

## Kunststoff-Lackieren

## Hohe Qualität bereits beim Start

Immer kürzere Produktzyklen und immer höhere Anlagen-Investitionen machen einen schnelleren Produktionsstart notwendig. Bei der Einführung neuer Technologien der Kunststoff-Lackierung, wie Wasserbasislack-Applikationen ohne Primer, sind neue Konzepte hinsichtlich Qualität, Wirtschaftlichkeit und Personal notwendig.



Bild 1: Smart „forfour“ mit silberner Tridion-Sicherheitszelle aus Metall und schwarzen Kunststoff-Bodypanels (Quelle: Smart)

Der Einsatz von veredelten Kunststoffen gewinnt im Automobilbereich immer mehr an Bedeutung. Die Gründe hierfür liegen nicht zuletzt in der Gewichtsersparnis, der Formgebungsvielfalt und der Korrosionsbeständigkeit dieser Materialien. Hieraus resultierte bisher ein gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis. Doch steht der einzelne Lackieranlagenbetreiber heute vor rapide steigenden Ansprüchen. Denn die Zulieferer der Automobilindustrie müssen höchste Qualitätsansprüche befriedigen. So dürfen material- und bearbeitungsspezifische optische Eigenschaften der Kunststoffoberflächen sich nicht mehr von denen der Metallkarossen unterscheiden.

Um höchstmögliche Wirtschaftlichkeit zu erreichen, erfordern immer kürzere Produktzyklen sowie Farbton- und Bauteil-Priorisierungen ein überaus flexibles Produktionssystem. Zusätzlich wird ein möglichst günstiger Unterhalt gefordert. Oftmals sind kostenbewusste Investitionen in Anlagen, die diesen Ansprüchen gerecht werden, notwendig. Roboter-Lackieranlagen können diese Anforderungen befriedigen, allerdings erst wenn der Applikationsprozess komplett beherrscht wird.

Die Peguform GmbH in Oldenburg hat sich als Zulieferer der Automobilindustrie mit innovativen Konzepten auf die aktuellen Herausforderungen des Automobilmarktes eingestellt. Seit

dem Beginn der Produktion von Kunststoffteilen und Stoßfängern im Werk Oldenburg im Jahr 1987 wurde die Produkt- und Servicepalette ständig ausgebaut. Heute bietet Peguform Oldenburg (in Zusammenarbeit mit den entsprechenden Bereichen in der Firmenzentrale in Bötzingen) Leistungen wie Forschung, Entwicklung und Design, Spritzgießen, Verkleben, Folieren, Ultraschallschweißen, Jid/Jis-Montagen, Stoffkaschieren und Lackieren an. Hierbei durchlaufen sowohl Türseitenverkleidungen, Instrumententafeln und Konsolen als auch Stoßfänger und Anbauteile wie Motorhauben, Kotflügel oder Heckklappen vielfältige Prozesse.

#### Umfangreiche Anforderungen an Kunststofflackierer

In Oldenburg wird heute die gesamte Kunststoff-Außenhaut des Smart „forfour“ gefertigt. Entsprechend der Smart-Philosophie umfasst diese nicht nur den vorderen und hinteren Stoßfänger, sondern auch die vier Türen, die Motorhaube und die vier Kotflügel. Die meisten Bauteile an der Karosserie befinden sich zudem im direkt sichtbaren Bereich. Sie prägen damit das Bild des fertig montierten Autos maßgeblich. Daher gelten die hohen Qualitätsansprüche der Automobilindustrie an eine Karosserielackierung genauso für die Kunststoffbauteile des Smart.

Die umfangreiche Formgebungsvielfalt und Ausgestaltung der Bodypanels, wie die flache Motorhaube oder die stark dreidimensionalen Kotflügel, stellen höchste Anforderungen an die Lackierung. Denn es muss nicht nur eine hohe, sondern auch eine gleichmäßige Qualität über die gesamte Fläche hinweg erreicht werden, unabhängig von der Form und Farbe jedes einzelnen Panels. Gleichzeitig muss

gewährleistet werden, dass bei der Montage Bauteile von unterschiedlichen Produktionstagen miteinander verbaut werden können, ohne dass Qualitätsunterschiede erkennbar sind.

Um aus elf verschiedenen Bauteilen eine komplette Karosserie zu erhalten, muss entweder eine hohe Skidbestückung gefahren werden oder ein hoher Durchsatz an Skids erfolgen. Aufgrund der erwähnten Formgebungsvielfalt und Größe ist die Skidbestückung fest vorgegeben. Daher ist ein hoher Teiledurchsatz unumgänglich, um termingerecht und wirtschaftlich zu produzieren.

Zusammengefasst ergeben sich hieraus nicht nur umfangreiche und anspruchsvolle Programmieraufgaben bei der Inbetriebnahme einer Lackierung, sondern auch hohe Programmpflege- und Überwachungsaufgaben für das Betriebspersonal. Diese Anforderungen sind nur mit variantenreicher Prozessführung bei hohem Bauteildurchsatz und höchster Prozesssicherheit zu erfüllen. Aus diesem Grund hat Peguform im Werk Oldenburg im Oktober 2003 damit begonnen, nacheinander zwei hochmoderne Roboter-Lackieranlagen in Betrieb zu nehmen.

### Aufbau der neuen Roboter-Lackieranlagen

Die neuen Lackieranlagen LA4 und LA5 ermöglichen die optimale Anpassung des Prozesses an die individuellen Produkteigenschaften. Bei ihrer Auslegung kommt Peguform ohne eine Beflamm- und Primerstation aus. Die aufgegebenen Bauteile durchlaufen eine Power-Wash- und Abblaszone, bevor sie nach der Trocknung von fünf Robotern mit Wasserbasislack beschichtet werden. Nach der anschließenden Abdunst- und Trocknerzone werden die Bodypanels von vier Robotern mit einer 2-K-Klarlack Lackierung veredelt. Beendet wird der Lackierprozess in der folgenden Abdunst- und Trocknerzone.

Mit vier bis sechs Panels pro Skid ist eine Anpassung der Warenträger auf die Besonderheiten der jeweiligen Bau-

teile und den geplanten Prozessablauf erforderlich. Beispielsweise sind die unteren Positionen der vorderen Kotflügel weiter ausgestellt als die oberen, um die Lackierbarkeit bei konstantem Lackierabstand zu gewährleisten.

Nach der Bauteilabnahme erfolgt die visuelle Endkontrolle und eine Qualitätserfassung mittels BDE-Systemen für Lackierfehler, zur schnellen Reaktion auf eventuelle Qualitätsschwankungen. Zur detaillierten Produktkontrolle und Qualitätssicherung sind speziell ausgeleuchtete Beurteilungsräume geschaffen worden. Nacharbeitsplätze sind aus der direkten Prozesskette entfernt worden, um einen kontinuierlichen Ablauf zu ermöglichen. Lackierpläne bündeln nicht nur – wie üblich – Farben, sondern auch die Teile-Abfolge im Batch-Betrieb.

Aufgrund der von den Stahl/Alu-Karosserien abweichenden Benetzungs- und Haftungseigenschaften von Kunststoffoberflächen werden spezielle Wasserbasislacksysteme eingesetzt. Neben einer besonderen Applikationsprogrammierung erfordern diese zum Beispiel auch eine optimierte Rührwerkgeometrie und -rotation in den Lackvorratsbehältern. Mehrere Ringleitungen und zusätzliche Sonderfarbversorgungen ermöglichen die Lackierung mit zahlreichen Farben. Die systematische Strukturierung des Prozesses nach modernsten Erkenntnissen garantiert ein Just-in-time-Management und einen hohen Bauteildurchsatz.

### Spezielle Anforderungen und Probleme

Kostenintensive Investitionen wie moderne Roboter-Lackieranlagen verlangen extrem kurze Inbetriebnahme-

und Anlaufphasen, um den Produktionsbetrieb schnellstmöglich aufzunehmen. Daher fordern die Betreiber immer stärker Konzepte zur Verkürzung dieser Zeiten. Längerfristig soll die Anlagenverfügbarkeit maximiert sowie die Betriebskosten durch Instandhaltung und Lackverbrauch minimiert werden. Hier handelt es sich um eine einerseits typische, andererseits jedoch sehr anspruchsvolle Aufgabe.

Für die extrem kurze Inbetriebnahme-



Bild 2: Roboter-Lackierkabine zur Wasserbasislack-Applikation ohne Primer

me- und Anlaufphase der zweiten Anlage hat Peguform auf ein Konzept der Syspilot Industrie Consulting GmbH gesetzt. Dieses ganzheitliche Konzept /1/ beinhaltet eine spezielle Art und Weise der Verzahnung von Offline-Programmierung mit Prozessparametern. Es ermöglicht eine schnelle, qualitativ hochwertige und vor allem nachhaltige Optimierung des Lackierprozesses.

Die Nachhaltigkeit ist dabei ein wesentlicher Aspekt der langfristigen Wirtschaftlichkeit. Praktisch erreichbar ist dieses Ziel durch ein möglichst großes Prozessfenster bei optimiertem Auftragswirkungsgrad. Lackmaterialien müssen hierzu gezielt mit möglichst geringen Verlusten aufgetragen werden.

Overspray-Anteile erzeugen durch Materialverlust für die Lackierung nicht nur direkte Kosten, sondern auch indirekte. Diese fallen besonders beim Entsorgen der Schlämme der Auswa-

schung oder der regelmäßigen Reinigung von Kabine, Roboter, Warenträger oder Skids an. Eine optimale Reinigungsfrequenz ist zudem mitverantwortlich für hohe First-Run-i.O.-Raten. Nur so können Einschlüsse im Lack durch abgeplatzte Lackbestandteile von Robotern oder Warenträgern, die zu n.i.O.-Oberflächen führen, die auch durch Nacharbeit nicht zu retten sind, vermieden werden. Daher beeinflusst der Auftragswirkungsgrad die Qualität, die Wirtschaftlichkeit und die Stabilität des gesamten Lackierprozesses.

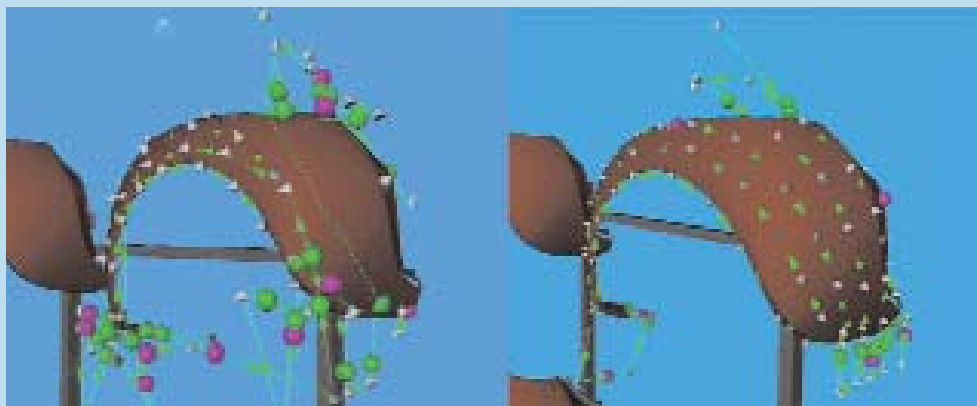
form in kurzer Zeit, das Betriebs-Know-how beim Bedienpersonal auf den erforderlichen Stand zu bringen.

## Neue Konzepte zur schnellen Inbetriebnahme

Syspilot deckt mit mehr als 50 Mitarbeitern ein breites Spektrum industrieller Anforderungen ab. Die Leistungsbereiche des Unternehmens als ein etabliertes technisches Beratungsunternehmen erstrecken sich dabei

in Betrieb genommen werden kann ist eher unüblich. Daher werden zur erfolgreichen Umsetzung der Konzepte eine Reihe von Grundinformationen benötigt. Sollten diese nicht vorliegen, werden systematische Analysen und Plausibilitätsprüfungen nach Syspilot-Methodik durchgeführt.

Neben dem Know-how kommen hierbei auch Simulations- und Prüfprogramme sowie Tools aus eigener Entwicklung zum Einsatz. Bei Peguform konnten zu den applikationstechnischen Einflüssen auch Faktoren aus dem Gesamtsystem der Lackierlinie, die zu Fehlern führten (wie zum Beispiel die Lackversorgung und das Lackmaterial), identifiziert werden. Antrocknungsprobleme bei der Einführung neuer Lacksysteme auf Wasserbasis mit hoher Viskosität konnten dank klarer Analyse schnell erkannt und beseitigt werden. Systematische Vorgehensweisen helfen dabei, zeitaufwändige und störende Nacharbeiten an der Technik während der Produktionsphase zu vermeiden.



*Bild 3: Bei dem „geteachten“ Bahnprogramm (links) mit unübersichtlichem Bahnverlauf und unübersichtlicher Lage der Trigger-Punkte wären noch viele Optimierungszyklen bis zu einem produktionsfähigen Stand notwendig gewesen. Das offline erstellte und gut strukturierte Programm (rechts) mit gleichmäßiger Bahnführung und übersichtlicher Trigger-Lage erreichte in der Anlage hingegen sehr schnell einen produktionsfähigen Stand. Hier waren nur noch minimale Anpassungen notwendig.*

Im Zuge der zahlreichen technischen Erneuerungen und des großen Kosten- und Zeitdrucks beim Anlaufen einer Produktionsanlage werden hohe Anforderungen an das Betriebspersonal gestellt. Personal-Umstrukturierungen und intensive Schulungen sind die Folge.

Die üblichen Roboter-Schulungen außer Haus liefern zwar technische Grundkenntnisse, ersetzen aber keinesfalls das „Training on the Job“ in der Anlage. Denn erst der permanente Umgang mit dem neuen Prozess, das tägliche Analysieren und Lösen von aktuell auftretenden Problemen in bekannter Arbeitsumgebung ermöglicht einen maximalen und nachhaltigen Lern-Effekt. Durch Einbindung der Anlagenbediener in Inbetriebnahme-Tätigkeiten und in die parallelen Arbeiten von Syspilot gelang es Pegu-

von der Planung und Inbetriebnahme von Produktionsanlagen und Qualitätssystemen über die Qualitäts- und Prozess-Optimierung sowie Offline-Programmierung bis hin zu Simulationen, Schulungen und Analysen. Aufgrund ihrer erfolgreichen Konzepte und umfangreichen Erfahrungen beauftragte Peguform die Firma Syspilot mit der programmier-technische Unterstützung zur Inbetriebnahme der LA5 für die Smart-forfour-Lackierung.

Wie von Peguform gefordert, wurde die neue Anlage in extrem kurzer Zeit in Betrieb genommen und hochgefahren. Hierzu wurden einzelne, technische Phasen des Projektablaufes eingeteilt. Der organisatorische Gesamt-ablauf blieb dabei stets in der Hand des Anlagenbetreibers.

Dass eine neue Anlage direkt nach dem Aufbau beim Kunden problemlos

## Termingerechter Produktionsstart

Die schnelle Inbetriebnahme der Peguform-Lackieranlage mit der erwähnten Vielzahl unterschiedlichster Bauteile erforderte die parallele Abarbeitung einzelner Projektphasen. Daher wurden die ersten Basis-Analysen bereits während einzelner Inbetriebnahme-Tätigkeiten durchgeführt. Prüfungen ausgewählter Einflussparameter nach Syspilot-Vorschrift zur individuellen Anpassung der offline zu erstellenden Programme erfolgten bauteilweise. Die Reihenfolge, in der die Programme auf die Roboter über-

spielt werden sollten, wurde bedarfsabhängig von Peguform gelenkt. Zielsetzung war die größtmögliche Sicherheit eines termingerechten Produktionsstarts.

Allgemein kann gesagt werden: Eine spezielle Verzahnung von Programm und Prozessparametern ermöglicht eine hohe Lackierqualität schon zu Beginn der Produktion. Zuvor durchgeführte Simulationen [2] überprüfen nicht nur die Abläufe der Programme, um zeitaufwändige Basisprogramm-Tests in der Anlage einzusparen. Sie bestätigen auch die vorgelegte Qualitätsbasis und geben Parameterbereiche für möglichst große Prozessfenster zum Abfangen von Prozessschwankungen vor.

Kürzere Optimierungszeiten bis zum SOP (start of production) sind die Folge. Während der Einführung und Feinoptimierung der Programme gibt es stets eine enge Zusammenarbeit des Optimierungsteams mit den Programmierern. Nur so können die Ideen in den offline erstellten Programmen auch in der Anlage weiter verfolgt und umgesetzt werden. Allzu häufig ist es nämlich der Fall, dass Programmierer und Optimierer unterschiedliche Sichtweisen einer Programmierung haben. Dabei gehen gute Konzepte spätestens nach wenigen, so genannten Optimierungsschritten verloren oder werden von den Optimierern gar nicht erst als solch eine gute Idee verstanden

und demzufolge auch gar nicht umgesetzt. Durch den Einsatz von Projektteams mit übergreifendem Know-how werden die offline entstandenen Programme dauerhaft im Anlagenkonzept verankert.

Was dies für das Projekt bei Peguform bedeutete, zeigt ein Vergleich der während der Inbetriebnahme eingespielten Teach-Programme mit den offline erstellten Bahnprogrammen. In Bild 3 sind deutliche qualitative Unterschiede der nicht optimierten ersten Stände beider Programme zu erkennen.

Die speziell auf die Bauteile des Smart „forfour“ ausgerichteten Konturbahnen mit jeweils berechneten Überlappungen waren die Basis für eine effiziente Parametrierung. Abhängig von der Konturführung wurde ganz individuell mit der Parametrierung auf die verschiedenen Bereiche, wie zum Beispiel den Randbereich oder den Flächenbereich einer Tür, eingegangen. Hierdurch konnte eine bauteilübergreifende, gleichbleibende Qualität erreicht werden.

Für das Syspilot-Konzept gilt: Konsequenter wird eine Offline-Programmierung mit Blick auf langfristige Stabilität und Wirtschaftlichkeit erstellt. Unter Berücksichtigung der komplexen Zusammenhänge verschiedener, individuell ausgeprägter Einflussfaktoren auf das Applikationsergebnis, wie beispielsweise Bauteilgeometrie, Teil-

chen-Impuls bei der Applikation, Sprühstrahlformung, Materialflussraten oder Lackierabstand, lässt sich der Auftragswirkungsgrad optimieren.

Das Ergebnis eines optimierten Overspray-Anteils kann man bei der Lackierung der vorderen Tür des Smart deutlich erkennen (siehe Bild 4). Nur ein minimaler Overspray-Anteil war in der Anlage noch zu sehen. Parameter-Vergleiche ergaben zudem geringere Ausflussraten bei gleicher Schichtdicke. Ein deutliches Zeichen für eine wirtschaftliche Applikation.

Die klare und übersichtliche Strukturierung der eingebrachten Uni-Farbtöne-Programme ermöglichte Peguform eine unkomplizierte Umsetzung der Basisprogrammierung auf neue Farben, wie zum Beispiel beim Anlauf einer Metallic-Farbe. Durch die Einbindung der Anlagenbediener in die Analyse- und Optimierungsarbeiten konnten Vorgehensweisen veranschaulicht und Optimierungswege an praktischen Beispielen vermittelt werden. Wie bei jeder neuen Anlage während der Hochlaufphase traten generelle Stabilitätsprobleme auf. Hierbei konnte dem später verantwortlichen Personal Prozess-Sicherungs-Know-how problemorientiert vermittelt werden.

Peguform besitzt nun eine Spitzenlackierung mit hoher Flexibilität, Qualität und Stabilität sowie ausgebildetes



Bild 4: Bereits anhand des Sprühstrahls erkennt man wesentliche Unterschiede im Overspray-Anteil zwischen beiden Programmen. Bei dem „geteachten“ Programm (links) wären noch einige Optimierungszyklen bis zu einer hochwertigen Lackierung notwendig gewesen. Bei der ersten Lackierung mit offline erstellten Programmen (rechts) waren nur noch schnell durchführbare, punktuelle Optimierungen notwendig.

Anlagenpersonal, um alle Anforderungen in der Zukunft sicher bewältigen zu können.

### Zusammenfassung

Roboter-Lackieranlagen sind ein überaus flexibles Produktionssystem für Premium-Qualität bei höchster Wirtschaftlichkeit, wenn der Applikationsprozess beherrscht wird.

Für die extrem kurze Inbetriebnahme- und Anlaufphase der neuen Anlage bei Peguform in Oldenburg zur Lackierung der kompletten Außenhaut des Smart „forfour“ wurde auf ein Konzept der Syspilot Industrie Consulting GmbH gesetzt. Dieses neuartige ganzheitliche Konzept beinhaltet eine spezielle Art und Weise der Verzahnung von Offline-Bahnprogrammierung und Prozessparametrierung. Es ermöglicht eine schnelle, qualitativ hochwertige und vor allem nachhaltige Optimierung des Lackierprozesses. Der Erfolg dieses Weges zur schnellen Inbetriebnahme steht beispielhaft für zukunftsweisende Konzepte im Lackiersektor. ■

### Literatur

[1] *Leisin; Gut – besser – optimal, JOT Journal für Oberflächentechnik, 42 (9/2002); S. 46-53*

[2] *Tiedje, Behr; Eine Rechnung, die aufgeht, in Metalloberfläche, 57 (11/2003); S. 56-59*

---

Die Autoren: Olaf Meik, Peguform GmbH, Oldenburg, und Dr. Thomas Wimmer, Syspilot Industrie Consulting GmbH, Böblingen,  
Tel. 01 72/6 25 10 41,  
[thomas.wimmer@syspilot-c.de](mailto:thomas.wimmer@syspilot-c.de),  
[www.syspilot-c.de](http://www.syspilot-c.de), [www.peguform.de](http://www.peguform.de)