

Umweltfreundliche Beschichtung durch Transferlacktechnologie

Überlackierfähige Transferlackfolie zur Herstellung von material- und energieeffizienten Mehrfarblackierungen in der Automobilindustrie

Abschlussbericht über ein Entwicklungsprojekt,
gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt
AZ 30190

Helge Warta
Leiter Lackfolientechnologie
Karl Wörwag Lack- und Farbenfabrik GmbH & Co. KG
Strohgäustraße 28, 70435 Stuttgart
www.woerwag.de

13.11.2014

Projektkennblatt
der
Deutschen Bundesstiftung Umwelt



Az	30190	Referat	21/2	Fördersumme 121.145,50 €
Antragstitel	Umweltfreundliche Beschichtung durch die Transferlacktechnologie: Überlackierfähige Transferlackfolie zur Herstellung von material- und energie-effizienten Mehrfarblackierungen in der Automobilindustrie			
Stichworte				
Laufzeit	Projektbeginn		Projektende	
2 Jahre	10.05.2012		09.05.2014	
Zwischenberichte				
Bewilligungsempfänger	Karl Wörwag Lack- und Farbenfabrik GmbH & Co. KG			
	Dr. Achim Gast			
	Strohgäustraße 28			
	70435 Stuttgart			
Kooperationspartner	-			

Zielsetzung und Anlass des Vorhabens

Mit dem Projekt „überlackierfähige Transferlackfolie“ möchte Wörwag eine neuartige Beschichtungstechnologie, die sogenannten Transferbasislacke realisieren. Zielsetzung des Projektes war es, ein material- und energieeffizientes Verfahren zur Mehrfarblackierung von Fahrzeugen zu entwickeln. Teilziel des Projektes war es, Partner in dieses Projekt einzubinden, die diese neue Methode der Mehrfarblackierung in die Serienproduktion von Fahrzeugen übernehmen.

Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Das Projekt gliedert sich in drei Teilprojekte: die Produktentwicklung, die Prozessentwicklung und die Produktionsauslegung.

1. Produktentwicklung eines Transferbasislacks: Zunächst stand die Entwicklung eines Mehrschichtaufbaus für den Transferbasislack im Fokus, der in unterschiedlichen Farbtönen angewendet werden kann und so gut haftet, dass er gewickelt werden kann und einer mechanischen Bearbeitung stand hält.
2. Prozessentwicklung für den Übertragungsprozess im Labormaßstab: Aufbauend auf der Funktionsweise bekannter Übertragungs-Techniken wurde unter Laborbedingungen ein Übertragungsprozess entwickelt.
3. Produktionsauslegung – ein Übertragungsprozess in die Lackierlinie: Basierend auf den Erkenntnissen des Labor-Applikators wurde zusammen mit einer Maschinenbaufirma ein Vorserien-Applikator gebaut und in einer OEM-Lackierlinie getestet.

Öffentlichkeitsarbeit

Die Entwicklung des überlackierfähigen Basislackes wurde der Fachwelt auf Messen und Tagungen sowie auf Print- und Onlinemedien vorgestellt.

Messen / Tagungen	Car Body Painting 2013, Vorstellung des Basislacks im Rahmen des Workshops des 1st German Automotive Circle in Bad Nauheim (4.-5.11.2013) PaintExpo 2014, Vorstellung des überlackierfähigen Basislacks auf der Leitmesse für industrielle Lackiertechnik in Karlsruhe (8.-11.4.2014) Hannover Messe 2014, Vorstellung des Projektes überlackierfähiger Basislack auf einer der wichtigsten Industriemessen der Welt in Hannover (7.-11.04.2014)
-------------------	--

Printmedien	JOT, Journal für Oberflächentechnik, Ausgabe Dezember 2012 AKTIV Wirtschaftszeitung, Februar 2013 Agenda Farbe 2014, Das Magazin der deutschen Lack- und Druckfarbenindustrie, Hrsg. Deutsches Lackinstitut, Heft 7, 2014 (Jahresmagazin) FARBE UND LACK, Ausgabe Mai 2014
Auszeichnungen	SPE Innovation Awards 2014. Society of Plastics Engineers

Ergebnisse und Diskussion

Bei dem Projekt wurden vier technische Teilergebnisse erfolgreich realisiert. Erstens: Die Serienreife des Transferbasislackes und seine Herstellbarkeit konnten über mehrere Stufen nachgewiesen werden. Zweitens: Ein Laborprozess zur Applikation des Transferbasislackes wurde entwickelt und bereitgestellt. Drittens: Die Spezifikationstauglichkeit des Gesamtaufbaus wurde an einem Karosserieteil nachgewiesen. Viertens: Der Pilotserien-Applikator wurde in einer Automobillinie provisorisch integriert, dabei wurde der Transferbasislack maschinell mit Hilfe des Applikators auf eine vorlackierte Motorhaube übertragen. Die eingesetzte Technik wurde von Audi als „prinzipielltauglich“ eingestuft. Durch den Einsatz des Transferbasislackes bei der Mehrfarblackierung von Fahrzeugen entfällt ein kompletter Prozessschritt, dadurch wird der Ressourcen- und der Energieaufwands bei Mehrfarblackierungen deutlich reduziert. Diese Einspareffekte tragen zur nachhaltigen Schonung der Umwelt bei.

Fazit

Mit dem von der DBU geförderten Projekt „Überlackierfähige Transferlackfolie“ versuchte Wörwag eine neuartige Beschichtungstechnik, die sogenannten Transferbasislacke, zu realisieren. Zielsetzung des Projektes war, ein material- und energieeffizientes Verfahren zur Mehrfarblackierung von Fahrzeugen zu entwickeln. Außerdem sollten Partner in dieses Projekt eingebunden werden, die diese Methode der Mehrfarblackierung in die Serienproduktion von Fahrzeugen übernehmen. Diese Ziele wurden erreicht. Wörwag bewies in einer repräsentativen Lackierlinie bei Audi an Pilotbauteilen, dass die Idee überlackierfähiger Transferlackfolie zur Herstellung von material- und energieeffizienten Mehrfarblackierungen realisierbar ist. Die ökologischen Ziele des Projektes wurden im geplanten Umfang erreicht. Der Transferlack ließ sich mit einem vernachlässigbaren Energieaufwand übertragen. Aufgrund der großen Energieeffizienz und der hohen Materialausbeute trifft das Produkt Transferbasislack auf reges Interesse bei unseren Kunden und Projektpartnern.

Inhaltsverzeichnis

Projektkennblatt.....	1
Inhaltsverzeichnis.....	3
Verzeichnis von Bildern und Tabellen.....	4
Verzeichnis von Begriffen und Definitionen.....	5
Zusammenfassung	6
Einleitung.....	8
Hauptteil.....	13
1. Produktentwicklung der Transferlackfolie (Teilprojekt 1.0).....	13
1.1 Auswahl der Trägerfolie.....	13
1.2 Transferlack - Grundsatzsystem.....	15
1.3 Pigmentierung von Farbtönen zur Absicherung des Farbraumes.....	16
1.4 Herstellung von Transferlackfolie im Labor.....	16
1.5 Herstellung von Transferlackfolie in der Produktionsanlage	17
1.6 Bewertung der Lagerbarkeit und Haltbarkeit von Transferlackfolien.....	17
2. Prozessentwicklung - Übertragungsprozess im Labormaßstab (Teilprojekt 1.1).....	17
2.1 Schneiden und Freistellen.....	17
2.2 Nachstellung der Serienapplikation des Kunden bei Wörwag.....	18
2.3 Entwicklung des Aufbringprozesses	18
2.4 Integration des Aufbringprozesses	20
2.5 Ableitung der Prozessparameter.....	20
2.6 Prüfung der Musterteile	21
2.7 Beurteilung des Verfahrens.....	21
3. Produktionsauslegung - Übertragungsprozess in die Lackierlinie (Teilprojekt 1.2).....	21
3.1 Herstellung Transferlack im Produktionsmaßstab.....	21
3.2 Umsetzung Schneidkonzept.....	22
3.3 Umsetzung Technikumsprozess in die Karosserielinie.....	22
3.4 SOP-Kundenbetreuung.....	23
4. Ergebnisse und Diskussion.....	23
5. Verbreitung, Fortführung und Perspektiven.....	25
Fazit.....	26

Verzeichnis von Bildern und Tabellen

Abbildung 1: Heutiger Mehrfarblackierprozess - Prozessablauf

Abbildung 2: Herkömmlicher Mehrfarblackierprozess in einer Lackieranlage

Abbildung 3: Projektidee überlackierfähige Transferlackfolie - Prozessablauf

Abbildung 4: Vergleich der Prozessabläufe - Herkömmliche Mehrfarblackierung und Mehrfarblackierung mit überlackierfähigem Transferbasislack

Abbildung 5: Farbschichtauftrag bei der Lackfolientechnik

Abbildung 6: Plotten und Freistellen von Flächen mit Transferbasislack

Abbildung 7: Laborapplikator

Abbildung 8: Pilotserienapplikator - Anpressen auf vorlackiertem Basislack

Abbildung 9: Nach der Beschichtung - fertig zur Überlackierung mit Klarlack

Abbildung 10: Transferbasislack

Tabelle 1: Vergleich der Energiebilanzen bei Zweifarblackierungen. Konventioneller Prozess versus Transferlackfolie, Beschichtungsfläche von 1,5 m² pro Karosserie.

Verzeichnis von Begriffen und Definitionen

Applikator:	Hilfsmittel zum Aufbringen von Materialien, beispielsweise von Lacken auf ein Grundmaterial
Basislack:	farbgebende Schicht im Lackaufbau
Extrusionsrichtung:	Richtung, in der eine härtbare Masse aus einer formgebenden Öffnung herausgepresst wird
Kaschieren:	Verbinden mehrerer Lagen von Materialien mit Hilfe eines Kaschiermittels. Lacke werden beispielsweise kaschiert, um sie zu schützen
Gradienten-Ofen:	Spezialofen, um das Einbrenn- und Trocknungsverhalten von Lackbeschichtungen zu beurteilen
Haftschicht:	farbgebende Schicht, die eine Klarlackschicht mit einem Substrat verbindet
Klarlack:	Schutzschicht über der farbgebenden Schicht
Kondenswasser-Klimaprüfung:	spezielle Prüfung, bei der die Einwirkung von kondensiertem Wasserdampf auf den Lack überprüft wird
Nasslack:	Sammelbegriff für flüssige Lacke
Rakel:	Stahlplatte mit messerartiger Kante, um Farbe auf einen Druckstock aufzutragen
Schichtdickentoleranz:	zulässige Abweichungen der Schichtdicken
Spanbildung:	Verunreinigung durch mechanische Bearbeitung, etwa beim Schneiden
SOP-Kundenbetreuung:	Betreuung eines Kunden beim Produktionsstart (SOP = Start of Production)
SPE:	Society of Plastics Engineers
Tampondruck:	Druckverfahren, bei dem die Druckfarbe durch ein elastisches Silikon-Tampon auf einen Gegenstand übertragen wird
Technikum:	Einrichtung für die Forschung und die Vorproduktion
Trockenlackfilm:	getrocknete Schicht aus Lack
Universal-Applikator:	für alle Anwendungen einsetzbares Hilfsmittel zum Aufbringen von Materialien auf ein Grundmaterial
Volumenfestkörper:	Bezeichnung für das Innere eines Festkörpers, der nicht durch dessen Oberfläche gestört wird

Zusammenfassung

Das mehrfarbige Lackieren von Fahrzeugen ist nach herkömmlichen Methoden nur mit einem hohen Prozessaufwand realisierbar. Im Projekt „überlackierfähige Transferlackfolie“ entwickelte Wörwag eine neue Beschichtungsmethode zur Serienreife, die sogenannten Transferbasislacke, die diesen Aufwand deutlich reduziert. Die innovative Lösung setzt bei einem Prozessproblem im Lackiervorgang an und nutzt eine Basisentwicklung der Firma Wörwag, die sich seit vielen Jahren mit dem Thema Lackfolien beschäftigt. Die Grundidee beim Produkt „überlackierfähige Transferlackfolie“ besteht darin, dass während des Trocknungsprozesses des Basislacks ein Lackfilm als Folie im gewünschten Kontrastfarbton aufgebracht wird. Der neue Prozess erlaubt es, Fahrzeuge sehr flexibel ein- oder mehrfarbig zu lackieren und dabei im Vergleich zum herkömmlichen Verfahren sowohl Energie als auch Material einzusparen.

Das Projekt gliederte sich in drei Teilprojekte: die Produktentwicklung, die Prozessentwicklung und die Produktauslegung. In der ersten Phase, der Produktentwicklung, wurde ein Transferbasislack entwickelt, der in vielen Farbtönen angewendet werden kann. Der Lack sollte wickelbar und robust genug sein, um einer mechanischen Bearbeitung standzuhalten. Außerdem sollte er über gute Release-Eigenschaften verfügen, die ein unkompliziertes Übertragen auf unterschiedlichste Bauteile erlaubt.

Zudem sollte das Lacksystem den Anforderungen einer effizienten Verarbeitung erfüllen und Trocknungszeiten von weniger als eine Minute erreichen.

Die Entwicklung einer geeigneten Trägerfolie stellte eine weitere Hauptaufgabe bei der Produktentwicklung dar. Zusammen mit einem Folienhersteller wurden Folien definiert, die ein unkompliziertes Zuschneiden ermöglichten und das Auftragen des Basislacks auf dreidimensionale Fahrzeugteile gestatteten. Um die Lagerfähigkeit der Folie im gewickelten Zustand sicherzustellen, wurden zwei Schutzfolien eingesetzt.

In der zweiten Phase des Projektes, der Prozessentwicklung im Labormaßstab, wurde auf Basis des bekannten Tampon-Druckverfahrens ein Übertragungsprozess unter Laborbedingungen erarbeitet. Eine wesentliche Aufgabe war, das Wirkprinzip eines mit Luft aufgeblasenen Applikators zu erforschen und daraus Vorgaben für die Steuer- und Regeltechnik dieses Applikators abzuleiten. Darüber hinaus wurden die Grundlagen für einen vorserientauglichen Applikator erarbeitet und die entsprechenden Prozessparameter ermittelt. Wichtiger Bestandteil dieser Prozessentwicklung war die Berücksichtigung geeigneter Schneidprozesse für den Transferlack. Ziel war, ein Transferlacksystem zu entwickeln, das mit den üblichen Schneidmethoden bearbeitet werden konnte. Dieses Ziel wurde erreicht.

In der dritten Projektphase - der Produktionsauslegung - wurde aufbauend auf den Erkenntnissen des Labor-Applikators gemeinsam mit einer Maschinenbaufirma ein Vorserien-Applikator gebaut

und in einer OEM-Lackierlinie getestet. Dieser Applikator und die Übertragungsergebnisse zählen zu den wichtigsten Resultaten des Projektes. In einem seriennahen Versuch wurden Bauteile unter Einsatz des neu entwickelten Verfahrens beschichtet. Aufgrund der hohen Investitionskosten für den Bau des Serien-Applikators wurde das Projekt mit dem Beweis der Prinzipauglichkeit abgeschlossen.

In einer repräsentativen Lackierlinie eines Automobilherstellers konnte an Pilotbauteilen bewiesen werden, dass das im Förderprojekt beschriebene Konzept der überlackierfähigen Transferlackfolie zur material- und energieeffizienten Mehrfarblackierung realisierbar ist. Ein Applikator wurde entwickelt und eingesetzt, der mit Hilfe einer Kautschukblase den Transferlack auf ein Karosserieteil überträgt. Zu den weiteren Ergebnissen des Förderprojektes gehört die Formulierung eines vorserienreifen Transferlacks, der nach dem Überlackieren die Spezifikationsvorgaben der Automobilindustrie erfüllt. Die Entwicklung eines serientauglichen Herstellungsprozesses für den Transferlack war ein weiteres wichtiges Ergebnis des Entwicklungsprojektes. Zu den Erkenntnissen des Projektes gehört, dass ein Universal-Applikator bei dem neu entwickelten Verfahren nicht einsetzbar ist. Ein spezieller Applikator ist erforderlich, der exakt auf die Geometrie und die Größe der zu beschichtenden Fläche abgestimmt ist. Nachdem diese Parameter bekannt und exakt bestimmt sind, kann ein Serien-Applikator gebaut werden, um das optimale Aufbringen des Transferlacks sicherzustellen.

Einleitung

Die Designanforderungen an die Automobilhersteller wächst von Jahr zu Jahr. Der Trend geht zu einer fortschreitenden Individualisierung von Fahrzeugen. Heute bereits gibt es für jedes Fahrzeugmodell eine Flut an individuellen Varianten. Das fängt bei unterschiedlichen Karosserietypen an. Die Individualisierung wird heute vor allem durch unterschiedliche Ausstattungsmerkmale realisiert. Die Farbgebung der Karosserie ist ebenfalls Teil dieser Individualisierung.

Ein Musterbeispiel für die Individualisierung durch Farbe ist der BMW Mini. Nahezu kein Mini wird heute einfarbig ausgeliefert. Zumindest das Dach wird von den Kunden in einem Kontrastfarbton geordert. Immer mehr Volumenfahrzeuge übernehmen dieses Konzept. So bietet beispielsweise Audi für den A1 ebenfalls entsprechende Farbkombinations-Möglichkeiten an, ebenso Opel mit dem Modell Adam. Angesichts dieses Trends ist davon auszugehen, dass sich die Mehrfarbigkeit von Autokarosserien als weitere Evolutionsstufe in dem Designbild moderner Fahrzeuge etablieren wird.

Was sind die Folgen? Um ein Fahrzeug mehrfarbig zu lackieren, bedarf es Lackierkonzepte, die heute mit einem hohen Prozentsatz betrieben werden. In der Regel wird die Karosserie zuerst komplett einfarbig lackiert. Danach werden die Flächen, die in einer anderen Farbe lackiert werden sollen, abgeklebt, angeschliffen und nochmals dem kompletten Lackierprozess (mit Ausnahme des Korrosionsschutzes) zugeführt.

Die Prozess-Doppelung führt zu zwei Problemen: Zum einen sinkt die Kapazität der Lackieranlage im Worst Case (alle Fahrzeuge werden kontrastlackiert) auf 50 Prozent. Zum anderen steigt der Energieaufwand für den Lackierprozess. Für die gleiche Menge an Fahrzeugen benötigt der Fahrzeughersteller bei doppelt lackierten Fahrzeugen nahezu doppelt so viel Energie (abzüglich Korrosionsschutz) wie bei Fahrzeugen mit keinen oder geringen Kontrastfarbflächen.

Abbildung 1: Heutiger Mehrfarblackierprozess – Prozessablauf



Aus heutiger Sicht gibt es keine Prozessalternative beim Lackieren, da auf einem frisch lackierten Basislack keine Maskierung von Kontrastflächen durchgeführt werden kann. Erst nachdem die Finishlackierung mit Klarlack erfolgt ist, kann auf dem Lack weitergearbeitet werden.

Abbildung 2: Herkömmlicher Mehrfarblackierprozess in einer Lackieranlage



Idee: Überlackierfähiger Transferbasislack

Die Firma Wörwag beschäftigt sich seit einigen Jahren intensiv mit dem Thema Lackfolien. Im Anschluss an ein früheres, ebenfalls von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördertes Projekt wurde ein sogenannter Transferlack eingeführt, der als Lackierersatz - quasi als Lack von der Rolle - einsetzbar ist.

Die Idee zu unserer Problemlösung baut auf den Erfahrungen aus dieser Entwicklung auf. Die Lösung setzt dort an, wo die herkömmliche Technik auf ein Prozessproblem stößt. Beim Lackieren einer Karosserie wird die Farbgebung über einen sogenannten Basislack erzeugt. Ein wesentliches Merkmal dieses Basislacks ist, dass er nach seiner Trocknung weich und klebrig bleibt, bis er mit Klarlack überlackiert wird.

Die neue Prozessidee besteht darin, einen Lackfilm als Folie auf diese Schicht im gewünschten Kontrastfarbton aufzubringen, sobald der Basislack nach seiner Applikation und Trocknung im klebrigen Zustand vorliegt. Diese Aufbringung benötigt kaum zusätzliche Energie und ist in einem Anlagentakt realisierbar. Anschließend kann die Karosserie direkt mit Klarlack beschichtet werden.

Abbildung 3: Projektidee überlackierfähige Transferlackfolie - Prozessablauf



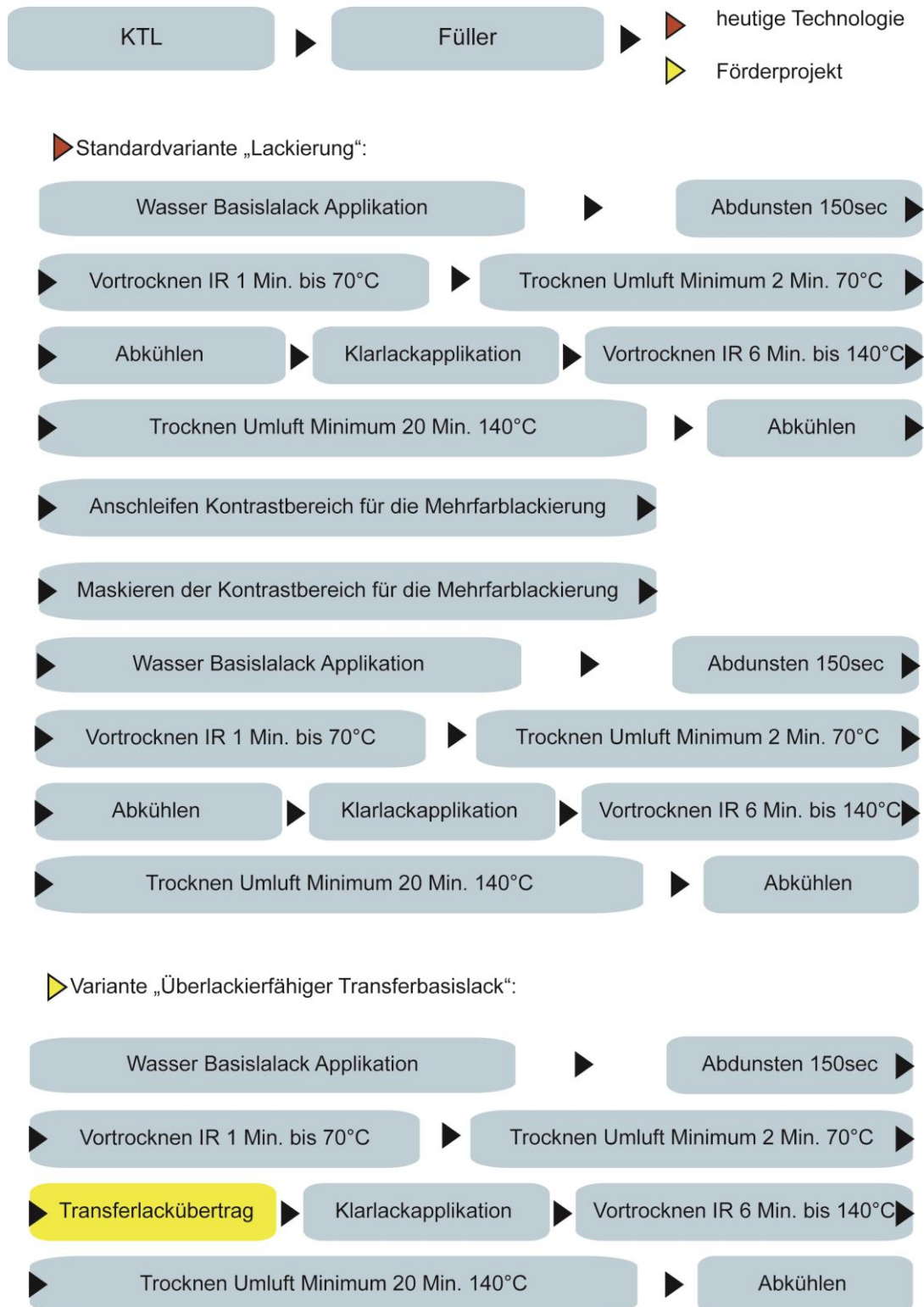
Der neue Prozess soll ermöglichen, Fahrzeuge mit einem sehr hohen Freiheitsgrad einfarbig und auch mehrfarbig zu lackieren - unter Einhaltung höchster ökologischer Anforderungen an die Energie- und Materialeffizienz.

Um die Energieeffizienz des neu entwickelten Transferlacks zu ermitteln, ziehen wir einen Prozessvergleich heran, der aus einer uns bekannten Prozessvorschrift eines Kunden und unserem Entwicklungsprozess abgeleitet ist. Da bei dem Prozess „überlackierfähige Transferlackfolie“ ein wesentlicher Teil eines Prozessschrittes komplett entfällt, ist eine Vergleichsrechnung in allen Detailprozessen nicht unbedingt erforderlich. Der Prozessvergleich zwischen der herkömmlichen Mehrfarblackierung und derjenigen mit Hilfe des überlackierfähigen Transferbasislacks wird auf der nachfolgenden Seite dargestellt.

In diesem Anwendungsfall beträgt die Energieeinsparung in der Deckfarbenlackierung rund 50 Prozent. Über die Höhe der Energieeinsparung auf den Gesamtprozess bezogen - einschließlich Korrosionsschutz - kann nur spekuliert werden. Er liegt vermutlich bei 25 bis 30 Prozent.

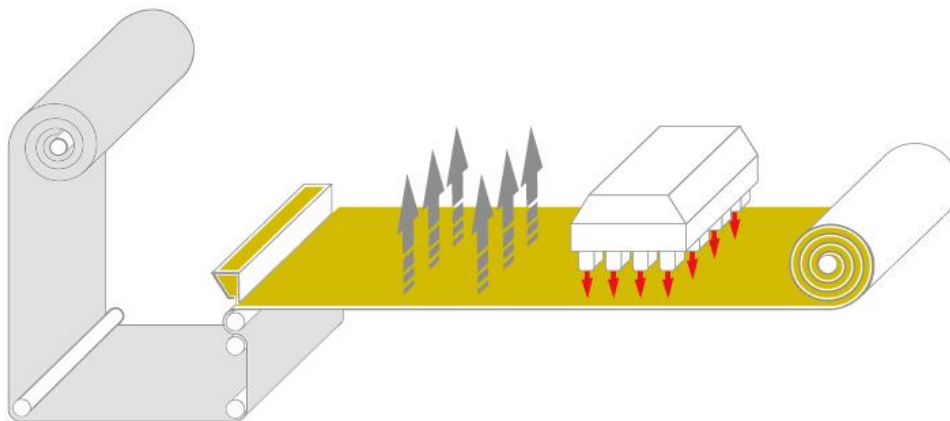
Abbildung 4: Vergleich der Prozessabläufe: Herkömmliche Mehrfarblackierung und Mehrfarblackierung mit überlackierfähigem Transferbasislack

Prozessvergleich mehrfarbige Karosserielackierung



Weitere Spareffekte erreicht die Technologie „überlackierfähige Transferlackfolie“ mit dem Einsatz der Lackfolientechnik. Zu den wesentlichen Vorteilen dieser neuen, ebenfalls durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt geförderten Folientechnik gehört ihre hohe Material- und ihre hohe Energieeffizienz. Mit Hilfe dieser Folientechnik können bei der Beschichtung von Kunststoffen Energieeinsparungen von bis zu 80 Prozent realisiert werden. Der überlackierfähige Transferbasislack wird in dieser Beschichtungstechnologie hergestellt.

Abbildung 5: Farbschichtauftrag bei der Lackfolientechnik



Farbschichtauftrag mit Ablüften, Trocknen, Aufwickeln

Im Bandbeschichtungsverfahren wird die Farbschicht aufgetragen, die nach der Trocknung den überlackierfähigen Transferbasislack darstellt. Das Auftragsverfahren wurde gewählt, um den Materialverlust durch Overspray möglichst gering zu halten. Die Materialeffizienz wird dadurch weiter verbessert.

Die Lösung sehr vieler Detailprobleme stellt sich bei diesem Förderprojekt als eine besondere Herausforderung dar. So muss eine Farbschicht entwickelt werden, die durch Aufpressen eine Haftung zu dem erwähnten Basislack herstellt. Für diese Schicht gelten besondere Anforderungen: Sie muss wickelfähig, aber auch lagerfähig sein. Zudem soll sie sehr einfach zu verarbeiten sein – etwa durch maschinelles Plotten. Hinzu kommt, dass die Übertragung der Farbschicht auf eine vorlackierte Karosserie die Entwickler vor zusätzliche Herausforderungen stellte.

Zwar existierten bereits Labormuster aus den Vorarbeiten, die durch eine Handapplikation per Walzenauftrag erzeugt wurden. Jedoch gab es für den Transferbasislack weder eine konkrete Farbausarbeitung noch eine geeignete Trägerfolie, die die erforderlichen Eigenschaften aufwies.

Aufgrund dieser Ausgangssituation gliederte sich das Projekt überlackierfähiger Transferbasislack in drei Teilprojekte:

Teilprojekt 1: Produktentwicklung der Transferlackfolie

Teilprojekt 2: Prozessentwicklung - Übertragungsprozess im Labormaßstab

Teilprojekt 3: Produktionsauslegung - Übertragungsprozess in die Lackierlinie

Im Folgenden werden die wesentlichen Entwicklungsschritte des von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Projektes dargestellt.

Hauptteil

1. Produktentwicklung der Transferlackfolie (Teilprojekt 1.0)

1.1 Auswahl der Trägerfolie

Die Aufgabe bei der Entwicklung einer überlackierfähigen Transferlackfolie bestand zunächst darin, das Anforderungsprofil der Trägerfolie für die geplante Anwendung zu definieren sowie Prüfmethoden und Messgrößen für ihre Bewertung festzulegen.

In einem weiteren Schritt sollte ermittelt werden, welchen Einfluss die Trägerfolie auf die Prozessparameter und die Produkteigenschaften ausübt. Ziel des Auswahlprozesses war, eine Trägerfolie bereitzustellen, die den zu erarbeitenden Anforderungen als Halbzeug für die Transferlackherstellung entsprach.

Anforderungen an die Trägerfolie: Die Herstellung einer Transferlackfolie beginnt mit der Beschichtung der Trägerfolie mit Haftlack. Um eine optimale Trocknungszeit zu erzielen, muss die Trägerfolie eine bestimmte thermische Stabilität beim Beschichtungsprozess besitzen. Wichtige Faktoren dabei sind: Zugfestigkeit, Dehnung und Schrumpf. Da beim Beschichtungsprozess sowohl eine erhöhte Temperatur als auch eine gewisse Zugspannung herrscht, ist die Stabilität der Folie während des Beschichtungsprozesses zu bewerten. Dazu ist der Einfluss der Beschichtungsmasse und der Prozessrahmenbedingungen zu berücksichtigen. Zu den Rahmenbedingungen gehören die Trocknungszeit und die Anlagenkonfiguration. Es gilt folgender Zusammenhang:

Je kürzer die Trocknungszeit, desto höher ist die erforderliche Trocknungstemperatur und umgekehrt.

Die Trägerfolie sollte beim Beschichtungsprozess ein möglichst großes Prozessfenster eröffnen. Frühere Erfahrungen zeigten, dass die Trägerfolie das Prozessfenster einschränkte.

Für die Auswahl der Trägerfolie ist bedeutsam, dass die Verformbarkeit der Trägerfolie in einem „gesunden Verhältnis“ zu ihrer thermischen Stabilität steht. Nur wenn dieses Verhältnis stimmt, kann der Weiterverarbeitungsprozess erfolgreich realisiert werden. Die Weiterverarbeitung erfordert nämlich eine gleichmäßige, dreidimensionale Verformbarkeit der Trägerfolie.

Ein weiterer bestimmender Faktor für die Auswahl der Trägerfolie ist die Schichtdickentoleranz der Trägerfolie. Diese ergibt sich aus der Schichtdickentoleranz der Lackschichten und deren Volumenfestkörper. Weitere wichtige Anforderungen an die Trägerfolie sind: die Ebenheit und Welligkeit der Trägerfolie quer zur ihrer Extrusionsrichtung.

Da die Trägerfolie sowohl beim Beschichtungsprozess als auch bei der Lagerung mit der Haftschiicht direkt in Berührung kommt, ist zudem sicherzustellen, dass keine Bestandteile der Trägerfolie in die Haftschiicht migrieren, da dies zu Haftungs- oder Oberflächenstörungen führen kann.

Die Trägerfolie muss überdies bei der Weiterverarbeitung leicht von der Haftschiicht entfernbar sein, ohne sie zu beschädigen. Die Trenneigenschaft ist abhängig vom gewählten Haftlacksystem. Da die Schutzfolie auch den Karosseriebasislack berührt, müssen hervorragende Release-Eigenschaften vorhanden sein.

Die Folie darf außerdem keine inhomogene Werkstoffverteilung oder Fremdeinschlüsse aufweisen, die ihr mechanisches und thermisches Verhalten negativ beeinflussen. Dies könnte bei der Weiterverarbeitung zu Fehlstellen führen.

Schließlich muss die Folie staub- und schmutzfrei sein. Es dürfen keine die Lackhaftung störenden Substanzen oder Trennmittel auf der Folienoberfläche sein.

Die Wicklung der Trägerfolie muss ebenfalls bestimmte Anforderungen erfüllen. Sie sollte homogen sein sowie keine Verbindungsstellen besitzen, die sich sonst auf den nächsten Lagen abzeichnen würden. Zudem darf an den Folienrändern keine Spanbildung entstehen, da diese zu Schmutzproblemen beim Beschichten der Trägerfolie führen könnte.

Aus dem umfangreichen Anforderungskatalog folgt, dass Standardfolien als Trägerfolien für das Projekt „überlackierfähige Transferlackfolie“ nicht verwendet werden konnten. Folglich musste ein neues Mehrschichtprodukt gemeinsam mit Folienlieferanten entwickelt werden, das sämtliche für

den Prozess benötigte Anforderungen erfüllt. Diese Aufgabe war ein zentraler Punkt in der Entwicklung.

Realisierung: Bei dem Projekt wurden zwei Schutzfolien mit unterschiedlichen Release-Eigenschaften eingesetzt. Zunächst wurde eine Schutzfolie mit Transferbasislack beschichtet. Nach der Trocknung wurde eine weitere Schutzfolie aufkaschiert. Durch den Einsatz zweier Folien konnten die Eigenschaften für die Lagerfähigkeit und die Verarbeitungsfähigkeit getrennt werden. Vor der Verarbeitung wurde die aufkaschierte Schutzfolie wieder entfernt. Durch dieses Konzept wurde die gewünschte Lagerfähigkeit der Transferlackfolie realisiert. Die Lösung erlaubt es, dass der Transferlack selbst bei einer höheren Klebrigkeit gut zu verarbeiten ist.

1.2 Transferlack - Grundsatzsystem

Die Haftschiicht ist eine funktionelle und farbgebende Schicht, die die Klarlackschicht mit dem Substrat verbindet. Außerdem soll sie sehr gut auf dem Karosseriebasislack haften.

Die erste Aufgabe in dem Projekt bestand darin, den Haftmechanismus zum Karosseriebasislack und zum Klarlack zu analysieren und zu verstehen, um ihn gezielt beeinflussen zu können. Außerdem sollten Prüfmethode n sowie Messgrößen für seine Bewertung entwickelt werden. Darüber hinaus war ein Anforderungsprofil für die Haftschiicht zu erarbeiten. Ziel war, ein Transferlacksystem zu definieren, das zwei Funktionen vereint: zum einen die Funktion einer Haftschiicht und zum anderen die Funktion einer farb- und effektgebenden Schicht.

Anforderungen und Darstellung der Ausgangssituation: Für das zu entwickelnde Lacksystem gab es ebenfalls ein sehr umfangreiches Anforderungsprofil. Es sollte in kürzester Zeit mit hoher Luftgeschwindigkeit getrocknet werden können, ohne Oberflächenfehler zu erzeugen. Dabei sollte es als Nasslack gerakelt oder elektrostatisch lackiert werden können, die Trägerfolie benetzen und als Trockenfilm wieder leicht entfernbar sein. Der Trockenlackfilm sollte außerdem gewickelt werden können und im aufgewickelten Zustand lagerfähig zu sein. Ein späteres Abwickeln sollte ohne Beschädigung der Oberfläche möglich sein.

Für den Trockenfilm galt zudem die Anforderung, dass er vom Klarlack benetzbar sein musste und eine gute Haftung zu dieser Schicht aufweisen musste. Außerdem sollte das Lacksystem pigmentierbar sein, um damit möglichst viele Farben und Effekte realisieren zu können. Als Nasslack musste er auch eine gewisse Lagerfähigkeit besitzen. Darüber hinaus sollte die Haftschiicht in ihrem Gesamtaufbau flexibel genug sein, um den Applikationsprozess zu überstehen.

Um die Spezifikationsprüfungen zu bestehen, waren sehr gute Haftungseigenschaften notwendig. Bereits zu Beginn der Entwicklung war abzusehen, dass die Prüfungen, die auch Tests der

Feuchtigkeitslagerung enthalten, sehr große Herausforderungen an die Haftungseigenschaften des Lacksystems stellen würde. Vor allem die Kondenswasser-Klimaprüfung über eine Dauer von 740 Stunden ist in diesem Zusammenhang zu nennen. Das Lacksystem basiert auf einer Dispersion, die die Feuchtigkeit in der Umgebung binden kann. Um die Prüfungsanforderungen einzuhalten, musste dieser Hygroskopie-Effekt reduziert werden. Dazu wurden zunächst die Einflussgrößen auf die Haftfestigkeit erarbeitet, um diese anschließend zu optimieren.

Voraussetzung für die Entwicklung des Transferlackes war es also, sowohl die Herstellungsprozesse des Lackes und der Lackfolie als auch den Lackierprozess beim Kunden im Labormaßstab nachzustellen.

Realisierung: Das Lacksystem wurde definiert. Auf Basis einer universell pigmentierbaren PU-Dispersion wurde eine Rezeptur aufgesetzt, die über besondere Additive die gewünschten Eigenschaften boten. Sie sollten einerseits eine gute Haftung auf dem vorlackierten Basislack besitzen und andererseits gute Release-Eigenschaften von der Transferfolie haben. Die gewünschten Haftungseigenschaften wurden durch Wärme erzeugt, die guten Release-Eigenschaften durch Kühlung sichergestellt. Durch den Einsatz von zwei Schutzfolien wurde die gewünschte freie Rezepturauslegung erreicht. Nach Versuchen an der Automobillinie wird darüber nachgedacht, das System über einen geeigneten Zusatz noch klebriger zu gestalten, um den Übertragungsprozess robuster zu machen.

Das in den Vorversuchen erarbeitete Prozessfenster spiegelte jedoch die realen Bedingungen nur eingeschränkt wieder. Unter realen Bedingungen war der aufgetragene Basislack in allen Versuchen deutlich weniger klebrig als in den Laborversuchen. Die Trocknungsvorgaben aus den Prozessvorschriften von Audi mussten daraufhin hinterfragt werden.

1.3 Pigmentierung von Farbtönen zur Absicherung des Farbraumes

Anhand verschiedener Farbtöne wurde ein Farbraum definiert. Fünf Farben aus einem bestehenden Farbfächer wurden ausgewählt. Die Farbtöne wurden ausgearbeitet, Musterteile in den fünf Farben im Labor hergestellt und überprüft. Die ausgearbeiteten Farbkombinationen wurden bis zum Ende des Projektes beibehalten. Die Ausarbeitung erlaubte den Nachweis der universellen Pigmentierbarkeit. Zwischen den Transferbasiscoats in den verschiedenen Farben konnte das gleiche Prozessfenster nachweislich erzeugt werden.

1.4 Herstellung von Transferlackfolie im Labor

Auf einem Laborrakeltisch wurden erste Transferlackfolienmuster hergestellt. Bei der Herstellung ermittelten wir erste Anlagenparameter für die spätere Produktion. Diese Aufgabe sollte in Zukunft weiterverfolgt werden, um einen Zusatz für eine Klebrigkeit bei 60°C in die Rezeptur aufzunehmen. Über Heizreihen mit dem Gradienten-Ofen wurden gezielt Zusätze ausgewählt. Entwicklungsziel: Die Klebrigkeit des Untergrundes sollte zukünftig keinen Einfluss auf die Übertragung des Transferlackes haben. Im Fokus der Entwicklung stand vor allem die energieeffiziente Trocknung des Transferlacks. Alle Bindemittelvarianten wurden darauf überprüft, ob sie innerhalb einer Minute mit den von uns als ideal eingestuften Trocknungsparameter verfügbar waren. Gesucht war ein Bindemittel, dass ohne Kocherbildung die Trocknung überstand. Von zwölf entwickelten Rezeptvarianten bestand nur eines diese Anforderungen.

1.5 Herstellung von Transferlackfolie in der Produktionsanlage

Die gewonnenen Daten aus dem Labor wurden auf die Produktion übertragen. Erste Muster wurden auf der Produktionsanlage hergestellt, um sie anschließend zu verarbeiten. Insgesamt vier Farbtöne für den Transferbasislack wurden ausgearbeitet und auf ihre Beschichtbarkeit im Serienprozess überprüft. Vor allem das Thema Stabilität der Rezeptur stand im Fokus. Kritisch war die Entmischung bei langsamer Scherung. Beim Entmischen der Rezeptur entstanden Farbstreifen in der Beschichtung, die zu einem nicht akzeptablen Ergebnis führten. Erkenntnis: Neben der Rezeptur haben auch die Anlagenparameter und die konkrete Ausführung beim Auftragen des Transferbasislacks Einfluss auf das Ergebnis. Der Stand der Herstellvorschriften wurde eingefroren.

1.6 Bewertung der Lagerbarkeit und Haltbarkeit von Transferlackfolien

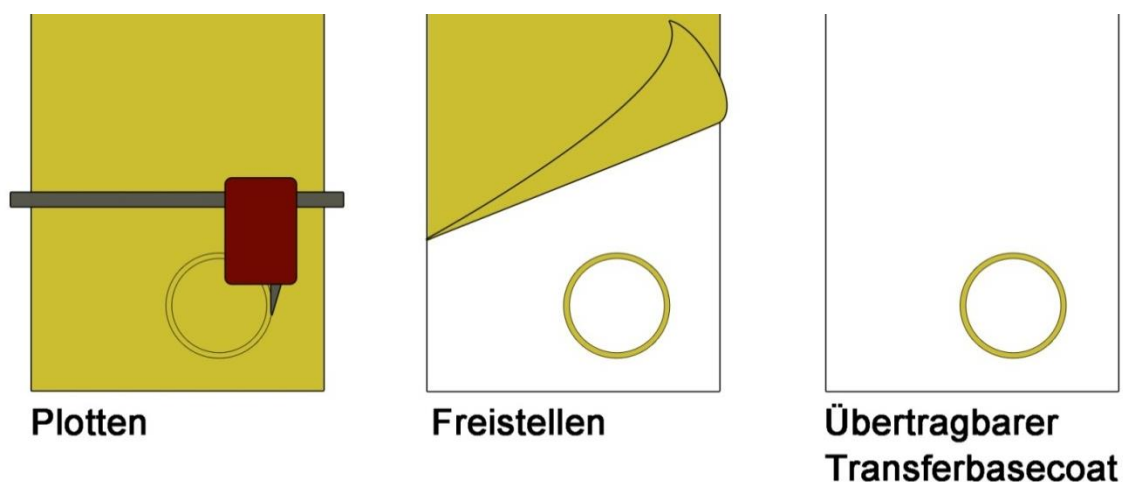
Die Haltbarkeit und Lagerfähigkeit der hergestellten Transferlackfolien wurde bewertet. Zur Absicherung wurden regelmäßig Schneidversuche durchgeführt. Durch den Einsatz einer zweiten Schutzfolie wurde die Haltbarkeit und Lagerbarkeit der Transferlackfolien sichergestellt. Wichtig für die Lagerfähigkeit war, dass der Transferbasislack auf der Schutzfolie haftet und nicht durch die zweite Schutzfolie abgehoben wird. Zudem durfte die Haftung zum Transferfilm nicht zu stark sein, um einen Übertrag weiterhin sicherstellen zu können. Diese Eigenschaften wurden durch Übertragungsversuche geprüft.

2. Prozessentwicklung - Übertragungsprozess im Labormaßstab (Teilprojekt 1.1)

2.1 Schneiden und Freistellen

Der trockene Lackfilm wurde mit einer Dicke von ca. 10-25 µm maschinell geschnitten. Anschließend wurde der zu übertragende Lackfilm auf der Trägerfolie freigestellt. Erkenntnis: Das Schneiden in Kleinserien ist machbar. Wir gehen davon aus, dass die erreichte Qualität beim Schneiden für dieses Projekt voll ausreicht. Das Material konnte mit einem „handelsüblichen“ Plotter geschnitten werden. Die Programmierung der Umkehrpunkte sowie die Einstellung der Eintauchtiefe des Messers stellten sich jedoch als besondere Herausforderungen dar. Um ein gutes Ergebnis zu erzielen, ist ein Messer mit einer kleinen Schneide und niedriger Verdrängung nötig. Um dies zu überprüfen, wurden verschiedene Messersätze getestet. Das Schneiden muss in einem Reinraum stattfinden, damit die Folie ohne Qualitätseinbußen übertragen werden kann. Zur Simulation der Schneidfähigkeit wurden Schriftzüge hergestellt. Dabei wiesen wir nach, dass die Schriftzüge in der gleichen Qualität wie mit einer Folie realisierbar sind.

Abbildung 6: Plotten und Freistellen von Flächen mit Transferbasislack



2.2 Nachstellung der Serienapplikation des Kunden bei Wörwag

Die Applikation der Karosseriebasislacke wurde im Lackierzentrum von Wörwag entsprechend der Prozessspezifikationen von Audi nachgestellt. So musste für jeden Farbton eine Spritzeinstellung gesucht werden, um reproduzierbar die Schickendicken und die Trocknungsparameter zu erzielen, die Audi vorgibt. Dieser Prozessschritt stellte die Basis für den Aufbringprozess des Transferbasislackes dar. Die Nachstellung der Prozessparameter musste jedoch erneut überprüft werden, da die Ergebnisse aus dem durchgeführten Versuch bei Audi deutliche Unterschiede zu

den Laborsimulationen zeigten. Folgerung: Eine Weiterentwicklung des Projektes ist sinnvoll, um unabhängiger von der Applikation der Karosseriebasislacke und deren Trocknung zu werden.

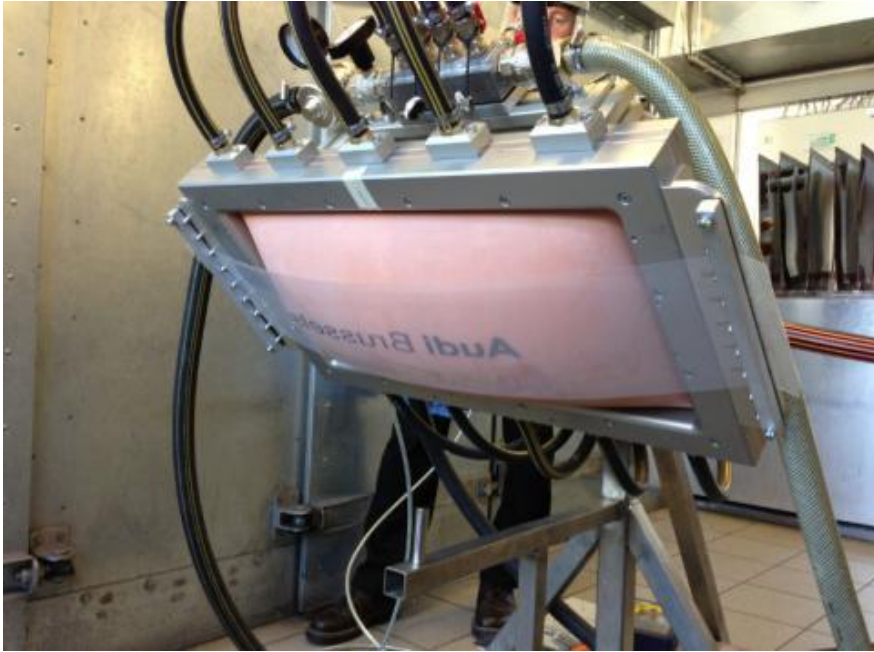
2.3 Entwicklung des Aufbringprozesses

Die Übertragung des Transferlacks auf ein Blech mit getrocknetem Basislack wurde automatisiert. Hierfür wurde eine geeignete Applikationsmaschine gebaut.

Diese Aufgabe wurde in vier Schritten bewältigt.

1. Handapplikationsversuche mit unterschiedlichsten Werkzeugen ergaben die ersten grundsätzlichen Verfahrenserkenntnisse. Das beste Ergebnis wurde mit einem Folienraket erzielt. Der Einsatz diverser Walzen mit unterschiedlicher Härte führte nicht zu dem gewünschten Ergebnis.
2. Prinzipversuche gemeinsam mit einem Maschinenhersteller von Folienverformungsanlagen brachten erste Verfahrensideen. Jedoch führten die Vorversuche zunächst zu falschen Annahmen. Maschinen die im Hochdruckbereich arbeiten, erzielten zwar in den Vorversuchen beeindruckende Ergebnisse, sie waren jedoch aufgrund des hohen Flächendrucks nicht für das Aufbringen auf Karosseriebauteile einsetzbar.
3. Bau eines Laborapplikators (siehe Abbildung 7). Der Applikator kombiniert das Tampondruckverfahren mit einem Druckverfahren bei dem Luftfolien eingesetzt werden. Durch das Aufblasen eines Kautschukwissens wurde der Transferbasislack gleichmäßig auf das Objekt übertragen. Diese Applikator löste das Problem mit dem hohen Flächendruck. Die Härte des Luftkissens wird durch den eigentlichen Anpressdruck beeinflusst. Mit dem Laborapplikator wurden Bleche in einer Kleinserie beschichtet.

Abbildung 7: Laborapplikator



4. **Aufbau eines Pilotapplikators (siehe Abbildung 8) für den Einsatz unter realen Bedingungen an einem Fertigungsband in der Automobilindustrie.**

Abbildung 8: Pilotserienapplikator - Anpressen auf vorlackiertem Basislack

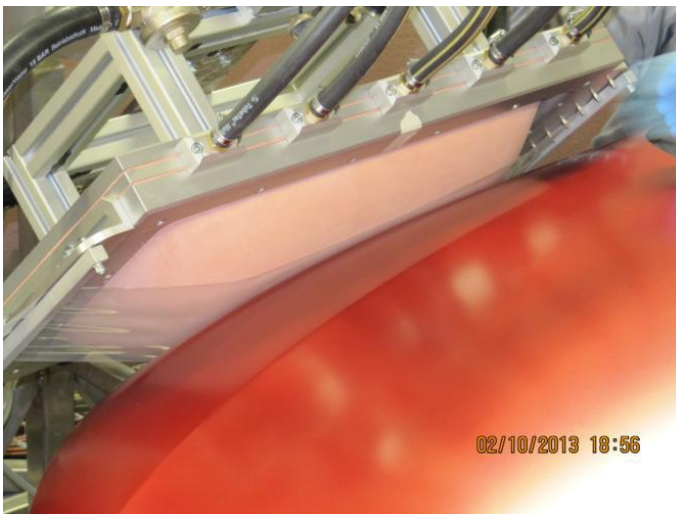


Abbildung 9: Nach der Beschichtung - fertig zum Überlackieren mit Klarlack



Dieser Pilotserien-Applikator (2. Applikator) funktionierte. Erkenntnis: Grundsätzlich ist die Applikationsidee in die Karosserielinie übertragbar. Jedoch stellt die exakte Bedienung des Applikators eine besondere Herausforderung dar. Der Applikator musste manuell positioniert werden. Trotz Positionierhilfen führte dies zu Ungenauigkeiten, die das Übertragungsergebnis entscheidend beeinflussten. Trotz dieses Mangels konnte aufgezeigt werden, dass die Idee grundsätzlich funktioniert. Diesen Applikationsprozess testeten wir mehrfach bei Audi. Eine Fotodokumentation dieser Versuche wurde von Audi nicht genehmigt. Erkenntnis: Der Applikator lässt sich mit einfachen Maßnahmen in den Lackierprozess einfügen. Mit dem bestehenden Aufbau war eine Beschichtung der Zielbauteile möglich. Mit Hilfe des Pilotserien-Applikators wurden reproduzierbare i.O.-Ergebnisse erzielt.

2.4 Integration des Aufbringprozesses

In das Technikum wurde der Übertragprozess so integriert, dass reproduzierbare Musterteile und -prüfbleche erstellt werden konnten. Allerdings muss dieses Konzept weiter verbessert werden. Heute gehen wir davon aus, dass ein Roboter den Applikator positioniert, oder ein Portal einen solchen Applikator aufnimmt, um die bei den Versuchen aufgetretenen Ungenauigkeiten bei der Positionierung zu eliminieren.

2.5 Ableitung der Prozessparameter

Aus den im Technikum ermittelten Parametern wurden die Vorgaben für den Kunden entwickelt. In umfangreichen Design of Experiments-Prozessen wurden diese Faktoren abgeleitet. Als Faktoren wurden die Trocknung des Basislackes, der Anpressdruck und die Anpress-Temperatur überprüft. Für jeden Farbton wurde ein Prozessfenster definiert, damit der Kunde anhand dieser

Parameter den Übertragungsprozess an der Beschichtungslinie planen kann. Die Prozessparameter waren beim Versuch leicht anpassbar. Diese Erkenntnis steht nun für die weitere Arbeit zur Verfügung.

2.6 Prüfung der Musterteile

Die Labormuster wurden geprüft und bewertet. Speziell wurden die Labormuster auf mechanische Anforderungen wie Steinschlag und Druckstrahl-Prüfung geprüft. Dabei zeigte sich, dass der neue Aufbau dämpfend wirkte und bessere Ergebnisse aufwies, als etwa Einfach- oder Reparatur-Aufbauten. Da es sich dabei um reine Simulationsteile handelte, lag zu dem Verfahren trotz bestandener Spezifikationsprüfung keine formale Freigabe vor. Diese Freigabe erfolgt nur bei einem konkreten Anwendungsfall.

2.7 Beurteilung des Verfahrens

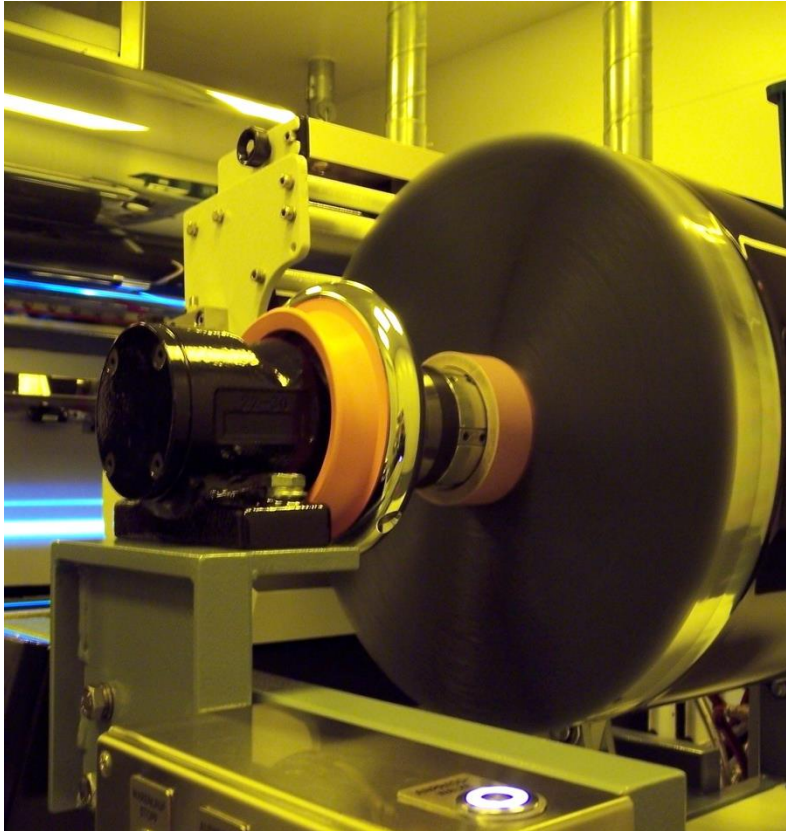
Die Vor- und Nachteile des Übertragungsverfahrens wurden technisch als auch wirtschaftlich bewertet. Dabei wurde nachgewiesen, dass die Zweifarblackierung durch einen zusätzlichen Produktionstakt ohne zusätzlichen Energieaufwand realisierbar war. Die wirtschaftliche Bewertung ergab, dass der nötige Invest für die Applikation des Transferbasislacks und die Materialkosten für den Transferbasislack in einem sehr günstigen Verhältnis zu den eingesparten Material- und Prozesskosten des bisherigen Verfahrens standen. Die Gesamt-Energiebilanz sprach ebenfalls für das neue Verfahren. Überschlagmäßig ermittelt konnte der Energieaufwand um mindestens 40 Prozent gegenüber dem herkömmlichen Prozess beim zweifarbigem Lackieren von Autokaroserien reduziert werden. Aufgrund dieser Fakten entschied der Kunde ein weiterführendes Projekt zu erarbeiten, um die neue Technik in der Serie umzusetzen.

3. Produktionsauslegung - Übertragungsprozess in die Lackierlinie (Teilprojekt 1.2)

3.1 Herstellung Transferlack im Produktionsmaßstab

Die Herstellungsvorschriften für den Transferlack wurden von der Arbeitsgruppe definiert. Das Produkt kann auf dieser Basis reproduzierbar hergestellt werden. Dabei wird die geplante und erwünschte Prozesszeit von zwei Minuten für die Lacktrocknung erreicht. Der Einsatz einer zweiten Schutzfolie eröffnet das Potenzial, die Prozessgeschwindigkeit weiter zu steigern.

Abbildung 10: Transferbasislack



3.2 Umsetzung Schneidkonzept

Das Schneidekonzept aus der Laborphase reichte für die Pilotserie im vollen Umfang aus. Spezielle Anpassungsschritte waren nicht notwendig. Bei Großserien sollte jedoch ein geeignetes Stanzverfahren gewählt werden.

3.3 Umsetzung Technikumsprozess in die Karosserielinie

Mit Hilfe des beschriebenen Applikators wurde der freigestellte Transferlack maschinell auf die mit Basislack vorlackierte Karosserie übertragen. Erste Versuche wurden durchgeführt. Dabei stellte sich die Umsetzung des Verfahrens in die Karosserielinie als realisierbar heraus. Der Applikationsprozess selbst funktionierte sehr gut, wobei die im Labor ermittelten Prozessparameter angepasst werden mussten. Diese Anpassungen waren nicht auf das Verfahren selbst zurückzuführen, sondern auf die Bedingungen der „rudimentären“ Pilotanlage. Die manuelle Steuerung des Applikators und seine ungenaue Positionierbarkeit führten zu Fehlern. Durch die Handhabung des Applikators konnte sich der Einstellwinkel des Applikators verstellen, der wiederum Einfluss auf die Prozessparameter und die Genauigkeit des Druckübertrags hat. Festzuhalten ist: Der Transferlack kann maschinell übertragen werden, ohne das Lackierergebnis und die nachfolgenden Verfahrensschritte negativ zu beeinflussen.

3.4 SOP-Kundenbetreuung

Die SOP-Kundenbetreuung fand im Rahmen der Versuche und der finalen Betreuung an der Linie statt. Wobei es sich nicht um eine „echte“ SOP-Kundenbetreuung handelte, da kein neues Produkt eingeführt wurde, sondern es sich lediglich um eine Produktionssimulation handelte.

4. Ergebnisse und Diskussion

Im Rahmen des Förderprojektes wurde in einer repräsentativen Lackierlinie bei Audi an Pilotbauteilen bewiesen, dass die in dem Förderprojekt beschriebene Idee der überlackierfähigen Transferlackfolie zur Herstellung von material- und energieeffizienten Mehrfarblackierungen realisierbar ist.

Konkret wurden vier technische Teilergebnisse erreicht. Erstens: Die Serienreife des Transferbasislackes und seine Herstellbarkeit konnten über mehrere Stufen nachgewiesen werden. Zudem wurden Potenziale zur Produktverbesserung ermittelt, die über Rezepturzusätze realisiert werden können. Zweitens: Ein Laborprozess zur Applikation des Transferbasislackes wurde entwickelt und bereitgestellt. Drittens: Die Spezifikationstauglichkeit des Gesamtaufbaus wurde an einem Karosserieteil nachgewiesen. Die formale Freigabe erfolgte nicht, da ein konkreter Projektbezug fehlte. Viertens: Der Pilotserien-Applikator wurde in einer Automobillinie provisorisch integriert, dabei wurde der Transferbasislack maschinell mit Hilfe des Applikators auf eine vorlackierte Motorhaube übertragen. Die eingesetzte Technik wurde von Audi als „prinzipielltauglich“ eingestuft. Gemeinsam mit Audi laufen Workshops, um ein Serienprojekt vorzubereiten. Da die Investitionskosten für diesen Applikationsschritt nicht zu unterschätzen sind, wird nach einem geeigneten Startscenario gesucht.

Durch den Einsatz des Transferbasislackes bei der Mehrfarblackierung von Fahrzeugen entfällt ein kompletter Prozessschritt, dadurch ist eine deutliche Reduzierung des Ressourcen- und des Energieaufwands möglich. Beide Einspareffekte tragen zur nachhaltigen Schonung der Umwelt bei.

Audi strebt eine Analyse der Energiebilanz des Gesamtprozesses an. Sie wurde in Auftrag gegeben, ist zurzeit aber noch nicht verfügbar. Ein Prozessvergleich zwischen der herkömmlichen mehrfarbigen Karosserielackierung und der Mehrfarblackierung mit Hilfe des überlackierfähigen Transferbasislackes (siehe Abbildung 4) verdeutlicht den verkürzten Lackierprozess und macht den Einspareffekt beim Energieaufwand offensichtlich.

Der Energieaufwand beim Übertragen des Transferlackes liegt auf einem vernachlässigbaren Niveau. Erforderlich ist lediglich eine unterstützende Kühlung und der Einsatz von Druckluft für die

Membrane. Die Übertragung des Transferlacks erfolgte in einer Kühlzone der Automobillinie vor dem Beschichten mit Klarlack. Lediglich für das Abziehen der Schutzfolie wird ein zusätzlicher Abkühlvorgang benötigt. Bis auf diese zusätzliche Wasserkühlung ist das Aufbringen einer zweiten Farbe bei der Fahrzeuglackierung für den Anwender energieneutral. Der Einsatz des Transferlackfilmes stellt ein zusätzliches Energie-Einsparpotenzial dar. Der Transferlackfilm benötigt bei seiner Herstellung etwa 80 Prozent weniger Energie als das herkömmliche Lackieren.

Ein Vergleich der Gesamt-Energiebilanzen bei Zweifarblackierungen zwischen dem konventionellen Lackierprozess und dem Lackauftrag per Transferlackfilm (siehe Tabelle 1) verdeutlicht das enorme Energieeinsparpotential. Während der gesamte Energieaufwand für die Lackierung eines Fahrzeugs mit einer zweiten Farbe nach der konventionellen Methode 200 kWh beträgt, summiert sich der gesamte Energieaufwand bei Verwendung der Transferlackfolie bei einer Beschichtungsfläche von 1,5 m² auf lediglich 0,31 kWh pro Fahrzeug.

Durch die Verwendung des Transferlackfilms kann also bei der Zweifarbenlackierung pro Fahrzeug 199,69 kWh eingespart werden – das ist ein Energie-Einspareffekt von 99,85 Prozent. Damit liegt der Einspareffekt in der Praxis sogar deutlich über dem im Förderantrag geschätzten Einsparpotenzial von 80 Prozent.

Tabelle 1: Vergleich der Energiebilanzen bei Zweifarblackierungen. Konventioneller Prozess versus Transferlackfolie. Beschichtungsfläche: 1,5 m² pro Karosserie.

Konventionelle Lackierung	Energieaufwand
Strom, Heißwasser, Erdgas und Kühlung	200 kWh
Energieverbrauch pro Karosserie¹⁾	200 kWh

¹⁾ Expertenschätzung aus dem „Green Carbody-Projekt“

Transferlackfilm	Gemessene Daten	Umrechnung	Energieaufwand ²⁾
Folien-Herstellung	1,3 kW/kg ³⁾	16,6 m ² /kg = 0,07 kW/m ²	0,11 kWh
Transferlack-Herstellung	50 kW/h ⁴⁾	480 m ² /h = 0,1 kW/m ²	0,15 kWh
Übertragen an der Linie	1 kW/h ⁵⁾		0,05 kWh
Energieverbrauch pro Karosserie			0,31 kWh

²⁾ Bei einer Taktzeit von 3 Minuten

³⁾ Angaben des Folienherstellers

⁴⁾ Leistungsmessung an der Beschichtungsanlage, Wörwag

⁵⁾ Angaben des Herstellers, Heizleistung und Kühlleistung der Applikationseinheit

Eine Quantifizierung der Materialeffizienz bei diesem Prozess ist schwierig, da sie signifikant von der Geometrie der Teile und Flächen beeinflusst wird. Da die Zielbauteile für die Zweifarblackierung vor allem Autodächer sind, ist im Idealfall von einem Flächennutzungsgrad zwischen 75 bis 90 Prozent auszugehen. Eine exaktere Bestimmung der Materialeffizienz war aufgrund der Vorgehensweise im Projekt nicht möglich.

5. Verbreitung, Fortführung und Perspektiven

Das Projekt „überlackierfähiger Transferlackfolie“ wurde mit dem Beweis der Prinziptauglichkeit abgeschlossen, da die Investitionskosten für den Bau eines Serienapplikators den finanziellen Rahmen des Projektes gesprengt hätten. Diese Prinziptauglichkeit wurde bei den Abschlussversuchen im Audi-Werk Neckarsulm nachgewiesen. Damit wurde der bei Audi übliche interne Tauglichkeitsnachweis für die Einsetzbarkeit eines Produktionsverfahrens unter Produktionsbedingungen erfüllt.

Die neue Beschichtungstechnik trifft im VW-Konzern aufgrund des hohen Einsparungspotenzials auf starkes Interesse. Verhandlungen für die Serienumsetzung (Serienentwicklungsvertrag) sind mit der Marke Audi angelaufen und stehen kurz vor dem Abschluss. Ziel ist, in den kommenden zwei Jahren eine Karosserielackierlinie des Kunden mit dieser Technik auszustatten. Falls das Umsetzungsszenario realisiert wird, muss über eine Vergrößerung der Beschichtungskapazität bei Wörwag nachgedacht werden. Ein kompletter Neubau könnte notwendig werden, da diese Anlage in ihren Dimensionen - speziell in ihrer Breite - größer ausfällt als bestehende Anlagen.

Bereits jetzt zeichnet sich ab, dass sich das neu entwickelte Beschichtungsverfahren auch für den Einsatz in anderen Anwendungsbereichen eignet. Zurzeit wird es für das Auftragen der farbgebenden Schicht auf Carbonteilen von Fahrzeugen und für das Auftragen von Dekorschriften getestet.

Die neue Technik steht erst am Anfang. Wir erwarten ein mindestens ebenso großes Wachstumspotenzial in diesem Bereich wie bei dem ebenfalls durch die DBU geförderten Projekt der Folientechnik. Bei jenem Projekt wurde innerhalb von drei Jahren eine Vollausslastung der Kapazitäten erreicht. In Zahlen ausgedrückt, soll die Produktion der überlackierfähigen Transferlackfolie konkret von 220.000 m² im Jahr 2013 auf 700.000 m² im Jahr 2016 gesteigert werden und damit die vorhandenen Kapazitäten voll auslasten. Planungen für den Ausbau der Produktionskapazitäten sind angelaufen. Da die Betriebsmittel zur Herstellung des Transferbasislackes die gleichen sind wie für die Lackfolie, sehen wir diese Entwicklung als Sortimentserweiterung an. Wir erschließen damit unseren Kunden eine neue Beschichtungstechnik mit einem nachhaltigen ökologischen Potenzial.

Wie groß die Reputation des „Vaters“ des Transferbasislack-Systems von Wörwag ist, also des transferierbaren Zweischichtaufbaus, bestehend aus einer Haftschiicht und eines Klarlacks, zeigt seine Nominierung für die internationale Auszeichnung „SPE Automotive Innovation Awards 2014“ in Detroit, USA. Diese Nominierung macht deutlich, dass die enormen Potenziale der neuen Wörwag-Lacktechnik heute bereits über die nationalen Grenzen hinweg auf reges Interesse und große Anerkennung stoßen. Es ist auch ein Indikator für die nachhaltige Bedeutung dieser Entwicklung und erhöht seine Erfolgswahrscheinlichkeit.

Fazit

Mit dem von der DBU geförderten Projekt „überlackierfähige Transferlackfolie“ versuchte Wörwag eine neuartige Beschichtungstechnik, die sogenannten Transferbasislacke, zu realisieren. Zielsetzung des Projektes war, ein material- und energieeffizientes Verfahren zur Mehrfarblackierung von Fahrzeugen zu entwickeln. Außerdem sollten Partner in dieses Projekt eingebunden werden, die diese neue Methode der Mehrfarblackierung in die Serienproduktion von Fahrzeugen übernehmen.

Diese Ziele wurden erreicht. Wörwag konnte in einer repräsentativen Lackierlinie bei Audi an Pilotbauteilen beweisen, dass die in dem Förderprojekt beschriebene Idee überlackierfähiger Transferlackfolie zur Herstellung von material- und energieeffizienten Mehrfarblackierungen realisierbar ist. Ein Applikator wurde entwickelt, der mit Hilfe einer Kautschukblase den Transferlack

auf ein Karosserieteil übertrug. Ein vorserienreifer Transferlack wurde definiert, der nach dem Überlackieren die Spezifikationsvorgaben der Automobilindustrie erfüllte. Außerdem entwickelten wir einen serientauglichen Herstellungsprozess für den Transferlack.

Die ökologischen Ziele des Projektes konnten im geplanten Umfang erreicht werden. Der Transferlack ließ sich mit einem vernachlässigbaren Energieaufwand übertragen. Zum Übertragen wurde die Restwärme der lackierten Karosserie verwendet. Für das Abziehen der Schutzfolie war allerdings ein weiterer Abkühlvorgang notwendig, der eine zusätzliche Wasserkühlung erforderte. Bis auf diese Wasserkühlung war das Aufbringen einer zweiten Farbe für den Anwender energie-neutral. Hinzu kam, dass die Herstellung des Transferlackfilmes ein Einsparpotenzial von etwa 80 Prozent gegenüber dem herkömmlichen Lackieren bot. Eine exakte Bestimmung der Materialeffizienz war bei diesem Prozess nicht möglich, da sie stark von der Geometrie der zu lackierenden Teile und vor allem von der Geometrie der Transferlackflächen abhängig ist.

Aufgrund ihrer großen Energieeffizienz und der hohen Materialausbeute trifft das Produkt Transferbasislack auf reges Interesse bei unseren Kunden und Projektpartnern. Aufgrund der signifikanten Einspareffekte sind diese zu Investitionen und zu Entwicklungen an ihren Bauteilen bereit, um die neue Lacktechnik einsetzen zu können. Diese Erkenntnis stärkt uns in der Annahme, dass wir das Projekt „überlackierfähige Transferbasislackfolie“ in naher Zukunft erfolgreich in die Serie umsetzen werden.