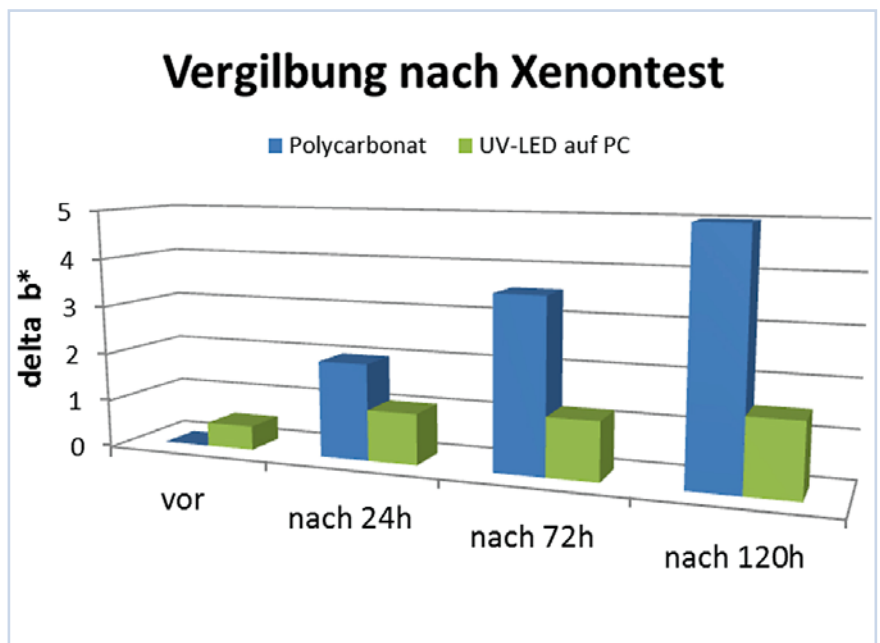


Bild 4: Vergilbung gemessen als delta b\* in Abhängigkeit von der Bewitterungszeit

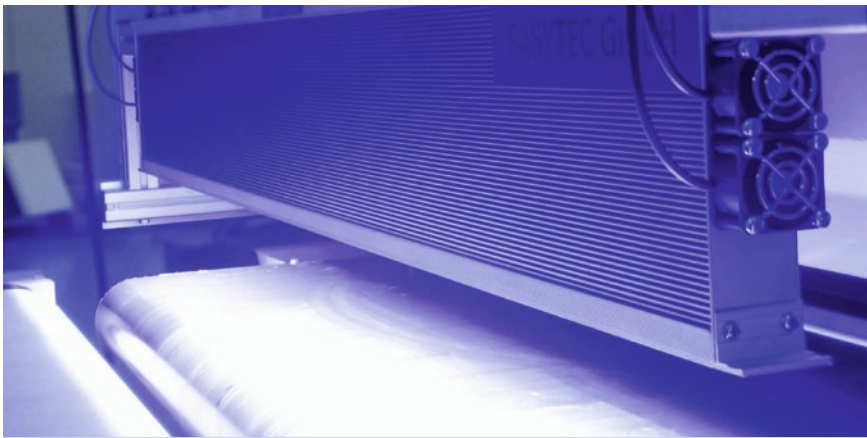


Bild 5: UV-LED-Strahler der Firma Easytec

bestimmt. Bild 4 zeigt den Gelbwert  $db^*$  in Abhängigkeit von der Prüfdauer im Xenon-Test. Es zeigte sich, dass eine ungeschützte transparente Polycarbonatplatte stark zur Gelbfärbung neigt. Eine mit einem UV-LED-Lack beschichtete Platte zeigte dagegen nur geringe Vergilbung nach 24, 72 oder 120 Stunden mit intensiver Xenonlichtbestrahlung.

**Hydrolyse- und Sonnencremebeständigkeit**

Die Volkswagennorm TL226 fordert für lackierte Innenraumkomponenten eine besonders hohe Beständigkeit gegen Feuchte und Kondenswasser. So wird neben dem Schwitzwasser- und Klimawechseltest eine Lagerung im Klimaschrank für 72 Stunden bei 90 °C und 96 % Luftfeuchte gefordert. An diesem Test scheitern viele UV-La-

cke, die nur Polyacrylate als polymeres Grundgerüst enthalten.

Eine thermische Vernetzung über ein Polyol und ein Isocyanat verleihen der Beschichtung zusätzlich chemische Stabilität. Außerdem wird nach der TL226 auch ein 10-tägiger Kondenswassertest bei Konstantklima nach DIN EN ISO 6270-2 gefordert. Dieser wird meist problemlos bestanden, wenn der Hydrolysetest in Ordnung war.

Eine weitere Herausforderung ist die Beständigkeit von Hochglanzbeschichtungen gegen Handcreme und Sonnenlotion nach PV 3964. Die Prüfmedien diffundieren je nach Sperrwirkung durch die Beschichtung hindurch und führen zu einer Ablösung vom Untergrund. Beurteilt wurden der Gitterschnitttest und das Eindringen des Erichenprüfstabes bei 10 N Belastung. Die Tabelle zeigt, dass der mittels UV-

LED-Licht gehärtete Lack alle vorgenannten Anforderungen erfüllt.

**LED-Technik**

Einer schnellen Verbreitung der LED-Strahler zur Härtung von Photolacken stehen auf den ersten Blick die deutlich höheren Investitionskosten solcher Anlagen entgegen. Die Firma Easytec geht davon aus, dass sich solche Systeme schon nach relativ kurzer Zeit amortisieren. Einsparpotenziale liegen im niedrigen Energieverbrauch, in der günstigeren Wartung, der Möglichkeit getaktet zu belichten und einer deutlich besseren Strahlungsausbeute im UV-Bereich gegenüber konventionellen UV-Strahlern sowie der hohen Lebensdauer der UV-LED-Lampen.

Durch die konzentrierte monochromatische Strahlung der LED-Lampen können lange UV-Lampen mit großen Strahlungsfeldern durch kürzere UV-LED-Strahlermodule ersetzt werden. Diese lassen sich problemlos auf einen Roboterarm montieren. Auf diese Weise können bereits mit einem sehr kurzen Strahler von 25 cm Länge, Flächen von 5 m<sup>2</sup> in einer Minute ausgehärtet werden.

Zudem ist die gesamte UV-Emission auf eine Bande konzentriert und kann von einem entsprechend abgestimmten Photoinitiator komplett absorbiert werden. Dabei entsteht praktisch keine Verluststrahlung im IR- und UV-C-Bereich. Im Vergleich zu Quecksilber-Mitteldruckstrahlern ergibt sich daraus eine Energieersparnis von bis zu 75 %. Bei einer Strahlerlänge von 25 cm resultiert daraus bereits eine eingesparte Leistungsaufnahme von bis zu 6,0 kW und bei 150 cm sogar 42 kW pro Modul.

Durch den fehlenden IR-Anteil im Licht der UV-LED wird die thermische Belastung der verarbeiteten Teile entscheidend reduziert. Damit ergibt sich die Möglichkeit, auch empfindliche Mehrkomponenten-Spritzgussteile ohne die Gefahr der thermischen Überbelastung und einer damit verbundenen Deformation zu verarbeiten.

Ein Beispiel hierfür sind Tag-Nacht-Design-Elemente, wie sie von der LAT GmbH in Ingolstadt lackiert

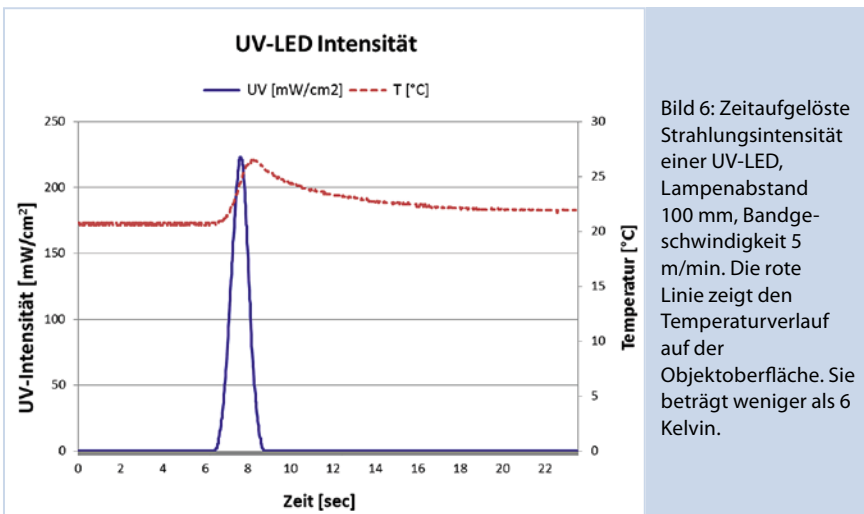


Bild 6: Zeitaufgelöste Strahlungsintensität einer UV-LED, Lampenabstand 100 mm, Bandgeschwindigkeit 5 m/min. Die rote Linie zeigt den Temperaturverlauf auf der Objekt Oberfläche. Sie beträgt weniger als 6 Kelvin.

Bauteile	Beschichtung	Diegel-Code	Handcreme (PV3960)	Sonnenlotion (PV3960)	Hydrolyse	Schwitzwasser
Platten	UV-LED-2K	TC700-0300	Gt 0	Gt 0	Gt 0	Gt 0
Fensterheberwippen	UV-LED-2K	TC700-0300	Gt 0	Gt 0	Gt 0	Gt 0
Tasten, 5 Seiten	UV-LED-2K	TC700-0300	Gt 0	Gt 0	Gt 0	Gt 0

### Prüfergebnisse nach VW-Norm TL226

und laserbeschriftet werden. Ein Charakteristikum dieser Bauteile sind hauchdünne Wandstärken von wenigen Zehntel Millimeter, die einer guten Durchleuchtung dienen und bei zu hohen Temperaturen leicht verformt werden können.

Ein weiteres wichtiges Kriterium, das für die LED-Härtung spricht, ist der wesentlich bessere Arbeitsschutz im Vergleich zur Härtung mit konventionellen Quecksilber-Mitteldruckstrahlern, da die für Augen und Haut sehr schädliche UV-C-Strahlung fehlt. Eine vollständige Kapselung der UV-Anlage kann somit weitgehend entfallen. Der fehlende UV-C-Anteil führt dazu, dass kein Ozon aus dem Luftsauerstoff gebildet werden kann. Ozon kann bereits ab einer sehr geringen Konzentration von  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Symptome wie Tränenreiz, Schleimhautreizungen in Rachen, Hals und Bronchien sowie Kopfschmerzen bei den Mitarbeitern verursachen und muss daher durch eine Absaugung abgeführt werden. Auf eine solche Absaugung oder eine möglicherweise nötige Abluftreinigung kann bei einem UV-LED-Strahler vollständig verzichtet werden.

Hochenergetische LED-Strahler der Firma Easytec bieten im Vergleich zu konventionellen Quecksilber-Mitteldruckstrahlern mit 50 000 Betriebsstunden eine circa 25-fache Lebensdauer. Selbst häufiges Ein- und Ausschalten schadet den Lampen nicht und die



Bild 7: Tag-Nacht Design als High-End-Fertigung bei der Firma LAT in Ingolstadt

kurze Ansprechzeit von nur 100 Millisekunden beim Einstellen der Strahlerleistung erlaubt den getakteten Betrieb im Durchlaufprozess. Dabei ist es möglich den UV-LED-Strahler vollständig abzuschalten, wenn keine Teile unter der Lampe durchlaufen. Dies bedeutet eine weitere deutliche Energieersparnis bei der Härtung von Beschichtungen. Zum Beispiel kann bei einer Taktzeit von 3,0 Minuten und einer Ein- und Austaktzeit von 30 Sekunden fast 20 % Energie eingespart werden.

Im Vergleich dazu verringert sich die Lebensdauer eines konventionellen Quecksilber-Mitteldruckstrahlers bei jedem Zündvorgang um etwa eine Stunde, weshalb eine vollständige Abschaltung nicht sinnvoll ist und einen Standby-Betrieb bei 30 % Leistung während des Ein- und Austaktens nötig macht. Dies entspricht bei einer Strahlerleistung von  $240 \text{ W}/\text{cm}$  und einer Strahlerlänge von 150 cm einer Leistungsaufnahme von 16 kW, die bei einer UV-LED durch vollständiges Ausschalten komplett eingespart wird.

#### Integration in bestehende Anlagen

Die Integration von UV-LED-Modulen in bestehende Lackieranlagen ist unkompliziert und bietet wesentliche Vorteile. Da ein Hochleistungs-UV-

LED-Strahler ohne Reflektoren auskommt und mit Wasser gekühlt wird, sind keine großen Gehäuse nötig. Dicke Luftschläuche, welche bei konventionellen Quecksilber-Mitteldruckstrahlern pro Stunde etwa  $70 \text{ m}^3$  Kühlluft je kW Lampenleistung fördern müssen, sind im Fall der UV-LEDs durch wesentlich dünnere Wasserschläuche ersetzt. Dieser geringe Platzbedarf erleichtert den Einbau. Darüber hinaus werden Luftverwirbelungen, welche in der Regel zu einem erhöhten Ausschuss führen, vermieden.

Idealerweise wird die Strahlungstrocknung direkt hinter die Abdunstzone eingebaut, um Ausschuss durch Staubeinschlüsse möglichst gering zu halten. Sofort nach dem Abdunsten der enthaltenen Lösungsmittel soll der UV-Lack ausgehärtet werden. Durch den verminderten Ausschuss sinken die damit verbundenen Kosten erheblich. Darüber hinaus sind sehr hochwertige Oberflächen wie zum Beispiel Hochglanzoptiken bei sehr hohen Qualitätsstandards möglich.

Bei bereits vorhandenen Anlagen können UV-LED-Strahler aufgrund ihrer geringen Oberflächentemperaturen von weniger als  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  bei entsprechendem Ex-Schutz der elektronischen Bauteile unkompliziert direkt in die Abdunstzone (Ex-Bereich) inte-

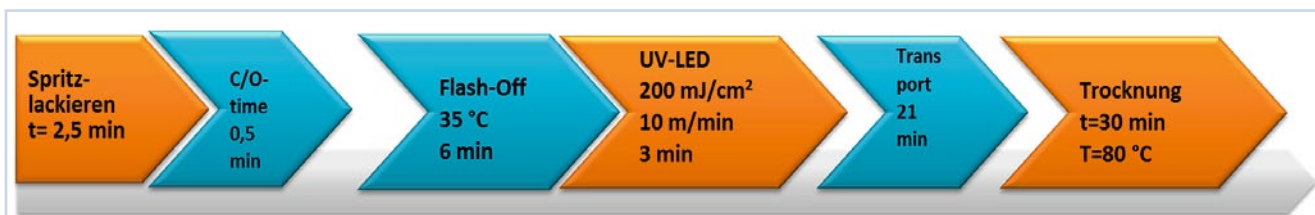


Bild 8: UV-LED-Lackierprozess





Bild 9: Taster und Schalter als 3D-Bauteile mit komplexer Geometrie

griert werden. Im Vergleich dazu liegt die Oberflächentemperatur konventioneller Quecksilberlampen bei 800 bis 900 °C. Diese hohe Temperatur macht einen Ex-Schutz schon allein aufgrund der ständig vorhandenen heißen Oberfläche, welche eine permanente Zündquelle darstellt, unmöglich.

Ein weiterer Vorteil ist, dass die UV-LEDs je nach Lackieranlage in jedem beliebigen Winkel zwischen horizontaler und vertikaler Lage montiert und betrieben werden können, ohne dabei Lebensdauer einzubüßen. Im Vergleich dazu sind die meisten Quecksilber-Mitteldruckstrahler nur für den horizontalen Betrieb geeignet und verlieren bei Auslenkung aus dieser Lage drastisch an Lebensdauer. Besonders ausgeprägt ist dieser Effekt bei dotierten Strahlern, bei denen sich die Dotierung dann an der unteren Elektrode ansammelt.

### Fünf gute Gründe um LED- mit Robotertechnik zu kombinieren

Die Firma LAT stellt Kunststoffschalter und -taster mit dreidimensionalen Konturen für den Automobilinnenraum her. Benutzt man bei der UV-Härtung zur Bewegung des LED-Strahlers einen Roboter, eröffnet dies die Möglichkeit die Konturen komplizierter 3D-Geometrien mit einem kurzen LED-Modul abzuscannen und einen darauf applizierten LED-Lack optimal aus allen Richtungen bei konstantem Abstand und konstanter Belichtungszeit auszuhärten.

Aus der kurzen Strahlerlänge moderner LED-Lampen im Vergleich zu konventionellen UV-Lampen ergibt sich darüber hinaus ein sehr geringes

Gewicht der UV-LED-Härtungseinheit, welches den Verschleiß von bewegten Teilen vermindert. Dabei sind bei einer Robotapplikation schnelle Richtungswechsel möglich ohne dabei die Gelenke des Roboters übermäßig zu belasten.

#### 1. Hundertprozentige Ausleuchtung

Fest installierte Strahler sind nicht geeignet, ein dreidimensionales Bauteil gleichmäßig zu belichten, egal wie viele UV-Lampen installiert werden. Sind mehrere UV-Lampen nötig, steigen die Energie-, Wartungs- und Investitionskosten für die UV-Härtungsanlage. Robotergeführte Strahler hingegen können selbst schwierige Geometrien zuverlässig von allen Seiten ausleuchten.

Der Lampenabstand kann genau positioniert und die Strahler können mit konstanter Geschwindigkeit über eine Bauteiloberfläche geführt werden. Durch die schnelle Ansprechzeit von nur 100 Millisekunden beim Regeln der LEDs kann die Leistung an schwer zugänglichen Stellen erhöht werden, um die Homogenität der Belichtung zusätzlich zu steigern.

Wie eigene Labormessungen zeigen, nimmt die Strahlungsdosis (Strahlungsintensität x Bestrahlungsdauer) pro Fläche mit zunehmender Transportbandgeschwindigkeit und mit zunehmendem Abstand der LED-Lam-

pe vom Objekt ab. Mit der Kombination aus Roboter- und LED-Technik kann für jede Anwendung der richtige Abstand und die richtige Vorschubgeschwindigkeit für den UV-LED-Strahler gefunden werden. Dies gewährleistet, dass die mindestempfohlene Dosis zur Härtung des LED-Lacks auf allen Flächen des beschichteten Objekts zur Verfügung steht. In diesem Fall sind das 100 bis 200 mJ/cm<sup>2</sup>.

#### 2. Flexible Programmierung

Jedes Bauteil wird mit einem vorprogrammierten bauteilspezifischen Programm belichtet. Im Gegensatz zu starren Lampensystemen, wo meist ein Kompromiss bei unterschiedlichen Bauteilhöhen gefunden werden muss, bietet eine robotergeführte LED-Lampe immer eine gleichmäßige und reproduzierbare Belichtung des UV-LED-Lackes.

#### 3. Volle Flexibilität bei wechselndem Produktmix

Unterschiedliche Lacke in unterschiedlichen Farben, Schichtdicken oder Untergründen können mit dem jeweils passenden Belichtungsprogramm gehärtet werden.

#### 4. Weniger Ausschuss und Nacharbeit

Die Roboter-LED-Einheit kann direkt in der Abdunstzone installiert werden. Die Wegzeiten bis die Lackoberfläche

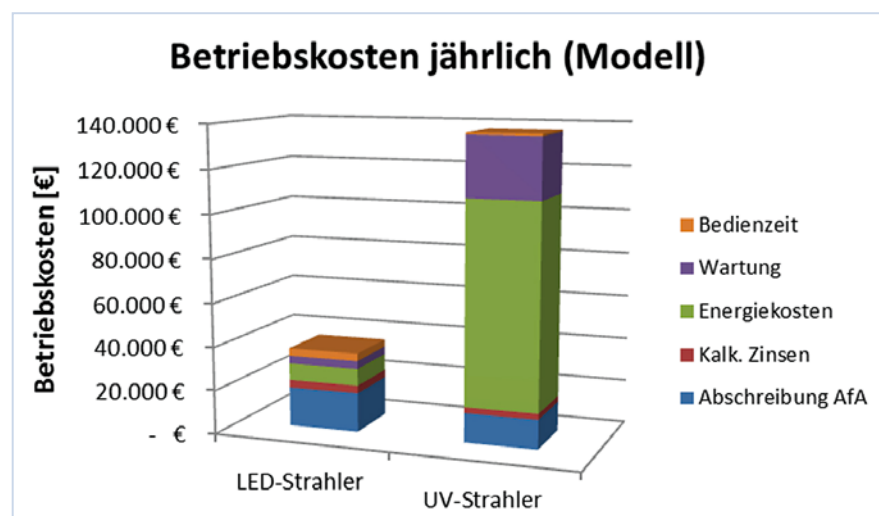


Bild 10: In einem 5-Jahresmodell wurden die jährlichen Betriebskosten zur Beschichtung von Fensterheberwippen ermittelt. Dabei wurden zum Beispiel die Investitions-, Energie- und Wartungskosten einer konventionellen UV-Strahlereinheit einer robotergeführten LED-Lampe gegenübergestellt.

## Ergebnisse auf einen Blick

- Neue UV-LED-Dual-Cure-Lacke bieten interessante Anwendungsmöglichkeiten für den Serienaufbau von Automobilinterieur.
- LED-Lacke von Diegel zeichnen sich durch eine hohe Kratz- und Abriebbeständigkeit, sowie gute Bewitterungsbeständigkeit aus.
- Durch die Applikation eines transparenten Schutzlackes kann langfristig die Ästhetik von Knöpfen, Schaltern und Blenden im Automobil erhalten werden.
- Die Strahlungshärtung erfolgt unter moderater thermischer Belastung der Bauteile, somit können Mehrkomponenten-Spritzgussteile ohne Deformation beschichtet werden.
- Weitere Anwendungen sind im Außenbereich möglich, da die Vergilbungsneigung durch schädliche UV-B- und UV-C-Strahlung durch den Einsatz von UV-Schutzmitteln drastisch vermindert werden kann.

geschlossen ist, sind sehr kurz. Ein abgestimmter Ex-Schutz ist für die LED-Strahlereinheit verfügbar.

### 5. Hohe Kosteneffizienz

Wollte man 3D-Bauteile 100%-ig mit einer konventionellen UV-Lampe ausleuchten, würde man mehrere Lampen oder zusätzliche Spiegel benötigen. Setzt man dagegen roboterbewegte LED-Strahler zur Beleuchtung ein, kann man mit einem Strahler auskommen und man spart mehrfach die Kosten für Wartung, Energie und Ersatzteile für die eingesparten Strahler ein – weniger Strahler, geringere Betriebskosten und weniger Stillstand. Für den Einsatz am Robotarm kann man deutlich kürzere Strahlermodule einsetzen, deren Anschaffungskosten geringer sind im Vergleich zu den langen Strahlern, die über dem Förderband eines Flächenspritzautomaten nötig sind.

Dies bedingt einen geringeren Energieverbrauch, der sich deutlich auf die Summe der Betriebskosten auswirkt.

### Zusammenfassung

Zum ersten Mal ist es gelungen einen UV-LED-Lack so zu optimieren, dass er alle Anforderungen einer Automobil-Norm erfüllt. Berücksichtigt wurde dabei die spektrale Lage der LED-Emission durch eine angepasste Photoinitiator- und Bindemittelmischung. Unter Ausnutzung der enormen Strahlungsintensität der nahezu monochromatischen Strahlung war es möglich, einen Klarlack mit hoher Kratz- und Hydrolysebeständigkeit zu entwickeln.

Die Peakintensität und emittierte Gesamtenergie im UV-A-Bereich einer UV-LED-Quelle zeigten sich dominierend in Bezug auf die Härtungsleistung im Vergleich zur Wellenlängenlage. So war es möglich, kurze Belichtungszei-

ten oder hohe Bandvorschubgeschwindigkeiten auf den Laboranlagen zu realisieren. Gerade dieser Aspekt führte zu einer effektiven Energieausnutzung und zu einem deutlich reduzierten Energieverbrauch, der sich in einem Modellprozess in reduzierten Betriebskosten auswirkt. Berücksichtigt man dabei außerdem eine getaktete Prozessführung und die kompaktere Bauweise der LEDs, die zum Beispiel den Einsatz von Roboterarmen zulässt, so fällt die Prozesskostenrechnung deutlich zu Gunsten des Einsatzes von LED-Lack und LED-Lampe aus. ■



**Dr. Maria Neumeier**  
LAT GmbH, Ingolstadt,  
m.neumeier@l-a-t.de,  
www.l-a-t.de



**Dipl.-Ing. (FH) Alfred Feilen**  
Easytec GmbH, Aachen,  
a.feilen@easytecgmbh.de,  
www.easytecgmbh.de



**Dr. Jürgen Rudolph**  
Ernst-Diegel GmbH, Alsfeld,  
juergen.rudolph@diegel.de,  
www.diegel.de

## Oberflächentechnik – Innovationen im Anlagenbau



info@rippert.de | www.rippert.de | Fon +49 (0) 52 45 | 9 01-0



Oberflächentechnik



Luftreinhaltung

Ventilatoren

**RIPPERT**  
Anlagentechnik