Im Auftrag der
ABAG - Abfallberatungsagentur
Baden - Württemberg

Lackabfallverminderung bei der Bauelementebeschichtung

PROJEKTBERICHT

Projektträger:
Wilhelm Harzmann
Moderne Bausysteme GmbH
D - 72505 Krauchenwies 3 - Göggingen
Tel.: (07576) 771 - 0
Ansprechpartner: Herr Bergmann

Projektbegleiter:
Deutsche Forschungsgesellschaft
für Oberflächenbehandlung e. V.
Düsseldorf

Dipl.-Ing. Helmut Vesper

September 1996

Erarbeitung

Dipl.-Ing. Helmut Vesper
Deutsche Forschungsgesellschaft für Oberflächenbehandlung e.V., Düsseldorf

Für die kooperative Mitwirkung an diesem Projekt bedankt sich die DFO bei allen Beteiligten des Hauses Harzmann. Einen besonderen Dank spricht die DFO gemeinsam mit der ABAG den Herren Bergmann, Greiter und Müller aus.

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

Herausgeber:

ABAG-Abfallberatungsagentur
Geschäftsbereich der
SBW-Sonderabfallentsorgung Baden-Württemberg GmbH
Stauferstraße 15
70736 Fellbach
Tel.: 0711 / 95 19 11 - 0
Fax: 0711 / 95 19 11 - 20

ABAG-itm GmbH
Sachsenstraße 12
D - 75177 Pforzheim
Tel.: 07231/ 47252-0
Fax. -20
e-mail: info@abag-itm.de
Internet: www.abag-itm.de

September 1996

Gedruckt auf: weiß mattgestrichen Offset chlorfrei gebleicht (Umschlag)

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

Inhaltsverzeichnis

		Seite
Zusammenfassung		**5**
1.	**Stand der Technik**	**7**
1.1	Stand der Technik zur Reduzierung von Lackoverspray und zur Overspray-Rückgewinnung	7
1.2	Erwartete Weiterentwicklung des Standes der Technik durch das vorliegende Projekt	10
1.2.1	Rückgewinnung mit einem Lamellenvorhang	10
1.2.2	Elektrostatische Spritzapplikation von wäßrigen Dispersionslacken auf Faserzement-Werkstoffen	12
2.	**Beschreibung des Betriebes und bisheriger Verfahrensablauf**	**13**
2.1	Vorversuche	15
3.	**Beschreibung und Ziel des Projektes**	**16**
3.1	Beschreibung des Rückgewinnungssystems	16
3.2	Planung des Gesamtkonzeptes	20
4.	**Anforderungen an die Decklackierung**	**22**
5.	**Ergebnisse der Vorversuche**	**24**
5.1	Rückgewinnung	24
5.2	Versuche mit Elektrostatik	28
5.2.1	Elektrostatik-Anlage	29
5.2.2	Lackspritzversuche	30
6.	**Lackabfall-Reduktion durch beide Maßnahmen - Elektrostatisches Spritzen plus Lamellen-Auffang-System**	**31**
6.1	Versuchsergebnisse	31
6.2	Vergleich des jetzigen Abfallaufkommens mit dem Ausgangszustand	33
6.3	Kostenbetrachtung	36
6.3.1	Decklackierung	36
6.3.2	Grundierung	37
7.	**Bewertung des technischen Fortschritts und der Übertragbarkeit**	**38**
7.1	Rückgewinnung mit dem Lamellen-Auffangsystem	38
7.2	Vermeidungstechnik mit Elektrostatik-Applikation	39

8. Schrifttum 42

Bildverzeichnis 43

Anhang 44

Anhang 1 Am Projekt beteiligte Unternehmen 44

Zusammenfassung

Bei der Airless-Spritzapplikation von wässrigen Dispersionen auf Fassadenplatten und Bauteilen aus Faserzementwerkstoffen in einem mittelständischen Unternehmen fielen bisher erhebliche Mengen an Overspray in Form von Naßlack-Koagulat an, das als Sonderabfall zu entsorgen war. In einem über die Abfallberatungsagentur (ABAG) Baden-Württemberg geförderten Projekt wurde die Möglichkeit der Rückgewinnung und Wiederverwertung von Dispersionsdecklacken mit Hilfe eines Lamellen-Auffangsystems untersucht. Dieses System erbrachte für die hier verarbeitete lufttrocknende wäßrige Dispersion und unter den gegebenen Fertigungsbedingungen einen Teilerfolg: eine hochwertige Wiederverwendung des Overspray als Recyclat Zumischung zum Neulack war nicht möglich. Ein zu schnelles Antrocknen der Dispersion auf den Lamellen ließ diese Verwertung nicht zu. Eine Wasserbesprühung der Lamellen, die das Antrocknen des abgeschiedenen Overspray verhindern sollte, führte zu einer Zerstörung des Dispersionssystems durch Auswaschung der Pigmente und einen sog. Lösemittelschock. Die Nutzung des Lamellensystems führte aber zu der Umstellung der Spritzkabine von einer Naßauswaschung zu einer Trokkenabscheidung des Oversprays. Insofern konnte eine Umstellung von Naßkoagulat auf trockenen Lackabfall in deutlich geringerer Menge erreicht werden.

Nachdem es sich abzeichnete, daß eine direkte Rückgewinnung des Oversprays mit dem Lamellensystem in der betrieblichen Praxis des Anwenderunternehmens nicht erreicht wurde, wurden orientierende Versuche mit einer elektrostatisch unterstützten Spritzapplikation zur Erhöhung des Auftragswirkungsgrades durchgeführt, die im Sinne einer Vermeidungstechnologie zur Verringerung der Oversprayverluste und Verminderung von Lackabfällen aussichtsreiche Ergebnisse erbrachten. Da mit der elektrostatischen Beschichtung von Faserzementmaterialien zu dem Zeitpunkt keine Erfahrungen vorlagen, zumal die Platten und Bauteile vor dem Beschichten erwärmt werden, wurde das Projekt um einen entsprechenden Versuchsteil erweitert. Die elektrostatische Beschichtung erwies sich als praktikabel und führte als Primärmaßnahme zu einer deutlichen Overspray-Reduktion im Bereich von ca. 30 - 40 % bei der Decklackierung und damit zu einer jährlichen Lackkosten-Einsparung von rd. 180 TDM gegenüber dem Ausgangszustand. Hinzu kommen Einsparungen an Entsorgungskosten. Unter Berücksichtigung der Investkosten ergibt sich in der Systemgrenze Lackverbrauch/Applikation/Entsorgung eine Amortisationszeit von ca. 3 Monaten.

Durch die Anwendung der elektrostatischen Spritztechnik in Verbindung mit dem Auffang system bei gleichzeitiger Umstellung der Naßauswaschung auf eine Trockenabscheidung an der Spritzkabine reduziert sich der Lackabfall auf ein Minimum. Zur Wirtschaftlichkeit dieser Doppelstrategie liegen keine exakten Angaben vor, doch darf vermutet werden, daß neben einer elektrostatischen Beschichtungstechnik ein zusätzliches, additives Auffangsystem beim betrachteten Unternehmen nicht mehr wirtschaftlich ist.

Das Projekt bezog sich ausschließlich auf die Deckbeschichtung und sollte ursprünglich bei Erfolg auch auf die Grundierung der Produkte übertragen werden. Im Verlauf des Projektes hat der Projektträger alternativ das konventionelle Tauchverfahren untersucht. Es konnte mit Erfolg in die Serienfertigung eingeführt werden mit dem Ergebnis, daß bei der Grundierung praktisch kein Lackabfall mehr anfällt. So ist in der Gesamtbilanz des Betriebes der Lackabfall von ursprünglich 34 to/a Naßkoagulat auf weniger als 3 to/a Trockenmasse reduziert worden.

Bei der Grundierung ergeben sich Lackkosten-Einsparungen von ca. 152.000,00 DM. Für die oben genannte Systemgrenze ergibt sich eine Kostenamortisation von ca. 1 Monat.

Die Übertragbarkeit der Anwendung des Lamellen-Auffang- und Rückgewinnungssystems ist bei schnell reagierenden lufttrocknenden Beschichtungssystemen auf wässriger Basis eingeschränkt. Eine genaue Einzelfalluntersuchung ist hier angebracht.

Im Bereich der elektrostatischen Spritzlackierung von nichtmetallischen Werkstoffen ist durch das Projekt der Erfahrungsstand bereichert worden und begünstigt eine weitere Verbreitung dieser Technik in anderen Branchen.

Konventionelles Tauchbeschichten mit Grundierung dürfte auch weiterhin auf Sonderfälle, wie er hier vorliegt, begrenzt bleiben. Das dominierende Kriterium ist das Anspruchsniveau an die optische Qualität eines Gesamt-Beschichtungssystems, das im Einzelfall zu bewerten ist.

1. Stand der Technik

1.1 Stand der Technik zur Reduzierung von Lackoverspray und zur Overspray-Rückgewinnung

Die Sonderabfallmengen aus Lackieranlagen sind nach wie vor als zu hoch anzusehen. Diese Abfälle sind auf Sonderabfall-Deponien aus Kapazitätsgründen und unter ökologischen Gesichtspunkten praktisch nicht mehr aufnehmbar. Für die Lackierbetriebe sind diese Abfälle Prozeßverluste. Es ist noch immer zu wenig bewußt, daß ein beträchtlicher Teil dieser Verluste und damit auch ein beträchtlicher Kostenblock vermeidbar ist. Allerdings muß auch darauf hingewiesen werden, daß es zwar prinzipiell einen Stand der Technik für Maßnahmen zur Abfallreduzierung gibt, die praktische Anwendbarkeit solcher Maßnahmen in den Betrieben aber jeweils untersucht werden muß. Dies wirkt in die Richtung, die Übertragbarkeit des Standes der Technik in neue Fertigungszweige hinein zu verbessern bzw. zu beschleunigen und diesen laufend weiterzuentwickeln.

Der weitaus überwiegende Anteil von Lack- und Farbresten fällt in Lackieranlagen an, in denen Lacke durch Spritzverfahren, manuell oder auch automatisch, auf Werkstücke aufgetragen werden. Zwar gibt es verschiedene Varianten von Spritzverfahren, die vom Prinzip her einen unterschiedlichen Lack-Auftragswirkungsgrad aufweisen, aber generell liegt der Auftragswirkungsgrad bei Spritzverfahren mehr oder weniger deutlich unterhalb dem bei Verfahren wie Walzen, Gießen, Tauchen u.a. *(siehe Bild 1)*.

Eine deutliche Steigerung des Auftragswirkungsgrades bei Spritzverfahren ist dann erreichbar, wenn eine Verknüpfung mit elektrostatischer Aufladung der Lackpartikel im Spritzstrahl möglich ist. Prinzipiell besteht diese Möglichkeit bei elektrisch leitenden Werkstückoberflächen, wenn die mit den Lacktröpfchen ankommenden Ladungen schnell abgeleitet werden können. Allgemein wird ein spezifischer Oberflächenwiderstand von ca. 10^{10} Ω als obere Grenze angesehen, bis zu der eine elektrostatische Spritzlackierung möglich ist. Allerdings ist die Einsetzbarkeit dieser Technik von weiteren Faktoren abhängig, z.B. der Teileform (Sicken, Vertiefungen, Kanten, Hinterschneidungen u.a.) und Kabinenabmessungen, Warenträger und Warentransporteinrichtungen, äußeren Randbedingungen wie Luftfeuchte bzw. -schwankungen sowie auch von dem zu verarbeitenden Lacksystem. Zu dem Zeitpunkt, als das hier beschriebene Projekt konzipiert wurde (im Jahre 1991/92), war man im Hause Harzmann der Auffassung, daß ein elektrostatisches Spritzverfahren

Verfahren	Auftragswirkungs-grad in % (teilabh.)	Anwendung
Tauchen	80-90	Grundieren 1-Schicht-Lack
Elektrotauchen ATL, KTL	95	Grundieren 1-Schicht-LK nur für Metalle
Fluten mit Rückführung	80-90	Mittel Grundieren 1-Schicht-LK
Gießen	95	fast ebene Fläche
Walzen	100	ebene Flächen
Spritzlackieren		
Pneumatische Zerstäubung	30-60	universell
Airless	40-75	universell
Heißspritzen	40-70	viele Lackarten
Sprühspalt	98	spez. Anforderungen an den Lack
Zerstäuberscheibe	95 teileabhängig	mittel- bis hochspez. Anforderungen an den Lack
Hochrotation	75-90	auch für wasserlösliche Lacke
Pneumatische Zerstäubung mit sek. Aufladung	50-70	universell
Airless-Zerstäubung mit sek. Aufladung	60-75	universell
Airless-ESTA-Heiß	65-80	spez. Anforderungen
ESTA-Pulversprühen	95 mit Rückgewinnung	Hohe Einbrenntemperatur
Wirbelsintern	95	Hohe Einbrenntemperatur

Bild 1: Auftragswirkungsgrade von Beschichtungsverfahren

nicht möglich sei. Diese Ansicht wurde damit begründet, daß die zu beschichtenden Faserzement-Platten und -Bauteile vor dem Beschichten in einem Ofen erwärmt werden und somit eine trockene Oberfläche mit ungenügender Leitfähigkeit vermutet wurde. Meßergebnisse darüber waren nicht bekannt.

Zu diesem Zeitpunkt befaßte man sich in der Forschung bei der DFO mit Möglichkeiten, auch an nicht leitenden oder schlecht leitenden Oberflächen wie Kunststoffen (später auch Holz) die elektrostatische Beschichtung zu verwirklichen. Zum Zeitpunkt der Projektplanung waren die anlagentechnischen Voraussetzungen unter Gesichtspunkten der Sicherheit und Pistolenhandhabung bei der Spritzapplikation von wässrigen Lacksystemen mit Handpistolen noch nicht so ausgereift wie heute, auch unter Kostengesichtspunkten für den Anlagenaufwand. Es wäre aber bestimmt interessant gewesen, die Anwendung der Elektrostatik für den hier vorliegenden Fall im Rahmen eines Projektes zu untersuchen und die Weiterentwicklung der Elektrostatiktechnik für diesen Fall zu fördern.

Der Bericht geht in diesem Kapitel deshalb auch auf die Möglichkeiten der Oversprayreduzierung durch elektrostatische Spritztechnik ein, weil entsprechende Untersuchungen im Verlaufe des Projektes im Rahmen einer Projekterweiterung durchgeführt wurden. Auch im folgenden Abschnitt wird weiter auf die elektrostatische Spritztechnik eingegangen.

Zu dem Zeitpunkt, als der Unterzeichner als Projektbegleiter einbezogen wurde, war das Projekt auf die Erprobung einer noch relativ neuen Overspray-Rückgewinnungstechnik ausgerichtet als ein Baustein im Rahmen einer Reihe von Projekten. Es war naheliegend, so zu verfahren, da die Hoffnung bestand und begründet war, mit einer relativ einfachen Rückgewinnungsmethode mit geringerem Aufwand ans Ziel zu kommen, nämlich Lackabfallmengen zu reduzieren.

Für eine Rückgewinnung kommen heute grundsätzlich drei Prinzipien in Betracht:

1. Abscheidung des Lackoversprays in demselben flüssigen Lackmaterial, welches anstelle von überlichem Wasser hier als Auswaschmedium dient (sog. Lack in Lack-Kabine). Zum damaligen Zeitpunkt befand sich diese Technik ebenfalls noch in der Entwicklung, schied aber ohnehin für den hier vorliegenden Anwendungsfall wegen häufiger Farbwechsel aus.

2. Abscheidung des Lackoversprays im Spritzkabinen-Auswaschwasser mit anschließender Ultrafiltration. Zum damaligen Zeitpunkt war diese Technik noch keineswegs genügend ausgereift, für wässrige Dispersionslacke nicht geeignet, vom Anlagenaufwand her für ein kleineres mittelständisches Unternehmen nicht zu rechtfertigen und auch nicht anwendbar wegen der häufigen Farbwechsel, zum Teil mehrmals pro Schicht. Infrage kam hier lediglich eine
3. Abscheidung des Lackoversprays auf Flächen, die - in Spritzrichtung gesehen - hinter den Produktionsteilen angeordnet sind. Zum damaligen Zeitpunkt waren bekannt
   - eine rotierende Scheibe mit einer Rakeleinrichtung zum Abstreifen des Lackes
   - ein Lamellenvorhang mit einer Abstreifeinrichtung zur Rückgewinnung des Lackes.

   Die Anwendbarkeit dieses damals relativ neuen und vielversprechenden Verfahrens zu prüfen und die geeigneten Prozeßparameter bezüglich Lamellentakt, Abstreifen, Aufbereiten, Lagerung und Transport des Oversprays zu erarbeiten, war eine sinnvolle Aufgabe. Insbesondere war es erforderlich, unter den Gesichtspunkten Qualität und Verarbeitbarkeit die Bedingungen der Zumischung des Recyclates zu Neulack zu erarbeiten, sowohl unter technischen als auch wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Vorgesehen wurde sinnvollerweise die externe Aufbereitung und Zumischung des Recyclates beim Lacklieferanten. Für einige Wasserlack-Systeme war diese Art der Wiederverwertung von Recyclaten technisch erprobt, aber besonders unter Qualitätsgesichtspunkten muß diese Verwertbarkeit für jedes System erprobt werden. Wässrige Dispersionen wie im vorliegenden Fall sind keineswegs einfacher zu handhaben als echte Lacklösungen.

1.2 Erwartete Weiterentwicklung des Standes der Technik durch das vorliegende Projekt

1.2.1 Rückgewinnung mit einem Lamellenvorhang

In *Bild 2* ist eine Lamellenvorhang-Anlage schematisch dargestellt. Zum damaligen Zeitpunkt waren mehrere solcher Systeme in unterschiedlichen Branchen im Einsatz oder in der Erprobung. In Werksverlautbarungen wurde das System der Fa. Reiter in Winnenden durchweg positiv dargestellt. In [1] werden Einsatzbeispiele (Erprobungen) angeführt, die

darauf hindeuten, daß ein Antrocknen des Oversprays auf den Lamellen unter bestimmten Bedingungen nicht ausgeschlossen werden kann.

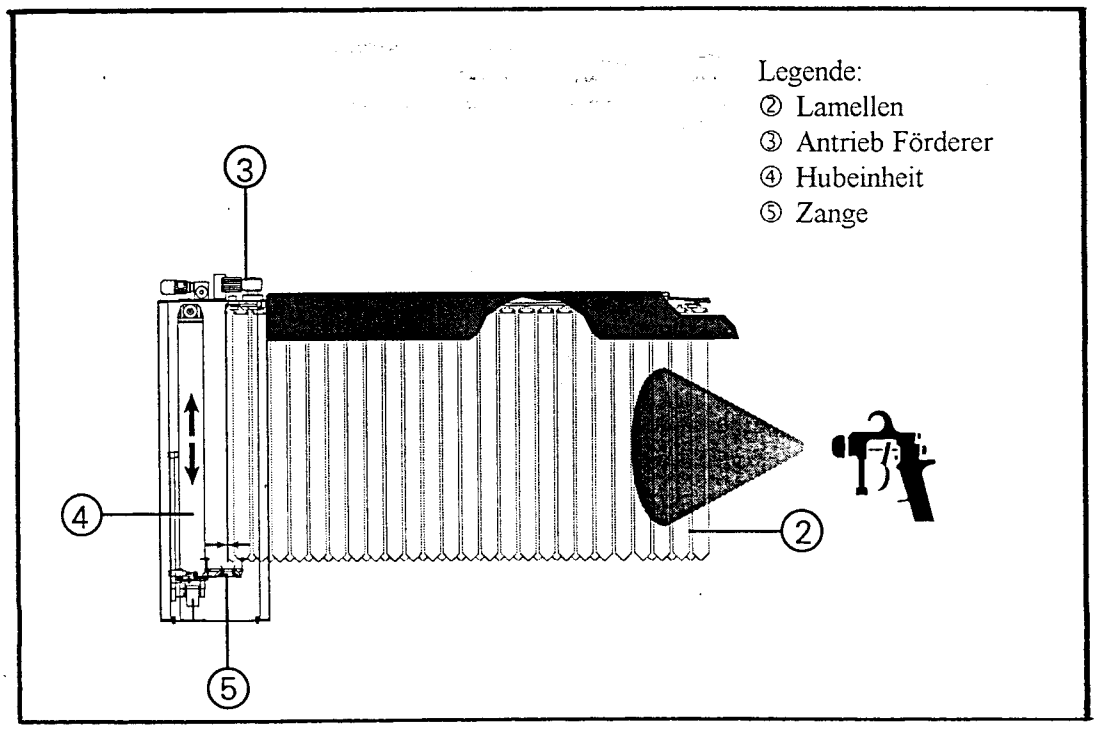


Bild 2: Lamellenauffangsystem, Quelle Fa. Reiter

Folgende Fragestellungen sollten untersucht werden:

1. Funktionsfähigkeit des Lamellenvorhangs generell, insbesondere der Abstreifvorrichtung
2. Unterschiedliche Lamellenwerkstoffe, Edelstahl und Kunststoff
3. Zustand des Oversprays zum Zeitpunkt des Auftreffens
4. Veränderungen des Oversprays während des Lamellenumlaufs bis zum Abstreifvorgang; daraus abzuleiten auch die Lamellen-Taktzeit
5. Einfluß der Kabinenbedingungen und des Spritzvorganges auf die Konsistenz des Oversprays
6. Aufbereitung des abgestreiften Lackmaterials, pumpen, lagern, transportieren
7. Reaktivität des Bindemittels der Recyclat-Dispersion im Hinblick auf die Verwertbarkeit als Harz oder lediglich als Füllstoff

8. Einstellung des Recyclates hinsichtlich Viskosität, Festkörper, Pigmentvolumen und Mischbarkeit mit neuer Dispersion
9. Eigenschaftsprofil des Mischlackes aus Recyclat und Neulack bei verschiedenen Anteilen an Recyclat
10. Verarbeitbarkeit des Gemisches
11. Reproduzierbarkeit des Verfahrensablaufs
12. Mengenbilanz
13. Konsequenzen für den Einbau des Lamellensystems im Rahmen einer Neukonzeption der Lackieranlage

Ein Erfolg dieser Untersuchungen würde dazu beitragen, derartige Auffangsysteme beschleunigt in die Praxis einzuführen und die Einsatzbereiche zu erweitern, insbesondere bei Dispersionen und besonderen Produktwerkstoffen wie Faserzementplatten und -bauteilen und ähnlichen anorganisch - mineralischen Werkstoffen.

1.2.2 Elektrostatische Spritzapplikation von wäßrigen Dispersionslacken auf Faserzement-Werkstoffen

Im Zuge des Projekts wurde untersucht, ob und unter welchen Bedingungen eine elektrostatisch unterstützte Spritzapplikation von wässrigen Dispersionslacken auf Faserzementwerkstoffen möglich ist. Grund für diese Untersuchung war, daß in einem Stichversuch ein positives Ergebnis erzielt wurde. Da bei der elektrostatischen Beschichtung von Faserzementmaterialien keine Erfahrungen bisher bekannt waren, insbesondere von der Annahme auszugehen war, daß dieses Material eine nicht ausreichende Oberflächenleitfähigkeit besitzt, da insbesondere vor dem Beschichten eine Erwärmung durchgeführt wird, war es angebracht, folgende Fragestellungen zu untersuchen:

1. Verfügbarkeit der Anlagentechnik bei kleinen Lackmengen, häufigen Farbwechseln, Handapplikation
2. Spritzpistolen-Einstellparameter
3. Stabilität des elektrostatischen Feldes
4. Konsequenzen für die Teilegehänge
5. Feuchtegehalt und Oberflächenleitfähigkeit der Faserzementmaterialien bei unterschiedlichen Prozeßeinflüssen, insbesondere Vortrocknung der Bauteile, im Hinblick auf ein genügend großes Arbeitsfenster
6. Konsequenzen für die Kabinenabmessungen im Zuge der Anlagenneuplanung

7. Kombination Elektrostatik mit der Lamelleneinrichtung
8. Konsequenzen für das Lackoverspray-Abscheidekonzept (Restmengen): Naßabscheidung oder Trockenabscheidung
9. Abscheidewirkungsgrad und Gesamtbilanz

Ein Erfolg dieser Untersuchungen würde dazu beitragen, die Anwendung der elektrostatischen Hand-Applikation von wässrigen Dispersionen grundsätzlich zu erweitern, insbesondere auch für Werkstoffmaterialien wie Faserzement, der bisher als elektrostatisch nicht beschichtbar galt bzw. dessen Eignung hierfür nicht untersucht war.

2. Beschreibung des Betriebes und bisheriger Verfahrensablauf

Die Firma Wilhelm Harzmann ist ein mittelständisches Unternehmen mit ca. 80 Beschäftigten und einem jährlichen Umsatz von ca. 20 Mio. DM (Jahr: 1991; in 1994: 60 Beschäftigte, Umsatz 10 Mio DM). Das Werk fertigt aus Faserzementmaterial Fassadenelemente und Formteile für Bauten und für Begrünungen, letzteres in der Vielfalt von Blumenkübeln und Balkonkästen bis zu großflächigen Grünanlagen. Etwa 60 % werden als Platten ausgeliefert, die übrige Menge als Formteile unterschiedlichster Größe und Form. Die Fertigung erfolgt auf Bestellung projektbezogen, so daß die Lackierung bezüglich der Farbtöne und des Lackauftragsverfahrens mindestens bei der Deckbeschichtung flexibel sein muß.

Die Produkte werden praktisch zu 100 % im Außeneinsatz angewandt mit im Bauwesen üblichen hohen Forderungen für die Lebensdauer. Hierunter ist nicht nur zu verstehen, daß die Produkte ihre Funktion erfüllen, sondern sie sollen über viele Jahre auch optisch ansprechend aussehen.

Die Produkte werden zur Regulierung der Feuchtigkeitsaufnahme und -abgabe sowie zur Farbgebung beschichtet, teilweise einschichtig, teilweise zweischichtig. Überwiegend kommen 1K-Dispersionssysteme zur Anwendung.

In das hier beschriebene Projekt sind ausschließlich 1K-Dispersions**decklacke** einbezogen, um an der Decklackierstation modellhaft die Anwendbarkeit des Rückgewinnungssystems zu untersuchen. Es war vorgesehen, außerhalb des geförderten Projektes das erprobte Rückgewinnungsverfahren auch bei der Applikation der Grundierung einzusetzen, je nach

Bauelemente, z. B. für

- Fassaden

- Balkone

- Pflanzgefäße

Bild 3: Ausschnitt aus dem Produktionsprogramm

Zweckmäßigkeit evtl. aber auch nach einem anderen Verfahren Abfallreduzierungsmaßnahmen zu ergreifen. Im weiteren Verlauf der Projektbeschreibung wird nur noch auf die Deckbeschichtung Bezug genommen; bei der Mengenbeschreibung und Abschätzung des Abfallvermeidungspotentials wird die Dispersions-Grundierung mit einbezogen.

Bei der Beurteilung der Rückgewinnbarkeit und des Wiedereinsatzes des Recyclates sind die Qualitätsansprüche an die Beschichtungen ausführlich zu diskutieren. Dies erfolgt in Kapitel 4.

2.1 Vorversuche

Die Teilebeschichtung erfolgte bisher in einer ca. 15 Jahre alten Lackieranlage. In dieser Anlage wurde zunächst in Vorversuchen die grundsätzliche Anwendbarkeit des Lamellen-Rückgewinnungssystems getestet.

Grundierung und Deckbeschichtung erfolgten mit der Airless-Zerstäubung bei ca. 100 bar. Die Teile wurden an einer Hängebahn von Hand transportiert. Sie wurden teilweise gesammelt, in einem Ofen vorgetrocknet, vereinzelt und beschichtet. Die beschleunigte Verfilmung der lufttrocknenden Beschichtungssysteme erfolgte danach wiederum gesammelt in einem Trockner bei ca. 100 °C in 30 Minuten; die weitere Abdunstung und die Restverfilmung erfolgten in einem Puffer als letzte Station. Im Bereich der Trocken-Öfen erfolgte der Teiletransport durch mechanischen Vorschub. Die Lackierung erfolgte jeweils in einem offenen Spritzstand mit Naßauswaschung des Oversprays. Der Overspray wurde im Wasserbecken von jeweils ca. 10 m^3 gesammelt, und nach Sättigung des Wassers mit Lackschlamm wurde das Wasser-Lack-Volumen zunächst in ein Reservebecken (Klärsee) gepumpt zum Absetzen der Festkörperanteile. Das auf diese Weise geklärte Wasser wurde den Spritzkabinen im Kreislauf wieder zugeführt. Der verbleibende Lackschlamm wurde durch Zwischenlagerung zur Wasserabdunstung und/oder Zugabe von Wasserbindemitteln auf Stichfestigkeit eingestellt. Diese Abfallmasse wurde je nach freier Kapazität entsprechend den gesetzlichen Vorschriften auf Sonderabfalldeponien oder durch Verbrennung entsorgt.

Der Overspray wurde vom Unternehmen mit durchschnittlich (je nach Teileart unterschiedlich) 55 Gew. - % angegeben, ermittelt durch Verbrauchsmessung (Basisjahr 1991). In der Gesamtfertigung bestand in diesem Bezugsjahr ein Lackverbrauch von ca. 62,5 to/Jahr. Dies entspricht bei dem o.g. durchschnittlichen Overspray ca. 34 to/Jahr Lackma-

terial. Für den durchschnittlichen Festkörperanteil aller Lackmaterialien lag keine Angabe vor. Zur Ermittlung der endgültig zu entsorgenden Masse müßte eine Umrechnung erfolgen, wobei diese ungenau bleibt, da der Restwassergehalt der entsorgten Masse ebenfalls nicht exakt angegeben werden kann.

Bei der Decklackierung allein bestand ein Materialverbrauch von ca. 27 to/Jahr, entsprechend einem Oversprayanteil von ca. 15 to/Jahr.

3. Beschreibung und Ziel des Projektes

Am Beispiel der Decklackierung der Produkte aus Faserzementmaterial sollte das sogenannte Relas-Rückgewinnungssystem der *Firma Reiter GmbH & Co., 71364 Winnenden*, erprobt werden. Das zurückgewonnene Lackmaterial sollte zunächst durch den Lackliefe-ranten aufbereitet und in Anteilen dem Neulack wieder zugegeben werden. Angestrebt wurde, daß der Verarbeiter, die Firma Harzmann, die Einstellung des Recyclats und dessen Zudosierung zum Neulack später selbst durchführen sollte.

In der Decklackierkabine werden auf der Basis gleichartiger und damit chemisch verträglicher Systeme Materialien mit unterschiedlichen Farbtönen verarbeitet. Bei den häufigen (mehrmals täglich) Farbtonwechseln würde über das Rückgewinnungssystem ein Material mit einem Mischfarbton anfallen. Es wurde vorgesehen, die Rückseiten von Fassadenplatten oder die an Formteilen nicht sichtbaren Innenflächen mit diesem Mischlack zu beschichten. Auf die Mengenbilanz wird in Kapitel 5 und 6 eingegangen. Die Firma Harzmann plante die Installation einer neuer Lackieranlage, die eine neue Lackierkabine für Grundlackbeschichtungen und eine solche für Decklackbeschichtungen umfassen sollte, neben Trocknern, neuem Fördersystem usw. Das Overspray-Rückgewinnungssystem sollte im Rahmen dieses Projektes endgültig in der neuen Decklackierkabine installiert werden.

3.1 Beschreibung des Rückgewinnungssystems

Das Overspray-Auffangsystem besteht aus einem zweireihigen Lamellenvorhang mit senkrecht versetzt hängenden Lamellen. Dieser doppelreihige Vorhang wird zwischen dem zu beschichtenden Werkstück und der Kabinen-Wasserwand angeordnet. Das Bild 3 zeigt das Prinzip dieser Einrichtung. Die Lamellen werden getaktet langsam durch eine Fördereinrichtung mit Umlenkkettenrädern seitlich bewegt. Die mit Overspray angereicherte Luft

muß durch die Lücken zwischen den Lamellen hindurchströmen. Durch das Anströmen des Vorhangs als Fläche und Umlenkung des Luftstromes zwischen den Lamellen wird ein großer Teil der Lackpartikel auf den Lamellen niedergeschlagen. Die Lamellen gelangen einzeln in die außerhalb des Spritzbereichs befindliche Beflut- und Abstreifstation. Dort wird der Overspray abgesteift und aufgefangen und kann der weiteren Verwendung zugeführt werden. Je nach Lacksystem und Qualitätsanforderungen kann der Aufbereitungsweg unterschiedlich sein. Im Idealfall kann der Lack, nach einem Siebvorgang zur Separierung eventuell vorhandener Schmutzpartikel, einem Neulack direkt zugegeben werden, oder aber es findet eine Aufbereitung statt, z.B. Einstellung des Festkörpergehaltes und der Spritzviskosität.

Zu bevorzugen ist dieses System bei wässrigen Lacken oder Dispersionen, ohne oder mit geringen Mengen an organischen Co-Lösern. Bei konventionellen Lösemittel-Lacken kann das System grundsätzlich ebenfalls funktionieren, wenn der Lack so konzipiert ist, daß eine schnelle Lösemittelabdunstung und somit ein Antrocknen des Lackes vermieden wird, aber es ist dann ein zusätzlicher Lösemitteleinsatz erforderlich, um das Recyclat erneut zur Verarbeitung einzustellen. Wässrige Systeme erscheinen somit im Prinzip günstiger, weil prinzipiell ein langsameres Abdunsten des Wassers unterstellt werden kann und der Lack voraussichtlich abstreifbar bleibt. Es ist aber dabei zu bedenken, daß die Abdunstungsgeschwindigkeit des Wassers auch von der Tröpfchengröße des Oversprays (d.h. von der summierten Oberfläche der Lackpartikel) abhängt, ferner auch von den Klimabedingungen der Spritzkabine, der Flugstrecke der Partikel bis zur Lamellenwand, der Taktzeit der Lamellen und von anderen Randbedingungen.

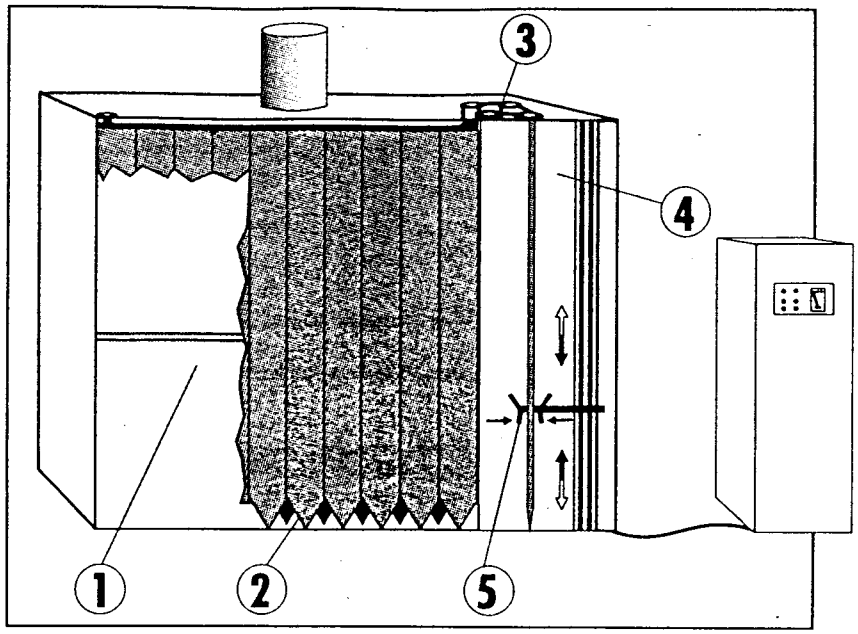
Da das Lamellensystem zum Zeitpunkt der Projektdefinition noch relativ neu war, war davon auszugehen, daß für das hier vorliegende Lacksystem und die Randbedingungen der Fertigung die Einsatzparameter erarbeitet werden mußten. Vermutet wurde als besonderer Problempunkt ein Antrocknen des Oversprays vor Ankunft in der Abstreifstation [1].

Technische Daten

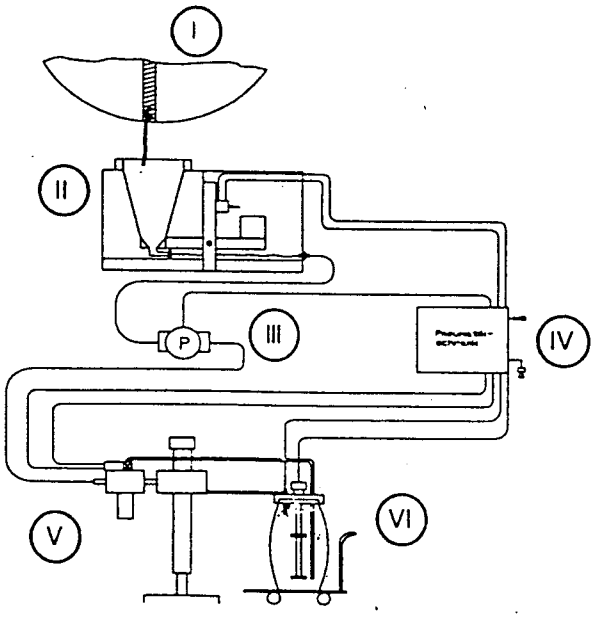
Lamellenwand:

Kettenlänge:	ca. 10,000 m
Anzahl der Lamellen:	ca. 50
Abmessung der Lamelle, L x B x D:	3800 x 160 x 3
Lamellenmaterial:	V2A-Bleche, poliert

Der Overspray wird auf den Lamellen (2) aufgefangen. Durch den Lamellenförderer (3) werden die Lamellen in die Abstreifstation (4) getaktet. Die Zange (5) rakelt den Overspray beidseitig ab. Durch Kombination mit einer Trockenwand (1) entfällt der Naßprozeß.



Lackaufbereitungssystem



I Lackauffangeinrichtung
II Auffangvorrichtung mit Nievaukontrolle und Schmutzfänger
III Förderpumpe
IV Pneumatische Steuerung mit Signalhorn
V Filter
VI Sammelgefäß mit Rührwerk und Füllstandsüberwachung

Bild 4 Relas-Overspray-Auffangsystem

Gewicht einer Lamelle:	ca. 15 kg
Antrieb:	0,5 kW
	Getriebemotor für Umrichterbetrieb
Positionierzeit:	ca. 8 sec.

Beflut- und Abstreifeinheit:

Die Beflut- und Abstreifeinheit besteht im wesentlichen aus einer Vertikalhubeinheit zur Bewegung der Flutdüse und Greifzange.

Um eine gleichmäßige Abstreifgeschwindigkeit zu erreichen, ist die Vertikaleinheit mit einem Kettenantrieb ausgestattet. An einem Ausleger sind die Abstreifzange, sowie die Befluteinrichtung befestigt. Der Abstand zwischen Flutdüse und Abstreifzange ist so gewählt, daß er dem Abstand zweier Lamellen entspricht. Dadurch wird mit jedem Vertikalhub jeweils eine Lamelle beflutet und eine Lamelle abgestreift. Sowohl die Flutdüse, als auch die Abstreifzange ist beidseitig der Lamelle angeordnet, d.h. die Lamellenvorder-, und Rückseite wird jeweils beflutet und abgestreift.

Über Initiatoren auf C-Schienen sind der obere und untere Umkehrpunkt einstellbar. Die Geschwindigkeitsverstellung der Vertikaleinheit erfolgt über eine Bedientastatur im Steuerschrank. Die gesamte Beflut- und Abstreifeinheit befindet sich außerhalb des Bereichs, in welchem Overspray anfällt und ist zusätzlich mit einer geschlossenen Verkleidung versehen.

Die Abstreifzange bildet das Herzstück der Einheit. Im Aufwärtshub wird die geöffnete Zange in die obere Position gefahren. Über einen pneumatisch betätigten Zylinder werden dann die Einpunkt-gelagerten Schaber an die Lamellen angedrückt. Nach dem Schließen der Zange wird die zuvor beflutete Lamelle beidseitig abgestreift. Dabei ist im oberen, als auch unteren Totpunkt eine Haltezeit einstellbar. Der Anpreßdruck des Schabers ist über einen Handregler einstellbar.

Die Beflutdüse ist so ausgelegt, daß, in dem der Abstreifung vorangehenden Takt, die Lamelle im Aufwärtshub mit Originallackmaterial bzw. Recyclat beflutet wird. Die Menge des Flutmaterials ist über einen Regler einstellbar. Nach Erreichen des unteren Umkehrpunktes verharrt die Zange in der Position, bis die nächste Lamelle vorgetaktet wurde.

Technische Daten

- Vertikalhubeinheit:

Vertikalhub:	ca. 3.800 mm
Hubgeschwindigkeit:	Aufwärtshub: 48 m/min
	Abwärtshub: 12 m/min.
	Zeit für Doppelhub: ca. 24 sec.
Antrieb:	0,57 kW
	Getriebemotor für Umrichterbetrieb

- Abstreifzange:

Schabermaterial:	Vulkollan D 15 Shore A 70

- Fluteinrichtung:

im wesentlichen bestehend aus:

- einer druckluftbetriebenen Doppelmembranpumpe in Edelstahlausführung, Übersetzungsverhältnis 1:1.
- Förderleistung ca. 5 l/min.
- kompl. mit Druckregelarmatur für Antrieb, incl. Manometer.
- Druckluftanschlußschlauch 2 m lang, NW 9, zum Anschluß an bauseitige Versorgung.
- Saugeinrichtung mit Siebkorb
- Vorlauffilter Maschenweite ca. 100 µm
- Materialversorgungsschlauch Nennweite 9; 7,5 m lang

3.2 Planung des Gesamtkonzeptes

Das Beschichtungskonzept der Fa. Harzmann sah zu Beginn des Jahres 1992 zunächst 3 Spritzkabinen vor, wobei in der Endausbaustufe 2 Kabinen das Rückgewinnungssystem enthalten sollten. In der 3. Kabine sollten die anfallenden geringen Mengen nicht mischbarer Beschichtungssysteme verarbeitet werden. Diese Planung wurde später auf die 2 Hauptkabinen für Grundierung und Deckbeschichtung reduziert. Dabei blieb zunächst offen, wie mit den nicht mischbaren Materialien verfahren werden sollte. Denkbar erschien, zeitweise das Rückgewinnungssystem in der Grundierkabine nicht zu nutzen bei kontinuierlicher Reinigung des Kabinenwassers. Es war ferner geplant, eine Naßauswaschung für alle Kabinen beizubehalten, den noch anfallenden Restlackschlamm in einer Filterpresse zu entwässern und das Abwasser zu behandeln.

Seit Herbst 1993 wurde eine Überarbeitung der Planung, die praktisch einer Neuplanung gleichkam, durchgeführt. Diese Neuplanung berücksichtigte die Ergebnisse von zwischenzeitlich durchgeführten Versuchen oder anderen neuen Überlegungen. Die wichtigsten Fragestellungen waren folgende:

1. Die Lackkoagulation und die Lackschlammentwässerung mit einer an der vorherigen Lackieranlage installierten Filterpresse war problembehaftet.

2. Bei entsprechender Wirksamkeit des Rückgewinnungssystems, also nur noch geringem Anfall an Rest-Overspray, erschien eine Trockenabscheidung an der Spritzkabine als Alternative zur Naßauswaschung erwägenswert, da deutlich längere Filterstandzeiten erwartet werden konnten. Näheres sollten die weiteren Versuche ergeben.

3. Lufthaushalt, Energieverbrauch, Möglichkeiten der Energierückgewinnung, Durchsatzleistung, Platzbedarf u.a. wurden neu ermittelt.

4. Zum Auftragen der Grundierung sollte das klassische Tauchverfahren erprobt werden.

5. Anhand der Vorversuche mit dem Rückgewinnungssystem waren detaillierte Erkenntnisse auch zur Regelungstechnik zu erwarten.

3.3 Geplante Reduzierung des Lackoverspray

Nach den vom Lieferanten des Vorhangsystems geäußerten Erfahrungen wurde von folgenden verbleibenden, d.h. zu entsorgenden Overspraymengen ausgegangen:

	Lack-Verbrauch 1991 to/Jahr	Overspray 1991 to/Jahr	zukünftig zu entsorgender Overspray to/Jahr
Decklackierung	27	15	5
Gesamtlackierung (Grund- und Decklack)	62,5	34	11

4. Anforderungen an die Decklackierung

Die Decklacke, welche Gegenstand des Projektes sind, dienen der Farbgebung wie auch der Regulierung einer Wasserdampfdiffusion beim Außeneinsatz der Bauteile. Es handelt sich um wässrige 1-Komponenten Dispersionssysteme mit folgenden Bezeichnungen:

XV-HDK Deckfarbe, Festkörper 56 - 60 Gew.-%
XV-HDK Strukturfarbe, Festkörper 58 Gew.-%
XV-HDK Überzugsfarbe, Festkörper 45 - 50 Gew.-%
XV-HDK Klarlack als Beimischung zur Überzugsfarbe, Festkörper 39 Gew.-%

Die Systeme enthalten Acrylat-Mischpolymerisat-Bindemittel, silikatische Füllstoffe und Additive zur Beeinflussung von Haftung, Glanz und Verlauf, sowie neben Wasser 3 % organische Lösemittel (Glykole).

Die Beschichtung der Sichtflächen und Kanten erfolgt in dem gewünschten Farbton des Bestellers, die der nicht sichtbaren Flächen (Rückseiten) entweder mit der gleichen Farbe ohne Farbpigmente oder einem Farbgemisch aus Restbeständen von Deckfarben.

Die eingesetzten Beschichtungssysteme sind durch Prüfung bei der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) für die Verwendungszwecke zugelassen.

Die Beschichtungen unterliegen folgenden Anforderungen:

1. Schichtdicke:
   Grundierungen: 40 - 60 µm
   Decklackierungen: ca. 50 µm
   Die Prüfung erfolgt mikroskopisch an Proben, die sporadisch dem Lacklieferanten zur Verfügung gestellt werden. Die Prüfung im Fertigungsablauf erfolgt optisch anhand von Deckvermögen und Verlauf.

2. Haftfestigkeit:

2.1 Gitterschnittprüfung nach DIN 53 151; Forderung: Gt 0
Schnittabstand 2 mm, Klebebandabriß

2.2 Bestimmung der Abhebefestigkeit und der Schichtfestigkeit nach DIN 52366
Wert: > 1,0 N/mm^2, Abriß muß im Substrat erfolgen.

3. Porendichtheit:

   Ausblühtest: eine Fläche von ca. 10 cm Ø wird bei Raumtemperatur 20 ml verdampftem destilliertem Wasser ausgesetzt. Dabei dürfen aus dem Untergrund keine Kalksalze austreten.

4. Mechanische Eigenschaften

4.1 Eindruckversuch nach Buchholz gem. DIN 53153;
    Forderung: Eindruckwiderstand > 80

4.2 Bleistifthärte, z.B. nach Wolff-Wilborn; Härte 4H

5. Optische Eigenschaften:

5.1 Glanzgrad bei 60 ° (Lange-Gerät) 15 - 20

5.2 Witterungsbeständigkeit:

5.2.1 Xenon-Test nach DIN 53231

5.2.2 Freibewitterung 1 Jahr
    Es erfolgt ein Farbvergleich mit dem Urmuster

6. Frost-Tau-Wechseltest

   Dabei wird eine Probe zur Hälfte in Wasser stehend im Wechsel eingefroren und aufgetaut.

   Zyklus: 40 Stunden Einfrierzeit, 8 Stunden Auftauzeit

   Es werden insgesamt 15 Zyklen ausgeführt, davon soll die Probe 6 bis 8 Wechsel ohne Schädigung überstehen. Beurteilt wird eine flächige Enthaftung oder Unterwanderung der Beschichtung.

7. Kochtest:

   Lagerung der Proben über 4 Stunden in Wasser von 90 °C. Nach dieser Zeit sollen keine Blasenbildung und kein Abblättern der Beschichtung auftreten.

8. Temperatur-Wechseltest:

   Zyklus: 4 Stunden Wasserlagerung
   16 Stunden - 20 °C
   4 Stunden + 60 °C

   Nach 25 Zyklen soll keine Enthaftung auftreten.

Das umfangreiche Prüfprogramm zeigt, daß an die wässrigen Dispersionssysteme relativ hohe Qualitätsanforderungen gestellt werden. Diese Qualitätsanforderungen sind nicht nur vom Lacksystem selbst zu erfüllen, sondern auch durch exakte Einhaltung der relevanten Prozeßparameter wie Viscosität, Einstellung auf Spritzviscosität, Festkörpergehalt, Temperatur usw.

Die Frage des Wiedereinsatzes des Recyclates ist deshalb sowohl anhand der geforderten Beschichtungseigenschaften, als auch anhand des Spritz- und Rückgewinnungsprozesses einschl. Aufarbeitung und Zumischungsmöglichkeiten zu Neulack zu beantworten.

5. Ergebnisse der Vorversuche

5.1 Rückgewinnung

Im Rahmen der Neuplanung der gesamten Produktionsanlage wurde als sinnvoll angesehen, in der vorhandenen Decklack-Spritzkabine durch Einbau des Rückgewinnungssystems Vorversuche durchzuführen, um die Handhabung und Wirkungsweise des Systems zu testen und die lacktechnische Verwertung grundsätzlich zu klären. Dazu wurden an der Spritzkabine provisorische Umbauten vorgenommen bezügl. Luftführung, Erprobung einer Trockenabscheidung sowie Recyclat-Sammlung, -Filterung und -Förderung.

Das Relas-Rückgewinnungssystem war zum Zeitpunkt des Versuchsbeginns in der Fachwelt bekannt und wurde bereits in verschiedenen Lackieranlagen eingesetzt, z.B. bei einer

- Fensterlackierung mit lufttrocknenden Wasserlacken.
  Hier wird der Overspray trocken aufgefangen und als hausmüllähnlicher Gewerbeabfall entsorgt.
- Stuhllackierung mit einem wässrigen UV-trocknenden Lacksystem.
  Hier werden die Lamellen beflutet. Das Recyclat wird nach Filterung direkt dem Neulack zugeführt.
- Stahlmöbelteile mit einem Wasserlack-Einbrennsystem.
  Die Lamellen werden vor dem Abrakeln mit dem bereits aufgefangenen Lack beflutet.
- Armaturen mit einem physikalisch trocknenden lösemittelhaltigen Lacksystem.
  Hier werden die Lamellen vor dem Abrakeln mit dem bereits aufgefangenen Lack beflutet.

Diese Beispiele nährten folgende Erwartung: bei UV- oder anderen Lacksystemen, die zur Filmbildung Strahlungs- oder Heißluft-Wärmeenergie benötigen, war die Möglichkeit zu erwarten, bei Beflutung in der Abstreifstation den Lack recyclieren zu können. Bei lufttrocknenden Systemen mußte befürchtet werden, daß der Overspray beim Flugweg zu den Lamellen und innerhalb der Zeit, bis „besprühte" Lamellen die Arbeitsstation erreichen, antrocknen kann und angelöst werden muß. Grundsätzlich wurden zwei Vorgehensweisen in Erwägung gezogen: Fluten der Lamellen kurz vor der Arbeitsstation mit Lack oder Wasser oder Befeuchtung des gesamten Vorhangs mit Wasser.

Im Mai 1994 wurde das Relas-Rückgewinnungssystem in die vorhandene angepaßte Decklack-Spritzkabine eingebaut und mit den Testreihen begonnen.

In den ersten Versuchen zeigte sich, daß der Overspray auf den Lamellen soweit angetrocknet war, daß ein sicheres Abrakeln unmöglich war. Dabei war die Dispersion günstig eingestellt worden: 50 % Festkörper, 45 % Wasser und 5 % organische Lösemittel. Es konnte allerdings davon ausgegangen werden, daß der organische Co-Löser bei der vorliegenden feinen Zerstäubung weitgehend entwichen war, bevor die Lamellen mit Overspray belegt wurden bzw. an der Arbeitsstation ankamen. Die zu beschichtenden Platten waren nicht vorgewärmt.

Es wurde eine weitere Versuchsserie durchgeführt, bei der die Lamellen durch mit Düsen versprühtem Wasser eine Zeit lang befeuchtet wurden. Die Spritzkabine war auf eine Trockenabscheidung umgerüstet worden, da die Filtertechnik bei einer Oversprayreduzierung von Interesse sein würde, um Wasserbehandlung und Schlammaufbereitung zu vermeiden und die Lackreste in einen trockenen Hausmüll-Zustand zu überführen. Ferner hatte der Projektbegleiter vorgeschlagen, zur Verlangsamung des Abdunstens von Wasser und Co-Löser aus dem Overspray während der Flugzeit eine grobere Zerstäubung mit HVLP zu testen. Der Effekt sollte darin liegen, durch Erhöhung der Tropfengröße die Gesamtoberfläche des Tropfenspektrums zu verkleinern.

Die Versuchsdaten und Ergebnisse sind in *Tabelle 1* zusammengestellt. Es zeigte sich, daß der Overspray auch bei Ausweitung der Wasserbeschleierung zu trocken war. Auf Lamellen aus legiertem Stahl haftete der Overspray stark an. Es wurden deshalb in einem Versuch einzelne Stahllamellen gegen solche aus Polyethylen (PE) ausgetauscht. Von diesen war eine geringe Menge Lackmaterial abstreifbar, welches dem Lackhersteller in mehreren

kleinen Einzelmustern übergeben wurde. Nach dessen Angaben schwankte der Festkörpergehalt der Muster zwischen 20,1 und 36,2 % und die Viscosität, gemessen mit dem DIN-4 mm-Becher, zwischen 12 und 15 Sekunden. (Anmerkung: genauer wäre in diesem Viscositätsbereich die Verwendung des ISO-genormten Auslaufbechers). Nach dem Aufrühren hat der Lackhersteller das Material im angelieferten Zustand auf Faserzementplatten gespritzt. Der erste optische Eindruck der beschichteten Probeplatten war positiv. Auch das Ergebnis des Frost-/Tau-Wechseltests war positiv. Somit war in dem Recyclat überwiegend noch verfilmbares Harz vorhanden. Ein negativer Einfluß einer Platten-Erwärmung vor dem Beschichten, die in der Serienfertigung sonst vorgesehen ist, war nicht erkennbar.

Im Dezember 1994 wurde das Auffangsystem vollständig mit PE-Lamellen ausgerüstet, um nunmehr Versuche unter Serienbedingungen durchführen zu können. Beschleiert wurde praktisch der gesamte Lamellenvorhang. Die Befeuchtungszeiten wurden wie folgt variiert:

30 Sekunden Sprühdauer je Lamellentakt
8 Sekunden Sprühdauer je Lamellentakt
6 Sekunden Sprühdauer je Lamellentakt

Bei diesen Zeiten entstand eine nicht mehr handhabbare Wassermasse in der Spritzkabine. Bei 3 Sekunden Sprühdauer je Lamellentakt waren die Arbeitsbedingungen seriengerecht. Es wurden pro Arbeitsschicht 12 bis 15 kg Recyclat gewonnen, das aber eine schlagartige starke Absetzneigung aufwies, so daß es nicht mehr pumpfähig war. Das Pumpen des Recyclats erfolgte nach dem Füllstand des Auffangbehälters diskontinuierlich. Ein kontinuierliches Pumpen hätte an dieser Stelle möglicherweise das Problem lösen können, aber beim weiteren Handling des Recyclats würde die beobachtete starke Absetzneigung kein handhabbares Wiederverwertungsverfahren erlauben.

Der Lackhersteller hat dieses Recyclat untersucht und vorgestellt. Es war mit vertretbarem Aufwand praktisch kein Aufrühren des Festkörpers erreichbar. Das Material machte einen sandigen, flockig-körnigen Eindruck, so daß daraus geschlossen werden konnte, daß praktisch kein verfilmbares Harz mehr nutzbar war. Zwei Effekte kommen hier offensichtlich zusammen: zum einen kann durch die starke Wasserbeschleierung (teilweise) ein Auswaschen von Pigmenten und Füllstoffen eingetreten sein, zum anderen war das Bindemittel wie ein entklebtes Koagulat. Dies deutet auf den bekannten sog. Lösemittelschock hin,

Versuchszeit-punkt	Versprühter Lacktyp	Versuchsplatten	Spritzbedingungen		Kabinen-temperatur	Kabinen-feuchte	Overspray-Abscheidung	Lamellen-Werkstoff	beschleiert mit Wasser	Ergebnis
Monat/Jahr		E = erwärmt auf 45 - 50 °C RT = Raumtemp.	Verfahren	Viskosität DIN-4-Sek	°C	rel. %	N = Naß T = Trockenfilter		Ja / Nein	
5/94	Decklack XV HDK	RT	airless ca. 100 bar	50 ± 10	ca. 20	ca. 45	T	Leg. Stahl	Ja, 6 Düsen	Overspray zu trocken
6/94	Decklack XV HDK	RT	airless ca. 100 bar	50 ± 10	ca. 20	60 - 70	T	Leg. Stahl	Ja, 10 Düsen	Overspray zu trocken
6/94	Decklack XV HDK	RT	airless ca. 100 bar	50 ± 10	ca. 20	60 - 70	T	Leg. Stahl	Ja, 12 Düsen	Overspray zu trocken
7/94	Decklack XV HDK	E	HVLP	50 ± 10	ca. 20	60 - 79	T	Leg. Stahl	Ja, 12 Düsen weniger Wasser	Overspray zu trocken
7/94	Decklack XV HDK	E	airless ca. 100 bar	50 ± 10	ca. 20	60 - 70	T	8 PE	Ja, 12 Düsen	etwas war abstreifbar
7/94	Decklack XV HDK	E bis 80 °C	airless + ESTA	50 ± 10	ca. 20	60 - 70	T	-	-	wenig Overspray

Tabelle 1: Versuche zur Rückgewinnung von Decklack-Overspray mit dem Relas-System

durch den ein solches System „zusammenbricht". Der Lackhersteller hat weitere Untersuchungen nicht angestellt. Es wurde entschieden, das Ziel der Rückgewinnung des Wasserlackoversprays mit dieser Technologie nicht weiter zu verfolgen. Der „Zielkonflikt", einerseits den Overspray nicht antrocknen zu lassen und andererseits das Lacksystem nicht zu schädigen, war auf diesem Weg nicht zu lösen.

Es erschien aber sinnvoll, das Lamellensystem zu verwenden, um den Overspray trocken aufzufangen und die Lamellen mit einer Kabinen-Trockenabscheidung zu kombinieren. Auf diese Weise würde der Wasserkreislauf und eine Wasserbehandlung sowie ein Aufbereiten eines wässrigen Koagulates entfallen.

Unter dieser veränderten Zielsetzung wurde ein weiterer Versuch durchgeführt, um aufzuzeigen, daß die Überführung des wässrigen Overspray in einen Trockenabfall eine deutliche Abfallverminderung gegenüber der Ausgangssituation mit sich bringen kann. In der vorhandenen modifizierten Spritzkabine ergab sich über einen Zeitraum von 2 Monaten folgende Materialbilanz:

Lackverbrauch Naßfarbe:	3.676 kg		
Durchschnittlicher Festkörper:	50 Gew.-%		
Lackverbrauch als Festkörper:	1.838 kg	=	100 %
Auf den Lamellen abgeschieden:	563 kg	=	30,6 %
In der Kabine verteilt (Wände, Boden):	454 kg	=	24,7 %
Abgeschiedener Lack auf Werkstück:	821 kg	=	44,7 %

Hier wurde die Differenz zu 100 % errechnet und als nutzbare Beschichtung angegeben. Das ist aber nicht ganz richtig, denn der von den Lamellen nicht erfaßte Overspray müßte sich auf dem Abluftfilter wiederfinden. Diese am Filter vorhandene Menge wurde betriebsintern nicht erfaßt.

5.2 Versuche mit Elektrostatik

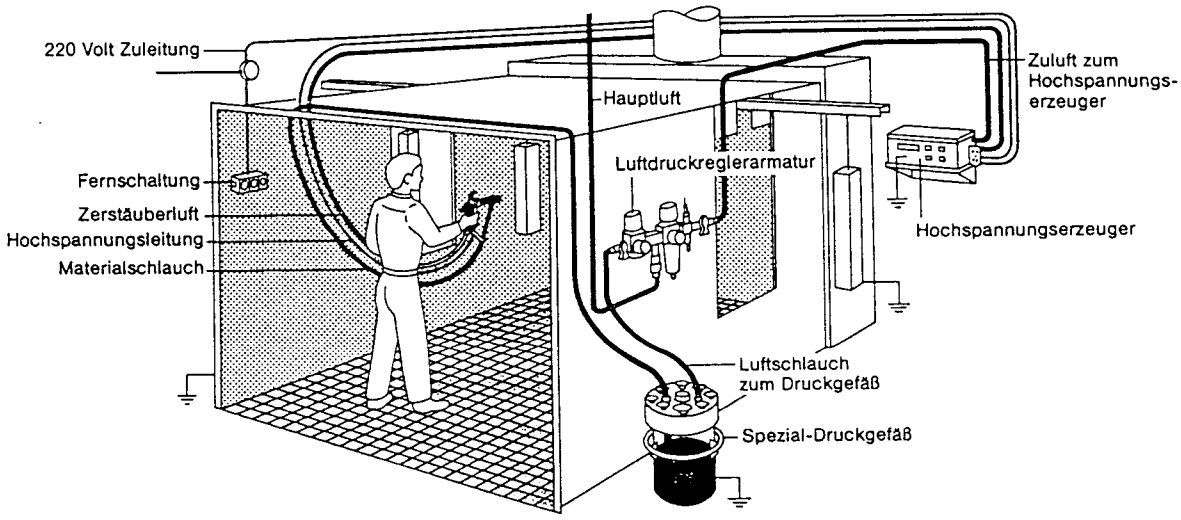
Der Projektbearbeiter hat als Stichversuch die Anwendbarkeit der Elektrostatik zur Verbesserung des Erstauftragswirkungsgrades getestet. Dieser erste Test verlief positiv. Die Schichtqualität der Flächen des Plattenmaterials war nach dem optischen Eindruck gut, und es erfolgte ein guter Umgriff auf der Plattenrückseite. Offensichtlich beinhalten die

Faserzementplatten auch im angewärmten Zustand noch so viel Feuchtigkeit, daß eine Ableitung der aufgebrachten Ladungen gegeben ist. Genaue Werte für die Oberflächenleitfähigkeit waren bei diesem Stichversuch nicht gemessen worden.

Im Sinne der Gesamt-Zielsetzung, Lackabfälle aus Lackierprozessen zu senken, wurde der Beschluß gefaßt, vertiefende Versuche unter Anwendung der Elektrostatik durchzuführen und das Projekt ensprechend zu erweitern.

5.2.1 Elektrostatik-Anlage

Zur Anwendung kam eine Elektrostatik-Handsprühpistole, TYP REA-3W, mit Luftzerstäubung der Firma DeVilbiss-Ransburg für die Verarbeitung von Wasserlacken. Das Schema der Anlage ist in Bild 5 gezeigt. Es handelt sich hierbei um eine Neuentwicklung, bei der die Lackaufladung mit einer Mittelelektrode erfolgt. Das Funktionsprinzip, insbesondere auch der Sicherheitsaspekt, sind in [2] ausführlich beschrieben.



Quelle: ITW Oberflächentechnik
DeVilbiss Ransburg

Bild 5: Schema der Wasserlack-Elektrostatikanlage

5.2.2 Lackspritzversuche

Es war ein Versuchsprogramm ausgearbeitet worden, welches der Absicherung des Elektrostatik-Spritzprozesses bei der Beschichtung der Faserzementmaterialien dienen sollte, denn ein hinreichender Erfahrungsschatz lag für diesen Fall nicht vor. Neben der Bewährung der Gerätetechnik zum Wasserlackspritzen von Hand sollte es vor allem darum gehen, das Feuchteprofil der Faserzementmaterialien und die Oberflächenleitfähigkeit zu ermitteln, vor allem auch nach dem Vorheizen der Materialien im Serienprozeß. Die Ausgangsfeuchte dieser Faserzementmaterialien liegt in der Regel bei 7-10 % Lagerfeuchte. Im Rückgriff auf die Erfahrungen bei der elektrostatischen Beschichtbarkeit von Holz und Holzwerkstoffen ist davon auszugehen, daß bei dieser Feuchte eine elektrostatische Beschichtung gut möglich ist. Prozeßbedingt werden aber die Platten und Bauteile in einem Trockenofen mit Umluft mindestens 15 Minuten lang bei ca. 70 °C vorgewärmt, um ein schnelles „Anziehen" der relativ dünnflüssigen Dispersion an senkrechten Flächen zu erzielen. Die Dispersion ist als geprüftes, zugelassenes System für das Bauwesen nicht zu verändern. Der Stichversuch wurde auch an vorgewärmten Platten durchgeführt mit nach dem Augenschein positivem Ergebnis. Es erschien aber wesentlich, ein praxisgerechtes Arbeitsfenster zu ermitteln für einen serientauglichen Prozeß. Dazu gehört auch eine genauere Bewertung des Beschichtungsergebnisses unter Gesichtspunkten wie Schichtdickenverteilung, Auftragswirkungsgrad, Filmstörungen und eventuelle Rücksprüheffekte, Kantenbeschichtung u.a.. Es ist bekannt, daß bei der elektrostatischen Wasserlackverarbeitung eine Ableitung der Ladungen auch durch die hohe Leitfähigkeit des wässrigen Systems erfolgen kann, wenn auf nichtleitendem Untergrund mit dem Spritzvorgang an einer Kontaktstelle begonnen wird. Bei großflächigen Teilen wie dem hier vorliegenden Plattenmaterial könnte so eine elektrostatische Beschichtung möglich sein ohne ausreichende Leitfähigkeit des Produktwerkstoffs, allerdings möglicherweise mit 2 oder mehr Kontaktstellen. Heutige erste Erfahrungen mit berührungslosen Elektroden und Luftionisation lagen zum Zeitpunkt der Versuche noch nicht vor.

Im einzelnen sollte sich das Versuchsprogramm mit folgenden Punkten befassen:

- Beschichtung von vorgewärmten Platten unterschiedlicher Dicke
- Beschichtung von vorgewärmten Platten unterschiedlicher Dichte und Herstellverfahren
- Beschichtung unterschiedlich geformter vorgewärmter Bauteile, z.B. zur Ermittlung von Kanteneffekten oder des Eindringvermögens in Vertiefungen

- Variation der Vorwärmzeit und -temperatur (zur Simulation von Betriebsunterbrechungen)
- Variation der elektrostatischen und der anderen Pistoleneinstelldaten

Es wurden ferner Vorschläge für anwendbare Meßgeräte unterbreitet.

Aus innerbetrieblichen Gründen wurde das Versuchsprogramm zur Prozeßabsicherung nicht durchgeführt. Die Elektrostatik-Spritzeinrichtung wurde im Oktober 1995 in Betrieb genommen. Es stellten sich Rücksprüheffekte ein, und die Beschichtungsleistung war zunächst gegenüber dem früher eingesetzten Airless-Verfahren auch aufgrund anderer Düsenabmessungen etwa halbiert. Die Oberflächenqualität wurde als gut beurteilt. Zur Erhöhung der Beschichtungsleistung wurden Zerstäuberdüsen mit größerem Durchmesser eingesetzt. Während der Spritzgerätehersteller in seiner Information als gängige Düsendurchmesser 1,2 und 1,4 mm angibt, wurden letztendlich Düsen mit 2,4 mm Durchmesser benutzt. Dazu wurden die anderen Pistolenparameter und die Lackviskosität angepaßt. Bei einer vorläufigen ersten Auswertung ergab sich, daß der Lackverbrauch je m^2 von ca. 450 g um 30 % auf etwa 300 bis 320 g gesenkt werden konnte. Im einzelnen ist der Verbrauch abhängig auch vom Deckvermögen bei unterschiedlichen Farbtönen. Eine Materialbilanzierung über einen längeren Zeitraum findet sich in Kapitel 6.

6. Lackabfall-Reduktion durch beide Maßnahmen — Elektrostatisches Spritzen plus Lamellen-Auffang-System

6.1 Versuchsergebnisse

Im Oktober 1995 wurde die neue Lackieranlage in Betrieb genommen. In der Decklack-Kabine wurde sowohl die elektrostatische Applikation als auch das Lamellen-Auffangsystem installiert. Bild 6 zeigt den Lackiervorgang in dieser Kabine. In der Zeit vom 06.11.1995 bis 1.12.1995 wurde unter Serienbedingungen lackiert und folgende Materialbilanz ermittelt:

An 19 Arbeitstagen lief die Produktion in 2 Schichten (16 Stunden), an 2 Tagen in einer Schicht (6 und 8 Stunden).

Bild 6: Manuelles Decklackspritzen von Fassadenplatten

Gesamter Naßlack-Verbrauch	3.153 kg
Auf den Lamellen aufgefangen:	159 kg trocken
Aus der Reinigung der Kabine incl.	
Eingangskanal, Abdunstzone und Filtergehäuse	109 kg trocken
Auf den Abluft-Filtermatten aufgefangen	68 kg trocken

Produktionsdaten:

Lack-Düsendurchmesser:	1,7 mm
Lack-Viscosität:	25-30 sec., DIN-Becher 4 mm
Zerstäuber-Luftdruck:	ca. 4 bar
Lack-Temperatur:	ca. 20 °C
Temperatur der Platten:	ca. 30-35 °C
Temperatur in Spritzkabine:	ca 23 °C
Wasseranteil im Lack:	ca. 50 Gew.-%

Im Lack sind üblicherweise 3 bis 5 Prozent organische Co-Löser vorhanden. Daraus ergibt sich der Lackverbrauch als Festsubstanz von 1.703 kg und somit bezogen auf den Festkörper folgende Bilanz, wobei davon ausgegangen wird, daß der niedergeschlagene Overspray vollständig getrocknet war:

Lackeinsatz als Trockenmasse:	1.703 kg = 100 %
Auf den Lamellen aufgefangen:	159 kg = 9 %
Aus der Reinigung der Kabine:	109 kg = 6 %
Auf den Abluft-Filtermatten:	68 kg = 4 %
Auf den Werkstücken:	1.367 kg = 81 %

Der Festkörper-Auftragswirkungsgrad der elektrostatischen Applikation beträgt demnach ca. 80 % gegenüber etwa 45 % bei der Ausgangssituation.

6.2 Vergleich des jetzigen Abfallaufkommens mit dem Ausgangszustand

Anhand der zur Verfügung stehenden Daten - wobei bereits darauf hingewiesen wurde, daß zu dem früher entsorgten Lackschlamm keine Angabe über den exakten Wassergehalt zu erhalten war - ergibt sich folgender Vergleich des Abfallaufkommens heute mit dem Ausgangszustand:

Bezug: Basisjahr 1991

Bei der derzeitigen geringeren Produktion wäre ohnehin eine Verminderung des Abfallaufkommens eingetreten; um aber den erreichten technischen Fortschritt aufzuzeigen, wird nachfolgend das Produktionsjahr 1991 zugrunde gelegt.

Einsatz Decklack 1991:	27 to
Lackschlamm mit Wasseranteil 1991:	15 to
Serienversuch Nov./Dez. 1995:	
Naßlack-Einsatz:	3,153 to
davon Abfall als Trockensubstanz:	0,336 to
hochgerechnet auf die Naßlack-Einsatzmenge1991	
ergibt sich der Abfall als Trockensubstanz:	2,876 to

Ursprüngliches Ziel:

Lackkoagulat aus Filterpresse:	5 to

Gegenstand der Projektförderung war die Verlustreduzierung bei der Decklackierung. Firma Harzmann hatte allerdings seinerzeit geplant, auch beim Spritzauftrag der Grundierung das Lamellen-Auffangsystem in der dafür vorgesehenen Spritzkabine einzusetzen. Als sich die Lack-Wiederverwertung als nicht realisierbar zeigte, wurden für die Grundierung neue Überlegungen angestellt. Erprobt wurde das konventionelle Tauchen. Diese Verfahrensweise wurde weiter untersucht und erwies sich bei allen Bauteilen als serienmäßig einsetzbar. Tropfenbildung beim Ablaufen der Grundierung ist noch ein Restproblem, aber die Betriebspraxis kann damit auskommen. Es laufen derzeit Überlegungen, die Tropfen durch Abblasen mit Luft zu beseitigen.
In der neuen Lackieranlage ist somit die Spritzgrundierung entfallen, und dadurch konnte die Anlage verkürzt werden. Es wurden die Investitionskosten verringert, vor allem die Betriebskosten sind bei einem einfachen Tauchprozeß deutlich geringer als der Betrieb einer Spritzkabine.
Beim Tauchprozeß ist der Lackverlust praktisch Null, abgesehen von gelegentlichen Reinigungsarbeiten bei Wartungen (Pumpen, Rohrleitungen, Armaturen, Tauchbecken u.a.).
Für eine Gesamtbilanzierung ergibt sich folgendes Ergebnis, wiederum bezogen auf das Basisjahr 1991:

Auch bei einem Gesamt-Lackeinsatz von 62,5 to bleibt es bei einer Abfallmenge von 2,876 to Trockenmasse für den gesamten Lackierbetrieb, die als hausmüllähnlicher Gewebeabfall (AS 555) bei der zuständigen Gebietskörperschaft beseitigt werden kann, gegenüber 34 to Naßkoagulat, das als Sonderabfall zu entsorgen war.

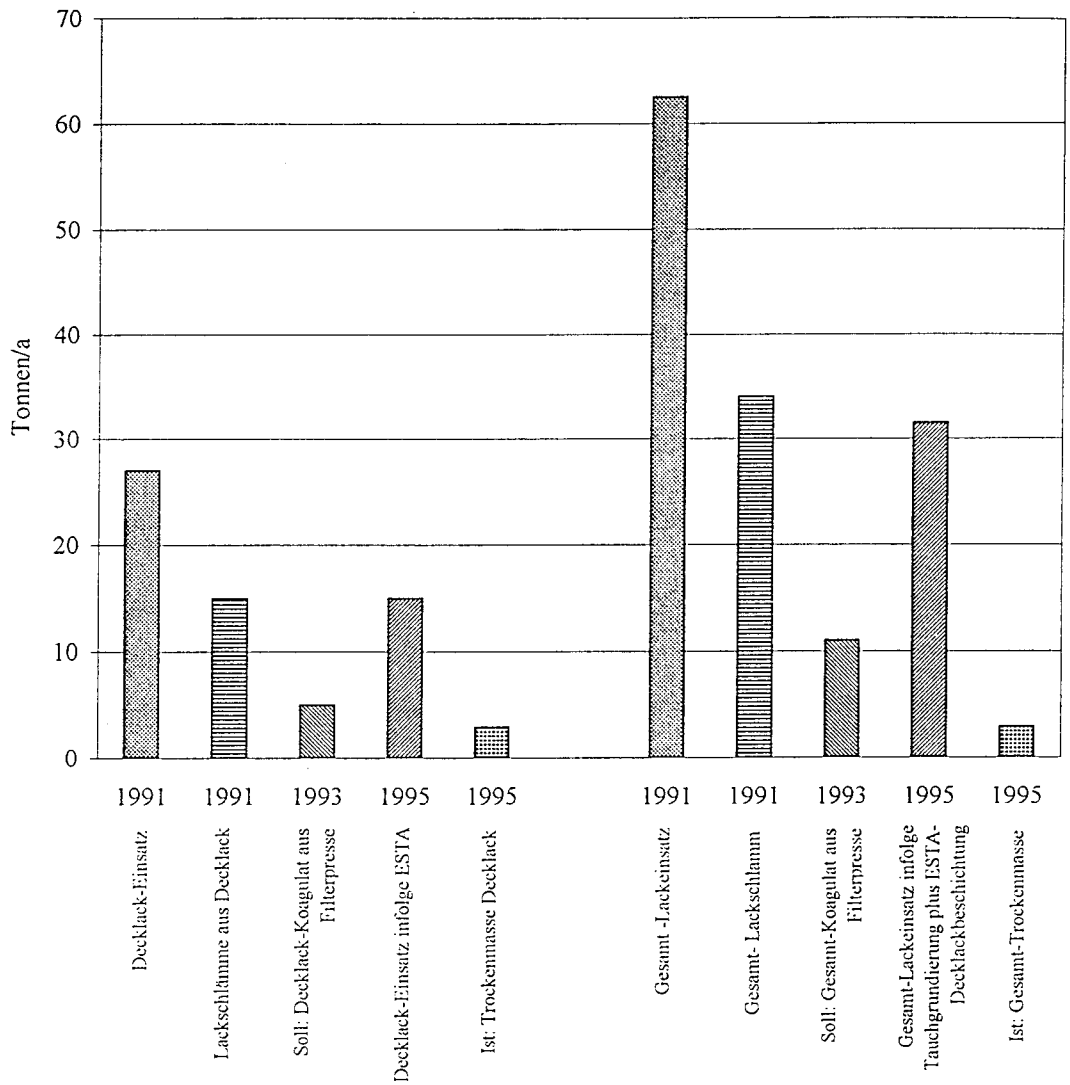


Bild 7: Vergleich des Lackabfallaufkommens

6.3 Kostenbetrachtung

Im Rahmen des Projektes wurden Maßnahmen zur Erhöhung der Lackmaterial-Ausnutzung, d.h. Steigerung des Prozeßwirkungsgrades ergriffen. Dazu gehörten die Einführung des elektrostatisch unterstützten Druckluft-Spritzens von Decklacken anstelle der klassischen Airless-Spritztechnik sowie das Auftragen von Grundierungen durch einfache Tauchtechnik anstelle der ebenfalls vorher benutzten Airless-Technik. Im folgenden wird eine grobe Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für diese Maßnahmen angestellt. Dabei bleiben Änderungen der Betriebskosten unberücksichtigt, da mit der Einführung der Änderungen zur Lackapplikation gleichzeitig eine völlig neue Lackieranlage installiert wurde, so daß eine Vergleichbarkeit im Zuge einer Gesamtbewertung nicht mehr möglich ist, da einzelne Kostenfaktoren wie Energieaufwand nicht für einzelne Segmente aufgeschlüsselt vorliegen. Die Betrachtungsgrenze richtet sich deshalb nach dem, was unmittelbar Gegenstand des Projektes war. Alle Angaben sind wiederum auf das Basisjahr 1991 bezogen.

6.3.1 Decklackierung

Aufgrund der elektrostatischen Beschichtung beträgt die Einsparung an Decklack-Dispersion ca. 12 to/Jahr. Für die Lackkosten wurden die Einkaufspreise 1996 angesetzt. Neben Standardfarben werden verschiedene Sonderfarbtöne verwirklicht, die sich in unterschiedlichen Mengen im Preis deutlich unterscheiden. Laut Werksangaben kann derzeit von einem Durchschnitts-Lackpreis von 15,00 DM/kg ausgegangen werden. Daraus errechnet sich eine **Decklack-Kosteneinsparung von ca. 180.000,00 DM/Jahr**.

Die Investitionskosten für die elektrostatische Spritzeinrichtung betrugen ca. 40.000,00 DM. Die Versuchskosten, die u.a. auch zur Findung des optimalen Düsenquerschnitts an der Sprühpistole angefallen sind, da mit den Serien-Düsen die erforderliche Flächenleistung zunächst nicht erreicht wurde, werden auf ca. 10.000,00 DM geschätzt incl. Einweisung von 2 Lackierern.

Die Personalkosten haben sich nicht verändert. Rechnet man den Energieeinsatz zur Erzeugung des Lackdruckes beim Airless-Prozeß gegen die elektrischen Energiekosten für die Elektrostatik und die Energiekosten für die Druckluft, so dürften sich keine gravierenden Verschiebungen ergeben haben.

Bezüglich der Abfall-Entsorgungskosten ergibt sich folgendes Bild:

Entsorgung des Koagulates als Sonderabfall (bei 1.000,00 DM/to):	15.000,00 DM/Jahr
Entsorgung des trockenen Overspray (gerechnet nach der ESTA-Applikation ohne Filtermaterial) als hausmüllähnlicher Gewerbeabfall (bei 500,00 DM/to) im Landkreis Sigmaringen:	1.500,00 DM/Jahr

Einsparung: 13.500,00 DM/Jahr

Aus der Gesamtkosteneinsparung von ca. 193.000,00 DM/Jahr und den Investitionskosten von ca. 50.000,00 DM ergibt sich eine **Amortisationszeit** (Kapitalzinsen wurden hier vernachlässigt) **von ca. 3 Monaten.**

Eine Verschiebung der Beschichtungsqualität trat nicht ein.

6.3.2 Grundierung

Aufgrund der Umstellung von der Airless-Spritztechnik auf die klassische Tauchtechnik ist eine Einsparung an Grundlack von 19 to/Jahr möglich geworden. Bei Lackkosten von durchschnittlich ca. 8,00 DM/kg beträgt die

Lackkosten-Einsparung 152.000,00 DM/Jahr.

Am Investitionsaufwand wurde ein Tauchbecken mit 15 m^3 Inhalt aus Beton erstellt mit Pumpen und Rohrleitungen für die Lackumwälzung. Diese Anlage wurde mit betriebseigenen Kräften errichtet. Genaue Kostenangaben liegen nicht vor. Unter Berücksichtigung der Versuchskosten, zunächst auch mit einem Proben-Tauchbecken, dürften die **Investkosten bei ca. 15.000,00 DM** liegen.

Bei diesem quasi verlustfreien Verfahren, abgesehen von Reinigungsverlusten bei Wartungsarbeiten, fallen keine Entsorgungskosten mehr an. Die **Einsparung an Entsorgungskosten** gegenüber der vorherigen Lackschlamm-Entsorgung beträgt **19.000,00 DM/Jahr.**

Daraus ergibt sich eine Amortisationszeit von ca. 1 Monat.
Hinzu kommt die Einsparung einer Spritzkabine mit Invest- und Betriebskosten.

Der Grundlack wurde auf eine für das Tauchen notwendige Viskosität umgestellt. Eine Verschlechterung der Beschichtungsqualität hat sich nicht ergeben.

7. Bewertung des technischen Fortschritts und der Übertragbarkeit

7.1 Rückgewinnung mit dem Lamellen-Auffangsystem

Die Versuche haben gezeigt, daß eine Rückgewinnung und Wiederverwertung als Lack bei der hier eingesetzten wässrigen Dispersion nicht möglich war. Das im Prinzip lufttrocknende Material trocknete bei der Zerstäubung und auf dem Weg zur Abstreifstation derart schnell, daß ein als Lack verwertbares Recyclat nicht zu erhalten war. Auch eine intensive Befeuchtung der Lamellen während des Rundlaufs erbrachte keine Verbesserung. Sicherlich ergab sich bei der Befeuchtung ein gradueller Unterschied zwischen der vorderen und teilweise verdeckten hinteren Lamellenreihe, aber ein Teil der Feuchtigkeit gelangte auch auf die hintere Lamellenreihe. Der im Flug bereits trockene Overspray war durch die Wasserbeschleierung entweder nicht mehr zu verflüssigen, oder das Lacksystem hat einen sog. Lösemittelschock bekommen mit der Folge einer vorzeitigen Koagulierung. Der Lackhersteller hat dieses Phänomen nicht weiter untersucht, da eine eventuell daraus zu folgernde Veränderung der Lackrezeptur zur Erhöhung der Stabilität des Systems nicht infrage kam. Ein weiterer Effekt war sicherlich teilweise ein Auswaschen der Pigmente. Vermutlich waren alle Effekte beteiligt.
Das Lamellen-Auffangsystem kann aber einen Beitrag dazu leisten, eine Spritzkabinen-Naßabscheidung auf eine Trockenabscheidung umzustellen. Der Abscheidewirkungsgrad des Lamellenvorhangs betrug bei der letzten Versuchsreihe in Kombination mit der elektrostatischen Applikation ca. 9 %, bezogen auf die eingesetzte Lackmenge. Hier überwog eindeutig der Einfluß der Elektrostatik. Diese Overspray-Reduzierung erlaubt eine Umstellung von einer Naßauswaschung auf eine Trockenabscheidung und somit Umstellung von Naßabfall auf Trockenabfall, Einsparung des Wasserhaushalts und der Wasseraufbereitung bzw. des periodischen Verwurfs, Einsparung von Koaguliermittel und einer Lackschlamm-Entwässerung mit Filterpresse, Dekanter oder anderen Methoden.

Die auf den Lamellen abgeschiedene Lackmenge beträgt im relativen Vergleich immerhin ca. 47 % des anfallenden Oversprays. Dies ist ein zusätzlicher Beitrag zugunsten der Trockenabschei-

dung und ermöglicht eine Verdoppelung der Filterstandzeit und eine gewisse Verringerung des Reinigungsaufwandes für die Spritzkabine. Dies kann aber nur eine geschätzte Beurteilung sein; exakte Daten und auch eine Erfahrung über längere Zeit liegen bisher nicht vor.

Grundsätzlich ist eine solche Technik übertragbar. Es muß im Einzelfall geprüft werden, welchen Beitrag diese Technik zur Abfallverminderung liefern kann: eine Wiedernutzung des Lackes auf hoher Wertstufe wieder als Lack, oder als billigerer Füllstoff oder zur Umwandlung von Naßabfall als Sonderabfall in Trockenabfall mit günstigerer Entsorgung als nicht mehr reaktiver Abfall. Der dominierende Einfluß geht vom Lacksystem aus (Umluftenergie/Strahlungsenergie zur Filmbildung oder lufttrocknendes System, wässriges System oder Lösemittelsystem, Wasserlöslichkeit der organischen Lösemittelanteile), verbunden mit den Fertigungs-Randbedingungen. Denkbar ist aber auch eine Weiterentwicklung des Lamellensystems selbst, z.B. Kühlung, wie in [3] beschrieben o.ä.
Deutlich günstiger dürfte der Beitrag des Lamellensystems zur Abfallreduzierung sein, wenn die Technik der Elektrostatik-Applikation nicht anwendbar ist.

7.2 Vermeidungstechnik mit Elektrostatik-Applikation

Zum Zeitpunkt der Projektdefinition war es zweifellos richtig, ein Projekt zu initiieren mit dem Ziel, die Anwendbarkeit des Lamellen-Auffangsystems zur Lack-Wiederverwertung bei der hier vorliegenden speziellen Fertigung und dem speziellen Lacksystem zu untersuchen. Nachdem damit nur ein Teilziel erreicht werden konnte, war es folgerichtig, mit der Elektrostatik als Vermeidungstechnologie das Projekt zu erweitern. Auch auf diesem Feld waren neue Gesichtspunkte zu untersuchen. Zwar konnte bezüglich der elektrostatischen Beschichtbarkeit der Faserzementmaterialien auf neuere Erfahrung bei Holz und Holzwerkstoffen zurückgegriffen werden, aber ein sicherer Prozeß konnte infolge der Plattenerwärmung und damit Feuchtigkeitsabgabe, der spezifischen Materialstruktur und der Produktpalette nicht ohne weiteres vorhergesagt werden. Es war deshalb sinnvoll, eine Prozeßsicherheit für diesen Anwendungsfall zu ermitteln. Aus innerbetrieblichen Gründen erfolgte dies nur eingeschränkt. Die Praxis zeigt, daß gegenüber der Ausgangssituation durch die Einführung der manuellen elektrostatikunterstützten Decklackbeschichtung mit wässerigen Lackmaterialien eine Steigerung der Oberflächenqualität und des Auftragswirkungsgrades erreicht werden konnte.

Das Problem der Bauteileerwärmung vor dem Beschichten bedarf einer besonderen Erörterung. Bezüglich der elektrostatischen Beschichtung von getrockneten Holzwerkstoffen (z.B. MDF-Platten) wurde in laufenden Forschungsprojekten der Hinweis erhalten, daß erwärmte Platten elektrostatisch beschichtbar sind, obwohl die Feuchtigkeit von ca. 6-7 % auf etwa 4-5 % abgesenkt wird. Die Erwärmung führt aber zu einer höheren Molekülbewegung, was die Oberflächenleitfähigkeit begünstigt, und der Tempervorgang treibt offensichtlich Feuchtigkeit von innen an die Bauteiloberfläche, so daß - zumindest für eine gewisse Zeit - eine ausreichende Oberflächen-Leitfähigkeit weiterbesteht. Dieser Effekt dürfte auch bei den Faserzementmaterialien gegeben sein. Bei der Beschichtung von Holzwerkstoffen werden die Phänomene derzeit weiter untersucht. Es liegen noch keine Erfahrungen vor, wie lange nach der Erwärmung dieser Effekt erhalten bleibt; im normalen Betrieb reicht er offensichtlich aus. Im Rahmen der erwähnten Forschungsprojekte werden exakte Messungen durchgeführt.

Zusammen mit dem Entwicklungsbeitrag der Lackier-Geräteindustrie zur elektrostatischen Wasserlack-Spritzapplikation von Hand hat das Projekt einen wichtigen Beitrag hinsichtlich der Anwendung dieser Technik in neuen Branchen erbracht. Es laufen derzeit ohnehin Forschungsprojekte unter Koordination der DFO zur Anwendung der elektrostatischen Spritz-Lackierung von nicht leitenden und mehr oder weniger leitenden Werkstoffen: Kunststoffe, Holz und Holzwerkstoffe. Lackmaterialien sind dabei konventionelle Lacke, Wasserlacke und Pulverlacke. Die wechselseitige Nutzung von Erfahrungen, auch unter Einbeziehung der derzeit noch empirisch gewonnenen Erfahrungen bei Faserzementwerkstoffen, ist sehr wertvoll. Unter dieser Gesamtbetrachtung ist die Übertragbarkeit der bei dem vorliegenden Projekt gewonnenen Erkenntnisse ganz sicher gegeben. Die elektrostatische Beschichtungstechnik wird ganz sicher in weitere Branchen vordringen.

Bei dem vorliegenden Projekt besteht der Eindruck, daß die Möglichkeiten der Elektrostatik noch nicht voll ausgeschöpft wurden. Betrachtet man allein Bild 6, so fällt auf, daß die Kabinendecke starke Lackniederschläge aufweist. Die Gehänge erscheinen zu kurz, und es wäre zu prüfen, ob der Lackierer die notwendige Gehängesauberkeit im Hinblick auf optimale Kontaktierung im Dauerbetrieb beachten wird. Die Kabinenhöhe war betriebsbedingt begrenzt. Seitens der Anlagenplanung war vorgesehen worden, daß für ca. 90 % aller Teile ein längerer Hakenabstand gewählt werden kann, da die Höhe dieser Teile ca. 50 cm geringer ist als der Rest. Es ist davon auszugehen, daß entsprechende Gehänge noch eingeführt werden. Der Abstand zwischen Werkstück und Lamellenwand, wenn man sich hier größere

geformte Bauteile vorstellt, erscheint etwas gering bemessen, wodurch die Gefahr besteht, daß die Lamellen teilweise auch als elektrisches Massepotential beschichtet werden. Aus räumlichen Gründen wurde die Kabinenbreite so gewählt, zumal auch mehr als 60 % der Teile ebene Platten sind, für die der Abstand ausreichen dürfte.

So ist in den angesprochenen Punkten ein den praktischen Notwendigkeiten entsprechender gewisser Kompromiß zu sehen. Das Erreichte bedeutet dennoch einen deutlichen Fortschritt in dem Bemühen, den Prozeßwirkungsgrad bei Lackierprozessen zu erhöhen und Verluste zu reduzieren.

8. Schrifttum

[1] DFO-Berichtsband Nr. 23

[2] E. Springmann: „Wasserlack-Applikation mit Elektrostatik: Jetzt auch in Handanlagen", Zeitschrift JOT 4/1995

[3] D. Ondratschek: „Pilotanlage zur direkten Rückgewinnung von Wasserlack-Overspray mit einem aus gekühlten Elementen bestehenden Auffangsystem", ABAG-Bericht Oktober 1995

Bildverzeichnis

Bild 1: Auftragswirkungsgrade von Beschichtungsverfahren

Bild 2: Lamellenauffangsystem, Quelle Firma Reiter

Bild 3: Ausschnitt aus dem Produktionsprogramm

Bild 4: Relas-Overspray-Auffangsystem

Bild 5: Schema der Wasserlack-Elektrostatikanlage

Bild 6: Manuelles Decklackspritzen von Fassadenplatten

Bild 7: Vergleich des Lackabfallaufkommens

Anhang

Anhang 1: Am Projekt beteiligte Firmen

Wilhelm Harzmann Moderne Bausysteme GmbH Am Birkenstock 19 72505 Krauchenwies-Göggingen ☎ (07576) 7710 Fax (07576) 415 Ansprechpartner: Herr Müller Herr Bergmann	Projektträger
Ingenieur-Büro für Oberflächentechnik Franz-Georg Just Wilhelmstraße 21 73220 Kirchheim/Teck ☎ (07021) 41447 Fax (07021) 71620	Anlagenplanung
ITW Oberflächentechnik GmbH De Vilbiss Ransburg Justus-von-Liebig-Straße 31-33 63128 Dietzenbach ☎ (06074) 4030 Fax (06074) 403 303	Gerätehersteller Elektrostatisches Sprühsystem
Reiter GmbH & Co. Krebäckerstraße 19 71364 Winnenden ☎ (07195) 92360 Fax (07195) 923630	Anlagenhersteller Lamellen-Auffangsystem
Teleplast GmbH u. Co. KG Petzvalstraße 37 38104 Braunschweig ☎ (0531) 237280 Fax (0531) 2732812	Lackhersteller