

Automatische Farbwechsel-Pilotanlage

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

Projektträger
Elba - Werk
Maschinen-Gesellschaft mbH
D-76257 Ettlingen

Projektbegleiter
Dr.-Ing. H.-J. Nolte
Fraunhofer Institut für Produktions-
technik und Automatisierung
Stuttgart

Januar 1999

Projektbericht

Erarbeitung:

Dr.-Ing. H.-J. Nolte

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (Fraunhofer IPA), Stuttgart

Für die kooperative Mitwirkung an diesem Projekt bedankt sich das Fraunhofer IPA gemeinsam mit der ABAG-itm bei allen Beteiligten des Hauses ELBA-WERK, insbesondere bei Herrn G. Körnert und Herrn Baumgartner. Ebenso gilt unserer Dank den Ansprechpartnern des Anlagenlieferanten, Herrn M. Holzwarth, Herrn Rapp und Herrn M. Schäberle, Fa. Reiter GmbH + Co in Winnenden.

Projektleitung:

Dipl.-Ing. Thomas 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, auszugsweisen Nachdruck oder Einspeicherung und Rückgewinnung in Datenverarbeitungsanlagen aller Art, sind vorbehalten.

Inhalt

	Seite
Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	4
Kurzfassung	5
1 Stand der Technik	6
1.1 Ausgangssituation beim Spritzlackieren von Kleinmengen	6
1.2 Ziele des Projekts	6
1.3 Weiterentwicklung des Standes der Technik durch das vorliegende Projekt	7
2 Kurzbeschreibung des Unternehmens (Projektträger)	8
2.1 Produkte, Betriebsdaten und Anlagenkapazität	8
2.2 Systemgrenzen der untersuchten Anlage im Betriebszusammenhang	9
2.3 Aktuelle Kapazität	9
3 Zustand der Lackiererei	10
3.1 IST-Zustand vor Projektbeginn	10
3.1.1 Verfahrensbeschreibung	10
3.1.2 Lackversorgung	12
3.1.3 Materialeinsatz und Abfälle	13
3.2 Geplanter SOLL-Zustand aufgrund der Projektarbeiten	14
3.2.1 Anforderungen an die Pilotanlage	14
3.2.2 Funktionsweise der Pilotanlage	14
3.2.3 Einsparpotentiale	16
4 Durchgeführte Untersuchungen und Ergebnisse	17
4.1 Vorversuche mit den Lackmaterialien des Anwenders	17
4.2 Versuchsbetrieb und Optimierungseinstellungen	17
4.3 Betriebserfahrungen im Produktionseinsatz	20
5 Vergleich der realisierten Maßnahme mit dem IST-Zustand vor Projektbeginn	21
5.1 Materialeinsatz	21
5.2 Abfälle	21
6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	22
7 Übertragbarkeit	23

Abbildungen

Abbildung 1: Beton-Mischanlage	8
Abbildung 2: Verfahrensschritte der Vorbehandlung und Spritzlackierung	10
Abbildung 3: Strahl- und Lackierkabinen für die Teilekomponenten	11
Abbildung 4: Grundier- und Decklackierkabinen für vor- oder fertigmontierte Anlagen	11
Abbildung 5: Hochdruckkolbenpumpen mit Haupt- und Sonderfarben zur Applikation	12
Abbildung 6: Modularer Aufbau und erforderliche Anordnung der Funktionseinheiten der automatischen Lackwechselanlage	14
Abbildung 7: Farbfließschema für 5 Farben im Hochdruckspritzverfahren	17
Abbildung 8: Farbwechselblock mit 5 Farbventilen und Farbumlauf	18
Abbildung 9: Die neue Farbversorgungsanlage	18
Abbildung 10: Abzugsvorrichtung und Spülhalterung	19

Tabellen

Tabelle 1: Lack- und Hilfsmittelverbrauchsdaten	13
Tabelle 2: Bezeichnung der Abfallarten	13
Tabelle 3: Verbesserungen hinsichtlich Material- und Qualitätsmerkmalen	20
Tabelle 4: Lack- und Hilfsmittelverbrauchsdaten aufgrund der Projektarbeiten	20
Tabelle 5: Lack- und Hilfsmittelverbrauchsdaten (IST-SOLL-Vergleich)	21
Tabelle 6: Prozentualer Anteil der Haupt- und Sonderfarben	21
Tabelle 7: Betriebskosten der Lackiererei und Amortisation	22

Kurzfassung

Die Reduzierung der Fertigungskosten und die Erfüllung der Kundenanforderungen bei gleichzeitiger Erhöhung der Flexibilität setzt häufig den Einsatz neuer Techniken voraus. Die zunehmende, flexible Verarbeitung von kundenspezifischen Sonderfarben - meist handelt es sich um Kleinmengen - bedeutet eine höhere Anzahl von Farb- und Lackwechsell. Dadurch entsteht ein höherer Reinigerverbrauch und die zu entsorgende Menge von Schmutzverdünnern und Restlacken steigt.

Im Rahmen dieses Projektes wurde eine teilautomatisierte Farbwechsel-Pilotanlage aus Systemkomponenten, die in der Großserienlackierung im Automobilsektor eingesetzt werden, an die spezifischen Bedürfnisse und Belange kleinerer Lackierereien zur Minimierung des Reinigerverbrauchs bei Farbwechsell angepasst und das System im Produktionsbetrieb getestet. Für den Bereich der manuellen Decklackierung von Baumaschinen der Fa. ELBA-Werk in Ettligen wurde eine automatische Pilot-Farbwechselanlage realisiert, da in diesem Bereich immer mehr kundenspezifische Sonderfarbtöne verarbeitet werden.

In die Pilotanlage sind Versorgung, Förderung, Dosierung und Applikation des Lacks sowie die Reinigung in einem geschlossenen System integriert. Die Farbwahl geschieht durch Vorwahl mit einer Steuerung; der weitere Ablauf der Lackförderung und Dosierung erfolgt automatisch, sobald die Spritzpistole beim manuellen lackieren betätigt wird. Vor Farbwechsel und bei längeren Betriebspausen wird die Anlage gereinigt. Die Kernkomponenten dieser Lackversorgungs- und -wechselanlage für die Sonderfarben sind der Farbwechselblock, der ein schnelles und verlustarmes Umrüsten auf andere Farben ermöglicht, sowie die Steuerung der Reinigungs- und Spültechnik.

Ein besonderes Problem bei diesem betrachteten Anwendungsfall besteht in der Länge der Versorgungsleitungen zu den Spritzpistolen (ca. 15 m) und dem Einsatz von Airlesspumpen. Das neue Lackwechselsystem wurde an diese Gegebenheiten angepaßt. Hierbei wurde auf Erfahrungen mit automatischen Farbwechselanlagen in der Automobilindustrie aufgebaut.

Die Bedarfsmenge an Lacken konnte beim vorliegenden Anwendungsfall bei vergleichbarem Warendurchsatz durch den Einsatz der teilautomatisierten Farbwechselanlage deutlich reduziert werden. Es wurde eine Verminderung des Lackverbrauchs um ca. 13 % erreicht.

Die erwartete absolute Einsparung bei den verwendeten Reinigern, Leergebinden und Altlacken war nicht gegeben. Ein Grund dafür ist der zunehmende Anteil an Sonderfarben am Gesamtlackverbrauch. Der prozentuale Sonderfarbenanteil stieg im untersuchten Jahresvergleich um ca. 8,5%. Da diese Entwicklung vorauszusehen war, ist der Einsatz der neuen Lackwechselanlage für die Sonderfarben gerechtfertigt, wodurch sich der absolute Reinigerverbrauch nicht erhöhte. Darüber hinaus tragen die Merkmale wie die höhere Fertigungssicherheit und die erzielte Personalentlastung zu Verbesserungen im gesamten Lackierbetrieb bei.

Alleine durch die erreichte Verminderung des jährlichen Verbrauchs der Sonderfarben um ca. 13% ergibt sich eine Amortisation der Kosten für die Realisierung der Farbwechsel-Pilotanlage in ca. drei Jahren.

1 Stand der Technik

1.1 Ausgangssituation beim Spritzlackieren von Kleinmengen

In Klein- und Mittelbetrieben der lackverarbeitenden Industrie entstehen durch überwiegend manuelle Arbeitsweise z.T. erhebliche Lack- und Lösemittelverluste. Der entsprechend hohe Materialeinsatz verursacht erhebliche Kosten sowohl bei der Beschaffung, als auch bei der Entsorgung der Abfälle.

Lösemittlemissionen und der direkte Kontakt mit Lackmaterialien führen zu einer heute nicht mehr vertretbaren Personal-, Arbeitsplatz- und Umweltbelastung. Grund dafür ist, daß geeignete Lackiergeräte für manuelle Arbeitsweisen auf dem Markt nicht erhältlich sind.

Durch den Einsatz eines modular aufgebauten, auf die Lackierbetriebe angepaßten automatischen Lackiersystems können diese Verhältnisse zu einem nicht unerheblichen Teil verbessert werden.

In der Lackiererei der Firma ELBA-WERK müssen zur Bearbeitung der kleinen Losgrößen mit jeweils unterschiedlicher Lackierung die dazu benötigten Lackmengen für die Auftragsbearbeitung dem Lackierer in Lackbehältern manuell bereitgestellt werden. Die lufttrocknenden Lacke, die in diesem Betrieb bevorzugt eingesetzt werden, werden aus betriebstechnischen Gründen aus 30 Liter-Behältnissen verarbeitet und verursachen damit bei geringen Verarbeitungsmengen erhebliche Restlackmengen, die nicht mehr zu gebrauchen und als Sonderabfälle zu entsorgen sind.

Damit entstehen erhebliche Kosten infolge des erhöhten Materialverbrauchs und der zusätzlichen Sondermüllentsorgung. Vor jedem Lackwechsel und bei jeder längeren Betriebsunterbrechung ist zwingend erforderlich, sämtliche mit Lack in Berührung kommenden Arbeitsmittel wie Spritzpistole, Schlauchleitungen, Kolbenpumpe, Behälter usw. gründlich und vollständig mit organischen Lösemitteln zu reinigen. Die damit verbundenen Belastungen durch Schadstoffemissionen (VOC-Emissionen), zusätzlichen Abfall und physiologisch schädliche Wirkungen auf das Personal sind nicht unerheblich.

1.2 Ziele des Projekts

Am Beispiel eines mittelständischen Unternehmens soll für das manuelle Spritzlackieren von Kleinmengen eine modular aufgebaute und automatische Lackversorgung konzipiert und umgesetzt werden. Die automatische Lackversorgungs- und -wechselanlage findet speziell Anwendung in kleinen Lackierereien mit den typischen Verhältnissen wie überwiegend manuelle Arbeitsweise, Mischbetrieb mit 1K und 2K-Lacken, kleine Losgrößen und damit zusammenhängende häufige Wechsel der verarbeiteten Lackmaterialien hinsichtlich Farbton, Art und Zusammensetzung.

Durch den Einsatz einer leicht handzuhabenden Steuerung sowie einem modularen Aufbau kann die flexible (je nach betrieblichen Anforderungen) Lackversorgungs- und Lack/Farbwechselanlage zusammengestellt und aufgebaut werden.

Anhand experimenteller Voruntersuchungen (Lackierparametereinstellungen) können die Lack- und Lösemittelverluste optimiert werden, um einen reibungslosen Ablauf im Einsatz unter Praxisbedingungen in Kleinbetrieben zu ermöglichen.

1.3 Weiterentwicklung des Standes der Technik durch das vorliegende Projekt

Bei der im vorliegenden Projekt untersuchten, vorwiegend in mittelständischen Unternehmen und Kleinbetrieben einsetzbaren Lackversorgung ist eine nahezu vollständige Auslastung der Fertigungskapazität eine zwingende Voraussetzung.

Durch eine automatische Lackversorgung soll ermöglicht werden, auch in geringeren Mengen benötigte Lackmaterialien automatisch zur Verarbeitung bereit zu stellen und bei einer späteren Lacksystemumstellung auf z.B. 2K-Lacke automatisch zu dosieren und zu mischen. Durch die Optimierung von Aufbau, Bauteilen und Verbindungselementen kann erreicht werden, daß die auch in einem integrierten System nicht ganz zu vermeidenden Restmengen minimiert werden. Die Wechsel von einem Lackmaterial auf ein anderes erfolgen automatisch. Die zwischen diesen Wechseln und bei Betriebsunterbrechungen erforderlichen Reinigungs- und Spülprozesse laufen ebenfalls programmgesteuert ab. Auch dabei wird auf maximale Materialeinsparung größter Wert gelegt und trotzdem höchste Effektivität durch Einsatz speziell entwickelter Spültechniken angestrebt.

Durch konsequent modularen Aufbau sind vor allem auf die Bedürfnisse von Kleinanwendern zugeschnittene, individuelle Systemkonfigurationen möglich, ohne zusätzliche Kosten zu verursachen.

Verbesserungen und Vorteile gegenüber den in der Praxis üblicherweise vorliegenden Verhältnissen (Stand der Technik) sind:

- Eine Minimierung des Materialeinsatzes und des Anfalls an Sonderabfällen infolge äußerst geringer Restmengen an Lackmaterial und Spülmittel wird realisiert.
- Durch automatische Reinigungsprozesse im weitgehend geschlossenen System werden die Verringerung von Lösemittlemissionen sowie das Vermeiden oder zumindest weitestgehende Verringern der direkten Berührung und des Einatmens von physiologisch bedenklichen Stoffen ermöglicht.
- Eine Produktivitätssteigerung durch erhebliches Reduzieren von vielen zeitaufwendigen, manuellen Arbeiten wie Anmischen von Lacken und vor allem Reinigen der Arbeitsmittel wird erreicht.

2 Kurzbeschreibung des Unternehmens (Projektträger)

2.1 Produkte, Betriebsdaten und Anlagenkapazität

Bei der Firma ELBA in Ettlingen werden Baumaschinen und Anlagen zum Herstellen, Transportieren und Verteilen von Beton gefertigt. Dies sind im wesentlichen stationäre Mischanlagen (Abb. 1) sowie sog. Fahrmischer und Betonpumpen unterschiedlicher Bauart. Ca. 50 bis 70 % der Produkte werden exportiert (Stand 1997/1998). Insgesamt sind bei der Firma ELBA ca. 300 Mitarbeiter beschäftigt, davon 7 in der Lackiererei; gearbeitet wird in einer Schicht.

Die Lackierung erfolgt in mehreren, räumlich voneinander getrennten Spritzkabinen. Dabei werden die Einzelkomponenten zunächst getrennt grundiert. Nach der Fertigmontage erfolgt eine nochmalige Grundierung und anschließend die Decklackierung. Die Decklacke werden zur Zeit noch zu einem erheblichen Teil mit einem Standard-Farbtönen appliziert, jedoch geht der Trend dahin, daß in zunehmendem Maß kundenspezifische Sonderfarbtöne einzusetzen sind. Dies führt zu immer häufigeren Farbwechseln und damit zu einem steigenden Abfallaufkommen.

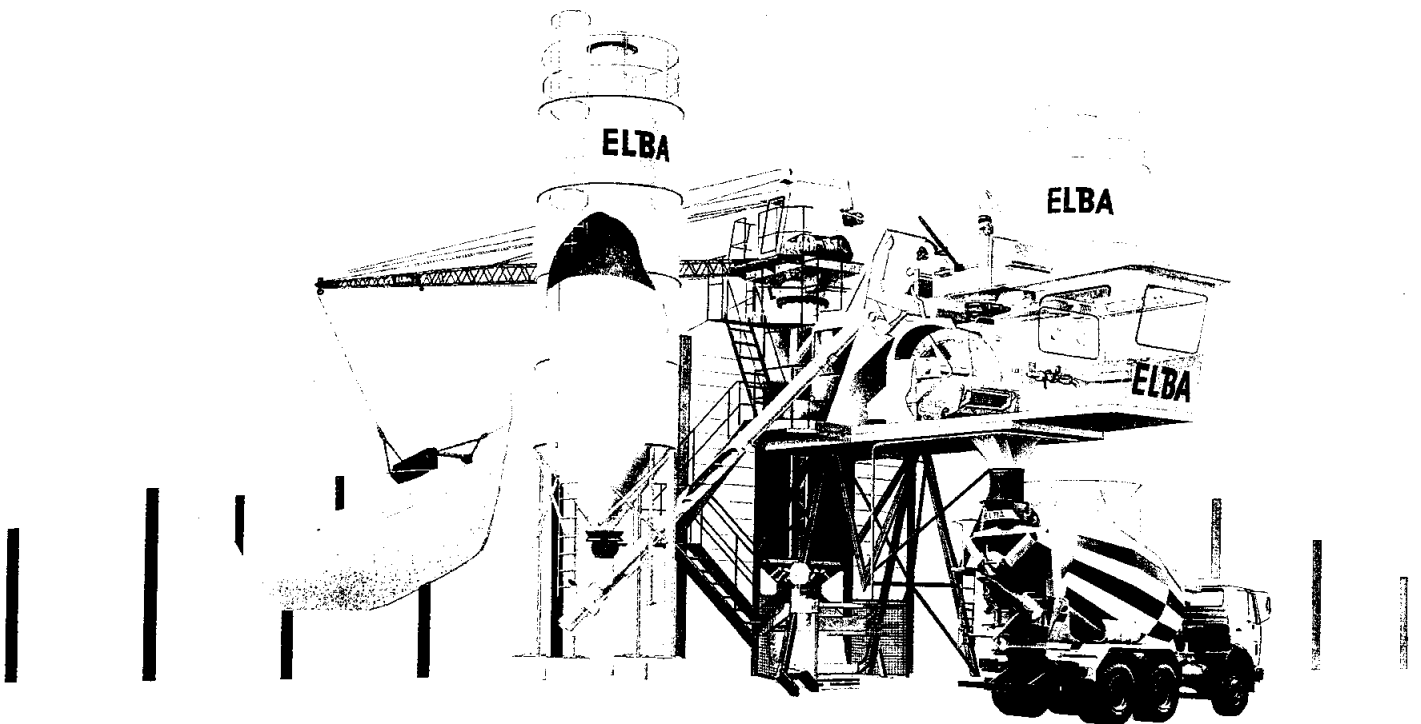


Abb. 1: Beton-Mischanlage (Quelle: ELBA)

2.2 Systemgrenzen der untersuchten Anlage im Betriebszusammenhang

Die Lackiererei incl. Vorbehandlung ist in zwei Bereiche unterteilt. Dies sind einerseits Anlagen zum Strahlen und Grundieren und zum anderen räumlich davon getrennte Lackieranlagen, ebenfalls zum Grundieren und zum Decklackieren:

Strahlen/Grundieren („Vorbehandeln“):

Teileingang: Anliefern und Bereitstellen der zu lackierenden Anlagenkomponenten;

Teileausgang: Abtransport von grundierten Komponenten zum Zwischenlagern (im Freien) bis zur Montage;

Grundieren / Decklackieren („Spritzlackiererei“):

Teileingang: Anliefern von montierten Geräten und Anlagen, Vorbereiten durch Anschleifen der Grundierung;

Teileausgang: Bereitstellen der Geräte und Anlagen nach dem Fertiglackieren zur Fertigmontage und zum Versand.

2.3 Aktuelle Kapazität

In der Oberflächenbehandlung werden Anlagenkomponenten (Strahlen, Grundieren) sowie fertig montierte Anlagen und Geräte (Grundieren, Decklackieren) für folgende Stückzahlen fertiger Produkte bearbeitet (Stand 1997/1998):

Mischanlagen:	10 - 12 Stk./Monat
Fahrmischer:	2 Stk./Monat
Betonpumpen:	6 - 8 Stk./Monat (Auto- und Baustellenpumpen)

Die bestehenden Einrichtungen sind damit im einschichtigen Betrieb voll ausgelastet.

3 Zustand der Lackiererei

3.1 IST – Zustand vor Projektbeginn

3.1.1 Verfahrensbeschreibung

Im folgenden Flußdiagramm (Abb. 2) ist die Systemabgrenzung der zur Lackiererei gehörenden Teilbereiche der „Vorbehandlung„ und „Spritzlackierung„ mit den Verfahrensschritten in einer Übersicht dargestellt.

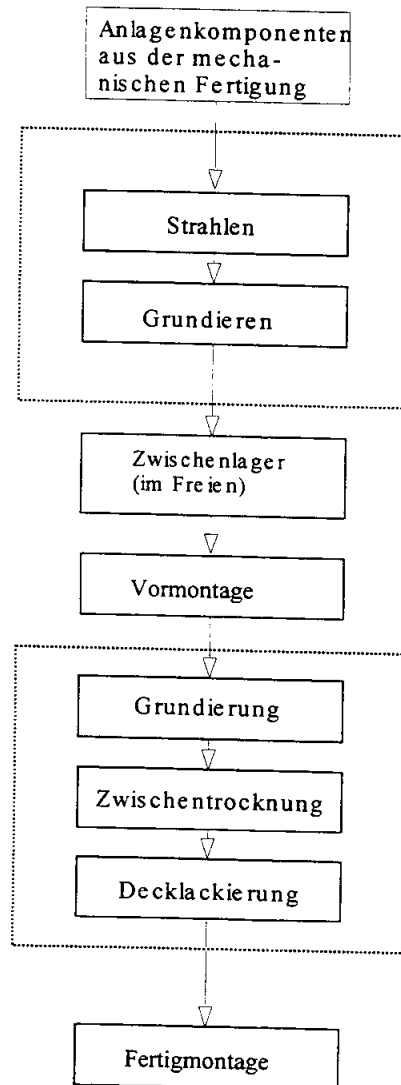


Abb. 2: Verfahrensschritte der Vorbehandlung und Spritzlackierung

Vorbehandlung und Spritzlackierung werden in insgesamt 4 geschlossenen Kabinen durchgeführt. Wie in Abs. 2.1 beschrieben, ist dabei in Anlagen zur Bearbeitung von Komponenten und montierten Geräten zu unterscheiden. Die vorgefertigten Komponenten (Einzelteile der Anlagen und Geräte verschiedener Art und Größe) werden bis auf wenige Ausnahmen vor der Grundierung gestrahlt. Dadurch werden Verunreinigungen sowie Walzrückstände der Rohmaterialien entfernt und ein guter Haftgrund für die Grundierung erzeugt. Die Bearbeitung der Komponenten erfolgt nach dem Strahlen (Abb. 3) in zwei geschlossenen Kabinen (Kab. 2 und

Kab. 3, siehe Abb. 4). Die Bearbeitung beim Strahlen als auch beim Grundieren erfolgt ausschließlich manuell (je zwei Arbeitsplätze).

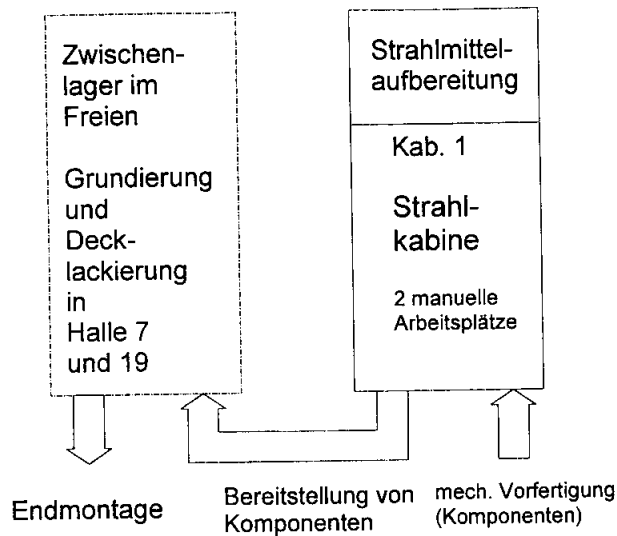


Abb. 3: Strahl- und Lackierkabinen für die Teilekomponenten

Die Abluftreinigung erfolgt bei der Strahlkabine durch Filter, bei der Grundierkabine (Kab. 2) mit Hilfe von Prallabscheidern. Nach der Grundierung werden die Geräte- und Anlagenkomponenten zwischengelagert. Da die Lagerzeit im Freien längere Zeit betragen kann, muß durch die erste Grundierung bereits ein ausreichender Korrosionsschutz gewährleistet sein.

Nach der Komplett- oder Teilmontage der Anlagen und Geräte werden diese fertiglackiert. Aufgrund von Schweißarbeiten ist es erforderlich, die montierten Geräte ein zweites mal zu grundieren. Vor der zweiten Grundierung werden die Flächen generell angeschliffen, um die Haftung zu verbessern. Grundierung und Decklackierung erfolgen unmittelbar nacheinander nach einer kurzen Zwischentrocknungszeit von ca. 20 - 25 Minuten. Für diese Lackierarbeiten stehen insgesamt drei Kabinen zur Verfügung (Abb. 4).

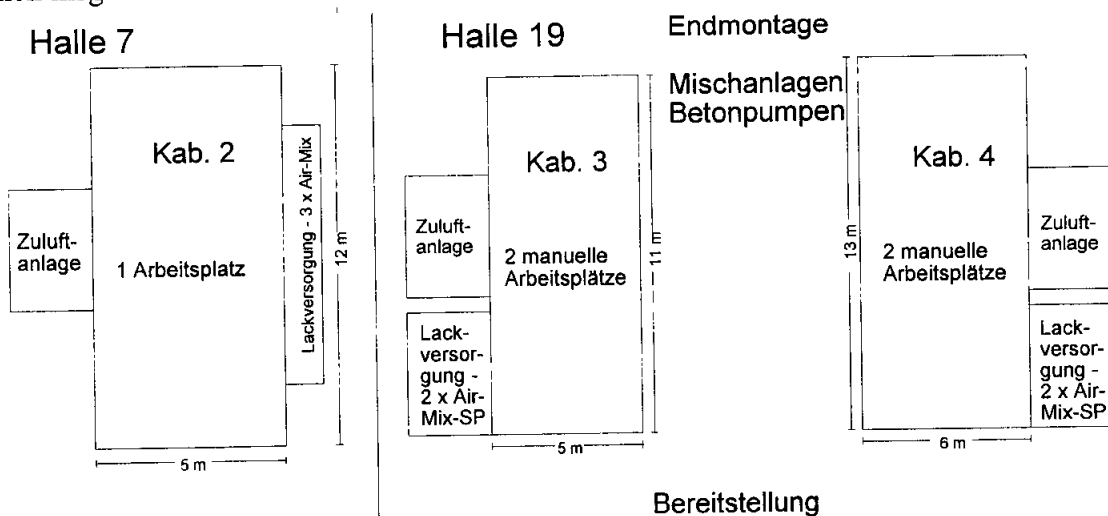


Abb. 4: Grundier- und Decklackierkabinen für vor- oder fertigmontierte Anlagen

Eine Kabine mit Trockenabscheidung (Kab. 2) befindet sich in Halle 7; hier werden u.a. Radialschrappwerke, die notwendigen Ausleger dazu und Schaltschränke beschichtet. Die großen Mischanlagen und Betonpumpen werden in Halle 19 bearbeitet und montiert, wo für die Lackierungen zwei Kabinen (Kab. 3 u. 4) mit Naßauswaschung installiert sind.

In allen drei Kabinen werden sowohl Grundier- als auch Decklacke appliziert. Eine Aufteilung in Bezug auf sortenreine Verarbeitung zumindest in einer der Kabinen ist aus Kapazitätsgründen nicht möglich. Sowohl bei der Grundierung, als auch beim Decklack werden ausschließlich konventionelle, lufttrocknende Einkomponentenlacke eingesetzt. Beim Decklack wird zu ca. 50 % ein Standard-Farbtone verwendet. Der Rest teilt sich in verschiedene, z.T. kundenspezifische Farbtöne auf. Die Unterschiede der Lacke liegen dabei vor allem im Glanzgrad. Zur Applikation von Grund- und Decklack wurde in allen Kabinen von Airlessgeräten auf den Einsatz von Airlesspistolen mit Luftunterstützung umgestellt, um den Overspray zu vermindern und damit weniger Lackabfälle zu erzeugen. Die Lacke werden in Gebinden (ca. 30 l) geliefert und außerhalb der Kabinen bereitgestellt.

3.1.2 Lackversorgung

Die Grundinstallation der Lackversorgung und Applikation in der Lackiererei der Fa. ELBA-WERK besteht jeweils aus einer Hochdruckkolbenpumpe für die Grundierung, Hauptfarbe und Sonderfarben und jeweils zwei Airless-Pistolen mit Luftunterstützung zum Lackieren. Bei Farbwechseln wird teilweise mit der alten Farbe vorgenebelt und die Restfarbe im Schlauch in die Naßauswaschung gespritzt, bis Lösemittel an der Spritzpistole ansteht. Der daraus resultierende manuelle Arbeitsaufwand sowie Lack- und Lösemittelverlust bei Farbwechseln ist nicht unerheblich. Der Spüllösemittelverlust entsteht durch das drucklose Reinigen des Anlagensystems bis zur Kolbenpumpe, der Lackverlust durch das Verwerfen des vorhergehenden Farbtons. In Abbildung 5 ist der Aufbau der Pumpen und Farbbehälter dargestellt.



Abb. 5: Hochdruckkolbenpumpen mit Haupt- und Sonderfarben zur Applikation

3.1.3 Materialeinsatz und Abfälle

Als Einsatzstoffe sind im folgenden die Beschichtungsmaterialien und Hilfsstoffe, die zum Betrieb der untersuchten Decklackieranlage erforderlich sind, aufgeführt. Lackiert werden Mischanlagen, Fahrnischer und Pumpen.

Bezeichnung der Einsatzstoffe	Menge (Bezug 1997)	Einsatzbereich
Decklack / Standardfarbe RAL 1006	10350 kg/Jahr	Kabine 3,4
Decklack / Sonderfarben	12560 kg/Jahr	Kabine 3,4
Decklack - Gesamtverbrauch	22910 kg/Jahr	Kabine 3,4
Spritzverdünnung	1900 kg/Jahr	Kabine 2,3,4
Reinigungsverdünnungen (HAKU 1754)	600 kg/Jahr	Kabine 2,3,4

Tabelle 1: Lack- und Hilfsmittelverbrauchsdaten

Anhand der Lackverbrauchsdaten zeigt sich die Einteilung in Haupt- und Sonderfarbtöne. Der Verbrauch der Hauptfarbe am Gesamtlackverbrauch liegt bei 45,2 %.

Die aus dem Lackierbereich anfallenden festen und flüssigen Abfälle sind im folgenden erfasst. Zu ihrer Charakterisierung ist neben der Schlüsselnummer nach LAGA-Katalog auch die zukünftig relevante europäische Schlüsselnummer nach EAK (Europäischer Abfallkatalog) angegeben.

Bezeichnung der Abfälle	Schlüsselnummer		Menge (Bezug 1997)	Herkunft
	LAGA-Katalog	EAK		
Lackrückstände ¹⁾	555 03	0801 05, 0801 07, 0801 08	20 t / Jahr	Kabine 2,3,4
Entleerte Gebinde	351 05, 351 06	1501 04, 1501 99	4.5 t / Jahr	Kabine 2,3,4
Farbreste, Altfarben	555 10	0801 02, 0801 05	5 t / Jahr	Kabine 2,3,4
Reiniger	553 70	1402 02	1 t / Jahr	Kabine 2,3,4

Tabelle 2: Bezeichnung der Abfallarten

¹⁾ Die Lackrückstände setzen sich zusammen aus entwässerten Lackschlammern von den Kabinen mit Naßabscheidung (Kab. 3 und 4) sowie getrockneten Lackpartikeln aus der Kabine mit Trockenabscheidung an Prallabscheidern (Kab. 2), die gemeinsam entsorgt werden. Die Einzelanteile der Komponenten können nur grob abgeschätzt werden.

3.2 Geplanter SOLL-Zustand aufgrund der Projektarbeiten

3.2.1 Anforderungen an die Pilotanlage

Im Gegensatz zur bestehenden Lackapplikation, bei der jeweils nur mit einer Farbe aus den 30-Liter Behältnissen lackiert werden kann, soll von der Firma Reiter GmbH + Co in Winnenden ein modulares System aufgebaut werden, bei dem die Lackmaterialien und Hilfsstoffe in geeigneten Behältnissen bereitgestellt, in der vorgegebenen Reihenfolge entnommen und appliziert werden. Die gewünschten Lacke werden automatisch aus den Vorratsbehältern entnommen. Es handelt sich dabei um eine variable Integration mehrerer, bereits vorhandener Funktionseinheiten. In Abb. 6 sind die Funktionen grob skizziert.

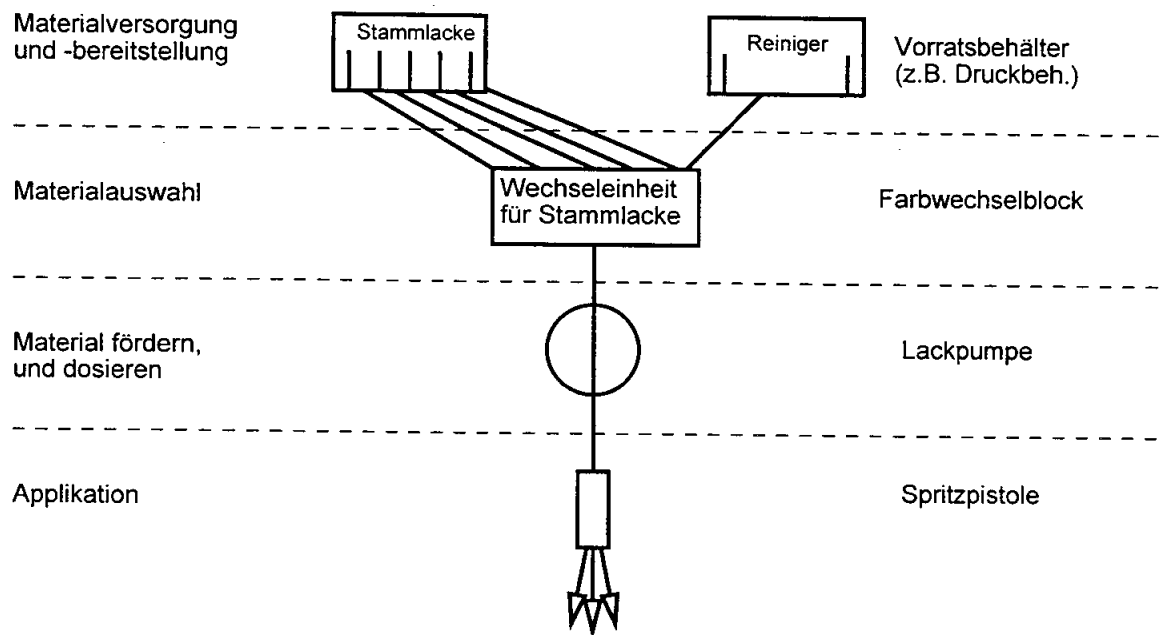


Abb. 6: Modularer Aufbau und erforderliche Anordnung der Funktionseinheiten der automatischen Lackwechsellanlage

Das Lackwechsel- und Versorgungssystem ist fast ausschließlich aus Komponenten, die in der Praxis bereits in anderen Anwendungen bewährt sind, modular aufgebaut. Dies sind im wesentlichen pneumatisch über Magnetventile angesteuerte und spülbare Lackwechselblöcke für Stammlacke, Fördereinheiten (bestehend aus Kolbenpumpen), Applikationssysteme, Materialversorgungseinheiten und eine Steuerung (SPS).

Durch dieses modulare Konzept ist es möglich, das System individuell und flexibel auf die speziellen Bedürfnisse des Anwenders auszulegen. Diese Variationsmöglichkeiten sind gekennzeichnet durch:

- Verarbeitung von 1K-Materialien, basierend auf Lösemittel- oder Wasserlacken;
- grundsätzlich sind Anschlußmöglichkeiten beliebig vieler Stammlacke möglich;
- Ankoppelung verschiedener Applikationstechniken (d.h. Druckluftzerstäubung mit Hand oder mit Automatiksystem, Airlesszerstäubung, Elektrostatik);
- Materialversorgung entweder aus einzelnen, für jedes Material separaten Druckbehältern oder aus Sammel-Druckbehältern für mehrere Materialeinsätze auch unterschiedlicher Größen.

3.2.2 Funktionsweise der Pilotanlage

Vor jedem Lackwechsel und bei jeder längeren Betriebsunterbrechung ist zwingend erforderlich, sämtliche mit Lack in Berührung kommenden Arbeitsmittel wie Spritzpistole, Schlauchleitungen und Behälter gründlich und vollständig mit organischen Lösemitteln zu reinigen. Die damit verbundenen Belastungen durch Schadstoffemissionen (VOC), zusätzliches Abfallaufkommen und physiologisch schädliche Wirkungen auf das Personal sind beträchtlich.

Das Funktionsprinzip der neuen Lackwechselanlage besteht darin, daß auch bei manuellem Betrieb die notwendigen Materialwechsel und Reinigungsarbeiten weitgehend automatisch durchgeführt werden können. Durch die Optimierung von Aufbau und Ablaufsteuerung sowie die Wahl von geeigneten Komponenten wird angestrebt, die auch bei automatischer Betriebsweise nicht ganz zu vermeidenden Restmengen so gering wie möglich zu halten. Die gesteuerten und weitgehend automatisch ablaufenden Reinigungsfunktionen ermöglichen, Emissionen und Arbeitsplatzbelastungen erheblich zu verringern.

Die Lackwechselanlage erlaubt, die benötigten Materialien auch in geringen Mengen, automatisch zur Verarbeitung bereit zu stellen. Der Wechsel von einem Lacktyp zum nächsten erfolgt nach manueller Vorwahl automatisch. Die zwischen den Wechseln und bei Betriebsunterbrechungen erforderlichen Reinigungs- und Spülvorgänge laufen ebenfalls programmgesteuert ab.

Die Steuerung der Lackwechselanlage wird bzgl. Handhabbarkeit und Flexibilität als ein wesentlicher Bestandteil des Gesamtsystems angesehen. Zum einen soll damit ein möglichst hoher Automatisierungsgrad erreicht werden, um die Ziele wie Rationalisierung, Materialersparnis usw. zu gewährleisten, zum anderen muß auch der manchmal eher handwerklichen Arbeitsweise der Betriebe Rechnung getragen werden. Dies ist nur möglich, wenn der automatische Ablauf auf die unbedingt notwendigen Funktionen beschränkt und dem Anwender eine größtmögliche Flexibilität belassen wird.

Im wesentlichen sind durch die Steuerung folgende Aufgaben zu erfüllen:

- Ansteuerung des Wechselblocks für den Stammlack zur Einstellung der gewünschten Lackart;
- Ablaufsteuerung der Spülzyklen bei Lackwechseln und Betriebsunterbrechungen;
- Signalverarbeitung der Steuerelemente und signalabhängige Ansteuerung der Pumpe;
- Kontrolle des Bedienfeldes zur Ermöglichung einfacher Einstellungen der Funktionen (Farbwahl, Spülen);
- Überwachung von Farbwechseln und Freigabe zum Lackieren erst nach dem Spülen sowie Überwachung längerer Stillstandszeiten.

3.2.3 Einsparpotentiale

Die Versuchsanlage soll zunächst nur in einer Lackierkabine (Kab. 4) installiert werden. Bei einer späteren Nachrüstung der übrigen Lackierkabinen ist mit weiteren Einsparungen zu rechnen. Durch optimale Auswahl und Dimensionierung aller mit Lack in Berührung kommenden Elemente werden die Volumina konsequent minimiert, um unvermeidliche Restmengen an Lack und Lösemittel möglichst gering zu halten.

Erwartet werden vor allem beim Spülmittelverbrauch durch das pulsierende Spülen Einsparungen von mindestens 10 % der vorher eingesetzten Menge. Darüber hinaus werden Einsparpotentiale bei den Altlacken und den Leergebinden von ca. 10 % erwartet.

Ein weiteres Potential liegt in der Fertigungssicherheit und Qualitätssicherung, der Produktivitätssteigerung durch die Möglichkeit während des Lackierens auf eine nichtbevorratete Farbe umzustellen sowie der Personalentlastung in Hinblick auf die Emissionen.

4 Durchgeführte Untersuchungen und Ergebnisse

4.1 Vorversuche mit den Lackmaterialien des Anwenders

Mittels einer Prototyp-Farbwechsellanlage, einer flexiblen PC-Steuerung sowie den vorgegebenen Anlagenkomponenten der Firma ELBA-WERK wurden Versuche unter produktionsnahen Bedingungen durchgeführt, um die anlagentechnische Umsetzbarkeit des Vorhabens sowie die Voreinstellungen ermitteln zu können.

Folgende Ergebnisse wurden erzielt:

- Bedenkenloser Einsatz des Farbwechselblocks und der Einbaukomponenten (Applikationstechnik),
- Optimierungsnotwendigkeit der Kolbenpumpe hinsichtlich Ansteuerungsdruck direkt an der Lackierkabine,
- die Einstellung der Farbumlaufgeschwindigkeit der bereitgestellten Lacke über Membranpumpen kann erst bei der Inbetriebnahme vorgenommen werden,
- die Feineinstellung des pulsierenden Spülvorgangs für die erforderlichen 15m Schlauchleitungen, Ansprechverhalten in bezug auf die Füllmenge der Kolbenpumpe und der jeweils zwei Handpistolen mit einer dazugehörigen Spülhalterung direkt an der Lackierkabine.

4.2 Versuchsbetrieb und Optimierungseinstellungen

Um die häufigen Materialwechsel zu verringern und dabei Frischmaterial einzusparen, wurde eine neue Farbversorgungsanlage für Sonderlacke in die bestehende Technik eingebunden (siehe Farbfließschema, Abb. 7).

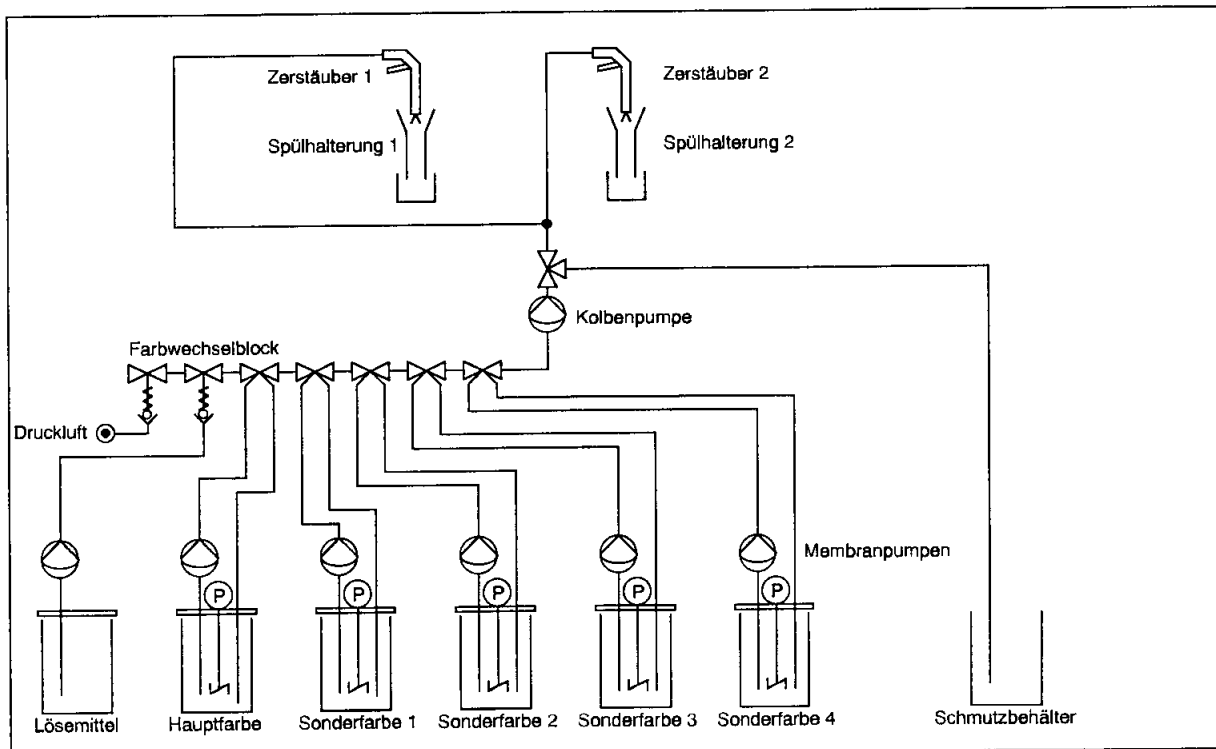


Abb. 7: Farbfließschema für 5 Farben im Hochdruckspritzverfahren

Vorhanden waren drei Hochdruckpumpen und Handpistolen für Grundierung, Hauptfarbe und Sonderfarben. Bei der Umsetzung des neuen Lackierkonzeptes wurde für die Grundierung eine eigenständige Versorgung beibehalten.

Für die Hauptfarbe wurde ebenfalls eine eigene Versorgung eingesetzt. Die Sonderfarben werden jetzt zentral über eine Pumpe und die Farbwechseinrichtung abgerufen (Abb. 8).

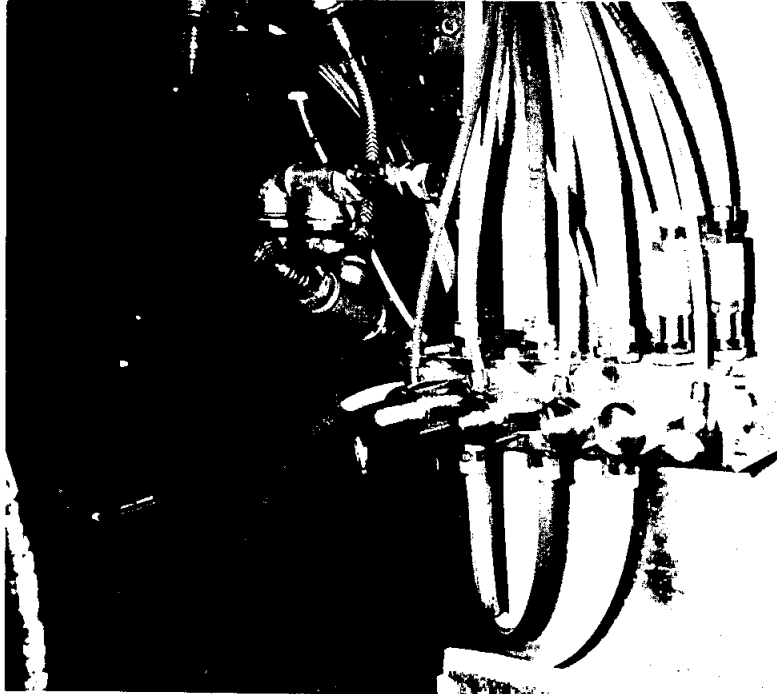


Abb. 8: Farbwechselblock mit 5 Farbventilen und Farbumlauf

Dadurch ergeben sich weniger Materialwechsel und eine höhere Flexibilität der Farbversorgungsanlage (Abb. 9). Darüber hinaus wird in diesem Farbversorgungssystem zusätzlich die Hauptfarbe bereitgestellt, um bei einem höheren Materialverbrauch (> 30 l) sofort und übergangslos (Wechseln des Materialbehälters) weiterlackieren zu können.

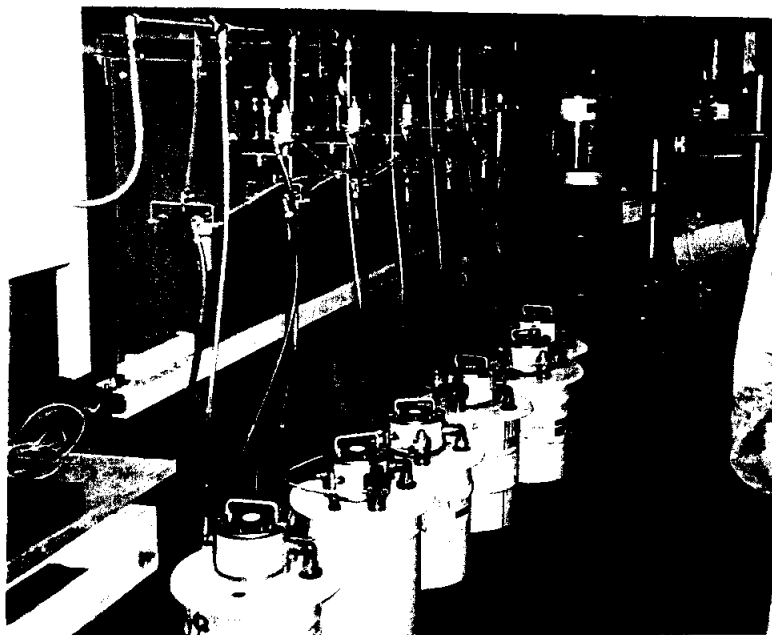


Abb. 9: Die neue Farbversorgungsanlage

In der Lackierkabine wurden zwei Abzugsvorrichtungen für die Airless-Pistolen mit Luftunterstützung installiert, um den Spülvorgang und das Andrücken der neuen Farbe zu automatisieren. Dadurch können diese Vorgänge überwacht und bezüglich Materialverbrauch und Abfallaufkommen quantifiziert werden (Abb. 10).

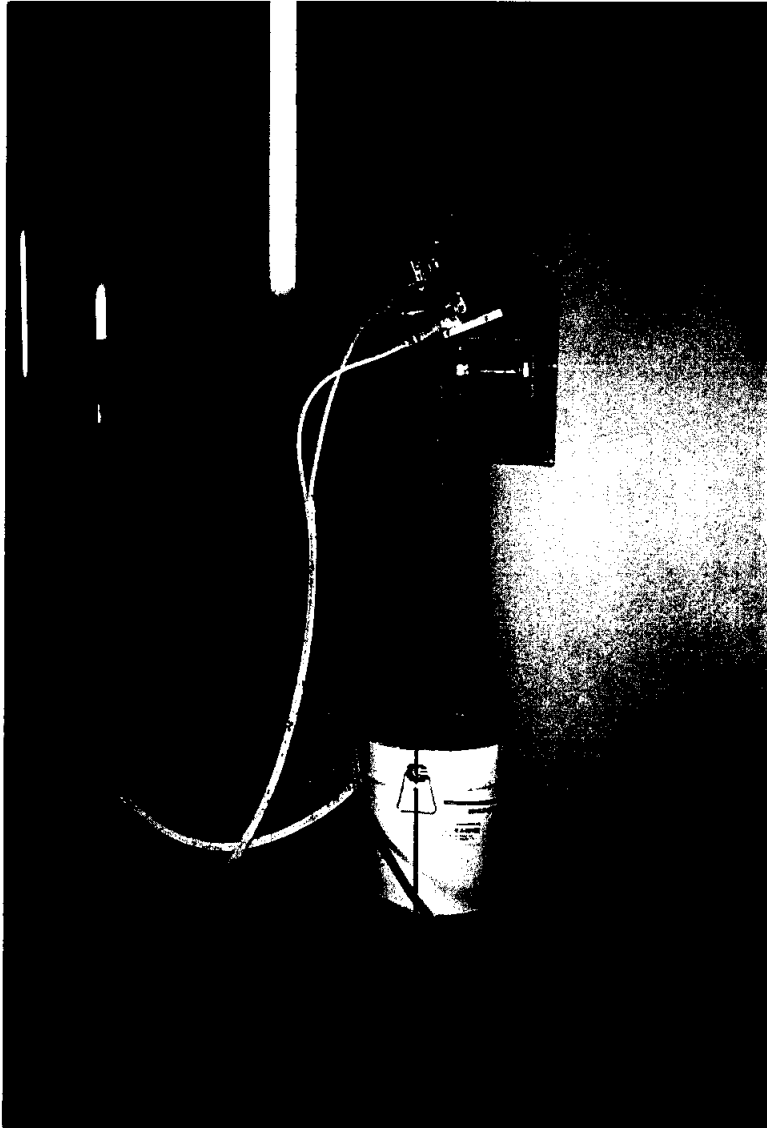


Abb. 10: Abzugsvorrichtung und Spülhalterung

4.3 Betriebserfahrungen im Produktionseinsatz

Die Betriebserfahrungen zeigen, daß der wesentliche Vorteil der neuen Lackwechselanlage in der geschlossenen, integrierten und programmgesteuerten Reinigung sämtlicher Gerätekomponenten liegt. Durch die eingesetzte Farbversorgung verringern sich hier die mit den bisher notwendigen manuellen Reinigungsmaßnahmen zwangsläufig zusammenhängenden physiologischen Beeinträchtigungen und Umweltbelastungen durch Emissionen von organischen Lösemitteln.

Mit der automatisch arbeitenden Farbwechselanlage können die hier in Zahlen nicht erfaßbaren Qualitätsmerkmale, Verbrauch, Emissionen und Arbeitsplatzbelastungen durch Lösemittel deutlich reduziert werden. Der zusätzliche Energieverbrauch ist vernachlässigbar gering (Tabelle 3).

Merkmal	Betrieb mit automatischer Lackwechselanlage im Vergleich zur Ausgangslage
Lackverbrauch	++
Lösemittelverbrauch	0
Lösemittellemission	++
Wasser	0
Abfall	++
Energie	0
Fertigungssicherheit	++
Qualitätssicherung	++
Produktivitätssteigerung	++
Personalbelastung	++

- ++ Verbesserung eindeutig
- + Verbesserung wahrscheinlich
- 0 keine Unterscheidung möglich

Tabelle 3: Verbesserungen hinsichtlich Material- und Qualitätsmerkmalen

Bezüglich der Materialverbräuche ergeben sich folgende Aussagen:

Bezeichnung der Einsatzstoffe	Menge (Bezug 1998)	Einsatzbereich
Decklack / Standardfarbe RAL 1006	7330 kg/Jahr	Kabine 3,4
Decklack / Sonderfarben	12670 kg/Jahr	Kabine 3,4
Decklack - Gesamtverbrauch	20000 kg/Jahr	Kabine 3,4
Spritzverdünnung	1900 kg/Jahr	Kabine 2,3,4
Reinigungsverdünnungen (HAKU 1754)	600 kg/Jahr	Kabine 2,3,4

Tabelle 4: Lack- und Hilfsmittelverbrauchsdaten aufgrund der Projektarbeiten

Die Lackverbrauchsdaten zeigen eindeutig eine Verschiebung zu einem höheren Sonderfarbenanteil am Gesamtverbrauch. Der Lackverbrauch der Hauptfarben am Gesamtlackverbrauch liegt bei 36,7 %.

5 Vergleich der realisierten Maßnahme mit dem IST-Zustand vor Projektbeginn

5.1 Materialeinsatz

Aufgrund der Betriebserfahrungen mit der in der Lackierkabine 4 installierten Pilot-Lackwechselanlage ergeben sich die im folgenden aufgeführten Veränderungen gegenüber dem IST-Zustand vor Projektbeginn (Tabelle 5). Da aus betriebsorganisatorischen Gründen nur die Gesamtverbräuche von Lacken und Hilfsmitteln ermittelt werden konnten, bezieht sich dieser SOLL-IST-Vergleich dementsprechend auf den gesamten Lackierbereich (Kab. 2,3,4).

Bezeichnung der Einsatzstoffe (Angaben des Verarbeiters)	Menge (Bezug 1997)	Menge (Bezug 1998)
Decklack / Standardfarbe RAL 1006	10350 kg/Jahr	7330 kg/Jahr
Decklack / Sonderfarben	12560 kg/Jahr	12670 kg/Jahr
Decklack - Gesamtverbrauch	22910 kg/Jahr	20000 kg/Jahr
Spritzverdünnung	1900 kg/Jahr	1900 kg/Jahr
Reinigungsverdünnungen (HAKU 1754)	600 kg/Jahr	600 kg/Jahr

Tabelle 5: Lack- und Hilfsmittelverbrauchsdaten (IST-SOLL-Vergleich)

Es zeigt sich eine eindeutige Abnahme des Lackverbrauchs bei etwa gleichbleibender Produktionsstückzahl innerhalb des Bearbeitungszeitraums. Die Tendenz zu einer größeren Farbvielfalt (Sonderfarben) wurde - wie erwartet - bestätigt (Tabelle 6).

Farbanteil	Jahr 1997	Jahr 1998
Hauptfarben	45,2 %	36,7 %
Sonderfarben	54,8 %	63,3 %

Tabelle 6: Prozentualer Anteil der Haupt- und Sonderfarben

Der prozentuale Anteil der Sonderfarben am Gesamtlackverbrauch erhöhte sich um 8,5 %.

Neben der quantitativen Einsparung an Lackmaterialien tragen natürlich auch die Qualitätsverbesserungen (siehe Tab. 3) zu einer Optimierung des gesamten Lackierbetriebs bei.

5.2 Abfälle

Bei den Abfällen (Lackreste, leere Gebinde, Altfarben und verschmutzte Reiniger) werden keine wesentlichen Unterschiede zum IST- Zustand festgestellt. Es ist lediglich eine unbedeutende Umschichtung innerhalb der Abfallarten zu beobachten.

Anhand der erfassten Daten kann bezüglich der zu entsorgenden Menge von verschmutzten Reinigungsverdünnungen und Lackschlämmen davon ausgegangen werden, daß die Reduzierung des zu entsorgenden Lackabfalls etwa 2,9 t (entsprechen bei einem Festkörpergehalt von ca. 40 % einem Lacktrockenabfall von ca. 1,16 t) beträgt.

6 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

In Tabelle 7 werden die Betriebskosten für den Bereich der Lackiererei vor und nach der Einführung der Pilot-Lackwechsellanlage in Kabine 4 verglichen:

Kostenart	ohne Lackwechsellanlage		mit Lackwechsellanlage	
	kg/a	DM/a	kg/a	DM/a
Materialverbrauch				
Hauptfarben	10353	103530,00	7334	73340,00
Sonderfarben	12564	150768,00	12673	152076,00
Gesamtlackverbrauch	22917	254298,00	20007	225416,00
Spritzverdünnung	1900	3800,00	1900	3800,00
Reinigungsverdünnung	600	900,00	600	900,00
Summe		258998,00		230116,00
Entsorgung	kg/a	DM/a	kg/a	DM/a
Lackschlamm, -abfälle	0	0,00	0	0,00
gleichbleibend				
Summe		0,00		0,00
Investitionskosten Lackwechsellanlage			DM	DM/a
Investitionskosten			60000,00	
Verzinsung				2100,00
Abschreibung				7500,00
Summe		0,00		9600,00
Gesamtsumme		258998,00		239716,00
"	ohne Investition	258998,00		230116,00
Einsparung: (DM/a) Amortisation (Jahre) (A=I/E)				
	19282,00	3,11		
Gesamtinvestition für die Anlage		60000,-	DM	
Lackkosten (HF)		10,00	DM/kg	
Lackkosten (SF)		12,00	DM/kg	

Tabelle 7: Betriebskosten der Lackiererei und Amortisation

Die Investitionskosten zur Erstellung der Pilot-Lackwechsellanlage betragen insgesamt 60.000,- DM, die sich aus den Beträgen der Anlagenkosten (57.500,- DM) und den betriebsinternen Schulungskosten (2.500,- DM) zusammensetzen. Unter Berücksichtigung der jährlichen Kosteneinsparung von 19.282,- DM und einer Verzinsung von 7 % ergibt sich eine Amortisationszeit von ca. 3,1 Jahren. Bezüglich dieser Kostenrechnung ist zu berücksichtigen, daß sich die Daten auf den gesamten Lackierbereich beziehen.

7 Übertragbarkeit

Lackierbetriebe sind immer häufiger gezwungen, neben Hauptfarben vermehrt kundenspezifische Sonderfarben zu verarbeiten. Infolge der zunehmenden Kleinmengenverarbeitung steigt entsprechend der Anfall von Farbresten und Altfarben. Um dieser Entwicklung entgegenwirken zu können, wurde im Rahmen dieses Projekts für den Bereich der Decklackierung eine automatische Pilot-Farbwechselanlage entwickelt im Praxiseinsatz getestet. Die Farbwechsel-Pilotanlage konnte problemlos in den Prozeß integriert werden.

Damit die automatisierte Farbwechseltechnik auch andernorts umgesetzt werden kann, haben interessierte Betriebe die Möglichkeit zum Erfahrungsaustausch mit der Firma ELBA-WERK unter Beachtung der anwenderspezifischen Gegebenheiten.

Die teilautomatisierte Lack-/Farbwechseltechnik kann für eine Vielzahl von Lackierbetrieben in unterschiedlichen Lackierbranchen (z.B. Metallteile,- Kunststoffteile-, Holzwerkstücklackierung, Lohnbeschichter etc.) eine interessante Alternative zur Personalentlastung, Verbesserung der Reinigungsqualität und zur Ressourcenschonung durch die Einsparung von Lackmaterial und Reiniger darstellen.

Bei der Planung von Lackieranlagen in klein- und mittelständischen Betrieben sind ganz bestimmte firmen- und branchenspezifische Randbedingungen zu beachten. Insbesondere für die Techniken der Lackapplikation und -versorgung spielen folgende Dinge eine wesentliche Rolle:

- Art der Applikation (manuell mit Becherspritzpistole oder Handspritzpistole mit zentraler Lackversorgung, automatisch mit Hubgerät oder Roboter oder gemischt), Anzahl der zu versorgenden Spritzpistolen, Hoch- oder Niederdruckspritzverfahren, u.ä.;
- Häufigkeit von Materialwechseln, Losgrößen, Art der Produkte;
- Qualitätsanforderungen;
- Art und Häufigkeit der verarbeiteten Lacke, Anzahl der Farbtöne; Verträglichkeiten;
- Umbau / Neubau der Anlagentechnik, Berücksichtigung bereits vorhandener Systeme und Anlagenteile wie z.B. Art der verwendeten Spritzpistolen, 2K-Mischanlagen, Ringleitungen.

