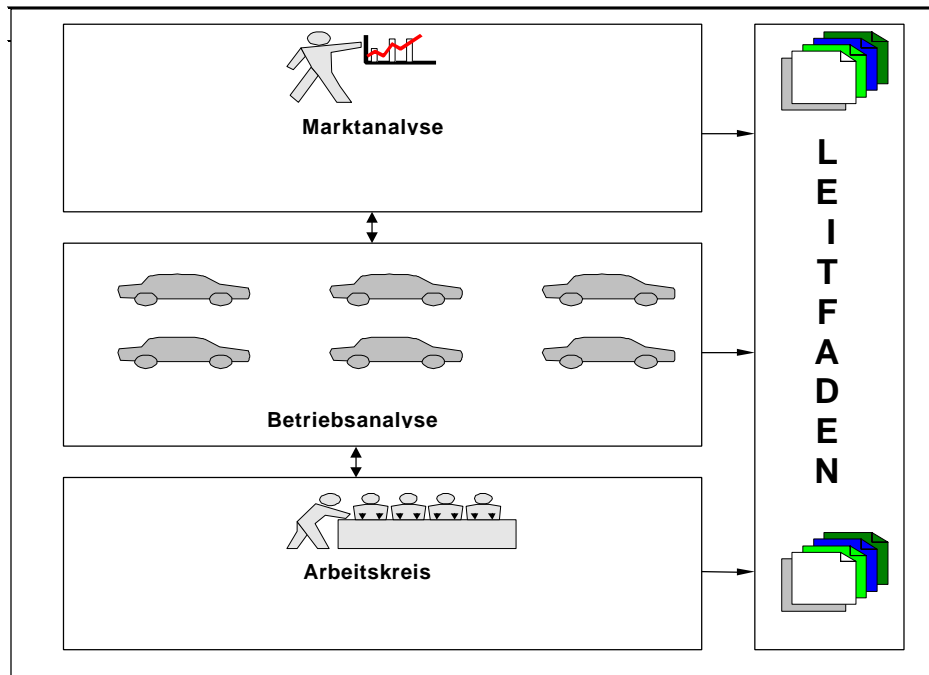


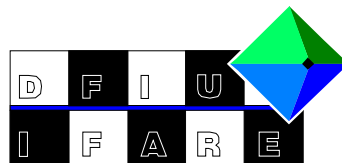
WASSERLACKE IN DER REPARATURLACKIERUNG VON KRAFTFAHRZEUGEN



Entwicklung eines praxisorientierten Leitfadens zum verbesserten Einsatz von Wasserbasislacken in kleinen und mittleren Unternehmen der KFZ- Reparaturlackierung

Autoren:

O. Rentz, N. Avci, N. Peters, J. Geldermann



Deutsch- Französisches Institut für Umweltforschung (DFIU)

**Im Auftrag des
Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden- Württemberg**

Karlsruhe, im Dezember 2000

Herausgeber

Ministerium für Umwelt und Verkehr
Baden- Württemberg
Kernerplatz 9
70182 Stuttgart
<http://www.uvm.baden-wuerttemberg.de>

Verfasser

Deutsch- Französisches Institut für Umweltforschung (DFIU)
o. Prof. Dr. rer. nat. Otto Rentz
Hertzstrasse 16, 76187 Karlsruhe,
<http://www-dfiu.wiwi.uni-karlsruhe.de>

Kontakt

Dipl.- Ing. N. Avci, Tel.: 0721/608-4699, email: Nurten.Avci@wiwi.uni-karlsruhe.de
Dr. J. Geldermann, Tel.: 0721/608-4583, email: Jutta.Geldermann@wiwi.uni-karlsruhe.de

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	8
1.1	Ausgangslage und Problemstellung	8
1.2	Zielsetzung	9
1.3	Vorgehensweise	9
2	Gesetzliche Rahmenbedingungen	11
2.1	EU-Lösemittelrichtlinie	11
2.2	Umsetzung der EU-Lösemittelrichtlinie in nationales Recht	13
3	Durchführung von Marktanalysen	16
3.1	Die wirtschaftliche Situation der Lackierbetriebe	16
3.2	Eingesetzte Produkte in der Autoreparaturlackierung	19
3.2.1	Lackgrundlagen	19
3.2.2	Verschiedene Lacksysteme	21
3.2.3	Prinzipieller Aufbau der Lackschichten	22
3.2.4	Ermittlung der relevanten Daten zu den Produkten der Lackhersteller	27
3.3	Eingesetzte Techniken in der Autoreparaturlackierung	31
3.3.1	Applikationstechniken	31
3.3.2	Lackier- und Trockenkabinen für den Wasserbasislackeinsatz	33
3.3.3	37	
3.3.3	Ablasssysteme zur Verkürzung der Abluftzeiten	37
3.3.4	Werkzeugreinigungssysteme	39

4	Durchführung von Betriebsanalysen	41
4.1	Auswahl der Betriebe	41
4.2	Verlauf der Betriebsanalysen	42
4.3	Ausgangssituation in den Betrieben	46
4.3.1	Vorgehensweise bei der Ermittlung der Datenbasis.....	46
4.3.2	Vorstellung der Ausgangssituation in den Pilotbetrieben	47
4.4	Vorgehensweise bei der Einführung der Wasserbasislacke.....	49
4.4.1	Datenaufnahme zur Ermittlung der Vorgehensweise bei der Einführung der Wasserbasislacke	49
4.4.2	Beschreibung der Vorgehensweise bei der Einführung der Wasserbasislacke	50
4.5	Bewertung des Einsatzes von Wasserbasislacken	51
4.5.1	Allgemeine Befragungen in den Betrieben.....	52
4.5.1.1	Beschreibung der Vorgehensweise bei der Ermittlung der Datengrundlage	52
4.5.1.2	Einsatzbedingungen der Wasserbasislacke als Untersuchungsergebnis der allgemeinen Befragungen	53
4.5.1.3	Erfassung der Vor- und Nachteile des Einsatzes von Wasserbasislacken.....	55
4.5.2	Gezielte Fragebogenaktion nach der Einführung der neuen Lacksysteme	57
4.5.2.1	Beschreibung der Vorgehensweise bei der gezielten Fragebogenaktion in den Pilotbetrieben	57
4.5.2.2	Ergebnisse der gezielten Fragebogenaktion in den Pilotbetrieben.....	58
4.5.3	Einsatz des Stoff- und Energieflussmodells IMPROVE.....	63
4.5.3.1	Vorgehensweise bei der Durchführung der Modellberechnungen	63
4.5.3.2	Vorstellung der berechneten Modellergebnisse.....	72
4.5.4	Lackierkabinenzeiterfassung.....	76
4.5.5	Durchführung von Materialschichtdickenmessungen	78

5	Wesentliche Inhalte des praxisorientierten Leitfadens	82
6	Kommunikation der Projektergebnisse	84
6.1	Durchführung von Workshops	84
6.2	Pressemitteilungen.....	85
7	Zusammenfassung und Ausblick	87
7.1	Zusammenfassung.....	87
7.2	Ausblick.....	90
8	Literaturverzeichnis	91

Anhang 1: Auflistung der Ansprechpartner der Pilotbetriebe und Mitarbeiter der Lackhersteller

Anhang 2: Teilnehmer im Arbeitskreis

Abbildungsverzeichnis

Bild 1: Screen-Shot der Lackdatendatei des Unternehmens Spies Hecker GmbH (letzter Stand angebotener Produkte)	28
Bild 2: Überblick über ausgewählte Betriebe in Baden-Württemberg	42
Bild 3: Szenarien für eine vergleichende Gegenüberstellung der Situation in den Betrieben vor und nach der Umstellung.....	66
Bild 4: Vorgehensweise bei der Erstellung eines praxisorientierten Leitfadens	88

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Definition der Fahrzeugreparaturlackierung	16
Tabelle 2: Aufteilung der Lackierbetriebe	17
Tabelle 3: Betriebsgrößen und durchschnittliche Anzahl der Lackierer pro Betrieb in Deutschland	17
Tabelle 4: Einzelne Lackschichten, ihre Funktionsweise und durchschnittlicher VOC-Wert der konventionellen Systeme	23
Tabelle 5: Vergleich von konventionellen mit lösemittelarmen Lacksystemen	24
Tabelle 6: Vergleich der konventionellen Basislacke mit den Wasserbasislacken	26
Tabelle 7: Wasserbasislackssysteme unterschiedlicher Lackhersteller	29
Tabelle 8: Produkte der Lackhersteller	29
Tabelle 9: Auswahl von Herstellern von Spritzpistolen, geeignet für den Wasserbasislackeinsatz	32
Tabelle 10: Verschiedene Merkmale von Lackier- und Trockenkabinen	34
Tabelle 11: Hersteller von Lackier- und Trockenkabinen	35
Tabelle 12: Auswahl einiger Ablüftsyste me	37
Tabelle 13: Auswahl einiger Anbieter von Ablassystemen	39
Tabelle 14: Auswahl einiger Hersteller von Werkzeugreinigungssysteme	40
Tabelle 15: Zeitlicher Verlauf der Betriebsanalysen in den Monaten Mai-Juli 2000	44
Tabelle 16 : Zeitlicher Verlauf der Betriebsanalysen in den Monaten August bis Oktober 2000	45
Tabelle 17: Ausgangssituation in den Pilotbetrieben	48
Tabelle 18: Einsatzbedingungen der Wasserbasislacke	53

Tabelle 19: In den Pilotbetrieben überwiegend eingesetzte Ablüftsysteme	59
Tabelle 20: Ergebnisse der Befragungen der Lackierer in den Pilotbetrieben..	60
Tabelle 21: Durchschnittliche Verlängerung der Auftragsbearbeitung	61
Tabelle 22: Erfassung des Erfolgs des Einsatzes von Wasserbasislacken.....	62
Tabelle 23: Referenzzustand in Betrieben und berechnete Szenarien	68
Tabelle 24: Einsatz von Wasserbasislacken (Szenario I).....	72
Tabelle 25: Zusätzliche Minderung (Füller und Klarlack) und ggf. Einsatz von HVLV (Szenario II)	74
Tabelle 26: Trocken- oder Deckenblassystem (Szenario III).....	74
Tabelle 27: Aufheizung der Lackierkabine (Szenario IV).....	75
Tabelle 28: Daten zur Lackierkabinenzeiterfassung.....	77
Tabelle 29: Materialschichtdicken in den Pilotbetrieben.....	79
Tabelle 30: Gegenüberstellung der Ergebnisse der 1. Befragung in der KW 37/38 mit den Schichtdickenwerten.....	79
Tabelle 31: Gegenüberstellung der Ergebnisse der 2. Befragung in der KW 41 mit den Schichtdickenwerten.....	80
Tabelle 32: Liste der kontaktierten Fachzeitschriften über Projektstart und Projektziele.....	86

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage und Problemstellung

Während bei einer Vielzahl von Luftschadstoffen (CO₂, NO_x, Schwermetalle) in den letzten Jahren aufgrund der Genehmigungsbedürftigkeit der Anlagen und der daraus erwachsenden Anforderungen an die eingesetzten Technologien schon eine weitgehende Emissionsminderung stattgefunden hat, sind die Emissionen an leichtflüchtigen organischen Verbindungen (VOC) insgesamt bisher kaum zurückgegangen. VOC Emissionen sind für den Menschen direkt gesundheitsschädlich und leisten u.a. in Verbindung mit Stickoxiden und starker Sonneneinstrahlung einen Beitrag zur Bildung von bodennahem Ozon („Sommersmog“). Zu über 50 % werden VOC im Bereich der Lösemittelanwendung emittiert. Den größten Anteil hierbei hat die Lackverarbeitung (38%) [5].

In den letzten Jahren sind für die kleinen und mittleren Betriebe der Autoreparaturlackierung von der Industrie (Zulieferindustrie) verschiedene emissionsarme Materialien und Technologien nach dem Stand der Technik (vgl. VDI Richtlinie 3456: Emissionsminderung, Reparaturlackierung und Lackierung für Pkw und Nutzfahrzeuge) entwickelt worden. Im Rahmen von Befragungen in Autoreparaturlackierbetrieben wurde aber festgestellt, dass geeignete Alternativen bisher nur in geringerem Umfang eingesetzt werden. Die größten Lösemittlemissionsminderungen (ca. 30 %) in den Betrieben können durch den Einsatz von Wasserbasislacken erzielt werden [27]. Umso erstaunlicher ist es, dass der Anteil der Wasserbasislacke an den verwendeten Decklacken 1999 lediglich bei 2 % lag.

Wie bereits einige Betriebe erfolgreich gezeigt haben, ist der Einsatz von Wasserbasislacken inzwischen problemlos möglich, da in den letzten fünf Jahren Qualität und Verarbeitungsfähigkeit entscheidend verbessert werden konnten. Da die Betriebe nach der EU-Lösemittelrichtlinie spätestens bis 2004 (Neuanlagen) bzw. 2007 (Altanlagen) Wasserbasislacke einsetzen müssen, um ihre Minderungsziele ohne Sekundärmaßnahmen zu erreichen, ist eine Umstellung auf Wasserbasislacke für die Autoreparaturlackierbetriebe unumgänglich. Vor diesem Hintergrund sind die in den letzten Jahren vorherrschenden Vorurteile gegenüber der Verwendung von

Wasserbasislacken überaus problematisch. Ohne den Abbau der Vorurteile wird sich der Anteil der verwendeten Wasserlacke auch in Zukunft nur leicht erhöhen, und folglich werden die durch die EU-Lösemittelrichtlinie geforderten Minderungsziele nur schwer erreichbar sein.

1.2 Zielsetzung

Ziel des Projektes ist die Erhöhung der Akzeptanz der Verwendung von Wasserbasislacken und anderer lösungsmittelarmer/-freier Hilfsmittel, durch die Entwicklung eines praxisorientierten Leitfadens für die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten von Wasserbasislacken und lösungsmittelarmen/-freien Hilfsmitteln. Betrieben der Autoreparaturlackierung in Baden-Württemberg soll damit eine konkrete Hilfestellung an die Hand gegeben werden. Einen besonderen Schwerpunkt des Projektes bildet die Verbreitung des Wissens und der Erkenntnisse zum Wasserlackeinsatz durch die Organisation und Durchführung von Workshops für die betroffenen Betriebe.

1.3 Vorgehensweise

Zu Beginn der Ausführungen werden die gesetzlichen Rahmenbedingungen der Autoreparaturlackierung vorgestellt. Ausgangspunkt der Untersuchungen bildet eine Marktanalyse. In diesem Rahmen wird die wirtschaftliche Situation der Autoreparaturlackierbetriebe beschrieben. Ferner werden die derzeit eingesetzten Lacksysteme untersucht und vergleichend gegenübergestellt. Mit der Beschreibung der Techniken, die für einen Einsatz von Wasserbasislacken erforderlich sind, z.B. spezielle Abluftsysteme, wird das zweite Kapitel abgeschlossen.

Im Rahmen des dritten Kapitels werden die einzelnen Phasen der Betriebsanalysen näher erläutert. Zu Beginn des Kapitels werden die teilnehmenden Betriebe vorgestellt und ihre Ausgangssituation charakterisiert. Anschließend wird der Verlauf der Betriebsanalysen zusammenfassend beschrieben. Ferner wird die Vorgehensweise im Rahmen der Datenaufnahme beschrieben und die eingesetzten Methodiken für die Bewertung der Maßnahmen umfassend vorgestellt.

Im vierten Kapitel wird der Aufbau des praxisorientierten Leitfadens vorgestellt. Im folgenden fünften Kapitel wird die Vorgehensweise bei der Verbreitung des

Wissens und der Erkenntnisse zum Wasserlackeinsatz vorgestellt. Im letzten Kapitel wird die Vorgehensweise bei der Entwicklung des praxisorientierten Leitfadens sowie die Erkenntnisse zum Wasserbasislackeinsatz zusammenfassend dargestellt. Im Anhang sind die erhobenen Daten im Rahmen der Betriebsanalysen, die betriebsspezifischen Ergebnisse und die Ansprechpartner im Arbeitskreis aufgeführt. Ferner sind die an die Fachzeitschriften versendeten Pressemitteilungen und Kopien von Veröffentlichungen beigelegt.

2 Gesetzliche Rahmenbedingungen

In der Autoreparaturlackierung wird bei den verschiedenen Lackierprozessen eine Vielzahl verschiedener Materialien und Technologien eingesetzt, die zu einer Umweltbelastung führen können. Neben den dabei entstehenden Abfällen und Abwässern spielen besonders die durch den häufigen Einsatz lösemittelhaltiger Produkte, wie Lacke, Reinigungslösemittel usw. entstehenden leicht flüchtigen organischen Verbindungen eine zentrale Rolle. Die jährlichen VOC-Emissionen im Bereich der Autoreparaturlackierung betragen 1992 weltweit ca. 680.000 t, in Europa ca. 160.000 t und in Deutschland ca. 25.000 t. In Deutschland sind dies ca. 6 - 7 % der VOC-Emissionen aller Lackierprozesse und 2 - 3 % aller Lösemittlemissionen [27].

2.1 EU-Lösemittelrichtlinie

In der EU-Lösemittelrichtlinie¹, die am 11. März 1999 vom Europäischen Ministerrat verabschiedet und am 29. März im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft veröffentlicht worden ist, werden Anforderungen für Anlagen aus über 20 lösemittelverarbeitenden Industrie- und Gewerbebezweigen formuliert. Ziel der EU-Lösemittelrichtlinie ist die nachhaltige Senkung der VOC-Emissionen in Europa und somit u. a. die Erfüllung der internationalen Verpflichtungen aus den VOC-Protokollen der UN/ECE. Der durchschnittliche Anteil organischer Lösemittel in den Lackprodukten soll von derzeit 75 % auf zwischenzeitlich 65 % und dann auf maximal 55 % gesenkt werden. Der Zeitplan zur VOC-Regulierung sieht zwei Stufen vor [27]:

1. Stufe: Reduzierung auf einen Lösemittelanteil von 65 % bis zum 30. Oktober 2001 für Neuanlagen und bis zum 30. Oktober 2005 für Altanlagen (Reduzierung der Lösemittel um 40 %).

¹ Offizielle Bezeichnung: Richtlinie 1999/13/EG DES RATES vom 11. März 1999 über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, die bei bestimmten Tätigkeiten und in bestimmten Anlagen bei der Verwendung organischer Lösemittel entstehen.

2. Stufe: Reduzierung auf einen Lösemittelanteil von 55 % bis zum 30. Oktober 2004 für Neuanlagen und bis zum 30. Oktober 2007 für Altanlagen (Reduzierung der Lösemittel um 60 %).

Nach der EU-Lösemittelrichtlinie muss der Betreiber einer Anlage eine der zwei folgenden Bedingungen erfüllen (siehe auch Tabelle 1):

1. Einhaltung der Emissionsgrenzwerte für Abgase und diffuse Emissionen,
2. Einhaltung der Anforderungen des Reduzierungsplans gemäß Anhang II B der Richtlinie.

Tabelle 1: Anforderungen aus der EU-Lösemittelrichtlinie an die Autoreparaturlackierung

	Emissionsgrenzwert für Abgase	Emissionsgrenzwert für diffuse Emissionen	Reduzierungsplan
Grenzwert	50 mg Kohlenstoff pro m ³ Abluft	25 % der eingesetzten organischen Lösemittel	60 % Lösemittelreduzierung
Instrument	Messinstrumente	Lösemittelwirtschaftsplan	Lösemittelwirtschaftsplan
Ermittlung Lösemittelverbrauch	15 minütige Durchschnittsmessungen der organischen Lösemittel im Abgaskamin Umrechnung der gemessenen Lösemittelkonzentrationen	Emissionen, die unkontrolliert durch Türen, Fenster und ähnliches entweichen Berechnung nach Lösemittelwirtschaftsplan: O2+O3+O4+O9	Berechnung nach Lösemittelwirtschaftsplan: I1-O8

Kontrollinstrument für die Einhaltung der Grenzwerte ist ein von jedem Betrieb jährlich zu erstellender sogenannter Lösemittelwirtschaftsplan (Solvent Management Plan). Mit diesem Instrument werden die Betriebe dazu veranlasst, in regelmäßigen Abständen den Input (I) und Output (O) von Lösemitteln zu erfassen, ihre Stoffflüsse zu dokumentieren und nach Möglichkeiten eines effizienteren Materialeinsatzes zu suchen.

Mit dem Reduzierungsplan soll der Betrieb in die Lage versetzt werden, eine Emissionsminderung durch andere Maßnahmen in der gleichen Höhe zu erzielen, wie dies bei Anwendung der Emissionsgrenzwerte der Fall wäre. Der Reduzierungsplan ist auf Anlagen anzuwenden, bei denen ein konstanter Gehalt an Feststoffen angenommen und zur Festlegung des Bezugspunktes

für die Emissionsreduzierung herangezogen werden kann. Ziel ist hierbei die Verringerung des durchschnittlichen Lösemittelleinsatzes. Vom Betrieb bereits erbrachte Vorleistungen wie der Einsatz feststoffreicher Lacke, Wasserbasislacke, geschlossene Werkzeugreinigungsautomaten oder ähnliches können bei der Lösemittel/Festkörperbilanz angerechnet werden.

Neben der Umsetzung dieser Richtlinien in nationales Recht haben die EU-Mitgliedsstaaten auch die Möglichkeit, innerhalb von 24 Monaten ab dem Datum des Inkrafttretens dieser Richtlinie eigene nationale Pläne zu entwickeln, die dann bis spätestens am 1. April 2000 in Kraft treten müssen. Die einzelstaatlichen Pläne müssen aber mindestens eine VOC-Reduktion in der gleichen Höhe und in demselben Zeitraum bewirken, wie dies nach der EU-Lösemittelrichtlinie möglich wäre. Kürzere Übergangsfristen, geringere Schwellenwerte und höhere Emissionsgrenzwerte können auch erlassen werden.

2.2 Umsetzung der EU-Lösemittelrichtlinie in nationales Recht

Zur Umsetzung der europäischen Lösemittelrichtlinie in nationales Recht hat das Umweltbundesamt 1996 den ersten Verordnungsentwurf für Deutschland vorgelegt. Weitere Referentenentwürfe liegen seitdem vor. Der Referentenentwurf für die Umsetzung vom Juli 2000 greift die Definition der EU-Richtlinie der Fahrzeugreparaturlackierung auf. Hierbei umfasst der Begriff **Fahrzeugreparaturlackierung** jede industrielle oder gewerbliche Tätigkeit einschließlich der damit verbundenen Entfettungstätigkeiten (Tabelle 3).

Tabelle 2: Definition der Fahrzeugreparaturlackierung

Fahrzeugreparaturlackierung
Lackierung von Kraftfahrzeugen bzw. Teilen dieser Kraftfahrzeuge im Zuge einer Reparatur, Konservierung oder Verschönerung außerhalb der Fertigungsanlagen
Ursprüngliche Lackierung von Kraftfahrzeugen oder eines Teils dieser Kraftfahrzeuge mit Hilfe von Produkten zur Reparaturlackierung , sofern dies außerhalb der ursprünglichen Fertigungsstraße geschieht
Lackierung von Anhängern (einschließlich Sattelanhängern)

Auf Wunsch der Verbände BFL und ZKF sowie der Fachgruppe der Autoreparaturlacke im VdL sind im Referentenentwurf für die

Autoreparaturlackierbetriebe **keine Schwellenwerte** vorgesehen. Folglich werden **alle Autoreparaturbetriebe** von den Regelungen der VOC-Richtlinie betroffen sein [17].

Zur Erfüllung der Anforderungen der Richtlinie sind zwei Optionen möglich:

- Option Nr. I: Die Aufstellung von Reduzierungsplänen (Typ A und Typ B)
 - Reduzierungsplan Typ A:
 - Aufstellung einer Lösemittel- und Festkörperbilanz erforderlich
 - Vorgabe eines Zielemissionswertes²
 - Vereinfachter Reduzierungsplan Typ B
 - Keine Lösemittelbilanz erforderlich
 - Nachweis über Einsatz von lösemittelarmen Produkten (Wasserbasislack, HS-Produkte)
 - Nachweis über Einsatz von Spritzpistolen mit Übertragungseffizienz mind. 65% und Werkzeugreinigung in geschlossenen Einrichtungen (geschlossenerer Lösemittelkreislauf) oder Reinigungsmittel < 15% organische Lösemittel³
- Option Nr. II Einhaltung der vorgeschriebenen Emissionsgrenzwerte für Abgase und für diffuse Emissionen
 - Einbau von Abluftreinigungssystemen für gasförmige Emissionen:
Mögliche Systeme: Adsorptionsanlagen, Biofilter, Anlagen zur

² Zielemissionswert ergibt sich als Verhältnis von einer pro Jahr eingesetzten Gesamtfestkörpermenge zum Gesamtverbrauch an organischen Lösemitteln. Hierbei sind sämtliche Materialien, die im Lackierprozess eingesetzt sind, zu berücksichtigen. Beide Anteile (Festkörper- und Lösemittelanteil) haben in einem Verhältnis von 1:1 zu stehen.

³ vgl. auch VDI 3456 [32]

thermischen Nachverbrennung, Anlagen zur flammlosen katalytischen Oxidation⁴

- Periodische Messungen der Grenzwerte erforderlich: Die Grenzwerte werden anhand von 15-minütigen Durchschnittsmessungen der organischen Lösemittel nach der Abluftreinigungsanlage nachgewiesen. Die gemessenen Lösemittelkonzentrationen werden dann in [mg C/m³] umgerechnet. Die diffusen Emissionen umfassen sämtliche Emissionen, die nicht in einer Abluftreinigungsanlage behandelt werden (gefasst und ungefasst).

⁴ vgl. auch VDI 3456 [32]

3 Durchführung von Marktanalysen

Ausgangspunkt der Untersuchung bildet eine Marktanalyse über die derzeit in der Branche angebotenen Lackprodukte (insbesondere wasserbasierte Lacke) und lösungsmittelarmer/-freien Hilfsmittel bezüglich ihrer Eigenschaften, wie z.B. Lösemittelgehalt, Ablüftzeit, Mischungsverhältnis, Preis, Ergiebigkeit, Farbtonvielfalt sowie Bearbeitungstechnik. Ferner werden die derzeit eingesetzten und die für den Einsatz von Wasserlacken und lösungsmittelarmer / -freien Hilfsmitteln erforderlichen Materialien, Werkzeuge und Technologien beschrieben. Insbesondere werden Ansprechpartner genannt, die den Betrieben beim Auftreten von Schwierigkeiten Unterstützung anbieten.

3.1 Die wirtschaftliche Situation der Lackierbetriebe

Der Begriff **Fahrzeugreparaturlackierung** umfasst jede industrielle oder gewerbliche Tätigkeit einschließlich der damit verbundenen Entfettungstätigkeiten (Tabelle 3).

Tabelle 3: Definition der Fahrzeugreparaturlackierung

Fahrzeugreparaturlackierung
Lackierung von Kraftfahrzeugen bzw. Teilen dieser Kraftfahrzeuge im Zuge einer Reparatur, Konservierung oder Verschönerung außerhalb der Fertigungsanlagen
Ursprüngliche Lackierung von Kraftfahrzeugen oder eines Teils dieser Kraftfahrzeuge mit Hilfe von Produkten zur Reparaturlackierung , sofern dies außerhalb der ursprünglichen Fertigungsstraße geschieht
Lackierung von Anhängern (einschließlich Sattelanhängern)

Quelle: [6]

Insgesamt liegt die Zahl der lackierenden Betriebe bei etwa 12.500. Die genaue Aufteilung ist der Tabelle 4 zu entnehmen.

Tabelle 4: Aufteilung der Lackierbetriebe

Art des Lackierbetriebes	Anzahl	Anteil in [%]
Reine Autolackiererein	2.500	20
Karosseriefachbetriebe	3.000	24
Nutzfahrzeugwerkstätten	1.300	10
Aufbautenhersteller	500	4
Vertragsgebundene Werkstätten	4.200	34
Sonstige	1.000	8
Summe	12.500	100

Quelle: [14]

Etwa zwei Drittel alle PKW-Lackierungen stellen Kleinbetriebe mit einem bis drei Lackierern dar.

Verschiedene Befragungen zur Struktur der Autoraparaturlackierbetriebe sind in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Betriebsgrößen und durchschnittliche Anzahl der Lackierer pro Betrieb in Deutschland

Anzahl Lackierer	BFL Befragung (1995) [%]	CEPE (1992) [%]		Herbetz GmbH [%]	Maler- und Lackiererinnung Nord- und Mittelbaden [%]
		West	Ost		
1	3	8	19	65	90
2	6	28	22		
3	19	25	17	18	
4	10	10	14		
5	17	8	11	17	
6	19	5	4		
7	5	5	5		10
8	6	5	1		
9	3	6	6		
10	4				
Mehr als 10	8				

Quelle: BFL-Befragung von 150 Kfz-Reparaturlackierbetrieben 1995/1996; Lahmeyer International GmbH 1995, in [29]

Der durchschnittliche Umsatz wird bei den wenigen bekannten Zahlen mit 1,1 Millionen DM angegeben, der Umsatz pro Beschäftigten mit ca. 150.000 DM [33].

Die für Lackierbetriebe in Frage kommenden Kunden lassen sich in mehrere Bereiche unterteilen:

- Autohäuser und freie Kfz-Werkstätten
- PKW-Privatkunden
- Industrielackierarbeiten
- Motorräder

Im Rahmen dieser Arbeit wird nur das Segment der Autoreparaturlacke betrachtet. Daher werden die Punkte Autohäuser und freie Kfz-Werkstätten sowie die Entwicklungen im PKW-Privatkundensegment näher untersucht.

Autohäuser übergeben oftmals Lackieraufträge an vertraglich gebundene Reparaturlackierwerkstätte. Eine integrierte Lackierabteilung in den Autohäusern ist nach einer Untersuchung des ZKF (Zentralverband für Karosserie und Fahrzeugtechnik) erst ab einem Break-Even-Point bei 500.000 DM Umsatzvolumen sinnvoll. Derzeit zeichnet sich allerdings ein Konzentrationsprozess ab. Diese Entwicklung kann die Struktur der Autoreparaturlackierbranche beeinflussen.

In Bezug auf die privaten Kundenaufträge sind einige Entwicklungen in den letzten Jahren zu beobachten. Hierbei hängen die Entwicklungen von folgenden Faktoren ab:

- Wirtschaftliche Lage der Kunden
- Entwicklungen der Unfallzahlen
- Verkehrsregelungen (Geschwindigkeitsregelungen)
- Entwicklungen der Fahrzeugtechnik (z.B. Sicherheit durch ABS)

Die allgemeine Zahl der Wartungs- und Reparaturaufträge nimmt trotz steigender PKW-Zulassungen seit Mitte der neunziger Jahre leicht ab [10].

Die Tendenz, die Unfallschäden auf Gutachterbasis abzurechnen, aber Fahrzeuge unrepariert oder durch Laien reparieren zu lassen steigt. Nach einer Erhebung des Verbandes der technischen Überwachungsvereine werden jährlich ca. 3,2 Millionen PKW nicht vom Fachwerkstätten repariert [14].

Die Entwicklungen der Kosten in den Lackierbetriebe stellt hierbei für die zukünftige Marktentwicklung eine hohe Relevanz dar. Für durchschnittliche Lackierbetriebe stellt die Kostenart Personalaufwand mit fast 40%, einen wichtigen Posten dar. Hierbei hat der Materialeinsatz einen Anteil an den Gesamtkosten von 20 - 30% [14].

3.2 Eingesetzte Produkte in der Autoreparaturlackierung

3.2.1 Lackgrundlagen

Der Begriff Lack steht für eine Vielzahl von Beschichtungsstoffen auf der Basis organischer Bindemittel. Prinzipiell sind in Lacken und Farben vier Komponenten enthalten [3, 4]:

- Bindemittel
- Pigmente
- Lösemittel
- Hilfsstoffe und Additive

Bindemittel

Bindemittel nennt man die filmbildenden Komponenten eines Beschichtungsstoffes. Die Eigenschaften des Bindemittels sind entscheidend für die Funktionsfähigkeit der Lacke und Farben. Sie umhüllen die farbgebenden Pigmente und verbinden sie mit dem Untergrund. Sobald das Bindemittel ausgehärtet ist, bildet es den Lackfilm auf der Oberfläche. Durch Bindemittel wird die Verarbeitbarkeit, das Härungsverhalten und der Gebrauchswert einer Lackierung bestimmt. Bindemittel können organischer oder anorganischer Basis sein.

Pigmente

Pigmente sind im Bindemittel fein verteilte, nicht lösliche Feststoffe, die dem Lack seine Farbe geben. Mit organischen Pigmenten können brillante Farbtöne erreicht werden, anorganische Pigmente zeigen weniger Brillanz, sind aber licht- und wetterbeständiger.

Lösemittel

Lösemittel benötigt man, um das feste Bindemittel zu lösen bzw. zu emulgieren und so die Lacke streich- oder spritzfertig zu machen. Die wichtigste Aufgabe der Lackschicht besteht darin, Schutz des Untergrundes gegen Witterungseinflüsse, im besonderen gegen Feuchtigkeit zu bieten. Das filmbildende Bindemittel sollte daher wasserabweisend sein, und deshalb aus Ölen, Harzen, und Fetten, die wasserunlöslich sind bestehen. Die Lösemittel haben die Aufgabe feste Bindemittelkomponenten aufzulösen und in eine verarbeitbare Konsistenz zu überführen. Hierbei bieten organische Lösungsmittel den Vorteil, der chemischen Verträglichkeit mit Ölen, Harzen und Fetten. Allerdings belasten die Lösemittel die Atmosphäre und sind gesundheitsschädlich [24].

Hilfsstoffe/Additive

Additive sind Zusatzstoffe, die in geringen Mengen zugesetzt werden, um besondere Eigenschaften zu erzielen oder unerwünschte Eigenschaften zu vermeiden. Durch die Filmbildung oder Trocknung gehen die jeweiligen Lacke in die fest am Untergrund haftende Lackierung über. Dazu gibt es prinzipiell folgende Möglichkeiten:

1. Verdampfung von Lösemitteln oder Dispersionen makromolekularer Stoffe
2. Verdampfung von Wasser aus Dispersionen makromolekularer Stoffe
3. Abkühlung geschmolzener Stoffe
4. Chemische Reaktionen

Die ersten drei Mechanismen sind der physikalischen Trocknung zuzuordnen. Bei der chemischen Trocknung erfolgt im Gegensatz dazu eine Vernetzung der Filmbildner (Polykondensation, Polymerisation oder Polyaddition). Diese

Filmbildner bestehen zumeist aus niedermolekularen oder Gemischen aus nieder- mit hochmolekularen Substanzen. Hierbei ist aufgrund der vergleichbar höheren Viskosität weniger Lösemittel erforderlich.

3.2.2 Verschiedene Lacksysteme

In Rahmen dieses Abschnittes werden sämtliche Lacksysteme, die derzeit in Diskussion sind, vorgestellt. Die Systeme Pulverlacke und Pulver-Slurry-Lacke haben keine Marktreife erlangt. Sie werden der Vollständigkeit halber vorgestellt. Die Einleitung der Lacke orientiert sich an die Entwicklungsgeschichte und am durchschnittlichen Lösemittelgehalt [4, 27].

Konventionelle Lacksysteme

Diese werden auf Basis verschiedener Bindemittel mit einem hohen Lösemittelanteil hergestellt.

High Solid Produkte

High Solid Produkte beruhen auf einer Weiterentwicklung konventioneller Lacke. Die verwendeten Harze lassen sich besser (mit weniger Lösemittel) lösen. Gegenüber 40 - 50 % Lösemittelgehalt bei konventionellen Systemen beträgt dieser bei HS-Systemen etwa 10 – 25 %. Genaue Angaben hierüber sind schwierig, da der Begriff „High Solid“ bisher nicht näher definiert ist. Unterschiedliche Hersteller gehen mitunter sehr frei mit der Verwendung dieser Bezeichnung um. Lacke mit mittleren oder niedrigem Festkörperanteil werden auch mit Medium oder Low Solid (MS, LS) bezeichnet.

Wasserlacke

In Wasserlacken werden die organischen Lösemittel weitgehend durch Wasser ersetzt. Die Rest-Lösemittel fungieren als Löslichkeitsvermittler. Dabei müssen die Hersteller eine feuchtigkeitsresistente Beschichtung durch wasserlösliche Substanzen erreichen.

Pulverlacke

Pulverlacke sind lösemittelfreie Beschichtungssysteme mit einem Festkörperanteil von 99,5 – 99,8 %. Diese benötigen aber besondere Bedingungen bei Lagerung und Applikation, so dass eine Verwendung bei der Autoreparaturlackierung derzeit ausgeschlossen ist.

Pulver-Slurry-Lacke

Pulver-Slurry-Lacke sind Pulverlacke, die in Wasser dispergiert werden. Dieses Verfahren befindet sich auch im Entwicklungsstadium, so dass eine Verwendung bei der Autoreparaturlackierung derzeit ausgeschlossen ist.

3.2.3 Prinzipieller Aufbau der Lackschichten

Bei einer komplett Lackierung eines Autos werden grundsätzlich drei oder vier Schichten aufgetragen. Die Grundierung dient dem Korrosionsschutz der Karosserie. Als nächstes wird ein Füller aufgetragen, der die Unebenheiten ausgleichen und die Haftbarkeit der eigentlichen Farblacke gewährleisten soll. Anschließend wird der Basislack als Effekt- oder Unifarbe in Kombination mit einem Klarlack zur Erhaltung der Beständigkeit aufgetragen. Alternativ kann anstelle von Basis- und Klarlack ein Uni-Decklack Verwendung finden.

Zum Anmischen des Lackes werden bei konventionellen Systemen lösemittelhaltige Verdünnungen beigemischt. Ferner werden lösemittelhaltige Reinigungsmittel zur Behandlung des zu lackierenden Untergrunds eingesetzt.

Die verschiedenen konventionellen Lacksysteme beruhen entweder auf einer Alkydharzbasis als Einschichtsystem oder auf Polyurethanbasis als Zweikomponenten (2K)-Einschichtsystem. Im Fall des Zweischichtsystems Basis- und Klarlack wird der Basislack auf Acrylharz- oder Polyesterbasis und der Klarlack auf Polyurethanbasis hergestellt. Die in den Reparaturdecklacksystem eingesetzten Harze (Bindemittel) unterteilen sich in drei Hauptgruppen [4]:

- Nitrozelluloseharze
- Kunstharze
- Acrylharze

Nitrozelluloseharze besitzen einen sehr hohen Lösemittelanteil und gewährleisten so einen dünnen Lackfilm beim Auftragen. Sie zeichnen sich durch schnelle Trocknung (Verdunstung), einfaches Auftragen und leichte Überlackierbarkeit aus.

Der Name Kunstharz bezieht sich auf verschiedene Materialien. Allen gleich ist die Art der Trocknung durch Oxidation. Durch ihren vergleichsweise niedrigeren Lösemittelanteil ist die Filmschicht etwas dicker, die Trocknung verläuft langsamer. Kunstharze können leicht überlackiert werden.

Acrylharze unterteilt man in zwei Gruppen: Einkomponenten- (1K) und Zweikomponenten (2K) Acrylharze. 1K-Acrylharze erfordern eine große Lösemittelmenge und ergeben so einen sehr dünnen Lackfilm. Sie sind aber sehr spröde und schwer überzulackieren. 2K-Acrylharze bestehen aus Hydroxy-Acrylharz und einem Isocyanat-Härter. Bei der Wahl dieses Härters trocknet der Lack sogar bei Raumtemperatur. Alle Harzarten eignen sich für die Ofentrocknung. In Tabelle 6 sind die Lackschichten aufgeführt.

Tabelle 6: Einzelne Lackschichten, ihre Funktionsweise und durchschnittlicher VOC-Wert der konventionellen Systeme

Verwendung	Funktion	Anzahl Komponenten	Durchschnittlicher VOC-Gehalt (g/l)
Grundierung	Korrosionsschutz	1K, MS*	700-850
Füller	Ausgleich von Unebenheiten	2K, MS*	500-600
Basislack (Vorlack)	Farbgebung (Effekt- oder Uni-)	1K, LS*, MS*	800-850
Klarlack	Erhöhung der Beständigkeit	2K, LS*	600-650
(Uni-) Decklack	Funktion von Basis- und Klarlack	2K, MS* - HS*	500

Die Substitution dieser verschiedenen Lackschichten mit lösemittelarmen bzw. -freien Lacksystemen ist unterschiedlich weit fortgeschritten. Aufgrund der geforderten spezifischen Eigenschaften der jeweiligen Schicht ist der Einsatz nicht ohne weiteres möglich. Die Qualitätsanforderungen an die Lackschicht werden von den Nutzern (Kunden) vorgegeben. Insbesondere bei der Reparaturlackierung werden hohe Ansprüche an Farbton-, Effekt- und Glanzgradübereinstimmung oder auch an die Härte und den langhaltenden Korrosionsschutz gestellt. Neuartige Systeme dürfen keinerlei Einbußen

dieser Ansprüche mit sich bringen. Die am weitesten fortgeschrittenen Alternativen stellen die Festkörperreichen Lacke (High Solid) und wasserverdünnbare Lacke (Wasserlacke) dar. HS-Lacke werden geeignet für die Einschichtlackierung oder als Klarlack einer Zweischichtlackierung eingestuft, während sie für die Metallic- oder Effektbasislacke ungeeignet angesehen werden. Wasserlacke werden überwiegend im Basisbereich eingesetzt. Daher wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens die Einsatzbedingungen der Wasserbasislacke untersucht [12, 13]. Eine Zusammenfassung der Anwendbarkeit dieser Lacksysteme im Vergleich zu konventionellen Systemen gibt Tabelle 7.

Tabelle 7: Vergleich von konventionellen mit lösemittelarmen Lacksystemen

Produkte	Kriterium	Konventionell	Wasserlack	High Solid
Grundierung	Marktangebot	vorhanden	vorhanden	vorhanden
	Festkörperanteil (Gew. %)	Je nach Produkt	Mittel – hoch: 40 - 50	k.A.
	Org. Lösemittel	60-75%	1 - 5	40 - 50
	Qualität	-	Mangelnde Lagerstabilität, schlechtere Feuchtigkeitsbeständigkeit, leicht mangelnd	Nicht eingeschränkt, höherer Auftragsgrad
Füller (2K)	Marktangebot	vorhanden	vorhanden als 1K-System	vorhanden
	Festkörperanteil (Gew. %)	40 - 55	50 - 55	55-85
	Org. Lösemittel	45 - 60	4 - 6	15 - 45
	Qualität	-	Mangelnde Lagerstabilität, schlechtere Feuchtigkeitsbeständigkeit, leicht mangelnd	Nicht eingeschränkt, höherer Auftragsgrad
Decklack	Marktangebot	vorhanden	vorhanden	vorhanden
	Festkörperanteil (Gew. %)	35 - 45	50 - 55	55 - 70
	Org. Lösemittel	55 - 65	k. A.	30 - 45

Produkte	Kriterium	Konventionell	Wasserlack	High Solid
	Qualität		Mangelnde Lagerstabilität, schlechtere Feuchtigkeitsbeständigkeit, leicht mangelnd	Nicht eingeschränkt, höherer Auftragsgrad
Basislack	Marktangebot	vorhanden	Vorhanden	Nicht verfügbar
	Festkörperanteil (Gew. %)	12 - 18	14- 25	-
	Org. Lösemittel	82 - 88	5 - 12	-
	Qualität		Nicht eingeschränkt, teilweise verbesserte Farbtongenaugigkeit und Abdeckverhalten (s. Abschnitt 4.5.1.3)	-
Klarlack	Marktangebot	vorhanden	Teilweise Marktreif*	vorhanden
	Festkörperanteil (Gew. %)	25 - 45	35 - 40	50 - 55
	Org. Lösemittel	55 - 60	12 - 15	45 - 50
	Qualität	-	Nicht empfehlenswert	zufriedenstellend
*) Herstellerabhängig				

Quelle: [29]

In Tabelle 8 sind die konventionellen Basislacke mit den Wasserbasislacken gegenübergestellt.

Tabelle 8: Vergleich der konventionellen Basislacke mit den Wasserbasislacken

Kriterien	Konventionelle Basislacke	Wasserbasislack
VOC-Wert ^{**)}	650 – 800 g/l	< 420 g/l (je nach Farbton und Wasserlacksystem)
Lagerfähigkeit <ul style="list-style-type: none"> ○ Basisfarben ○ Spritzfertigen Zustand 	bis zu 3 Jahre ^{*)} bis zu 6 Monate ^{*)}	bis zu 2-5 Jahren ^{*)} bis zu 6 Monate in Kunststoff- bzw. innenbeschichteten Gebinden ^{*)}
Frostempfindlichkeit	nein	ja (> 5°C)
Farbtonverfügbarkeit		Ab Baujahr 1990 Farbtongarantie; Liefergarantie fehlender Farbtöne
Anzahl der Spritzgänge	2-4	1-3 (Den ersten Gang satt auflegen, den nächsten Gang ausnebeln) ^{*)}
Kombination mit anderen Produkten		Füller auf Säurebasis ungeeignet
Spritzpistolenreinigung	Reinigung mit Lösemitteln	Sofortiges Reinigen des nassen Lackfilms mit Wasser. Reinigung von angetrockneten Lackresten an der Spritzpistole nur noch mit Lösemitteln (Nitro- oder Alkoholbasis) möglich
Entsorgung	Restlösemittel müssen auf besonderen Wege entsorgt werden	Reinigungswasser kann über Koagulierung gefällt und mehrfach verwendet werden ^{***)} Lackreste trocknen und über Gewerbe- bzw. Hausmüll entsorgen ^{***)}
<p>^{*)} Herstellerabhängig</p> <p>^{**)} VOC-Wert = Gewichtsanteil organ. Lösemittel (Volumenanteil Lack – Volumenanteil Wasser)</p> <p>^{***)} Die Entsorgung des Filtrats ist je nach zu verwendenden Koagulieremittel sowie Bundesland unterschiedlich. Mögliche Entsorgungswege: Haus- bzw. Gewerbemüll oder Sondermüll. Die Entsorgung des Restwassers der Koagulierung ist pH-Wert abhängig (wenigstens 6,5; höchstens 10,0). Kommunen und Gemeinden geben genauere Angaben über Entsorgungswege.</p>		

3.2.4 Ermittlung der relevanten Daten zu den Produkten der Lackhersteller

Konventionelle lösemittelhaltige Lackprodukte unterscheiden sich von den wasserbasierenden Systemen neben dem Lösungsmittelanteil auch in Bezug auf weitere Eigenschaften, wie z.B. Festkörperanteil, Auftragswirkungsgrad und Viskosität. Diese spezifischen Angaben zu den Lackprodukten sowie den lösungsmittelarmen/-freien Hilfsmitteln sind für eine ganzheitliche Bewertung der Prozesse in Autoraparaurlackierbetrieben erforderlich. Hierzu wurden für die Charakterisierung der Produkte folgende Merkmale aufgenommen:

- Angaben über Mischungsverhältnisse
- Festkörpergehalt, Trockenschichtdicke, Dichten
- Angaben über Zeiten (Ablüftzeiten, Trocknungszeiten (Trockenkabine, Halle, Infrarottrockner)
- Anzahl der Spritzgänge
- Angaben über Stammlack (Dichte, Preis)
- Angaben über Härter und Lackverdünnung (Dichte, Preis)

Zur Vereinfachung der Datenaufnahme wurde eine Lackdatendatei in IMPROVE (zur Beschreibung des computergestützten Stoff- und Energieflussmodells IMPROVE vgl. Abschnitt 3.3) vorbereitet und eingesetzt. Bild 1 zeigt einen Screen-Shot der Lackdatendatei des Unternehmens Spies Hecker GmbH (Stand 01/2000). Zur Ermittlung relevanter Produkte zum Wasserbasislackeinsatz wurden von Lackherstellern Produktinformationen angefordert. Zur Erfassung der Eigenschaften der angebotenen Lackprodukte (insbesondere wasserbasierte Lacke) und lösungsmittelarme/-freie Hilfsmittel wird auf die Technischen Datenblätter, Sicherheitsdatenblätter sowie eine Lackdatendatei (vgl. Abschnitt 2.1) der Lackhersteller zurückgegriffen.

Microsoft Excel - Lackdaten_Spies Hecker .xls

File Bearbeiten Ansicht Einfügen Format Extras Daten Fenster ?

B28 = Permacron Autolack Serie 257

Spies Hecker, Köln Produktgruppe Stand: 01/2000		MISCHUNG					ZEITEN				
	Produktbezeichnung	Festkörpergehalt in Mischung (Gew.%)	Trockenschichtdicke Lackfilm [um]	Dichte im spritzfertigen Zustand [g/cm ³]	Dichte des eingebrannten Lackfilms [g/cm ³]	Preis des gemischten Lackes [DM]	Preis des gemischten Lackes [DM/kg]	Anzahl Spritzgänge	Dauer Ablüften gesamt [min]	Alternative Ablüfzeit	
Grundierung, Spragdose	1K Grundfüller 4080 grau	30,6	25	1,109	2,150	47,75 DM	43,06 DM	2,00	20		
	Priomat Haftgrund 3255 rotbraun	34,0	20	1,019	2,300	46,75 DM	45,88 DM	1,00	15		
Grundierung, Spritzpistole	Priomat Haftgrund 3255 rotbraun	25,2	20	0,990	2,030	31,60 DM	31,92 DM	1,50	15		
	1K Grundfüller 4080 grau	30,6	25	1,050	2,150	30,70 DM	29,24 DM	1,50	15		
	Permacron 4:1 Haftgrund 8583 rotbraun	42,5	20	1,200	2,180	43,78 DM	36,48 DM	1,50	15	40 bis 50	
	Permahyd 1K Grundierfüller 4100	57,0	50	1,400	2,040	54,38 DM	38,84 DM	1,50	60*		
Füller	Permacron Vario Füller 8590	60,1	100	1,315	1,940	42,41 DM	32,26 DM	3,00	22,5	10	
	Permasolid HS-Füller plus 5110	63,4	80	1,440	2,260	46,38 DM	32,21 DM	2,00	10		
	Permasolid HS-Füller 5210	65,2	80	1,400	2,280	46,06 DM	32,90 DM	2,00	10		
	Permasolid HS Maxi Füller 5220	70,0	80	1,530	2,240	46,06 DM	30,10 DM	2,00	10		
	Permasolid 2:1 VHS Füller 5150	83,8	100	1,540	1,780	96,52 DM	62,67 DM	2,00	15		
Unilack (Mischlacke)	Permacron Autolack Serie 257	45,8	50	1,040	1,320	70,83 DM	68,11 DM	2,00	12,5		
	Permasolid HS Autolack Serie 270	62,4	50	1,140	1,370	98,60 DM	88,49 DM	1,50	7,5		
Vorlack (Mischlacke)	Permacron Perlmutt Vorlack Serie 295	18,5	15	0,940	1,490	98,34 DM	104,62 DM	2,00	17,5		
	Permahyd Perlmutt Basislack Serie 285	24,6	12	1,090	1,660	154,96 DM	142,16 DM	1,50	20	10	
Basislack (Mischlacke)	Permacron Vorlack Serie 293	14,6	15	0,900	1,380	60,48 DM	67,20 DM	2,00	17,5		

Spies Hecker

Zeichnen AutoFormen

Bereit

Start Explorer - C:\Eigene D... LF_ARL_zwischenberi... Betriebe_verband_Jac... Microsoft Excel - ... 15:35

Bild 1: Screen-Shot der Lackdatendatei des Unternehmens Spies Hecker GmbH (letzter Stand angebotener Produkte)

In Tabelle 9 sind die Wasserbasissysteme unterschiedlicher Hersteller hinsichtlich der Merkmale Festkörpergehalt, Schichtdicken, Anzahl der erforderlichen Spritzgänge sowie der erforderlichen Gesamtablüfzeit aufgeführt. Die Untersuchungen haben ergeben, dass sämtliche Wasserbasislacksysteme die Anforderungen der Lackierung erfüllen.

Tabelle 9: Wasserbasislackssysteme unterschiedlicher Lackhersteller

	Festkörpergehalt in Mischung (Gew. %)	Trocken- schichtdicke Lackfilm [µm]	Anzahl Spritz- gänge	Ablüftdauer gesamt [min]
Hersteller 1	19	18	3	25
Hersteller 2	24,6	12	1,5	20
Hersteller 3	14-30	15-25	2	keine genannt
Hersteller 4	15,4	12	1,5	20
Hersteller 5	18,4	15	2,5	3*) (Fast Aqua Dry)
Hersteller 6	17	15	3	20
*) Wasserbasislack wird Nass in Nass aufgetragen. Fast Aqua Dry System wird mit Wasserbasislacken eingeführt.				

In Tabelle 10 sind die Wasserbasislackprodukte sowie die lösemittelreduzierten Produkte der einzelnen Lackhersteller vorgestellt.

Tabelle 10: Produkte der Lackhersteller

Lackhersteller	Basislacke	HS-Produkte	Sonstige Produkte bzw. Serviceleistungen
Glasureit GmbH Glasureitstr. 1 48165 Münster http://www.glasureitnet.com/glasureit/	Wasserbasislack: Typ B Zweischicht- Decklack- Metallic/Uni R 90- Innovation Konventioneller Basislack: Zweischicht Decklack R 55	Füller: HS-Tön-Füller 285-95 HS-Universal Grund-Füller 285- 50 / 285 - 60 Klarlack: HS-Multi-Klarlack 923-255	<ul style="list-style-type: none"> • Farbfindungssystem: COLOR-PROFI • Multi-Effekt-Basisfarben für alle 2 Schicht-Systeme • 1 K Wasserfüller 76-71 • Reinigungsmittel 700-1 • Geschlossenes Entsorgungskonzept 700-6

Lackhersteller	Basislacke	HS-Produkte	Sonstige Produkte bzw. Serviceleistungen
ICI Autocolor Düsseldorferstr. 80 40721 Hilden http://www.autocolor.de	Wasserbasislack: Typ A Aquabase Reihe P965 Konventioneller Basislack: Serie P 422	Füller: 2K HS Acrylfüller Klarlack: HS Klarlack 190-6680 Decklack: 2K HS Autolack P471	<ul style="list-style-type: none"> • Spectral Grey Grundiersystem • Fast Aqua-Dry-System • Aquaclean Pistolenreinigungssystem • Color Service Hotline: 02103/791 606/7 • Service Hotline: 02103/600 • Color-on-the-Net
PPG Industries Lack GmbH PPG Auto Refinish Düsseldorfer Str. 80 40721 Hilden http://www.ppg.com	Wasserbasislack: Typ C Envirobase Basislack Konventioneller Basislack: Deltron BC	Füller: HS Füller D8022 Klarlack: Deltron HS D880 Decklack: UHS Mischlacke	<ul style="list-style-type: none"> • Wasserverdünnbarer VOC Reiniger- und Silikonentferner mit D8401 • Tön-Füller • Aqua-Dry System • Drester 1000 • Farbton-Fächer (Tinting Guide)
Sikkens GmbH (Akzo Nobel Coatings GmbH) Magirusstr. 14 70469 Stuttgart http://www.sikkens.de	Wasserbasislack: Typ C Autowave Konventioneller Basislack: <ul style="list-style-type: none"> • Autobase • Autocryl PLUS 	Füller: <ul style="list-style-type: none"> • Colorbuild • Autocryl Filler Multi-Use • Autosurfacers 940 Klarlack: <ul style="list-style-type: none"> • Autoclear PLUS HS • Autoclear LV 	<ul style="list-style-type: none"> • Farbtonmesssystem Automatchic • ColorScala 2000 (Farbtondokumentations-System) • Schulungsprogramm Baustein 1-9

Lackhersteller	Basislacke	HS-Produkte	Sonstige Produkte bzw. Serviceleistungen
Spies Hecker GmbH Fritz-Hecker-Str. 47-107 50968 Köln http://www.spieshecker.de	Wasserbasislack: Typ C Permahyd Basislacke Serie 280/285 Konventioneller Basislack: Permacron Vorlack Serie 293/295	Füller: Permasolid HS Maxi Füller 5220, Permasolid HS Füller 5110 Permasolid HS Premium Füller 5310 Klarlack: Permasolid HS Klarlack 8030 Decklack: Permasolid HS Autolack/ Serie 270	<ul style="list-style-type: none"> • Permahyd Silikon Entferner 7080 (wässrig) • Permahyd Entfettungsmittel 7070 • Kompletter Wasseraufbau: w.v. (wasserverdünnbare) Grundierung w.v. Schleiffüller w.v. Basislack w.v. Klarlack
Standox GmbH Christbusch 45 42285 Wuppertal http://www.standox.de	Wasserbasislack: Typ C Standohyd Basecoat Konventioneller Basislack: Standocryl	Füller: HS Grundmaterial (2K-HS-Füller, 2K-HS-PLUS-Füller, 2K-HS-TOP-Füller) Klarlack: HS Kristallklarlack Decklack: High-Solid-Decklack-System	<ul style="list-style-type: none"> • Standohyd Silicon-Entferner TB 10 • Standohyd Entfettungsmittel TB 50 • Standohyd Klarlack

Quelle: [1, 11, 15, 25, 30, 31]

3.3 Eingesetzte Techniken in der Autoreparaturlackierung

3.3.1 Applikationstechniken

Der Lackauftrag mit einer Spritzpistole kann durch einen relativ niedrigen Nutzungsgrad gekennzeichnet sein. Der Nutzungsgrad gibt das Verhältnis des Teiles des Spritznebels wieder, welcher auf der zu lackierenden Oberfläche den Film bildet, zu dem Teil, der in die Umgebungsluft entweicht. Gearbeitet wird bei Hochdruckpistolen (konventionelle Systeme) mit 3-6 bar. Bei Verwendung von luftgeförderten Hochdruckpistolen kann der Nutzungsgrad ca.

bei 50% oder weniger betragen. Eine Reihe von Spritzgeräten bieten einen geringeren Oversprayanteil an. Angeboten werden [7, 18, 28]:

- Spritzen mit vermindertem Druck (z.B. hochvolumiges Niederdruck-Spritzen: HVLP= High Volume Low Pressure; Druck = ca. 0,7 bar),
- Druckloses Spritzen
- Luftgefördertes, drucklosen Spritzen.

Sowohl konventionelle Spritzpistolen als auch Niederdruckpistolen können auch für Wasserbasislacke eingesetzt werden. Allerdings müssen andere Betriebsparameter eingerichtet werden. Beispielsweise sind aufgrund der hohen Viskosität von Wasserlacken die Düsen der Spritzpistolen weiter und der Luftdruck beim Spritzvorgang niedriger als bei konventionellen Lacken. Ferner ist der Einsatz von Edelstahldüsen beim Spritzen vorgegeben. Der Einsatz von Spritzpistolen mit hohen Übertragungsraten z.B. HVLP-Pistolen verbessert die Einsatzbedingungen von Wasserlacken. Der Umstieg auf HVLP Pistolen sowie der Einsatz von Wasserbasislacken erfordert unbedingt ein Training, da sich die Lacksauftragsweise verändert: der Auftragsdruck ist niedriger und die Düsen (1,6 mm) sind größer einzustellen. Hierbei ist der Abstand zum Werkstück beim Wasserbasislackauftrag kleiner. In Tabelle 11 ist eine Auswahl von Herstellern von Spritzpistolen vorgestellt.

Tabelle 11: Auswahl von Herstellern von Spritzpistolen, geeignet für den Wasserbasislackeinsatz

Spritzpistolen	
Hersteller	Produkte
SATA– Farbspritzpistolen GmbH & Co Kg Donnertalstr. 20, Postf. 1828, 70799 Kornwestheim, Tel. 07154/811-100; Fax. 07154/811-196, E-Mail: info@sata.de ; http://www.sata.de)	SATA jet NR 2000 HVLP SATA jet/B-NR 95/HVLP SATA KLC HVLP (Füller) SATAjet RP (Reduced Pressure)
ITW Oberflächentechnik GmbH Justus-Liebig-Str. 31, 63128 Dickenbach Tel.: 06074/403-1, Fax: 06074/403-281 E-Mail: info@itw-devilbiss.de http://www.itw-devilbiss.de	Devilbiss GTI G110 (Luftkappe 110) GFP (Füller)

Spritzpistolen	
Hersteller	Produkte
Bersch & Fratscher GmbH Befrag Optima Oberflächentechnik Seligenstädter Strasse, 63791 Karlstein Tel.: 06188 – 787-0, Fax: 06188 – 787-57 E-Mail: info@bersch-fratscher.de Internet: http://www.bersch-fratscher.de	LVLP (nebelreduzierte Spritzpistole) Optima 800 HVLP Optima 800 i W (Wasserlackausführung) Lackier- und Trocknungsanlagen

3.3.2 Lackier- und Trockenkabinen für den Wasserbasislackeinsatz

Nahezu alle Betriebe in Deutschland verfügen über geschlossene, fremdbelüftete und beheizbare Lackierkabinen. Dabei werden zwei Arten von Lackierkabinen unterschieden:

- Kombinierte Spritz- und Trockenkabine
- Separate Spritz- und Trockenkabine

Bei der kombinierten Spritz- und Trockenkabine erfolgt die Lackierung und Trocknung in der selben Kabine. Allerdings kann in der Kabine jeweils nur ein Fahrzeug lackiert werden und das Aufwärmen und wieder Abkühlen ist nach jedem beendeten Lackauftrag erforderlich. In separaten Spritz- und Trockenkabinen wird in der Lackierkabine überwiegend lackiert und in der Trockenkabine durchgehend getrocknet. Dabei bleibt die gewünschte Betriebstemperatur in der Trockenkabine konstant.

Werkstätten mit geringem Fahrzeugdurchsatz werden mit einer kombinierten Spritz- und Trockenkabine i.d.R. auskommen. Für einen großen Fahrzeugdurchsatz werden eventuell mehrere Lackierkabinen und angegliederte separate Trockenkabinen erforderlich [9]. In Tabelle 12 sind verschiedene Merkmale von Lackier- und Trockenkabinen aufgelistet. Der Europäische Lackverband CEPE schätzt, dass ca. 70% der Lackierbetriebe über Kombikabinen und 28% mit separaten Lackier- und Trockenkabinen ausgestattet sind [2].

Tabelle 12: Verschiedene Merkmale von Lackier- und Trockenkabinen

	Separate Spritz- und Trocken	Kombinierte Spritz- und Trockenkabine
Technische Merkmale^{*)}		
Luftvolumen [m ³ /h]	20.000 – 25.000	20.000 – 25.000
Luftsinkgeschwindigkeit [m/s]	0,2 – 0,29	0,2 – 0,29
Spritztemperatur [°C]	20 - 22	20 - 22
Trockentemperatur [°C]	bis 100	Bis 100
Max. Wärmeleistung [KW]	220 – 350	220 – 350
Ökonomische Merkmale		
Investitionen (mit Fundament und Installation) [DM]	150.000	100.000
Energieverbrauch im Trockenbetrieb		Höher, da Aufheizung und Abkühlung der Kabine
Notwendiger Fahrzeugdurchsatz für wirtschaftliche Betriebsweise der Anlage	6-8	6-8
Ökologische Merkmale		
Geräuschemissionen (innen) [dB]	75	75
Abgastemperatur [°C]	190	190
*) Stand der Technik		

Quelle: [22,27]

Beim Einsatz von Wasserbasislacken müssen die verlängerten Ablüftzeiten in die Betrachtung mit einbezogen werden. Die Kapazität von Kombikabinen ist niedriger als separate Kabinen. Zusätzlich ist der Energieverbrauch von Kombi-Kabinen im Vergleich zu separaten Kabinen höher. Durch die verlängerten Ablüftzeiten könnten eventuell Engpässe in der Auftragsbearbeitung entstehen.

Eine Verkürzung der Ablüftzeit kann durch das Betreiben der Lackierkabine im Umluftbetrieb erreicht werden. Lackier- und Trockenkabinen sollten diese Maßnahme ermöglichen. Beim Trocknen im Umluftbetrieb wird die im System vorhandene Luftmenge zum größten Teil nur umgewälzt. Lediglich ein Teil von 10% wird ausgetauscht, um die Lösemittelkonzentration unterhalb des Gefahrenbereichs zu halten.

In Lackierkabinen eingebaute Ventilatoren bzw. Düsen beschleunigen die Luft und Verkürzung somit auch die Ablüftzeiten der eingesetzten Wasserbasislacke. In Tabelle 13 sind Anbieter von Lackier- und Trockenkabinen vorgestellt. Entgegen der vorherrschenden Meinung ist eine Edelstahlverkleidung des Innenraums der Lackierkabinen nicht erforderlich. Ideale Einsatzbedingungen für Wasserbasislacke sind eine Lackiertemperaturen von ca. 20 – 22 °C, eine Sinkgeschwindigkeit von ca. 0,4 m/s und Luftmengen von ca. 25.000 m³/h. Falls die Leistungsdaten dieser Parameter nicht erfüllt werden, ist der Einbau von zusätzlichen Ablüftsystemen erforderlich [2].

Tabelle 13: Hersteller von Lackier- und Trockenkabinen

Lackier- und Trockenkabinen für Wasserbasislacke	
Hersteller	Produkte
ABB Paint Automation GmbH Postfach 260 35502 Butzbach; Tel: 06033 – 80 604 Fax: +49 (0)6033/80-100; E-Mail: depau.info@de.abb.com; Internet: http://www.abb.de/automation	Beschleunigtes Ablüften mit eingebauten Ventilatoren bzw. Düsen gegen Aufpreis
Auto Consult Werkstatteinrichtungen und Service GmbH, Fuchsweg 10-12, 15236 Frankfurt / Oder; Tel.: 0335 – 5555 217; Fax:0335 – 5555 10; E-Mail: info@auto-consult.de; Internet: http://www.auto-consult.de	Beschleunigtes Ablüften mit eingebauten Ventilatoren bzw. Düsen gegen Aufpreis
Durst Lackieranlagen GmbH, Postfach 51, 74397 Pfaffenhofen, Tel.:07046 – 70-0; Fax: 07046 – 7052 E-Mail: info@durst-lackieranlagen.de Internet: http://www.durst-lackieranlagen.de	D-SK 26 Aquarius DL 2000 <ul style="list-style-type: none"> • HPS (Heizprogrammsteuerung zur beschleunigten Zwischentrocknung) • Wärmerückgewinnungssysteme • Energiesparsystem Ökotronik • Druckregelautomatik
Lackieranlagen & Service GmbH Im Meierort 8, 30826 Garbsen; Tel.: 05131 – 456 438	Beschleunigtes Ablüften mit eingebauten Ventilatoren bzw. Düsen gegen Aufpreis
LTEC Lacktechnik GmbH/USI Mittelweg 13; 93413 Cham; Tel: 09971 – 880105; Fax: 09971 – 32381 E-Mail: l-tec@lack-technik.de; Internet: www.lack-technik.de	Beschleunigtes Ablüften mit eingebauten Düsen

Lackier- und Trockenkabinen für Wasserbasislacke	
Hersteller	Produkte
Lutro Luft- und Trockentechnik GmbH Postfach 300159; 70756 Leinfelden- Echterdingen Tel.: 0711 – 790940; Fax: 0711 – 7909439 E-mail: info@lutro.de Internet: http://www.lutro.de	Abdunstautomatik Energiesparbetrieb Frequenzsteuerung der Ventilatoren Wärmerückgewinnungssysteme
Nega Luft- und Trocknungsanlagen GmbH Täleswiesenstr. 10; 72770 Reutlingen; Tel.: 07121 – 580124	Wasserlack beschleunigt Ablüften mit eingebauten Ventilatoren
Pink Lackier- und Trockenanlagen GmbH Boschstr. 3, 59609 Anröchte; Tel.: 02947 – 4030	Wasserlack beschleunigt Ablüften mit eingebauten Ventilatoren
Schlick- Chemnitz Engineering GmbH Waldstr. 8; 09241 Mühlau bei Chemnitz; Tel.: 03722 – 607 10	Wasserlack beschleunigt Ablüften mit eingebauten Ventilatoren bzw. Düsen gegen Aufpreis
Sehon - Innovative Lackieranlagentechnik Herdweg 3; 75391 Gechingen Tel.: (0 70 56) 315-0; Fax: (0 70 56) 89 42 E-Mail: info@sehon.de	Lackier- und Trocknungsanlagen SLTA/25N Automatische Druckregelung Energiesparsystem „SE-Öcoplus“ Abblssystem „SE-Airplus“
Schröter ILA GmbH Postfach 120, D-73631 Rudersberg	Farbspritzwände und- kabinen Wärmerückgewinnung, Luftrückführung
Sprio GmbH Christian- Grunert-Str. 2, 04454 Leipzig/ Holzhausen; Tel.: 034297 – 42821	Wasserlack beschleunigt Ablüften mit eingebauten Düsen gegen Aufpreis
Wolf Stahlbau GmbH & Co. KG, Münchener Strasse 54 , D-85290 Geisenfeld Tel: 49 (0)8452/99-0; Fax: 49 (0)8452/8410 E-Mail: ot@wolf-geisenfeld.de http://www.wolf-geisenfeld.de	Supra Lackieranlage Ablüftautomatic (Steuerungssystem) Energieeinsparautomatic Energiereduziertes Trocknen
Zhongda Groupe (Europe) GmbH, Camphausenstr. 7, 40479 Düsseldorf; Tel.: 0211 – 5141278	Wasserlack beschleunigt Ablüften mit eingebauten Ventilatoren bzw. Düsen gegen Aufpreis

3.3.3 Ablasssysteme zur Verkürzung der Ablüftzeiten

Der Einsatz von Wasserbasislacken kann die Ablüftzeiten der Basislacke verlängern. Daher sind Systeme zur Verkürzung der Ablüftzeiten (spezielle Decken- und Spritzblassysteme) in die Untersuchung mit einzubeziehen. In Tabelle 14 ist eine Auswahl von Ablüftsystemen im Hinblick auf ihre Funktionsweise und Anforderungen beschrieben.

Tabelle 14: Auswahl einiger Abblas- bzw. Ablüftsysteme

Ablasssysteme bzw. Ablüftsysteme	Prinzip und Funktion	Anforderungen
Lackierkabinen mit integrierten Ablüftsystem	Ausnutzen von Restabluftwärme Umschalten auf Umluft Beschleunigung der Luft	Lackierkabinen mit Umluftsystemen oder integrierten Ventilatoren bzw. Düsen
Aufheizung der Lackierkabine	Die Lackierkabine wird bei Kombikabine vor dem Klarlackauftrag auf eine Temperatur von 40 bis 45 °C ca. 5 bis 10 Minuten lang aufgeheizt. Bei getrennten Kabinen werden die Lackierobjekte vor dem Klarlackauftrag in die Trockenkabine geschoben	Zusätzlicher Energieaufwand bei Kombikabine. Bei getrennten Kabinen zusätzlicher Arbeitsaufwand (Zeit, Staub)
Trockenblaspistolen auf Stativ, stationäre Kabinenmontage [z.B. SATA-Dry-Jet]	Wasserlösliche Lacksysteme werden durch Anblasen mit kalter Druckluft forciert	Luftverbrauch pro Düse 350 l/min bei 4-4,5 bar Gewicht 520 g

Ablassysteme bzw. Ablüftsysteme	Prinzip und Funktion	Anforderungen
Fast Aqua Dry System	<p><u>Komponenten:</u> Deckensystem Steuerungseinheit, Schalteinheit</p> <p><u>Prinzip:</u> Automatisches Einschalten nach Spritzauftrag (Nass-in-Nass) vom Spritzbetrieb in Umluftbetrieb sowie Aufheizung der Kabine auf ca. 45°C) <u>Funktion:</u> max. 12 Venturidüsen, die in Sektoren zu je 3 Düsen geschaltet werden können und mit ca. 10% Druckluft, die in der Spritzkabine vorhandene Luft beschleunigen und zentrieren</p>	<p>Einbau einer zusätzlichen Luftzufuhr für den Düsenbetrieb</p> <p>Lackierkabine muss im Spritz- und Umluftverfahren betrieben werden können</p> <p>Luftverbrauch pro Düse: 120 l/min (Kompressorleistung mind. 1000 Liter/Minute, 7 KW)</p> <p>Zeit und System der Luftklappenverstellung des Kabinenaggregats wird über ein durch ICI-Autocolor eingebauten Schaltkastens gesteuert.</p> <p>Bei SPS Steuerung: Lackkabinenhersteller ergänzt im Steuerungsprogramm die Funktion des Brenners Größe</p>
Quad System (Quality Air Drying System)	<p><u>Prinzip:</u> Verkürzung der Ablüftzeit durch Beschleunigung (Ventilatoren) und Erwärmung (38 °C ca. 4 min) der Lackierkabinenluft. Die beschleunigte Luft vermischt sich mit der sich nach unten bewegten Luft. Bildung eines „Airflows“(Luftstroms).</p> <p><u>Funktion:</u> Mit Hilfe von 2 Ventilatoren wird gefilterte Luft oberhalb der Filterdecke angesaugt. Die Luft wird durch Kanäle zu den Ecken der Lackierkabine geleitet und dort aus acht verstellbaren Düsen beschleunigt und wieder in die Lackierkabine geblasen.</p>	<p>Einbau und Kopplung des Schaltkastens des Quad-Systems an die Steuerung der Lackierkabine.</p>

Quelle: [15, 8,28]

Eine Auswahl von Herstellern von Ablasssystemen ist in Tabelle 15 abgebildet.

Tabelle 15: Auswahl einiger Anbieter von Ablasssystemen

Ablassysteme	
Hersteller	Produkte
SATA– Farbspritzpistolen GmbH & Co Kg Donnertalstr. 20, Postf. 1828, 70799 Kornwestheim, Tel. 07154/811-100; Fax. 07154/811-196, E-Mail: info@sata.de ; http://www.sata.de	SATA Dry-Jet 2000
ICI-Autocolor Düsseldorferstr. 80, 40721 Hilden E-Mail: info@iciautocolor.de Internet: http://www.iciautocolor.de	Fast Aqua Dry System
Chemicar Europe NV-Marketing Spaasis Kwartier 1B, B-9170 De Klinge Tel.: 0032 – 37070020, Fax: 0032-37070949	Quad System

3.3.4 Werkzeugreinigungssysteme

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Reinigung von Werkzeugen, Geräten und Anlagen teilweise dadurch erleichtert wird, dass Lackreste mit Wasser abgewaschen werden können. Allerdings dürfen die Lackreste in den Werkzeugen nicht angetrocknet sein. Bei Eintrocknung muss wie herkömmlich mit Lösemitteln gereinigt werden. Aufgrund der Gefahr des Eintrocknens und der Tatsache, dass weiterhin lösemittelhaltige Produkte eingesetzt werden müssen Parallelsysteme (Wasserreinigungsmuschel und Reinigungsautomaten mit geschlossenen Lösemittelkreislauf) aufrecht gehalten werden. In Tabelle 16 sind einige Hersteller von Werkzeugreinigungssystemen aufgeführt.

Reinigungswasser kann über Koagulierung gefällt und mehrfach verwendet werden. Die Entsorgung des Filtrats ist je nach zu verwendenden Koagulieremittel sowie je nach Bundesland unterschiedlich. Mögliche Entsorgungswege: Haus- bzw. Gewerbemüll oder Sondermüll. Die Entsorgung des Restwassers der Koagulierung ist pH-Wert abhängig (wenigstens 6,5; höchstens 10,0). Kommunen und Gemeinden geben genauere Angaben über Entsorgungswege [16].

Tabelle 16: Auswahl einiger Hersteller von Werkzeugreinigungssysteme

Reinigungssysteme	
Hersteller	Produkte
Becker Import GmbH Vossbusch 1, 45133 Essen, 0201/411573	Rosauto „Ideal“
B-TEC GmbH, Postfach 1404, 31245 Lehrte, Tel.: 05132 – 837556 + 585566 Fax: 05132 – 837461 + 585577	Ultra sonic power 300 basic center K 1200 air-exhaust T1200 Ultraschall- Großraum- Waschgerät: B-Tec ultra sonic power E.S.300
Lack-Technik GmbH Mittelweg 13, 93413 Cham, Tel: 09971 – 880105; Fax: 09971 – 32381 E-Mail: l-tec@lack-technik.de Internet: www.lack-technik.de	Drester: Aqua Cleaner 1000 (Koagulierung) Gun Cleaner 8000
EMT (Special Equipement B.V.Platinawerf 22-26, 6641 TL Beunigen, P.O. Box 9; 6640 Beunigen, The Netherlands Tel.: 0031/246780270; Fax: 0031/246780271	Reinigungsgeräte und sonstige Ausrüstungen
Herkules Hebetchnik GmbH, Falderbaumstr. 34, 34123 Kassel Tel.: 0561 – 589070, Fax: 0561 – 5890745 www.herkules-lift.de	Herkules Reinigungszentrum cleanpoint WA-L Lackierpistolen Waschautomat Manuelles Waschgerät mit Zapfstation Manuelles Wachgerät Aqua-WAM
SATA– Farbspritzpistolen GmbH & Co Kg Donnertalstr. 20, Postf. 1828, 70799 Kornwestheim, Tel. 07154/811-100; Fax. 07154/811-196, E-Mail: info@sata.de ; http://www.sata.de)	Multi-Clean

4 Durchführung von Betriebsanalysen

Ziel der Betriebsanalysen ist die Erfassung der Vorgehensweise der Betriebe sowie der Lackhersteller im Rahmen der Einführung der Wasserbasislacke bzw. lösemittelarme Produkte sowie dem Aufzeigen von minimalen bzw. idealen Einsatzbedingungen der neuen Lacksysteme.

Hierzu wird vorerst die Ausgangssituation der Pilotbetriebe vor der Einführung der neuen Wasserbasissysteme dokumentiert. In Zusammenarbeit mit den Anwendungstechnikern der Lack- und Hilfsmittelhersteller wird ein konkretes Umstellungskonzept in den Betrieben vor Ort erarbeitet. Als nächstes wird im zweiten Schritt der Betriebsanalysen, die Vorgehensweise im Rahmen der Einführung der neuen Systeme dokumentiert. Anschließend wird das Arbeiten mit den Wasserbasislacken bewertet. Zur Bewertung der Auswirkungen des Einsatzes von Wasserbasislacken und zur Erfassung der optimalen Einsatzbedingungen werden verschiedene Methoden eingesetzt. Im Rahmen dieses Kapitels werden die ausgewählten Betriebe vorgestellt und die einzelnen Phasen der Betriebsanalysen sowie die dabei erzielten Ergebnisse erläutert.

4.1 Auswahl der Betriebe

Die Auswahl der Betriebe ist in Abstimmung mit dem Ministerium für Umwelt und Verkehr (Baden-Württemberg), den drei Berufsverbänden in Baden-Württemberg und den Lackherstellern erfolgt. Dabei haben Landesverbände und Lackhersteller zu gleichen Teilen Betriebe vorgeschlagen.

Um die Anwendbarkeit der Projektergebnisse in sämtlichen kleinen und mittleren Unternehmen der KfZ-Reparaturlackierung in Baden-Württemberg zu gewährleisten, entsprechen die ausgewählten Lackierbetriebe verschiedenen Betriebsklassen. Die ausgewählten Lackierbetriebe unterscheiden sich im Hinblick auf verschiedenen Kriterien z.B. Einsatz von Lacken der großen Lackhersteller, Betriebsgröße (Umsatz, Mitarbeiterzahl), Tätigkeitsfelder. Bild 3 gibt einen Überblick über ausgewählte Betriebe in Baden-Württemberg.

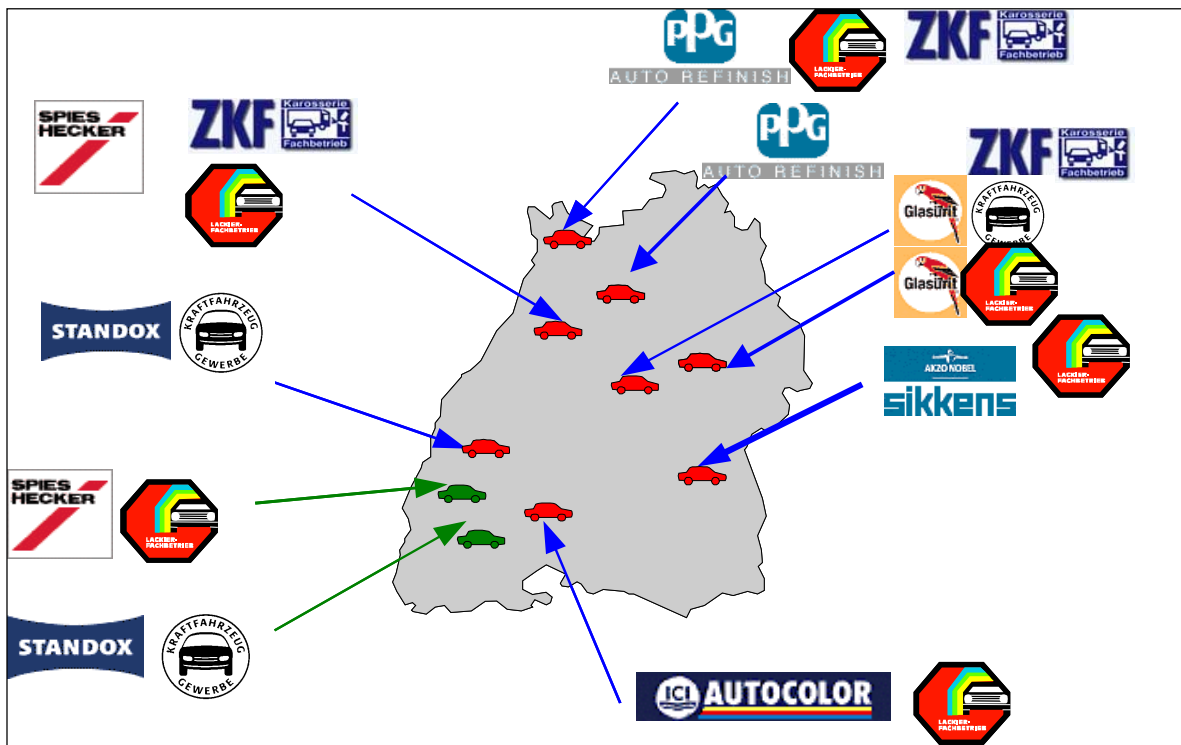


Bild 2: Überblick über ausgewählte Betriebe in Baden-Württemberg

4.2 Verlauf der Betriebsanalysen

Die Betriebsanalysen wurde von Mai bis Oktober 2000 durchgeführt. In den Tabelle 17 und Tabelle 18 ist der zeitlichen Verlauf der Betriebsanalysen im Berichtszeitraum dargestellt. Derzeit werden in acht von zehn aufgeführten Betrieben Wasserbasislacke eingesetzt. Der Betrieb Heller Karosseriebau Lack GmbH hat während der ersten Einführungsphase die Umstellung auf Wasserbasislacke abgebrochen und ist aus dem Projekt ausgestiegen. Ursprünglich sollten sämtliche Produkte (Grundierung, Füller Reinigungsmittel, Basislack und Klarlack) im Zuge des Projektes umgestellt werden. Als Begründung des Abbruchs wurde von Herrn Heller die zu langen Abluftzeiten der neuen Produkte genannt. Die Einführung von Systemen zur Verkürzung der Abluftzeiten wurde von Herrn Heller nicht zugelassen.

Der Betrieb Reustle GmbH konnte im Verlauf des Projektes (eine Erfassung der Ausgangssituation war bereits vorgenommen) aus familiären Gründen nicht bis zum Abschluss an der Studie teilnehmen. Daher wurden seitens der Lackhersteller im Verlauf der Betriebsanalysen zwei weitere Ersatzbetriebe (Autolackiererei Böhm GmbH und Fuchs Lackiertechnik GmbH) für die

ausgeschiedenen Betriebe (Heller Karosseriebau Lack GmbH und Reustle GmbH) vorgeschlagen. Die Umstellung auf Wasserbasislacke dieser neuen Betriebe erfolgte im August 2000.

Ergänzend zu den sechs Betrieben wurde der Lackierbetrieb Heinz Santo GmbH, in dem bereits seit 1999 Wasserbasislacke eingesetzt werden sowie die Autolackiererei Falk GmbH in die Studie miteinbezogen. Im Lackierbetrieb Heinz Santo GmbH wurde eine weitergehende Minderung durch Einsatz von lösemittelreduzierten Produkten erzielt.

Um eine weitergehende Vergleichsbasis zu schaffen und den Erfahrungsstand mit Wasserbasislacken zu erweitern, wurden zusätzlich noch zwei weitere Betriebe, die bereits vor längerer Zeit Wasserbasislacke eingeführt haben, aber aufgrund negativer Erfahrung die Umstellung rückgängig gemacht haben, in die Untersuchungen mit einbezogen (Jonas GmbH und Autolackiererei Malunowski). Beide Betriebe wurden hinsichtlich ihrer Erfahrungen mit dem Arbeiten mit Wasserbasislacken interviewt. Parallel zu den Arbeiten vom DFIU hat das Institut für Fahrzeugtechnik in Abstimmung mit dem DFIU ergänzende Untersuchungen vorgenommen. Diese Untersuchungen umfassen gezielte Fragebogenaktion und Materialschichtdickenmessungen (vgl. Abschnitte 4.5.2 und 4.5.5).

Tabelle 17: Zeitlicher Verlauf der Betriebsanalysen in den Monaten Mai-Juli 2000

Woche	Mai 2000		Juni 2000				Juli 2000				
	3.W	4.W	1.W	2.W	3.W	4.W	1.W	2.W	3.W	4.W	
Heller Karosseriebau Lack GmbH	22.5 1 φ		X		23.6 1 l						
Hunn &Walch Lackierung	23.5 1 φ						22.5 1 κ			26.7 1 λ	
Ritzi GmbH	29.5 1	29.5 1 φ		14.5 1 κ							
Reustle GmbH			7.6 1 φ	X							
S&G Offenburg				16.6 1 φ	21.6 1 κ					26.7 1	
Ott GmbH + Co. KG							3.7 1 φ				
Autolackiererei Böhm GmbH							7.7 1 φ		21.7 1 κ		
1	Erfassung Daten										
1	Betriebsbesichtigung										
φ	Ist-Datenerfassung										
κ	Erfassung der Vorgehensweise										
λ	Erfassung der Vor- und Nachteile										
	Einführungsphase der Wasserbasislacke										
X	Umstellung wurde abgebrochen bzw. Ausscheiden aus dem Projekt										
	Zeiterfassung der Arbeiten in den Lackierkabinen										
*	Wasserbasislacke werden bereits bzw. wurden eingesetzt										

Tabelle 18 : Zeitlicher Verlauf der Betriebsanalysen in den Monaten August bis Oktober 2000

	August 2000				September 2000				Oktober 2000			
	1.W	2.W	3.W	4.W	1.W	2.W	3.W	4.W	1.W	2.W	3.W	4.W
Woche												
Ott GmbH + Co. KG									1κλ 6.10		■	
Autolackerererei Böhm GmbH											1λ	
Heinz Santo GmbH*			1φ			1κ						■
Autolackerererei Falk GmbH		1φ					1κ					
Fuchs Lackiertechnik GmbH			22.8. 1φ, κ					1λ				
Malunowski*											1t	
Jonas*					1						1t	
1	Erfassung Daten											
t	Betriebsbesichtigung											
φ	Ist-Datenerfassung											
κ	Erfassung der Vorgehensweise											
λ	Erfassung der Vor- und Nachteile											
	Einführungsphase der Wasserbasislacke											
X	Umstellung wurde abgebrochen bzw. Ausschneiden aus dem Projekt											
*	Zeiterfassung der Arbeiten in den Lackierkabinen											
	Wasserbasislacke werden bereits bzw. wurden eingesetzt											

4.3 Ausgangssituation in den Betrieben

4.3.1 Vorgehensweise bei der Ermittlung der Datenbasis

In den ausgewählten Lackierbetrieben wird zunächst die Ist-Situation untersucht, um die Konsequenzen des Einsatzes von Wasserlacken und lösungsmittelarmen/-freien Hilfsmitteln beurteilen zu können.

Neben allgemeinen Angaben zu Tätigkeit (z.B. Karosseriebau und Reparaturlackierung), Umsatz, Kundenstruktur werden Angaben zur Arbeitsweise und Ausstattung aufgenommen. Zur systematischen und genauen Aufnahme der Daten wird ein Betriebsdatenerfassungsbogen entwickelt und eingesetzt. Der Betriebsdatenerfassungsbogen dient der Erhebung folgender Daten:

- Unternehmensgröße: Umsatz, Anzahl der Kundenaufträge pro Jahr, Summe Fahrzeugteile pro Jahr, Mitarbeiterzahl; Tätigkeitsfeld
- Auftragsstruktur (nach Schwacke Definition: Neuteilelackierung, Oberflächenlackierung; Stufe I und Stufe II)
- Lackschichten: Anteil Unilack, 2 Schicht, 3 Schichtlackierung
- Abfolge der Arbeitsschritte pro Lackierprozess
- Verwendete Materialien und Technologien pro Arbeitsschritt (Produktkategorien, Produktvarianten, Hersteller)
- Farbtonfindung (Nachnuancierung, Mustererstellung, Einlackierung usw.)
- Unterschiedliche Ausstattung von Betrieben (Stand der Technik)
- Spritzpistoleneinsatz (z.B. HVLP)
- Eingesetzte Produkte
- Behandlungsanlagen von Materialrückflüssen (Destillationsanlage, Decklackreste im Füllerbereich)

- Art, Leistungsdaten, Anzahl der Lackier- und Trockenkabinen
- Leistungsdaten der Kompressoren
- Abscheidung, Häufigkeit des Filterwechsels

4.3.2 Vorstellung der Ausgangssituation in den Pilotbetrieben

In Tabelle 19 ist ein Überblick zur Ausgangssituation in den Pilotbetrieben gegeben.

Tabelle 19: Ausgangssituation in den Pilotbetrieben

Betriebe	Böhm	Falk	Fuchs	Heller	Hunn	Ott	Ritzi	Santo	S&G Offenburg
Kunden: Privatkunden Autohäuser	40% 60%	15 % 85%	20% 80%	10% 90%	63% 27%	60% 40%	5% 95%	100%	90% 10%
Tätigkeit: Reparaturlack. (RL) Karosseriebau (KB) Industrielack. (IL)	95% (RL) 5% (IL)	90% (RL) 10% (IL)	90% (RL) 10% (IL)	50% (RL) 50% (KB)	100% (RL)	RL Kran- lackierung	RL IL	100% RL	100% (getrennt)
Produkte	PPG	Spies Hecker	Glasurit	PPG	Spies Hecker	Sikkens	ICI Autocolor	Standox	Standox
Mitarbeiter in der Reparaturlackierung	3	5	3	2	5	5	9	2	6
Auftragszahl	500-100	1000 – 1500	0 - 500	500 – 1000	1000 - 1500	1000 – 1500	1000 - 1500	500 - 1000	500 - 1000
Erfahrung mit WL	ja	nein	nein	Nein	nein	nein	nein	Ja	Ja
Kombi-Kabine (KK Getr. Lackier- und Trockenkabine (GK)	KK	KK	GK	KK	KK	GK	GK	KK	KK
Luftleistung [m3/h]	26.000	22.000	29.000	-	28.000	26.000	24.000	26.000	26.000
Umstellungsstrategie WL sofort	ja	nein	ja	ja	ja	ja	ja	seit 1998	ja
Zusätzlich lösemittelarme Produkte	nein	nein	nein	Ja	Ja	nein	ja	ja	ja

4.4 Vorgehensweise bei der Einführung der Wasserbasislacke

4.4.1 Datenaufnahme zur Ermittlung der Vorgehensweise bei der Einführung der Wasserbasislacke

Ziel der Datenerfassung ist eine genaue Gegenüberstellung der Arbeitsweise vor und nach der Umstellung. In Analogie zur Ist-Datenaufnahme wurde auch für eine systematische und genaue Datenaufnahme der Vorgehensweise im Rahmen der Einführung der Wasserbasislacke ein Betriebsdatenerfassungsbogen entwickelt und eingesetzt. Um Informationen zur Vorgehensweise zu sammeln werden folgende Daten aufgenommen:

- Ansprechpartner:
 - Berater, Anwendungstechniker (Lackauftrag u. Technik) der Hersteller von Lacken und Anlagen
- Umstellungszeitraum:
 - vorbereitende Tätigkeiten, Umstellungsablauf, Schulungsdauer und Inhalt der Schulung
- Umstellungsstrategie
- Auflistung der neu eingeführten Produkte
- Auflistung der neu eingesetzten technologischen Ausstattung
- Abbildung der Änderungen der Arbeitsweise:
 - Farbtonfindung: Nachnuancierung, Einlackierung/Einblendtechnik, Erstellung von Farbtonmustern, Farbtonbreite der neuen Produkte
 - Anzahl der Spritzgänge
 - Ablüftzeiten

4.4.2 Beschreibung der Vorgehensweise bei der Einführung der Wasserbasislacke

Die Einführung der Wasserbasislacke verlief bei allen Pilotbetrieben ähnlich. Lacklieferanten beraten die Lackierbetriebe und sind daher auch die geeigneten Ansprechpartner im Rahmen der Umstellung auf Wasserbasislacke. Die Umstellung wird durch die Anwendungstechniker der Lackhersteller geleitet und durchgeführt.

Als erstes wird die Umstellungsstrategie definiert. Hierbei gibt es zwei grundlegende Vorgehensweisen:

- **Umstellungsstrategie 1:**
Eine allmähliche Einführung der Wasserbasislackprodukte unter Beibehaltung der konventionellen Lacksysteme
- **Umstellungsstrategie 2:**
Eine sofortige Einführung der Wasserbasislacke sowie die Herausnahme der konventionellen Lacksysteme.

In einigen Pilotbetrieben wurde im Rahmen dieses Projektes neben Wasserbasislacken auch weitere lösemittelreduzierte Hilfsprodukte eingeführt (z.B. S&G Offenburg, Santo GmbH, Spies Hecker GmbH).

Vor der Einführung der neuen Systeme wird die allgemeine Vorgehensweise im Rahmen der Umstellung genau geklärt. Hierbei ist die Erfassung der Leistungsdaten der technischen Ausstattung (Lackierkabinenleistungsdaten und ggf. Kompressorleistung) sowie der Arbeitsweise im Lackierbetrieb besonders wichtig [19, 22].⁵ Angaben über Mitarbeiteranzahl und Qualifikation und Erfahrung mit Wasserbasislacken spielen auch eine wichtige Rolle. Der Umfang und Inhalt der Schulung, die im Rahmen der Einführung der Wasserbasislacke vor Ort durchgeführt werden, hängt oftmals auch von diesen genannten Faktoren ab.

⁵ Im Pilotbetrieb Böhm hat sich der Druckluftbedarf nach der Einführung des Deckenablasssystems so erhöht, dass die Kompressorleistung nicht ausgereicht hat, so dass ein neuer Kompressor angeschafft werden musste.

Falls Ablüftsysteme im Rahmen der Umstellung einzuführen sind, werden für diese Systeme die Voraussetzungen geschaffen, z.B. Einrichtung der Anschlüsse für Ablüftsysteme, Lackierkabinensteuerung. Weitere vorbereitende Tätigkeiten sind dann das Freischalten der Wasserlackrezeptur in der Computerwaage bzw. der Einbau einer neuen Computerwaage, die Aufstellung der Mischbank und der Werkzeugreinigungssysteme.

Im Rahmen der Einführung der Wasserbasislacke in den Betrieben erfolgt die Schulung vor Ort in den Lackierbetrieben. Hierbei sind die wesentlichen Schulungsinhalte:

- Vorstellung der neuen Produkte, deren Charakteristika und Unterschiede zu konventionellen Systemen
- Vorgehensweise bei der Farbtonfindung, Systeme zur Farbtonfindung
- Technische Angaben und Sicherheitsdaten
- Vorführung der Arbeitsweise mit den neuen Produkten
- Einsatz unterschiedlicher Spritztechniken bzw. unterschiedlicher Spritzpistolen (eventuell unterschiedlicher Hersteller)
- Bedienung der Ablüfttechniken
- Beobachtung der Handhabung

Alle Lackhersteller bieten die Möglichkeit vor bzw. nach der Einführung der Wasserbasislacke weitere Schulungen in den Trainingscentern durchzuführen.

4.5 Bewertung des Einsatzes von Wasserbasislacken

Begleitend zu der allgemeinen Datenaufnahme in den Betrieben nach der Einführung der Wasserbasissysteme bzw. lösemittelarme Produkte werden weitere Instrumente zur Erfassung der Auswirkungen eingesetzt:

- Zur Erfassung der Vor- und Nachteile des Einsatzes der neuen Wasserlacksysteme werden die Lackierer befragt

- Für eine Bewertung der Stoff- und Energieflüsse in den Betrieben wird das Modell IMPROVE eingesetzt
- Eine Lackierkabinenzeiterfassung vor und nach der Umstellung soll die zeitlichen Auswirkungen erfassen
- Materialschichtdickenmessungen in den Betrieben geben Hinweise auf die Arbeitsweise der Lackierer mit den neuen Lacksystemen.

4.5.1 Allgemeine Befragungen in den Betrieben

4.5.1.1 Beschreibung der Vorgehensweise bei der Ermittlung der Datengrundlage

Zur Beurteilung der Auswirkungen des Einsatzes von Wasserbasislacken werden die Lackierer im Hinblick auf ihre ersten Erfahrungen mit den Wasserbasislacken befragt.

Beispielsweise wurden folgende Fragen den Lackierern gestellt:

- Welche neuen Techniken setzen Sie ein?
- Welche Besonderheiten sind aufgetreten?
- Erfahrungen mit der Einstellung der Farbtöne (Breite, Qualität, Häufigkeit Nacharbeiten)
- Subjektive Einschätzung der Vor- und Nachteile
- Einschätzung des technischen Mehraufwands Auswirkungen auf die Kosten (z.B. Energie, Material)

Zur systematischen Dokumentation der Aussagen der Lackierer ist ähnlich wie in den beiden ersten Phasen der Betriebsanalysen ein Betriebsdatenerfassungsbogen entwickelt und eingesetzt worden. Dieser ist im **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** abgebildet.

4.5.1.2 Einsatzbedingungen der Wasserbasislacke als Untersuchungsergebnis der allgemeinen Befragungen

Für den Einsatz von Wasserbasislacken wurde gemeinsam mit den Pilotbetrieben und den Arbeitskreismitgliedern minimale bzw. ideale Einsatzbedingungen definiert (Tabelle 20).

Tabelle 20: Einsatzbedingungen der Wasserbasislacke

Technische Ausstattung	Mindestanforderungen	Optimale Bedingungen
Lackier- und Trockenkabinen		
Luftvolumenstrom	Mind. 18.000 m ³ /h (Lackierkabinenfläche 20 m ²)	≥ 24.000 m ³ /h (Lackierkabinenfläche 20 m ²)
Sinkgeschwindigkeit	0,25 m/s	≥ 0,3 m/s
Erforderliche Kabinentechnik	Konventionell	Neueste Kabinentechnik (integrierte Ablasssysteme bzw. Ablüftsysteme, Umluftsystem)
Applikationstechnik		
Spritzpistolen	Spritzpistole nur für Wasserlacke	<ul style="list-style-type: none"> • Pistolen mit Übertragungsraten ≥ 65% (z.B. HVLP) • Applikation immer mit der selben Spritzpistole, da eingesetzte Spritzpistole Farbton beeinflusst.
Düse	Spritzdüsensatz aus Edelstahl	Spritzdüsensatz aus Edelstahl
Produkte		
Füller	Kein Füller auf Säurebasis	Lösemittelreduzierte Füller (HS-Füller) ggf. Tönfüller bzw. farbige Füller
Klarlack	Konventionell	Lösemittelreduzierte Klarlack (HS-Klarlack, w.v. Klarlacke)
Silikonentferner	Konventionell	Konventionell und lösemittelreduziert
Lacklager		

Technische Ausstattung	Mindestanforderungen	Optimale Bedingungen
Temperatur	Oberhalb der Frostgrenze (+ 5 bis + 30 °C)	+15 bis +20 °C*)
Gebinde	Ausmischungen nur in Kunststoffgebinden oder innenbeschichteten Gebinden	Ausmischungen nur in Kunststoffgebinden**) oder innenbeschichteten Gebinden
Lackmischung		
Temperatur	Oberhalb der Frostgrenze (+5°C bis +30°C)	+15 bis +20 °C
Lacksieb	Wasserfeste Lacksiebe benutzen	Wasserfeste Lacksiebe benutzen
Reinigung und Entsorgung		
Spritzpistole	Separate Reinigung ohne Lösungsmittel	<ul style="list-style-type: none"> • Sofort reinigen (max. 5 Minuten stehen lassen), da Wasserlack im nassen Zustand besser wasserlöslich • Einsatz von kombinierten Waschgeräten
Lackreste	Konventionell	Lackreste Trocknen und über Gewerbe- bzw. Hausmüll entsorgen
Abwasser	Konventionell	Reinigungswasser kann über Koagulierung gefällt und mehrfach verwendet werden***)
Ablasssysteme bzw. Ablüftsysteme		
Systeme zur Verkürzung der Ablüftzeiten	Das Einsetzen der Ablasssysteme ist nicht unbedingt erforderlich. Und hängt von der Kabinenleistung (24.000 m ³ /h) sowie –auslastung bzw. Auftragslage ab.	Lackierkabinen mit integrierten Ablüftsystm Trockenblaspistolen Aufheizung der Lackierkabine mit oder ohne Umluft Deckenblassysteme (z.B. Fast Aqua-Dry System oder Quad System)

Technische Ausstattung	Mindestanforderungen	Optimale Bedingungen
<p>*) Im Winter könnten bei älteren Betriebsgebäuden Dämmmaßnahmen (z.B. Außenbereich des Farblagers) sinnvoll sein. Ferner ist die Bereitstellung von gedämmten (wärmeisolierten) Behältern für die Anlieferung der Lacke empfehlenswert.</p> <p>***) Qualität der eingesetzten Kunststoffgebinden ist wichtig, da Kunststoffgebinde zerbrechlich sein können</p>		

4.5.1.3 Erfassung der Vor- und Nachteile des Einsatzes von Wasserbasislacken

Folgende mögliche Vorteile des Einsatzes von Wasserbasislacken wurden im Rahmen der allgemeinen Befragungen seitens der Lackierer und Betriebsinhaber genannt:

- Im Vergleich zu alternativen Reduktionsmöglichkeiten von VOC Emissionen durch Einsatz von z.B. Pulver bzw. UV- Härtenden Systemen sind keine Verfahrensänderung erforderlich.
- Neueste Pigmententwicklungen sind bei den Wasserbasissystemen berücksichtigt worden. Daher sind Farbtongenauigkeit und Oberflächenfinish bzw. Lackbild i.d.R. besser als bei konventionellen Lacksystemen.
- Verbesserte Arbeitsbedingungen durch Reduktion der Geruchsbelastung am Arbeitsplatz (aber: bestehende Sicherheitsvorschriften müssen nach wie vor beachtet werden, z.B. das Tragen von Atemschutzmasken ist nach wie vor Pflicht).
- Einsatz von VE-Wasser als Reinigungsmittel für Werkzeuge. Lösemittlemissionen sowie Lösemittelabfälle werden reduziert.⁶
- Bessere Materialeigenschaften z.B. Klarlackauftrag auf Wasserbasislack ist einfacher. Bessere Verarbeitungsweise.

⁶ Die Reinigung mit Wasser ist nur solange möglich wie die Lackreste nicht angetrocknet sind. Danach können die Geräte nur mechanisch gereinigt werden bzw. müssen auch Lösemittel zur Reinigung verwendet werden.

- Wasserbasislacke verspannen sich besser als konventionelle Basislacke. Der Klarlackstand ist gut.
- Ablüftzeiten zwischen den Spritzgängen haben sich reduziert (Nass-in-Nass Lackierung)⁷

Folgende mögliche Nachteile des Einsatzes von Wasserbasislacken wurden genannt:

- Veränderte Trocknungsbedingungen, insbesondere verlängerte Ablüftzeiten (Durchschnittlich ca. 5-10 min pro Auftrag)
- Einsatz von zusätzlichen Ablüftsystemen (wie z.B. Trockenblaspistolen oder Ventilatoren in Lackierkabinen) erforderlich, die i.d.R. zusätzliche Energiekosten verursachen.
- Geringere Fehlertoleranz von Wasserbasislacken (keine Korrekturarbeiten vor dem Klarlackauftrag möglich)
- Anstieg der möglichen Fehlerquellen z.B. Reinigung von Spritzpistolen, da Arbeiten mit Parallelsystemen (lösemittelhaltige Produkte und Wasserbasisprodukte eingesetzt werden)
- Wasserbasislack lässt sich nicht in Sprühdosen abfüllen.
- Farbunterschiede des Wasserbasislackes im nassen und trockenen Zustands erschweren die Farbtonfindung. Das Erstellen von Farbmustern ist unbedingt erforderlich. Der Einsatz von Farbfindungssystemen ist ratsam.

⁷ Herstellerabhängig

4.5.2 Gezielte Fragebogenaktion nach der Einführung der neuen Lacksysteme

4.5.2.1 Beschreibung der Vorgehensweise bei der gezielten Fragebogenaktion in den Pilotbetrieben

Parallel zu den Untersuchungen vom DFIU wurden seitens des Instituts für Fahrzeuglackierung zwei Fragebogenaktionen gestartet. Hierbei wurde die Zielsetzung verfolgt, sämtliche Mitarbeiter der Pilotbetriebe, die mit Wasserbasislacken arbeiten, hinsichtlich ihrer Erfahrungen zum Wasserbasislackeinsatz zu interviewen. Die Interviewten hatte die Gelegenheit zu den gestellten Fragen die Felder „Ja“ oder „Nein“ bzw. die Felder: „kein Unterschied“, „weniger“, oder „mehr“ anzukreuzen. Diese Fragebogenaktionen wurden vom Institut für Fahrzeuglackierung zeitlich versetzt durchgeführt. Die erste Befragung erfolgte kurz nach der Einführung der neuen Lackprodukte (Kalenderwoche 36/37), die zweite Befragung nach einer längeren Einführungsphase (Kalenderwoche 41).

Folgende Fragen wurden den betroffenen Lackierern gestellt [20]:

(1) Erfassung der eingesetzten Ablüftsyste

- Trockenblasen des Basislackes?
- Kabine aufheizen beim Basislackablüften?
- Trockenblasen und Kabine aufheizen?

(2) Erfassung der Auswirkungen auf die Arbeitsweise

- Veränderungen beim Arbeitsablauf in der Kabine?
- Verbrauchte Arbeitszeit?
- Veränderung bei der Vorarbeit ?
- Veränderung beim Finish?

(3) Erfassung der Auswirkungen auf die Verarbeitungskosten

- Energie elektrisch?

- Energie thermisch?
- Energie Luft?
- Kosten Material?

(4) Erfassung der Auswirkungen auf die Qualität

- Umweltbelastung?
- Anzahl Staubeinschlüsse?
- Häufigkeit Kundenreklamation?
- Häufigkeit komplette Teile neu lackieren?
- Benetzungsstörungen z. B. Silikon?

(5) Erfassung der Auswirkungen auf Farbtonfindung

- Häufigkeit des Nachnuancieren?
- Häufigkeit Farbmuster?
- Häufigkeit der Farbtonabweichung?
- Häufigkeit des Einlackierens?
- Farbformelverfügbarkeit?

(6) Erfassung des Gesamteindrucks zum Wasserbasislackeinsatz

- Würden Sie wieder umstellen, wenn Ihnen die Veränderungen bekannt gewesen wären?

4.5.2.2 Ergebnisse der gezielten Fragebogenaktion in den Pilotbetrieben

In Tabelle 21 sind die in den Pilotbetrieben zur Verkürzung der Ablüftzeiten eingesetzten Systeme angegeben.

Tabelle 21: In den Pilotbetrieben überwiegend eingesetzte Ablüftsysteme

Eingesetzten Ablüftsysteme	1. Befragung ^{*)}		2. Befragung ^{*)}	
	Ja	Nein	Ja	Nein
Trockenblasen des Basislackes	6	10	12	6
Kabine aufheizen beim Basislackablüften	1	15	0	18
Trockenblasen und Kabine aufheizen	9	17	6	12
^{*)} Bei der ersten Befragung nahmen 16 Lackierer teil, bei der zweiten war die Teilnehmerzahl 18 Lackierer. Beide Befragungen richteten sich an den selben Personenkreis, allerdings begründen Krankheit- bzw. Urlaubstage die Unterschiede in der Teilnehmerzahl				

Quelle: [20]

Die Maßnahme zur Verkürzung der Ablüftzeit durch Aufheizung der Lackierkabine beim Basislackablüften wird bei den teilnehmenden Betrieben nicht mehr eingesetzt (in der 2. Befragung haben 18 Lackierer das Feld „nein“ angekreuzt). Der Einsatz der Maßnahme „Aufheizen und Trockenblasen“ wird weiterhin eingesetzt. Der Einsatz der Maßnahme „Trockenblasen des Basislackes ohne Aufheizen“ ist gestiegen. Weitere Ergebnisse der Befragungen sind in Tabelle 22 aufgeführt.

Tabelle 22: Ergebnisse der Befragungen der Lackierer in den Pilotbetrieben

	1. Befragung ^{*)}			2. Befragung ^{*)}		
	Kein Unterschied	weniger	mehr	Kein Unterschied	weniger	mehr
Auswirkungen auf die Arbeitsweise:						
Arbeitsablauf in der Lackierkabine:						
- Vorarbeiten	14	0	2	14	0	4
- Lackieren Basislack	7	5	4	13	3	2
- Abdunsten Basislack	3	0	13	5	0	13
- Lackieren Klarlack	16	0	0	15	3	0
- Abdunsten Klarlack	16	0	0	15	3	0
- Trocknen	15	0	1	16	2	0
Veränderung der Vorarbeit	11	0	5	14	0	4
Veränderung des Finish	15	0	1	16	0	2
Auswirkungen auf Farbtonfindung						
Häufigkeit des Nachnuancierens	8	7	1	13	5	0
Häufigkeit Farbmuster	11	2	3	14	2	2
Häufigkeit Farbtonabweichung	9	7	0	15	2	1
Häufigkeit des Einlackierens	12	4	0	17	0	1
Farbformelverfügbarkeit	16	0	0	16	1	1
Auswirkungen auf die Verarbeitungskosten						
Elektrische Energie	7	0	9	7	0	11
Energie thermisch	3	0	13	3	0	15
Energie Luft	2	0	14	0	0	18
Kosten Material	4	6	6	4	4	10
Auswirkungen auf Qualität						
Umweltbelastung	3	13	0	1	17	0
Anzahl Staubeinschlüsse	12	2	2	18	0	0
Häufigkeit der Kundenreklamationen	15	0	1	17	1	0

	1. Befragung ^{*)}			2. Befragung ^{*)}		
	Kein Unterschied	weniger	mehr	Kein Unterschied	weniger	mehr
Benetzungsstörungen z.B. Silikon	12	1	3	13	1	4
Häufigkeit komplette Teile neu lackieren	12	4	0	18	0	0
*) Bei der ersten Befragung nahmen 16 Lackierer teil, bei der zweiten war die Teilnehmerzahl 18 Lackierer. Beide Befragungen richteten sich an den selben Personenkreis, allerdings begründen Krankheit- bzw. Urlaubstage die Unterschiede in der Teilnehmerzahl						

Quelle: [20]

Die Ergebnisse der gezielten Fragebogenaktion untermauern die Ergebnisse der allgemeinen Befragung. Als Hauptunterschied zu den konventionellen Lacksystemen wurden die Unterschiede in den Abdunstzeiten (Ablüftzeiten) des Basislackes gesehen. Die Abdunstzeit wurde in beiden Befragungen als „mehr“ bzw. länger eingestuft (1. Befragung:13 Lackierer, 2. Befragung:13 Lackierer). Bei den Arbeitsschritten Vorarbeiten, Klarlackauftrag und Finish-Arbeiten wurden von den Lackierern kaum Unterschiede zum konventionellen Basislackauftrag festgestellt. Die angegebene Verlängerung der Ablüft- bzw. Abdunstzeiten bezogen auf die Gesamtarbeitsdauer wurde für beide Befragungen errechnet (Tabelle 23). Bei der ersten Befragung wurde eine durchschnittliche Verlängerung der Ablüftzeit von ca. 7,72 Minuten pro Auftrag ermittelt, bei der 2. Befragung steigerte sich die berechnete Verlängerung der durchschnittlichen Ablüftzeit auf 8,03 Minuten pro Auftrag.

Tabelle 23: Durchschnittliche Verlängerung der Auftragsbearbeitung

Arbeitsablauf in der Kabine Verbrauchte Arbeitszeit:	1. Befragung Mehrzeit im Durchschnitt [Min./Auftrag]	2. Befragung Mehrzeit im Durchschnitt [Min./Auftrag]
Vorarbeit	0,78	1,00
Lackieren Basis	-1,66	0,14
Abdunsten Basis	7,72	8,03
Lackieren Klarlack	0,00	-0,78
Abdunsten Klarlack	0,00	-0,92
Trocknen	0,31	-0,75
Veränderung der Vorarbeit übrige	3,00	1,06

Arbeitsablauf in der Kabine Verbrauchte Arbeitszeit:	1. Befragung	2. Befragung
	Mehrzeit im Durchschnitt [Min./Auftrag]	Mehrzeit im Durchschnitt [Min./Auftrag]
(Arbeitszeit)		
Veränderung des Finish (Auftragszeit)	0,13	1,53
Total	10,28	9,31

Quelle: [20]

Im Hinblick auf die Fragen zur Farbtonfindung wurden kaum Unterschiede festgestellt. Die Farbtonfindung beim Wasserbasislack wurde eher positiv eingestuft, da die Häufigkeit des Nachnuancierens überwiegend mit „weniger“ bewertet worden ist.

Nach Meinung der Befragten sind die Verarbeitungskosten insgesamt gestiegen, insbesondere bei der Einstufung des vermehrten Luftverbrauchs ist die Meinung einheitlich (in der zweiten Befragung stimmten 18 Lackierer für einen Mehrverbrauch).

Eine einheitliche Bewertung ist auch zur Frage der Umweltbelastung erzielt worden. Diese wird von den Lackierern als „weniger“ eingestuft (2. Befragung 17 Stimmen für „weniger“). Ferner wurden kaum Unterschiede bei der Anzahl der Staubeinschlüsse, der Häufigkeit der Kundenreklamationen sowie der Häufigkeit der Notwendigkeit des Neulackierens gesehen.

Tabelle 24: Erfassung des Erfolgs des Einsatzes von Wasserbasislacken

Abschlussfrage	1. Befragung		2. Befragung	
	Ja	Nein	Ja	Nein
Würden Sie wieder umstellen, wenn Ihnen die Veränderungen bekannt wären?	15	1	12	6

Quelle: [20]

Auf diese Frage haben in der zweiten Befragung mehr Lackierer mit „nein“ geantwortet. Zwei Drittel der Lackierer würden nach diesem Erfahrungsstand erneut Wasserbasislacke in ihren Lackierbetrieben einführen.

4.5.3 Einsatz des Stoff- und Energieflussmodells IMPROVE

Zur Beurteilung der Konsequenzen des Wasserlackeinsatzes und des Einsatzes lösungsmittelarmer/-freier Hilfsmittel wird das computergestützte Stoff- und Energieflussmodell IMPROVE herangezogen. IMPROVE bildet den Arbeitsprozess der Pkw-Reparaturlackierung für einen Referenzbetrieb ab und ermöglicht die Ermittlung und die effizientere Gestaltung der betrieblichen Stoff- und Energieströme in kleinen und mittleren Unternehmen. Je nach Lackart (Uni/Metallic 1, 2 oder 3-Schicht) und Lackstufe (I: Neuteillackierung, II: Farbtonangleichung, Lackierung kleiner Beschädigungen ohne Spachtelarbeit, III: Reparaturlackierung mit Spachtelauftrag bis zu 50 % der Oberfläche bzw. bei mehr als 50 % (IV)) gestaltet sich der Arbeitsprozess in der Anzahl und der Abfolge der Arbeitsschritte sehr unterschiedlich. Daher sind 15 unterschiedliche Lackierprozesse mit jeweils maximal 55 Arbeitsschritten von der Fahrzeugannahme bis zur Fahrzeugabgabe und eine große Anzahl unterschiedlicher Produkte und Technologien pro Arbeitsschritt in IMPROVE modelliert. [27] Die in IMPROVE definierten Arbeitsschritte werden zur Abbildung der einzelnen Betriebe als Grundlage genommen.

4.5.3.1 Vorgehensweise bei der Durchführung der Modellberechnungen

Durch Einsatz des Modells IMPROVE kann für jeden Betrieb somit eine ganzheitliche Betrachtung aller relevanten Stoff- und Energieströme vorgenommen werden. Die im Rahmen der Ist-Datenerfassung aufgenommenen Daten ermöglichen hierbei die Modellierung der Arbeitsweise und der technologischen Ausstattung. Folgende Eingangsgrößen sind für die Darstellung der Ausgangssituation der teilnehmenden Pilotbetriebe im Modell IMPROVE zu berücksichtigen [27]:

(1) Gesamtzahl der in einem Jahr bearbeiteten Kundenaufträge bzw. Fahrzeugteile

Die Kundenaufträge der PKW-Reparaturlackierung in den teilnehmenden Pilotbetrieben wurden für das Jahr 1999 ermittelt. Aus der durchschnittlichen Anzahl der Fahrzeugteile pro Auftrag wird die Gesamtzahl der Fahrzeugteile ermittelt (Anzahl Kundenaufträge multipliziert mit der durchschnittlichen Zahl der Fahrzeugteile pro Kundenauftrag).

(2) Aufteilung der Gesamtzahl Fahrzeugteile nach einzelnen Lackierstufen

Die Gesamtzahl der Fahrzeugteile in den Pilotbetrieben wurden Schadensklassen zugeordnet (siehe 3.2.4 und 4.5.3). Bei der Einteilung in die Schadensklassen ist der Kundenstamm und Vorarbeiten der Auftraggeber (z.B. Karosserieabteilungen der Autohäuser) berücksichtigt.

(3) Einteilung der Fahrzeugteile nach den aufgetragenen Lackschichten

Hierbei wird je nach Lackierstufe der typische Decklackaufbau in die Betrachtung mitberücksichtigt. Beim Decklackaufbau wird zwischen 1-Schicht (Unilack), 2-Schicht- (Metall- oder Kunststoffoberfläche; Basislack und Klarlack) und 3-Schicht-Lackierung (Vorlack, Basislack und Klarlack) unterschieden. Diese Einteilung beeinflusst den Verbrauchswert der jeweiligen Produkte.

(4) Ermittlung der Anzahl der Fahrzeugteile pro Lackierstufe und Lackschicht

Hierzu ist die Anzahl der Fahrzeugteile der einzelnen Lackierstufen mit dem Anteilswert der Lackschicht zu multiplizieren⁸.

(5) Ermittlung der gewichteten durchschnittlichen Karosierfläche

Für die Ermittlung der durchschnittlichen Karosierfläche sind die typischen Bauteile (z.B. Kotflügel, Türen) in den Betrieben zu ermitteln und nach Häufigkeit aufzuführen. Ferner ist das häufigste zu bearbeitende Fahrzeugtyp und Fahrzeugmarke in den Pilotbetrieben aufzunehmen und zu berücksichtigen (z.B. Daimler-Crysler, bzw. VW-Golf III). Durch die Größenangaben der Bauteile und der typischen Fahrzeuge kann die durchschnittliche Karosierfläche ermittelt werden [vgl. 27].

(6) Integration der produktspezifischen Angaben der Lackhersteller (vgl. Abschnitt 3.2.4)

Die Pilotbetrieben setzen Produkte unterschiedlicher Hersteller ein, die sich hinsichtlich verschiedener Merkmale (z.B. Festkörperanteile, Lösemittelanteile,

⁸ Formel zur Berechnung siehe [27]

Ablüftzeiten) unterscheiden. Diese spezifischen Angaben wurden im Rahmen der Marktanalysen aufgenommen und können für die Darstellung der einzelnen Pilotbetriebe eingesetzt werden. Zur genauen Abbildung der Situation in den einzelnen Betrieben sind die neuartigen Lacke der Hersteller (z.B. Glasurit GmbH, PPG Industries, ICI Autocolor, Sikkens GmbH) und Technologien (z.B. Fast-Aqua-Dry-System) in das verwendete Stoff- und Energieflussmodell entsprechend zu integrieren.

(7) Integration der Parameter der Lackier- und Trockenkabinen

Die Leistungsdaten der Lackier- und Trockenkabinen unterscheiden sich in den Pilotbetrieben. Die Parameter der Lackier- und Trockenkabinen für Kombi-Kabinen bzw. separate Kabinen (z.B. Luftleistung, thermische Leistung usw.) können variiert werden. Der Einsatz von Energiesystemen kann durch Parametervariation abgebildet werden.

(8) Integration der Parameter der eingesetzten Spritztechnik

In einigen Betrieben wird bereits in der Ausgangssituation oversprayarme Spritztechnik eingesetzt. Die eingesetzte Spritztechnik kann durch die Parameter für den Auftragswirkungsgrad und den Luftverbrauch abgebildet werden.

(9) Integration von Materialrückflüssen (Destillation in Lackierbetriebe)

Eine vergleichende Betrachtung der Stoff- und Energieströme vor und nach der Umstellung ermöglicht eine Bewertung der im Rahmen der Umstellung eingeführten Maßnahmen. Somit können für die Betriebe die Auswirkungen des Einsatzes von Wasserlacken und lösungsmittelarmen/-freien Hilfsmitteln (anfallende Kosten und verursachte Emissionen) ermittelt werden.

Zur Erfassung und Bewertung der Auswirkungen des Einsatzes von Wasserbasislacken sind die zugrundegelegten Szenarien in Bild 3 dargestellt.

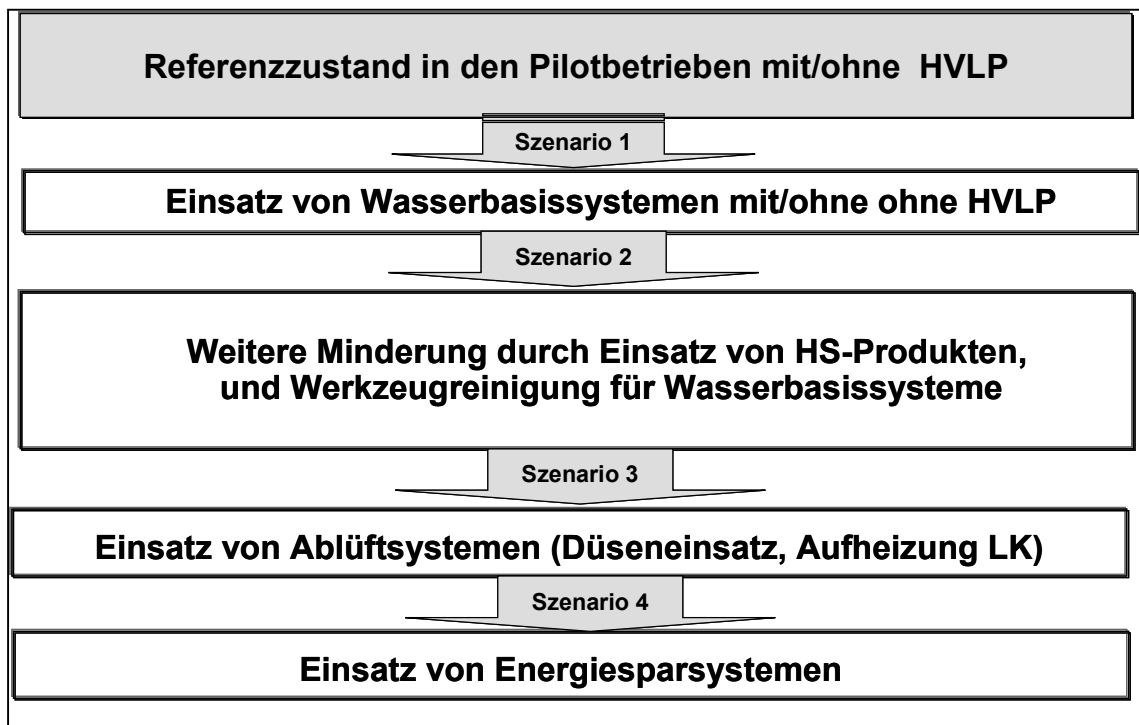


Bild 3: Szenarien für eine vergleichende Gegenüberstellung der Situation in den Betrieben vor und nach der Umstellung

Für jeden Betrieb wird vorerst der Referenzzustand bzw. die Ausgangssituation abgebildet. Der Referenzzustand (Ausgangssituation) ist ausschlaggebend für die erzielten Ergebnisse der Szenarioberechnungen. Wird bereits im Referenzzustand mit fortschrittlichen Techniken gearbeitet, so sind die Minderungspotenziale (Materialverbrauch, Emissionen) in diesen Betrieben gering. Ferner werden folgende Szenarien durch Variation der Parameter im Modell IMPROVE berechnet:

Szenario I: Einsatz von Wasserbasissystemen (Vor- bzw. Basislack) und ggf. Spritzpistolen mit hohen Übertragungseffizienzen z.B. HVL (falls in der Ausgangssituation nicht diese Spritztechnik eingesetzt wird). Angaben der Lackhersteller zu den Wasserbasislacken (z.B. Festkörperanteile, Mischungsverhältnisse, Ablüftzeiten, Materialschichtdicken) werden in das Modell integriert.

Szenario II: Zusätzliche Minderung durch Einsatz von lösemittelarmen High Solid Produkten (Füller und / oder Klarlack) und ggf. Spritzpistolen mit hohen Wirkungsgraden für diese Produkte. Die Angaben der Hersteller zu den HS-Produkten (Festkörperanteile, Mischungsverhältnisse, Ablüftzeiten, Material-

schichtdicken) werden verändert. Und gegebenenfalls werden die Parameter für die Spritztechnik modifiziert.

Szenario III: Einsatz zusätzlichen Ablassystemen (Trockenblas- oder Deckenblassystem) . Für die Abbildung der Ablassysteme wird die Anzahl der eingesetzten Luftdüsen und deren Luftverbrauch eingegeben.

Szenario IV: Aufheizung der Lackierkabine

Die Tabelle 25 beschreibt die in den Szenariorechnungen zu berücksichtigenden betriebsspezifischen Besonderheiten (die modifizierten Parameter sind Fett markiert).

Tabelle 25: Referenzzustand in Betrieben und berechnete Szenarien

Szenarien	Referenz-zustand (Besonderheiten)	Szenario I	Szenario II	Szenario III	Szenario IV
Autolackerei Böhm GmbH					
Produkte	PPG	PPG: Envirobase	Envirobase, K93 2K Füller, HS Klarlack	Envirobase, K93 2K Füller, HS Klarlack	
Kabine	Kombikabine	Kombikabine	Kombikabine	Kombikabine	
Spritzpistole HVLP	Basislack, Klarlack, Füller	Basislack, Klarlack, Füller	Basislack, Klarlack, Füller	Basislack, Klarlack, Füller	
Abluftsystem				Fast Aqua Dry (Deckenblassystem)	
Wärmerück-gewinnung(Energie-sparsystem)	Energiesparsystem (Bolin)	Energiespar-system (Bolin)	Energiesparsystem (Bolin)	Energiesparsystem (Bolin)	
Hunn und Walch Karosseriebau und Lackierung					
Produkte		Spies Hecker: Permahyd	Spies Hecker: Permahyd, HS Füller, HS Klarlack	Spies Hecker: Permahyd, HS Füller HS Klarlack	Spies Hecker: Permahyd, HS Füller HS Klarlack
Kabine	Kombikabine	Kombikabine	Kombikabine	Kombikabine	Kombikabine
Spritzpistole HVLP		Basislack	Basislack, Füller, Klarlack	Basislack, Füller, Klarlack	Basislack, Füller, Klarlack

Szenarien Parameter	Referenz- zustand (Besonderheiten)	Szenario I	Szenario II	Szenario III	Szenario IV
Ablüftsysteem				Sata Dry Jet (Trockenblas- system)	Aufheizung der Lackierkabine
Ritzi GmbH					
Produkte	ICI Autocolor	Aquabase	Aquabase, HS Füller, HS Klarlack	Aquabase, HS Füller, HS Klarlack	■
Kabine	Getrennte Lackier- u. Trockenkabine	Getrennte Lackier- u. Trockenkabine	Getrennte Lackier- u. Trockenkabine	Getrennte Lackier- u. Trockenkabine	■
Spritzpistole HVLP		Basislack	Basislack, Füller, Klarlack	Basislack, Füller, Klarlack	■
Ablüftsysteem				Fast Aqua Dry (Deckenblassystem)	■
Fuchs Lackiererei GmbH					
Produkte	Glasurit Reihe 55	Basislack Glasurit Reihe 90	Glasurit Reihe 90, HS Multi-Klarlack, HS- Universal Füller	Glasurit Reihe 90, HS Multi-Klarlack, HS- Universal Füller	
Kabine	Getrennte Lackier- u. Trockenkabine	Getrennte Lackier- u. Trockenkabine	Getrennte Lackier- u. Trockenkabine	Getrennte Lackier- u. Trockenkabine	
Spritzpistole HVLP		Basislack	Basislack, Füller, Klarlack	Basislack, Füller, Klarlack	

Szenarien Parameter	Referenz- zustand (Besonderheiten)	Szenario I	Szenario II	Szenario III	Szenario IV
Ablüftsysteem				Sata Dry Jet (Trockenblas- system)	
Wärmerück- gewinnung/Energie- system	vorhanden	vorhanden	vorhanden	vorhanden	
S&G Offenburg					
Produkte	Standox	Standohyd	Standohyd, HS Füller, Kristallklarlack	Standohyd, HS Füller, Kristall- klarlack	Standohyd, HS Füller, Kristall- klarlack
Kabine	Kombikabine	Kombikabine	Kombikabine	Kombikabine	Kombikabine
Spritzpistole HVLP		Basislack	Basislack, Füller, Klarlack	Basislack, Füller, Klarlack	Basislack, Füller, Klarlack
Ablüftsysteem				Sata Dry Jet (Trockenblas- system)	Aufheizen der Lackierkabine
Ott GmbH + Co. KG					
Keine Szenarioberechnung durchführbar, da die erforderlichen lackspezifischen Daten nicht ausreichend vorhanden waren					
Heinz Santo GmbH					
Produkte	Standox: Standohyd		Standohyd, HS Füller, HS Klarlack	Standohyd, HS Füller, HS Klarlack	Standohyd, HS Füller, HS Klarlack
Kabine	Kombikabine	Kombikabine	Kombikabine	Kombikabine	Kombikabine

Szenarien	Referenz- zustand (Besonderheiten)	Szenario I	Szenario II	Szenario III	Szenario IV
Parameter					
Spritzpistole HVLP			Basislack, Klarlack, Füller	Basislack, Klarlack, Füller	Basislack, Klarlack, Füller
Ablüftsystem				Sata Dry Jet (Trockenblas- system)	Aufheizung der Lackierkabine
Autolackiererei Falk GmbH					
Produkte	Spies Hecker: Permacon	Spies Hecker: Permahyd	Spies Hecker: Permahyd, HS Füller HS Klarlack	Spies Hecker: Permahyd, HS Füller HS Klarlack	
Kabine	Kombikabine	Kombikabine	Kombikabine	Kombikabine	
Spritzpistole HVLP	Basislack und Klarlack	Basislack und Klarlack	Basislack, Klarlack, Füller		
Ablüftsystem				Sata Dry Jet (Trockenblas- system)	

4.5.3.2 Vorstellung der berechneten Modellergebnisse

In diesem Abschnitt wird ein zusammenfassender Überblick über sämtliche Berechnungen mit dem Stoff- und Energieflussmodell IMPROVE, die für jeden Betrieb einzeln durchgeführt sind, gegeben.

Bei der Interpretation der Modellergebnisse ist folgendes zu beachten: Der Referenzzustand (Ausgangssituation) in den Lackierbetrieben ist ausschlaggebend für die erzielten Ergebnisse der Szenarioberechnungen. Wird bereits im Referenzzustand mit fortschrittlichen Techniken gearbeitet, so sind die Minderungspotenziale (Materialverbrauch, Emissionen) in diesen Betrieben gering.

In Tabelle 26 sind die Ergebnisse für das Szenario I, der Einführung von Wasserbasislacken in den einzelnen teilnehmenden Pilotbetrieben zusammenfassend aufgeführt.

Tabelle 26: Einsatz von Wasserbasislacken (Szenario I)

Betriebe	Böhm	Falk	Fuchs	Hunn	Ritzi	S&G Offen- burg
Lösemittel Basislack [%]	-85,9	-91,0	-90	-90,9	-93,9	-92,8
Lösemittel gesamt [%]	-21,8	-38,5	-34,2	-36,7	-43,8	-37,6
Materialverbrauch [%]	+1,1	-14,8	-5	-16,4	-18,6	-19,3
Kosten elektrische Energie [%]	+5,3	+2,7	+15,3	+2,3	+3,5	+1,0
Kosten thermische Energie [%]	+3,2	+1,6	+14,7	+1,4	+2,2	+0,5
Prozesszeit (%)	+0,6	+0,3	+1,4	+0,3	+0,4	+0,1

Durch den Einsatz von Wasserbasislacken (ca. 90 % weniger Lösemittelmmissionen) kann eine Gesamtlösemittelminderung bis zu 43 % erzielt werden. Hierbei beträgt der Anteil der Lösemittelreduktion bei den Basislacken bis zu 94%.

Werden in der Ausgangssituation keine oversprayarmen Spritzpistolen eingesetzt, können durch Einsatz von Wasserbasislacken und oversprayarmen Spritzpistolen bis zu 19% Materialien und bis 10% Materialkosten eingespart werden. Hierbei wird der Materialverbrauch von der Festkörperanteilen der unterschiedlichen Basislacksysteme und der eingesetzten Spritztechnik bestimmt. In der Regel haben Wasserbasislacke einen höheren Festkörperanteil als konventionelle Basislacke. Die Materialeinsparung wird durch den Einsatz von Spritzpistolen mit höheren Übertragungseffizienzen erhöht. Obwohl die Materialpreise beim Wasserbasislack höher sind, sinken die Materialkosten aufgrund des geringeren Verbrauchs von Wasserbasislacken.

Allerdings ist beim Lackierbetrieb Böhm keine Materialeinsparung zu beobachten. Dies ist aufgrund der im Vergleich zu den konventionellen Basislacken niedrigeren Festkörperanteile zu erklären (vgl. Tabelle 9). Eine zusätzliche Materialeinsparung durch Einsatz von HVLP Pistolen kann nicht gezeigt werden, da im Lackierbetrieb Böhm bereits in der Ausgangssituation HVLP Pistolen eingesetzt werden. Aufgrund des vermehrten Materialeinsatzes steigen auch die Materialkosten im Lackierbetrieb Böhm.

Durch den hohen Anteil von Wasser im Lack ist ein höherer Ablüft- bzw. Trocknungsaufwand im Vergleich zu den konventionellen Lacken mit einem hohen Anteil leichtflüchtiger organischer Lösemittel notwendig. Dies führt zu einer höheren Durchlaufzeit bzw. Prozesszeit bei den einzelnen Aufträgen. Die Erhöhung der Maschinenlaufzeiten erhöht den Energieverbrauch (thermisch und elektrisch) und somit Energiekosten. Die prozentualen hohen Steigerungen der Energiekosten in den Lackierbetrieben Böhm und Fuchs ist aufgrund der eingesetzten Frequenzumformer und Energiesysteme zu erklären. Die absolute Steigerungsrate ist bei beiden Betrieben niedriger als bei Betrieben ohne diese Systeme.

In **Tabelle 27** sind die Ergebnisse für das Szenario II, der Einführung von weiteren zusätzlichen lösemittelarmen Produkten in den einzelnen teilnehmenden Pilotbetrieben, zusammenfassend aufgeführt.

Tabelle 27: Zusätzliche Minderung (Füller und Klarlack) und ggf. Einsatz von HVLP (Szenario II)

Betriebe	Böhm	Falk	Fuchs	Hunn	Ritzi	Santo	S&G Offenburg
Lösemittel Basislack [%]	-85,9	-91	-92,1	-90,9	-93,9	-20,5	-92,8
Lösemittel gesamt [%]	-27,1	-34,7	-53,4	-46,2	-53,4	-35,8	-46,9
Materialverbrauch [%]	-2,5	+12,5	+28,8	-23,0	-25,8	-30,0	-26,7
Prozesszeit [%]	+1,7	-1,0	+1,2	-0,5	+0,4	-0,7	-1,4

Der Einsatz von lösemittelarmen Produkte führt zur einer weiteren Gesamtlösemittelreduktion von bis zu 53,4%. High Solid Lacke verfügen zumeist über eine höhere Deckkraft und somit eine höhere Ergiebigkeit, was zu einem geringeren Lackeinsatz führt. Der Einsatz von oversprayarmen Spritztechniken erhöht die Ergiebigkeit des Lackeinsatzes. Die Materialkostenersparnis kann in den Betrieben Böhm (Basislack, Füller und Klarlack) und Falk (Basislack und Klarlack) nicht beobachtet werden, da in diesen Betrieben bereits in der Ausgangssituation teilweise schon z.B. HVLP-Pistolen für Füller bzw. Klarlack eingesetzt wurde.

In Tabelle 28 sind die Ergebnisse für das Szenario III, der Einführung von Ablassystemen in dem teilnehmenden Pilotbetrieben, zusammenfassend aufgeführt.

Tabelle 28: Trocken- oder Deckenblassystem (Szenario III)

Betriebe	Böhm	Falk	Fuchs	Hunn	Ritzi	Santo	S&G Offenburg
Kosten elektrische Energie [%]	+29,9	-3,9	+1,2	-2,8	+2,4	-4,2	-5,5
Kosten thermische Energie [%]	+6,0	-4,3	-5,9	-3,6	0,0	-5,2	-5,3
Prozesszeit [%]	+1,1	-1,2	+0,2	-0,7	+0,4	-0,9	-2,6

Die Einführung von zusätzlichen Ablassystemen (Trockenblassysteme auf Stativen bzw. Deckenblassystem) verkürzen die Ablüftzeiten der Wasserbasissysteme. In den zugrundegelegten Berechnungen wurde durch den Einsatz von Ablassystemen eine gleiche bzw. geringere Ablüftzeit wie für konventionelle Systeme angenommen. Allerdings steigt der Druckluftverbrauch durch das Betreiben der Ablassysteme. Für die Trockenblaspistolen (2 Stück) wurde ein Luftverbrauch 320 l/min pro Trockenblaspistole und für das Deckenblassystem (12 Luftdüsen) wurde ein Luftverbrauch von 120 l/min pro Luftdüse angenommen.

Systeme zur Verkürzung der Ablüftzeiten reduzieren die Prozesszeit (Maschinelaufzeiten), daher sind sogar Einsparungen bei den thermischen Energiekosten zu beobachten. Die Steigerung der elektrischen Energiekosten wird durch den vermehrten Druckluftverbrauch verursacht. In diesem Fall verbrauchen Deckenblassysteme mehr Druckluft als Trockenblaspistolen.

In Tabelle 29 sind die Ergebnisse für das Szenario IV, der Aufheizung der Lackierkabine in den Pilotbetrieben Hunn, Santo und S&G Offenburg, aufgeführt.

Tabelle 29: Aufheizung der Lackierkabine (Szenario IV)

Betriebe	Hunn	Santo	S&G Offenburg
Kosten elektrische Energie [%]	-2,3	-4,7	-1,7
Kosten thermische Energie [%]	+1,9	-1,9	+3,1
Prozesszeit [%]	-0,1	-0,6	-1,5

Obwohl die Prozesszeit aufgrund geringerer Ablüftzeiten der Basislacke verkürzt werden, steigen durch diese Maßnahme die thermischen Energiekosten.

4.5.4 Lackierkabinenzeiterfassung

Zur weiteren Beurteilung der Auswirkungen der Einführung von Wasserbasislacken waren in den Pilotbetrieben Zeiterfassungen für die Arbeiten in den Lackierkabinen durchzuführen. Im Rahmen der Zeiterfassung sollte die tägliche Arbeitszeit (Arbeitsbeginn und Arbeitsende), die Anzahl der bearbeiteten Aufträge mit Auftragsnummern, die Anzahl der bearbeiteten Teile pro Auftrag sowie die Auftragsart (1-Schicht, 2-Schicht bzw. 3-Schicht Lackierung) vor und nach der Umstellung für einen Zeitraum von einer Woche von den Lackierern zu dokumentieren. Eine durchschnittliche Auftragsbearbeitungszeit vor und nach der Einführung der Wasserbasislacke sollte ermittelt werden. Der Vergleich der durchschnittlichen Arbeitszeit pro Auftrag vor und nach der Umstellung gibt Hinweise auf mögliche Engpässe in den Lackierkabinen. Beispielsweise bei Verlängerung der durchschnittlichen Arbeitszeit pro Auftrag könnten weniger Aufträge bei gleichbleibender Lackierkabinenkapazitätsnutzung bearbeitet werden. Die Lackierkabine würde hierbei einen Engpass darstellen.

In Tabelle 30 ist der Dateneingang von den einzelnen Betrieben dokumentiert. Hierbei bedeuten die angekreuzten Felder, dass eine Zeiterfassung vorgenommen worden ist und die Daten berücksichtigt worden sind. In den Betrieben Böhm und Ritzi erfolgte zu einem gegebenen Zeitpunkt eine komplette Umstellung von konventionellen auf Wasserbasislacke.

Die freien Felder bedeuten, dass keine Zeiterfassung vorgenommen wurde.

Die angekreuzten Felder in Klammern bedeuten, dass eine Zeiterfassung erfolgt ist, allerdings die Daten für eine Auswertung aus folgenden Gründen nicht berücksichtigt werden können:

- Betrieb Falk:
Die Umstellung auf Wasserbasislacke zum Zeitpunkt der Datenaufnahme erfolgte nicht komplett. Da weiterhin Aufträge mit konventionellen Lacken durchgeführt werden, kann keine vergleichende Betrachtung vor und nach der Einführung der Wasserbasislacke durchgeführt werden.
- Der Betrieb Santo:
Seit 1999 werden im Betrieb Santo bereits Wasserbasislacke eingesetzt.

Die Darstellung der Situation vor der Einführung der Wasserbasislacke ist nicht mehr möglich.

- Der Betrieb S&G Offenburg:

Die Einführung der Wasserbasislacke im Betrieb S&G Offenburg erfolgte vor Beginn der Betriebsanalysen. Die Darstellung der Situation vor der Einführung der Wasserbasislacke ist nicht mehr möglich.

Tabelle 30: Daten zur Lackierkabinenzeiterfassung

Betriebe	Böhm	Falk	Fuchs	Heller*	Hunn	Ott	Ritzi	Santo	S&G
Vor der Umstellung	X	(X)		X			X	(X)	(X)
Nach der Umstellung	X						X	(X)	(X)
Umstellungsstrategie sofort	X		X	X	X	X	X		
Umstellungsstrategie allmählich		X							X
Einsatz von WL kompl.	X		X			X	X	X	X
Kein kompl. Einsatz WL		X		X					
*Abbruch der Umstellung									

Die im Rahmen der Zeiterfassung gewonnene Datengrundlage erlaubt keine allgemeinen Aussagen über die Auswirkungen des Einsatzes von Wasserbasislacken. Ergebnisse der Lackierkabinenzeiterfassung in der definierten Form (eine vergleichende Betrachtung der Dauer pro lackiertem Auftragsteil) liegen nur bei zwei Betrieben vor. Aspekte wie die Umstellungsstrategie (sofortiger Austausch der Lackprodukte bzw. allmählicher Übergang zu den neuen Produkten) sowie Grad des Einsatzes von Wasserbasislacken sind in den betrachteten Betrieben unterschiedlich.

4.5.5 Durchführung von Materialschichtdickenmessungen

Im Verlaufe der Betriebsanalysen wurde festgestellt, dass oftmals die Ablüftzeiten von Wasserbasislacken von den Lackierern als zu hoch eingestuft wurden. Um diesen Aussagen nachzugehen und um die Ursachen der hohen Ablüftzeiten festzustellen, wurde vom Institut für Fahrzeuglackierung die Messung der Materialschichtdicken veranlasst. Höhere Schichtdicken als in den technischen Datenblättern der Lackhersteller vorgesehen, könnten die Ablüftzeiten der Wasserbasislacke beeinflussen sowie die Materialkosten erhöhen.

Die Pilotbetrieben nahmen nach der Einführung der Wasserbasislacke innerhalb der Kalenderwochen 37 bis 44 Materialschichtdickenmessungen vor. Die Messung der Schichtdicken kann mit einem Schichtdickenmessgerät durchgeführt werden. Vom Institut für Fahrzeuglackierung wurde für die Messung der Materialschichtdicken eine spezielle Vorgehensweise entwickelt. Im folgenden wird diese Vorgehensweise beschrieben [23]:

Ein Teststreifen (Rückseite beschriftet mit Fahrzeugtyp, Farbnummer des Herstellers), wird so nahe wie möglich an die zu lackierende Fläche auf dem Abdeckpapier mit Klebestreifen aufgeklebt. Anschließend wird dieser Teststreifen mitlackiert. Um die Schichtdickenkomponenten (Basis- und Klarlackeschichtdicke) zu unterscheiden erfolgt die Lackierung in 2 Stufen:

- Stufe 1: Eine Seite des Teststreifen wird mit Klebestreifen abgedeckt auf die andere Seite wird Basislack aufgetragen
- Stufe 2: Vor dem Klarlackauftrag Klebestreifen abziehen und Klarlack auftragen.

Nach dem Trocknen kann die Schichtdicke des durchgeführten Lackauftrages ohne Schäden am Objekt zu verursachen auf dem Teststreifen mit einem Schichtdickenmessgerät abgelesen werden.

In Tabelle 31 sind für einzelne Betriebe die gemessenen Kleinstwerte, Größtwerte sowie ein Durchschnittswert ermittelt worden. In den Pilotbetrieben mit der laufenden Nummer 2, 6 und 8 werden die Soll-Materialschichtdickenwerte der Lackhersteller überschritten.

Tabelle 31: Materialschichtdicken in den Pilotbetrieben

Nr.	Durchschnitt Schichtdicke [μm]	Größtwert Schichtdicke [μm]	Kleinstwert Schichtdicke [μm]	Sollwert Schichtdicke [μm]
2	25,6	49	12	12 - 15
3	17,5	25	6	/
6	31	58	17	15 - 25
7	17,78	30	6	15 - 20
8	28	46	12	12 - 15
9	16,5	24	10	10 - 20

Quelle: [21]

Ein Gegenüberstellung der im Rahmen der gezielten Fragebogenaktionen errechnete Verlängerung der Ablüftzeit (zusätzliche Ablüftzeit pro Auftrag durch Einsatz von Wasserbasislacken) mit den durchschnittlich gemessenen Schichtdicken (Tabelle 32 und Tabelle 33) zeigt, dass Betriebe mit relativ hohen Materialschichtdicken auch eine relativ lange Ablüftzeit festgestellt haben. Vergleicht man die Soll-Schichtdickenwerte mit den ermittelten Schichtdicken in den Betrieben, dann zeigt sich ein Zusammenhang zwischen zu hohen Ablüftzeiten und zu hohen Materialschichtdicken.

Tabelle 32: Gegenüberstellung der Ergebnisse der 1. Befragung in der KW 37/38 mit den Schichtdickenwerten

Nr	Verlängerung der Ablüftzeit im Durchschnitt [min]	Durchschnitt Schichtdicke [μm]	Sollwert Schichtdicke [μm]
2	25,0	25,6	12 - 15
6	20,0	31	15 - 25
8	11,3	28	12 - 15
10	8,8	/	10 - 15
5	7,5	/	15 - 20
7	5,0	17,78	15 - 20
9	4,5	16,5	10 - 20
3	0,0	17,5	/

Quelle: [21]

Tabelle 33: Gegenüberstellung der Ergebnisse der 2. Befragung in der KW 41 mit den Schichtdickenwerten

lfd. Nr	Verlängerung der Ablüftzeit im Durchschnitt [min]	Durchschnitt Schichtdicke [μm]	Sollwert Schichtdicke [μm]
6	20,0	31	15 - 25
2	18,8	25,6	12 - 15
8	11,3	28	12 - 15
10	8,8	/	10 - 15
5	7,5	/	15 - 20
7	5,0	17,78	15 - 20
9	3,5	16,5	10 - 20
3	0,0	17,5	/

Quelle: [21]

Schichtdickenmessungen sind vor allem dann unbedingt erforderlich, wenn nach wie vor herkömmliche Systeme parallel eingesetzt werden, da die erhöhten Schichtdicken insbesondere in Betrieben, die noch herkömmliche Basislacke weiterhin verarbeiten, ermittelt worden sind. Werden Abweichungen von den Herstellerangaben festgestellt, sollten Nachschulungen durchgeführt werden.

Allerdings können längere Abdunstzeiten auch weitere Ursachen haben:

- Tatsächliche Lackierkabinenluftleistung ist zu niedrig
- Tatsächliche Sinkgeschwindigkeit in der Lackierkabine ist zu niedrig
- Luftfeuchtigkeit ist zu hoch

5 Wesentliche Inhalte des praxisorientierten Leitfadens

Der Leitfaden ist in sechs Kapitel aufgeteilt. Im Einleitungskapitel wird der Auftraggeber und die Zielgruppe, an die sich der Leitfaden richtet, genannt, die Zielsetzung des Leitfadens erläutert sowie die Vorgehensweise bei der Entwicklung des praxisorientierten Leitfadens beschrieben.

Im zweiten Kapitel werden häufig gestellte Fragen zum Wasserbasislackeinsatz aufgestellt und kurz beantwortet sowie auf weitere Antworten im Leitfaden verwiesen. Die ausgesuchten Fragen stellen einen Querschnitt zu allen Themenbereichen im Leitfaden dar. So werden z.B. Fragen zur Gesetzgebung, zu den Einsatzbedingungen von Wasserbasislacken gestellt und beantwortet.

Im dritten Kapitel werden die Hintergründe zur Einführung von Wasserbasislacken erläutert. Hierbei werden die Anforderungen der EU-Lösemittelrichtlinie beschrieben, den Stand der Umsetzung in nationales Recht vorgestellt und die möglichen Alternativen zur Erreichung der Anforderungen genannt.

Im Rahmen des vierten Kapitels des Leitfadens werden die Produkte der Lackhersteller (Wasserlacksysteme, konventionelle Basislacke und lösemittelarme Produkte) vorgestellt, die konventionellen Basislacksysteme mit den Wasserbasissystemen gegenübergestellt und verschiedene Techniken zur Unterstützung des Einsatzes des Wasserbasislackes sowie ihre prinzipielle Funktionsweise dargestellt. Ein weiterer Aspekt dieses Teilbereiches ist der Hinweis auf die Hersteller von Lacken, Applikationstechniken und Anlagen.

Wesentliche Ergebnisse der Betriebsanalysen werden im Rahmen des vierten Kapitels integriert. Insbesondere werden die Ergebnisse der gezielten Fragebogenaktionen und die Ergebnisse der Stoff- und Energieflussanalysen präsentiert. Die erarbeiteten minimalen bzw. idealen Einsatzbedingungen der Wasserbasislacke werden aufgezeigt und die Vor- und Nachteile des Einsatzes von Wasserbasislacken werden hierbei genannt.

Im fünften Kapitel des Leitfadens wird die Vorgehensweise im Rahmen der Einführung der Wasserbasislacke aufgezeigt. Die grundlegende

Vorgehensweise wird hierbei in drei Phasen unterteilt. Für jede Phase der Umstellung ist eine Checkliste zur Verfügung gestellt, die als Orientierungshilfe den Betriebsinhabern sowie den Anwendungstechnikern der Lackhersteller dienen soll. Einen besonderen Schwerpunkt der Beschreibung der Phasen wird auf den Umgang mit den Mitarbeitern (Lackierern) sowie der Kontrolle der Umstellung gelegt. Der Schlüssel für den Erfolg für den Einsatz von Wasserbasislacken ist neben der Erfüllung der Mindestanforderungen die Einstellung und Motivation sowie die Arbeitsweise der Lackierer. Die fehlerhafte Arbeitsweise der Lackierer kann über Materialschichtdickenprüfungen aufgedeckt werden. Daher ist die Vorgehensweise bei der Messung der Materialschichtdicken detailliert beschrieben.

Im Anhang des Leitfadens sind die Hersteller von Lackier- und Anlagentechnik, Applikationstechnik, Abluftsystemen, Werkzeugreinigungsgeräten, Kompressoren und Arbeitsmitteln aufgeführt.

6 Kommunikation der Projektergebnisse

Die Kommunikation der Projektergebnisse zielt die Erhöhung der Akzeptanz der Verwendung von Wasserlacken und lösungsmittelarmen/-freien Hilfsmitteln in den Betrieben. Daher werden Workshops ausgerichtet und die Fachpresse informiert.

6.1 Durchführung von Workshops

Begleitend zu den Fallstudien wurde ein Arbeitskreis aus Betriebsberatern von Berufsverbänden, Lack- und Anlagenherstellern gebildet, in dem ein institutionenübergreifender Informationsaustausch gewährleistet wird. Im Rahmen von Arbeitsgruppentreffen werden die Erfahrungen aus den untersuchten Auto-reparaturwerkstätten zusammengetragen. Im Laufe des Projektes fanden drei Arbeitsgruppentreffen statt.

Am 5.5. 2000 fand am Deutsch-Französischen Institut für Umweltforschung (DFIU) der Universität Karlsruhe der Startworkshop zum Projektvorhaben statt. Ziele des Workshops waren das Kennenlernen aller Projektbeteiligten, die Vorstellung und Diskussion der Projektziele und Abstimmung der Vorgehensweise. Der Workshop fand großen Anklang bei den über 30 Teilnehmern aus unterschiedlichen Institutionen, Autoreparaturlackierbetrieben, Berufsverbänden sowie Lack- und Anlagenherstellern.

Am 2.8.2000 fand in Karlsruhe der zweite Workshop statt. Im Mittelpunkt standen die Bewertung der ersten Umstellungsergebnisse sowie die Diskussion über die Gestaltung der Grundstruktur des praxisorientierten Leitfadens.

Das DFIU organisierte am 7.11.2000 in Karlsruhe einen Abschlussworkshop zu diesem Thema. Im Rahmen dieses Treffens wurden gemeinsam mit dem Institut für Fahrzeuglackierung die Ergebnisse der Betriebsanalysen vorgestellt. Ferner wurde der erste Entwurf des entwickelten Leitfadens vorgestellt und in kleineren Gruppen diskutiert.

Das DFIU veranstaltete am 26. Oktober 2000 gemeinsam mit dem Informationszentrum für betrieblichen Umweltschutz (IBU) des Landesgewerbeamtes Baden-Württemberg ein Fachseminar zum Thema: „Auto-

reparatur-Lackierbetriebe im Spannungsfeld zwischen Wirtschaftlichkeit und Umweltschutz“. Im Rahmen des Fachseminars wurde die Vorgehensweise bei der Entwicklung des praxisorientierten Leitfadens vorgestellt. Die Teilnehmer am Fachseminar hatten im Anschluss der Präsentation die Gelegenheit sich in eine Liste einzutragen. Das Ministerium für Umweltschutz und Verkehr Baden Württemberg wird an die Interessenten den entwickelten Leitfaden versenden.

Weitere Vorträge zum Thema Autoreparaturlackierung sind auf Fachseminaren, veranstaltet vom Informationszentrum für betrieblichen Umweltschutz (IBU) des Landesgewerbeamtes Baden-Württemberg, vorgesehen (voraussichtlich 14. Februar 2001).

6.2 Pressemitteilungen

Zur Verbreitung der Projektergebnisse außerhalb des Arbeitskreises dienen Veröffentlichungen in branchennahen Fachzeitschriften und regionalen Zeitungen.

Tabelle 34 umfasst die kontaktierten Fachzeitschriften und Zeitungen. Zum Veröffentlichungszeitpunkt des Leitfadens wird den aufgeführten Verlagen erneut eine Pressemitteilung versendet. Die Pressemitteilung enthält Angaben über Projekthintergründe, über konkrete Inhalte des Leitfadens sowie Ansprechpartner.

Tabelle 34: Liste der kontaktierten Fachzeitschriften über Projektstart und Projektziele

Zeitschrift	Ansprechpartner	Datum (verschickt)	Datum (erschienen)
Fahrzeug und Metalllackierer	Audin Verlag GmbH Auer, Wolfgang Frau Dinnendahl 089/2422830	Juni 2000	September 2000
Fahrzeug und Karosserie	Roever, Ingo 0521/595523 (priv. 0511/452828)	Mai 2000	August
Karosserieheft	Pfausch 089/40907030	Mai 2000	Erschienen
Lackierblatt	Rehm, Michael 0711/2631378	Mai 2000	September 2000
KFZ-Betrieb	Schmidt, Edgar 0931/4182819	Mai 2000	August 2000
Besser Lackieren	Vincentz Verlag Schiffgraben 43 D - 30175 Hannover Franziska Beyer (05 11) 99 10 - 2 31 (05 11)99 10 - 2 99 beyer@coatings.de www.coatings.de	Juni 2000	Keine Reaktion
Badische Neueste Nachrichten (BNN)		Juli 2000	Juli 2000, August 2000

7 Zusammenfassung und Ausblick

7.1 Zusammenfassung

In enger Zusammenarbeit mit Landesverbänden und Lackherstellern wurde in neun Autoreparaturlackierbetrieben unterschiedlicher Größe in Baden-Württemberg die Umstellung von lösemittelreichen auf wasserbasierende Lacke und lösungsmittelarme/-freie Hilfsmittel vorbereitet und begleitet. Hierbei wurden alle großen Lackhersteller und die berufsspezifischen Landesverbände eingebunden. Aufbauend auf diesen Betriebsanalysen ist ein praxisorientierter Leitfaden erarbeitet, der Problembereiche anspricht, mögliche Lösungswege für die Betriebe aufzeigt und Ansprechpartner beim Auftreten von Schwierigkeiten vermittelt. Damit sind die Konsequenzen durch den Einsatz von Wasserlacken und lösungsmittelarmen/-freien Hilfsmitteln für den einzelnen Betrieb überschaubar und kalkulierbar. Durch die Präsentation der Projektergebnisse und der Erfahrungen in den Betrieben auf Workshops wurde die Akzeptanz der Verwendung von Wasserlacken und lösungsmittelarmen/-freien Hilfsmitteln in den Betrieben erhöht werden.

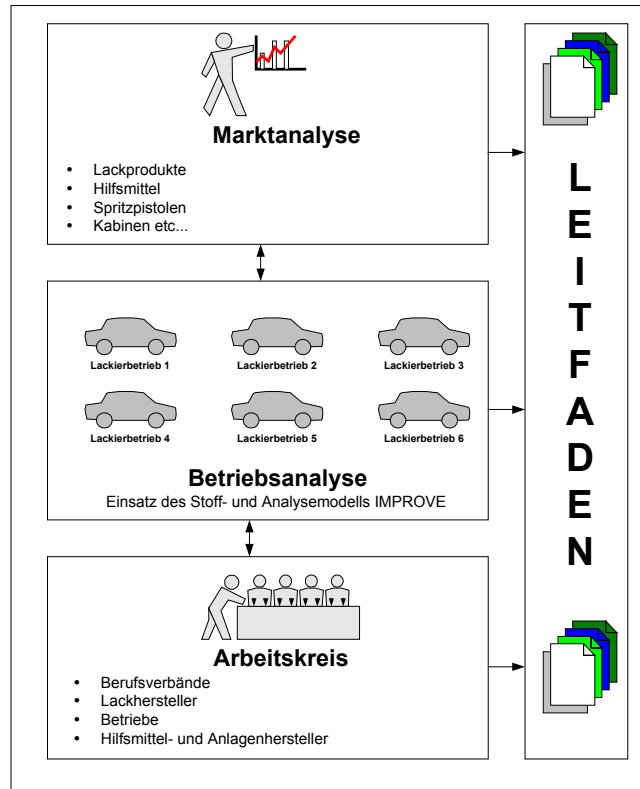


Bild 4: Vorgehensweise bei der Erstellung eines praxisorientierten Leitfadens

Einsatzbedingungen von Wasserbasislacken:

Der Einsatz von Wasserbasislacken führt nicht zu erheblichen Verfahrensänderungen. Die Wasserbasislacke der neuen Generation erfüllen die Qualitätsanforderungen der Reparaturlackierung. Die erforderlichen Investitionen (z.B. Austausch der Mischbank,) sind verhältnismäßig gering, falls die technische Ausstattung in den Betrieben den aktuellen Stand der Technik widerspiegelt. Sind die Leistungsdaten der Lackier- und Trockenkabinen oder Kompressoren nicht ausreichend, sind höhere Investitionen erforderlich. Diese können je nach Betrieb unterschiedlich sein, z.B. in einen leistungsstärkeren Kompressor oder in zusätzliche Ablasssysteme.

Vorgehensweise bei der Umstellung auf Wasserbasislacke:

Wie jedes neue System bedarf auch die Einführung der Wasserbasislacken bei den Mitarbeitern einer Eingewöhnungszeit. Daher sollte eine Umstellung sorgfältig geplant und kontrolliert sein. Beim Einsatz von Wasserbasislacken sind die sogenannten „weichen Faktoren“ ausschlaggebend. Es ist unbedingt erforderlich, dass alle Mitarbeiter vom Einsatz des neuen Systems überzeugt

sind. Widerstände bei den Mitarbeitern können nur über Aufklärung und Sammeln von Erfahrungen mit dem neuen System abgebaut werden. Lacklieferanten beraten die Lackierbetriebe und sind daher auch die geeigneten Ansprechpartner im Rahmen der Umstellung auf Wasserbasislacke. Die Umstellung wird durch die Anwendungstechniker der Lackhersteller geleitet und durchgeführt. Als erstes wird die Umstellungsstrategie definiert. Hierbei ist folgende Umstellungsstrategie bei keinerlei Erfahrungen der Mitarbeiter mit Wasserbasissystemen empfehlenswert: vorab Probearbeiten mit dem neuem System, aber eine Fristsetzung für eine komplette Umstellung.

Bei der Aufrechterhaltung von zwei Parallelsystemen muss der Lackierer sich auf die unterschiedlichen Lackauftragstechniken einstellen. Beispielsweise müssen die reduzierten Schichtdicken von Wasserbasislacken eingehalten werden. Höhere Schichtdicken als in den Herstellerangaben vorgesehen, verlängern die Ablüftzeiten.

Vor der Einführung der neuen Systeme wird die allgemeine Vorgehensweise im Rahmen der Umstellung genau geklärt. Falls Ablüftsysteme im Rahmen der Umstellung einzuführen sind, werden für diese Systeme die Voraussetzungen geschaffen, z.B. Einrichtung von Anschlüssen für Ablüftsysteme sowie Lackierkabinensteuerung durchgeführt. Weitere vorbereitende Tätigkeiten sind dann das Freischalten der Wasserlackrezeptur in der Computerwaage bzw. der Einbau einer neuen Computerwaage, Aufstellung der Mischbank, Entscheidungen über Werkzeugreinigungssysteme.

Im Rahmen der Einführung der Wasserbasislacke in den Betrieben erfolgt die Schulung vor Ort in den Lackierbetrieben. Alle Lackhersteller bieten die Möglichkeit vor bzw. nach der Einführung der Wasserbasislacke weitere Schulungen in den Trainingscentern durchzuführen.

Eine Kontrolle der Arbeiten mit den Wasserbasissystemen sollten durch den Betriebsinhabers oder auch als Serviceleistung von Lacklieferanten durchgeführt werden. Beispielsweise sollten regelmäßig Materialschichtdickenmessungen vorgenommen werden. Diese Messungen können Hinweise auf die Notwendigkeit der Durchführung von Nachschulungen geben (Zurückfallen in die Arbeitsweise wie mit konventionellen Systemen).

7.2 Ausblick

Die Wasserbasislackprodukte erfüllen derzeit die Qualitätsanforderungen der Lackierung. Im Hinblick auf den Einsatz von wasserlöslichen Füllern und Klarlackprodukten sind derzeit wenige Erfahrungen vorhanden. Ferner sind die wasserlöslichen Produkte im Hinblick auf langfristige Folgen (Witterungsbeständigkeit, Alterungseigenschaften, Wechselwirkungen mit lösemittelhaltigen Lackschichten) wenig untersucht.

Es gibt fortschreitende Entwicklungen bei der Fahrzeuglackierung. Derzeit werden im Rahmen der Automobilproduktion konventionellen Materialien für Karosseriebauten mit Leichtbauwerkstoffen (Aluminium, Magnesiumlegierungen, GFK-Kunststoffe) ausgetauscht. Hierbei sind die Anforderungen an die Reparaturlackierung neu zu definieren.

Ferner sind die alternativen Produkte (Pulverlacke und Pulver-Slurry-Lacke), die eine weitergehende Lösemittelreduktion erzielen können als Wasserlacke könnten, in naher Zukunft von der Entwicklungsphase in die Markteinführungsphase übergehen. Die Lackindustrie bereitet sich auf eine weitergehende produktbezogene Minderungen vor.

8 Literaturverzeichnis

- [1] **Akzo Nobel Coatings GmbH:** Produktinformation, Technische Sicherheitsdatenblätter, 2000
- [2] **Baumgärtner, O.:** Automobil-Reparatur-Lackierung – Einführung von Wasserlacken; Studie im Auftrag der Firma Durst Lackier- und Trocknungsanlagen, Stuttgart; 1994
- [3] **Biethan, U., Brandt, A., Bunge, W. et al.:** Lacke und Lösemittel; Eigenschaften, Herstellung, Anwendung; Verlag Chemie; New York 1979
- [4] **Brock, T., Groteklaes, M. Mischke, P.:** Lehrbuch der Lacktechnologie; Hrsg. von Zorll, U. ; Hannover: Vincentz, 1998
- [5] **Bundesministerium, Umweltbundesamt, Verband der Chemischen Industrie e.V. et al.:** Gemeinsamer Abschlussbericht zum Dialog BMU und des VCI zu Umweltzielen am Beispiel VOC, Dezember 1997
- [6] **Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit:** Verordnung zur Umsetzung Europarechtlicher Vorschriften über die Begrenzung der Schadstoffemissionen bei der Verwendung organischer Lösemittel⁹ Stand Juni 2000
- [7] **CEPE (1999):** Technische Richtlinie für Fahrzeuglackierer für Fahrzeugreparaturlackierungen, Brüssel 1999
- [8] **Chemical Europe NV-Marketing:** Produktinformation, Technische Sicherheitsdatenblätter
- [9] **Chor, K. :**Lehrbuch für Fahrzeuglackierer, 6. Auflage, S. 141-143, München 1997
- [10] **DAT-Veedol-Report 99:** Der Pkw-Kauf 1998, Kfz-Betrieb Dossier
- [11] **Glasurit GmbH:** Produktinformation, Technische Sicherheitsdatenblätter, 2000
- [12] **Grütter-Printmedien:** Auswirkungen der VOC-Richtlinie auf die Autoreparaturlackierung – Interview mit Peter Müller, Leiter Technik, Sikkens
http://www.gruetter.de/zeitschriften/kms_0100_s22.htm

⁹ Die Verordnung dient der Umsetzung der Richtlinie 1999/13/EG des Rates vom 11. März 1999 über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, die bei bestimmten Tätigkeiten und in bestimmten Anlagen bei der Verwendung organischer Lösungsmittel entstehen (ABl. EG Nr. L 85 S. 1), in deutsches Recht.

- [13] **Grütter-Printmedien:** Umdenken angesagt – Auto-Reparaturlackierung heute und morgen, http://www.gruetter.de/zeitschriften/kms_0100_s24.htm
- [14] **Hennemann, A.:** Chancen und Perspektiven – Die betriebswirtschaftliche Situation der Lackierbetriebe im ersten Halbjahr 1999, Seite 34. Lackiererblatt 1/99
- [15] **ICI Autocolor:** Produktinformation, Technische Sicherheitsdatenblätter, 2000
- [16] **Landesinnungsverband des Maler- und Lackierer:** Sitzungsprotokoll zum Thema Wasserbasislacke; Oktober 2000
- [17] **Liebscher, H.:** Aktuelles und Informatives von der VOC-Gesetzgebung in Europa, Deutschland und anderen EU-Staaten für den Fahrzeugreparaturlackierbereich. In: Der Fahrzeug- und Metall-Lackierer (fml): Oktober 2000, 44. Jahrgang, S. 8-10
- [18] **Maier, W.:** HVLP-Spritzpistolentechnik heute, Artikel in der Zeitschrift „carossier“, 1/98, S. 18ff.
- [19] **Müller, J.:** Energieeinsparungen durch Frequenzumforanlagen für Spritzkabinen, Institut für Fahrzeuglackierung, Frankfurt, 2000
- [20] **Müller, J.:** Ergebnisse der Befragungen in Pilotbetrieben, Institut für Fahrzeuglackierung, Frankfurt, 2000
- [21] **Müller, J.:** Ergebnisse der Materialschichtdickenmessungen in Pilotbetrieben, Institut für Fahrzeuglackierung, Frankfurt, 2000
- [22] **Müller, J.:** Druckluftanlagen für Lackier- und Karosseriebaubetriebe, Institut für Fahrzeuglackierung, Frankfurt, 2000
- [23] **Müller, J.:** Vorgehensweise bei Materialschichtdickenmessungen, Institut für Fahrzeuglackierung, Frankfurt, 2000
- [24] **Norddeutsche Berufsgenossenschaft:** Eine neue Berufskrankheit: Polyneuropathie oder Enzephalopathie durch organische Lösungsmittel oder deren Gemische; Gesund + Sicher, 6/1998, S. 183
- [25] **PPG Industries Lacke GmbH:** Produktinformation, Technische Sicherheitsdatenblätter, 2000
- [26] **Rat der Europäischen Union:** Richtlinie 1999/13/EG des Rates vom 11. März über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, die bei bestimmten Tätigkeiten und in bestimmten Anlagen bei der Verwendung organischer Lösemittel entstehen, in: Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften L 85/1, 29.3.1999
- [27] **Rentz, O., Blümel, F., Lonjaret, J.-P., Geldermann, J., Große-Ophoff, M.:** Stoffstrommanagement für kleine und mittlere Unternehmen aus dem Bereich der Autoreparaturlackierung, Initiativen zum Umweltschutz (Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU)), Band 20, Erich Schmidt Verlag, Berlin (2000)

- [28] **SATA Farbspritztechnik GmbH & Co Kg:** Produktinformation, Technische Sicherheitsdatenblätter
- [29] **Schelhaase, J., Plinke, E., Möhlenbruch, C. Staehling-Witt, E.:** Handelbare Umweltlizenzen zur Verminderung der VOC-Emissionen aus dem Bereich Autoreparaturlackierung“, Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit – Umweltplanung, Ökologie, Forschungsbericht 296 44 193, UBA-FB 98-041; Texte Umweltbundesamt
- [30] **Spies Hecker GmbH:** Produktinformation, Technische Sicherheitsdatenblätter, 2000
- [31] **Standox GmbH:** Produktinformation, Technische Sicherheitsdatenblätter, 2000
- [32] **Verein Deutscher Ingenieure:** Emissionsminderung: Reparaturlackierung für PKW und NFZ (Klein und Mittelbetriebe), VDI Richtlinie 3456, Düsseldorf, Juni 2000
- [33] **Zentralverband für Karosserie- und Fahrzeugtechnik (ZKF):** ZKF-Strukturbericht 1997, F+K, 10/98; Seite 48ff.

**Anhang 1: Auflistung der Ansprechpartner der Pilotbetriebe und
Mitarbeiter der Lackhersteller**

Betrieb	Ansprechpartner im Betrieb	Lackhersteller	Ansprechpartner beim Lackhersteller
Heller Karosseriebau Lack GmbH Sandhofenerstr. 199 68307 Mannheim	Heller, Achim 0621/772317 0621/787386	PPG Industries Lack GmbH Talsstr. 14 74379 Ingersheim	Soller-Schütz, Antje 07142/706162 07142/706200 soller@ppg.com Schmiedl, Ulrich 07265/911776 07265/911776 01722949738 Schmidt, Klaus 01722949786 Herr Idel 02103/791-600 02103/791-385 01712176310
Autolackiererei Böhm GmbH Pertersbergerstr. 3 74909 Merckersheim	Böhm, Rainer 06226 - 3776	PPG Industries GmbH Talsstr. 14 74379 Ingersheim	Soller-Schütz, Antje 07142/706162 07142/706200 soller@ppg.com Schmiedl, Ulrich 07265/911776 07265/911776 01722949738 Klaus Schmidt 01722949786 Herr Idel 02103/791-600 02103/791-385 01711/2176310
Hunn und Walch Karosseriebau und Lackierung Wiesenstr. 14 75196 Remchingen	Hunn, Günter 07232/71880 07232/79517	Spies Hecker GmbH Fritz-Hecker-Str. 47-107 50968 Köln	Röll, Wolfgang 0172/2400411 wroell@pride.de Wahl, Wilfried 0221-3706-454 0221-3706-564 (0172)2513703

Betrieb	Ansprechpartner im Betrieb	Lackhersteller	Ansprechpartner beim Lackhersteller
Ritzi GmbH Gutenberg Str. 2 78647 Trossingen	Ritzi, Günther 07425/22000 07425/220099 Meier, Udo 07425/220040 07425/220095	ICI Autocolor Düsseldorferstr. 80 40721 Hilden	Wurzel, Wilfried 02103/791605 02103/791601 wurzel@ppg.com Herr Rauscher 07720/35011 07720/31124 0711456035 Herr Idel 02103/791-600 02103/791-385 01712176310
Reustle GmbH Benzstr. 1 74369 Löchgau	Reustle, Günther 07143/87340	Glasurit GmbH Glasuritstr. 1 48165 Münster	Brans, Gregor 02501/143557 02501/143358 Burmeier, Manuel 02501/143769 02501/3358 Mobil: 01713393642
Fuchs Lackiererei GmbH Obere Riedwiesen 12 74427 Fichtenberg	Herr Fuchs 07971/23013	Glasurit GmbH Glasuritstr. 1 48165 Münster	Brans, Gregor 02501/143557 02501/143358 Burmeier, Manuel 02501/143769 02501/3358 Mobil: 01713393642
S&G Offenburg Carl-Zeiss-Str. 15 77612 Offenburg	Sühs (Lackiermeister) 0781/605285 0781/6052225 S+G Automobil Aktiengesellschaft Schoemperlenstr.14 76185 Karlsruhe Klein, Peter 0721/9565314 0721/9565340	Standex GmbH Christbusch 45 42285 Wuppertal	Hans-Joachim Linkorn 0202/2530-2192/2658 0202/2530-2826 hlinkorn@standox.de Thomas Schmitt Burmeister Lacke 0721/551963 01739816776 Härter, Michael
Ott GmbH + Co. KG Berkacherstr. 1 89584 Ehingen	Ott, Karl-Heinz 07391 7002-0	Sikkens GmbH (Akzo Nobel Coatings GmbH) Sieglestr. 29 70469 Stuttgart	Herr Klein, Udo 0711/8951-485 udoklein@akzonobel.com

Betrieb	Ansprechpartner im Betrieb	Lackhersteller	Ansprechpartner beim Lackhersteller
Heinz Santo GmbH Wilhelmstr. 3a 79098 Freiburg	Santo, Heinz 0761/388330 0761/3883329	Stadox GmbH Christbusch 45 42285 Wuppertal	Hans-Joachim Linkorn 0202/2530-2192/2658 0202/2530-2826 hlinkorn@standox.de Antony-Farben GmbH Farben u. Autolacke Hochdorf Hanferstr. 3 79108 Freiburg 07 61) 1 30 98-0
Autolackiererei Falk GmbH Klosterstr. 4 77716 Haslach	Falk, Hubert 07932/919420 07932/919420	Spies Hecker GmbH Fritz-Hecker-Str. 47-107 50968 Köln	Röll, Wolfgang 0172/2400411 wroell@pride.de
Jonas GmbH Heilbronnerstr. 127 74223 Flein	Jonas, Heinz Tel: 07131-58680	Spies Hecker derzeit Früher ICI- Autocolor	
Werner Malunowski Neustarterstr.16 68000 Hockenheim	Werner Malunowski 06205-10178 1	Glasurit	

Anhang 2: Teilnehmer im Arbeitskreis

Auftraggeber
Ministerium für Umwelt und Verkehr, Baden-Württemberg Kernerplatz 9, 70182 Stuttgart, 0711/1262947; 0711/1262822

Universität, Institut und Gewerbeamt
Institut für Fahrzeuglackierung Vilbeler Landstr. 255; 06109/722820; 06109/722850; maler-lackierer@t-online.de
Deutsch Französisches Institut für Umweltforschung Hertzstr. 16, 76187 Karlsruhe, 0721/608-4699, 0721/758909, nurten.avci@wiwi.uni-karlsruhe.de
Landesgewerbeamt BW – Informationszentrum für betrieblichen Umweltschutz Willi-Bleicher-Str. 19, 70174 Stuttgart; 0711/1232791, 0711/1232649, edith.schmidt-bauer@lgabw.de

Verbände
Hauptverband Farbe Gestaltung, BFL; http://www.farbe.de/start.asp Vilbeler Landstraße 255; 60388 Frankfurt a.M.; +49 (0 61 09) 72 28-0; +49 (0 61 09) 72 28-50 E-Mail: hauptverband@farbe.de , Sowie c/o Autolackiererei Stegmüller, Blasiring 9, 79539 Lörrach; 07621/15360 07621/153630
Kraftfahrzeuggewerbe BW Motorstr. 1, 70499 Stuttgart; 0711/83986315 0711/83986322 till_stoecker@kfz-bw.de
Technische Informationsstelle des Deutschen Maler- und Lackiererhandwerks Allemandring 37, 0711 6874439, 0711 687800, tis@fpl.uni-stuttgart.de
Landesinnungsverband des Baden-Württembergischen Karosserie- und Fahrzeugbauerhandwerks Silcherstr. 58, 73614 Schorndorf; 07181/44863 07181/44864
Landesinnungsverband des Maler- und Lackierer Handwerks Baden-Württemberg, Christophstr. 14, 70178 Stuttgart; 0711/603601, 0711/6409895, LIVmalerBW@aol.com
Verband der Lackindustrie e.V. Karlstraße 21; 60329 Frankfurt / Main; 069/2556-1411; 069/2556-1358; http://www.lackindustrie.de/
Zentralverband Karosserie und Fahrzeugtechnik (ZKF), Frankfurterstr. 2, 61118 Bad Vilbel, 06101/12061; 06101/12598; zkf-fhv@t-online.de

Autoreparaturlackierbetriebe
Autolackiererei Böhm GmbH, Petersbergstr. 3, 74909 Meckesheim; 06226 - 3776
Autolackiererei Falk GmbH, Klosterstr. 4, 77716 Haslach; 07932/919420 07932/919420

Autoreparaturlackierbetriebe
Fuchs Lackiererei GmbH, Obere Riedwiesen 12, 74427 Fichtenberg; 07971/23013
Heinz Santo GmbH, Wilhelmstr. 3a, 79098 Freiburg; 0761/388330 0761/3883329
Heller Karosseriebau Lack GmbH, Sandhofenerstr. 199, 68307 Mannheim 0621/772317; 0621/787386
Hunn Karosseriebau und Lackierung, Wiesenstr. 14, 75196 Remchingen; 07232/71880, 07232/79517
Ott GmbH + Co. KG, Berkacherstr. 1, 89584 Ehingen; 07391 7002-0
Ritzi GmbH, Christian-Weiss-Str. 4, 78647 Trossingen; 07425/22 00-40 07425/22 00-95
S+G Automobil Aktiengesellschaft, Schoemperlenstraße 14, 76185 Karlsruhe; 0721/9565314; 0721/9565340
S&G Offenburg, Carl-Zeiss-Str. 15, 77612 Offenburg; 0781/605285, 0781/6052225

Hersteller von Lacken, Applikationstechniken und Anlagen
Akzo Nobel Coatings GmbH, Siegelerstr. 29, 70469 Stuttgart; 0711/8951-485 udoklein@akzonobel.com
Durst Lackieranlagen GmbH, Postfach 51; 74397 Pfaffenhofen, 07046/7038, 07046/7052
Glasurit GmbH, Glasuritstr. 1, 48165 Münster; 02501/14-3557 Fax 02501/14- 71-3358
ICI Autocolor, Düsseldorferstr. 80, 40721 Hilden; 02103/791605, 02103/791601, wurzel@ppg.com
Lutro Luft- und Trockentechnik, Postfach 30 01 59, 70756 Leinfelden-Echterdingen; 0711/7 90 94 15 0711/7 90 94 39
PPG Industries Lacke GmbH; PPG Auto Refinish Düsseldorfer Str. 80; 40721 Hilden; 07142/706162; 07142/706200 soller@ppg.com
SATA Farbspritztechnik GmbH & Co Kg, Donnertalstr. 20, Postf. 1828, 70799 Kornwestheim; 07154/8141130, 07154/811186 maier@sata.de
Spies Hecker GmbH, Fritz-Hecker-Str. 47-107, 50968 Köln; Marion_Roethgen@SpiesHecker.com
Standex GmbH, Christbusch 45, 42285 Wuppertal; 0202/25 30 21 92/2658; 0202/25 30 28 26