

Elektrostatische Beschichtung von Kunststoffen am Beispiel der Pkw-Anbauteilelackierung

im Auftrag der

ABAG-itm GmbH
vormals ABAG-Abfallberatungsagentur
Baden-Württemberg
Stauferstr. 15
D-70736 Fellbach

Projektträger

Reitter & Schefenacker GmbH & Co. KG
Alfred-Schefenacker-Str. 1
D-71409 Schwaikheim
Ansprechpartner: Herr U. Siemers

Projektbegleiter

Dipl.-Ing. Wolfgang Klein
Fraunhofer Institut für Produktions-
technik und Automatisierung
Stuttgart

Januar 1999

Projektbericht

Erarbeitung:

Dipl.-Ing. W. Klein

Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart

Für die stets kooperative Mitwirkungen an diesem Projekt bedankt sich die ABAG-itm bei allen Beteiligten der Reitter & Schefenacker GmbH & Co. KG, Werk Schwaikheim. Einen besonderen Dank spricht das Fraunhofer IPA gemeinsam mit der ABAG-itm den Herren Ulrich Siemers (Servicecenter Betrieb) und Thomas Szerreiks (Leistungscenter Kunststofflackiererei) aus.

Projektleitung:

Dipl.-Ing. T. Grupp

ABAG-itm, Fellbach

Die Durchführung dieses Modellprojekts sowie die wissenschaftliche Begleitung wurde mit Mitteln aus der Sonderabfallabgabe des Landes Baden-Württemberg unterstützt.

Herausgeber:

ABAG-itm GmbH

(vormals ABAG-Abfallberatungsagentur)

Staufstr. 15

70736 Fellbach

Tel.: 0711 / 95 19 11 - 0

Fax: 0711 / 95 19 11 - 20

e-mail: info@abag-itm.de

Januar 1999

Gedruckt auf: weiß mattgestrichen Offset chlorfrei gebleicht (Umschlag)

Alle Rechte der Verbreitung, auch durch Film, Funk und Fernsehen, fotomechanische Wiedergabe, Tonträger jeder Art, auszugsweise Nachdruck oder Einspeicherung und Rückgewinnung in Datenverarbeitungsanlagen aller Art, sind vorbehalten.

Inhaltsverzeichnis	Seite
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	
Kurzfassung	5
1 Stand der Technik	7
1.1 Stand der Technik bei der Lackierung von Pkw-Anbauteilen aus Kunststoff	7
1.2 Weiterentwicklung des Stands der Technik durch das vorliegende Projekt	7
2 Kurzbeschreibung des Projektträgers	8
3 Beschreibung der Lackiererei	10
3.1 IST-Zustand vor Projektbeginn	10
3.1.1 Verfahrensschritte der betrachteten Lackieranlage	10
3.1.2 Anlagen- und Applikationstechnik	11
3.1.3 Materialeinsatz	12
3.1.4 Abfälle	12
3.1.5 Sonstige Emissionen und Umweltbelastungen	12
3.1.6 Lackierqualität	13
3.2 Geplanter SOLL-Zustand aufgrund der Projektarbeiten	13
3.2.1 Planungen	14
3.2.2 Anpassung der Warenträger an die Elektrostatik	14
3.2.3 Primerauftrag	14
3.2.4 Basislackauftrag	15
3.2.5 Klarlackauftrag	16
4 Durchgeführte Untersuchungen und Ergebnisse	17
4.1 Machbarkeitsuntersuchung zur Anlagenkonzeption	17
4.2 Aufbau der Elektrostatikanlagen	18
5 Praxiseinführung der elektrostatischen Beschichtung von nichtleitenden Kunststoffteilen	19
5.1 Probetrieb und Betriebsphase	19
5.2 Projektterminplan	19
6 Vergleich der realisierten Maßnahmen mit dem IST-Zustand vor Projektbeginn	21
7 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	24
8 Übertragbarkeit der Ergebnisse	26

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	Seite
Abb. 1 :Außenspiegel (Beispiel)	9
Abb. 2 :Griffleiste (Beispiel)	9
Abb. 3 :Verfahrensablauf IST-Zustand	10
Abb. 4 :Durchsatzbeispiele	11
Abb. 5 :Auftragswirkungsgrad beim Spritzlackieren von Spiegelgehäusen (IST-Zustand)	12
Abb. 6 :Realisierter Zeitplan für die Umrüstung auf Elektrostatik-Beschichtung	20
Abb. 7 :Auftragswirkungsgrad bei der elektrostatischen Lackierung von Spiegelgehäusen (SOLL-Zustand)	21
Abb. 8 :Vergleich der Einsatzstoffe bei normierter Durchsatzleistung	22
Abb. 9 :Vergleich der Abfälle bei normierter Durchsatzleistung	22
Abb.10: Betrachtung der Wirtschaftlichkeit vor und nach der Umrüstung der Kunststofflackierung auf die Elektrostatikbeschichtung	25
Anhang	
A1 Projektarbeitsgemeinschaft	27

Kurzfassung

Die Firma Reitter & Schefenacker stellt im 3-Schichtbetrieb im Werk Schwaikheim Pkw-Anbauteile aus Alu-Zink-Druckguß und insbesondere aus Kunststoffen her. Da die Lackierung der Anbauteile im Wagenfarbton erfolgt, muß die Qualität hinsichtlich Optik und Beanspruchung den hohen Standard und die Anforderungen der Pkw-Lackierung erfüllen.

Zur Minimierung von Lösemittlemissionen und Abfällen bei gleichzeitiger Steigerung der Lackierkapazität in der bestehenden Lackieranlage wurde im Rahmen dieses Projektes die elektrostatische Beschichtung der Werkstücke eingeführt.

Zur Ermittlung der Machbarkeit wurden im Vorfeld entsprechende Technikumsversuche unter produktionsnahen Bedingungen durchgeführt.

Im Rahmen des Umbaus der Lackieranlage wurde die Primer-, Basislack- und Klarlackspritzkabine um je ein Hubgerät erweitert. Die Primer- und Basislackbereiche wurden mit elektrostatischen Luftzerstäubern ausgestattet. Für den Klarlackauftrag war der Einsatz von Hochrotationsglocken möglich. Die Farbversorgung des Primers und Klarlacks erfolgt über die vorhandene Ringleitung. Im Basislackbereich wurden 16 zusätzliche Farbversorgungseinrichtungen aufgebaut, um eine flexiblere Nutzung der Anlage bei Farbwechsel zu erreichen. Die modifizierte Lackieranlage ist seit Mitte 1998 im Einsatz.

Die flächenbezogene Beschichtungskapazität der Anlage konnte durch die Umrüstung auf die Elektrostatikbeschichtung um mehr als 50 % gesteigert werden.

Insgesamt reduzierte sich der Gesamtverbrauch an Lack gegenüber dem Ausgangszustand um 46 %. In erster Linie sind die Lackeinsparungen auf die Verbesserung des Auftragswirkungsgrads, z. B. bei Spiegelgehäusen von ca. 20 % auf 30-40 % zurückzuführen. Nennenswerte Einsparungen gegenüber dem IST-

Zustand ergaben sich auch für Lösemittel zur Verdünnung und zur Gerätereinigung.

Durch die Umstellung auf die elektrostatische Beschichtung und durch eine verbesserte Koagulierung mit kontinuierlichen Koagulataustrag konnte das Aufkommen der Lackschlammabfälle um nahezu 50 % gesenkt werden.

Die Investitions-, Wartungs- und Finanzierungskosten für den Umbau der Lackieranlage zur elektrostatischen Applikation der Pkw-Anbauteile aus Kunststoff amortisieren sich - ohne Berücksichtigung der Fördermittel - durch die effektive jährliche Betriebskosteneinsparung in ca. 5 Monaten.

Im Folgeschritt soll geprüft werden, ob zukünftig die Elektrostatikpistolen im Primer- und Basislackbereich durch Hochrotationsglocken ersetzt werden können.

Aus Gründen der Lackeinsparung sollten bei Neuplanungen - vor allem bei der Serienlackierung von Kunststoffteilen - grundsätzlich elektrostatische Lackierverfahren in Betracht gezogen werden (z.B. in der Kfz-Zulieferer-, Spielzeug-, Haushaltswaren- und Elektroindustrie). Bei vergleichbarem Durchsatz rentieren sich die Mehrkosten der Investkosten bei diesem Anwendungsfall gegenüber einer konventionellen Anlage in etwa einem halben Jahr.

1 Stand der Technik

1.1 Stand der Technik bei der Lackierung von Pkw-Anbauteilen aus Kunststoff

Bei der Lackierung von Kunststoffteilen im Automobilzulieferbereich wird häufig die Druckluftzerstäubung im Hochdruckverfahren eingesetzt. Der erreichbare Auftragswirkungsgrad dieser Applikationstechnik liegt abhängig von der Teilegeometrie im Mittel bei 20 - 25 %. Bei einigen Anwendungen kommt in diesem Lackiersektor mittlerweile auch das HVLP-Verfahren (Niederdruck - High Volume Low Pressure) zum Einsatz. Dadurch kann die Lackmaterialnutzung gegenüber der Hochdruckzerstäubung um ca. 15 - 20 % verbessert werden.

In einigen Fällen werden bereits elektrostatische Lackierverfahren bei Kunststoffkarosserieteilen und bei der Stoßfängerlackierung eingesetzt. Die Anwendung beschränkt sich auf Mehrschichtaufbauten (z.B. Grundierung, Basislack und Klarlack), wobei in der Serie bisher nur der Klarlack mittels Hochrotationsglocken aufgetragen wird.

Im vorliegenden Beispiel erfolgt die Vorbehandlung und die Lackierung der Werkstücke in einer Durchlaufanlage. Die Grundierung, der Basislack und der Klarlack werden in separaten Kabinen mit robotergeführten, pneumatischen Hochdruckzerstäubern aufgetragen (Ausgangslage).

1.2 Weiterentwicklung des Stands der Technik durch das vorliegende Projekt

Die bei den Hochdruckzerstäubern entstehenden hohen Oversprayverluste führen im vorliegenden Beispiel zu einem jährlich zu entsorgenden Lackschlamm aufkommen von nahezu 180 Tonnen. Mit der Einführung der elektrostatischen Lackierung soll eine Reduzierung der Lackabfallmenge und der Lösemittlemissionen bei gleichzeitiger Steigerung der Lackierkapazität ohne Qualitätseinbußen erreicht werden.

Die elektrostatische Lackierung bei allen drei Lackschichten, d.h. im Grundier-, Basislack- (beim 1. Sprühgang) und Klarlackbereich stellt einen völlig neuen

Weg bei der qualitativ sehr anspruchsvollen Anbauteilebeschichtung dar. Der grundsätzliche Vorteil der elektrostatischen Lackierung besteht darin, daß gegenüber der Ausgangssituation durch die Verbesserung des Auftragswirkungsgrads um ca. 30 - 40 % der Lackverbrauch, der Lackschlammanfall und die Lösemittlemissionen entsprechend reduziert werden können.

Um Werkstücke aus Kunststoff elektrostatisch lackieren zu können, ist für die Grundierung ein leitfähiger Primerlack vorgesehen. Die Zerstäubung soll mit einer Hochrotationsglocke erfolgen. Nach dem Abdunsten und Aushärten des Grundlacks soll ein Basislack mittels einer elektrostatischen Applikation aufgetragen werden, wobei beim Metalllack wegen der Ausrichtung der Metallteilchen etwa 50 % der Basislacksschichtdicke elektrostatisch und die restlichen 50 % konventionell erzeugt werden muß. Die Klarlackbeschichtung soll in zwei Aufträgen ebenfalls elektrostatisch erfolgen.

Im Rahmen dieses Vorhabens soll erstmalig in der Branche der industriellen Kunststoffteilelackierung von Pkw-Anbauteilen die elektrostatisch unterstützte Applikationsmethode für alle drei Lackschichten in Verbindung mit einer darauf abgestimmten Lackversorgung schrittweise umgesetzt und in die Produktion eingeführt werden.

2 Kurzbeschreibung des Projektträgers

Die Fa. Reitter & Schefenacker entwickelt, konstruiert und produziert Komponenten für die Automobilindustrie. Im Werk Schwaikheim werden Pkw-Anbauteile insbesondere (z.B. Außenspiegel und Griffleisten) aus den Werkstoffen Alu-Zink-Druckguß und vor allem aus Kunststoffen (z.B. ABS, PC/PBT) hergestellt.

Zum Lackieren der Kunststoffteile wird eine automatische Lackieranlage betrieben. 1996 wurden ca. 1,2 Mio Außenspiegel, ca. 500.000 Griffleisten und ca. 100.000 Spiegeldreiecke, d. h. insgesamt 1,8 Mio Teile für namhafte Automobilhersteller lackiert. Die Lackierung erfolgt im Wagenfarbton im 3-Schichtbetrieb.

Ausschnitt aus dem Produktionsprogramm (Werkstücke):

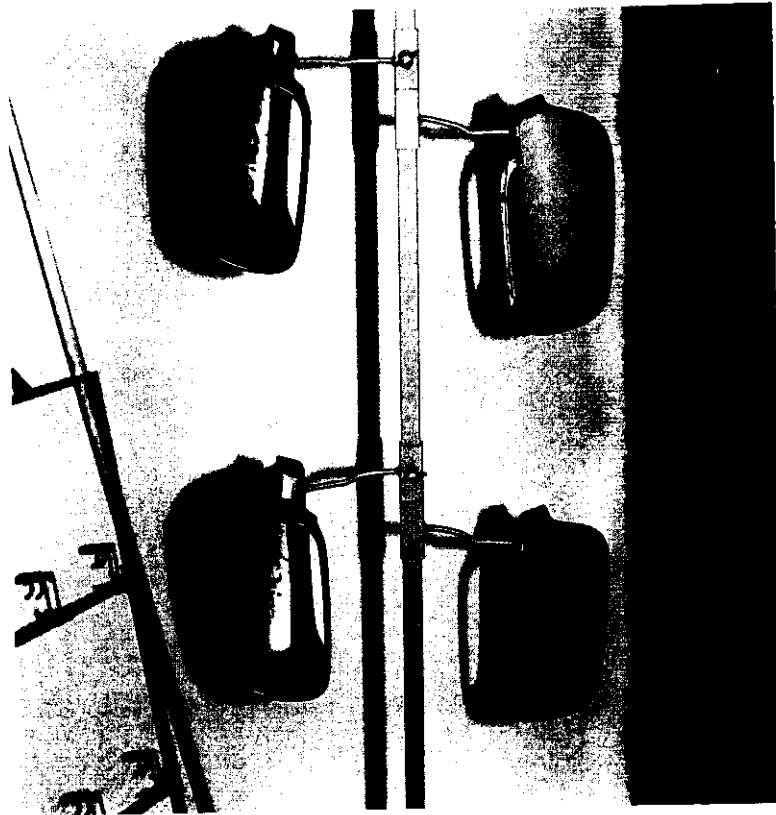


Abb. 1: Außenspiegel (Beispiel)

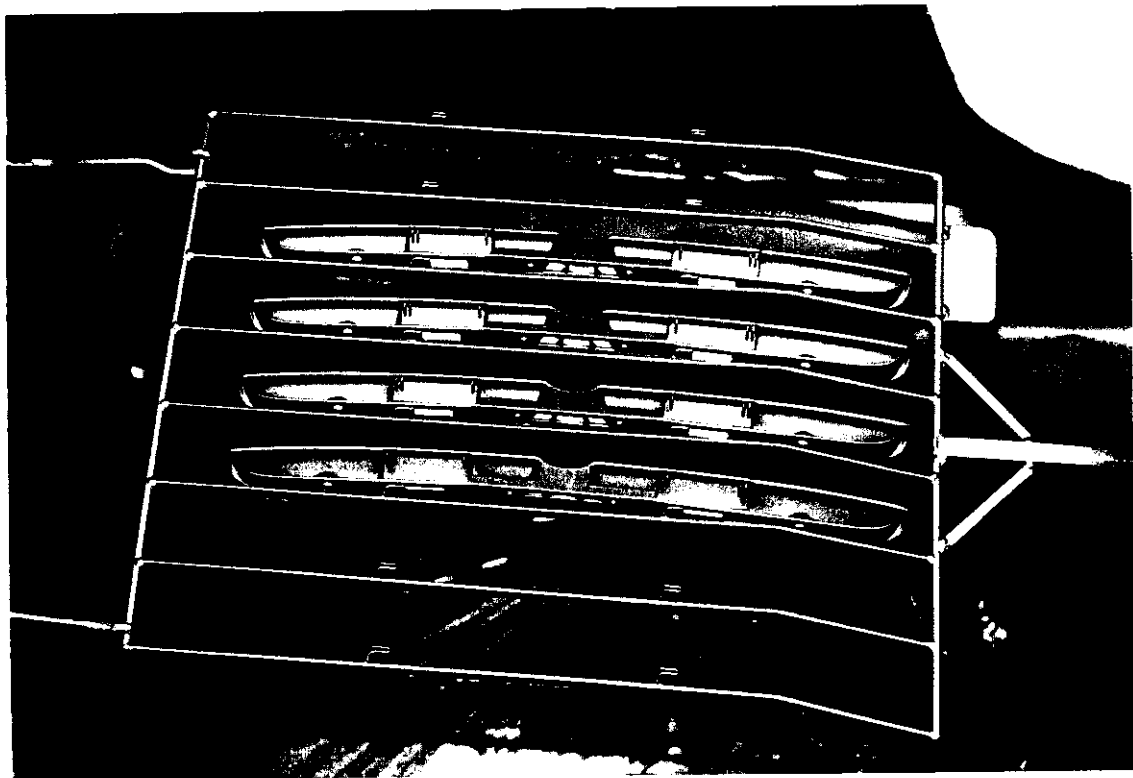


Abb. 2: Griffleisten (Beispiel)

3 Beschreibung der Lackiererei

3.1 IST-Zustand vor Projektbeginn

3.1.1 Verfahrensschritte der betrachteten Lackieranlage

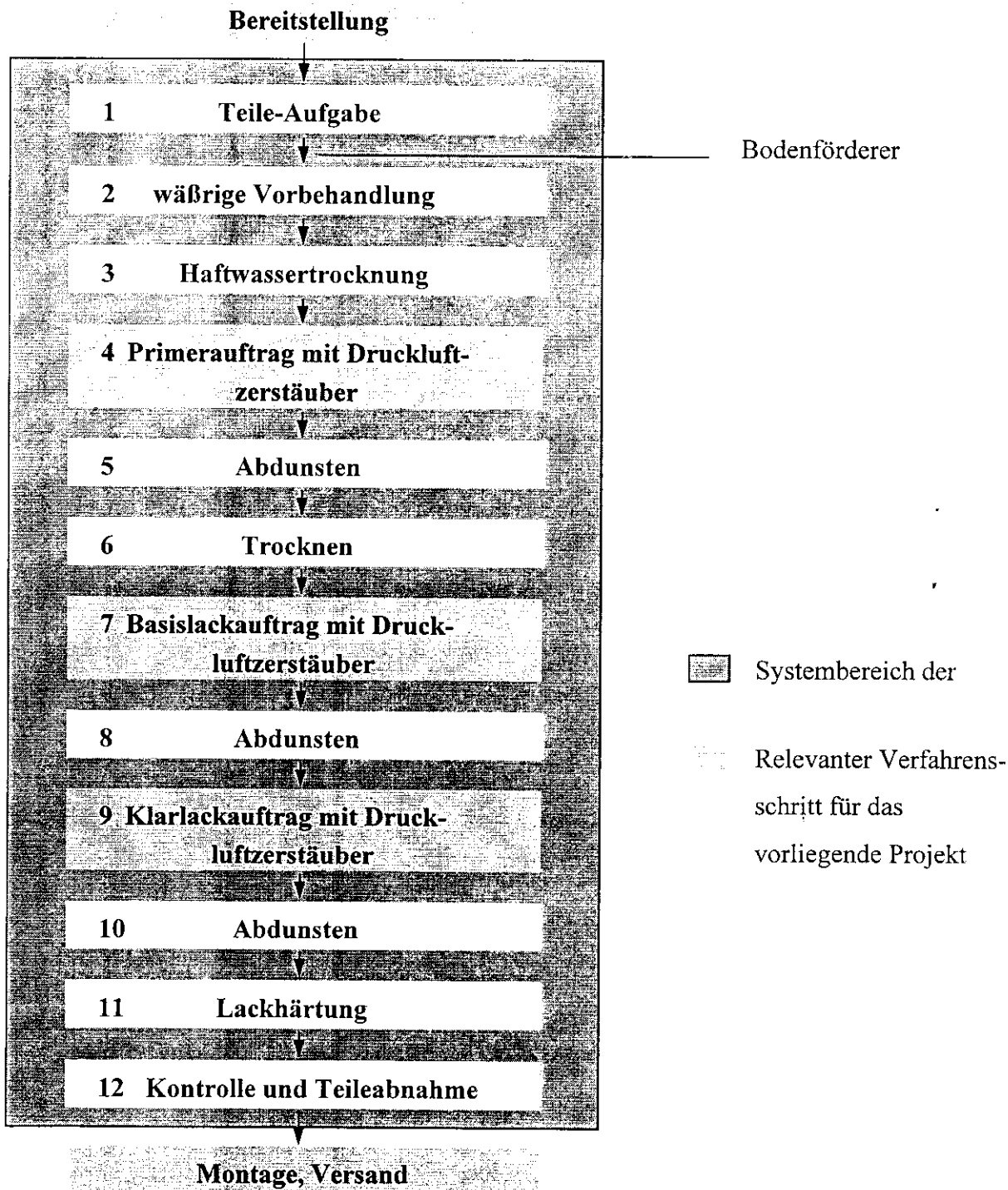


Abb. 3: Verfahrensablauf IST-Zustand

Der Verfahrensablauf der Beschichtungsanlage ist in Abb. 3 schematisch dargestellt. Die Werkstücke werden auf Warenträger aufgegeben und mittels eines Bodenförderers kontinuierlich mit einer Geschwindigkeit von 1,33 m/min durch die Anlage transportiert. Abhängig von der Bestückung, dem Abstand der Warenträger, dem Warenträger selbst sowie den zu beschichtenden Werkstücken ergeben sich unterschiedliche Teiledurchsätze. In Abb. 4 sind die Teiledurchsätze für Spiegelgehäuse und Griffleisten exemplarisch dargestellt.

Werkstück	Teile pro Warenträger	durchschnittl. Warenträgerabstand	Teiledurchsatz pro h	Teiledurchsatz pro h
Spiegelgehäuse	8	1,2m	532	8,9
Griffleisten	8	1,2m	426	7,1

Abb. 4: Durchsatzbeispiele

3.1.2 Anlagen- und Applikationstechnik

Die Vorbehandlung der Werkstücke erfolgt durch eine Entfettung mit einer nachgeschalteten Umwälzspüle, einer VE-Umwälzspüle und einer VE-Reinwasserspülung. Anschließend wird die anhaftende Feuchtigkeit mittels Blaszone und Haftwassertrockner entfernt.

Der Primerauftrag erfolgt automatisch mit einem Roboter, die Basis- und Decklackbeschichtung ebenfalls automatisch mit jeweils zwei Robotern. Die Roboter sind mit je einem Hochdruck-Druckluftzerstäuber ausgerüstet. Die Primer- und Klarlackkabinen haben eine Arbeitsbreite von jeweils 6000 mm und eine Arbeitstiefe von 3500 mm. Die Arbeitsbreite der Basislackkabine beträgt 7000 mm. Die Konditionierung der Kabinenluft erfolgt durch Frischluftanlagen mit Befeuchtung, die Luftsinkgeschwindigkeit beträgt in allen Kabinen ca. 0,5 m/s. Mit Luftwäschern wird die relative Luftfeuchte der Kabinenluft auf ca. 60 % ± 5 % eingestellt. Der Druck der Zerstäuberluft ist auf ca. 3-6 bar, die Hornluft auf ca. 3-4 bar eingestellt. Die Lackdurchflußmenge beträgt pro Zerstäuber 200-400 ml/min.

Die mit dem vorhandenen Lackiersystem erreichten Auftragswirkungsgrade für Spiegelgehäuse sind in Abb. 5 dargestellt.

Lackschicht	Festkörper in Gew.-%	Auftragswirkungsgrad in %
Primer	40	~20
Basislack	25	~18
Klarlack	50	~20

Abb. 5: Auftragswirkungsgrad beim Spritzlackieren von Spiegelgehäusen (IST-Zustand)

3.1.3 Materialeinsatz

Zur Lackierung der 1,8 Mio. Teile werden im IST-Zustand jährlich ca. 237.000 kg Lack, ca. 60.000 kg Lösemittel zur Verdünnung und ca. 24.000 kg Härter verbraucht.

3.1.4 Abfälle

Aus den drei Spritzkabinen der Lackiererei fallen zur jährlichen Entsorgung ca. 176.000 kg Lackschlamm an. Durch die Reinigung der Gerätetechnik müssen jährlich ca. 70.000 kg Schmutzverdünnung entsorgt werden.

3.1.5 Sonstige Emissionen und Umweltbelastungen

Die Emissionen organischer Lösemittel setzen sich zusammen aus den Emissionen der Lösemittel in den Lacken und den Lösemitteln zur Verdünnung. Die Lösemittelmenge für die Lackverarbeitung beträgt im IST-Zustand jährlich ca. 128.000 kg. Die Menge an Lösemittel zur Reinigung ist in Abschnitt 3.1.4 aufgeführt. In der den Abdunstzonen und Trocknern nachgeschalteten thermischen Nachverbrennung wird etwa die Hälfte der emittierten Lösemittelmenge verbrannt. Die restliche Lösemittelmenge wird über die Spritzkabinenabluft abgeführt.

3.1.6 Lackierqualität

An die Lackschichtqualität bestehen zusammengefaßt folgende wesentliche funktionelle und dekorative Anforderungen:

- Lackschichtdicken (je nach Kundenanforderung) im Bereich zwischen:
Primer: 10-15 µm
Basislack: 15-20 µm
Klarlack: 30-40 µm
- Die Bedeutung und die Anzahl der Fehlerstellen in Oberflächen sind eingeteilt in 4 Bewertungszonen, die mit Farben gekennzeichnet werden:
rot: immer sichtbar in Einbaulage
gelb: bedingt sichtbar in Einbaulage
grün: nicht direkt sichtbar
blau: nicht sichtbar
Entsprechend dieser Klassifizierung sind Fehlerzulässigkeiten pro Teil definiert.
- Dampfstrahltest
- spezifische Abmusterung nach Kundennormen von Automobilherstellern, z. B. mit Gerät Mehrwinkel-Reflektometer für die Glanzmessung und Farbmeßgeräte.

3.2 Geplanter SOLL-Zustand aufgrund der Projektarbeiten

Die Lackieranlage wurde auf die elektrostatische Beschichtung unter weitestgehender Verwendung der vorhandenen Anlagenteile umgerüstet. Die Umbauarbeiten betreffen die Farbversorgung, die Gerätetechnik in den jeweiligen Spritzkabinen sowie die Warenträger. Im folgenden sind die Planungen zur Effizienzsteigerung der Anlage dargestellt.

3.2.1 Planungen

Nach den Grundlagenuntersuchungen zur Festlegung von Warenträgerkonzepten sowie zur Auswahl der geeigneten Lacksysteme und Beschichtungsgeräte soll die Umrüstung der Anlagen auf die elektrostatische Beschichtung in zwei Bau-
stufen erfolgen. In der ersten Stufe soll die Primerkabine umgerüstet werden. Nach einer Erprobungsphase und Absicherung der Funktion werden die Elektrostatikeinrichtungen auch in der Basis- und Klarlackkabine installiert.

3.2.2 Anpassung der Warenträger an die Elektrostatik

Durch die begrenzte Beschichtungskapazität der bestehenden Roboter sind nicht alle möglichen Aufnahmen des Förderers mit Warenträgern belegbar. Eine Steigerung der Produktionskapazität ist durch eine bessere Ausnutzung des Förderers geplant.

Beispielsweise sollen bei Spiegelgehäusen die Warenträger so abgeändert werden, daß nur eine Seite bestückt wird und alle im Abstand von 300 mm befindlichen Aufnahmen mit Warenträgern belegt werden. Dadurch kann die Kapazität in etwa verdoppelt werden. Die Höhe des Anlagenquerschnitts soll dabei voll ausgenützt werden.

Ferner ist geplant, durch den Einbau von Plattenelektroden den elektrostatischen Umgriff der Zerstäuber so zu verbessern, daß alle Flächen gemäß den Qualitätsanforderungen vollständig beschichtet werden können.

3.2.3 Primerauftrag

In die Primer-Spritzkabine soll zusätzlich zum Roboter noch ein Hubgetriebe mit zwei Hochrotationsglocken aufgestellt werden. Die Beschichtung erfolgt elektrostatisch vom geerdeten Warenträger über die gesamte Werkstückoberfläche. Für die Lackierung beider Seiten werden die Warenträger zwischen den Hochrotationsglocken um 180° gedreht. Eine eventuell notwendige Vorbeschichtung ist durch die vorhandene luftzerstäubende Pistole des Roboters möglich.

Der leitfähige Primer hat einen elektrischen Widerstand von 50-70 k Ω . Bei ausreichend langen (isolierenden) Lackschlauchleitungen ist die Farbversorgung "geerdet" aufgebaut.

Zur Reduzierung von Lack- und Spülmittelverlusten werden die Lack-, Spül-, Ab- laß- und Brandunterdrückungsventile möglichst nahe an den Hochrotationsglocken angeordnet.

Die Lack- und Spülmittelversorgung für den Roboterzerstäuber bleibt bestehen; die Versorgung der beiden Hochrotationsglocken erfolgt aus den vorhandenen Ringleitungen.

Die Steuerungen der Elektrostatik, der Farbversorgung und der Spülvorgänge sind in den Automatikbetrieb der Gesamtanlage einzubinden.

3.2.4 Basislackauftrag

In der Basislack-Spritzkabine soll zusätzlich zu den vorhandenen zwei Robotern ebenfalls ein Hubgetriebe mit zwei Hochrotationsglocken aufgestellt werden. Die Beschichtung von ca. 50 % der Lackschicht erfolgt elektrostatisch. Wegen der Ausrichtung der Metallflitter im Basis-Metalliclack werden die verbleibenden 50% der Lackschicht mit den Druckluftzerstäubern an den Robotern ausgeführt. Für die Lackierung beider Seiten werden die Warenträger zwischen den Hochrotationsglocken, zwischen den Hochrotationsglocken und dem ersten Roboter sowie zwischen den Robotern um 180° gedreht.

Die Lack-, Spül-, Ab- laß- und Brandunterdrückungsventile werden gleichfalls möglichst nahe an den Hochrotationsglocken angeordnet.

Der vorhandene Lackraum für die Basislacke mit 6 Farbversorgungen bleibt bestehen. Zusätzlich wird ein Lackraum mit 16 weiteren Farbversorgungen aufgebaut. Insgesamt stehen dann 22 Farben für einen schnellen Farbwechsel zur Verfügung. Zur Versorgung der vier Zerstäuber in der Basislackkabine mit 22 Farben müssen vier Farbwechselblöcke mit je 22 Farbventilen und den erforderlichen Spülventilen eingebaut werden.

3.2.5 Klarlackauftrag

Wie in der Basislack-Spritzkabine soll auch in der Klarlack-Spritzkabine zusätzlich zu den vorhandenen zwei Robotern ebenfalls ein Hubgetriebe mit zwei Hochrotationsglocken aufgestellt werden. Das Hubgetriebe wird zwischen die beiden Roboter gestellt. Für die Lackierung beider Seiten werden die Wareträger zwischen den Hochrotationsglocken um 180° gedreht. Der zweite Roboter dient für einen eventuellen Ausfall der Elektrostatik und soll nach Absicherung des Prozesses entfernt werden.

Die Lack-, Spül-, Abfaß- und Brandunterdrückungsventile werden gleichfalls möglichst nahe an den Hochrotationsglocken angeordnet. Jede Glocke ist ausgerüstet mit Ventilsätzen, bestehend aus Lack-, Spül-, Abfaß- und Brandunterdrückungsventilen, Isolierrohr, separater Drehzahlerfassung und Regelung sowie einem Hochspannungserzeuger.

Ähnlich der Basislack-Spritzkabine kann die Lackversorgung für die Roboterzerstäuber bestehen bleiben. Die Lack- und Spülmittelversorgung für die aufzubauenden Hochrotationsglocken kann über die vorhandenen Ringleitungen erfolgen.

4 Durchgeführte Untersuchungen und Ergebnisse

4.1 Machbarkeitsuntersuchung zur Anlagenkonzeption

Die Spiegelgehäuse sind aus dem elektrisch nicht leitenden Kunststoffmaterial ABS hergestellt. Bei Verwendung einer elektrostatischen Beschichtungstechnik werden elektrisch aufgeladene Lackpartikel nicht vom Werkstück, sondern vom geerdeten Warenträger angezogen.

Die elektrostatische Beschichtung nichtleitender Kunststoffteile ist allgemein unter folgende Voraussetzungen möglich:

- Die durch die Lacktröpfchen übertragene elektrische Ladung auf der Oberfläche der Kunststoffteile muß vollständig abgeleitet werden.
- Der Primer wird leitfähig eingestellt (Naßschichtwiderstand $< 100 \text{ k}\Omega$), so daß sich während der Beschichtung eine Erdung vom Warenträger über die bereits aufgetragene Lackschicht ausbilden kann.

Nachdem die elektrisch leitende Verbindung zum geerdeten Warenträger durch die leitende Lackschicht hergestellt ist, kann der Hauptauftrag elektrostatisch durch die nachfolgenden Zerstäuber erfolgen.

Die Beschichtungsversuche wurden mit den Hochrotationsglocken zweier unterschiedlicher Hersteller und Verfahren, mit Innenaufladung und alternativ mit Kontaktaußenaufladung, durchgeführt.

Die Versuche zeigten, daß die elektrostatische Beschichtung mit guten Ergebnissen möglich ist. Der Auftragswirkungsgrad erreichte bei diesen Untersuchungen ca. 50%.

Durch geeignete Dimensionierung und Positionierung von Leitelektroden war sogar der Erstauftrag des Primers elektrostatisch möglich. Der zusätzliche Einsatz von Druckluftzerstäubern ohne elektrostatische Lackaufladung wird jedoch empfohlen.

4.2 Aufbau der Elektrostatikanlagen

Mit den Ergebnissen aus der IST-Zustandsaufnahme und den Vorversuchen wurde als Basis für die Angebotsausarbeitung einer elektrostatischen Applikationseinrichtung ein Pflichtenheft erstellt. Der Gesamtauftrag für die Umrüstung wurde an die Fa. Binks vergeben.

In allen Spritzkabinen wurden zusätzlich Hubgeräte mit jeweils zwei Elektrostatikzerstäubern einschließlich der jeweiligen Farbversorgung installiert. Desweiteren wurde entsprechend der Planung die Basislackversorgung von 6 auf 22 Farben erweitert.

5 Praxiseinführung der elektrostatischen Beschichtung von nichtleitenden Kunststoffteilen

5.1 Probetrieb und Betriebsphase

Da sich der leitfähige Primer nur konventionell auftragen ließ, wurde die Umrüstung auf Elektrostatik, entgegen der Planung, zuerst in der Klarlackspritzkabine vollzogen. Dabei wurde ein Hubgerät mit zwei Hochrotationsglocken installiert. Einer der beiden mit Druckluftpistolen ausgerüsteten Roboter wurde dadurch überflüssig und entfernt.

Beim Primer- und Basislackauftrag stellte sich heraus, daß die Hochrotationsglocken erhebliche Probleme mit Verschmutzungen hatten. Deshalb wurden in die Primer- und Basislackspritzkabine anstelle von Hochrotationsglocken Elektrostatikpistolen eingesetzt. Besonders beim Primer waren aufwendige Lackentwicklungen notwendig, da sich die Verarbeitung von leitfähigen Primersystemen wegen Verschmutzungsproblemen mit Hochrotationsglocken als schwierig herausstellte. Es zeigte sich, daß die Umsetzung der Hochrotationsglockentechnik für Primer- und Basislackssysteme vom Technikumsmaßstab in die Produktion derzeit nicht möglich ist.

Der Roboter in der Primerspritzkabine und die beiden Roboter in der Basislackspritzkabine, jeweils mit Druckluftzerstäubern ausgestattet, bleiben weiter im Einsatz.

5.2 Projektterminplan

Der Aufbau der Elektrostatikbeschichtung von Kunststoffteilen bei dem hohen Qualitätsniveau der Automobilindustrie für alle Lackschichten begann im Frühjahr 1997 und konnte im Sommer 1998 abgeschlossen werden (Abb. 6).

Arbeitsschritte	Projektdauer (Monate)											
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
Erforderliche Vorversuche zur Planungssicherheit	■											
Versuche unter realen Bedingungen	■	■										
Auswertung der Versuche		■										
Ausschreibung und Angebotsprüfung			■									
Anlage vorbereiten für den Einbau der Elektrostatik			■	■								
Umrüstung Primer auf Elektrostatik			■	■	■	■	■	■	■	■		
Umrüstung Basislack auf Elektrostatik			■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Umrüstung Klarlack auf Elektrostatik			■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Realisierung Farbversorgung			■	■	■	■	■	■	■	■	■	
Gesamtabnahme										■	■	
	Zeit: Monat											
	2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12
	1997						1998					

Abb. 6: Realisierter Zeitplan für die Umrüstung auf Elektrostatikbeschichtung

6 Vergleich der realisierten Maßnahmen mit dem IST-Zustand vor Projektbeginn

Aufgrund der Betriebserfahrungen nach der Einführung der elektrostatischen Beschichtung bei Kunststoffteilen ergeben sich die im folgenden aufgeführten Veränderungen gegenüber dem IST-Zustand vor Projektbeginn.

Die Ergebnisse aus den Messungen an Spiegelgehäusen wiesen Steigerungen des Auftragswirkungsgrads gegenüber der Ausgangssituation je nach Lacksystem zwischen 40 und 50 %-Punkte auf. Der Auftragswirkungsgrad erhöhte sich von 18-20 % beim IST-Zustand (vgl. Abb. 5) auf Werte zwischen 30 und 40 % (Abb.7). Der Lackverbrauch für die gleiche zu lackierende Oberfläche verringert sich dabei um ca. 40-50 %.

Der Auftragswirkungsgrad beim Basislack ist trotz des Einsatzes von Elektrostatikpistolen nennenswert höher, weil hier etwa 80 % der Lackschicht elektrostatisch aufgetragen wird, während die Primer- und Klarlackschicht nur zu ca. 50 % elektrostatisch appliziert wird. Der übrige Teil der Lackschicht wird konventionell beschichtet.

Lackschicht	Festkörper in Gew.-%	Auftragswirkungsgrad in %
Primer	22	~31
Basislack	23	~39
Klarlack	47	~31

Abb. 7: Auftragswirkungsgrade bei der elektrostatischen Lackierung von Spiegelgehäusen (SOLL-Zustand)

Der Kapazitätsgewinn beträgt am Beispiel der Griffleisten, bei denen der durchschnittliche Warenträgerabstand von 1,5 auf 0,9 m reduziert werden konnte, ca. 70%. Dadurch wurde die zusätzliche Beschichtung eines neuen Spiegelgehäuses ermöglicht. Da dieses neue Produkt nur einseitig lackiert wird, wurde eine Erhöhung der Gesamtstückzahl von 1,8 Mio. auf 3,72 Mio. Jahreskapazität realisiert.

Um die Auswirkungen der Umrüstung auf die Elektrostatikbeschichtung mit der Ausgangssituation vergleichen zu können, wurde der in den Tabellen (Abb. 8 und 9) aufgeführte Vergleich der jährlich verbrauchten Einsatzstoffe und entstehenden Abfälle beim IST-Zustand auf den normierten Oberflächendurchsatz, wie er beim Soll-Zustand erreicht ist, hochgerechnet.

Durch die Erweiterung der Basislackversorgung und den Aufbau eines wirtschaftlichen Farbwechselsystems beträgt die Anzahl der Farbtöne jetzt 160 gegenüber 95 im IST-Zustand, was eine deutlich flexiblere Anlagennutzung erlaubt.

Insgesamt beträgt die Einsparung an Lackmaterial (Primer, Basislack und Klarlack) durch die Einführung der Elektrostatikbeschichtung gegenüber dem IST-Zustand ca. 46 %.

Einsatzstoffe	IST-Zustand	SOLL-Zustand	Reduzierung
Primer in (kg/a)	111.645	53.414	58.231
Basislack (kg/a)	166.143	105.291	60.852
Klarlack (kg/a)	78.098	46.244	31.854
Verdünner (kg/a)	90.600	37.182	53.418
Härter (kg/a)	36.563	19.478	17.085
Reinigungsverdünnung (l/a)	146.925	95.250	51.675

Abb. 8: Vergleich der Einsatzstoffe bei normierter Durchsatzleistung

Der Lackschlammanfall reduzierte sich um fast 50 %, wobei bei den Spritzkabinen parallel zu diesem Projekt die Lackkoagulierung durch die Unterstützung mit einer Flotationseinrichtung und einem kontinuierlichen Lackschlammaustrag verbessert wurde (Abb. 9).

Abfälle	IST-Zustand	SOLL-Zustand	Reduzierung
Lackschlamm (kg/a)	264.150	133.140	131.010
Altverdünnung (l/a)	157.500	102.600	54.900

Abb. 9: Vergleich der Abfälle bei normierter Durchsatzleistung

Über die Lack- und Lösemittelsparung errechnet sich auf Basis des normierten und gegenüber dem IST-Zustand hochgerechneten Oberflächendurchsatzes die Verringerung der Umweltbelastung durch Lösemittlemissionen um jährlich ca. 140.000 kg bzw. rund 45 %.

Im nächsten Schritt ist geplant, die elektrostatische Pistolen im Primer- und Basislackbereich durch Hochrotationsglocken zu ersetzen.

7 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

In Abb. 10 werden die Betriebskosten vor und nach der Umrüstung auf die Elektrostatikbeschichtung auf Basis des auf die erhöhte Stückzahl hochgerechneten Oberflächendurchsatzes miteinander verglichen.

Demnach stehen Verteuerungen von DM 280.800,-- Einsparungen in Höhe von DM 3.819.500,-- pro Jahr gegenüber. Damit ergibt sich eine jährliche Gesamteinsparung von DM 3.538.700,--.

Die Kosten für die Umrüstung auf die elektrostatische Beschichtung setzen sich aus Anlagenkosten von DM 1.109.910,-- und Personalkosten für die Umbauten von DM 90.150,-- zusammen. Für die erforderlichen Voruntersuchungen zur Ermittlung der Grobkonzeption und der prinzipiellen geräte- und anlagentechnische Auslegung sind Kosten in Höhe von ca. DM 200.000,-- angefallen. Die Gesamtkosten für die Realisierung des vorliegenden Projekts betragen rund DM 1.400.000,--.

Bei einem kalkulatorischen Zinssatz von 7 % ergibt sich für die Investition der Elektrostatikbeschichtung eine Amortisationszeit von ca. 5 Monaten.

Kostenart	IST-Zustand DM/a	SOLL-Zustand DM/a	Einsparung DM/a	Verteuerung DM/a
Kapitalkosten Invest.				
Abschreibung (8 Jahre)	-	175.000,--		175.000,--
Finanzierungskosten (7%)	-	42.000,--		42.000,--
Material				
Lackverbrauch	7.848.980,--	4.488.540,--	3.360.440,--	
Lösemittel	362.400,--	148.730,--	213.670,--	
Reinigungsmittel	299.730,--	194.310,--	105.420,--	
Entsorgung				
Lackschlamm	232.460,--	117.200,--	115.260,--	
Altverdünnung	keine signifikante Änderung		24.710,--	
Energie	keine signifikante Änderung			
Zuluftverbrauch				
Druckluftverbrauch			10.000,--	10.000,--
Stromverbrauch				
Sonstiges				
Instandhaltungskosten	158.400,--	211.200,--		53.800,--
Gesamtsumme der Veränderungen			3.819.500,--	280.800,--

Abb. 10: Betrachtung der Wirtschaftlichkeit vor und nach der Umrüstung der Kunststofflackierung auf die Elektrostatikbeschichtung

8 Übertragbarkeit der Ergebnisse

Die elektrostatischen Lackierverfahren werden durch die Vorteile der effizienten Ausnutzung von Lackmaterial bereits in vielen Industriezweigen genutzt. Die Voraussetzung für die Anwendbarkeit dieses Verfahrens ist die Abstimmung des Lackmaterials und der Gerätetechnik zum Lackauftrag.

In der kunststoffverarbeitenden Industrie und besonders in der Zulieferindustrie für Automobile wird ein hohes Qualitätsniveau an die Lackierung gestellt. Daher ist ein wichtiges Kriterium bei der Kunststofflackierung die Minimierung von Nacharbeit.

Bei der Umsetzung der Elektrostatikbeschichtung im vorliegenden Projekt zeigte sich, daß der Auftrag von Primer- und Basislackschichten mit Hochrotationsglocken wegen Verschmutzungsproblemen noch nicht realisiert werden konnte. Für den Auftrag dieser Lackschichten kommen elektrostatikunterstützte Druckluftpistolen zum Einsatz.

Aus Gründen der Lackeinsparung sollten bei Neuplanungen - vor allem bei der Serienlackierung von Kunststoffteilen - grundsätzlich elektrostatische Lackierverfahren in Betracht gezogen werden (z.B. in der Kfz-Zulieferer-, Spielzeug- Haushaltswaren- und Elektroindustrie). Bei vergleichbarem Durchsatz können sich die Investitionskosten für die Anlagenmodifikation gegenüber einer konventionellen Anlage - wie der vorliegende Anwendungsfall zeigt - in etwa einem halben Jahr bereits rechnen.

Aufgrund der in diesem Projekt erzielten attraktiven Amortisationszeit ist zu erwarten, daß sich für viele bestehende Kunststofflackieranlagen die Umstellung auf elektrostatische Lackierverfahren rentiert. Voraussetzung sind Vorversuche und Simulationen möglichst unter Produktionsbedingungen zur Absicherung des Prozesses und der Lackierqualität.

Anhang

A1 Projektarbeitsgemeinschaft

Beteiligte Unternehmen	Ansprechpartner
ABAG-itm GmbH Stauferstraße 15 70736 Fellbach	Herr Grupp
Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (Fraunhofer IPA) Nobelstr. 12 70569 Stuttgart	Herr Klein
REITTER & SCHEFENACKER GMBH & CO KG Alfred-Schefenacker-Straße 1 71409 Schwaikheim	Herr Siemers

