
Fachtagung am 25. Oktober 2005

Vollzug der 31. BImSchV bei der Metall- und Kunststoffbeschichtung

Aktualisiert November 2005



Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Augsburg, 2005 – ISBN 3-936385-81-5

Herausgeber: Bayerisches Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160, 86179 Augsburg
Tel.: (0821) 90 71 - 0
Fax: (0821) 90 71 - 55 56
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: <http://www.bayern.de/lfu>

Zitiervorschlag:

Bayer. Landesamt für Umwelt (Veranst.):

Vollzug der 31. BImSchV bei der Metall- und Kunststoffbeschichtung (Augsburg 25.10.2005), Augsburg, 2005

Das Bayerische Landesamt für Umwelt (LfU) gehört zum Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUGV).

© Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg, 2005

Gedruckt auf Recyclingpapier

Inhaltsverzeichnis

Einführung	2
Dr. Nadja Sedlmaier, LfU	
Grundlagen der 31. BImSchV bei der „Sonstigen Metall- und Kunststoffbeschichtung“	5
Dr. Richard Schlachta, LfU	
Einsatz emissionsarmer Beschichtungsstoffe	60
Thomas May, DuPont Performance Coatings GmbH & Co. KG, Wuppertal	
Lackauftragsverfahren mit verbessertem Wirkungsgrad	76
Dipl.-Ing. Dieter Ondratschek, Fraunhofer Institut Produktionstechnik und Automatisierung, Stuttgart	
Verminderung der VOC-Emissionen durch Einsatz moderner Abgasreinigungsverfahren	86
Dipl.-Ing. (FH) Matthias Hagen, Lufttechnik Bayreuth GmbH & Co KG, Goldkronach	
Großraumlackieranlagen mit sektionaler Lüftung	101
Heinz Georg Vollmer, SLF Oberflächentechnik GmbH, Niederlassung Nord, Emsdetten	
Optimierungsstrategien für Lackierprozesse	127
Dr. Hans Schrübbers, Bremer Gesellschaft für Angewandte Umwelttechnik – bregau olt GmbH, Bremen	
Umweltoptimierte Kunststofflackierung	144
Dipl.-Wirtsch.Ing. Ulrich Schmid, EISENMANN Fördertechnik GmbH & Co. KG, Böblingen / Holzgerlingen	
Fallbeispiele	
Bewältigung der Abluft-Problematik im Metall- und Kunststofflackierbereich: Praxisstand 2005	155
Dipl.-Ing. Michael Breuning, EISENMANN Umwelttechnik, Böblingen / Holzgerlingen	
Innovatives Abluft-Reinigungsverfahren schließt Technologielücke zwischen 50 und 400 mg/m³	168
Dipl.-Ing. Bernd Müller, Keller Lufttechnik GmbH + Co. KG, Kirchheim unter Teck	
Tagungsleitung / Referenten	171

Einführung

Dr. Nadja Sedlmaier, LfU

Verehrte Kolleginnen und Kollegen aus den Behörden,
geschätzte Partner aus Industrie, Wirtschaft und Handwerk
meine sehr geehrten Damen und Herren,

ich begrüße Sie alle sehr herzlich zu unserer Fachtagung „Vollzug der 31. BImSchV bei der Metall- und Kunststoffbeschichtung“. Ich freue mich, dass Sie unserer Einladung zur heutigen Veranstaltung gefolgt sind.

Die „Sonstige Metall- und Kunststoffbeschichtung ist eine von 19 verschiedenen Tätigkeiten, für die in der 31. BImSchV Anforderungen festgelegt sind (Tätigkeit nach Anhang II, Nr. 8), wenn der jährliche Lösemittelverbrauch 5 t/a überschreitet (siehe Anhang I Nr. 8.1). Für die Beurteilung, ob die in einer Anlage durchgeführte Tätigkeit der Holzbeschichtung in den Geltungsbereich der 31. BImSchV fällt, ist nicht nur der Lösemittelverbrauch der eigentlichen Beschichtungstätigkeit, sondern auch der Lösemittelverbrauch bei der Reinigung von Geräten und bei der Instandhaltung zu berücksichtigen. Immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftig werden Anlagen zur Metall- bzw. Kunststoffbeschichtung, wenn ein Lösemittelverbrauch von 25 Kilogramm je Stunde oder 15 Tonnen je Jahr überschritten wird (Anlagen zur Oberflächenbehandlung, Nr. 5.1 des Anhangs der 4. BImSchV).

Nachdem die „Sonstige Metall- und Kunststoffbeschichtung in der Praxis eine große Bedeutung besitzt, haben wir uns entschlossen, dem Thema eine eigene Fachtagung zu widmen.

Die heutige Veranstaltung ist – nach der Fachtagung zur Autoreparaturlackierung am 23.04.2002, zu den Druckereien am 10.12.2002, zur Oberflächenreinigung von Geräten und Produkten am 18.01.2005 sowie zur Holzbeschichtung am 21.06.2005 – die fünfte in einer Reihe von LfU-Veranstaltungen zum Vollzug der 31. BImSchV. Wir möchten in diesem Zusammenhang auf unser Internet-Angebot unter folgender Adresse hinweisen: <http://www.bayern.de/lfu/luft/index.html>. Dort finden Sie neben den Tagungsbänden eine Einführung zur 31. BImSchV, einen Leitfaden für Reduzierungspläne sowie verschiedene Musterschreiben und Formulare. Bei weiterem Informationsbedarf bitten wir Sie, von den Fragebögen, die den Tagungsunterlagen beiliegen, regen Gebrauch zu machen.

Für die heutige Veranstaltung freue ich mich, dass es uns gelungen ist, als Referenten namhafte Experten aus dem Bereich der Metall- und Kunststoffbeschichtung zu gewinnen und dass auch das Teilnehmerspektrum neben vielen Kollegen von den bayerischen Immissionsschutzbehörden auch Kollegen aus anderen Bundesländern, Gutachter, Anlagenbetreiber sowie Vertreter der Industrie- und Handelskammern umfasst.

Die Vortragsreihe eröffnen wird Herr Dr. Schlachta vom LfU mit grundsätzlichen Ausführungen zu den Anforderungen der 31. BImSchV. Anschließend erhalten Sie von Herrn May, Fa. DuPont Performance Coatings GmbH, einen Überblick zu den Besten Verfügbaren Techniken bei den Beschichtungsstoffen. Die Substitutionspotenziale lösemittelhaltiger Beschichtungsstoffe durch lösemittelfreie bzw. -arme Stoffe werden anhand von Praxisbeispielen aufgezeigt. Dabei wird insbe-

sondere detailliert auf die Anwendungsmöglichkeiten von Wasserlacken und weitere moderne Entwicklungen, wie die Pulverlackierung, eingegangen. Darüber hinaus wird Herr May Hilfestellungen für die praktische Einführung der lösemittelarmen Systeme geben und die möglichen Vorteile für den Betrieb veranschaulichen.

Herr Ondratschek vom Fraunhofer Institut Produktionstechnik und Automatisierung stellt die Beste Verfügbare Technik bezüglich emissionsarmer Auftragsverfahren vor. Dabei werden die Einsatzmöglichkeiten für die Metall- und Kunststoffbeschichtung anhand von Praxisbeispielen veranschaulicht.

Die Betriebe, die Primärmaßnahmen nicht anwenden können bzw. wollen, benötigen zur Einhaltung der Anforderungen der 31. BImSchV im Regelfall eine Abgasreinigung. Herr Hagen von der Fa. Lufttechnik Bayreuth, wird Ihnen hierzu die Einsatzmöglichkeiten von Abgasreinigungen mit dem Schwerpunkt thermische/katalytische Verfahren (einschließlich Aufkonzentrierungsverfahren sowie Verfahren mit Lösemittelrückgewinnung) unter Berücksichtigung der Art und Menge der Schadstoffe (Anwendungs- und Leistungsgrenzen) präsentieren. Sie erhalten einen Einblick in den Aufbau und der Funktionsweise der relevanten Abgasreinigungsverfahren.

Herr Vollmer von der Fa. SLF Oberflächentechnik wird Ihnen Großraumlackieranlagen mit sektionaler Lüftungstechnik vorstellen. Dabei werden die bei der Lackierung von sperrigen Teilen auftretenden Probleme aufgezeigt. Im Sinne des integrierten Umweltschutzes werden die bei der Lackierung von sperrigen Teilen einsetzbaren umweltfreundlichen Lackierkabinenkonzepte, wie energiesparende Lüftungstechnik durch Weitwurfdüsen und automatischer Segmentschaltung mit Personenerkennung, moderne Farbabscheider (z. B. Prallabscheider), teleskopierbare Trockner, Wärmerückgewinnungsmöglichkeiten usw., präsentiert und anhand von Praxisbeispielen veranschaulicht.

Danach wird Herr Dr. Schrübbers, Bremer Gesellschaft für Angewandte Umwelttechnik, Optimierungsstrategien für Lackierprozesse herausarbeiten. Hierbei werden im Wesentlichen die Inhalte des vom BMBF geförderten Vorhabens „Entwicklung und Erprobung eines modellhaften Beratungskonzeptes zur Unterstützung des Technologietransfers in kleinen und mittelständischen Betrieben mit dem Ziel der Einführung umweltgerechter Lackierverfahren“ präsentiert werden. Anhand von Praxisbeispielen aus der Metall- und Kunststoffbeschichtung werden dabei die Umstellungspotenziale und Optimierungsmöglichkeiten hinsichtlich umweltfreundlicher Lackierprozesse sowie die auftretenden Schwierigkeiten aufgezeigt. In diesem Zusammenhang wird die Vorgehensweise in der Praxis, beginnend von der Bestandsaufnahme mit Hilfe von Checklisten bis zur Sanierung, anhand von Fallbeispielen demonstriert werden.

Zum Schluss wird Herr Schmid von der Fa. Eisenmann auf die „umweltoptimierte Kunststofflackierung“ eingehen. Es werden dabei spezielle Maßnahmen zur Emissionsminderung bei der Lackierung von Kunststoffteilen sowie anhand von Praxisbeispielen ein Überblick über die moderne Lackierkabinentechnik mit optimierter Lüftung unter dem Aspekt der Minderung von Energieverbrauch und Abfällen präsentiert.

Im Übrigen möchte ich noch erwähnen, dass derzeit das BREF „Oberflächenbehandlungsanlagen unter Verwendung organischer Lösemitteln“ im Rahmen des EU-Informationsaustausches nach Art. 16 (2) der EU-IVU-Richtlinie von dem IPPC-Büro in Sevilla erarbeitet wird.

Die aktuelle Fassung kann unter folgender Internet-Adresse heruntergeladen werden:

<http://eippcb.jrc.es/pages/FActivities.htm>.

Den deutschen Beitrag finden Sie unter folgender Adresse:

<http://www.bvt.umweltbundesamt.de/surface.htm>.

Ich bedanke mich sehr bei allen Referenten für ihre Bereitschaft an der heutigen Veranstaltung mitzuwirken. Damit wir auch alle Programmpunkte ausreichend behandeln können, möchte ich die Vortragenden bitten, sich an die vorgesehenen Zeiten zu halten. Wir wollen uns bemühen, alle ausreichend zu Wort kommen zu lassen.

Damit wünsche ich Ihnen allen einen interessanten und ergiebigen Tag, bedanke mich für Ihr Kommen und möchte alle Teilnehmer ermuntern, sich an den Diskussionen und am Erfahrungsaustausch lebhaft zu beteiligen. Die Referenten werden Ihnen nach Möglichkeit auch in den Pausen für Fragen zur Verfügung stehen.

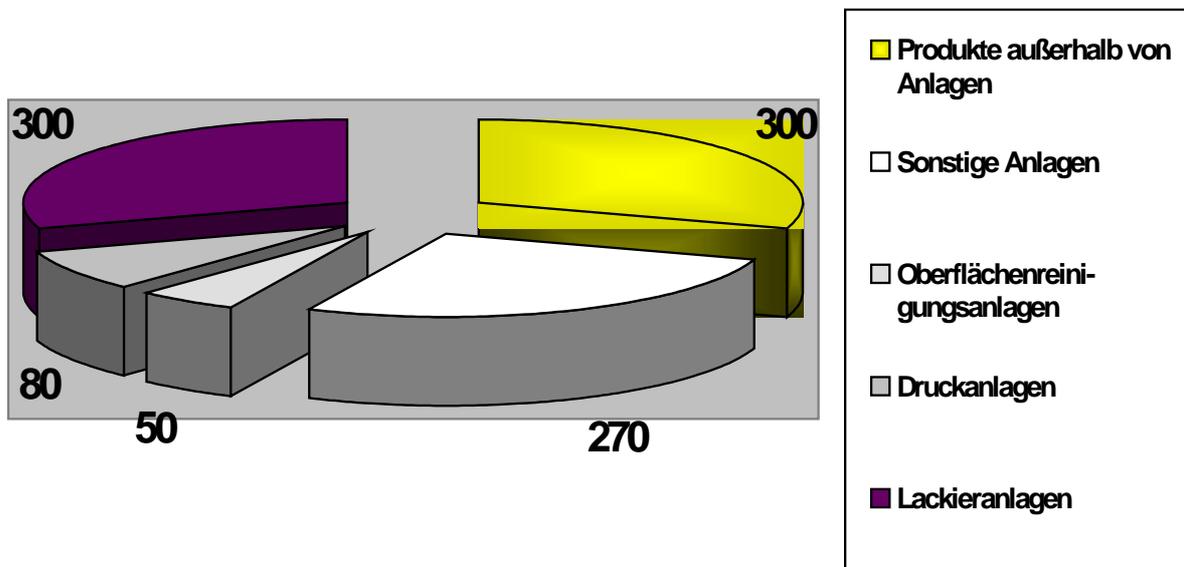
Grundlagen der 31. BImSchV bei der „Sonstigen Metall- und Kunststoffbeschichtung“

Dr. Richard Schlachta, LfU

1 Hintergründe

Organische Lösemittel werden bei zahlreichen technischen Verfahren und Tätigkeiten eingesetzt (z. B. beim Lackieren, Drucken) [1-17]. In Deutschland werden zurzeit nach Angaben des Umweltbundesamtes ca. 1.650 Kilotonnen flüchtige organische Verbindungen aus anthropogenen Quellen emittiert. Der Bereich der Lösemittelverwendung ist daran mit ca. 1.000 Kilotonnen, also mit ca. 60 % beteiligt [4].

Geschätzte Anteile der VOC-Emissionen aus der Lösemittelverwendung für das Jahr 1999 (Angaben in kt/a)



Aufgrund ihrer Flüchtigkeit gelangen diese Verbindungen leicht in die Atmosphäre (VOC = **V**olatile **O**rganic **C**ompounds). Diese Stoffe können einerseits direkt die Gesundheit des Menschen schädigen, andererseits sind sie zusammen mit den Stickstoffoxiden Vorläufersubstanzen für bodennahes Ozon, das bei hoher Sonneneinstrahlung gebildet wird – „Sommersmog“. Ozon wirkt sich sowohl schädigend auf Pflanzen als auch auf die menschliche Gesundheit aus. Aus den genannten Gründen wurde von der Europäischen Gemeinschaft die Richtlinie 1999/13/EG vom 11.03.1999 über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, die bei bestimmten Tätigkeiten und in bestimmten Anlagen bei der Verwendung von organischen Lösemitteln entstehen (EU-VOC-RL), erlassen.

Die VOC-RL ist am 11.03.1999 in Kraft getreten und hätte bis zum 01.04.2001 in nationales Recht umgesetzt sein müssen. Bei der nationalen Umsetzung sollte das Ende 1999 in Göteborg angenommene Multischadstoffprotokoll zur Bekämpfung der Versauerung, der Eutrophierung und des bodennahen Ozons im Rahmen der Konvention über den weiträumigen Transport von Luftschad-

stoffen der UN/ECE (Convention on Long Range Transport of Air Pollutants – CLTRAP, 1999) berücksichtigt werden, das u. a. eine Minderung der VOC-Emissionen um 69 % bis 2010 gegenüber dem Stand 1990 vorsieht. Aus diesem Grund wurde bei der Umsetzung in deutsches Recht eine Absenkung der Erfassungsschwellenwerte für besonders emissionsrelevante Tätigkeiten mit zahlreichen Betrieben (z. B. Autoreparaturlackierung) vorgenommen.

Mit Sitzung vom 15.08.2001 wurde im Bundeskabinett die EU-VOC-Richtlinie als 31. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) in deutsches Recht umgesetzt: 31. BImSchV – Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen – VOC-Verordnung vom 21. August 2001 (BGBl. I Nr. 44 vom 24.08.2001 S. 2180).

Die Verordnung ist über die Internetadresse www.bundesanzeiger.de/bgbl1f/findex01.htm zugänglich.

2 Anwendungsbereich und Anforderungen

2.1 Aufbau der VOC-Verordnung

Die VOC-Verordnung ist wie folgt gegliedert:

- Erster Teil: Anwendungsbereich, Begriffsbestimmungen
 - § 1 Anwendungsbereich
 - § 2 Begriffsbestimmungen
- Zweiter Teil: Begrenzung der Emissionen
 - § 3 Allgemeine Anforderungen
 - § 4 Spezielle Anforderungen
- Dritter Teil: Messung und Überwachung
 - § 5 Nicht genehmigungsbedürftige Anlagen
 - § 6 Genehmigungsbedürftige Anlagen
- Vierter Teil: Gemeinsame Vorschriften
 - § 7 Ableitbedingungen für Abgase
 - § 8 Berichterstattung an die Europäische Kommission
 - § 9 Unterrichtung der Öffentlichkeit
 - § 10 Andere oder weitergehende Anforderungen
 - § 11 Zulassung von Ausnahmen
 - § 12 Ordnungswidrigkeiten
- Fünfter Teil: Schlussvorschriften
 - § 13 Übergangsregelung
- Anhang I: Liste der Anlagen
- Anhang II: Liste der Tätigkeiten
- Anhang III: Spezielle Anforderungen
- Anhang IV: Reduzierungsplan
- Anhang V: Lösemittelbilanz
- Anhang VI: Anforderungen an die Durchführung der Überwachung

2.2 Erfassung der Tätigkeit der „Sonstigen Metall- und Kunststoffbeschichtung“ von der 31. BImSchV

Ziel der EU-Richtlinie bzw. der Verordnung ist es, die Emissionen an flüchtigen organischen Stoffen (VOC; § 2 Nr. 11 = organische Verbindungen mit einem Dampfdruck von $\geq 0,01$ kPa bei 293,15 K oder bei den jeweiligen Verwendungsbedingungen!), insbesondere Lösemittel, durch Ersatz mit emissionsärmeren Stoffen oder durch Abgasreinigungsmaßnahmen zu vermeiden bzw. zu reduzieren. Für im Anhang I der Verordnung genannten Anlagen in Verbindung mit den aufgeführten Tätigkeiten nach Anhang II sind hierzu Emissionsgrenzwerte aufgeführt (Anhang III), sofern ein bestimmter Schwellenwert für den Lösemittelverbrauch überschritten wird (siehe Anlage 2 dieses Artikels).

Unter dem Lösemittelverbrauch (§ 2 Nr. 19) ist „die Gesamtmenge an organischen Lösemitteln, die in einer Anlage je Kalenderjahr oder innerhalb eines beliebigen Zwölfmonatszeitraums eingesetzt wird, abzüglich aller flüchtiger organischer Verbindungen, die zur Wiederverwertung zurückgewonnen werden“ zu verstehen. Der Begriff Lösemittel umfasst nicht nur „reine Lösemittel“ (d. h. organische Verbindungen, in denen andere Stoffe sich auflösen), sondern auch Reinigungsmittel, Dispersionsmittel, Konservierungsmittel, Weichmacher oder Mittel zur Einstellung der Viskosität oder der Oberflächenspannung.

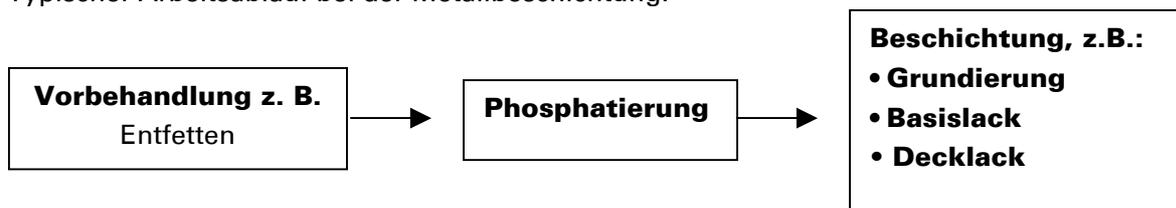
Im Anhang II wird die Tätigkeit der „Sonstigen Metall- und Kunststoffbeschichtung“ unter Nr. 8 definiert:

Nr.	Bezeichnung der Anlage	Tätigkeitsbeschreibung: Beschichten von sonstigen Metall- oder Kunststoffoberflächen	Schwellenwert für den LMV (t/a)
8	Beschichten von sonstigen Metall- oder Kunststoffoberflächen	Jede Tätigkeit, bei der Metall- oder Kunststoffoberflächen, auch von sperrigen Gütern wie Schiffe oder Flugzeuge, beschichtet werden, einschließlich der Aufbringung von Trennmitteln oder von Gummierungen.	5

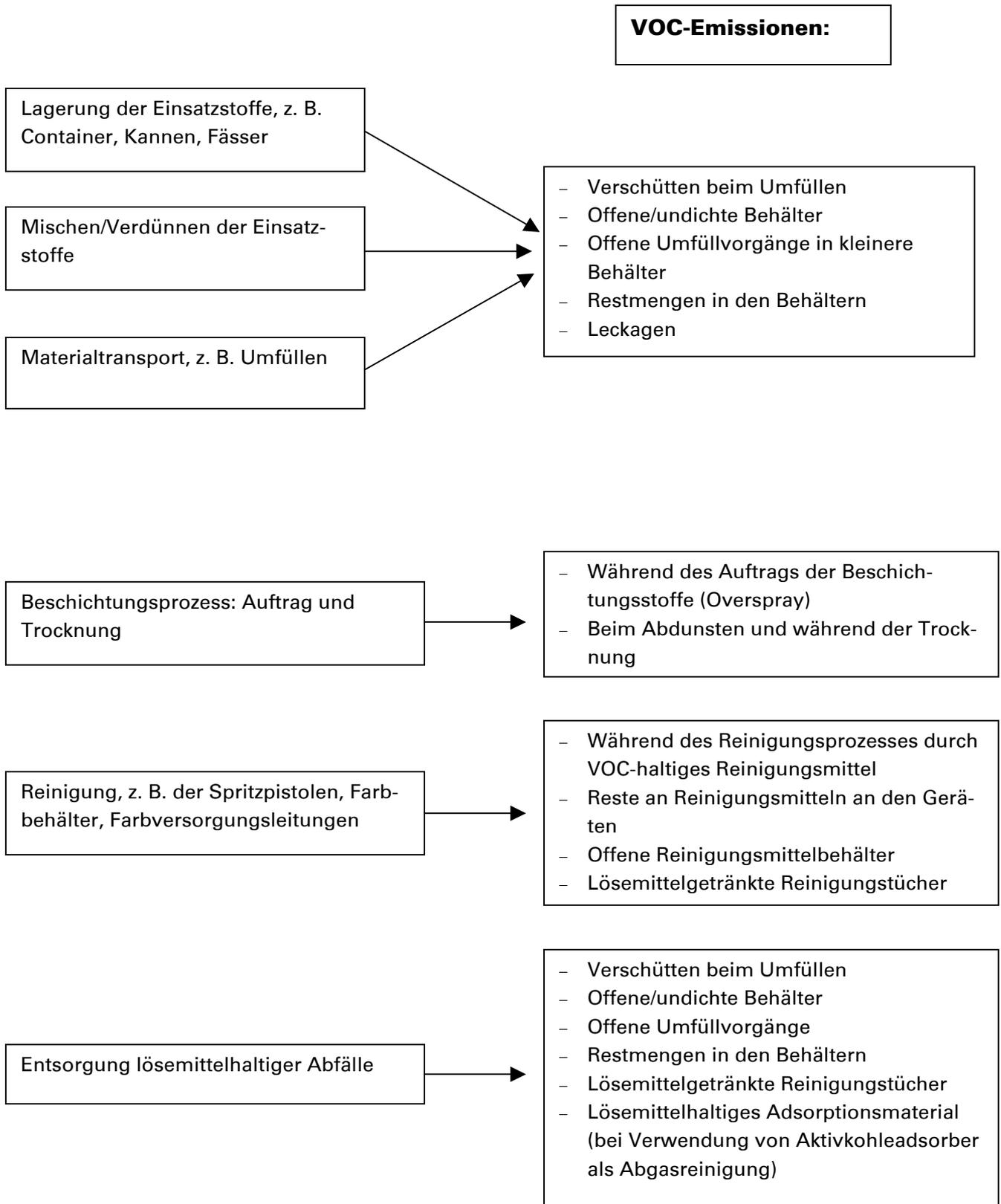
Hinweise:

- Gemäß Anhang II Nr. 0.1 zählt der Lösemittelverbrauch bei der Reinigung der eingesetzten Geräte und Apparate sowie bei der Instandhaltung zur jeweiligen im Anhang II genannten Tätigkeit; d. h. die Reinigung der Geräte bei der sonstigen Metall- oder Kunststoffbeschichtung zählt zum Lösemittelverbrauch der Tätigkeit sonstige Metall- oder Kunststoffbeschichtung.
- Der Auftrag von lösemittelhaltigen Trennmitteln bei der Herstellung von Kunststoffformteilen wird ebenfalls von der Nr. 8 des Anhangs II erfasst!

Typischer Arbeitsablauf bei der Metallbeschichtung:

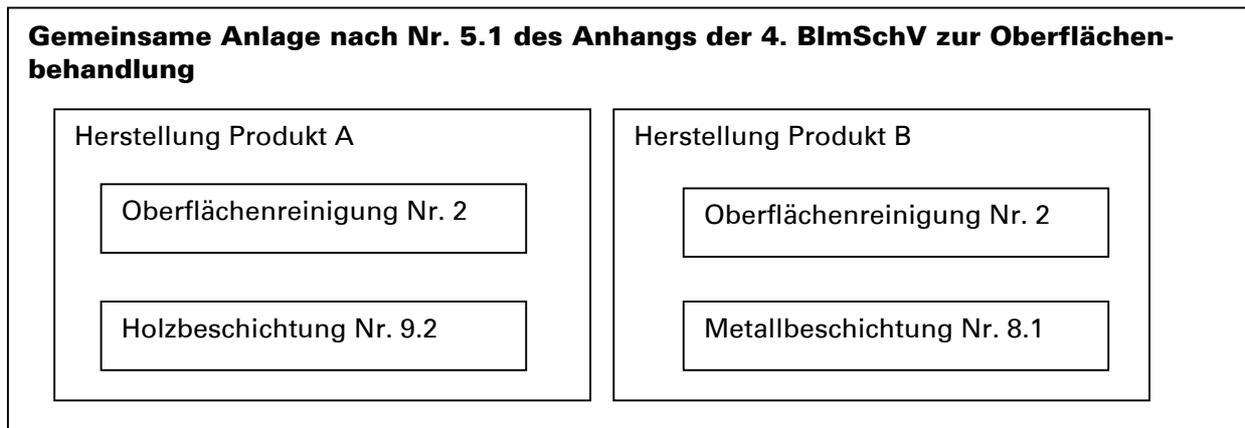


An folgenden Stellen können bei der Metallbeschichtung Emissionen an VOC auftreten:



2.3 Zusammenhang der immissionsschutzrechtlichen Genehmigungsbedürftigkeit von Metall- und Kunststoffoberflächenbeschichtungsanlagen und Anwendung der 31. BImSchV

Nach Nr. 5.1 des Anhangs der 4. BImSchV sind Oberflächenbehandlungsanlagen unter Verwendung organischer Lösemittel genehmigungsbedürftig bei einem Verbrauch von organischen Lösemitteln von ≥ 25 kg/h oder ≥ 15 t/a. Oberflächenanlagen sind hierbei Anlagen zum Behandeln von Oberflächen, insbesondere zum Appretieren, Beschichten, Entfetten, Imprägnieren, Kaschieren, Kleben, Lackieren, Reinigen oder Tränken. In einer Oberflächenbehandlungsanlage können daher mehrere Tätigkeiten nach dem Anhang II der 31. BImSchV durchgeführt werden, z. B.:



Im o. g. Beispiel wären in der immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlage zur Oberflächenbehandlung folgende Tätigkeiten der 31. BImSchV vorhanden:

- Oberflächenreinigung nach Nr. 2 des Anhangs I
- Holzbeschichtung nach Nr. 9.2 des Anhangs I
- Metallbeschichtung nach Nr. 8.1 des Anhangs I

Anlagen zur Metall- oder Kunststoffbeschichtung nach Nr. 8.1 des Anhangs I der 31. BImSchV mit einem Lösemittelverbrauch von > 15 t/a sind immer gleichzeitig auch immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftig!

2.4 Anforderungen der VOC-Richtlinie (Übersicht siehe Anlage 1) an die Metall- und Kunststoffbeschichtung

2.4.1 Spezielle Anforderungen für Anlagen zur sonstigen Metall- und Kunststoffbeschichtung:

Für Anlagen der Nr. 8.1 zur sonstigen Metall- und Kunststoffbeschichtung werden in der Nr. 8.1 des Anhangs III der Verordnung folgende Anforderungen genannt:

Nr. des Anhangs I	Lösemittelverbrauchs-schwelle [t/a]	Gefasste Abgase [mg/m ³]	Diffuse Emissionen [%]
8.1	> 5 – 15	100 ¹	15 ^{3,4} , 25 ³
	> 15	50 ¹ 20 ²	10 ^{3,4} 20 ³

- 1) Für Beschichten und Trocknen
- 2) Bei Anwendung von Abgasreinigungseinrichtungen mit thermischer Nachverbrennung
- 3) Flüchtige organische Verbindungen, die in gefassten unbehandelten Abgasen enthalten sind, zählen zu den diffusen Emissionen
- 4) Bei automatisierter Beschichtung bahnenförmiger Materialien

In Nr. 8.1.3 sind besondere Anforderungen genannt:

Bei der Beschichtung von Flugzeugen, Schiffen oder anderen sperrigen Gütern, bei denen die Anforderungen nach den Nummern 8.1.1 und 8.1.2 nicht eingehalten werden können, ist ein Reduzierungsplan nach Anhang IV anzuwenden, es sei denn, die Anwendung eines Reduzierungsplans ist nicht verhältnismäßig. In diesem Fall ist der zuständigen Behörde vor Inbetriebnahme der Anlage, bei Altanlagen bis spät. 31.10.2005, nachzuweisen, dass die Anwendung eines Reduzierungsplans nicht verhältnismäßig ist und dass stattdessen die Emissionen nach dem Stand der Technik vermindert werden. Der angewandte Stand der Technik ist alle drei Jahre zu überprüfen und gegebenenfalls anzupassen. Das Ergebnis der Überprüfung ist zu dokumentieren, am Betriebsort bis zur nächsten Überprüfung aufzubewahren und der zuständigen Behörde auf Verlangen vorzulegen.

Die o. g. maximal zulässigen diffusen Emissionen berechnen sich anhand des o. g. Prozentsatzes aus dem jährlichen Lösemiteleinsatz (I1 + I2). Nachdem bei diesen Anlagen die gefassten unbehandelten Abgase zu den diffusen Emissionen zählen, ist zur Einhaltung der Anforderungen des Anhangs III für die Anlagen der Nr. 8.1 eine Abgasreinigung erforderlich.

Alternativ zur Einhaltung der Emissionsbegrenzungen nach Anhang III kann ein sog. Reduzierungsplan verwendet werden (§ 4 Satz 2 der Verordnung in Verbindung mit Anhang IV), mit dem sich der Betreiber verpflichtet, eine Emissionsminderung in mindestens gleicher Höhe zu erreichen (siehe Kapitel 2.5). Dadurch sollen Primärmaßnahmen, wie z. B. Einsatz lösemittelarmer Lacke, Farben, verstärkt gefördert werden.

2.4.2 Allgemeine Anforderungen an VOC-Anlagen:

Darüber hinaus sieht die Verordnung in den allgemeinen Anforderungen (§ 3) einen besonderen Schutz vor gesundheitsschädigenden Lösemitteln vor. So sind krebserzeugende, erbgutverändernde oder fortpflanzungsgefährdende Stoffe „in kürzest möglicher Frist soweit wie möglich“ zu substituieren (gilt auch für Altanlagen!); als Emissionsbegrenzung ist ein Massenstrom von 2,5 g/h (zum Vergleich EU-VOC-RL: 10 g/h) bzw. im gefassten Abgas von 1 mg/m³ (EU-VOC-RL: 2 mg/m³)

bei einem Massenstrom > 10 g/h) geplant. Stoffe, denen der R-Satz R 40 zugeordnet ist und Stoffe, die in Nr. 3.1.7 Kl. I der TA Luft 1986 einzustufen sind, dürfen einen Massenstrom von 100 g/h oder in gefassten Abgasen eine Massenkonzentration von 20 mg/m³ nicht überschreiten (EU-VOC-RL: Anforderung nur für halogenierte VOC's mit R-Satz R 40).

Des Weiteren hat der Betreiber einer Anlage alle geeigneten Maßnahmen zu treffen, um die Emissionen während des An- und Abfahrens so gering wie möglich zu halten. Außerdem sind beim Umfüllen von organischen Lösemitteln mit einem Siedepunkt bei 1013 mbar bis zu 150 °C besondere technische Maßnahmen zur Emissionsminderung zu treffen, wenn 100 Tonnen oder mehr jährlich umgefüllt werden.

Bei immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlagen finden für die Messung und Überwachung die Anforderungen der TA Luft Anwendung (§ 6 der Verordnung). Bei nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen sind die Messungen und Überwachung im § 5 der Verordnung geregelt. Emissionsmessungen sind demnach nur für Anlagen mit einer Abgasreinigung erforderlich. Nachdem Anlagen der Nr.8.1 mit einem Lösemittelverbrauch von > 5 - 15 t/a im Allgemeinen nicht genehmigungsbedürftig sind und im Regelfall auf der Basis des Einsatzes emissionsarmer Beschichtungsstoffe ein Reduzierungsplan durchführen und somit keine Abgasreinigung besitzen, sind

Emissionsmessungen für diese Anlagen mit einem Lösemittelverbrauch < 15 t/a nicht relevant.

In § 7 der Verordnung sind die Anforderungen an die Ableitbedingungen der Abgase aufgeführt:

- genehmigungsbedürftige Anlagen: Ableitung nach TA Luft
- nicht genehmigungsbedürftige Anlagen: Abtransport in die freie Luftströmung muss gewährleistet sein. Aus fachtechnischer Sicht des LfU sind hierzu die Anforderungen der VDI-Richtlinie 2280 E heranzuziehen.

Übergangsregelungen zur Einhaltung der Anforderungen der VOC-Verordnung sind im § 13 genannt. Altanlagen (siehe § 2 Begriffsbestimmungen Nr. 3.) haben im Regelfall spätestens bis zum 31.10.2007 die Anforderungen zu erfüllen; ausgenommen davon: Substitution krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe nach § 3 Abs. 2 Satz 1 in kürzest möglicher Frist. Bei Altanlagen, bei denen eine wesentliche Änderung vorgenommen wird oder die infolge einer wesentlichen Änderung erstmals unter die Verordnung fallen, sind die Anforderungen der VOC-Verordnung ab dem Zeitpunkt der Inbetriebnahme der wesentlich geänderten Anlage einzuhalten. In Anlage 3 sind die wichtigsten Fristen zusammengefasst.

2.5 Anhang IV Reduzierungsplan (siehe auch LfU-Leitfaden zur Erstellung von Reduzierungsplänen unter <http://www.bayern.de/lfu/luft/index.html>)

Der Betreiber hat die freie Wahl, ob er die Anforderungen des § 4 der VOC-Verordnung durch eine „end of pipe“-Technologie (Abgasreinigung) oder durch Anwendung eines Reduzierungsplans einhalten will (§ 4 Satz 2).

Nachdem im Bereich der Metall- und Kunststoffbeschichtung der Einsatz emissionsarmer Beschichtungsstoffe häufig möglich ist, kann auf die Verwendung einer Abgasreinigung verzichtet werden und die Anwendung eines Reduzierungsplans ist eine geeignete alternative Möglichkeit,

die speziellen Anforderungen des § 4 der 31. BImSchV einzuhalten. Grundsätzlich gilt nach § 4 Satz 2 bei Anwendung des Reduzierungsplans, dass eine Emissionsminderung in mindestens gleicher Höhe zu erreichen ist, wie bei Einhaltung der im Anhang III genannten Emissionsbegrenzungen. Es existieren drei Arten von Reduzierungsplänen:

- a) Anlagenspezifischer Reduzierungsplan nach Abschnitt A des Anhangs IV
- b) Reduzierungsplan für Beschichtungsanlagen nach Abschnitt B des Anhangs IV
- c) Vereinfachter Nachweis nach Abschnitt C des Anhangs IV

Die Anwendung eines Reduzierungsplans ist die bevorzugte Methode zur Vermeidung und Minimierung der VOC-Emissionen („Primärmaßnahmen“), z. B. durch

- Einsatz von Wasserlacken (niedriger VOC-Gehalt)
- Pulverbeschichtung
- High Solid Lacke (Lacke mit hohem Festkörpergehalt)
- Strahlungshärtende VOC-arme Lacke (z. B. Härtung mit UV-Strahlen)

Hinweis:

Auch bei Anwendung eines Reduzierungsplans nach § 4 Satz 2 sind die weiteren Anforderungen der 31. BImSchV zu beachten; dies gilt insbesondere für § 3 Allgemeine Anforderungen (z. B. Substitutionsgebot der CMR-Stoffe) und § 7 Ableitbedingungen.

2.5.1 Anlagenspezifischer Reduzierungsplan

Der Reduzierungsplan kann individuell für die jeweilige Anlage erstellt werden (Typ A). Bei Anwendung des anlagenspezifischen Reduzierungsplans müssen die Betreiber die Gleichwertigkeit zur Einhaltung der Emissionsgrenzwerte nach Anhang III nachweisen. Soll bei den sonstigen Metall- und Kunststoffbeschichtungsanlagen ein Reduzierungsplan eingesetzt werden, so ist grundsätzlich der unter Abschnitt B Nr. 2 des Anhangs IV genannte Reduzierungsplan als konkretere Vorschrift gegenüber einem Reduzierungsplan nach Abschnitt A vorzuziehen.

Eine Möglichkeit der Anwendung eines anlagenspezifischen Reduzierungsplans bei der sonstigen Metall- und Kunststoffbeschichtung könnte z. B. eine Kompensationslösung zwischen den „Emissionsarten“ Nr. 8.2.1 „gefasstes behandeltes Abgas“ und Nr. 8.2.2 „diffuse Emissionen“ des Anhangs III der 31. BImSchV sein. Dies könnte z. B. dann angewendet werden, wenn aufgrund der eingesetzten Abgasreinigungstechnik der Emissionsgrenzwert von 50 mg C/m³ zwar überschritten würde, im Gegenzug dafür der Emissionsgrenzwert für diffuse Emissionen von 20 % des eingesetzten Lösemittels entsprechend unterschritten würde. In diesem Fall könnten die „Mehremissionen“ des gefassten behandelten Abgases mit den „Minderemissionen“ der diffusen Emissionen kompensiert werden. Die maximal zulässige Gesamtemission aus der Summe der maximal zulässigen Emissionsfracht des behandelten Abgases sowie der diffusen Emissionen muss jedoch eingehalten werden.

Hinweis:

Bei Überschreitung der zulässigen Emissionsmassenkonzentration im gefassten behandelten Abgas ist zu prüfen, ob schädliche Umwelteinwirkungen ausgeschlossen werden können.

2.5.2 Reduzierungsplan nach Anhang IV, Abschnitt B der 31. BImSchV:

Für das Aufbringen von Beschichtungsstoffen, Klarlacken, Klebstoffen oder Druckfarben ist unter B des Anhangs IV ein Reduzierungsplan dargestellt, bei dessen Anwendung ein Gleichwertigkeitsnachweis (Einhaltung der im Anhang III genannten Emissionsbegrenzungen) nicht mehr erforderlich ist.

Die Anwendung eines Reduzierungsplans nach Anhang IV Abschnitt B setzt gemäß Nr. 1 grundsätzlich die Einhaltung der Zielemission durch Verringerung des durchschnittlichen Gehaltes an flüchtigen organischen Verbindungen der Einsatzstoffe und Reinigungsmittel bzw. die Erhöhung des Feststoffnutzungsgrades voraus (Ziel: Emissionsminderung durch Primärmaßnahmen).

Vorgehensweise:

- Bestimmung der Gesamtmasse der Feststoffe in der jährlich verbrauchten Menge an Beschichtungsstoff und/oder Druckfarbe, Lack, Farbe, Klebstoff
- Berechnung der jährlichen Bezugsemission = Feststoffgesamtmasse * Multiplikationsfaktor (aus Spalte 3 der Tabelle unter B 2.)
- Berechnung der Zielemission = Bezugsemission * Prozentsatz (abhängig von Anlagenart, aus Spalte 4 der Tabelle unter B 2.)
- Der Reduzierungsplan ist eingehalten, wenn die tatsächliche Gesamtemission nach Lösemittelbilanz des Anhangs V \leq Zielemission

Als Feststoffe gelten alle Stoffe in Beschichtungsstoffen, Druckfarben, Klarlacken, Lacken und Klebstoffen, die sich verfestigen, sobald das Wasser oder die flüchtigen organischen Verbindungen verdunstet sind (wie z. B. Bindemittel, Pigmente, Füllstoffe in Lacken, Farben, Klebstoffen).

	Lösemittelverbrauch [t/a]	Multiplikationsfaktor zur Ermittlung der jährlichen Bezugsemissionen	Prozentsatz zur Ermittlung der Zielemissionen
Sonstige Beschichtung	> 5 – 15	1,5	(25 + 15)%
	> 15	1,5	(20 + 5)%
Beschichtung bahnenförmiger Materialien	> 5 – 15	1,5	(15 + 15)%
	> 15	1,5	(10 + 5)%

Grundsätzlich liegt die Entscheidung über die Wahl des Emissionsfaktors im Ermessen der Genehmigungsbehörde („Kann“-Bestimmung). Dies leitet sich aus Anhang IV Abschnitt B Nr. 2 Satz 5 ab, wonach die „zuständige Behörde eine Anpassung der genannten Multiplikationsfaktoren bei einzelnen Anlagen vornehmen kann, um bei der Anwendung von Applikationsverfahren nach dem Stand der Technik dem nachgewiesenen erhöhten Feststoffnutzungsgrad Rechnung zu tragen.“ Die Anwendung eines Multiplikationsfaktors von 4 mit dem Zugeständnis von höheren Bezugsemissionen und somit höheren Zielemissionen soll ein umweltpolitischer Anreiz sein, Auftragsverfahren (z. B. Sprühverfahren) mit einem hohen Lackverlust durch Verfahren mit geringeren Lackverlusten (z. B. Auftrag mittels Walzen) zu ersetzen. Bei der Umstellung auf Auftragsverfahren mit hohem Wirkungsgrad entstehen weniger Auftragsverluste und folglich wird weniger Beschichtungsstoff inklusive Festkörperanteil verbraucht. Um die Betreiber zu belohnen, die ihr Verfahren auf einen hohen Auftragungswirkungsgrad umstellen und damit ihren Lackverbrauch und Emissionen verringern, kann die Behörde sich für einen höheren Emissionsfaktor entscheiden („Bonus“).

Beispiel: Beschichtung von Metallteilen (Quelle: Umweltbundesamt)

- 2-Schicht-Verfahren: Grundierung + Decklack
- Keine Abgasreinigung
- Vereinfachende Annahme: Die in den Lacken enthaltenen Lösemittel werden vollständig emittiert: → I1 = O4
- Aufgrund des Lösemittelverbrauchs unterliegt die Anlage der 31. BImSchV (Anhang I Nr. 8.1)

Material	Verbrauch 2001 [kg]	VOC-Anteil 2001		Feststoffgehalt	
		[%]	[kg]	[%]	[kg]
Manuelle Werkzeugreinigung	5.053	100	5.053	0	0
1K Grundierung	6.027	63	3.797	25	1.952
Decklack	16.827	53,3	8.969	46,7	7.858
Verschiedene Lösemittel	2.247	100	2.247	0	0
Summe			20.066		9.811

Reduzierungsplan nach Anhang IV B

Bezugsemission: 9.811 kg Feststoff/Jahr * 1,5 (Multiplikationsfaktor) = 14.717 kg/a

Zielemission = Bezugsemission * Prozentsatz = 14.717 kg/a * (20 + 5)% = 3.679 kg/a

Prozentsatz (20 + 5)%: gemäß Tabelle in Anhang IV B für Anlagen der Nr. 8.1 mit einem Lösemittelverbrauch > 15 t/a

Folgende Emissionen sind einzuhalten:

- ab 01.11.2005: Zielemission * 1,5 = 5.519 kg/a

- ab 01.11.2007: Zielemission = 3.679 kg/a

Ergebnis:

Der Betreiber muss zur Einhaltung der Zielemissionen emissionsmindernde Maßnahmen treffen!

Zum Vergleich: Derzeitige VOC-Emissionen: 20.066 kg/a

Mögliche Reduzierungsmaßnahmen:

- Errichtung einer geschlossenen Werkzeugreinigung
- Erhöhung des Feststoffanteils im Decklack

Verbrauchsdaten nach der Reduzierung

Material	Verbrauch 2003 [kg]	VOC-Anteil 2003		Feststoffgehalt	
		[%]	[kg]	[%]	[kg]
Geschlossene Werkzeugreinigung	1.019	(100)	(1.019)	0	0
1K Grundierung	3.896	42	1.636	58	2.260
Decklack	13.660	45,2	6.174	54,8	7.486
Verschiedene Lösemittel	1.825	100	1.825	0	0
Summe			9.635		9.746

Reduzierungsplan nach Anhang IV B:

Bezugsemission: 9.746 kg Feststoff/Jahr * 1,5 (Multiplikationsfaktor) = 14.619 kg/a

Zielemission = Bezugsemission * Prozentsatz = 14.619 kg/a * (25 + 15)% = 5.848 kg/a

Prozentsatz (25 + 15)%: Emissionsgrenzwert für Anlagen Nr. 8.1 mit einem Lösemittelverbrauch zwischen 5 und 15 t/a

Folgende Emissionen sind einzuhalten (bestehende Anlage):

- ab 01.11.2005: Zielemission * 1,5 = 8.771,4 kg/a
- ab 01.11.2007: Zielemission = 5.848 kg/a

Ergebnis:

Der Betreiber muss zur Einhaltung der Zielemissionen noch weitere emissionsmindernde Maßnahmen treffen, z. B. vollständige Umstellung auf High-Solid- oder Wasserlacke!

Zum Vergleich: Aktuelle VOC-Emission: 9.635 kg/a.

Zeitpunkte für die Einhaltung der maximal zulässigen Gesamtemissionen		Maximal zul. Gesamtemission/Jahr
Neue Anlagen	Altanlagen	
ab 25.08.2001	ab 01.11.2005	Zielemission * 1,5
ab 01.11.2004	ab 01.11.2007	Zielemission

Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips bei Anwendung eines Reduzierungsplans bei genehmigungsbedürftigen Anlagen.

Gemäß § 4 Satz 3 muss bei der Anwendung eines Reduzierungsplans bei immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlagen der Stand der Technik nach § 5 Abs. 1 Nr. 2 des BImSchG berücksichtigt werden. Nachdem der Reduzierungsplan im Allgemeinen nur die Emissionsfracht/Jahr in der Summe regelt und nicht mehr nach diffusen und gefassten Emissionen unterscheidet, muss sichergestellt werden, dass an den gefassten Emissionsquellen einer Anlage trotz Einhaltung des Reduzierungsplans der Vorsorgebereich nicht verlassen wird (insbesondere auch zur Vermeidung von erheblichen Geruchsbelästigungen durch flüchtige organische Stoffe). Dies bedeutet, dass auch bei Anwendung eines Reduzierungsplans für die gefassten Emissionsquellen einer immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlage Emissionsbegrenzungen für organische Stoffe (Emissionsmassenkonzentrationen bzw. Emissionsmassenströme) festzulegen sind. Hierfür kann die TA Luft als Erkenntnisquelle dienen.

2.5.3 Vereinfachter Nachweis:

Unter C des Anhangs IV sind für verschiedene Anlagen, darunter für nicht genehmigungsbedürftige Anlagen zur Metall- und Kunststoffbeschichtung, der „vereinfachte“ Nachweis zur Einhaltung des Reduzierungsplanes nach Anhang B aufgenommen worden:

Anlagennr. nach Anhang I	Vereinfachter Nachweis zur Einhaltung der Anforderungen
8.1 Sonstige Metall- und Kunststoffbeschichtung	Beschichtungsstoffe mit einem VOC-Wert ≤ 250 g/l sowie Reinigungsmittel mit < 20 Gew.% an VOC

Die angegebenen VOC-Werte dürfen nicht mit den Lösemittelgehalten (meist angegeben in Gewichts-%) verwechselt werden – die Berechnung der VOC-Werte hat nach Anhang VI Nr. 4 der 31. BImSchV zu erfolgen! Die VOC-Werte beziehen sich auf die anwendungsfertigen Beschichtungsstoffe und gelten grundsätzlich für jeden einzelnen eingesetzten Beschichtungsstoff, d. h. sie stellen keinen Summenparameter über die Einsatzstoffe dar.

Der Gehalt an flüchtigen organischen Verbindungen („VOC-Wert“) ist bei Beschichtungsstoffen für die Metall- und Kunststoffbeschichtung wie folgt definiert (siehe Anhang V Nr. 4.1):

VOC-Wert (g/l) = (Masse der flüchtigen Anteile – Masse Wasser)/(Volumen Beschichtungsstoffe – Volumen Wasser)

2.5.4 Vorteile bei Verwendung eines Reduzierungsplans:

- Bei Anwendung eines Reduzierungsplans nach Anhang IV B oder C (Ausnahme Anlagen der Nr. 10.1 des Anhangs I) ist im Allgemeinen keine Abgasreinigung erforderlich (Voraussetzung: Durchführung von Primärmaßnahmen):
→ Keine Investitions- und Betriebskosten durch Abgasreinigung
- Gemäß § 5 Abs. 4, Satz 4, sind Emissionsmessungen nicht erforderlich, da bei Anwendung eines Reduzierungsplans nach Anhang IV B oder C (Ausnahme Anlagen der Nr. 10.1 des Anhangs I) keine Abgasreinigung erforderlich ist! → Einsparung von Betriebskosten!
- Bei Verwendung eines vereinfachten Nachweises entfällt sogar die Lösemittelbilanzierung zum Nachweis der Einhaltung der Zielemissionen!

2.5.5 Mitteilung des Reduzierungsplans an die Behörde und Annahme durch die Behörde

Bei nichtgenehmigungsbedürftigen neuen Anlagen bzw. wesentlich geänderten Anlagen ist der Reduzierungsplan im Rahmen der Anzeige gemäß § 5 Abs. 2 Satz 1 und 3 rechtzeitig vor Inbetriebnahme der Anlage bzw. der geänderten Anlage der zuständigen Genehmigungsbehörde vorzulegen. Bei genehmigungsbedürftigen Anlagen ist der Reduzierungsplan als Bestandteil der Genehmigungsunterlagen aufzunehmen.

Bei Altanlagen der Nr. 8.1 des Anhangs I ist die Aufstellung eines Reduzierungsplans bis spät. 31.10.2004 der Behörde mitzuteilen (§ 5 Abs. 7 und § 6 Satz 3). Der Reduzierungsplan bedarf in allen Fällen der Annahme der zuständigen Genehmigungsbehörde und muss deshalb von dieser fachlich geprüft werden.

Der Trend bei der Metallbeschichtung geht immer mehr zu wasserbasierenden Beschichtungsstoffen und Reinigungsmitteln. Dies bietet dem Betreiber auch die Chance, dass mit zunehmendem Ersatz der lösemittelhaltigen Beschichtungsstoffe und Reinigungsmittel durch lösemittelarme Beschichtungsstoffe und Reinigungsmittel die VOC-Verbrauchsschwellen unterschritten werden können und die Anlage ggf. aus dem Anwendungsbereich der Verordnung herausfällt.

2.6 Anhang V Lösemittelbilanz

Nach § 5 Abs. 6 und § 6 Satz 3 (Überprüfung der Einhaltung der Emissionsbegrenzungen für diffuse Emissionen, für die Gesamtemissionen und des Reduzierungsplans) ist mindestens einmal im Kalenderjahr eine Lösemittelbilanz nach dem Verfahren im Anhang V durchzuführen. Die Lösemittelbilanz dient auch zur Bestimmung des Lösemittelverbrauches und damit zur Ermittlung, ob die Anlage der VOC-Verordnung unterliegt. Der Lösemittelbilanz kommt daher eine besondere Bedeutung zu. Im Übrigen ist zu erwarten, dass die Lösemittelbilanz als positive Begleitscheinung für den Betrieb zukünftig als Controlling- und Managementsystem zur Betriebskostenreduzierung verwendet wird. Die Betriebe erhalten durch die Lösemittelbilanz erstmalig einen Überblick über die von einem Lösemittelsatz betroffenen Betriebsbereiche und können somit Schwachstellen leichter erkennen.

Bei der Erstellung der Lösemittelbilanz können insbesondere Probleme bei der Datenbeschaffung auftreten, z. B.:

- Verfügbarkeit der Einkaufs- oder Verbrauchsmengen.
- Angaben zu den VOC-Gehalten sowie den Feststoffanteilen der Einsatzstoffe.
- Der Begriff Lösemittel der VOC-Verordnung umfasst nicht nur Lösemittel sondern auch andere flüchtige organische Hilfsstoffe (z. B. Weichmacher), die in der Bilanz zu berücksichtigen sind.
- Fehlende Daten über die Rückgewinnungsmenge bei innerbetrieblichen Lösemittelkreislaufverfahren.
- Unsicherheiten bezüglich des VOC-Gehaltes im Produkt, Abfall, Abwasser, in der Abluft (schwankende Abgasvolumenströme).

Übersicht der In/Outputströme (siehe auch Anlage 4)

Bezeichnung	Stoffstrom	Bemerkung
I 1	im Bilanzzeitraum eingesetzte Lösemittel	
I2	im Bilanzzeitraum im selben Prozess eingesetzte Lösemittel aus der betriebsinternen Aufbereitung	nur, wenn Aufbereitungsanlage vorhanden
O1.1	Emissionen im gefassten behandelten Abgas	nur, wenn Abgasreinigung vorhanden
O1.2	Emissionen im gefassten unbehandelten Abgas	bei der Metall/Plastikbeschichtung zählen die gefassten unbehandelten Abgase zu den diffusen Emissionen
O2	Lösemittel im Abwasser	bei Nassabscheidern; ggf. unter Berücksichtigung der Abwasseraufbereitung bei der Berechnung von O5
O3	Rückstand oder Verunreinigung im Produkt	
O4	diffuse Emissionen durch Fenster, Türen, Lüftungsschächte usw.	
O5	Lösemittel, die chemisch oder physikalisch zerstört werden (z. B. Verbrennung, Aufbereitung von Abgasen, Abwasser)	nur, wenn Abluft- oder Abwasserreinigung
O6	Lösemittel im Abfall	
O7	Lösemittel zum Verkauf (z. B. bei der Herstellung von Lacken, Farben oder Klebstoffen)	
O8	gelagerte Menge aus der Aufbereitung	entfällt, wenn keine betriebsinterne Aufbereitung
O9	Freisetzung auf sonstigem Weg	Ausnahmefälle

Zur Überprüfung der Einhaltung des Gesamtemissionsgrenzwertes oder der Zielemission des Reduzierungsplans (Anhang IV Abschnitt B) lassen sich die Emissionen durch Addition der ermittelten diffusen Emissionen F (siehe 2.2 des Anhangs V) mit den Emissionen in den gefassten Abgasen berechnen.

Bei Altanlagen der Nr. 8.1 hat die Lösemittelbilanzierung spätestens ab dem 01.11.2007 zu erfolgen; d. h. zulässiger spätester Bilanzierungstermin: 01.11.2007 - 31.10.2008.

Der Inputstrom I1 berechnet sich wie folgt:

- a) IA = Menge von organischen Lösemitteln in Farben, Verdünnern und Reinigungsmitteln im Anfangslagerbestand bei Beginn des Beurteilungszeitraums
- b) IZ = Zugekaufte Menge an organischen Lösemitteln in Farben, Verdünnern und Reinigungsmitteln während des Beurteilungszeitraums
- c) IE = Lagerbestand der Menge organischer Lösemitteln in Farben, Verdünnern und Reinigungsmitteln bei Ende des Beurteilungszeitraums

$$I1 = (IA + IZ) - IE$$

Der Lösemittelverbrauch LV zum Vergleich mit den in der Verordnung genannten Verbrauchsschwellen berechnet sich: $LV = I1 - O8$

Die diffusen Emissionen berechnen sich lt. Anhang V Nr. 2.2.1 b) für Anlagen der Metall- und Kunststoffbeschichtung nach: $F = I1 - O1.1 - O5 - O6 - O7 - O8$

Die Gesamtemission E ergibt sich aus (Nr. 2.1.2 b des Anhangs V): $E = F + O1.1$

Fristen zur Erstellung der jährlichen Lösemittelbilanz gemäß § 5 Abs. 6 und § 6 Satz 2:

	Termine für die Erstellung der Lösemittelbilanz	Funktion der Lösemittelbilanz
<u>GENEHMIGUNGSBEDÜRFTIGE ANLAGEN</u>		
Neuanlagen		
	Erstmalig vor Inbetriebnahme	Ermittlung des Lösemittelverbrauchs (Anhang V Nr. 2.1.1) sowie zur Prüfung der Plausibilität der Einhaltung der Anforderungen nach § 4 Satz 1 Nr. 1 Buchstabe b) oder c) oder der Einhaltung des Reduzierungsplans nach § 4 Satz 2 (Abschätzung)
	Jährlich ab Inbetriebnahme	Nachweis der Einhaltung der Anforderungen nach § 4 Satz 1 Nr. 1 Buchstabe b) oder c) oder der Einhaltung des Reduzierungsplans nach § 4 Satz 2 sowie der Ermittlung des Lösemittelverbrauchs
Wesentliche Änderung von Anlagen		
	Erstmalig vor Inbetriebnahme der wesentlich geänderten Anlage im Rahmen des Genehmigungsantrages	Ermittlung des Lösemittelverbrauchs (Anhang V Nr. 2.1.1) sowie zur Prüfung der Plausibilität der Einhaltung der Anforderungen nach § 4 Satz 1 Nr. 1 Buchstabe b) oder c) oder der Einhaltung des Reduzierungsplans nach § 4 Satz 2 (Abschätzung)
	Jährlich ab Inbetriebnahme der wesentlich geänderten Anlage	Nachweis der Einhaltung der Anforderungen nach § 4 Satz 1 Nr. 1 Buchstabe b) oder c) oder der Einhaltung des Reduzierungsplans nach § 4 Satz 2 sowie der Ermittlung des Lösemittelverbrauchs
Altanlagen		
Bei Entscheidung für die Einhaltung der anlagenspezifischen Emissionsgrenzwerte des Anhangs III	Erster Bilanzierungszeitraum spätestens vom 01.11.2007 – 31.10.2008 und danach jährlich	Ermittlung des Lösemittelverbrauchs sowie Nachweis der Einhaltung der Anforderungen nach § 4 Satz 1 Nr. 1 Buchstabe b) oder c)
Bei Entscheidung für einen Reduzierungsplan gemäß § 4 Satz 2	Spätestens bis zum 31.10.2004 im Rahmen der Mitteilung des Reduzierungsplanes an die Behörde Erster Bilanzierungszeitraum spätestens vom 01.11.2005 - 31.10.2006 und danach jährlich	Ermittlung des Lösemittelverbrauchs sowie bei Anwendung eines Reduzierungsplans auch in der Regel als Grundlage für die Aufstellung und Prüfung seiner Plausibilität Nachweis der Einhaltung des Reduzierungsplans nach § 4 Satz 2 sowie Ermittlung des Lösemittelverbrauchs

	Termine für die Erstellung der Lösemittelbilanz	Funktion der Lösemittelbilanz
<u>NICHT GENEHMIGUNGSBEDÜRFTIGE ANLAGEN</u>		
Neuanlagen		
	Erstmalig vor Inbetriebnahme im Rahmen der Anzeige nach § 5 Abs. 2 Satz 1	Ermittlung des Lösemittelverbrauchs (Anhang V Nr. 2.1.1) sowie bei Anwendung eines Reduzierungsplans auch in der Regel als Grundlage für die Aufstellung und Prüfung seiner Plausibilität
	Jährlich ab Inbetriebnahme	Nachweis der Einhaltung der Anforderungen nach § 4 Satz 1 Nr. 1 Buchstabe b) oder c) oder der Einhaltung des Reduzierungsplans nach § 4 Satz 2 sowie der Ermittlung des Lösemittelverbrauchs
Wesentliche Änderung von Anlagen		
Wesentliche Änderung einer in Betrieb befindlichen Anlage	Erstmalig <ul style="list-style-type: none"> • vor Inbetriebnahme der wesentlich geänderten Anlage im Rahmen der Anzeige nach § 5 Abs. 2 Satz 4 • im Rahmen der Anzeige nach § 5 Abs. 2 Satz 3 	Ermittlung des Lösemittelverbrauchs (Anhang V Nr. 2.1.1) sowie bei Anwendung eines Reduzierungsplans auch in der Regel als Grundlage für die Aufstellung und Prüfung seiner Plausibilität
	Jährlich <ul style="list-style-type: none"> • ab Inbetriebnahme der wesentlich geänderten Anlage 	Nachweis der Einhaltung der Anforderungen nach § 4 Satz 1 Nr. 1 Buchstabe b) oder c) oder der Einhaltung des Reduzierungsplans nach § 4 Satz 2 sowie der Ermittlung des Lösemittelverbrauchs
Altanlagen		
Im Rahmen der Anzeige nach § 5 Abs. 2 Satz 2 oder Satz 3	Erstmalig spätestens zum 25.08.2003 oder 6 Monate nach Überschreitung des Schwellenwertes	Ermittlung des Lösemittelverbrauchs (Anhang V Nr. 2.1.1)
Bei Entscheidung für die Einhaltung der anlagenspezifischen Emissionsgrenzwerte des Anhangs III	Erster Bilanzierungszeitraum spätestens vom 01.11.2007 – 31.10.2008 und danach jährlich	Nachweis der Einhaltung der Anforderungen nach § 4 Satz 1 Nr. 1 Buchstabe b) oder c) sowie Ermittlung des Lösemittelverbrauchs
Bei Entscheidung für einen Reduzierungsplan gemäß § 4 Satz 2	Spätestens bis zum 31.10.2004 im Rahmen der Mitteilung des Reduzierungsplanes an die Behörde gemäß § 5 Abs. 7 Satz 2	Ermittlung des Lösemittelverbrauchs sowie bei Anwendung eines Reduzierungsplans auch in der Regel als Grundlage für die Aufstellung und Prüfung seiner Plausibilität
	Erster Bilanzierungszeitraum spätestens vom 01.11.2005 – 31.10.2006 und danach jährlich	Nachweis der Einhaltung des Reduzierungsplans nach § 4 Satz 2 sowie Ermittlung des Lösemittelverbrauchs

3 Zweifelsfragen

Hinweis

Die nachstehenden Zweifelsfragen entstammen auszugsweise dem Auslegungsfragenkatalogs des Ad-hoc-Arbeitskreises zur 31. BImSchV und wurden vom Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI) in seiner 108. Sitzung vom 21. – 22.09.2004 als Orientierungshilfe zur Anwendung empfohlen (im Internet auch unter

http://www.berlin.ihk24.de/BIHK24/BIHK24/produktmarken/innovation/anlagen/download/voc-21-09-04/VOC_LAI.pdf oder www.wirtschaft-lahndill.de/umwelt zugänglich).

31. BImSchV

zu § 1 Abs. 1

Frage:

Was ist unter dem Anlagenbegriff der 31. BImSchV zu verstehen?

Antwort:

1. Ausgehend von der gesetzlichen Ermächtigungsgrundlage für die 31. BImSchV in den §§ 7 Abs. 1 bis 3 und 4, 23 Abs. 1, 48a Abs. 3 BImSchG ist bei der Bestimmung des Anwendungsbereichs und bei der Auslegung der 31. BImSchV der Anlagenbegriff des § 3 Abs. 5 BImSchG zugrunde zu legen. Die 31. BImSchV ist Teil des Rechts der genehmigungsbedürftigen und nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen und kein neues tätigkeitsbezogenes Rechtsgebiet. § 1 Abs. 2 und 3 der 4. BImSchV konkretisiert den Anlagenbegriff folglich auch für die 31. BImSchV.
2. Eine standortbezogene und/oder betriebsspezifische Betrachtung ist daher ausgeschlossen. Es darf nicht von der Tätigkeit auf die Anlage geschlossen werden.
3. Die Pflichten des Betreibers sind anlagenbezogen.

Sofern in einer Anlage eine bestimmte Tätigkeit nach Anhang II in mehreren Teilanlagen, Verfahrensschritten oder Nebeneinrichtungen ausgeführt wird, ist von der Summe der jeweiligen Teillösemittelverbräuche auszugehen (§ 1 Abs. 1 Satz 2). Der Anlagenbegriff des § 3 Abs. 5 BImSchG wird dadurch nicht verändert. Die Aussagen der 4. BImSchV zu Nebeneinrichtungen, Anlagenteilen und Verfahrensschritten in § 1 Abs. 2 sowie zur gemeinsamen Anlage in § 1 Abs. 3 sind als normative Erläuterungen des Anlagenbegriffs auch bei der Auslegung der 31. BImSchV heranzuziehen. Darüber hinaus müssen für die Anwendbarkeit der 31. BImSchV im Hinblick auf Teilanlagen, Verfahrensschritte oder Nebeneinrichtungen folgende Voraussetzungen erfüllt sein:

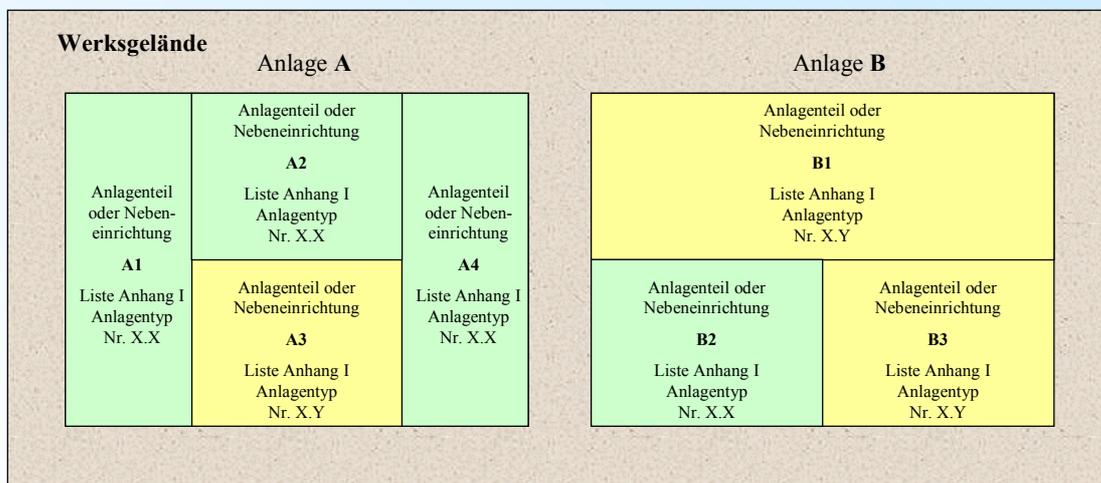
1. sie müssen sich auf demselben Betriebsgelände befinden,
2. sie müssen von demselben Betreiber betrieben werden,
3. in ihnen muss unter Verwendung organischer Lösemittel nach § 2 Nr. 25 die gleiche Tätigkeit nach Anhang II durchgeführt werden,
4. die Summe der Teillösemittelverbräuche muss den in Anhang I für den jeweiligen Anlagentyp festgelegten Schwellenwert überschreiten.

Hinweis:

Die Anlagenliste im Anhang der 4. BImSchV und Anhang I der 31. BImSchV sind nicht identisch. Im Anhang I der 31. BImSchV werden Anlagen in Bezug auf die in der EU-VOC-RL bzw. 31. BImSchV genannten Tätigkeiten definiert (siehe auch Übersicht der Tätigkeiten im Anhang II der 31. BImSchV). Die Aussage, dass bei genehmigungsbedürftigen Anlagen der Anlagenbegriff der 4. BImSchV maßgeblich ist, bezieht sich auf die Berücksichtigung des Lösemittelverbrauchs, wenn z. B. an einem Standort (Werk) die selbe Tätigkeit in mehreren genehmigungsbedürftigen Anlagen durchgeführt wird (Addition der Lösemittelverbräuche). Nachstehende Übersicht veranschaulicht den Sachverhalt (Quelle: Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz):



Ermittlung des Lösemittelverbrauchs für Anhang I der 31. BImSchV nach Anlagentyp und der zugeordneten Tätigkeit nach Anhang II



Der Lösemittelverbrauch zur Überprüfung des zutreffenden Schwellenwerts nach Anhang I der 31. BImSchV ist nach § 1 Abs. 1 Satz 2 für die Anlagen **A** und **B** getrennt wie folgt zu ermitteln:

- Anlage **A**: Liste Anhang I Anlagentyp Nr. X.X Anlagenteil oder Nebeneinrichtung **A1 + A2 + A4**
Liste Anhang I Anlagentyp Nr. X.Y Anlagenteil oder Nebeneinrichtung **A3**
- Anlage **B**: Liste Anhang I Anlagentyp Nr. X.X Anlagenteil oder Nebeneinrichtung **B2**
Liste Anhang I Anlagentyp Nr. X.Y Anlagenteil oder Nebeneinrichtung **B1 + B3**



Anlage **A** und **B** nach § 3 Abs. 5 BImSchG, können immissionsschutzrechtlich genehmigungs- oder nicht genehmigungsbedürftig sein.

Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen

Als Ergebnis ist festzuhalten: Innerhalb einer genehmigungsbedürftigen Anlage sind die Lösemittelverbräuche für die selbe Tätigkeit zu summieren. Befinden sich jedoch am Standort z. B. zwei gesondert genehmigungsbedürftige Anlagen **A** und **B** zur Oberflächenbehandlung (keine gemeinsame Anlage zur Oberflächenbehandlung im Sinne des § 1 Abs. 3 der 4. BImSchV), in denen die Tätigkeit der sonstigen Metall- oder Kunststoffbeschichtung durchgeführt wird, so müssen gemäß des o. g. Schemas die Lösemittelverbräuche für diese Tätigkeit sonstige Metall- oder Kunststoffbeschichtung nicht addiert werden, sondern sind einzeln für sich mit der maßgeblichen Lösemittelverbrauchsschwelle bezüglich der Anwendbarkeit der 31. BImSchV zu prüfen.

Ob der Anlagenbegriff der 4. BImSchV auch auf nicht genehmigungsbedürftige Anlagen übertragen werden kann, wird im Unterausschuss Recht des Länderausschusses für Immissionsschutz noch diskutiert.

Zu § 2 Nr. 11**Frage:**

Fallen auch hochsiedende organische Lösemittel, die bei höheren Temperaturen eingesetzt werden, unter die 31. BImSchV?

Antwort:

Ja.

Auch hochsiedende organische Lösemittel (z.B. Weichmacheröle bei der Umwandlung von Kautschuk oder hochpastöse Druckfarben beim Heatset-Rollenoffsetdruck) können, wenn sie bei höheren Temperaturen verwendet werden, von der 31. BImSchV erfasst werden.

Gemäß § 2 Nr. 11 der 31. BImSchV ist eine flüchtige organische Verbindung definiert als eine Verbindung, die bei 293,15 Kelvin (20° C) einen Dampfdruck von 0,01 Kilopascal oder mehr hat (0,1 mbar) oder unter den jeweiligen Verwendungsbedingungen eine entsprechende Flüchtigkeit aufweist.

Wichtig ist die Flüchtigkeit, d. h. der Dampfdruck der organischen Lösemittel bei der Einsatz- bzw. Betriebstemperatur.

Beispiel:

Ein organisches Lösemittel, bei dem der Dampfdruck bei 293,15 Kelvin (20° C) Verwendungstemperatur unter 0,01 Kilopascal (0,1 mbar) liegt, ist keine flüchtige organische Verbindung im Sinne der 31. BImSchV.

Im Gegensatz dazu ist ein organisches Lösemittel, das bei 293,15 Kelvin (20° C) einen Dampfdruck unter 0,01 Kilopascal (0,1 mbar) hat und z. B. bei 493,15 Kelvin (220° C) Verwendungstemperatur einen Dampfdruck über 0,01 Kilopascal (0,1 mbar) besitzt, eine flüchtige organische Verbindung im Sinne der 31. BImSchV.

Zu § 2 Nrn. 6 und 12

Eine von der 31. BImSchV erfasste Anlage steht in einem Raum. Die Raumluft wird durch eine Lüftungstechnische Anlage abgesaugt.

Frage:

Zählen die mit der Abluft aus einer Raumluftabsaugung freigesetzten Emissionen zu den diffusen Emissionen oder zu den in gefassten Abgasen enthaltenen Emissionen?

Antwort:

Wenn die Emissionen einer Anlage in die Raumluft gelangen und diese Raumluft (Hallenabluft) ins Freie abgeleitet wird, handelt es sich bei diesen Emissionen um diffuse Emissionen im Sinne des § 2 Nr. 6 ("alle nicht in gefassten Abgase einer Anlage enthaltenen Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen einschließlich der Emissionen, die durch Fenster, Türen, Entlüftungsschächte und ähnliche Öffnungen in die Umwelt gelangen ...").

zu § 2 Nr. 5 i.V.m. Anhang IV

Zur Reduzierung des Einsatzes organischer Lösemittel werden auch Technologien eingesetzt, die „lösemittelfreie Beschichtungsstoffe“ (z. B. Pulverlacke, UV-Lacke, Folien) verwenden.

Frage:

Werden auch „lösemittelfreie Beschichtungsstoffe“ als Beschichtungsstoffe gemäß §2 Nr. 5 angesehen und kann somit der Einsatz derartiger Stoffe auch bei der Ermittlung der Zielemission des Anhangs IV berücksichtigt werden?

Antwort:

Ja.

Beschichtungsstoffe sind alle Zubereitungen, die dazu verwendet werden, auf einer Oberfläche eine spezifische funktionale Wirkung zu erzielen.

Die Begriffsbestimmung des § 2 Nr. 5 besagt nur, dass im Fall des Vorhandenseins von Lösemitteln oder Zubereitungen, denen verwendungsbedingt Lösemittel hinzugesetzt werden müssen, diese ebenfalls zu den Beschichtungsstoffen gehören. Damit soll eindeutig klargestellt werden, dass als Beschichtungsstoffe nicht nur diejenigen Bestandteile zählen, die auf der Oberfläche eines zu beschichtenden Materials verbleiben.

zu § 2 Nr. 8

Lacke werden von den Herstellern üblicherweise in Produktserien / Produktgruppen unterteilt (Medium-Solids-Einschicht-Uni-Decklack, High-Solids-Einschicht-Uni-Decklack, Medium-Solids-Basislack für Metallic-Lackierung usw.), welche sich innerhalb der Produktserien/ Produktgruppen in ihrer Zusammensetzung noch einmal geringfügig unterscheiden, je nachdem, welcher Farbton gewählt wird (rot, gelb, blau, schwarz).

Frage:

Ist bei der Ermittlung der eingesetzten Lösemittel von einem Mittelwert des Lösemittelgehaltes der Lacke oder vom ungünstigsten (höchsten) Lösemittelgehalt auszugehen oder ist jeder Farbton innerhalb einer Serie einzeln zu betrachten?

Antwort:

Alle lösemittelhaltigen Stoffe, die eingesetzt werden, sind getrennt zu betrachten und nach Menge und Lösemittelgehalt getrennt aufzulisten und dann erst zu addieren. Eine Mittelwertbildung ist nicht zulässig.

Hinweis:

Die Zugrundelegung des ungünstigsten Lösemittelgehaltes kann aus Vereinfachungsgründen im Einvernehmen mit dem Betreiber vorgenommen werden.

zu § 2 Nr. 25

Frage:

Werden Reaktivverdünner vom Begriff „organisches Lösemittel“ erfasst?

Antwort:

Der Anteil des Reaktivverdünners, der sich chemisch verändert (z. B. aushärtet), bleibt bei der Bestimmung des Lösemittelverbrauchs unberücksichtigt; der Anteil jedoch, der als "Lösemittel" dient, ist beim Lösemittelverbrauch zu berücksichtigen.

zu § 5 Abs. 6 Satz 2

Der Betreiber einer nicht genehmigungsbedürftigen Anlage hat die Einhaltung der maßgeblichen Anforderungen nach § 5 Abs. 6 mindestens einmal jährlich durch eine Lösemittelbilanz feststellen zu lassen. Zur Ermittlung der Ein- und Austragsmengen kann auf verbindliche Angaben der Hersteller zum Lösemittelgehalt der Einsatzstoffe oder auf andere gleichwertige Informationsquellen zurückgegriffen werden.

Frage:

Was ist in diesem Zusammenhang unter „verbindlich“ zu verstehen?

Antwort:

Eine schriftliche Bestätigung des Lieferanten oder Herstellers gegenüber dem Betreiber kann als verbindliche Erklärung angesehen werden. Ein aktuelles Sicherheitsdatenblatt kann eine gleichwertige Informationsquelle sein. Falls vorhanden kann auch auf von Verbänden oder zentralen Einrichtungen erarbeitete und veröffentlichte Produktübersichten zugegriffen werden, sofern diese auf Aussagen der Hersteller beruhen.

zu Anhang IV Abschnitt B Nr. 2

Frage:

Soll zur Ermittlung der Bezugsemission der Anteil flüchtiger organischer Verbindungen in Pulverlacken berücksichtigt werden? Oder soll die eingesetzte Menge an Pulverlack als 100 % Feststoff gelten?

Antwort:

In Pulverlacken können zu einem geringen Anteil flüchtiger organische Verbindungen (Weichmacher etc.) ggf. bis zu 3 % enthalten sein. Der tatsächliche Anteil ist bei der Bilanzierung im Rahmen des Anhang IV B in Verbindung mit Anhang V zu berücksichtigen.

zu Anhang IV Abschnitt B Nr. 2

Frage:

Es werden neben lösemittelhaltigen bereits -freie Beschichtungsstoffe eingesetzt. Geht die Gesamtmasse der Feststoffe der jährlich eingesetzten Beschichtungsstoffe in den Reduzierungsplan ein, wie in Anhang IV, Abschnitt B Nr. 1.2 geschrieben, oder nur die Feststoffe, die in lösemittelhaltigen Beschichtungsstoffen enthalten sind?

Antwort:

Die Gesamtmasse der Feststoffe aller jährlich eingesetzten Beschichtungsstoffe, auch die von Pulverlacken, wird zur Berechnung herangezogen.

zu Anhang IV Abschnitt B oder C

Frage:

Kann der Betreiber einer Beschichtungsanlage, der den Reduzierungsplan im Sinne des § 4 Satz 2 i.V.m. Anhang IV Abschnitt B gewählt hat, bei der Nachweisführung der eingehaltenen Zielemission zwischen der Lösemittelbilanz und dem Vereinfachten Nachweis nach Abschnitt C wechseln?

Antwort:

Ja.

Soweit der Vereinfachte Nachweis nach Anhang IV Abschnitt C zulässig ist und die entsprechenden lösemittelarmen Einsatzstoffe eingesetzt werden.

Zu Anhang V Allgemein

Frage:

Wie sind die zu Reinigungszwecken eingesetzten Spraydosen mit dem Inhalt flüchtiger organischer Verbindungen bei der Lösemittelbilanz zu berücksichtigen, wenn sie im Prozess eingesetzt werden?

Antwort:

Nach Anhang II Nr. 0.1 sind die Reinigung der Geräte und Aggregate sowie die Wartung oder Instandhaltung grundsätzlich der jeweiligen Tätigkeit zuzurechnen. Das hat zur Folge, dass alle diesbezüglich eingesetzten organischen Lösemittel nach § 2 Nr. 25 in die Lösemittelbilanz eingehen. Im Einzelfall kann wegen geringer Häufigkeit, Umweltrelevanz oder Umfang der Reinigungsarbeiten mit dem Ziel einer Vereinfachung der Lösemittelbilanz in Abstimmung mit der zuständigen Behörde anders verfahren werden.

Hinweis:

Treibgase in Spraydosen sind keine organischen Lösemittel im Sinn der 31.BImSchV.

Zu Anhang V Nr. 1.2; O8 in Verbindung mit Nr. 2.1.1

In einer Lackieranlage werden Applikationsgeräte in einer geschlossenen Reinigungsanlage gereinigt, gegenüber der offenen Reinigung werden dadurch Lösemittlemissionen stark vermindert und gleichzeitig der Lösemittelbedarf für die Reinigung gesenkt. Die Reinigungslösemittel werden, wenn sie verunreinigt sind, in einer betriebsinternen Anlage regeneriert und wieder zur Reinigung eingesetzt.

Frage:

Können die Lösemittelströme als O8 identifiziert und von den eingesetzten Lösemitteln abgezogen werden?

Antwort:

Nein.

Es handelt sich um innerhalb der Anlage/Tätigkeit zurückgewonnene Lösemittel, die im Kreislauf geführt werden und deshalb nicht als O8 im Sinne des Anhangs V Nr. 1.2 zu werten sind. Die betriebsinterne Lösemittelaufbereitung steht in einem direkten technischen Zusammenhang mit der Reinigung der Lackiergeräte. Diese Reinigung gehört gemäß Anhang II 0.1 zur Tätigkeit des Beschichtens. Damit ist die Lösemittelaufbereitung Bestandteil der Beschichtungsanlage und die zurückgewonnenen Lösemittel sind gemäß Nr. 1.2 des Anhangs V als Input I2 zu bilanzieren. Damit werden sie bei der Bestimmung des Lösemittelverbrauchs gemäß Anhang V Nr. 2.1.1 außer Betracht gelassen.

Literatur

- [1] C. Böttcher-Tiedemann, Nationale Umsetzung der EU-Lösemittelrichtlinie, Umwelt, Bd. 30, Nr. 4/5, 16 (2000).
- [2] D. Jepsen, Die Umsetzung der EG Lösemittel-Richtlinie als Herausforderung und Chance für kleine und mittlere Unternehmen, www.oekopol.de
- [3] Lösemittel-Reduzierung im Maler- und Lackierhandwerk, Deutsches Lackinstitut, Dokumente zu Lacken und Farben 7, Frankfurt 1999.
- [4] Umwelt, 6/2001, S. 402.
- [5] O. Rentz, N.-H. Peters, S. Nunge, J. Geldermann, Beste Verfügbare Techniken (BVT) im Bereich der Lack- und Klebstoffverarbeitung in Deutschland, Fortschritt-Bericht VDI, Reihe 16, Nr. 158, VDI Verlag 2003 (www.voc-infoex.uni-karlsruhe.de/index.htm; <http://www.bvt.umweltbundesamt.de/surface.htm>).
- [6] besser lackieren, Vincentz Verlag: <http://www.lackiernetz.de>
- [7] European Commission, Reference Document on Best Available Techniques on Surface Treatment using Organic Solvents, Draft May 2004, <http://eippcb.jrc.es>

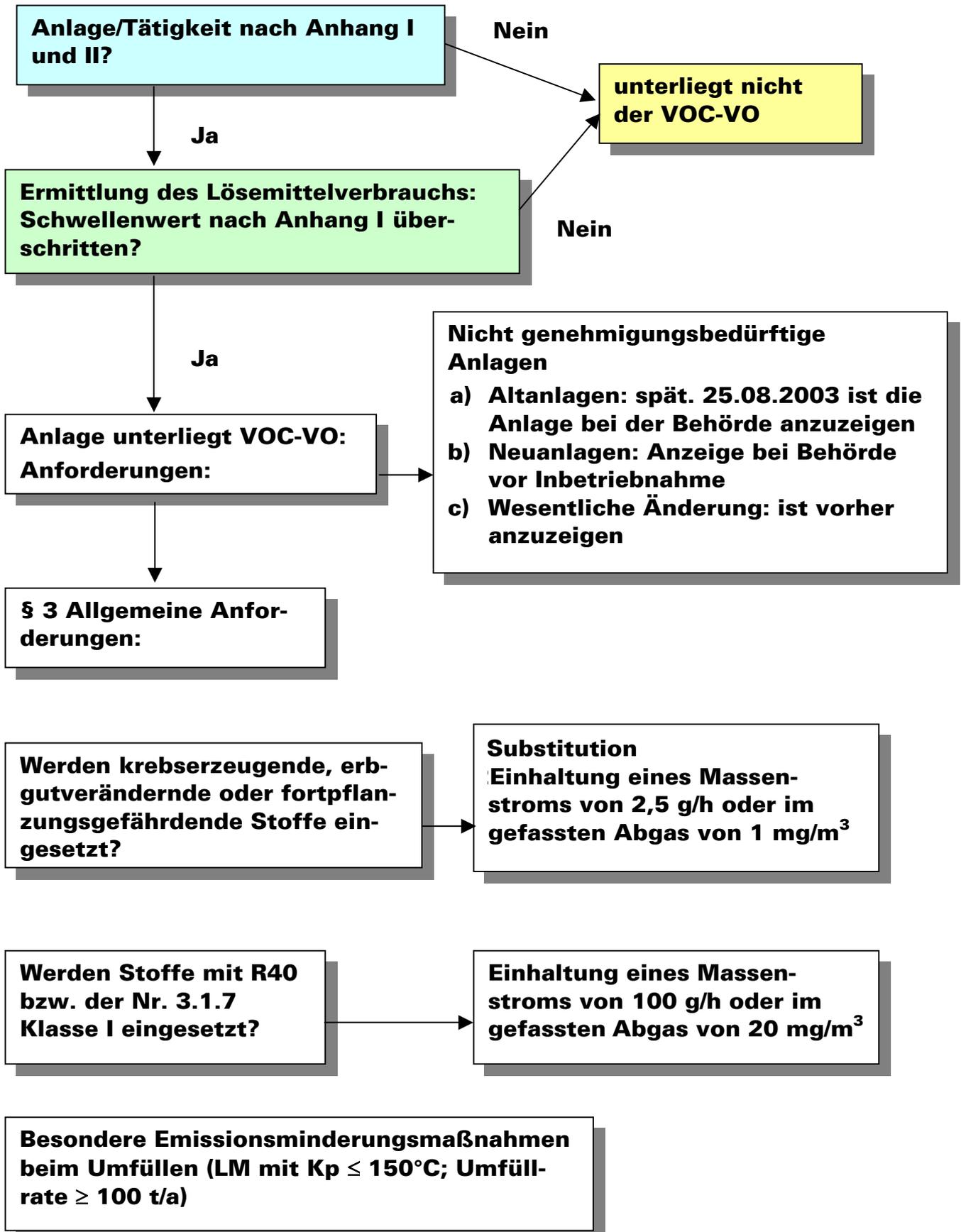
Projekte/Links

- [8] Die Lösemittelverordnung – Einführung und Vorschläge zur Umsetzung in der Praxis, Ute Hackmack, Birgit Mahrwald, Umweltbundesamt, Forschungsbericht 500 44 301
- [9] Entwicklung eines praxisorientierten Leitfadens zum verbesserten Einsatz von Wasserbasislacken in kleinen und mittleren Unternehmen der Kfz-Reparaturlackierung, Projektträger: Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Projektnehmer: Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung, Projektbericht unter www.uvm.baden-wuerttemberg.de
- [10] Stand der Technik und Potentiale zur Senkung der VOC-Emissionen aus Anlagen zur Reinigung von Oberflächen, Dr. Winfried Schwarz, Dr. Andre Leisewitz, Büro für Umweltforschung und -beratung GmbH, Frankfurt/Main, im Auftrag des Umweltbundesamtes, 1999.
- [11] Datenbank „Clean Tool“; <http://www.cleantool.org/>; Kooperationsstelle Hamburg, im Auftrag der EU-Kommission
- [12] Praxisleitfaden Lösemittelverordnung: www.charlottenburg-wilmersdorf.de/umweltamt/loesmittel.htm
- [13] Optimierung Wissenstransfer: Lösemittel in Ostwestfalen-Lippe: www.owlquadrat.de
- [14] Produktionsintegrierter Umweltschutz (PIUS): http://www.pius-info.de/pius_info_pool/index.html
- [15] Research Triangle Institute CAGE - Coating Alternatives Guide <http://cage.rti.org/>
- [16] Department of Environment, Northern Ireland, Process Guidance Note NIPG 6/23 (Version 3) - Coating of Metal and Plastic Processes: http://www.ehsni.gov.uk/pubs/publications/NifinalPG6_23.pdf
- [17] Metal Painting and Coating Operations; manual: <http://www.p2pays.org/ref/01/00777/toc.htm>

Anlagen

1. Übersicht zu den Anforderungen der VOC-Verordnung
2. Von der VOC-Verordnung erfasste Anlagen
3. Übersicht wichtiger Fristen nach der VOC-Verordnung
4. Lösemittelbilanz: Übersicht der zu erfassenden Input/Outputströme

1. Übersicht zu den Anforderungen der VOC-Verordnung



§ 4 Spezielle Anforderungen:

- **Einhaltung von Emissionsbegrenzungen nach Anhang III oder**
- **Reduzierungsplan nach Anhang IV**

§ 7 Einhaltung der Ableitbedingungen:

- a) **Nicht genehmigungsbedürftig: in freie Luftströmung**
- b) **Genehmigungsbedürftig: nach TA Luft**

Messungen und Überwachung:

Jährliche Lösemittelbilanz nach Anhang V zum Nachweis über die Einhaltung der Emissionsbegrenzungen bzw. des Reduzierungsplans

Emissionsmessungen:

• **Nicht genehmigungsbedürftige Anlagen:**

- **erstmalige und wiederkehrende Emissionsmessungen durch § 26 Messstelle (wenn Abgasreinigung erforderlich)**

Termine:

erstmalige Messung:

- a) **Altanlagen: Ende 2. KJ ab Einhaltungsjahr (2009)**
- b) **Neue- und wesentl. geänderte Anlagen: frühestens 3 Monate und spät. 6 Monate nach Inbetriebnahme**

wiederkehrende Messung: alle 3 Jahre

- **kontinuierliche Messung bei Emissionsmassenstrom ≥ 10 kg C/h**

• **Genehmigungsbedürftige Anlagen:**

nach TA Luft

2. Von der VOC-Verordnung erfasste Anlagen

Nr.	Anlage nach Anhang I der Verordnung	Lösemittelverbrauchsschwelle [t/a]
1.1	Heatset-Rollenoffset-Druckverfahren	15
1.2	Illustrationstiefdruckverfahren	25
1.3	Sonstige Drucktätigkeiten	15
2.1	Oberflächenreinigung	1
3.1	Textilreinigung	0
4.1	Kfz-Serienbeschichtung	0
4.2	Fahrerhäuser-Serienbeschichtung	0
4.3	Beschichten von Nutzfahrzeugen	0
4.4	Beschichten von Bussen	0
4.5	Beschichten von Schienenfahrzeugen	5
5.1	Fahrzeugreparaturlackierung	0
6.1	Beschichten von Bandblech	10
7.1	Beschichtung von Wickeldraht mit phenol-, kresol- oder xylenehaltigen Beschichtungsstoffen	0
7.2	Sonstige Wickeldrahtbeschichtung	5
8.1	Sonstige Metall- oder Kunststoffbeschichtung	5
9.	Beschichten von Holz oder Holzwerkstoffen	5
9.1	Beschichten von Holz oder Holzwerkstoffen	> 5 - 15
9.2	Beschichten von Holz oder Holzwerkstoffen	>15
10.	Beschichten von Textil-, Gewebe-, Folien- oder Papieroberflächen	5
11.1	Beschichten von Leder	10
12.	Holzimprägnierung	10/0
13.1	Laminierung von Holz oder Kunststoffen	5
14.1	Klebebeschichtung	5
15.1	Schuhherstellung	5
16.	Herstellung von Anstrich- oder Beschichtungsstoffen, Herstellung von Bautenschutz- oder Holzschutzmitteln, Klebstoffen oder Druckfarben	100
17.1	Umwandlung von Kautschuk	10
18.	Extraktion von Pflanzenöl, tierischem Fett, Raffination von Pflanzenöl	10
19.1	Herstellung von Arzneimitteln	50

3. Übersicht wichtiger Fristen nach der VOC-Verordnung

Anforderungen	Neuanlage/ Wesentlich geänderte Anlagen	Altanlage
§ 5 Abs. 2 Anzeigepflicht nicht genehmigungsbedürftiger Anlagen	Rechtzeitig vor Inbetriebnahme	Bis 25.08.2003
§ 3 Allg. Anforderungen § 4 Spezielle Anforderungen § 7 Abs. 1 (Ableitbedingungen)	Ab Inbetriebnahme	Bis 31.10.2007
§ 5 Abs. 4 erstmalige und wiederkehrende Emissionsmessungen bei nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen	Erstmalig: Frühestens 3 Monate vor und spät. 6 Monate nach Inbetriebnahme Wiederkehrend: Alle 3 Jahre	Erstmalig: Bis Ende 2. KJ ab Einhaltungsjahr (i.d.R. Ende 2009) Wiederkehrend: Alle 3 Jahre
§ 6 Messung und Überwachung der Emissionen bei genehmigungsbedürftigen Anlagen: Erstmalige und wiederkehrende diskontinuierliche Emissionsmessungen	Nach TA Luft 2002: <u>Erstmalig:</u> Frühestens nach dreimonatigem Betrieb und spätestens 6 Monate nach Inbetriebnahme <u>Wiederkehrend:</u> Alle 3 Jahre	Wiederkehrend alle 3 Jahre
Nicht genehmigungsbedürftige Anlagen: § 5 Abs. 5 Satz 1 (kontinuierliche Messung)	Wenn Abgasreinigung vorhanden und Massenstrom > 10 kg C/h: Ab Inbetriebnahme	Wenn Abgasreinigung vorhanden und Massenstrom > 10 kg C/h: Ab 31.10.2007
Genehmigungsbedürftige Anlagen: § 5 Abs. 5 Satz 1 (kontinuierliche Messung) i.V. mit § 6 Satz 2	Ab Inbetriebnahme	Ab 31.10.2007
§ 5 Abs. 7 Reduzierungsplan i.V. mit § 6 Satz 2	Vorlage rechtzeitig vor Inbetriebnahme	Mitteilung bis spät. 31.10.2004
§ 5 Abs. 6, § 6 Satz 2 Lösemittelbilanz	Details siehe Tabelle Kap. 2.6: Mindestens jährliche Erstellung einer Lösemittelbilanz	

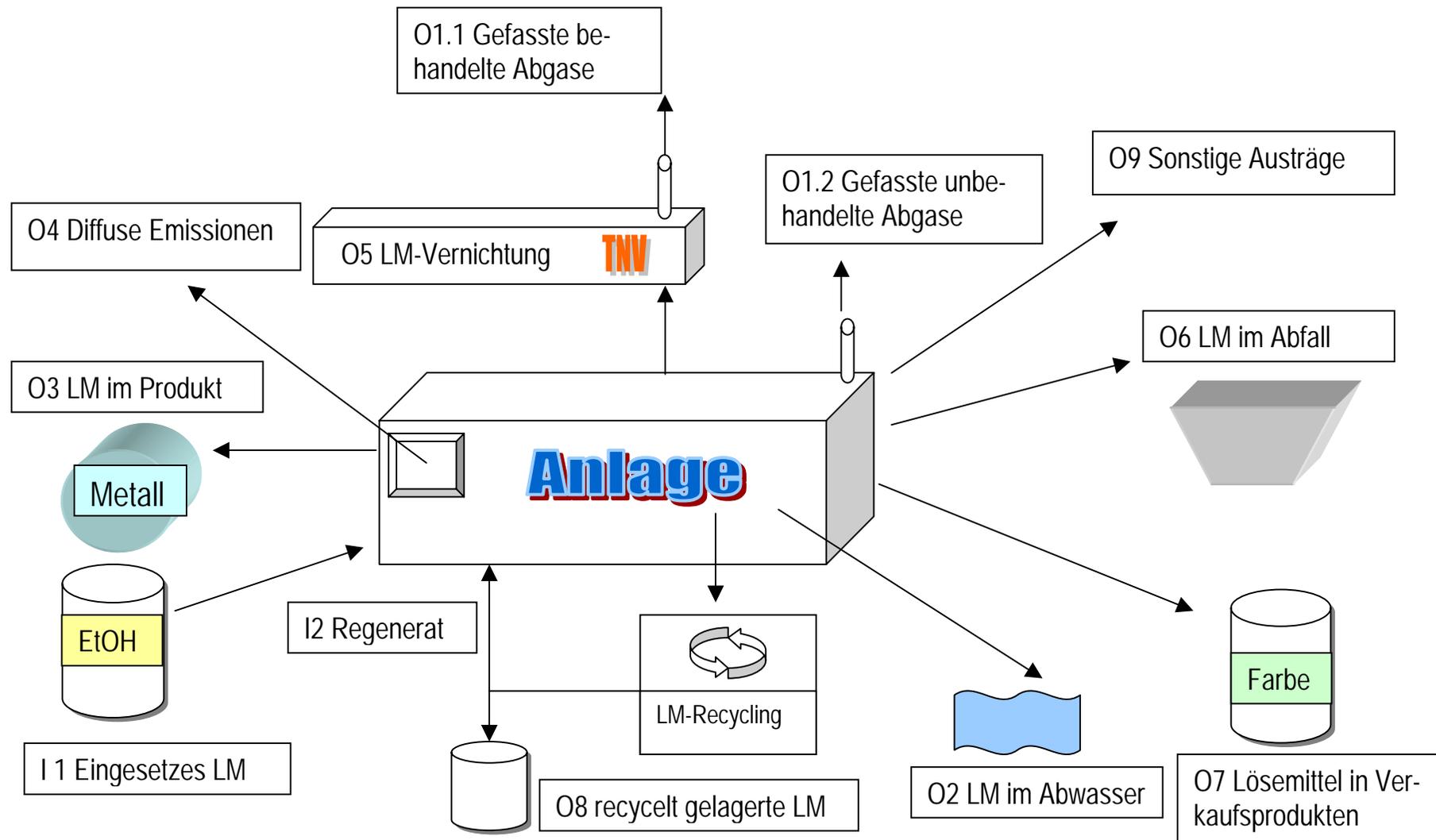
Wesentliche Änderung von Anlagen gemäß § 2 Nr. 28:

- a) bei genehmigungsbedürftigen Anlagen eine Änderung im Sinne von § 16 Abs. 1 des BImSchG;
- b) bei nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen
 - aa) eine Änderung, die nach der Beurteilung durch die zuständige Behörde erhebliche negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit oder auf die Umwelt haben kann.
 - bb) eine Änderung der Nennkapazität, die bei Anlagen der Nummern 1.1, 1.3, 9.2 oder 11.1 des Anhangs I mit einem Lösemittelverbrauch von 25 t/a oder weniger, zu einer Erhöhung der Emissionen an flüchtigen organischen Verbindungen um mehr als 25 % führt, oder
 - cc) eine Änderung der Nennkapazität, die bei anderen als den im Doppelbuchstabe bb genannten nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen (**hier bei der sonstigen Metall- und Kunststoffbeschichtung: Nr. 8.1 (Lösemittelverbrauch > 5 - 15 t/a)**) zu einer Erhöhung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen um mehr als 10 % führt.

Nennkapazität nach Nr. 21 des § 2 der 31. BImSchV:

Maximale Masse der in einer Anlage eingesetzten organischen Lösemittel, gemittelt über einen Tag, sofern die Anlage unter Bedingungen der Normalbetriebes entsprechend ihrer Auslegung betrieben wird.

4. Lösemittelbilanz: Übersicht der zu erfassenden Input/Outputströme [nach Umweltbundesamt; [8]



Metall/Kunststoffbeschichtung: Fallbeispiel

Ausgangslage:

- Ein Betreiber
- Eine Produktionshalle: Herstellung von Metallteilen + Beschichtung der Teile durch Spritzapplikation:
 - Jährlicher Lösemittelverbrauch: 20.066 kg

Vorbehandlung, z.B.
Oberflächenreinigung,
Phosphatieren



Grundierung



Decklackierung

Metall/Kunststoffbeschichtung: Fallbeispiel

Anforderungen nach der 31. BImSchV:

1. Schritt:

Handelt es sich um eine immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftige Anlage?



Ja, Lösungsmittelverbrauch > 15 t/a
-> Nr. 5.1 Spalte 2 des Anhangs der 4. BImSchV:

Metall/Kunststoffbeschichtung: Fallbeispiel

2. Schritt: Werden in der Anlage Tätigkeiten nach dem Anhang II der VOC-Verordnung durchgeführt?

Ja. Nr. 8 des Anhangs II: Metall-/Kunststoffbeschichtung

↓

3. Schritt: Unterliegt die Tätigkeit der 31. BImSchV aufgrund des Lösemittelverbrauchs?

Ja; Lösemittelverbrauch >> Schwellenwert von 5 t/a
-> Anlage Nr. 8.1 des Anhangs I

Hinweise:

- Die Reinigung von Geräten zählt nicht zur Nr. 2, sondern zur jeweiligen Tätigkeit, hier Nr. 8.1

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

Bayerisches Landesamt für Umwelt

Metall/Kunststoffbeschichtung: Fallbeispiel

Werden kritische Stoffe wie CMR-Stoffe, Stoffe mit R40, Stoffe der Nr. 5.2.5 Klasse I eingesetzt?

Hier: Nein;
ansonsten Einhaltung § 3 (2)

Alternative 1:
Einhaltung der Emissionsgrenzwerte nach Anhang III Nr. 8.1

Alternative 2:
Einhaltung eines Reduzierungsplans nach Anhang IV?

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

Bayerisches Landesamt für Umwelt

Metall/Kunststoffbeschichtung: Fallbeispiel

Anforderungen nach Anhang III Nr. 8.1 der 31. BImSchV:

Schwellenwert [t/a]	Emissionsgrenzwert für Abgase [mg C/m ³]	Grenzwert diffuse Emissionen [% eingesetztes Lösemittel]	Bemerkungen
> 5 - 15	100 (1)	15 (3)(4); 25 (4)	4) VOC in gefassten unbehandelten Abgasen = diffuse Emissionen
> 15	50 (1); 20 (2)	10 (3); 20 (4)	

- 1) Für Beschichten und Trocknen
- 2) Bei Anwendung thermischer Abgasverbrennungseinrichtungen
- 3) Bei automatisierter Beschichtung bahnenförmiger Materialien

Fristen:

- a) Neuanlagen/Wesentlich geänderte Anlagen: Ab Inbetriebnahme
- b) Altanlagen: Einhaltung bis spät. 31.10.2007

Metall/Kunststoffbeschichtung: Fallbeispiel

Anforderungen nach Anhang III Nr. 8.3 der 31. BImSchV für Beschichtung von sperrigen Gütern (z.B. Flugzeuge, Schiffe), wenn Nrn. 8.1 und 8.2 nicht eingehalten werden können:

1. Anwendung eines Reduzierungsplans nach Anhang IV
2. Wenn Reduzierungsplan **nicht** verhältnismäßig (Nachweis bei Neuanlagen vor Inbetriebnahme; bei Altanlagen bis 31.10.2005) ->
 - Emissionsminderung nach dem Stand der Technik
 - Überprüfung des Standes der Technik alle 3 Jahre + Anpassung + Dokumentation der Überprüfung

Metall/Kunststoffbeschichtung: Fallbeispiel

§ 7 Einhaltung der Ableitbedingungen:

- a) Nicht genehmigungsbedürftig: In freie Luftströmung (nach VDI 2280 E)
 b) Genehmigungsbedürftig: Nach TA Luft

§ 3 Allgemeine Anforderungen:

Besondere Emissionsminderungsmaßnahmen beim Umfüllen (LM mit Siedepunkt ≤ 150 °C; Umfüllrate ≥ 100 t/a

Hinweis:

Bei genehmigungsbedürftigen Anlagen: Anwendung von Nr. 5.2.6 der TA Luft als Stand der Technik bezüglich dem Verarbeiten, Fördern, Umfüllen oder Lagern flüssiger organischer Stoffe

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

7



Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Metall/Kunststoffbeschichtung: Fallbeispiel

§ 5 Abs. 4: Messung und Überwachung

Jährliche Lösemittelbilanz nach Anhang V zum Nachweis über die Einhaltung der Emissionsbegrenzungen bzw. des Reduzierungsplanes

§ 5 (3) – (5), § 6 Satz 2; Emissionsmessungen:

- a) Nicht genehmigungsbedürftige Anlagen § 5 (3) – (5):
- Kontinuierliche Messung bei Emissionsmassenstrom ≥ 10 kg C/h
 - Erstmalig und wiederkehrend durch § 26 Messstelle (bei Abgasreinigung)

Termine:

erstmalige Messung:

- a) Altanlagen: Ende 2. KJ ab Einhaltungsjahr (2009)
 b) Neue- und wesentlich geänderte Anlagen:
 Frühestens 3 Monate und spät. 6 Monate nach Inbetriebnahme
wiederkehrende Messung: Alle 3 Jahre

- b) Genehmigungsbedürftige Anlagen: Nach TA Luft

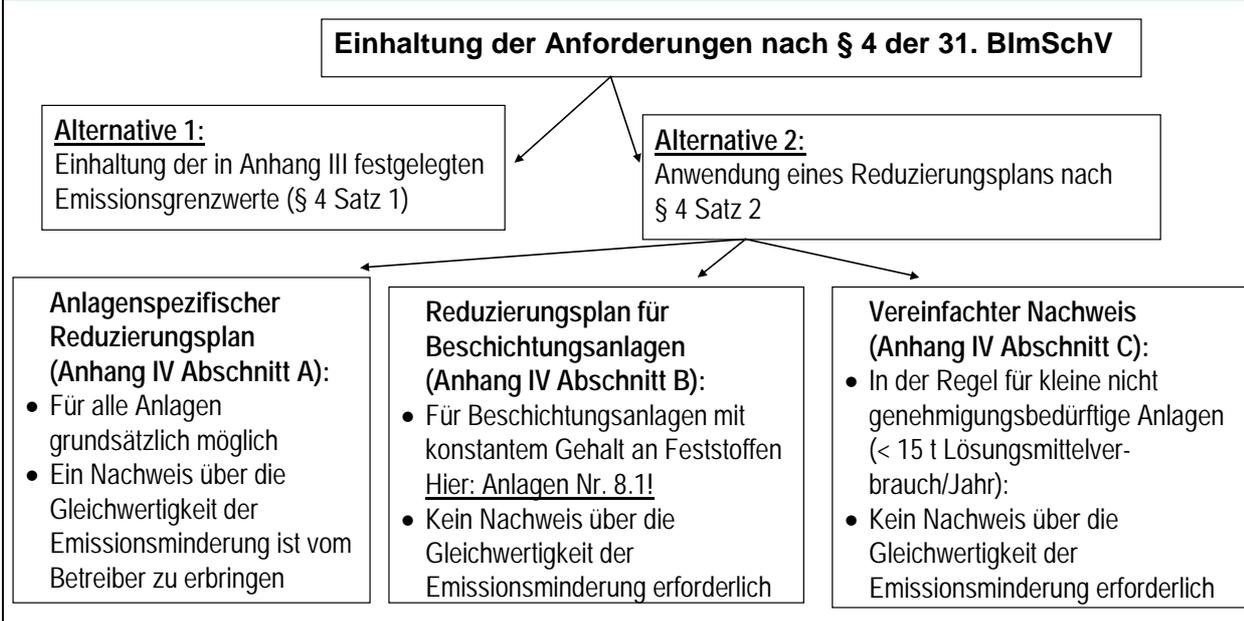
© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

8



Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Reduzierungspläne: Übersicht



© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

9

 Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Reduzierungspläne: Allgemeines

Motivation zur Anwendung eines Reduzierungsplans: „Gefasste ungereinigte“ Abgase als diffuse Emissionen bei verschiedenen Tätigkeiten

Unterscheidung innerhalb 01 = gefasste Abgase in

01.1 = gefasste gereinigte Abgase

01.2 = gefasste ungereinigte Abgase

Bei bestimmten Anlagen:

Gefasste ungereinigte Abgase zählen zu den diffusen Emissionen

-> Problematik der „Verdünnung“ mit Falschluff entfällt

-> Zahlreiche Anlagentypen ohne Abgasreinigung werden Reduzierungsplan anwenden = Einhaltung der 31. BImSchV mit Primärmaßnahmen

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

10

 Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Reduzierungspläne: Grundsätzliches

Reduzierungsplan = Anhang IV der 31. BImSchV

- Anrechnung von Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen flüchtiger organischer Stoffe vor Inkrafttreten der 31. BImSchV in einem Reduzierungsplan nicht möglich!
- **Bei Beschichtungsanlagen:** -> Der Reduzierungsplan für Beschichtungsanlagen ist die konkretere Vorschrift und einem anlagenspezifischen Reduzierungsplan vorzuziehen!
- Für einen anlagenspezifischen Reduzierungsplan kommen vorrangig die nicht in Anhang IV B genannten Tätigkeiten in Frage

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

11



Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Reduzierungspläne: Abschnitt A

Beliebiger Reduzierungsplan (alle Anlagen) = Abschnitt A

Nachweis vom Betreiber erforderlich, dass Emissionsminderung **mindestens in gleicher Höhe** wie bei Einhaltung der Emissionsgrenzwerte nach Anhang III erreicht wird

Mögliche Anwendung eines anlagenspezifischen Reduzierungsplans:

Z.B. wenn eine Kompensation der Emissionsfrachten aus den gefassten Abgasen und diffusen Emissionen möglich ist:

Mehremission aus der einen Emissionsart wird durch die Minderemission der anderen Emissionsart ausgeglichen

-> Einhaltung der Anforderungen nach Anhang III in der Summe

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

12



Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Reduzierungspläne: Abschnitt B

Reduzierungsplan für Beschichtungsanlagen nach Abschnitt B:

Ziel: Emissionsminderung durch Primärmaßnahmen ohne Abgasreinigung!

- Reduzierung der Gesamtemissionen einer Anlage durch Verringerung des durchschnittlichen Gehaltes der Lösemittel und/oder Erhöhung des Wirkungsgrades der Feststoffe
- Ein Nachweis zur Gleichwertigkeit ist nicht erforderlich; die berechnete Zielemission muss eingehalten werden!
- Bestimmung der Gesamtmasse der Feststoffe in der jährlich verbrauchten Menge an Beschichtungsstoff/Lack

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

13

 Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Reduzierungspläne: Abschnitt B

- Berechnung der jährlichen Bezugsemission =
Feststoffgesamtmasse * Multiplikationsfaktor (= Tabelle unter Nr. 2 des Abschnitt B)
- Berechnung der Zielemission = Bezugsemission * Prozentsatz (abhängig von Anlagenart, aus Tabelle unter Nr. 2 des Abschnitt B)
- Der Reduzierungsplan ist eingehalten, wenn die tatsächliche Gesamtemission nach Lösemittelbilanz des Anhangs V der 31. BImSchV \leq Zielemission
- Jährliche neue Berechnung der Bezugsemission und der Zielemission; je nach Lösemittelverbrauch und Festkörpergehalt der Einsatzstoffe schwankende Größen.

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

14

 Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Reduzierungspläne: Abschnitt B

Was stellen die Bezugsemissionen dar?

- Fiktive Gesamtemission bei Einsatz von herkömmlichen lösemittelhaltigen Beschichtungsstoffen
- Menge emittiertes Lösungsmittel pro Menge Festkörper bei konventionellen lösungsmittelhaltigen Beschichtungsstoffen

Wie berechnet sich die Zielemission? „Prozentsatz“?

- Fiktive Annahme einer Abgasreinigung: Weitestgehende Erfassung der flüchtigen organischen Stoffe und Beseitigung
- -> Übrig bleiben nur die diffusen Emissionen + die VOC im Reingas
- -> Prozentsatz = „Emissionsgrenzwert“ für diffuse Emissionen nach Anhang III + Emissionen im Reingas (5 bzw. 15% des eingesetzten Lösungsmittels)

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

15



Bayerisches Landesamt für Umwelt

Reduzierungspläne: Abschnitt B

Reduzierungsplan Abschnitt B für Anlagen der Nr. 8.1:

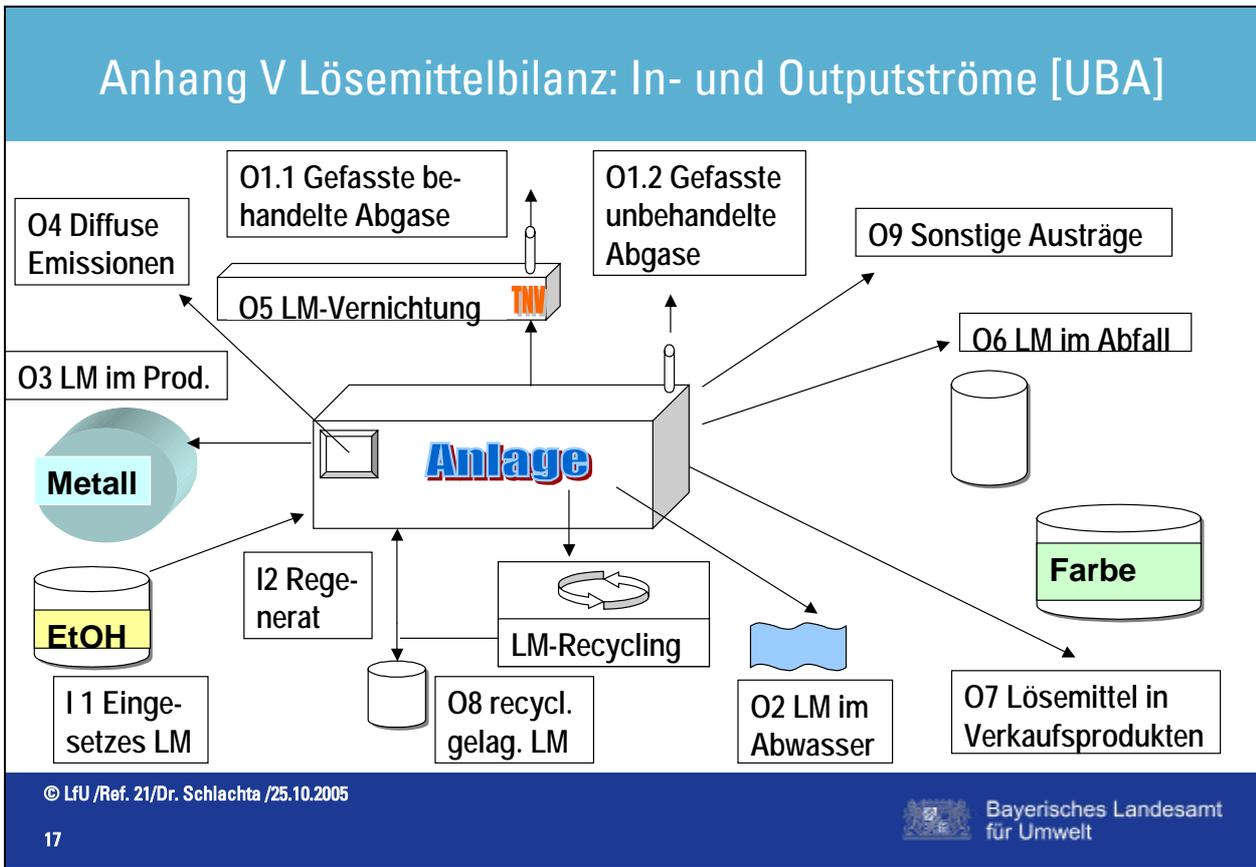
Lösemittelverbrauch [t/a]	Multiplikationsfaktor zur Ermittlung der jährlichen Bezugsemissionen	Prozentsatz zur Ermittlung der Zielemission
Sonstige Beschichtung		
> 5 – 15	1,5	(25 + 15)%
> 15	1,5	(20 + 5)%
Bahnenförmige Materialien		
> 5 – 15	1,5	(15 + 15)%
> 15	1,5	(10 + 5)%

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

16



Bayerisches Landesamt für Umwelt



Reduzierungspläne: Metallbeschichtung

Beispiel: Beschichtung von Metallteilen (Quelle: Umweltbundesamt)

- 2-Schicht-Verfahren: Grundierung + Decklack
- Keine Abgasreinigung
- Annahme: Lösemittel der Lacke werden vollständig emittiert
- Aufgrund des Lösemittelverbrauchs unterliegt die Anlage der 31. BImSchV

Material	Verbrauch 2002 [kg]	VOC-Anteil 2002		Feststoffgehalt	
		[%]	[kg]	[%]	[kg]
Manuelle Werkzeugreinigung	5.053	100	5.053	0	0
1K Grundierung	6.027	63	3.797	25	1.952
Decklack	16.827	53,3	8.969	46,7	7.858
Verschiedene Lösemittel	2.247	100	2.247	0	0
Summe			20.066		9.811

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

Bayerisches Landesamt für Umwelt

Metall/Kunststoffbeschichtung: Fallbeispiel

Lösemittelbilanz:

I1	Menge Lösemittel im Bezugszeitraum eingesetzt	20.066 kg
I2	Lösemittel zur Wiederverwendung in der Anlage	0 (keine Zurückgewinnung)
O1.1	Emissionen in gefassten behandelten Abgasen	0 (Hallenabluft = diffuse Emission)
O1.2	Emissionen in gefassten unbehandelten Abgasen	0 (Hallenabluft = diffuse Emission)
O2	Lösemittel im Abwasser	Wird hier vernachlässigt
O3	Lösemittel im Endprodukt	Wird hier vernachlässigt
O4	Diffuse Emissionen	Berechnung nach Anhang V

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

19

Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Metall/Kunststoffbeschichtung: Fallbeispiel

Lösemittelbilanz:

O5	Durch Abgasreinigung vernichtete Lösemittel	Entfällt, da keine Abgas- oder Abwassereinigung
O6	Lösemittel im Abfall	Wird hier vernachlässigt
O7	Lösemittel in Verkaufsprodukten	Entfällt
O8	Zur Wiederverwendung zurückgewonnene Lösemittel, die nicht als Einsatz zählen	Entfällt
O9	Sonstige freigesetzte Lösemittel	Entfällt

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

20

Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Metall/Kunststoffbeschichtung: Fallbeispiel

Berechnung des Lösemittelverbrauchs:

$$LV = I1 - O8 = 20.066 \text{ kg} - 0 \text{ kg} = 20.066 \text{ kg}$$

-> Genehmigungsbedürftige Anlage Nr. 5.1 des Anhangs der 4. BImSchV

-> Anlage Nr. 8.1 des Anhangs I der 31. BImSchV

Berechnung der diffusen Emissionen nach Anhang V Nr. 2.2.1 b):

$$F = I1 - O1.1 - O5 - O6 - O7 - O8 = 20.066 \text{ kg} - 0 - 0 - 0 - 0 - 0 = 20.066 \text{ kg/a}$$

Ermittlung der Emissionen nach Anhang V Nr. 2.1.2 b):

$$E = F + O1.1 = 20.066 \text{ kg/a} + 0 = 20.066 \text{ kg/a}$$

Reduzierungspläne: Metallbeschichtung

Alternativen: Installation einer Abgasreinigungsanlage oder Durchführung eines Reduzierungsplans

Reduzierungsplan nach Anhang IV Abschnitt B:

Bezugsemission: 9.811 kg Feststoff/Jahr * 1,5 (Multiplikationsfaktor) =
14.717 kg/a

Zielemission = Bezugsemission * Prozentsatz = 14.717 kg/a * (20 + 5)% =
3.679 kg/a

Folgende Emissionen sind einzuhalten:

- ab 01.11.2005: Zielemission * 1,5 = 5.519 kg/a

- ab 01.11.2007: Zielemission = 3.679 kg/a

Ergebnis:

Der Betreiber muss zur Einhaltung der Zielemissionen emissionsmindernde Maßnahmen treffen! Zum Vergleich: Derzeitige Emissionen: 20.066 kg/a

Reduzierungspläne: Metallbeschichtung

Mögliche Reduzierungsmaßnahmen:

- Errichtung einer geschlossenen Werkzeugreinigung
- Erhöhung des Feststoffanteils im Decklack

Verbrauchsdaten nach der Reduzierung

<i>Material</i>	<i>Verbrauch 2003 [kg]</i>	<i>VOC-Anteil 2003</i>		<i>Feststoffgehalt</i>	
		<i>[%]</i>	<i>[kg]</i>	<i>[%]</i>	<i>[kg]</i>
Geschlossene Werkzeugreinigung	1.019	(100)	(1.019)	0	0
1K Grundierung	3.896	42	1.636	58	2.260
Decklack	13.660	45,2	6.174	54,8	7.486
Verschiedene Lösemittel	1.825	100	1.825	0	0
Summe			9.635		9.746

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

23

Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Reduzierungspläne: Metallbeschichtung

Reduzierungsplan nach Anhang IV Abschnitt B:

Bezugsemission: 9.746 kg Feststoff/Jahr * 1,5 (Multiplikationsfaktor) =
14.619 kg/a

Zielemission = Bezugsemission * Prozentsatz = 14.619 kg/a * (25 + 15)% =
5.848 kg/a

Folgende Emissionen sind einzuhalten (bestehende Anlage):

- ab 01.11.2005: Zielemission * 1,5 = 8.771,4 kg/a
- ab 01.11.2007: Zielemission = 5.848 kg/a

Ergebnis:

Der Betreiber muss zur Einhaltung der Zielemissionen noch weitere emissionsmindernde Maßnahmen treffen, z.B. vollständige Umstellung auf High-Solid- oder Wasserlacke! **Zum Vergleich: Aktuelle VOC-Emission: 9.635 kg/a**

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

24

Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Reduzierungspläne: Vereinfachter Nachweis

„Vereinfachter Nachweis“ = Abschnitt C des Anhangs IV

- Einsatz von Beschichtungsstoffen mit bestimmtem VOC-Wert:
Der sicherste und kostengünstigste Weg, die Anforderungen der 31. BImSchV einzuhalten.
$$\text{VOC-Wert [g/l]} = \frac{\text{Masse flüchtige Anteile} - \text{Masse Wasser}}{\text{Volumen Beschichtungsstoffe} - \text{Volumen Wasser}}$$
- Für Betreiber und Behörde mit dem geringsten Aufwand
- Keine jährliche Lösungsmittelbilanz erforderlich
- Kein Gleichwertigkeitsnachweis erforderlich

Reduzierungspläne: Vereinfachter Nachweis

- Geeignete Betriebsaufzeichnungen über die Art und Menge der Einsatzstoffe und den VOC-Wert; Aufbewahrung mindestens 5 Jahre am Betriebsort.
- Die angegebenen VOC-Werte beziehen sich auf die anwendungsfertigen Beschichtungsstoffe und gelten grundsätzlich für jeden einzelnen eingesetzten Beschichtungsstoff, d.h. sie stellen keinen Summenparameter über die Einsatzstoffe dar.

Reduzierungspläne: Vereinfachter Nachweis

Vereinfachter Nachweis für die Nr. 8.1 Sonstige Metall- und Kunststoffbeschichtung:

- a) Ausschließlich Beschichtungsstoffe mit VOC-Wert von ≤ 250 g/l
- und
- b) Ausschließlich Reinigungsmittel mit Massegehalt von < 20 Gew.%

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

27



Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Reduzierungspläne: Fristen

Reduzierungsplan Anhang IV Abschnitt B für Beschichtungsanlagen Nr. 8.1 (> 15 t/a Lösemittelverbrauch):

	Neue Anlage/Wesentliche Änderung	Altanlagen
Mitteilung an Behörde	Im Rahmen des Genehmigungsantrags bzw. Registrierungsverfahrens	Spätestens bis 31.10.2004
Nachweis der Einhaltung des Reduzierungsplanes	Jährlich durch Lösungsmittelbilanz nach Anhang V	Ab 01.11.2005 jährlich durch Lösungsmittelbilanz nach Anhang V

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

28



Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Reduzierungspläne: Fristen

Reduzierungsplan Anhang IV Abschnitt B für Beschichtungsanlagen:

Zeitpunkte für die Einhaltung der maximal zulässigen Gesamtemissionen		Maximal zulässige Gesamtemission/Jahr
Neue Anlagen/Wesentlich geänderte Anlagen	Altanlagen	
Ab Inbetriebnahme	ab 01.11.2005	Zielemission * 1,5
Ab 01.11.2004	ab 01.11.2007	Zielemission

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

29

 Bayerisches Landesamt für Umwelt

Reduzierungspläne: Fristen

Vereinfachter Nachweis nach Abschnitt C für Nr. 8.1 Anlagen:

	Neue Anlage/Wesentliche Änderung	Altanlagen
Mitteilung der verbindlichen Erklärung an Behörde	Im Rahmen des Genehmigungsantrags bzw. Registrierungsverfahrens	Spätestens bis 31.10.2004
Einhaltung des Reduzierungsplans	Ab Inbetriebnahme	Spät. ab 31.10.2004
Nachweis der Einhaltung des Reduzierungsplans durch Lösemittelbilanz	Entfällt	Entfällt

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

30

 Bayerisches Landesamt für Umwelt

Reduzierungspläne: Vorsorgeprinzip

Bei immissionsschutzrechtlich genehmigungsbedürftigen Anlagen: Berücksichtigung des Vorsorgeprinzips gemäß § 4 Satz 3:

- Im Reduzierungsplan wird nur die zulässige jährliche Emissionsfracht geregelt
-> es können auch bei Einhaltung des Reduzierungsplans durch erhöhte Emissionsmassenkonzentrationen/-massenströme schädliche Umwelteinwirkungen möglich sein (z.B. erhebliche Geruchsbelästigungen)
- Deshalb:
Zusätzlich zum Reduzierungsplan -> Festlegung von Emissionsgrenzwerten an gefassten Emissionsquellen bei genehmigungsbedürftigen Anlagen!

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

31



Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Reduzierungspläne: Rollen Behörde-Betreiber

Rolle der Genehmigungsbehörde und des Betreibers bei der Anwendung eines Reduzierungsplans - Verfahrensablauf

A) Bestehende Anlagen:

1. Schritt Behörde:

Information und Aufklärung der Betreiber von lösemittelverarbeitenden Anlagen, z.B. durch Beratungsgespräch



Betreiber :

- Überprüfung, ob Anlage unter die 31. BImSchV fällt:
- Bestimmung des Lösemittelverbrauchs
- Registrierung der Tätigkeiten bei der Behörde

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

32



Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Reduzierungspläne: Rollen Behörde-Betreiber

2. Schritt

Behörde:

- Erfassung und Überprüfung der Registrierung bzw. der Genehmigungsbedürftigkeit der Anlage, ggf. Nachforderungen an Unterlagen und vertiefende Information des Betreibers z.B. durch Gespräche
- Annahme der Registrierung: Schreiben an Betreiber, ggf. Aufforderung zur Durchführung eines Genehmigungsverfahrens



Betreiber:

- Überprüfung durch den Betreiber, wie die Anforderungen eingehalten werden können
- Entscheidung für einen Reduzierungsplan nach Anhang IV oder zur Einhaltung der Emissionsgrenzwerte nach Anhang III
- Aufstellung eines Reduzierungsplans



Reduzierungspläne: Rollen Behörde-Betreiber

3. Schritt:

Behörde:

- Fachtechnische Überprüfung des Reduzierungsplans (ggf. im Genehmigungsverfahren)
- Verbindliche Annahme des Reduzierungsplans durch die Behörde
- Bei genehmigungsbedürftigen Anlagen:

Festlegung der Anforderungen der 31. BImSchV unter Berücksichtigung des Reduzierungsplans im Genehmigungsbescheid



Reduzierungspläne: Rollen Behörde-Betreiber

Neue Anlagen/Wesentliche Änderungen/nicht genehmigungsbedürftige Anlagen:

- Bei nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen:
Annahme des Reduzierungsplans von der Behörde rechtzeitig vor Inbetriebnahme der Anlage.
- Rechtsverbindliche Festlegung der Durchführung des Reduzierungsplans vor der Inbetriebnahme der Anlage.
- Aufnahme der Anforderungen der 31. BImSchV unter Berücksichtigung des Reduzierungsplans im Baugenehmigungsbescheid (Vorschlag LfU).

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

35



Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Reduzierungspläne: Rollen Behörde-Betreiber

Verbindlichkeit eines Reduzierungsplans

- Der von einem Betreiber vorgelegte Reduzierungsplan ist verbindlich („verbindliche Erklärung“)
- Die „verbindliche Erklärung“ ist bei allen Arten des Reduzierungsplans bei Alt- und Neuanlagen erforderlich und bedarf stets der Annahme durch die Behörde
- Falls die Anforderungen der 31. BImSchV nach dem vom Betreiber vorgelegten Reduzierungsplan nicht eingehalten werden können -> Behörde fordert schriftlich Nachbesserung
- Wenn kein plausibler Reduzierungsplan vorgelegt wird -> Bei Anlagen Nr. 8.1: Anforderungen Anhang III der 31. BImSchV sind ab **01.11.2007** einzuhalten!

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

36



Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Reduzierungspläne: Rollen Behörde-Betreiber

- Änderungen an dem Reduzierungsplan sind nur nach vorheriger Mitteilung und Zustimmung der Behörde zulässig
- Aufbewahrung einer Ausfertigung des Reduzierungsplans am Betriebsort
- Der Reduzierungsplan muss von realistischen technischen Voraussetzungen ausgehen
- Sind entgegen der Annahmen bei der Aufstellung des Reduzierungsplans lösemittelarme Ersatzstoffe noch in der Entwicklung, dann kann die Behörde eine angemessene Fristverlängerung gewähren

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

37

 Bayerisches Landesamt für Umwelt

Best Verfügbare Techniken: Metallbeschichtung

Beste Verfügbare Technik bei der Serienlackierung von Metalloberflächen

31. BImSchV:

Anhang 1 Nr. 8.1: Metallbeschichtung

Lösungsmittelverbrauchsschwelle: > 5 t/a

IVU-RL Nr. 6.7:

Anhang I:

Oberflächenbehandlungsanlagen mit

Lösungsmittelverbrauch > 150 kg/h oder > 200 t/a

Anwendung z.B.:

Hausgeräte, Möbel, Heizkörper, Felgen, Motorblöcke, Rahmen für Motorräder und Fahrräder...



© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

38

 Bayerisches Landesamt für Umwelt

Best Verfügbare Techniken: Metallbeschichtung

Konventionelle Technik:

- Lösungsmittelhaltiger Lack: ca. 40 Gew.% Lösungsmittel
- Manuelle oder automatische elektrostatische Spritzverfahren
- Oversprayabscheidung durch Nassabscheider
- Abgase aus dem Trockner werden einer thermischen Abgasreinigung zugeführt – Großteil der VOC-Emissionen bleibt unbehandelt!

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

39

Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Best Verfügbare Techniken: Metallbeschichtung

Beste Verfügbare Techniken bei der Metallbeschichtung: Quelle: DIFU 2003

1. Oberflächenreinigung der Produkte mit wässrigen-alkalischen Reinigungsmitteln

2. Einsatz emissionsarmer bzw. -freier Lacke:

- Wasserverdünnbare Lacke
Pulverlacke
- High Solids

Für die Beschichtung von Werkstücken in großer Stückzahl ohne Farbwechsel: Elektrotauchgrundierung mit wasserverdünnbaren Lacken + Decklackierung mit Pulverlack oder High-Solid-Lacken; bei Metallmöbel: Wasserverdünnbare Lacke

3. Lackauftragsverfahren mit verbessertem Wirkungsgrad

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

40

Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Erreichbare Auftragungswirkungsgrade bei der Metallbeschichtung

Verfahren	Auftragungs- wirkungsgrad [%]	Einsetzbares Lacksystem	Werkstückgeo- metrie	Einschrän- kungen
Druckluft	20 – 65	1 K, 2 K	Unabhängig	-
Airless	40 – 75	1 K, 2 K	Groß, einfach	-
Airmix	35 – 75	1 K, 2 K	Groß, einfach	-
HVLP	40 – 80	1 K, 2 K	Unabhängig	-
Druckluft mit elektrostatischer Unterstützung	50 – 80	1 K, 2 K	Kein Faraday- Käfig	Leitende Werkstücke
Airless mit elektrostatischer Unterstützung	45 – 85	1 K, 2 K	Kein Faraday- Käfig	Leitende Werkstücke

Quellen: Corley (1991), BREF Entwurf 2004

2 K = 2 Komponentensystem mit Härter

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

41



Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Erreichbare Auftragungswirkungsgrade bei der Metallbeschichtung

Verfahren	Auftragungs- wirkungsgrad [%]	Einsetzbares Lacksystem	Werkstückgeometrie	Einschränkungen
Walzen	100	1 K	Eben, flächenförmig	-
Gießen	100	1 K	Eben, flächenförmig	-
Fluten	95 – 99	1 K	Nicht schöpfend	Große Lösemittelverluste
Tauchen	80 – 90	1 K	Nicht schöpfend	Große Lösemittelverluste
Pulver, elektrostatisches Spritzverfahren	50 – 95	Pulver	Unabhängig	Leitende und temperaturbe- ständige Werkstücke

Quellen: Corley (1991), BREF Entwurf 2004

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

42



Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Best Verfügbare Techniken: Metallbeschichtung

Beste Verfügbare Techniken bei der Metallbeschichtung: Quelle: DIFU 2003

Beschichtung von Stahloberflächen:

- Kataphoretische Tauchlackierung mit anschließender Decklackierung entweder mit Pulverlack oder High-Solid-Lack
- Lösungsmittelarme Flüssiglacksysteme
- Pulverbeschichtung mit Pulveroverspray-Recycling
- Oversprayarme Auftragsverfahren in Kombination mit Nasslackoverspray-Rückgewinnung

Beschichtung von Aluminiumoberflächen:

- Chromfreie Vorbehandlung
- Wässrige Reinigungs- und Spülprozesse mit Integration wassersparender Maßnahmen wie Kreislaufführung der Spülmedien
- Beschichtung mit Pulverlacken oder einer Kombination aus Pulver- und wasserverdünnbaren Lacken

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

43



Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Best Verfügbare Techniken: Kunststoffbeschichtung

Beste Verfügbare Technik bei der Serienlackierung von Kunststoffteilen

31. BImSchV:

Anhang 1 Nr. 8.1:
Sonstige Kunststoffbeschichtung

Lösungsmittelverbrauchsschwelle:
> 5 t/a

IVU-RL Nr. 6.7:

Anhang I:
Oberflächenbehandlungsanlagen
mit Lösemittelverbrauch > 150
kg/h oder > 200 t/a

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

44



Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Best Verfügbare Techniken: Kunststoffbeschichtung

Anwendung z.B.:

- Kunststoffanbauteile für Kraftfahrzeuge
- Computer
- Hifi-, Fernsehgeräthäuse

Besonderheiten des Substrates Kunststoff:

- Eingeschränkt beständig gegenüber mechanischen oder thermischen Belastungen sowie gegenüber aggressiven Medien
- Elektrisch nicht leitfähig
- Andere Benetzungs- und Hafteigenschaften im Vergleich zu Metalloberflächen
- Freisetzung/Migration von Kunststoffinhaltsstoffen ist möglich

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

45



Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Best Verfügbare Techniken: Kunststoffbeschichtung

Vorbehandlung:

- Reduktion von Störungen auf der Oberfläche
- Erhöhung der Haftungseigenschaften
- Oberflächenaktivierung
- Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit
- Vorbehandlungsverfahren:
 - Chemische Vorbehandlung in Bädern
 - Beflammen
 - Plasma-, Corona-Verfahren
 - Fluorierung

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

46



Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Best Verfügbare Techniken: Kunststoffbeschichtung

Lackaufbau:

Haftvermittler

Bei Weich-PVC oder PUR-Weichschaum:
Isolier- oder Sperrgrund zur Unterbindung der Weichmachermigration

Grundierung

Decklack (ein- oder zweischichtig)

Derzeit eingesetzte Lacksysteme:

- Häufig lösungsmittelhaltige 1 – und 2-Komponenten-Lacksysteme auf PUR-Basis und 1-K-Lacke auf Acryl-Melamin-Basis
- Weitere: Wasserverdünnbare, UV-vernetzende und Pulverlacke

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

47



Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Best Verfügbare Techniken: Kunststoffbeschichtung

Verwendete Applikationstechniken:

- Meistens: Druckluftzerstäubung im Hochdruckverfahren: Nutzungsgrad 20 – 40 %
- HVLP: Nutzungsgrad: 25 – 50%
- Elektrostatische Verfahren bei Mehrschichtaufbauten:
 - Auftrag einer leitfähigen Grundierung sowie Basislackbeschichtung mit konventionellen Druckluftpistolen
 - Auftrag des Klarlacks mit elektrostatischen Verfahrens (z.B. Hochrotationsglocken mit Nutzungsgrad bis zu 85%)

Trocknung und Härtung:

Wegen Wärmeempfindlichkeit der Kunststoffe bei maximal 80°C

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

48



Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Best Verfügbare Techniken: Kunststoffbeschichtung

Beste Verfügbare Techniken für die Kunststofflackierung:

Quelle: DIFU 2003

- **Anwendung lösungsmittelarmer bzw. –freier Lacke:**
 - Wasserverdünnbare Systeme für Grundierung (z.B. Acrylat- oder Polyesterdispersionen (ca. 5 Gew.% VOC-Gehalt), 2K-PUR-Systeme (ca. 10 – 15 Gew.% VOC-Gehalt), 2K-Epoxy-Grundierung (ca. 5 Gew.% VOC-Gehalt) und Decklack oder Pulverlacke
 - Einsatz von UV-härtenden Klarlacken
- **Einschichtlackierung nach der Fluorierung als Vorbehandlung**

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

49



Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Best Verfügbare Techniken: Kunststoffbeschichtung

- **Anwendung von Auftragssystemen mit hohem Wirkungsgrad:**
Einführung von elektrostatischen Lackauftragsverfahren:
Voraussetzung: Die elektrische Ladung der Lackpartikel muss beim Benetzen der Werkstückoberfläche abgeführt werden (über den erzeugten Nasslackfilm):
Einsparpotenzial: ca. 50 % weniger Lackverbrauch; ca. 50% weniger Lösungsmittelverbrauch!
- **Erfassung sämtlicher relevanter lösungsmittelhaltige Abluftströme aus Spritzkabinen und Abdunstzonen und Zuführung einer geeigneten Abgasreinigung**
Hinweis: Häufig werden nur die Abgase des Trockners einer Abgasreinigung zugeführt, d.h. nur 20 – 30% der VOC-Emissionen werden erfasst!

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

50



Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Metall/Kunststoffbeschichtung: Beste Verfügbare Technik

Weitere Möglichkeiten zur Emissionsminderung bei der Metall- und Kunststoffbeschichtung:

- Verzicht auf Lackierzwischenstufen
- Optimierung vorhandener Trocknungssysteme z.B. durch Änderung der Trockenzeit, Temperatur, Anordnung der Ware
- Verwendung geschlossener Reinigungssysteme (Minimierung der diffusen Emissionen)
- Verwendung emissionsarmer Reinigungsmittel
- Verwendung geschlossener Füll- und Entleersysteme (Einsatz der Gaspindelungstechnik bei Umfüllvorgängen)
- Geschlossenhalten von Behältern mit Lösemitteln während des Transports und der Lagerung
- Mischraum: Geschlossenhalten der Mischbehälter
- Lagerung, Förderung, Umfüllen flüssiger organischer Stoffe: Siehe Nr. 5.2.6 TA Luft

© LfU /Ref. 21/Dr. Schlachta /25.10.2005

51



Bayerisches Landesamt
für Umwelt

Einsatz emissionsarmer Beschichtungsstoffe

Thomas May, DuPont Performance Coatings GmbH & Co. KG, Wuppertal

1 Gesetzlicher Hintergrund

Am 25. August 2001 ist die Lösemittelverordnung in Deutschland als 31. Bundesimmissionschutzverordnung als Umsetzung der europäischen Lösemittelrichtlinie (mit leichter Verspätung) in Kraft gesetzt worden. Nach langer Diskussion und zäher Vorarbeit wird es nun Ernst mit der praktischen Umsetzung.

Kurz vorher wurden mit Wirkung vom 3. August 2001 andere Umweltgesetze verabschiedet oder verändert, u. a. die 4. Bundesimmissionsschutzverordnung über genehmigungsbedürftige Anlagen. Weitgehend unbemerkt und ohne vorher gehende öffentliche Diskussion wurde die Schwelle für die Genehmigungsbedürftigkeit von Lackieranlagen auf 15 t/a Verbrauch an organischen Lösemitteln herab gesetzt. Betroffene Betriebe mussten dies bis zum 3. November bei der zuständigen Behörde anzeigen. Die Frist für die Einreichung der erforderlichen Unterlagen lief bis zum 3. Januar 2002.

Die Verantwortung für Anzeige, ordnungsgemäßen Betrieb und Dokumentation der Grenzwerteinhalten liegt beim Betreiber. Die Verordnung ist unmittelbar geltendes Recht. Es bedarf nicht ausdrücklich einer behördlichen Anordnung, um die Regelungen anzuwenden.

Flüchtige organische Verbindungen sind organische Verbindungen, die durch ein physikalisches Kriterium, durch ein Testverfahren oder durch Definition von nichtflüchtigen Verbindungen abgegrenzt sind. Übliche Abgrenzungskriterien sind Siedetemperatur, Dampfdruck, empirische Verfahren, Listen. In Übereinstimmung mit der EU-Vorgabe definiert die 31. BImSchV organische Stoffe als flüchtig, die bei 20° C oder unter den spezifischen Bedingungen der Verarbeitung einen Partialdampfdruck über 10 Pa aufweisen. Hierdurch ergeben sich signifikante Abweichungen zum Begriff Lösemittel, wie er in Deutschland üblicherweise vorher gebräuchlich war.

Für die Beurteilung, ob Anlagen genehmigungsbedürftig sind oder ob Schwellen für die Anwendung der Lösemittelverordnung überschritten werden, ist der Lösemittelverbrauch Ausschlag gebend. Die emissionsbegrenzenden Anforderungen beziehen sich jedoch auf VOC. Bei genehmigungsbedürftigen Anlagen ist für die Emission nicht flüchtiger organischer Stoffe zusätzlich die Technische Anleitung Reinhaltung der Luft (TA Luft) heran zu ziehen.

2 Betriebliche Wahlmöglichkeiten

Grundsätzlich gibt es für die Betriebe, die übliche Lösemittel verwenden, verschiedene Möglichkeiten, die Übereinstimmung mit den Anforderungen der Richtlinie zu erreichen:

- Grenzwert für die Gesamtemission in Gramm emittierter Lösemittel je m² Rohbaukarosflächen (Fahrzeuglackierung mit Lösemittelverbrauch über 15 Tonnen pro Jahr),
- Emissionsgrenzwert für Abgase in Milligramm Kohlenstoff je m³ gefasstes Abgas zuzüglich einem Grenzwert für diffuse Emissionen als Prozentsatz der eingesetzten Lösemittel,
- Spezifischer Reduzierungsplan mit Festlegung einer Zielemission (Summe aus gefasster und diffuser Emission) im Verhältnis zum Feststoffverbrauch,

- Allgemeiner (beliebiger) Reduzierungsplan, für den eine Gleichwertigkeit zum Reduzierungsplan mit definierter Zielemission nachgewiesen werden kann,
- Vereinfachten Reduzierungsplanes, bei dem ein Betrieb definiert lösemittelarme Produkte einsetzt und dafür von den Mess- und Bilanzierungspflichten der anderen Konzepte befreit wird. Der vereinfachte Reduzierungsplan orientiert sich an produktbezogenen VOC-Werten.

Die Einhaltung der Gesamtemissionsgrenzwerte, des diffusen/unbehandelten Emissionsanteils oder des spezifischen Reduzierungsplans muss durch eine Lösemittelbilanz nachgewiesen werden, die jährlich mit Sachkenntnis zu erstellen ist. Kernaufgabe der Bilanz ist es, den gesamten Lösemittleinsatz zu erfassen und den Verbleib der Lösemittel im Betrieb nach einem fest gelegten Schema nach zu vollziehen. Neben der verordnungstechnischen Funktion kann die Lösemittelbilanz durchaus ein Hebel zur Verbesserung der Effizienz des Lackierprozesses sein. So lässt sich kontrollieren, ob ein Betrieb das sinnvoll Mögliche zur Vermeidung und Verminderung von Umweltbelastungen getan hat. Prozessintegrierter Umweltschutz basiert auf einem möglichst umfassendem Stofffluss-Management.

3 Systematische Produkt- und Prozessvergleiche – Beispiele

Tab. 1: Maschinenlackierung – Grundierung

		1K-PVB-Harz	2K-Epoxidharz
Festkörper	Gew.-%	34	58
Lösemittel	Gew.-%	66	42
Filmdicke	µm	30	30
Trockenfilmdichte	g/cm ³	2,2	1,45
Auftragwirkungsgrad	%	45	45
Lackverbrauch	kg/Einheit	95,0	36,3
Lösemittleinsatz	kg/Einheit	62,7	15,3
Trockentemperatur	°C	70	60
VOC-Richtlinie		Abluftreinigung	Spezif. Reduz.plan, evtl. ALR Trockner bei LM-Verbrauch > 15 t/a

Bei Stückzahlen bis 600 Einheiten pro Jahr ist im gegebenen Fall die Umstellung auf Elektrotauchgrundierung technisch und wirtschaftlich nicht sinnvoll, da sie wie auch wasserverdünnbare Tauch- oder Spritzlacke eine wesentlich verbesserte Rohbauqualität und deutlich höhere Trocknungstemperaturen erfordern würden. Es gibt jedoch auch im Segment der lösemittelhaltigen Produkte Alternativen. Entscheidend für die Materialeinsparung bei Verwendung von Epoxidharzlacken an Stelle von Polyvinylbutyralharzlacken ist die Kombination aus Festkörpererhöhung und Reduzierung der Trockenfilmdichte. Einschließlich Lösemitteldecklack (2K-PUR-HS) und Reinigungsverdünnungen reicht bei einem Lösemittelverbrauch bis 15 t/a (entspricht ca. 600 Einheiten) die reine Lacksubstitution, um die Anforderungen der Lösemittelverordnung zu erfüllen. Bei Vergrößerung der Kapazität müsste neben der erforderlichen genehmigungsrechtlichen Anpassung der Trockner mit einer Abluftreinigung ausgestattet werden.

Tab. 2: Fasslackierung

		Lösemittel.	Wasserlack	2K-HS-Lack	Pulverlack
Festkörper	Gew.-%	58	45	73	100
Lösemittel	Gew.-%	42	0,5	27	0
Wasser	Gew.-%	0	54,5	0	0
Filmdicke	µm	20	20	20	40
Auftragwirkungsgrad	%	55	55	60	97
Lackverbrauch	g/Einheit	187	242	137	170
Lösemittelseinsatz	g/Einheit	79	1,5	37	0
Overspray	g FK/Ein.	49	49	40	5
Vorbehandlung		nein	(nein)	nein	ja
Trockentemperatur	°C	5'/160	5'/80+5'/160	5'/170	5'/180
Beschichtungszeit	sec.	5	5	5	15
VOC-Richtlinie		Abluftreini- gung	Vereinfachter Reduz.plan	Spezifischer Reduz.plan	Keine Anwendung

Durch die prozessbedingt höheren Schichtdicken kann Pulverlack seine Vorteile nicht richtig geltend machen. Das wesentlichere Manko liegt zudem in der notwendigen Depositionszeit der Pulverpartikel, die im Vergleich zu airless-applizierten Flüssiglacken beim Dreifachen liegt und mit entsprechenden Kapazitätseinbußen verbunden ist. Der Wasserlack mit weniger als 1 % Lösemittelanteil ist trotz der schwierigeren Trocknung die vorteilhafteste Lösung. Bis ca. 5.000 Betriebsstunden pro Jahr wird die untere Schwelle von 5 t/a Lösemittelverbrauch nicht erreicht. Bei längerer Betriebszeit ist der vereinfachte Reduzierungsplan anwendbar.

Beispiel 3: Elektroschränke (600 m²/h Standardfarbtöne, 400 m²/h Sonderfarbtöne)

Anlagenteil	Festkörper [kg/h]	Festkörper [t/a]	Lösemittel [kg/h]	Lösemittel [t/a]	Zulässige VOC-Em. [t/a]
60 % Pulverlack 60 µm	56,0	224,0	0	0	
40 % Flüssiglack 40 µm	44,8 (55 %)	179,2	35,8	143,2	
Spülmittel			2,0	8,0	
Summe	100,8	403,2	37,8	151,2	151,2

Betriebe, die ausschließlich Pulver lackieren oder vollständig auf Pulverlack umstellen werden, müssen sich natürlich über die Anwendung der Verordnung keine weiteren Gedanken machen. Es ist allerdings davon auszugehen, dass es für die zukünftige Entwicklung der Pulverlackierung mit entscheidend ist, ob gemischte Konzepte zum Tragen kommen können:

- Objektreinigung/Entfettung/Vorbehandlung mit organischen Lösemitteln (ohne HKW),
- Technologiemix, Hauptfarbtöne mit Pulverlack, Sonderfarbtöne mit Lösemittellack
- Mischaufbauten, Pulverlackeinsatz nur für einzelne Lackschichten

Für diese Fälle grenzt sich das Spektrum der Lösungsmöglichkeiten ein, da Reinigung der Spritzkabinenabluft als Konkurrenzkonzept aufzufassen ist und der vereinfachte Reduzierungsplan nicht anwendbar ist. Es verbleiben im Wesentlichen zwei Lösungsansätze:

- Absenkung des Lösemittelverbrauchs unter die relevanten Schwellen
- Spezifischer Reduzierungsplan

Wie das Beispiel zeigt, bietet der Reduzierungsplan ausreichend Spielraum, um Lösungen zu realisieren, bei denen nicht 100 % der Anlage auf Pulverlack umgestellt werden muss. Dadurch sollte es möglich sein, aus dem immer noch großen Segment der Flüssiglacke das Potenzial für Umstellungen zu erschließen.

Beispiel 4: Kunststofflackierung (Kfz.-Anbauteile)

	Verbrauch LM [t/a]	Festk. [t/a]	Lösem. [t/a]	Verbrauch WV [t/a]	Festk. [t/a]	Lösem. [t/a]	VOC-Em. [t/a]
Primer	42,8	17,7	25,1	40,2	17,7	5,3	4,4
Spülverd.	12,0	-	12,0	12,0	-	1,2	1,2
Basislack	37,9	8,1	29,8	37,9	8,1	6,1	5,1
Spülverd.	18,0	-	18,0	18,0	-	1,8	1,8
Klarlack	32,3	15,6	16,7	33,2	15,6	5,0	0,1
Spülverd.	8,2	-	8,2	8,2	-	0,8	0,8
Summe		41,4	109,8		41,4 x0,37 =15,5	20,2	13,4 ./ Recycling Lackschlamm
VOC-Richtlinie			Abluftreinigung				Spezifischer Reduz.plan

Nur durch Verzicht auf den Primer könnte die Anlage den Lösemittelverbrauch unter 15 t/a drücken und damit genehmigungsrechtlich und technisch Vereinfachungen erzielen. Die Einhaltung der nach dem spezifischen Reduzierungsplan erlaubten Emission von 15,5 t/a VOC wird u. a. dadurch erreicht, dass hochsiedende Lösemittel eingesetzt werden, die nicht als VOC gelten. Wenn diese Maßgabe von der Genehmigungsbehörde nicht akzeptiert wird, müsste geprüft werden, ob durch Auffangen der Reinigungsverdünnung und Lösemitteltransfer in den Abfall das Minderungsziel erreicht wird. Im Zweifelsfall muss letztlich trotz vollständigen Einsatzes wasserverdünnbarer Lacke partiell Abluftreinigung für Trockner ergänzt werden.

Beispiel 5: Beschichtung von Holzbearbeitungsmaschinen

	MS Lack	HS Lack
Lösemittelverbrauch für Entfettung	34 t/a	2 – 34 t/a
Zulässige Emission	75 mgC/m ³ od. 20 % VOC-Ant.	75 mgC/m ³ od. 20 % VOC-Ant.
Max. Lackverbrauch (Einschichtdecklack 2K PU)	40 t/a	36.9 t/a
Lösemittelgehalt	40 %	35 %
Maximaler Lösemittelverbrauch	16 t/a	12.9 t/a
Zulässige Emission gemäß Reduzierungsplan	9 t/a	14.4 t/a
Abluftreinigung	Teilweise	Keine
Gesamtlösemittelverbrauch (Anlagenkapazität)	50 t/a	14.9 – 46.9 t/a

Für viele Metalluntergründe sind Pulverlacke, Elektrottauchlacke und Wasserlacke gangbare Lösungen, um die Umweltauflagen zu erfüllen. Allerdings gibt es etliche Fälle, wo Größe und Masse der Lackierobjekte, spezielle Qualitätsanforderungen oder spezielle Prozessbedingungen für diese alternativen Materialien ungünstig sind. Hinzu kommt, dass grundsätzliche Prozessänderungen mit erheblichen Investitionen für neue Anlagen verbunden sind und eine Reihe weiterer Prozessänderungen nach sich ziehen können. Deshalb möchte eine nicht geringe Anzahl von Unternehmen weiterhin lösemittelhaltige Lacke verarbeiten ohne den Zwang, große Abluftreinigungsanlagen für Spritzkabinenabluft zu errichten.

Die folgende Tabelle zeigt eines der generellen Probleme beim Beschichten großer Maschinen. Es bedarf einer Entfettung vor dem Lackauftrag. Aufgrund von Größe und Masse ist die manuelle Entfettung als Vorbehandlung der Oberfläche weit verbreitet. Wässrige Entfettung ist zwar technisch machbar, erfordert aber einen zusätzlichen Trocknungsschritt. Die Lösemittelentfettung muss also gemäß 31. BImSchV verbessert werden, sofern mehr als 1 t/a Lösemittel verbraucht wird. Alternativ können Lösemittelgemische mit maximal 20 % VOC-Anteil eingesetzt werden.

Die Lösung für den Lackteil ist ziemlich einfach, da eine relativ geringe Erhöhung des Festkörpergehalts ausreicht, um die Anforderungen des Reduzierungsplans zu erfüllen. Lösemittelhaltige Lacke werden bevorzugt, da sie ungenügende Entfettung kompensieren. Wenn keine VOC-armen Entfettungsmittel gefunden werden können, muss die Entfettung gekapselt werden. Die einzige Frage ist dann, ob eine spezielle Vorbehandlungsmaschine konzipiert werden kann oder ob der ganze Arbeitsbereich eingehaust wird, in dem weiterhin die manuelle Entfettung bestehen bleibt. Im Fall optimierter Kapselung mit Lösemittelrückgewinnung könnte der Lösemittelverbrauch drastisch reduziert werden, so dass eine immissionsrechtliche Genehmigung für Anlagen über 15 t/a Lösemittelverbrauch eventuell vermieden werden könnte.

Lackverbrauchszahlen basieren auf der Annahme eines unveränderten Festkörperverbrauchs. Wenn der Festkörpergehalt um 5 % erhöht wird, sinkt der Lackverbrauch um 7,8 % und der Lösemittelverbrauch um 19,4 %. Selbst wenn der Lackpreis je kg für das festkörperreiche Material geringfügig höher wäre, bleiben die Kosten je Maschine auf dem selben Niveau. Zusatzkosten für Umweltmaßnahmen werden vermieden.

Beispiel 6: Beschichtung von Anhängern und Aufbauten

Lack	Verb1 [kg/a]	VOC [%]	VOC1 [kg/a]	FK1 [%]	FK1/2 [kg/a]	FK2 [%]	Verb2 [kg/a]	Voc [%]	VOC2 [kg/a]
Spachtel	3.622	15,5	559	84,5	3.063/3.339	92,2	3.622	7,8	283
Washprimer	780	71,2	555	28,8	225		780		555
Primer	44	59,4	26	40,6	18		44		26
Füller	9.255	31,0	2.868	69,0	6.387/5.748	84,5	6.799	15,5	1.051
Decklack	13910	44,5	6.189	55,5	7.721/6.949	71,6	9.705	28,4	2.756
Basislack	1.406	77,2	1.085	22,8	321	24,5	1.310	8,8	115
Klarlack	779	52,2	406	47,8	373/335	63,0	532	37,0	197
Härter	9.958	62,9	6.266	37,1	3.692/3.323	48,0	6.922	52,0	3.599
Verdünnung	3.932	100	3.932	0	0		1.966		1.966
Sonderprod.	50	32,0	16	68,0	34		50		32
Reinigung	2.670	100	2.670	0	0		1.335		1.335
Gesamt	46406		24572		21834/20292		33065		11915

Ein früherer Reparaturlackierbetrieb hat erfolgreich Tätigkeiten im Bereich der Anhänger- und Aufbautenlackierung ausgebaut und auf diese Weise kontinuierlich seinen Lack- und Lösemittelverbrauch gesteigert. Nachdem die Schwelle von 15 t/a Lösemittelverbrauch überschritten wurde, war der Betrieb gefährdet, da aus planungsrechtlichen Gründen am gegebenen Standort keine immissionsrechtliche Genehmigung erteilt werden konnte. Ein Wechsel auf Wasserlacke würde die Kapazität des Betriebs berühren, da der Prozess auf einer Nass-in-nass-Lackierung von Grundierung und Decklack basiert. Das Ziel einer Kapazitätserhöhung bei gleichzeitiger Reduzierung der täglichen Arbeitszeit (aus privaten Motiven) konnte nur mittels lösemittelhaltiger Lacke erreicht werden. Zusätzlich zum Materialaustausch (in Richtung festkörperreicher Produkte) wurden Verbesserung in der Applikationstechnik (HVLP-Pistolen) und bei den Lackversorgungsleitungen (Verkürzung von 27 m Länge auf 10 m, dadurch Erleichterung der Reinigung) umgesetzt

Beim Spachtel berücksichtigt die neue Berechnung, dass etwa die Hälfte des Reaktivverdünners (Styrol) im Festkörper gebunden wird und nur der wirklich flüchtige Anteil als VOC klassifiziert wird. Das Potenzial des Nass-in-nass-Füllers zur VOC-Minderung wäre noch größer, wenn er mit einem HS-Härter (75 % Festkörper statt 48 %) kombiniert würde. Das einzige wasserverdünnbare Material auf der rechten Seite der Tabelle ist der Basislack für die Anwendungsfälle, wo Kunden eine Zweischichtlackierung wünschen.

Eine Preiserhöhung von 15 bis 20 % je kg HS-Material wird durch den verminderten Verbrauch bei Weitem ausgeglichen.

Beispiel 7: Beschichtung von Metall- und Kunststoff-Fahrzeugteilen

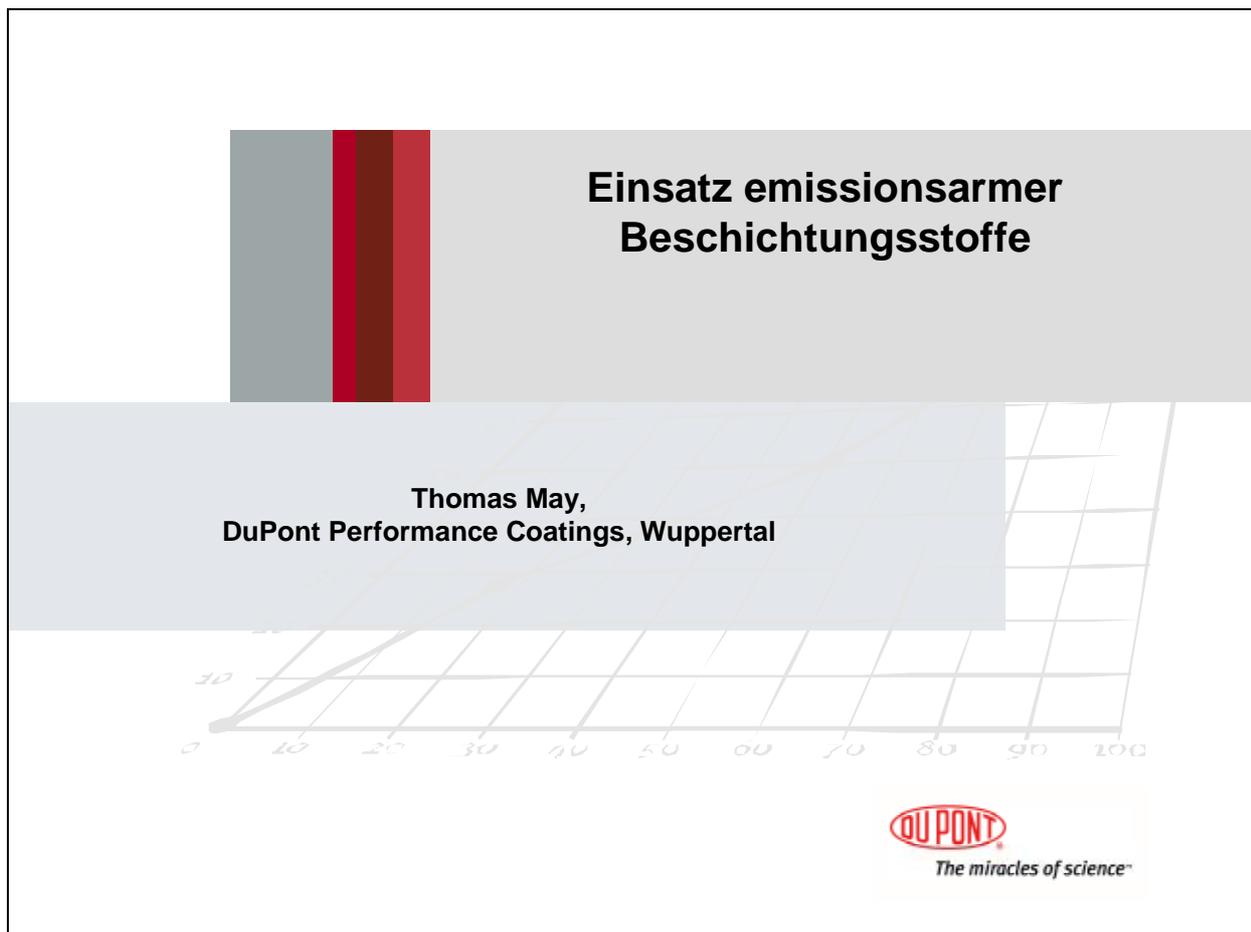
Lack	Verb1 [kg/a]	Voc [%]	VOC1 [kg/a]	Fk1 [%]	Fk1/2 [kg/a]	Fk2 [%]	Verb2 [kg/a]	Voc [%]	VOC2 [kg/a]
Spacht.	1.000	8,5	85	91,5	915		1.000		85
Schleifp.	3.900	29,5	1.150	70,5	2.750		3.900		1.150
Füller	88.000	32,4	28512	67,6	59488/53235	84,5	63.000	15,5	9.765
Deckl.	133000	42,2	56126	57,8	76874/70884	71,6	99.000	28,4	28.116
Elastad	4.100	22,3	914	77,7	3.186/3.108	77,7	4.000	22,3	892
Basisl.	5.050	77,3	3.904	22,7	1.146	24,5	4.680	8,5	398
Klarl.	10.400	54,0	5.616	46,0	4.784/4.536	63,0	7.200	37,0	2.664
Härter	66.300	54,5	36134	45,5	30166/27000	75,0	27.000	25,0	9.000
Verd.	28.600	100	28600	0	0		15.000		15.000
Spez.	275	46,3	127	53,7	148		275		127
Reinig.	137000	100	2.670	0	0		120000	30	36.000
Struktur	22.000	42,0	9.240	58,0	12.760	54,0	23.600	10,0	2.360
Pulver	2.000	0	0	100	2.000/3.000	100	3.000	0	0
Gesamt	501625		307408		194217/179422		380645		105592

Der Hintergrund dieses Falls ist ganz ähnlich wie beim Vorherigen. Wegen des erfolgreichen Beschichtens aller Arten von LKW-Teilen (Dächer, Stoßfänger, Windabweiser usw.) ist der Standort sehr viel schneller gewachsen. Eine spezielle Anforderung im Nutzfahrzeugbereich ist es, einen Teilesatz in mehr als 800 Farbtönen herzustellen, auch wenn mehr als die Hälfte der Teile weiß ist. Im gegebenen Fall hat der Betriebseigner Roboterapplikation mit Hochrotationsglocken (nur mit Lenkluft, ohne Elektrostatik) eingeführt. Dies hängt mit der großen Oberfläche einiger Teile zu-

sammen. Als zusätzlicher Vorteil der automatischen Applikation erwies sich bei Einführung der HS- und VHS-Materialien, dass die Erzeugung definierter Schichtdicken einfacher erreicht werden konnte. Ein Nachteil der automatischen Applikation ist das Erfordernis, lange Schlauchleitungen zu spülen. Als Folge hiervon hatte der Verbrauch an Reinigungslösemitteln ein unglaubliches Volumen erreicht. Füller und Decklack werden nass-in-nass verarbeitet. Aufgrund des hohen Kunststoffanteils sind die Trocknungsbedingen auf forcierte Lufttrocknung begrenzt.

Aus genehmigungsrechtlichen Gründen sollte der Verbrauch an VOC-Lösemitteln die Schwelle von 200 t/a nicht überschreiten. Um dennoch Kapazität für zusätzliche Lackierprojekte zu schaffen, wurde dieses Ziel durch Einführung eines Spülmittels mit geringem VOC-Anteil erreicht. Nur 30 % des Spülmittels sind als VOC klassifiziert (Dampfdruck bei 20° C unter 0,01 kPa). Der Rest besteht aus hochsiedenden Lösemitteln, die einfach rückzugewinnen sind. Aufgrund der Rückgewinnung, sparsamen Materialeinsatzes und Abfallmanagements ist die geplante VOC-Emission des Betriebs unter 67 t/a, was den Anforderungen des Reduzierungsplans für die Metall- und Kunststoffbeschichtung genügt.

Eine Preiserhöhung von 15 bis 20 % je kg HS-Material wird durch den verminderten Verbrauch bei Weitem ausgeglichen.



Betriebliche Umsetzungskonzepte der Lösemittel-Verordnung

Bereich	Fahrzeugreparaturlackierung Erstlackierung Anhänger Fahrzeugaerlackierung ≤ 15 t/a				Fahrzeugaerlackierung Kunststofflackierung am Standort mit Serienlack		Metall- und Kunststofflackierung a. > 5 t/a Lösemittelverbrauch b. > 15 t/a Lösemittelverbrauch						Objektreinigung Entfettung > 1 t/a ohne HKW-Eins.		
	K 1 Abluft- reinigung	K 2 Spezifisch Reduzie- rungsplan	K 3 Vereinfach. Reduzie- rungsplan	K 4 Allgemein. Reduzie- rungsplan	K 5 Gesamt- emissions- grenzwert	K 6 Reduktion Verbrauch, Auslagerg.	K 1 Abluft- reinigung	K 2 Spezifisch Reduzie- rungsplan	K 3	K 4	K 6	K 1	K 3	K 6	
Anwendung Neuanlagen	sofort, bei wesentl. Änderung	S1: sofort S2: 11/04	S1: sofort S2: 11/04	S1: sofort S2: 11/04	sofort	sofort	sofort, bei wesentlicher Änderung	S1: sofort S2: 11/04	s.n.	s.n.	s.n.	s.n.	s.n.	s.n.	
Anwendung Altanlagen	Anzeige 8/03 11/07	Anz. 8/03 S1: 11/05 S2: 11/07	Anz. 8/03 S1: 11/05 S2: 11/07	Anz. 8/03 S1: 11/06 S2: 11/07	11/07	Anz. 8/03 S1: 11/06, S2: 11/07	Anzeige 8/03 Umsetzung 11/07	Anz. 8/03 S1: 11/05 S2: 11/07	s.n.	s.n.	s.n.	s.n.	s.n.	s.n.	
Anforderung Neu- und Altanlagen	50 mg C/m ³ 25 % diffus/ unbehandelt	1 kg VOC je kg FK	CEPE- Liste/VDI- Richtlinie		35 - 150 g/m ³	K 1 - K 4 ARL + Kunststoff- lack	a. 100 mg C/m ³ 25 % diffus/unt. b. 50 mg C/m ³ 20 % diffus/unt. TAR 20 mg C/m ³	a. 0,6 kg VOC je b. 0,375 kg VOC je kg FK	250 g/l			75 mg C/m ³	20% LM- Teil		
Messung	3 J., extern	ergänzend					3 Jahre, extern	ergänzend				s.n.			
Bilanz	unbehandelt/ diffuser Teil	jährlich Anz. 10/04 (Sachkenn)	Anz. 10/04 Anteil Sonderlack	Anzeige 10/04			unbehandelter/ diffuser Anteil	jährlich Anz. 10/04 (Sachkenn)	s.n.	s.n.		s.n.	s.n.	s.n.	
Reinigung	einschließlich Objekt- und Gerätereinigung				Anlagenreinnig.		einschließlich Gerätereinigung								
Zusätzliche Anforderung	Geruchsmissionsrichtlinie VDI 3456 (Partikelgrenzwert 5 mg/m ³) Besondere Stoffe (CMR/R40+HKW) IVU-Richtlinie (> 200 t/a Lösemittelverbrauch)				GIRL, TA Luft, VDI 3455 Besondere Stoffe (CMR/R40+HKW) IVU-Richtlinie (> 200 t/a)		Automat. Applikation bahnenf. Materialien Flugzeug, Lebensmittelkont., Textil, Papier GIRL, TA Luft, Regelungen für Entfettung Besond. Stoffe (CMR/R40), IVU-Richtlinie						GIRL Besondere Stoffe (CMR/R40+HKW) IVU-Richtlinie		



Anlagebezogener Emissionsgrenzwert (mg C/m³) für gefasste behandelte Luft

Tätigkeitsbereich		Löse- mittel- ver- brauch	Emissionsgrenzwerte für gefasstes behandeltes Abgas*				Grenzwert diffuse Emis- sionen**
Nr.	Anlagen- bezeichnung		Appli- kation	Trock- ner	TAR	Rück- gewin.	
		[t/a]	[mg C/m ³]	[mg C/m ³]	[mg C/m ³]	[mg C/m ³]	[%]
2.1	Oberflächen- reinigung	> 1-10	75	75			20
		> 10	75	75			15
5.1	Reparaturlackierung	> 0	50	50			25
6.1	Bandblech- beschichtung	> 10	50	50	20	75	3***
8.1	Metall- und Kunst- stoff-Beschichtung	> 5-15	100	100			25****
		> 15	50	50	20		20****
9.2	Holz- und Holzwerk- stoff-Beschichtung	> 15-25	100	100			25
		> 25	50	50	20		20
10.1	Textil- und Gewebe- Beschichtung	> 5-15	100	100			15
10.2	Folien- und Papier- Beschichtung	> 15	50	50	20	75	10
14.1	Klebebeschichtung	> 5-15	50	50		100	25****
		> 15	50	50	20		20****

*) Für Altanlagen mit vorhandener Abluftreinigung gelten bis Ende 2013 geringere Anforderungen

**) diffuse Emission: Lösemittel in unbehandeltem Abgas, Abwasser, Lackiergut, ungenutzter Abluft u.ä.

***) 6% bei Altanlagen bis Ende 2013

****) jeweils 10 Prozentpunkte weniger bei automatisierter Beschichtung bahnenförmiger Materialien



Vereinfachter Reduzierungsplan

Einsatz von Produkten mit max. VOC Werten

Tätigkeitsbereich	VOC-Werte Stufe 1***	VOC-Werte Stufe 2	VOC-Werte ab 2010
Reparaturlackierung			
- Werkzeugreiniger	850 g/l	850 g/l	850 g/l
- Vorreinigungsmittel	20% LM-Gehalt	20% LM-Gehalt	20% LM-Gehalt
- Spachtel	250 g/l	250 g/l	250 g/l
- Waschprimer	780 g/l	780 g/l	780 g/l
- Grundierung/Füller	540 g/l	540 g/l	250 g/l
- Nass-in-nass-Füller	540 g/l	540 g/l	420 g/l
- Einsicht-Decklack	600 g/l	420 g/l	420 g/l
- Basislack	420 g/l	420 g/l	420 g/l
- Klarlack	600 g/l	420 g/l	Stand der Technik
- Spezialprodukte*	840 g/l	840 g/l	Stand der Technik
Oberflächenreinigung		20% LM-Gehalt	
Metall-/Kunststoff-Beschichtung			
- Beschichtungsmittel	325 g/l	250 g/l	
- Reinigungsmittel	30% LM-Gehalt	20% LM-Gehalt	
Holzbeschichtung**			
- Plane Oberflächen	?	250 g/l	
- Sonstige Oberflächen	?	450 g/l	
- Wässrige Beizen	?	300 g/l	
Textil-/Gewebe-Beschichtung			
- Beschichten/Bedruck.		0,8 g C/kg Textilie	
- Verschleppung/Restg.		0,4 g C/kg Textilie	
Klebebeschichtung	7,5% LM-Gehalt	5% LM-Gehalt	

*) Anteil der Spezialprodukte darf 10% der Gesamtmenge nicht überschreiten
 **) Anlagen bis 15 t/a Lösemittelverbrauch, besonderer Zeitrahmen, besondere VOC-Wert-Definition
 ***) Stufe 1-Werte sind beispielhafte Rechnungen, Verordnung enthält nur Stufe 2-Werte



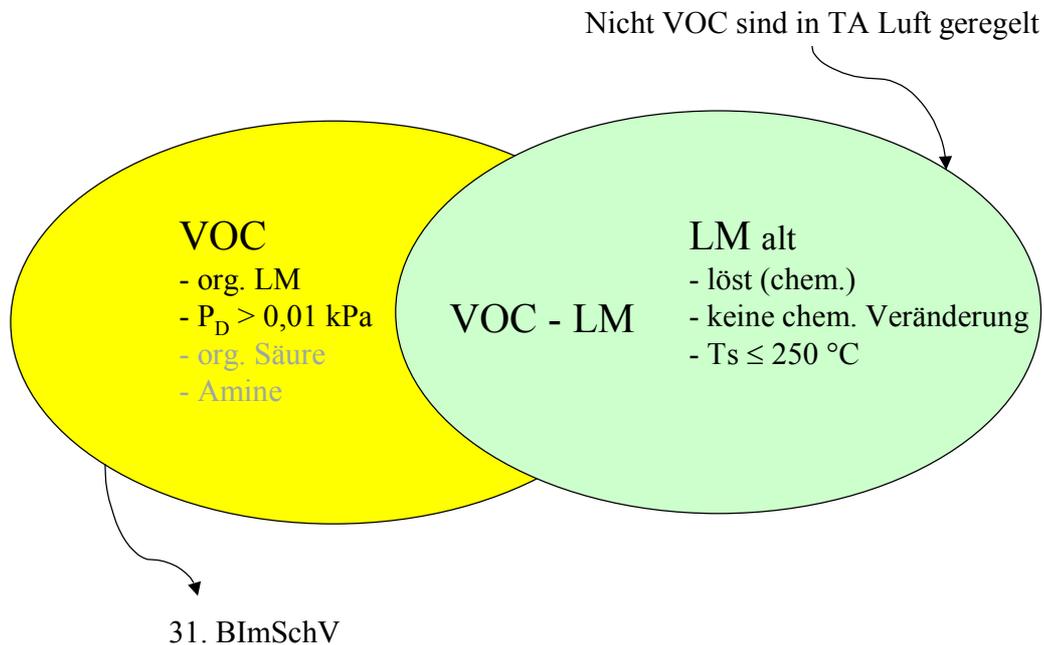
Nr.	Anlagenbezeichnung	Lösemittelverbrauch [t/a]	Zielemissionsgrenzwerte				Vereinfachter Red.plan
			Faktor Bezugsemission	%-Satz Ziel-emission	VOC-Ziel-emission Stufe 1 [kg/kg FK]	VOC-Ziel-emission Stufe 2 [kg/kg FK]	
5.1	Reparaturlackierung	> 0	2,5	40	1,5	1,0	Ja
6.1	Bandblechbeschichtung	> 10	2,5	8	0,3	0,2	
8.1	Metall u. Kunststoff-Beschichtung* Automatisierte Beschichtung bahnenförmiger Materialien	> 5-15	1,5	40	0,9	0,6	Ja
		> 15		25	0,5625	0,375	
		> 5-15		30	0,675	0,45	Ja
		> 15		15	0,3375	0,225	
9.1	Holz- und Holzwerkstoff-Beschichtung	> 5-15	4	40	2,4	1,6	Ja
9.2	Textil- und Gewebe-Beschichtung	> 15-25	3**	40	1,8	1,2	
		> 25		25	1,125	0,75	
		> 5-15		4	30	1,8	1,2
10.2	Folien- und Papier-Beschichtung	> 15		15	0,9	0,6	Ja***
14.1	Klebebeschichtung Automatisierte Beschichtung bahnenförmiger Materialien	> 5-15	3	30	1,35	0,9	Ja
		> 15		25	1,125	0,75	
		> 5-15		20	0,9	0,6	Ja
		> 15		15	0,675	0,45	
8.1	Beschichtungen für Kontakt	> 5-15	2,33	40	1,4	0,933	Ja
10.1	mit Lebensmitteln;	> 15		25	0,875	0,583	
10.2	Beschichtungen für Luft- und Raumfahrt	> 5-15		30/20	1,05/0,7	0,7/0,467	Ja
14.1		> 15		15	0,525	0,35	

*) Hierzu gehört auch die Beschichtung von Schienenfahrzeugen gemäß Ausnahmebestimmung
 **) Faktor 4, wenn der Auftragswirkungsgrad des gewählten Verfahrens über 85% liegt
 ***) Vereinfachter Reduzierungsplan ist nur für Textil- und Gewebebeschichtung definiert

Spezifischer Reduzierungsplan



Definition Flüchtigkeit / Lösemittel



	EU	A	CH	D	UK	US
Definitionen von Flüchtigkeit	$P_v > 10 \text{ Pa}$	$T_s < 200^\circ$ Ausn.	$T_s < 240^\circ$	$T_s < 250^\circ$	Test 110°/60'	Test 110°/60' Ausn.
	VOC					
Texanol 1)	-	-	-	X	(X)	(X)
Diethylenglykol	-	-	-	X	(X)	(X)
Propylencarbonat	-	-	-	X	(X)	(X)
Phenoxypropanol	-	-	-	X	(X)	(X)
Butyldiglykolacetat	-	-	(-)	X	(X)	(X)
Butyldiglykol	-	-	(X)	X	(X)	(X)
Dipropylenglykolbutyether	-	-	(X)	X	(X)	(X)
Dipropylenglykol	-	-	(X)	X	(X)	(X)
i- Decanol	-	-	(X)	X	(X)	(X)
Phenylethanol	-	-	(X)	X	(X)	(X)
Hexoxyethanol	-	-	(X)	X	(X)	(X)
Methyldiglykol	-	X	(X)	X	(X)	(X)
Norpar (n-Paraffin)	-	(X)	(X)	X	(X)	(X)
Terpentin	-	X	(X)	X	(X)	(X)
Benzylalkohol	X	-	(X)	X	(X)	(X)
Styrol	(X)	-	X	X	(X)	(X)
Propanol	X	-	X	X	X	X
Ethanol	X	-	X	X	X	X
Aceton	X	(X)	X	X	X	-

1) Hochsieder Esteralkohol (Handelsname)



Wirtschaftlichkeit von Lackierprozessen

Interne Faktoren

- Materialausnutzung / Verlustvermeidung
- Prozesssicherheit / Nacharbeitsvermeidung
- Energieeinsatz

Externe Faktoren

- Emissionsminderung
- Abfallvermeidung / Recycling
- Gesundheitsschutz



Wirtschaftlichkeit von Lackierprozessen

Periphere Faktoren

- Lacklagerung
- Entsorgungskosten
- Abwasserbehandlung
- Sicherheitstechnische / arbeitsmedizinische Überwachung
- Versicherungsprämien



Materialausnutzung und Verlustvermeidung

$$\text{Lackverbrauch} \quad M = \sum_{i=1}^n \frac{A_i \cdot d_i \cdot \rho_i}{\eta_i \cdot FK_i} + FW$$

Σ : Summenzeichen für mehrschichtigen Lackaufbau

A_i : Lackierte Fläche je Lackschicht und pro Zeiteinheit

d_i : Trockenfilmdicke je Lackschicht

ρ_i : Trockenfilmdichte je Lackschicht

η_i : Auftragswirkungsgrad je Lackschicht

FK_i : Festkörperanteil des Lackes in der Verarbeitungskonsistenz

FW : Farbwechselerluste und andere Verluste



Energieeinsatz im Lackierprozess

$$Q = m \cdot c_p \cdot \Delta T$$

Aufheizen der Masse von Lackierobjekt und Warenträger

Aufheizen des Transportsystems

Aufheizen der Frischluft (bei Konvektionstrocknern)

Wärmeleitung/ Wärmestrahlung des Trockners

Wärmeverluste an den Ein- und Auslaufschleusen

Wärmetauscherverluste

Nachgeschaltete Abluftreinigung

Verdunstung flüchtiger Lackbestandteile

Einfluss auf Kosten durch Lacktechnologie (nur bei niedrigen T_{Tr})



Maschinenlackierung - Grundierung

		1K-PVB-Harz	2K-Epoxidharz
Festkörper	Gew.-%	34	58
Lösemittel	Gew.-%	66	42
Filmdicke	µm	30	30
Trockenfilmdichte	g/cm ³	2,2	1,45
Auftragwirkungsgrad	%	45	45
Lackverbrauch	kg/Einheit	95,0	36,3
Lösemitteleinsatz	kg/Einheit	62,7	15,3
Trockentemperatur	°C	70	60
VOC-Richtlinie		Abluftreinigung	Spezif. Reduz.plan, evtl. ALR Trockner bei LM-Verbrauch > 15 t/a



Fasslackierung

		Lösemittel.	Wasserlack	2K-HS-Lack	Pulverlack
Festkörper	Gew.-%	58	45	73	100
Lösemittel	Gew.-%	42	0,5	27	0
Wasser	Gew.-%	0	54,5	0	0
Filmdicke	µm	20	20	20	40
Auftragwirkungsgrad	%	55	55	60	97
Lackverbrauch	g/Einheit	187	242	137	170
Lösemitteleinsatz	g/Einheit	79	1,5	37	0
Overspray	g FK/Ein.	49	49	40	5
Vorbehandlung		nein	(nein)	nein	ja
Trockentemperatur	°C	5'/160	5'/80+5'/160	5'/170	5'/180
Beschichtungszeit	sec.	5	5	5	15
VOC-Richtlinie		Abluftreini- gung	Vereinfachter Reduz.plan	Spezifischer Reduz.plan	Keine Anwendng



Elektroschränkelackierung (600 m²/h Standardfarbtöne, 400 m²/h Sonderfarbtöne)

Anlagenteil	Festkörper [kg/h]	Festkörper [t/a]	Lösemittel [kg/h]	Lösemittel [t/a]	Zulässige VOC-Em. [t/a]
60% Pulverlack 60 µm	56,0	224,0	0	0	
40% Flüssiglack 40 µm	44,8 (55%)	179,2	35,8	143,2	
Spülmittel			2,0	8,0	
Summe	100,8	403,2	37,8	151,2	151,2



Kunststofflackierung (Kfz-Anbauteile)

	Verbrauch LM [t/a]	Festk. [t/a]	Lösem. [t/a]	Verbrauch WV [t/a]	Festk. [t/a]	Lösem. [t/a]	VOC-Em. [t/a]
Primer	42,8	17,7	25,1	40,2	17,7	5,3	4,4
Spülverd.	12,0	-	12,0	12,0	-	1,2	1,2
Basislack	37,9	8,1	29,8	37,9	8,1	6,1	5,1
Spülverd.	18,0	-	18,0	18,0	-	1,8	1,8
Klarlack	32,3	15,6	16,7	33,2	15,6	5,0	0,1
Spülverd.	8,2	-	8,2	8,2	-	0,8	0,8
Summe		41,4	109,8		41,4 x0,37 =15,5	20,2	13,4 ./ Recycling Lackschlamm
VOC- Richtlinie			Abluftrei- nigung				Spezifischer Reduz.plan



Lackieren von Holzbearbeitungsmaschinen

	MS Lack	HS Lack
Lösemittelverbrauch für Entfettung	34 t/a	2 - 34 t/a
Zulässige Emission	75 mgC/m ³ od. 20 % VOC-Ant.	75 mgC/m ³ od. 20% VOC-Ant.
Max. Lackverbrauch (Einschichtdecklack 2K PU)	40 t/a	36.9 t/a
Lösemittelgehalt	40 %	35 %
Maximaler Lösemittelverbrauch	16 t/a	12.9 t/a
Zulässige Emission gemäß Reduzierungsplan	9 t/a	14.4 t/a
Abluftreinigung	Teilweise	Keine
Gesamtlösemittelverbrauch (Anlagenkapazität)	50 t/a	14.9 - 46.9 t/a



Lackieren von LKW-/Hänger-Aufbauten

Lack	Verb1 [kg/a]	VOC [%]	VOC1 [kg/a]	FK1 [%]	FK1/2 [kg/a]	FK2 [%]	Verb2 [kg/a]	Voc [%]	VOC2 [kg/a]
Spachtel	3.622	15,5	559	84,5	3.063/3.339	92,2	3.622	7,8	283
Washprimer	780	71,2	555	28,8	225		780		555
Primer	44	59,4	26	40,6	18		44		26
Füller	9.255	31,0	2.868	69,0	6.387/5.748	84,5	6.799	15,5	1.051
Decklack	13910	44,5	6.189	55,5	7.721/6.949	71,6	9.705	28,4	2.756
Basislack	1.406	77,2	1.085	22,8	321	24,5	1.310	8,8	115
Klarlack	779	52,2	406	47,8	373/335	63,0	532	37,0	197
Härter	9.958	62,9	6.266	37,1	3.692/3.323	48,0	6.922	52,0	3.599
Verdünnung	3.932	100	3.932	0	0		1.966		1.966
Sonderprod.	50	32,0	16	68,0	34		50		32
Reinigung	2.670	100	2.670	0	0		1.335		1.335
Gesamt	46406		24572		21834/20292		33065		11915



LKW-Teilelackierung (Kunststoff/Metall)

Lack	Verb1 [kg/a]	Voc [%]	VOC1 [kg/a]	Fk1 [%]	Fk1/2 [kg/a]	Fk2 [%]	Verb2 [kg/a]	Voc [%]	VOC2 [kg/a]
Spacht.	1.000	8,5	85	91,5	915		1.000		85
Schleifp.	3.900	29,5	1.150	70,5	2.750		3.900		1.150
Füller	88.000	32,4	28512	67,6	59488/53235	84,5	63.000	15,5	9.765
Deckl.	133000	42,2	56126	57,8	76874/70884	71,6	99.000	28,4	28.116
Elastad	4.100	22,3	914	77,7	3.186/3.108	77,7	4.000	22,3	892
Basisl.	5.050	77,3	3.904	22,7	1.146	24,5	4.680	8,5	398
Klarl.	10.400	54,0	5.616	46,0	4.784/4.536	63,0	7.200	37,0	2.664
Härter	66.300	54,5	36134	45,5	30166/27000	75,0	27.000	25,0	9.000
Verd.	28.600	100	28600	0	0		15.000		15.000
Spez.	275	46,3	127	53,7	148		275		127
Reinig.	137000	100	137000	0	0		120000	30	36.000
Struktur	22.000	42,0	9.240	58,0	12.760	54,0	23.600	10,0	2.360
Pulver	2.000	0	0	100	2.000/3.000	100	3.000	0	0
Gesamt	501625		307408		194217/179422		380645		105592



Landmaschinenlackierung

Produkt	Herst.-Nr.	Werkst.-Nr.	LM-Anteil	VOC-Anteil	Verbrauch kg	LM-Menge kg	FK-Menge kg
KTL-NT-Grundierung *	10390057	ZL 94762	0,306	0,318	69.370,00	21.227,22	45.090,50
KTL-Lösungsmittel	10003134	ZL 94763	1	1	6.840,00	6.840,00	0
					76.210,00	28.067,22	45.090,50
KH-Lackfarbe grün (ausbessern)	GD 10-670R	L 94882	0,47	0,47	760,00	357,20	402,80
KH-Lackfarbe gelb	GD 10-1110	L 94722	0,42	0,42	400,00	168,00	232,00
KH-Lackfarbe gelb (ausbessern)	GD 10-1110	L 94925	0,42	0,42	430,00	180,60	249,40
KH-Lackfarbe schwarz matt (ausb.)	GD 11-9451	L 94749	0,50	0,50	175,00	87,50	87,50
2K-HS-Lackfarbe grün	GM 12-6301	L 94724	0,34	0,34	56.026,00	19.048,84	36.977,16
2K-HS-Lackfarbe schwarz	GM 16-9427	L 94759	0,33	0,33	12.984,00	4.284,72	8.699,28
HS-Härter für grün u. schwarz	SC 29-0314	L 94726	0,49	0,49	17.710,00	8.677,90	9.032,10
Verdünnung	SV 13-0327	L 94723	1,00	1,00	690,00	690,00	0
Verdünnung	SV 43-0333	L 94725	1,00	1,00	7.959,00	7.959,00	0
Verdünnung	SV 43-0333	L 94757	1,00	1,00	850,00	850,00	0
Abdecklack	SL 99-0518	L 94719	0,50	0,50	150,00	75,00	75,00
Abziehlack	SL 83-5101	L 94918	0,50	0,50	135,00	67,50	67,50
KH-Spachtel	SP 08-7102	L 94569	0,50	0,50	61,60	30,80	30,80
2K-Spachtel	SP 69-1053	L 94577	(0,14)	0,07	96,00	6,72	89,28
Haerterpaste	SB 48-3360	L 94578	0,50	0,50	78,00	39,00	39,00
Eintopfprimer grün	GB 50-6301	ZL 94783	0,76	0,76	7.036,00	5.347,36	1.688,64
2K-Lackfarbe gelb	GM 35-1110	ZL 94785	0,38	0,38	2.574,00	978,12	1.595,88
Härter für 2K-Lackfarbe gelb	SC 29-0136	ZL 94786	0,77	0,77	825,00	635,25	189,75
Verdünnung	SV 41-0350	ZL 94784	1,00	1,00	1790,00	1.790,00	0
					110.729,60	51.173,51	59.456,09
KH-Lackfarbe grün (Spraydose)		L 94729	(0,86)	0,86	1.029,00	884,94	144,06
KH-Lackfarbe schwarz (Spraydose)		L 94750	(0,86)	0,86	427,00	367,22	59,78
KH-Lackfarbe gelb (Spraydose)		VU 7000	(0,86)	0,86	28,00	24,08	3,92
					1.484,00	1.276,24	207,76
					188.423,60	80.516,97	104.754,35



Lackauftragsverfahren mit verbessertem Wirkungsgrad

Dipl.-Ing. Dieter Ondratschek, Fraunhofer Institut Produktionstechnik und Automatisierung, Stuttgart

Die Entwicklung und Umsetzung von umweltverträglichen und wirtschaftlichen Lackierprozessen ist i.d.R. nur durch eine produkt- und produktionsspezifische („maßgeschneiderte“) Vorgehensweise möglich. Aufgrund der großen Vielfalt an Aufgabenstellungen bei der Lackierung von Produkten entstand folglich auch eine Vielzahl von Lackauftragsverfahren. Die in Abbildungen 1 und 2 dargestellten Lackierverfahren lassen sich in weitere Verfahrensvarianten gliedern, die darüber hinaus teilweise miteinander kombinierbar sind.

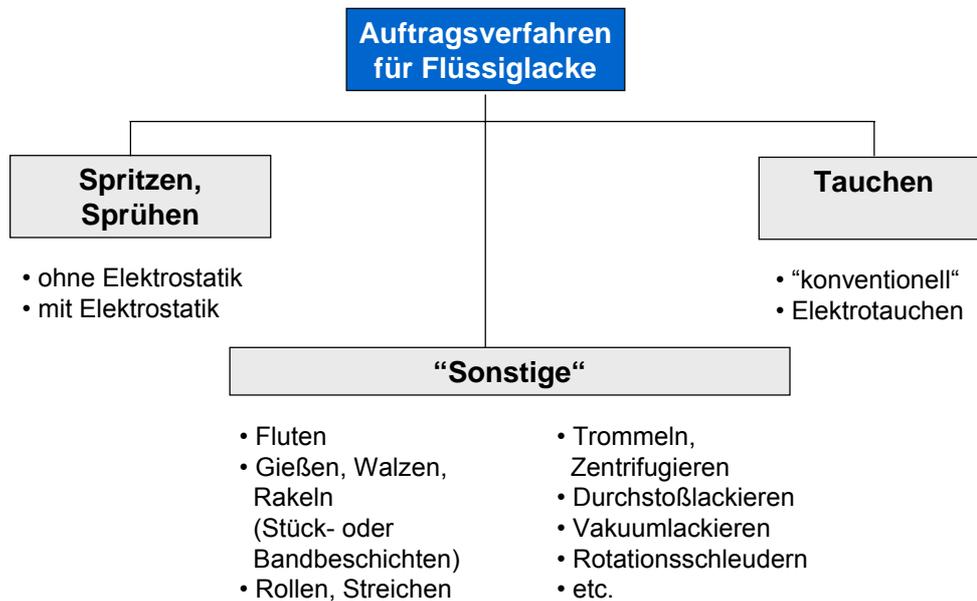


Abb. 1

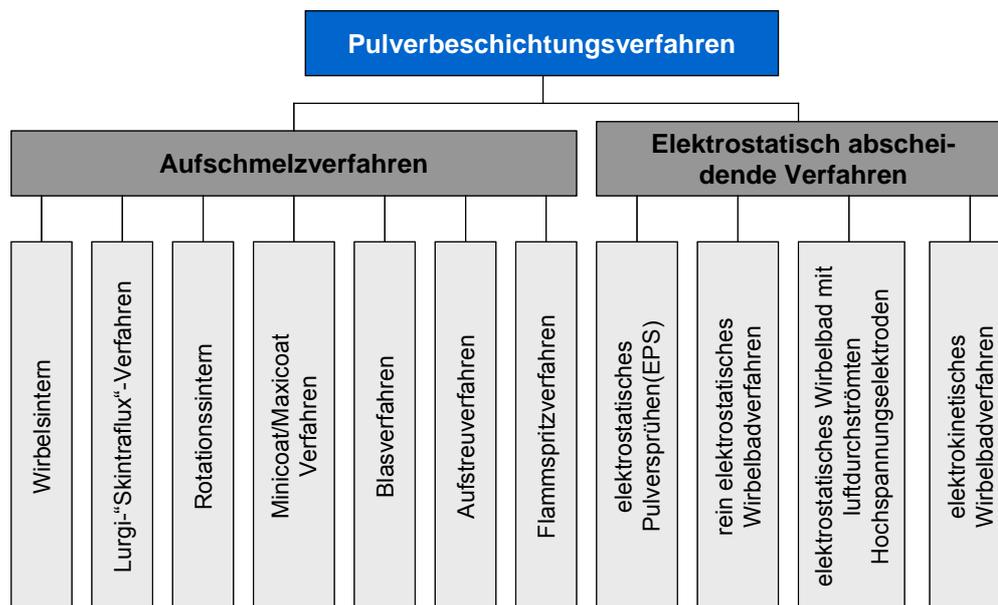


Abb. 2

Im Folgenden werden schwerpunktmäßig die nahezu universell und deshalb auch am häufigsten in Industrie und Handwerk eingesetzten Lackierverfahren „Spritzen und Sprühen“ behandelt (Abb. 3).

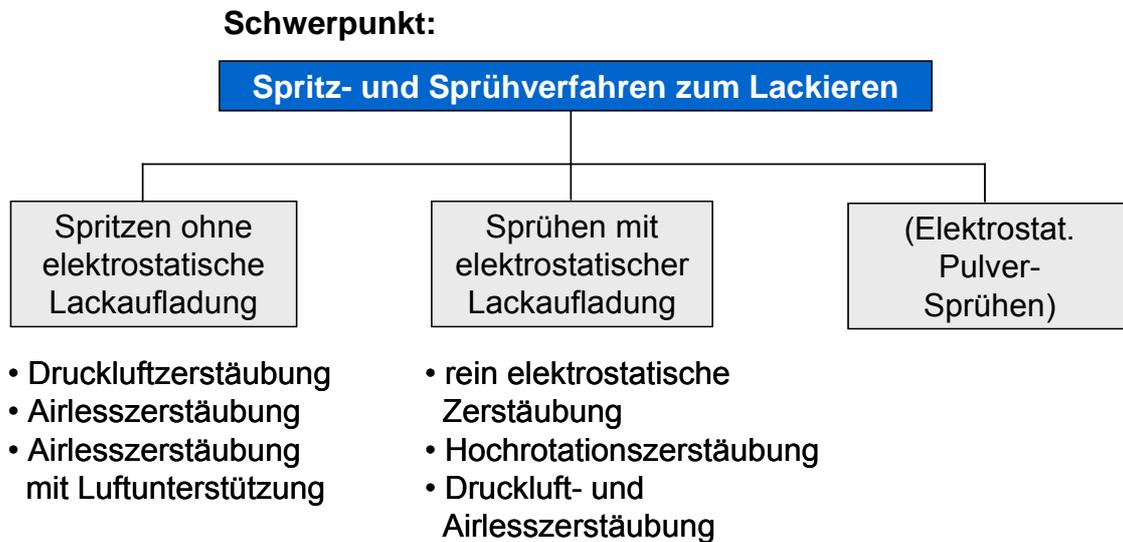


Abb. 3

Die besondere Rolle der Spritz- und Sprühverfahren wird auch durch ihr insgesamt hohes Verminderungspotenzial für die Lack- und Lösemittelverluste bei Anwendung verarbeitungstechnischer Primärmaßnahmen erkennbar. Verursachend sind hierfür gegenüber den „sonstigen“ Lackierverfahren vor allem die relativ geringen Auftragswirkungsgrade der Spritzlackierverfahren, die zu entsprechenden Umweltbelastungen durch die Oversprayverluste und Kosten durch die Lackverluste und Entsorgungsmaßnahmen führen.

In Abbildung 4 ist der Auftragswirkungsgrad für das Spritzlackieren definiert; die Vorgehensweise zur Bestimmung wurde in den letzten Jahren auch im VDMA-Einheitsblatt 24 366 festgelegt.

Auftragswirkungsgrad (AWG) = Festkörpernerutzungsgrad (FKN):

Maß für den Oversprayanfall beim Spritzlackieren

$$\text{AWG bzw. FKN} = \frac{m_2}{m_1} \times 100 \%$$

mit: m_1 = während des Beschichtungsvorgangs verspritzte Lack-Festkörpermasse

m_2 = auf dem Werkstück abgeschiedene Lack-Festkörpermasse

Abb. 4

Die Oversprayverluste beim Spritzlackieren sind im Wesentlichen auf folgende Ursachen zurückzuführen:

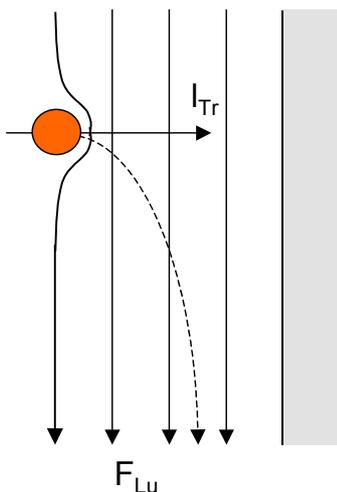
Vorbeispritzen:

Durch das qualitätsbedingt erforderliche Überziehen des Spritzstrahls an den Werkstücksrändern, ungünstige Zuordnungen des Spritzgeräts zum Werkstück sowie bei durchbrochenen, gitterartigen Werkstücksformen fliegt ein Teil der Lacktröpfchen am Werkstück vorbei.

Spritzstrahlablenkung (Abb. 5):

Die aus Spritzluft und angesaugter Umgebungsluft bestehende Spritzstrahl-Luftströmung wird vor der Werkstückoberfläche seitlich abgelenkt. Kleine Lacktröpfchen („Lacknebel“) folgen aufgrund ihrer geringen Impulse der entstehenden Querströmung der Spritzstrahlluft und gehen verloren. Größere Lacktröpfchen erfahren durch ihre Trägheit eine geringere Ablenkung und werden direkt abgeschieden.

Physikalische Vorgänge bei der Oversprayentstehung



I_{Tr} = Tröpfchenimpuls ($m \cdot v$)

F_{Lu} = Kraftwirkung durch den am Werkstück abgelenkten Spritzluftstrom

Ansätze zur Oversprayreduzierung

- ➡ Lackzerstäuber mit reduziertem Tröpfchenfeinanteil
- ➡ Schwache Spritzluftströmung
- ➡ Geringe Lösungsmittelabdunstung im Spritzstrahl

Abb. 5

Heute besteht ein breites Spektrum an Spritz- und Sprühverfahren zum Lackieren für die unterschiedlichsten Anwendungen; ihre möglichen Oversprayverluste sind in Abbildung 6 größenordnungsmäßig gegenübergestellt.

Verfahrensbedingte und werkstückabhängige Oversprayverluste

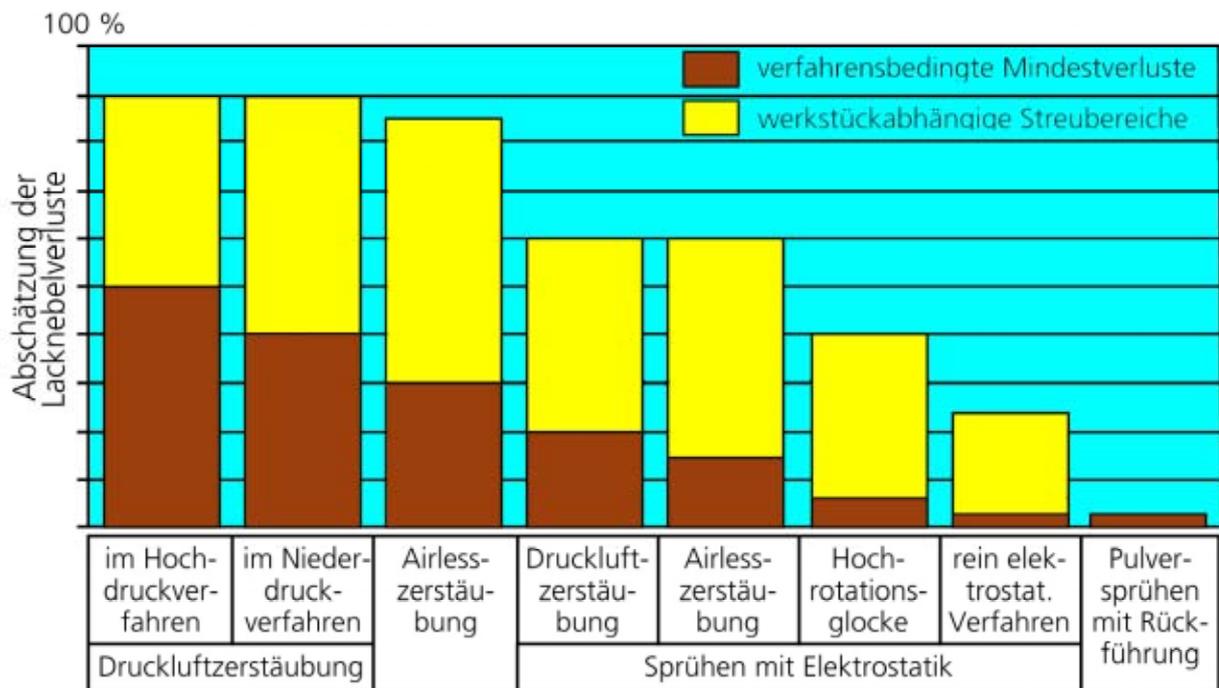


Abb. 6

Bei Optimierungs- und Planungsarbeiten für Lackieranlagen sind nun aufgrund der VOC-Verordnung Verfahren mit möglichst geringen Lösemittlemissionen anzustreben. Dabei bieten nicht nur lösemittelarme/-freie Lackmaterialien und neue Anlagenkonzepte, sondern auch die Randbedingungen, die Gestaltung und die betrieblichen Parameter der Lackverarbeitung erhebliche Potenziale zur Reduzierung der Lösemittlemissionen. Mit einer analytischen Vorgehensweise können häufig umweltverträgliche **und** wirtschaftliche Lösungen erreicht werden.

Der Ausgangspunkt von Optimierungs- bzw. Planungsarbeiten sollte immer in einer IST-Zustandsaufnahme des Werkstückspektrums, der Qualitätsanforderungen, der Daten von bestehenden Prozessen und der gesetzlichen Auflagen zum Umwelt- und Arbeitsschutz bestehen. Dies beinhaltet auch eine Schwachstellenanalyse der bestehenden Lackieranlage zur Feststellung der Einsparpotenziale, z. B. bezüglich Lack- und Hilfsmedienverbrauch, Auftragswirkungsgrad, Nacharbeitsaufwand, etc.

Daraus ist ein detaillierter Anforderungskatalog zur Bewertung des IST-Zustandes und der möglichen Verbesserungsalternativen unter Berücksichtigung der zukünftig zu erwartenden Entwicklungen zu erstellen.

Bei Anlagenoptimierungen können auf dieser Basis Verbesserungsmaßnahmen entwickelt, die Prioritäten festgelegt, die zeitlichen Ziele zur Umsetzung definiert und die zu erwartenden Einsparpotenziale dargestellt werden. Bei Planungen werden die denkbaren Technologiealternativen einer ganzheitlichen Bilanzierung unterworfen.

Entsprechende Maßnahmen zur Verminderung der Lösemittlemissionen beim Spritzlackieren sind in Abbildungen 7 und 8 aufgelistet.

Applikationstechnische Maßnahmen zur Verminderung der VOC-Emissionen beim Spritzlackieren (1)

Verminderung des Lackieraufwands

- Reduzierung der zu lackierenden Flächen
- Einsparen von Beschichtungsgängen
- Minimierung von Lackschichtausbesserungen
- Vermeidung von Überbeschichtungen

Erhöhung des Lackauftrags-Wirkungsgrades

- Einsatz lackverlustarmer Lackierverfahren
- Optimierung der Werkstückpositionierung
- Optimierung der Einstellung und Handhabung der Applikationseinrichtungen
- Automatisierung und Prozessüberwachung

Abb. 7

Applikationstechnische Maßnahmen zur Verminderung der VOC-Emissionen beim Spritzlackieren (2)

Einsatz spezieller Applikationsverfahren

- z.B. Heißspritzverfahren (Lackerwärmung)

Einsatz von Overspray-Auffangsystemen

- z.B. Auffangflächen für Flachspritzautomaten

Verminderung des Reinigungsaufwands

- Reduzierung der Anzahl an Farbwechseln
- Einsatz geschlossener Reinigungssysteme mit Lack- bzw. Lösemittelrückführung

Abb. 8

Beispielhaft sind daraus im Folgenden fertigungstechnische und organisatorische Maßnahmen aufgeführt, die von weitgehend unveränderten Prozessabläufen ausgehen. Die Randbedingungen und die Parameter der Lackverarbeitung werden dahingehend modifiziert und optimiert, damit vor allem Lack- bzw. Lösemittelsparungen erzielt werden können.

1 Verminderung des Lack- und Lösemittleinsatzes

Die hierzu in Frage kommenden fertigungstechnischen und organisatorischen Möglichkeiten stellen Primärmaßnahmen dar, die auf eine Verminderung des Lackeinsatzes zielen und damit automatisch geringere Einsätze der Lacklösemittel und -verdünnungen sowie der entstehenden Emissionen beinhalten:

Verminderung des Lackieraufwands

Die zu lackierenden Teileflächen sollten auf das funktionell und dekorativ erforderliche Maß reduziert werden (z. B. Auslassen nicht sichtbarer bzw. nicht korrosionsgefährdeter Bereiche). Diese Maßnahme bietet prinzipiell das bedeutendste Potenzial zur Verminderung des Lack- und Lösemittleinsatzes; sie ist in jedem Fall mit den vorgegebenen Kundenanforderungen abzustimmen.

Die Einsparung von Schichten bzw. Beschichtungsgängen ist zu prüfen, d. h. z. B. Ersatz von mehrschichtigen Lackaufträgen durch gleichwertige Schichten geringerer Anzahl und Gesamtdicke mit letztendlich auch geringerem Lack- und Lösemittleinsatz. Häufig können dabei Lacksysteme mit höherem Festkörpergehalt wie High Solids oder Pulverlacke eingesetzt werden.

Maßnahmenbeispiel (Abb. 9):

Bei der Lackierung von Betonpumpen konnten durch die Einführung einer 2K-High Solid-Decklackierung mit hohem Füllgrad die Beschichtungsgänge der Grundierung und Decklackierung von bisher fünf auf drei reduziert werden.

Die Gesamtschichtdicke wurde dadurch um ca. 20 % vermindert; aufgrund des geringeren Lack-Lösemittelgehalts, des zusätzlich verbesserten Auftragswirkungsgrades und des somit insgesamt geringeren Lackverbrauchs verminderten sich die Lösemittlemissionen im Decklackbereich um ca. 70 %.

Maßnahmenbeispiel: Festkörperreicher 2K- Decklack zur manuellen Spritzlackierung von Betonpumpen



→Ziel: Verminderung der Gesamtschichtdicke und der Beschichtungsgänge

→Methoden: Qualitätstests, Vor- Ort- Erprobung und Personalschulungen

→Vorteile:

- Verminderte Lösemittlemissionen im Decklackbereich um ca. 70 %
- Verminderte Gesamtschichtdicke um ca. 20 %
- 3 anst. 5 Beschichtungsgänge

Abb. 9

Erhöhung des Lack-Auftragswirkungsgrades von Spritzverfahren

Aufgrund der Teilegeometrie bietet die Spritztechnik für viele Lackieranwendungen die einzige Lackauftragsalternative. Bei der anwendungsspezifischen Auswahl und Erprobung geeigneter Verfahren sind der Trend zu Wasser- und Pulverlacken sowie die Möglichkeiten des Einsatzes oversprayarmer, z. B. elektrostatischer Sprühverfahren, zu beachten.

Maßnahmenbeispiel (Abb. 10):

Am Fraunhofer IPA durchgeführte Untersuchungen und realisierte Praxisanwendungen zeigen, dass mit dem Einsatz elektrostatischer Hochrotationsglocken beim Lackieren von Kunststoffteilen (hier: Stoßfänger, Fernseher-Gehäuse, Kfz-Türgriffe) nach dem Prinzip „Abführung der Ladungen des gerade erzeugten Nasslackfilms“ hohe Lackeinsparpotenziale genutzt werden können.

Maßnahmenbeispiel: Einsatz elektrostatischer Hochrotationsglocken: Einsparpotenziale bei verschiedenen Anwendungen

Anwendungen	Einsparpotenziale	weitere Vorteile
 <p>Stoßfänger</p>	Lackverbrauch 50 % Lösemittelleinsatz 50 % Koagulanfall 75 % Lackierzeit 10 %	- neue Anlagenkonzepte (z.B. Verzicht auf die Nassauswaschung) - niedrigere Nacharbeits- und Ausschussraten
 <p>Fernseher-Gehäuse</p>	Lackverbrauch 40 % Lösemittelleinsatz 40 % Koagulanfall 70 % Lackierzeit 30 %	- weniger Anlagenstörungen - verbesserte Automatisierbarkeit
 <p>Kfz-Türgriff</p>	Lackverbrauch 55 % Lösemittelleinsatz 55 % Koagulanfall 75 % Lackierzeit 25 %	- Energieeinsparung (z.B. Luftdurchsatz) - höhere Anlagenkapazität

Abb. 10

Beim Einsatz von Warenträgern ist eine möglichst dichte Teilebelegung anzustreben, damit weniger Lackoverspray an den Werkstücken vorbeifliegen kann. Die Gestaltung der Warenträger ist generell betriebs- und produktspezifisch vorzunehmen.

Maßnahmenbeispiel (Abb. 11):

Zur Spritzlackierung großer Stückzahlen von Bremsbelägen wurde die Warenträgergestaltung derart verbessert, dass sich der Lackverbrauch gegenüber der Ausgangslage um ca. 50 % verringerte; ebenso verdoppelte sich die Kapazität der bestehenden Anlage, das Teilehandling konnte beidhändig oder gegebenenfalls auch automatisiert ausgeführt werden. Die Werkstücke werden nun so aufgelegt, dass sie bei geringen Zwischenräumen vom Spritzstrahl gezielt beaufschlagt werden.

Maßnahmenbeispiel: Verdichtete Warenträgerbelegung mit Bremsbelägen



→Ziel: Möglichst geringe Werkstück-zwischenräume

→Methode: Optimierung der Warenträgergestaltung

→Vorteile: - Verminderter Lösemittelverbrauch um ca. 50 %
- Verdoppelte Anlagenkapazität
- Beidhändiges bzw. automatisierbares Teilehandling

Abb. 11

Beim Einsatz vorhandener bzw. vorgegebener Spritzgeräte und Materialien bestehen auf-grund der Variationsbreite der verarbeitungstechnischen Parametereinstellungen erhebliche Einsparpotenziale der Spritzverluste.

Maßnahmenbeispiel (Abb. 12):

Aus experimentellen Untersuchungen und zahlreichen Praxiserfahrungen können z.B. für das Druckluftspritzen folgende Einstellungen und Handhabungen der Spritzgeräte empfohlen werden:

- Einhaltung eines möglichst geringen Spritzabstands zur Werkstückoberfläche,
- senkrechte Ausrichtung des Spritzstrahls zur Werkstückoberfläche,
- Anpassung der Spritzstrahlbreite an die Werkstückgröße,
- Nachfahren der Werkstückkontur mit möglichem geringem Überziehen des Werkstückrandes,
- Einhaltung einer möglichst geringen, aber noch qualitätsgerechten Zerstäubungsenergie (Luftdruck beim Druckluftspritzen).

Maßnahmenbeispiel: Spielräume für den Auftragswirkungsgrad beim Parametrieren des Druckluftspritzens

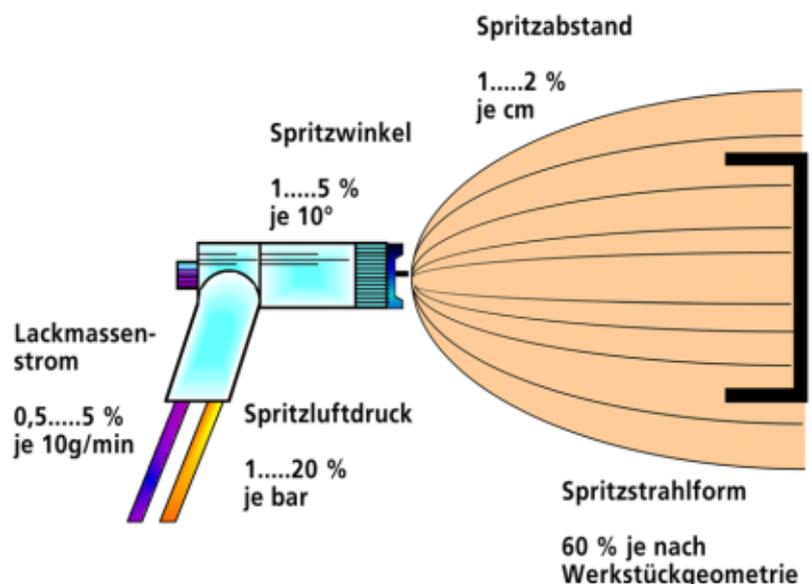


Abb. 12

2 Emissionsarme Reinigung der Applikationseinrichtungen

Im Rahmen der VOC-Verordnung müssen auch die eingesetzten Lösemittel zur Reinigung der Applikationseinrichtungen berücksichtigt werden. VOC-Emissionen entstehen durch abdunstende Lösemittel aus undichten Auffangbehältern oder aus den Lacknebelabscheidern (Filtermatten, Nassauswaschung, etc.)

In Lackieranlagen für Metall- und Kunststoffteile sollten durch den Einsatz geschlossener Einrichtungen zur Reinigung der Applikationsgeräte und durch den Einsatz lösemittel-reduzierter Reinigungsmittel die verfügbaren Möglichkeiten der Emissionsminderung genutzt werden.

Darüber hinaus tragen Maßnahmen, die den Einsatz von Reinigungsmitteln von vornherein vermindern, am wirksamsten zu „ökoeffizienten“ Reinigungsprozessen bei, z. B.:

- Kontingentierung der Reinigermenge auf die tatsächlich erforderliche Minimalmenge,
- Durchführen von Farbwechseln ohne Spülung bei Grundierungen oder optisch wenig anspruchsvollen Lackierungen,
- Aufeinanderfolge von Teilen mit gleicher Farbe („Farbblockbildung“),
- Entleeren der Lackversorgungsleitungen vor der Spülung, z. B. durch Leerspritzen oder Einsatz der Molchtechnik.

Maßnahmenbeispiel (Abb. 13):

In einem Lohnbeschichtungsunternehmen benötigte die manuelle Reinigung einer Druckluft-Becherpistole beim Farbwechsel für hochqualitative Lackierungen ca. 15 min; der Lösemittelverbrauch betrug ca. 500 ml. In einem geschlossenen, automatischen Reinigungsgerät erfolgt die Reinigung in ca. 3 min, wobei das Lösemittel im Kreislauf gefahren und recycelt wird.

Maßnahmenbeispiel: Reinigungsautomat für Handspritzpistolen in der Lohnbeschichtung



→Ziel: „Ökoeffiziente“ Spritzpistolenreinigung bei zahlreichen Farbwechseln

→Methode: Automatische, geschlossene Reinigung anstatt der manuellen Vorgehensweise

→Vorteile: - Verkürzte Reinigungszeit (15→3) min
 - Sichere Reinigungsqualität
 - Reduzierter Lösemittelverbrauch (<< 500 ml /Reinigungsvorgang)
 - Geringe Emission

Abb. 13

3 Qualifizierung des Lackierpersonals

Ein wichtiges Ziel qualifizierender Maßnahmen (Ausbildung zum Verfahrensmechaniker für Beschichtungstechnik, Schulungen, etc.) ist das Verständnis für die Vorgänge bei den Lackierprozessen, damit die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Prozesseinstellungen und den Fehlermöglichkeiten bewusst werden. Darüber hinaus sind evtl. vorhandene Hemmnisse und Vorbehalte beim sinnvollen Einsatz neuer Materialien und Verfahren abzubauen.

Vor allem bei manuellen Lackierarbeiten wird der Lack- und Lösemittelverbrauch wesentlich von den Fähigkeiten und der Motivation der Lackierer bestimmt; ebenso ist die optimale Einstellung, Steuerung und Überwachung von automatischen Anlagen von einer entsprechenden Personalqualifikation abhängig.

Lack- und Lösemittelsparungen von bis zu 20 % aufgrund von Maßnahmen zur Personalqualifizierung sind aus der Praxis bekannt.

Die oben genannten Verbesserungsmaßnahmen, hier für Spritz- und Sprühverfahren ausgelegt, sind aber grundsätzlich für alle Lackauftragsverfahren und -anwendungen relevant. Diese können geringe bis erhebliche Verminderungen der Lösemitteldosen erbringen, sind aber immer fallspezifisch bezüglich Lackfilmqualität, Kundenakzeptanz sowie Qualität und Zustand des Lackierprozesses zu untersuchen (Abb. 14).

Maßnahmen	Potenzial applikationstechnischer Maßnahmen zur Verminderung von Lösemitteldosen (geschätzte Werte für Lacke mit ca. 50 % Lösemittelgehalt)	
	Spritzlackierverfahren	„Sonstige“ Lackierverfahren
Verminderung des Lackieraufwands	gering bis erheblich (je nach geforderter Lackfilmqualität, Kundenakzeptanz und Qualität des Lackierprozesses)	
Erhöhung des Lackauftragswirkungsgrades (AWG)	durchschnittlich ca. 15 % der Lacklösemittel (entspr. der AWG-Erhöhung)	gering (i.d.R. bereits hoher AWG vorhanden)
Erwärmung des Lackmaterials zur Viskositätsniedrigung	bis ca. 20 % der Lacklösemittel (Heißspritzen)	unbedeutend
Einsatz von Overspray-Auffangsystemen für flüssige Lackverluste	bis ca. 25 % (bei einem Wirkungsgrad von ca. 70 % des Auffangsystems)	gering (i.d.R. integrierte Lack-Auffangsysteme vorhanden)
Verminderung des Lösemittelsatzes beim Reinigen der Applikationseinrichtungen	gering bis erheblich (je nach Anzahl der Farbwechsel und einsetzbarer Lösemittel – Kreislaufführungen)	

Abb. 14

Verminderung der VOC-Emissionen durch Einsatz moderner Abgasreinigungsverfahren

Dipl.-Ing. (FH) Matthias Hagen, Lufttechnik Bayreuth GmbH und Co. KG, Goldkronach

Vorstellung

31. BImSchV

Abluftreinigung

thermische Verfahren

Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung

LTB - Kompetenter Partner zur Abluftreinigung

- gegründet 1958
- 85 Mitarbeiter
- Engineering - Planung
- eigene Fertigung
- Montage & Inbetriebnahme
- Kundendienst & Service



Luft. Sauber. Punkt.



Vorstellung

31. BImSchV

Abluftreinigung

thermische Verfahren

Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung

Produkt- und Leistungsspektrum

- Anlagenplanung - Engineering
- Optimierung bestehender Lackieranlagen
- Abluftreinigungssysteme
- Gesamt – Luftkonzepte

Rauchgase • Prozessabgase • staubhaltige Abluft
 • Arbeitsplatzabluft • Industrieabluft • Lagerstättenabluft • wertstoffhaltige Abluft • Produktionsdämpfe
 • Gerüche • Dieselmotorenabgase

Rauchgasreinigung • Abluftreinigung
 Lüftungstechnik • Klimatisierung

Thermische Oxidation • Nasse Rauchgasreinigung
 • quasitrockene Rauchgasreinigung • trockene Rauchgasreinigung
 • Katalytische Verfahren • Adsorption • Absorption • Filter

Sprühwäscher • Verdampfungskühler • Venturiwäscher • Zentrifugalwäscher •
 Kolonnenwäscher • Sprühabsorber • Wirbelschichtreaktoren • Regeneratoren •
 Wärmetauscher • DENOX Reaktoren • Querstromschüttstofffilter • Feststofffilter
 • Zyklone • Gewebefilter • Keramikfilter • Aerosolabscheider • Nasselektrofilter



Luft. Sauber. Punkt.

Vorstellung

31. BImSchV

Abluftreinigung

thermische Verfahren

Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung

VOC Richtlinie – 31. BImSchV

Was ist neu?

- niedriger Schwellenwert
- diffuse Emissionen beschränkt
- Gesamtverbrauch einer Anlage entscheidend
- Gestaltungsfreiheit durch die Firma

Weitere Informationen:

www.VDMA.org

„Broschüre: Lösemittel in der Metallindustrie“



Luft. Sauber. Punkt.

Vorstellung

31. BImSchV

Abluftreinigung

thermische Verfahren

Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung

VOC Richtlinie - 31. BImSchV

Wo kommen Kohlenwasserstoffe vor? (Auswahl der wichtigsten Quellen)

- DRUCKEREIEN (Heatset - Offset, Tiefdruck, Flexodruck)
- LACKIERUNG VON FAHRZEUGEN (Serienlackierung)
- COIL-COATING (Bandblechbeschichtung)
- **LACKIERUNG VON METALL, KUNSTSTOFF, HOLZ**
- BESCHICHTUNG VON TEXTILIEN, FOLIE ODER PAPIER
- KLEBEN VON TEILEN / SCHUHEN
- HERSTELLUNG VON FARBEN, LACKEN, KLEBSTOFFEN
- PHARMAPRODUKTION

Luft. Sauber. Punkt.

Vorstellung

31. BImSchV

Abluftreinigung

thermische Verfahren

Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung

31. BImSchV Schwellen- und Emissionsgrenzwerte

nicht genehmigungsbedürftige Anlagen:
a) Altanlagen: Anzeigebis zum 25.8.03
b) Neuanlage: Anzeigevor Inbetriebnahme
c) wes. Änderung: vorher anzeigebis

genehmigungsbedürftige Anlagen:
a) Altanlagen: Anzeigebis zum 31.10.08 bei geplanter Einhaltung, bis 31.10.04 bei Reduzierungsplan
b) Neuanlage: Anzeigevor Inbetriebnahme
c) wes. Änderung: vorher anzeigebis

Schwellenwert für Anlagen gemäß Anhang 1/8.1

Anlagen zum Beschichten von sonstigen Metall- und Kunststoffoberflächen:

5 t/a Lösemittelverbrauch

01.1:

5 bis 15 t/a: 100 mg/m³

> 15 t/a: 50 mg/m³

20 mg/m³
(bei thermischer Abluftreinigung)

Luft. Sauber. Punkt.

Vorstellung

31. BImSchV

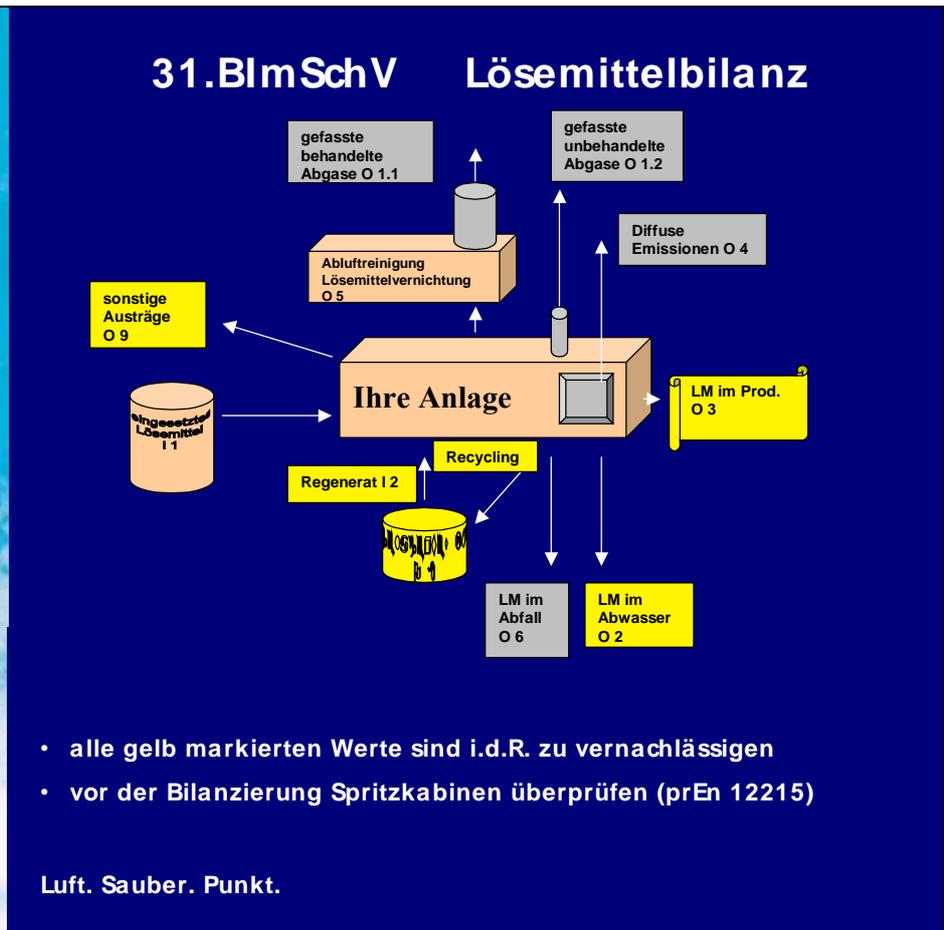
Abluftreinigung

thermische Verfahren

Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung

Vorstellung

31. BImSchV

Abluftreinigung

thermische Verfahren

Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung



Anlagenbeispiel

1. Handspritzlackierung

01.2 : ca. 70 – 90 % wegen hoher erforderlicher Luftmengen

04 : 4 – 16 % als diffuse Emissionen

02 : 2 – 3 % aus Nassauswaschung
0 % bei Trockenfilterung

06 : 5 – 8 % als Lackschlamm
1-2 % bei Trockenfilterung

Probleme: - Einhaltung der Emissionsgrenzwerte
- hohe Volumenströme

2. Automatische Lackieranlage mit Abluftreinigung

01.2 : < 2 % wegen guter Kapselung

02 : 2-3 % bei Nassabscheidung

04 : < 2 % als diffuse Emission

05 : > 90 % durch TNV

Luft. Sauber. Punkt.

Vorstellung

31. BImSchV

Abluftreinigung

thermische Verfahren

Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung

31. BImSchV Emissionsgrenzwerte

```

graph TD
    A{Fällt Anlage unter Anhang I und II?} -- ja --> B{Ist der Schwellenwert für Lösemittel überschritten?}
    A -- nein --> C[fällt nicht unter die 31. BImSchV]
    B -- ja --> D{werden die Emissionsgrenzwerte eingehalten?}
    B -- nein --> C
    D -- ja --> E[keine weiteren Maßnahmen erforderlich]
    D -- nein --> F{wird ein Reduzierungsplan erstellt?}
    F -- ja --> G[Maßnahmen zur Einhaltung der Zielemission]
    F -- nein --> H[Emissionsmindernde Maßnahmen]
    
```

nicht genehmigungsbedürftige Anlagen:
 a) Altanlagen: Anzeige bis zum 25.8.03
 b) Neuanlage: Anzeige vor Inbetriebnahme
 c) wes. Änderung: vorher anzeigen

genehmigungsbedürftige Anlagen:
 a) Altanlagen: Anzeige bis zum 31.10.08 bei geplanter Einhaltung, bis 31.10.04 bei Reduzierungsplan
 b) Neuanlage: Anzeige vor Inbetriebnahme
 c) wes. Änderung vorher anzeigen

Gem.8.1.2: 04: bei 5 – 15 t/a = 25 %
 bei >15 t/a = 20 %

Luft. Sauber. Punkt.

Vorstellung

31. BImSchV

Abluftreinigung

thermische Verfahren

Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung

31. BImSchV Reduzierungsplan (§4)

- Alternative zur direkten Emissionsminderung
 - z.B. - ändern des Beschichtungsverfahrens
 - ändern der Einsatzstoffe (lösemittelfrei)
- 3 Möglichkeiten:
 - a) beliebiger Reduzierungsplan (z. B. weniger lackieren)
 - b) spezifischer Reduzierungsplan
 - c) vereinfachter Nachweis
- Zielemission berechnen

Masse der Festkörper
(hier x t/a)

X

Multiplikationsfaktor
(bei 8.1: 1,5)

X

Prozentsatz für Zielemission
 5- 15 t/a: 25%+ Zuschlag 15%
 > 15 t/a: 20%+ Zuschlag 5%

=

Zielemission
 01.11.2007

Alles was nach dem Trocknen auf Produkt bleibt

Branchenüblicher Faktor gem. Anhang IV B

Grenzwert für diffuse Emissionen

Luft. Sauber. Punkt.

Vorstellung

31. BImSchV

Abluftreinigung

thermische Verfahren

Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung

31. BImSchV TERMINE

• Anzeige nach §5 Abs. 2 incl. Entscheidung A/B/C bis 25.08.2003 bei Altanlagen

A Emissionswerte Anhang III

	Neuanlagen + wesentliche Veränderung	Altanlagen
Anzeige	rechtzeitig vor IBN	bis 25.08.2003
Einhaltung der Grenzwerte	ab Inbetriebnahme	bis 31.10.2007
erstmaliger Nachweis der Einhaltung	6 Monate nach IBN	Ende 2009

B Reduzierungsplan Anhang IV B (Vorlage bis 31.10.2004 bei Altanlagen)

maximal zulässige Gesamtemission gem. Reduzierungsplan	Neuanlage + wesentliche Änderung	Altanlagen
Zielemission x 1,5	jetzt !	ab 01.11.2005
Zielemission	ab 01.11.2005	ab 01.11.2007

C Vereinfachter Nachweis Anhang IV C

Vereinfachter Nachweis	spätestens 31.10.2004	Einhaltung ab 01.11.2005
------------------------	-----------------------	--------------------------

Luft. Sauber. Punkt.

Vorstellung

31. BImSchV

Abluftreinigung

thermische Verfahren

Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung

Systeme zur Abluftreinigung für Kohlenwasserstoffe / Lösemittel

VOC

Vermeiden

Rückgewinnung

- Adsorption
- Ad- / Desorption
- Kondensation
- Wäsche

Zerstörung / Oxidation

C < 1g/Nm³

biologisch

- Biofilter
- Biowäscher

chemische Oxidation

- H₂O₂ - Wäsche

thermische Oxidation

Photooxidation

C < 12g/Nm³ C < 4g/Nm³ KAT-GIFTE ?!

thermische Oxidation mit Rekuperator

- TAR

thermische Oxidation ohne Abgasvorwärmung

- MICRO

thermische Oxidation mit regenerativer Abgasvorwärmung

- RTO
- ROXITHERM

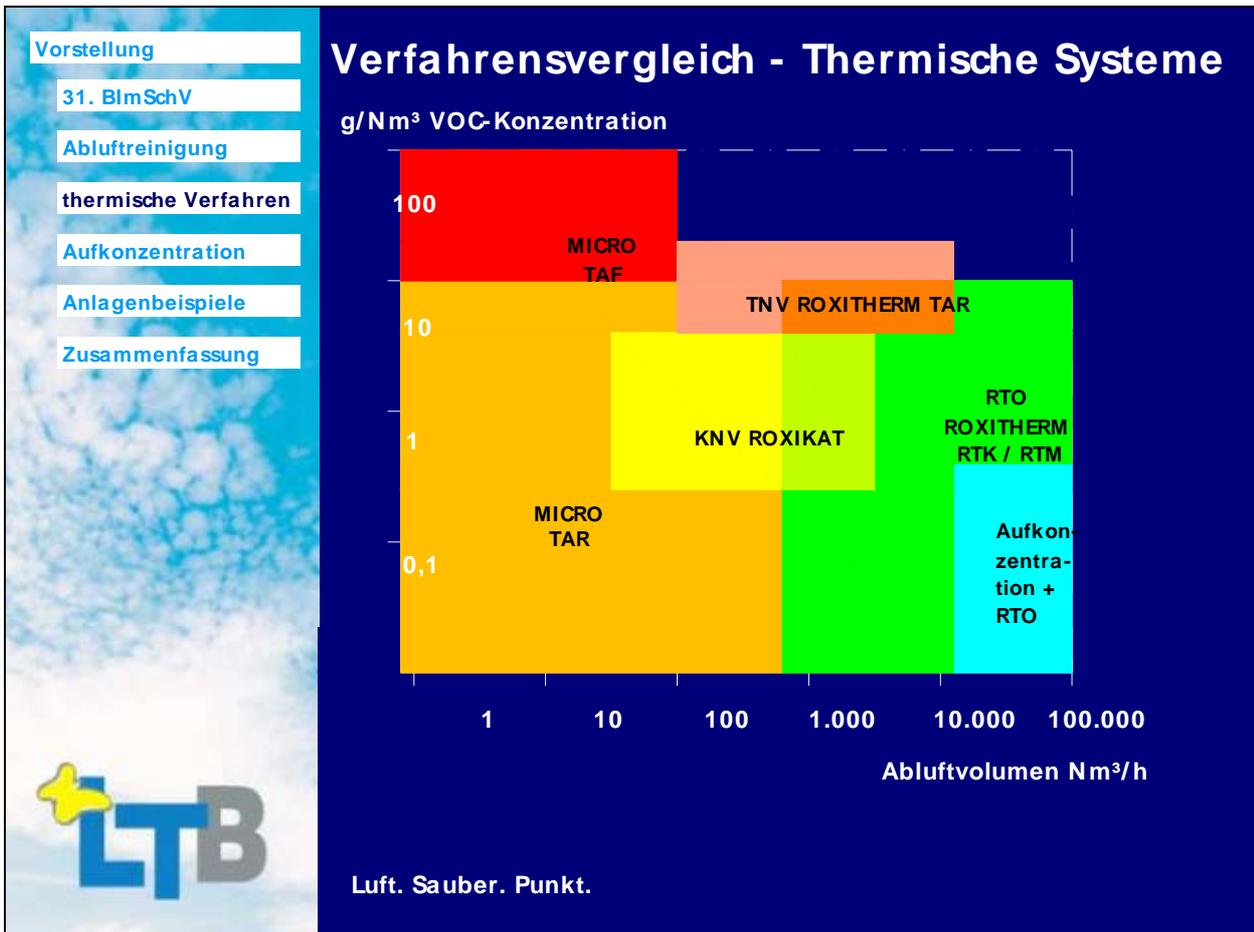
thermische Oxidation mit katalytischer Herabsetzung der Oxidationstemperatur

- ROXIKAT

2-Kammer RTM

3-Kammer RTK

Luft. Sauber. Punkt.



- Vorstellung**

31. BImSchV

Abluftreinigung

thermische Verfahren

Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung

Vorteile - Thermische Systeme

 - unabhängig von Schwankungen im Prozess (Volumenstrom / Konzentration / geringe Betriebszeit)
 - unabhängig von Temperatur des Abgases
 - unabhängig von Schadstofftyp VOC
 - niedrigste Reingaskonzentration erreichbar (Geruch)
 - es werden keine Abfälle produziert (Rückgewinnung / Biofilter)
 - geringer Wartungs- und Personalaufwand

Luft. Sauber. Punkt.

Vorstellung

31. BImSchV

Abluftreinigung

thermische Verfahren

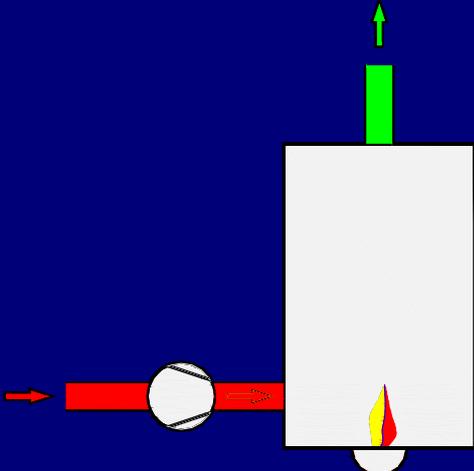
Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung



ROXITHERM TAR



Einsatz:

- niedrige Volumenströme
- hohe Konzentration

+

- preiswerte Lösung
- geringer Platzbedarf
- geringes Gewicht
- „Allesfresser“

-

- hoher Energieverbrauch bei niedrigen Konzentrationen
- Baugröße begrenzt Volumenstrom

Luft. Sauber. Punkt.

Vorstellung

31. BImSchV

Abluftreinigung

thermische Verfahren

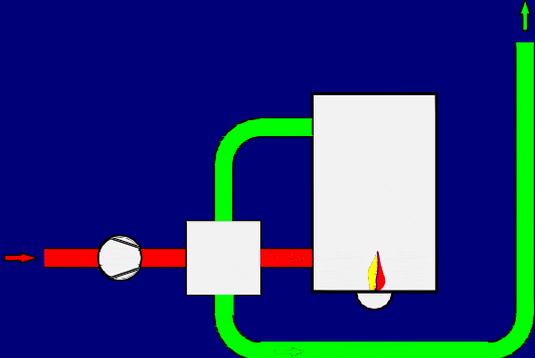
Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung



ROXITHERM TAR mit rekuperativer Wärmerückgewinnung / Rohgaserwärmung



Einsatz:

- mittel/- hohe Konzentration
- niedrige Volumenströme

+

- preiswerte Lösung
- geringer Platzbedarf
- geringes Gewicht

-

- begrenzte Lebensdauer
- hoher Energieverbrauch bei niedrigen Konzentration

Luft. Sauber. Punkt.

Vorstellung

31. BImSchV

Abluftreinigung

thermische Verfahren

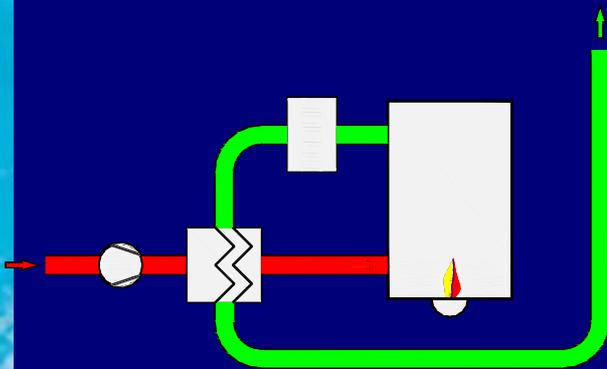
Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung

ROXIKAT

mit rekuperativer Wärmerückgewinnung / Rohgaserwärmung



+

- niedrige Brennkam-
mer-
temperatur
- geringer Energieverbrauch

-

- begrenzte Eignung
(Katalysatorgifte)
- begrenzte Lebensdauer

Einsatz:

- niedrige
Volumenströme
- geringe
Betriebszeit

Luft. Sauber. Punkt.

Vorstellung

31. BImSchV

Abluftreinigung

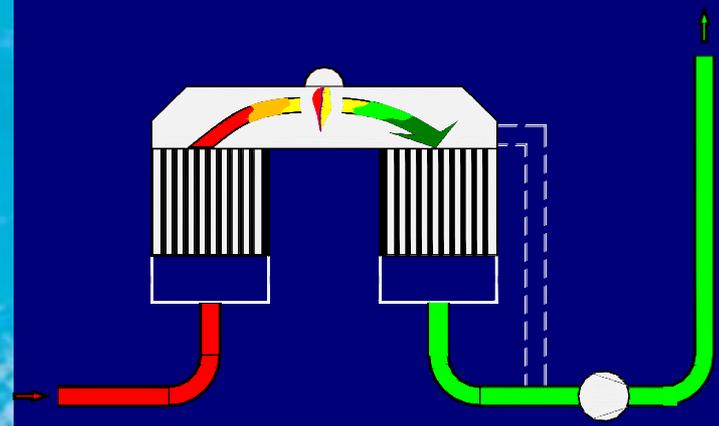
thermische Verfahren

Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung

ROXITHERM RTM



+

- geringe Energiekosten
- variabler Betrieb
(Volumen, Konzentration)
- Lösemitteltyp nicht begrenzt

-

- hohes Gewicht
- begrenzte Konzentration
(< 25 % UEG)

Einsatz:

- breites An-
wendungs-
gebiet

Luft. Sauber. Punkt.

Vorstellung

31. BImSchV

Abluftreinigung

thermische Verfahren

Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung

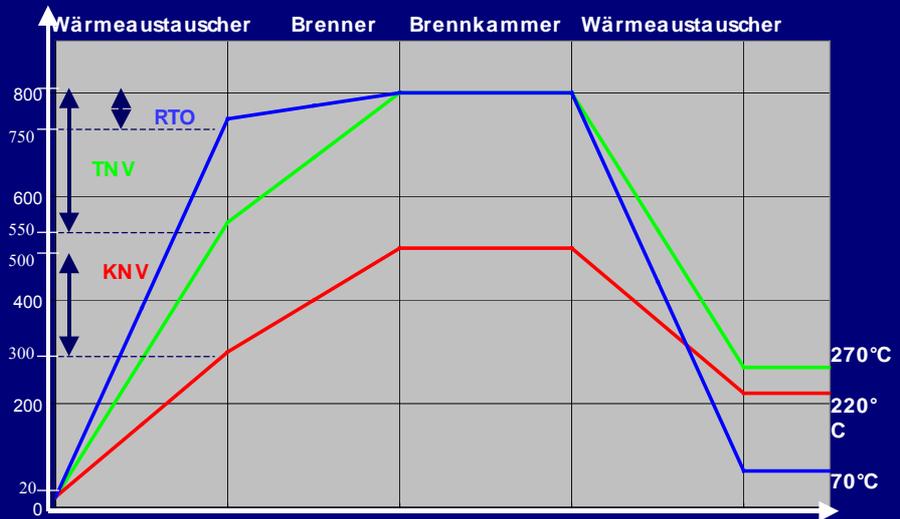


Energieverbrauch

$$Q = m \times cp \times \Delta T \quad \Delta T \text{ in K}$$

TNV 250
KNV 200
RTO 50

Rohgastemperatur
T/°C



Luft. Sauber. Punkt.

Vorstellung

31. BImSchV

Abluftreinigung

thermische Verfahren

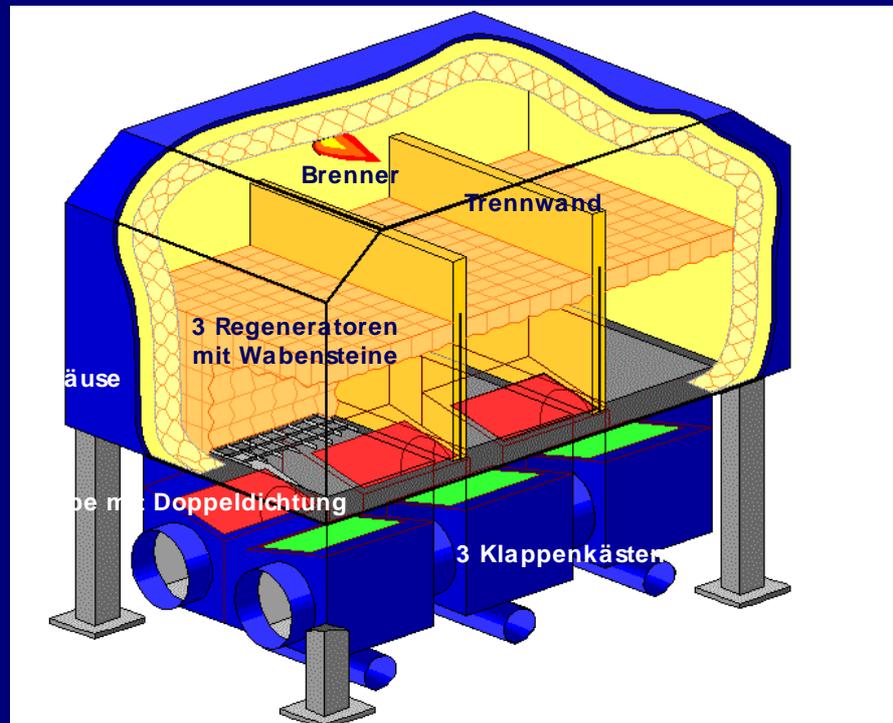
Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung



ROXITHERM



Luft. Sauber. Punkt.

Vorstellung

31. BImSchV

Abluftreinigung

thermische Verfahren

Aufkonzentration

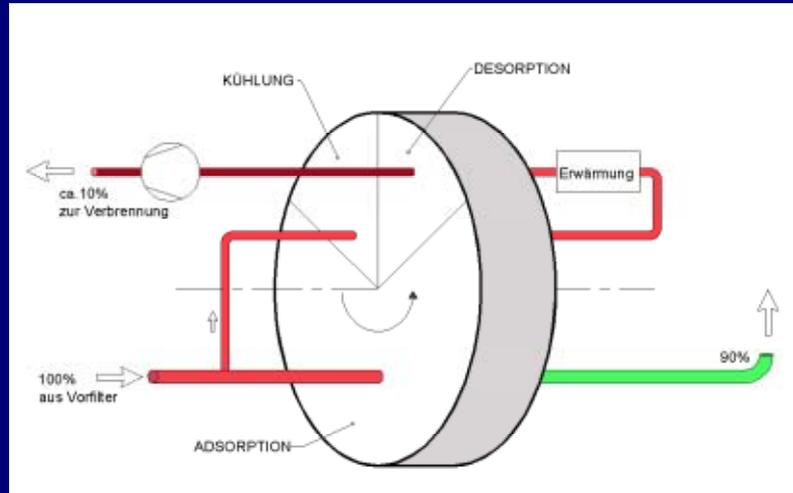
Anlagenbeispiele

Zusammenfassung



Rotasorb

Einsatz: -hoher Volumenstrom -niedrige Konzentration



- Niedrige Betriebskosten
- Zeolith statt Aktivkohle
- Strukturierter Adsorber
- Heißgasregeneration

Luft. Sauber. Punkt.



- Nicht für alle Lösemittel geeignet
- Vorfilter erforderlich

Vorstellung

31. BImSchV

Abluftreinigung

thermische Verfahren

Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung



Lackierung von KFZ-Teilen



Anlagentyp: ROTASORB

Aufkonzentration mit nachgeschalteter RTO

Luft. Sauber. Punkt.

Vorstellung

31. BImSchV

Abluftreinigung

thermische Verfahren

Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung



Lackierung von Serien – KFZ



Quelle: KTL- Trockner

Anlagentyp: ROXITHERM RTO

Volumenstrom: 10.000 m³/h

Luft. Sauber. Punkt.

Vorstellung

31. BImSchV

Abluftreinigung

thermische Verfahren

Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung



Lackierung von Kunststoffteilen für KFZ



Bisher 3 Anlagen realisiert
(F-St. Romain, F-Neyr, SK-Bratislava)

Anlagentyp: ROXITHERM RTO

Luft. Sauber. Punkt.

Vorstellung

31. BImSchV

Abluftreinigung

thermische Verfahren

Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung



Lackierung von Landmaschinen



Quelle: Trockner

Anlagentyp: ROXITHERM RTK

Volumenstrom: 15.350 Nm³

Luft. Sauber. Punkt.

Vorstellung

31. BImSchV

Abluftreinigung

thermische Verfahren

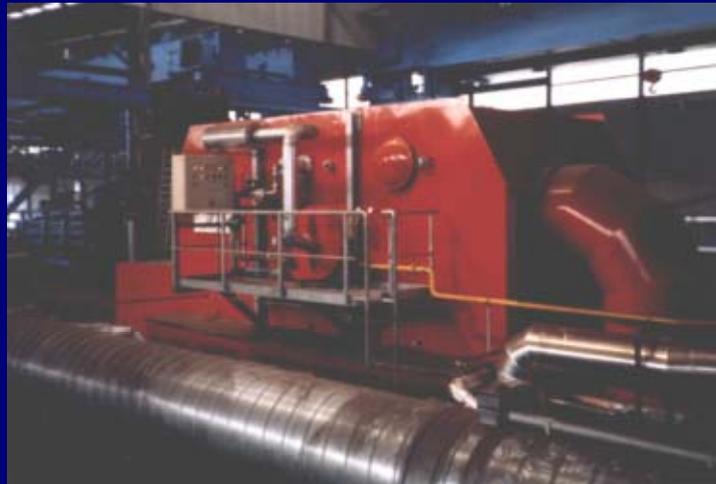
Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung



Lackierung von Blechtafeln für Schiffbau



Quelle: Lackierkabine

Anlagentyp: ROXITHERM RTO

Volumenstrom: 20.000 Nm³/h

Luft. Sauber. Punkt.

Vorstellung

31. BImSchV

Abluftreinigung

thermische Verfahren

Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung



Spiegelbelegung



3 Anlagen an einem Standort

Quelle: Lackauftrag
(Wasserfallsystem) mit Trockner

Anlagentyp: ROXITHERM RTK

Luft. Sauber. Punkt.

Vorstellung

31. BImSchV

Abluftreinigung

thermische Verfahren

Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung



Lackierung von Aluminium-Tuben



Anlagentyp: ROXITHERM RTO (2-Kammer)

Rohgaskonzentration: 800 mg/m³

Luft. Sauber. Punkt.

Vorstellung

31. BImSchV

Abluftreinigung

thermische Verfahren

Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung



Lackierung von elektrischen Widerständen



Anlagentyp:
ROXITHERM RTM

Luft. Sauber. Punkt.

Vorstellung

31. BImSchV

Abluftreinigung

thermische Verfahren

Aufkonzentration

Anlagenbeispiele

Zusammenfassung



Ausblick- Was ist zu tun?

- Erste Ermittlung der Einsatzmengen
- Prüfung der Lackieranlage
- Messung der Quellen
- Erstellung einer Lösemittelbilanz
- Auswahl des Abluftreinigungsverfahrens

Luft. Sauber. Punkt.



Großraumlackieranlagen mit sektionaler Lüftung

Heinz Georg Vollmer, SLF Oberflächentechnik GmbH, Niederlassung Nord, Emsdetten

Themen:

- Sektionale Großraumlackieranlagen
Freiflächenlackieranlagen
Großraumkabinen
- Minderung von Abfällen
- Minderung von Energieverbrauch

1 Sektionale Großraumlackieranlagen

- **Freiflächenlackieranlagen mit sektionaler Lüftung**

Herkömmliches Verfahren

In geschlossenen Kabinen verursacht die Bearbeitung großer, sperriger Werkstücke, z. B. von Kränen, Windkraftständern oder anderen sperrigen Stahlkonstruktionen, bei der Ein- und Ausfahrt der Werkstücke zeitaufwändige und umständliche Transport- und Umschlagoperationen. Außerdem erfordern Kabinengehäuse mit Toren, Beleuchtung usw. beträchtlichen Investaufwand, die sich oft aufgrund der Größe der Bauteile nicht realisieren lassen.



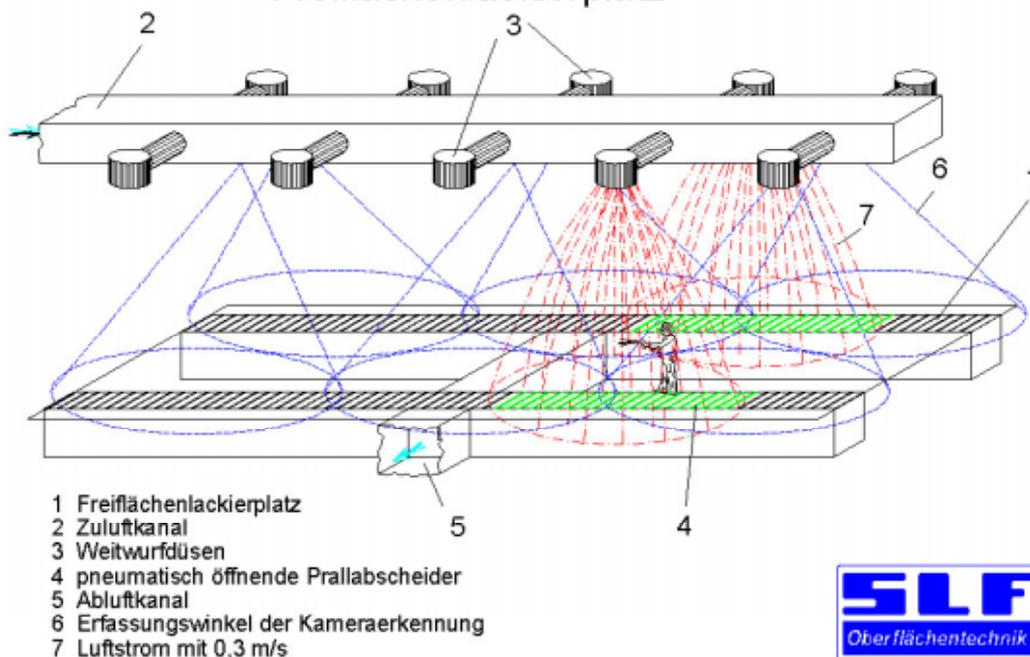
In vielen Fällen wird daher in der offenen Werkhalle lackiert, mit oder ohne Absaugung. Hierbei wird, wenn überhaupt, Zuluft durch einen unter der Hallendecke hängenden Kanal in die Halle eingeblasen. Die erwärmte Zuluft erreicht jedoch aufgrund des zu geringen Impulses und bedingt durch die Thermik in keinem Falle die Absaugkanäle, um die Schadstoffe zu entfernen. Diese verteilen sich und bleiben, **wie das nachstehende Bild zeigt**, im gesamten Raum am Boden liegen.

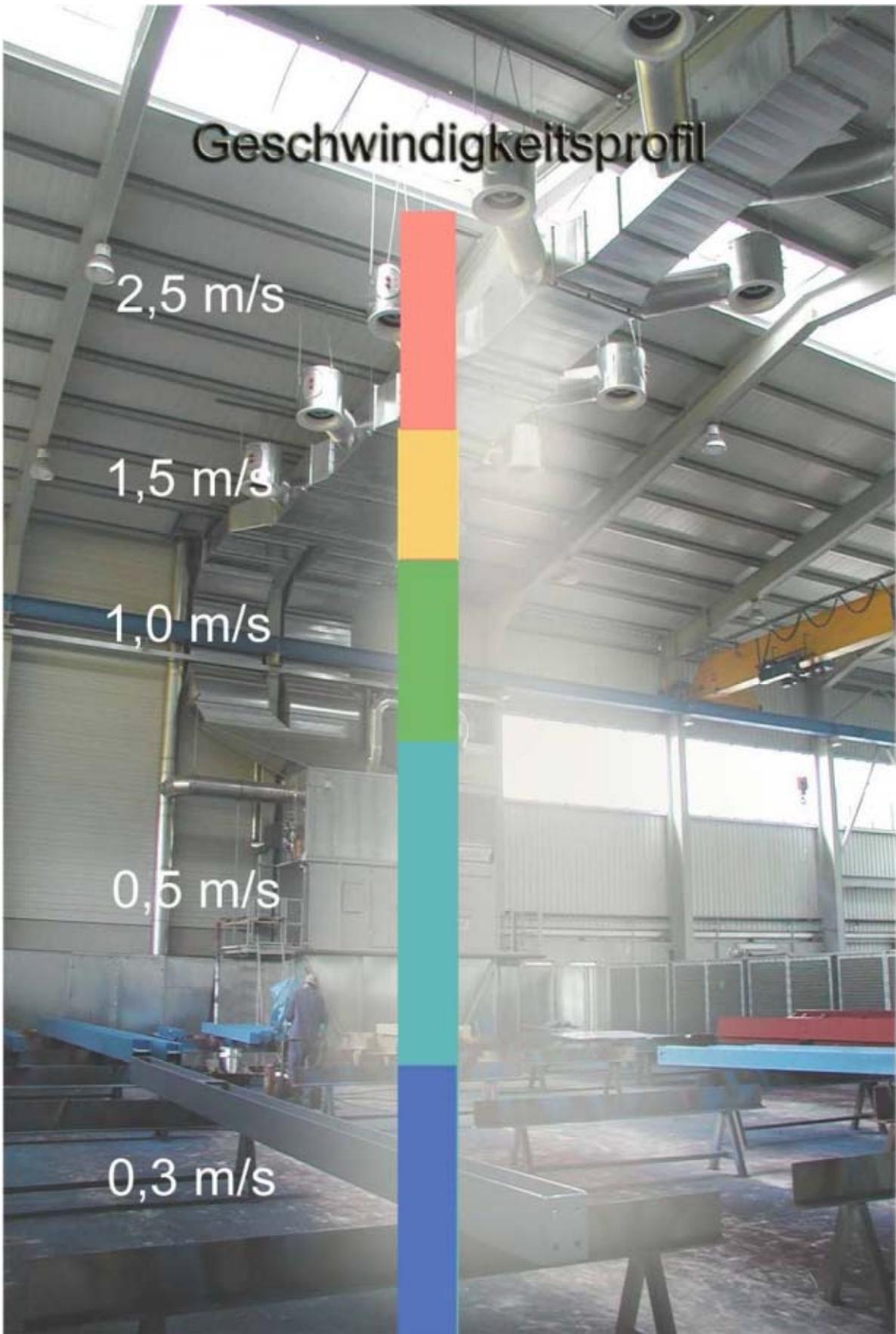


Als Absaugung werden hier Absaugkanäle im Boden oder eine Spritzwand eingesetzt, die jedoch nur eine Absaugwirkung von max. 1 m haben. Der Zwischenraum in dem der Werker arbeitet bleibt gänzlich unbelüftet mit u. U. hohem MAK Werten und Lösemittelkonzentrationen.

Neues Verfahren Freiflächenlackieranlagen mit sektionaler Lüftung

Schema sektionale Belüftung
mit automatischer Personenerkennung
- Freiflächenlackierplatz -





Geschwindigkeitsprofil einer Weitwurfdüse

Eigenschaften der Weitwurfdüsenbelüftung

- gezielte Luftzuführung aus Höhen bis zu 20 Metern
- max. Temperaturdifferenz von 3°C über der Hallentemperatur
- Luftsinkgeschwindigkeit im sektionalen Arbeitsbereich > 0,3 m/s, nach DIN EN 13 355.
- Zuluftvolumen von z. B. 50.000 m³/h entspricht einer befluteten Fläche von ca. 50 m²
- Parallele Ansteuerung der Weitwurfdüsen und des sektionalen Abluftkanals
- Addition der Luftgeschwindigkeit von Zu- und Abluft

Die Anlagen werden in den verschiedensten Bereichen eingesetzt, wie:

- Stahlbau
- Autokranbau
- Windkrafttechnik
- Schiffbau
- Brückenbau
- Kranbau
- Werkzeugmaschinenbau
- Schienenfahrzeugbau

Vorteile der Weitwurfdüsenteknik

- gezielte Zu- u. Abluftführung im Arbeitsbereich
- hohe Schadstoffeffassung im Arbeitsbereich
- hohe Energieeinsparung durch sektionale Arbeitsweise
- niedrige Betriebskosten



Freiflächenlackieranlage mit Teleskoptrockner

Putzmeister AG
Gründau Rothenbergen

Qualität der Lüftung

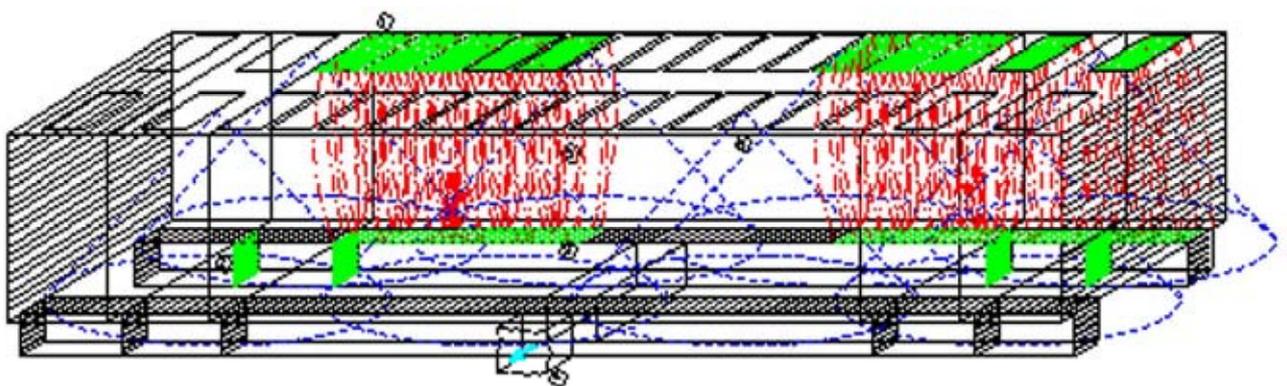
- Turbulenzgrad im Außenbereich des Zuluftstromes ist etwas höher als bei der Laminarströmung in einer geschlossenen Kabine mit Vollbeflutung
- Lackierqualität reicht für den Anspruch im mittleren und höherwertigen Maschinenbau völlig aus
- keine hochwertige PKW Lackierqualität erreichbar

Einsatzkriterien

- Sektionale Arbeitsweise
- Luftströmungen durch offene Tore – Türen – Heizeinrichtungen müssen vermieden werden
- oversprayarme Applikationssysteme wie Aircoat, Airmix, HVLP
- max. Zulufteerwärmung bis. 3 – 5°C über der Hallentemperatur
- Einsatzfähig bis zu 20 Metern Höhe

- **Großraumkabinen mit sektionaler Lüftung**

Schema sektionale Belüftung
mit automatischer Personenerkennung

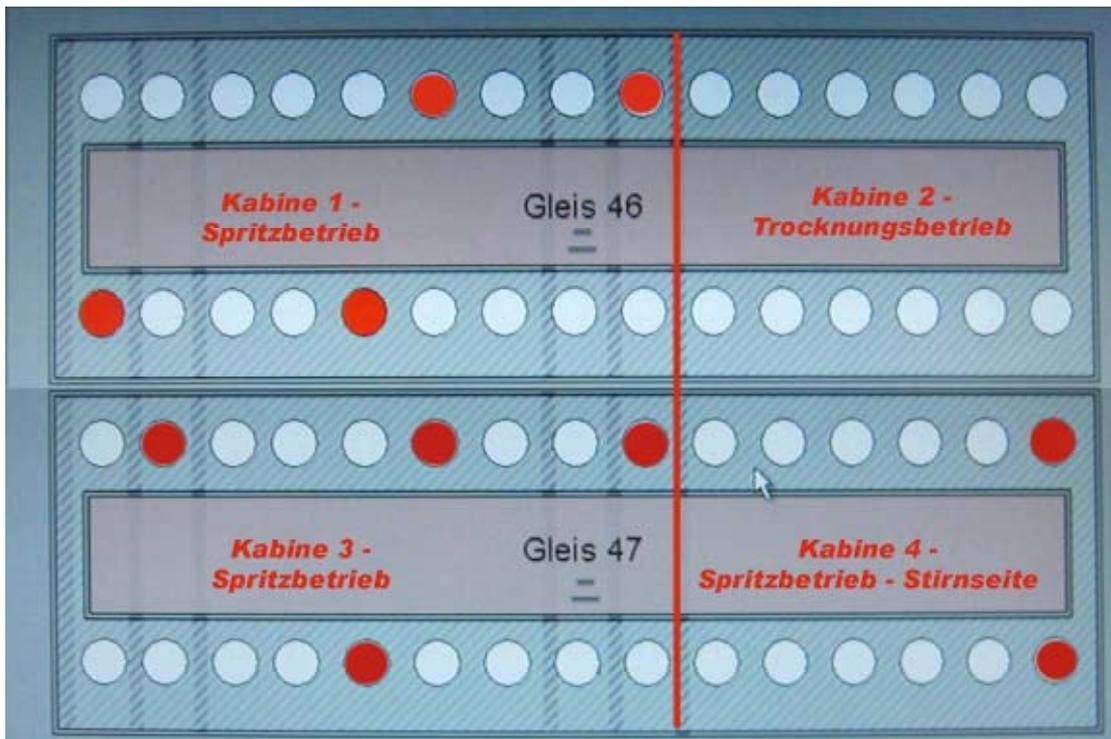


- 1 motorisch betätigte Zuluft-Jalousien
- 2 motorisch betätigte Abluft-Jalousien
- 3 sektional öffnende Prallabscheider
- 4 Abluftkanal
- 5 Luftstrom mit 0,3 m/s Sinkgeschwindigkeit
- 6 Erfassungswinkel der Personenerkennungskamera



Lackierkabine mit sektionaler Lüftung und Personenerkennung

Siemens Transportation AG
Krefeld
BJ 2003



Display Personenerkennung

Betriebsarten:

- Kabine 1: 4 Werker im Spritzbetrieb
- Kabine 2: Trocknungsbetrieb
- Kabine 3: 4 Werker im Spritzbetrieb
- Kabine 4: 1 - 2 Werker im Spritzbetrieb an der Stirnseite

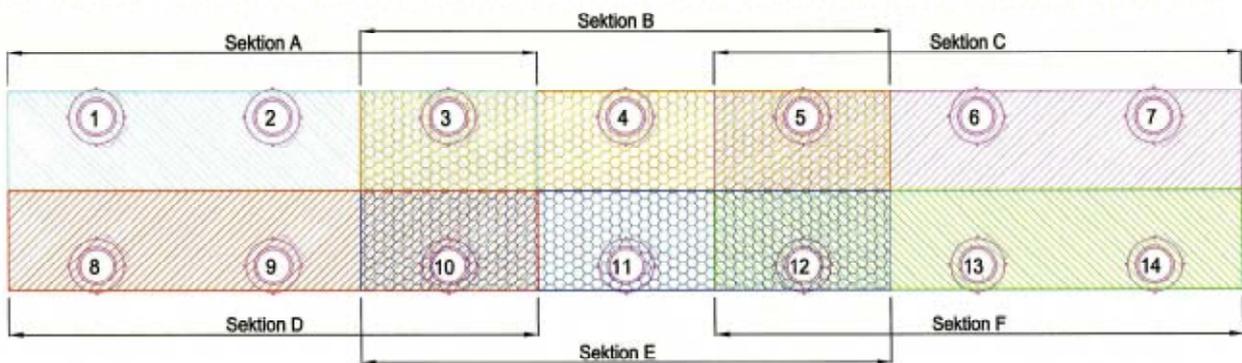
**Alle Bilder: Siemens Transportation AG
Krefeld Uerdingen**

Sektionale Belüftung

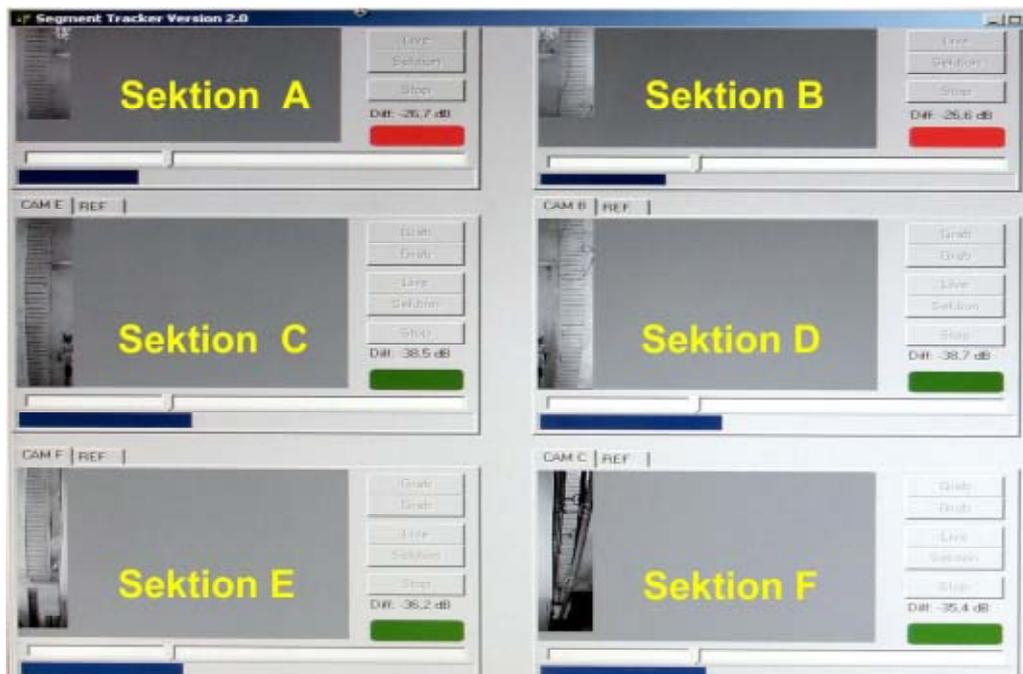
Durch die sektionale Arbeitsweise wird in hohem Maße Energie eingespart. Es wird dem Arbeitsbereich nur so viel Frischluft zugeführt, dass die Emissionsbegrenzungen für den org. Staubauswurf der TA-Luft, die MAK-Werte und der Explosionsschutz eingehalten werden können. Eine nutzlose Beflutung des weiteren Raumes erfolgt nicht. Die Sektion kann vom Lackierer manuell über eine explosionsgeschützte Fernbedienung oder über ein optisches Erkennungssystem vollautomatisch angewählt werden.

Automatische Segmentschaltung mit Personenerkennung – DBGM geschützt –

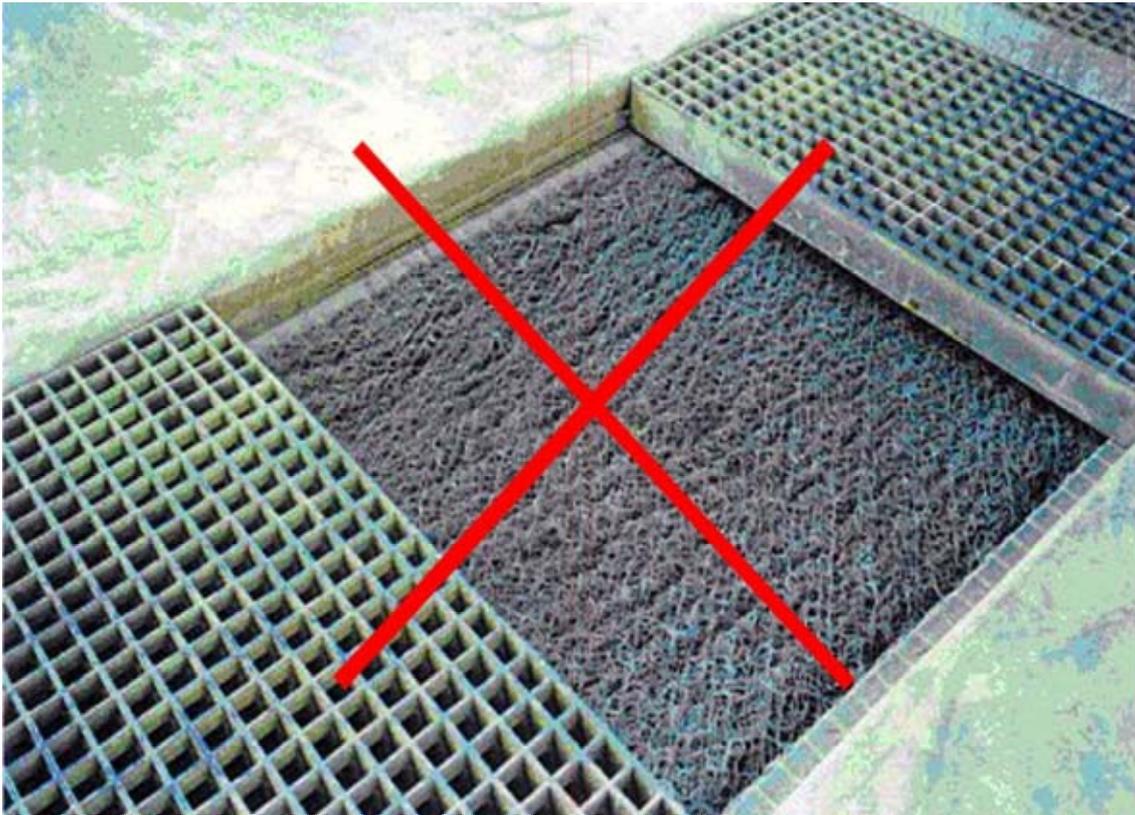
Durch ein automatische Personenerkennungssystem werden die einzelnen Sektionen automatisch geschaltet. Hierzu sind mehrere Kameras an der Hallendecke zwischen den Weitwurfdüsen angeordnet. Die Kameras erfassen ein Feld von max. 20 x 20 m. In einem speziell hierfür entwickelten Computerprogramm wird diese Fläche in die erforderlichen Sektionen unterteilt und jede Bewegung erkannt, die vom Lackierer oder anderen Personen ausgeht. Dieses Signal geht an den Rechner, der zeitgleich die Weitwurfdüsen in dieser Sektion auf Arbeitsstellung (Vertikallüftung) stellt und die darunter liegenden Prallabscheidersysteme in den Bodenkanälen öffnet, um so den Lackierer zielgerichtet mit erwärmter Frischluft zu befluten. Die restlichen Prallabscheidersysteme in den Bodenkanälen stehen in geschlossener Stellung.



Darstellung der Sektionen auf dem Freiflächenlackierplatz und auf dem Bildschirm – unten –
 In den Sektionen A u. B wird ein Werker (Pos. 3) erkannt



2 Minderung von Abfällen

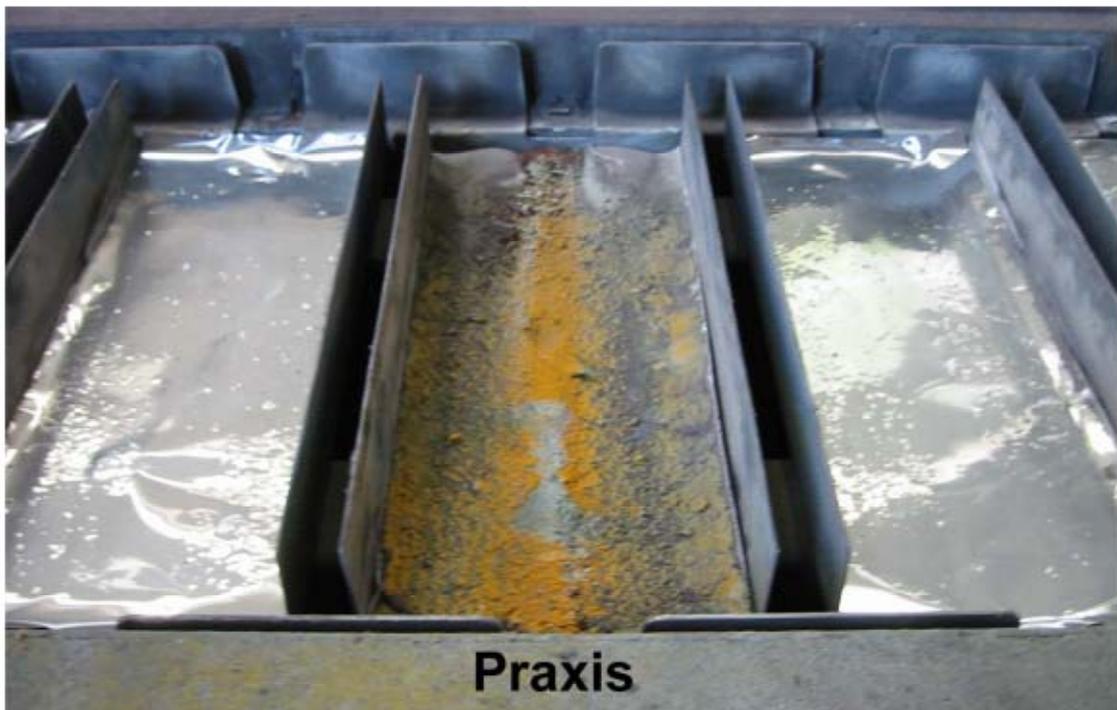
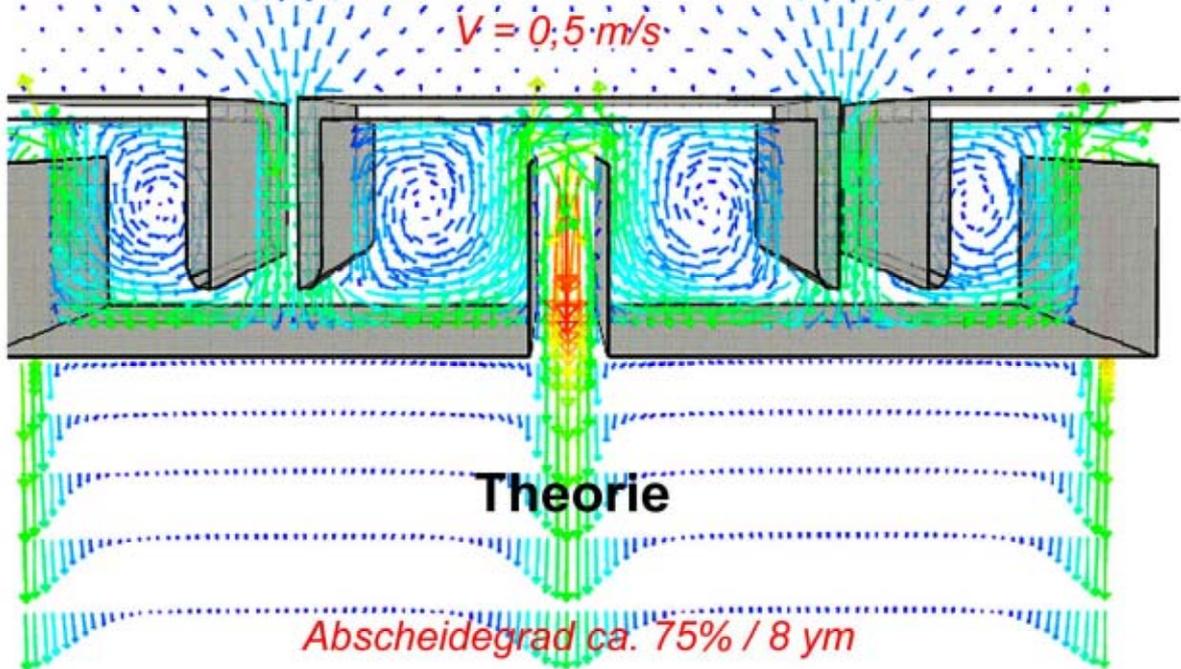


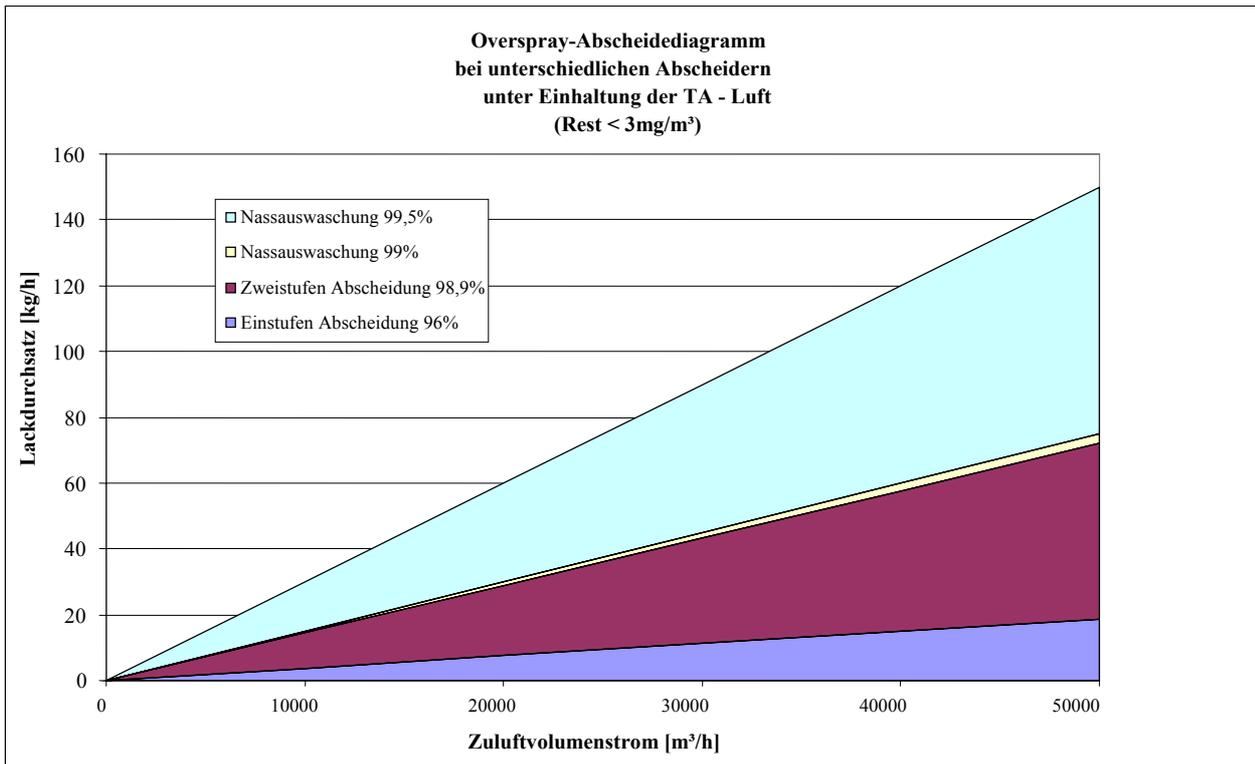
Es war einmal

SLF Absaugung und Farbnebelabscheidung – DBGM geschützt –

- Farbnebel-Abscheidesystem, mit 2-fach Abscheidung
- wesentlich längere Standzeit der Farbfiltermatten als bei der herkömmlichen Trocken-Abscheidetechnik
- niedrigere Wiederbeschaffungs- und Entsorgungskosten
- Prallabscheider mit einem Abscheidegrad von max. 75 %
- Farbfilterkassetten-system, Abscheidegrad 96 %
- Gesamtabscheidegrad von ca. 98 %
- größerer Lackdurchsatz bei gleichem Zu- und Abluftvolumen
- sektionale Bauweise

Prinzip des SLF Prallabscheidersystems





Ausgangsdaten:

Oversprayanteil: 40%

Festkörperanteil: 50%

Das Diagramm lässt erkennen, dass mit der 2 Stufenabscheidung über Prallabscheider mit nachgeschalteter Farbfiltermatte ein annähernd großer Abscheidegrad und Lackdurchsatz wie bei der Nassauswaschung (η ca. 99 %) erzielt wird.

SLF Farbabscheidesystem

Das SLF Farbabscheidersystem besteht aus:

- sektional schaltbaren Prallabscheidersystemen (L = 3.000 mm)
- Farbabscheiderkassetten im Boden oder im Abluftkanal



Sektional schaltbarer Absaugkanal
(Ansicht aus dem Bodenkanal)

Siemens Transportation AG
Krefeld

Die Prallabscheider ersetzen die herkömmlichen Gitterroste mit wesentlichen Vorteilen. Die Bodenabsaugkanäle sind mit einem sektional zu öffnenden Prallabscheidersystem abgedeckt, mit denen eine gezielte Abluftführung ermöglicht wird. Das Prallabscheider-Prinzip basiert auf ineinander verzahnten U-Profilen. In dem unteren als Schale ausgebildeten U-Profil, in dem sich der größte Teil des Oversprays und der anfallende Grobschmutz niederschlägt, ist ein „**Overspray-Collector**“ lose eingelegt, der sekundenschnell abgereinigt werden kann. Ein aufwändiges Be- und Entschichten mit Abziehlack kann somit komplett entfallen. Der Entsorgungsaufwand und dadurch auch die Entsorgungskosten werden so drastisch gesenkt.

Prallabscheider-Reinigung – DBGM geschützt –

Im Gegensatz zu Gitterrosten lassen die glatten Flächen der U-Profile eine schnelle und bequeme Reinigung zu.

Üblicherweise werden die verschmutzten Gitterroste bzw. Prallabscheider zur Reinigung aufgenommen und teuer abbeizt, gestrahlt oder mit einem Hochdruckreiniger abgereinigt. Ein Ersatz Gitterroste bzw. Prallabscheider muss bereitgestellt werden, um die Absaugkanäle abzudecken und eine weitere Produktion zu ermöglichen.

Das zum Patent angemeldete System besteht aus dem **oberen und dem unteren Overspray-Collector**. Die oberen Prallabscheider sind mit dem **oberen Overspray-Collector** aus dünnem U-förmigem Stahlblech gegen Overspray geschützt. Dieser Overspray-Collector ist ein Wegwerfartikel, der von Zeit zu Zeit entsorgt werden muss, teils über den Schrotthandel, da es sich in der Regel um ausgehärtete blei- und chromatfreie Lacke handelt.



Aufnahme der Schwerlast-Prallabscheider mit dem Gripper

Mit einer Gripper-Zange wird der obere Prallabscheider als tragendes Element angehoben und damit der untere Prallabscheider freigelegt. In der untenliegenden Gegenschale liegt der **untere Overspray-Collector** aus nicht brennbarer und leitfähiger Folie, auf denen sich durch Umlenkung der Abluft der Grobschmutz und Overspray niederschlägt.

Die **Overspray-Collectoren** werden zur Reinigung aus der unteren Prallabscheider- Schale herausgenommen. Der Grobschmutz und das angetrocknete Overspray kann nun leicht von den mehrfach wieder einsetzbaren **Overspray-Collectoren** entfernt werden.



**Oberer
Overspray-Collector**



**Reinigung des
unteren Overspray-Collectors**



Der Feinstaub am Boden der Absaugkanäle muss in größeren Zeitabständen, wie bei herkömmlichen Absaugkanälen auch, entsprechend den Forderungen der BGV D 25 entfernt werden und kann bei vollständiger Aushärtung u. U. über den Hausmüll entsorgt werden.



Lackabfälle aus dem Prallabscheider, die die Filtermatte nicht belasten

Wartung während des laufenden Betriebes

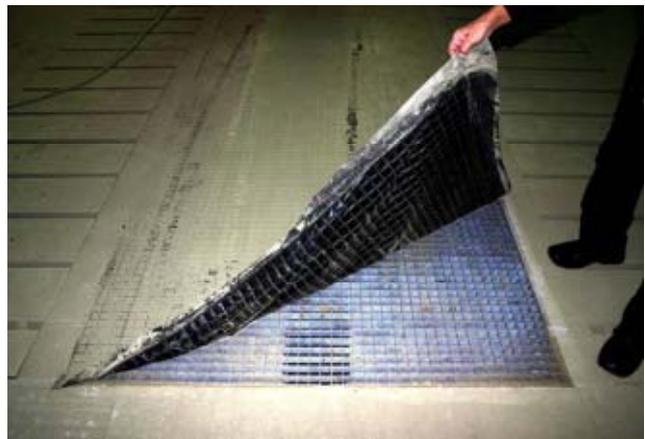
Mit diesem neuen zum Patent angemeldeten Verfahren, kann das Prallabscheider-system während des laufenden Betriebes gereinigt werden. Hierzu muss die Anlage nicht leer geräumt werden, wie dies bei verschmutzten Gitterrosten erforderlich wäre, mit entsprechend langen Stillstandszeiten.

Quick Clean System zur restlichen Oversprayabscheidung – DBGM geschützt –

Zum Schutz des restlichen Bodens empfehlen wir Ihnen unser Quick Clean System als Overspray-Folienauffangsystem, das wir nachstehend beschreiben.



So geht's auch...



...aber so eleganter und blitzschnell!

Hierbei wird eine Kunststoffolie, die auf einer löcherigen Auflage (Gitterroste/Lochblech) ebenerdig aufliegt, durch ein Ventilatorsystem mit hohem Unterdruck fest auf den Boden gezogen und nimmt so den restlichen Teil des Oversprayeres auf. Durch den hohen Unterdruck wird die Folie so fest auf den Boden gezogen, dass sie selbst bei klebrigen Schuhen haften bleibt. Hierzu ist die restliche Bodenfläche mit einem ca. 200 mm tiefen Kanal ausgeführt, der mit Gitterrosten abgedeckt ist. Die Kanäle sind mit dem Ventilator saugseitig verbunden.

Dieses Verfahren wurde erfolgreich von uns eingesetzt zur Beschichtung der Rotorblätter von Windkraftträdern, wo ein 2-K Lack in einer Schichtstärke von 1.000 µm aufgetragen wird. Der Wartungsaufwand ist somit minimal, da die verschmutzte Folie von Zeit zu Zeit nur aufgerollt und ausgetauscht werden muss.

Farbabscheiderkassetten

Die restliche Feinstaubfarbabscheidung erfolgt über mehrere Farbabscheiderkassetten, die innerhalb des vertikalen Abluftkanals direkt vor dem Abluftaggregat eingebaut sind. Diese sind durch bequemen Zugang über eine Revisionsklappe im vertikalen Ansaugkanal leicht auswechselbar. Eine Differenz-Druckanzeige überwacht den Sättigungsgrad der Farbfiltermatte. Durch die geschützte Kassettenausführung und der Tatsache, dass der Grobschmutz durch den Einsatz der Prallabscheider nicht mehr durch die Filtermatten aufgenommen werden muss, erhöht sich die Standzeit der Farbfiltermatte um ein Mehrfaches gegenüber der herkömmlichen Technik mit Farbfiltermatte unterhalb der Gitterroste.



Farbabscheiderkassetten

Vorteile des Prallabscheidesystems gegenüber der herkömmlichen Trockenabscheidung

- Wartung während des laufenden Betriebes möglich
- 2-fach Abscheidung mit hohem Wirkungsgrad
- Abscheidegrad annähernd im Bereich der Nassauswaschung mit 98,5 %
- hohe Tragfähigkeiten der Schwerlast-Prallabscheider (3 t bzw. 10 t RL)
- leichtes Aufnehmen der Schwerlast-Prallabscheider mit dem **Gripper**
- einfachste Säuberung der unteren und oberen Prallabscheiderelemente
- geringste Entsorgungskosten durch minimales Filter- und Festkörpervolumen
- kein Austausch der Gitterroste beim Farbfiltermattenwechsel
- kein Abbeizen oder Strahlen verschmutzter Gitterroste
- kein Reservesatz an Gitterrosten erforderlich
- kürzeste Farbfilterwechselzeiten durch Kassettenbauweise
- lange Intervalle bis zum Farbfilterkassettenwechsel
- geringe Wiederbeschaffungskosten der Filtermatten
- kurze Amortisationszeit
- das System kann in vorhandene Anlage integriert werden

Vorteile des SLF Farbabscheidersystems gegenüber der Nassabscheidung

- wesentlich geringerer Entsorgungsaufwand
- wesentlich geringere Entsorgungskosten
- kein Wasserverbrauch
- kein Koagulieremittel erforderlich
- annähernd gleicher Abscheidegrad
- hierdurch annähernd gleicher Lackdurchsatz/h möglich

Teleskopierbarer Trockner

Mit einem teleskopierbaren Trockner können die auf der Freifläche lackierten Konstruktionen ebenfalls getrocknet werden.



Parkposition L = 7.000 mm



Trockner ausgefahren L = 54.000 mm

ENERCON Magdeburg

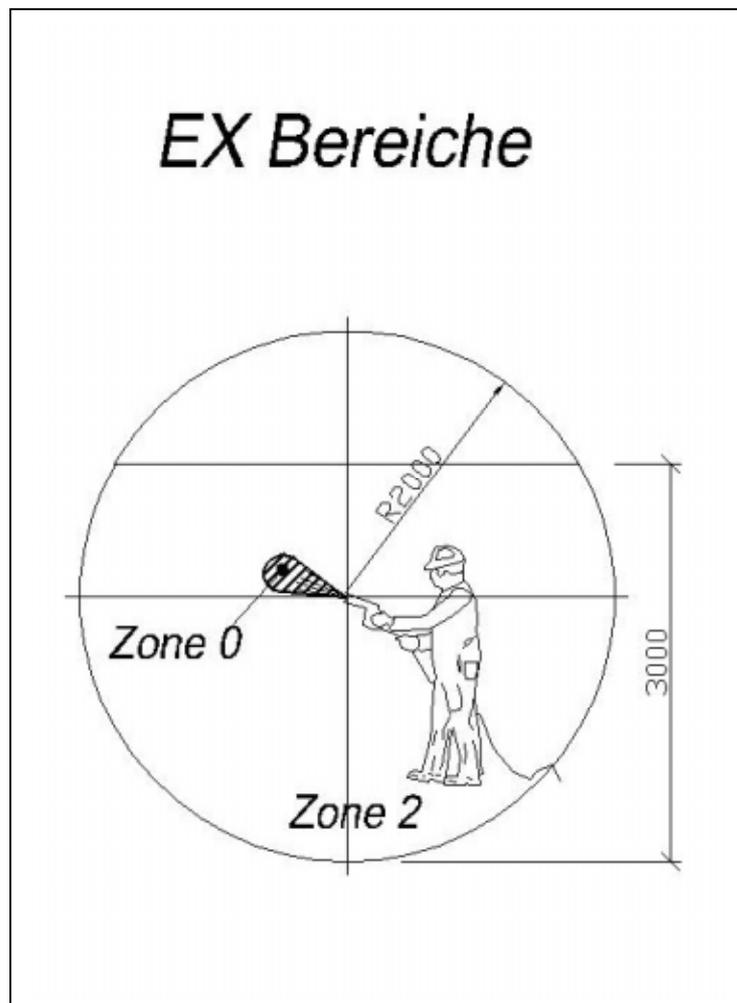
Hierbei steht der Trockner in seiner Parkposition vor der Spritzfläche mit übereinander eingefahrenen Gehäusesegmenten und kann zum Trockenprozess voll oder auch teilweise ausgefahren werden. Mit einer Parkfläche von z. B. 7 x 5 m und 8 Gehäusesegmenten à 7 m kann ein Werkstück mit einer max. Länge von 54 m voll umschlossen werden. In diesem Trockner mit Längsbelüftung lassen sich Trocknungstemperaturen von ca. 60°C erzielen.

Ex-Schutz bei Freiflächenlackieranlagen

Die Forderungen des Explosionsschutzes werden nach einem für die SLF GmbH erstellten TÜV Gutachten erfüllt, wobei beim Einsatz von lösemittelhaltigen Lacken ab der Spritzpistole folgende Regelungen zulässig sind:

Vom Lackierer aus gesehen erstreckt sich nach diesem Gutachten des TÜV Rheinland die:

- die Zone 0 als 45° Keule 0,5 Meter von der Pistolenöffnung
- die Zone 2 in allen Richtungen 2,0 Meter, nach oben gegen die Luftrichtung nur 1 Meter
- der feuergefährdete Bereich mit der Schutzart IP 54 liegt zwischen 2,0 und 4,0 Metern





Freiflächenlackieranlage

45 x 12 x 8 m

EMS Meyer Werft
Papenburg



Beschichtung eines Betonpumpenfahrzeuges

Putzmeister AG



**Großraumlackierkabine 72 x 10 x 10 m
für Brückenkonstruktionen**

3 Minderung von Energieverbräuchen

Betriebskostenvergleich

Lackieranlage mit Vollbeflutung vs SLF-Anlagentechnik mit sektionaler Belüftung

Energiekostenvergleich:

Ausgangsdaten für die nachstehende Beispielrechnung:

- Gaspreis für die Kesselanlage: 0,035 €/ kWh
- Strompreis: 0,095 € / kWh
- Arbeitszeit / Schicht: 7,5 h
- Schichten / Tag 1,0
- Arbeitstage / p.a. 220
- Arbeitsstunden / p.a. 1.650
- Spritzbetrieb / p.a. 1.100 h (angenommen)
- Kabinengrundfläche: 130 m² (15 x 8,75 m)
- Luftsinkgeschwindigkeit nach DIN EN 13355 0,3 m/s
- erforderliches Zu- / Abluftvolumen: 140.000 m³/h

Energieverbrauchsdaten

herkömmlicher Anlagentechnik mit vollflächiger Lüftung:

Außentemperaturen im Jahresschnitt bei von + 8°C (Δ t = 14°C)
 durchschnittliche Heizleistung bei 140.000 m³/h 353 kWh mit Wärmerückgewinnung
 Luftsinkgeschwindigkeit in der ganzen Kabine: 0,3 m/s
 Anzahl der Lackierer: 2

Bezeichnung:	Heiz- energie Erdgas (kWh)	Einsatz/p.a Spritz- betrieb (h)	Heiz- energie- verbrauch/a (kWh)	elektr. Energie (kW)	Einsatz/p.a. Spritz- betrieb (h)	elektr. Energie- verbrauch/a (kWh)
Freiflächen- lackieranlage	353	1.100	388.300	115	1.100	126.500
Energiekosten/p.a.			13.590,-€			12.017,-€

Die **Energiekosten mit herkömmlicher Anlagentechnik** liegen beim Spritzbetrieb im Einschichtbetrieb

bei ca.: 25.607,- € / p.a.

Energieverbrauchsdaten

SLF Anlagentechnik mit sektionaler Lüftung:

Außentemperaturen im Jahresschnitt bei von + 8°C (Δ t = 14°C)
 durchschnittliche Heizleistung bei 50.000 m³/h 126 kWh mit Wärmerückgewinnung
 Luftsinkgeschwindigkeit im sektionalen Arbeitsbereich: 0,3 m/s
 Anzahl der Lackierer: 2

Bezeichnung:	Heiz- energie Erdgas (kWh)	Einsatz/p.a Spritz- betrieb (h)	Heiz- energie- verbrauch/a (kWh)	elektr. Energie (kW)	Einsatz/p.a. Spritz- betrieb (h)	elektr. Energie- verbrauch/a (kWh)
Freiflächen- lackieranlage	126	1.100	138.600	44	1.100	48.400
Energiekosten/p.a.			4.851,-€			4.598,-€

Die **Energiekosten** mit der SLF- Anlagentechnik liegen in diesem Fall beim Spritzbetrieb im Einschichtbetrieb

bei ca.: 9.449,-€ / a.

Das Einsparpotenzial durch die sektionale Lüftung liegt bezogen auf die Energiekosten bei:

16.158,-€ / p.a. entsprechend 63 %

Wartungskosten

Beim Vergleich der herkömmlichen Anlagentechnik mit Gitterrosten und untergelegter Filtermatte und der SLF Anlagentechnik mit Prallabscheidern und nachgeschalteten Filterkassetten ergibt sich folgendes Bild:

Ausgangsdaten:	Lackdurchsatz/h	15	kg/h
	Lösemittelanteil:	50	%
	Oversprayanteil:	50	%
	Festkörper im Overspray:	3,75	kg/h
	Gitterroste:	3 Reihen à 0,7 x 12 m = 52 m ²	
	Anzahl Prallabscheider	132	Stck.
	Anzahl untere u. obere OV Collectoren	132	Stck.
	Kosten untere u. obere OV Collectoren	6,-	€/Stck.
	Filtermattenfläche:	52	m ²
	Filtermattenspeicherkapazität:	4.500	g/m ² (100 mm Matte)
	Kosten Filtermatte:	5,-	€/m ²
	Wirkungsgrad SLF Prallabscheider:	70	%
	Berechnungszeitraum:	1 Jahr = 1100 h	
	Personalkosten/h	25,-	€

Bezeichnung	Gitterroste mit Filtermatte		
	Menge	Einheit	€
Filtermattenfläche	52,0	m ²	
Speicherkapazität	4,5	kg / m ²	
Oversprayfracht	3,75	kg/h	
Oversprayfracht auf Boden 50%	1,87	kg/h	
Oversprayfracht auf Gitterroste 25%	0,94	kg/h	
Oversprayfracht auf Filtermatte 25%	0,94	kg/h	
Filterwechsel nach	248	h	
Filterkosten/a ca.			1153,00
Gitterrostreinigung nach	40	h	
Gitterrostreinigung - Beizen	10,00	€ / m ²	
Gitterrostreinigung - Kosten/a			14.300,00
Gitterrostreinigung - Transport			5.500,00
Arbeitszeit / Wechsel	16,00	h	
Arbeitszeit / a ca.	440	h	
Personalkosten / a			11.000,00
Gesamtkosten / a			31.953,00

SLF Prallabscheidersystem

Bezeichnung	Prallabscheider mit Filterkassetten		
	Menge	Einheit	€
Absaugkanalfläche	52,0	m ²	
Filterfläche	8,0	m ²	
Speicherkapazität	4,5	kg / m ²	
Oversprayfracht	3,75	kg/h	
Oversprayfracht auf Quick Clean o. Boden 50 %	1,87	kg/h	
Oversprayfracht auf Prallabscheider SLF 35 %	1,30		
Oversprayfracht auf Filtermatte SLF 15 %	0,56	kg/h	
Filterwechsel nach	64	h	
Filterkosten/a ca.			687,50
Arbeitszeit / Wechsel ca.	3	h	
Arbeitszeit /a ca.	51	h	
Personalkosten / a			1289,00
Austausch der Overspraycollectoren / a	2	mal	
Kosten der Overspraycollectoren			1584,00
Gesamtkosten / a			3.560,50

Die **Wartungskosten/a** mit der SLF- Anlagentechnik liegen in diesem Fall
bei ca.: 3.560,50 € / a.

Das Einsparpotenzial liegt bezogen auf die Wartungskosten bei:

28.393,-€ / p.a. entsprechend 89 %

Kostenverhältnis 9 : 1

Optimierungsstrategien für Lackierprozesse

Dr. Hans Schrübbers, Bremer Gesellschaft für Angewandte Umwelttechnik – bregau olt GmbH

1 Einleitung / Hintergrund

Zum Schutz der Bevölkerung vor gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch Luftschadstoffe hat die Weltgesundheitsorganisation (WHO) eine Immissionskonzentration für bodennahes Ozon von 120 Mikrogramm pro Normkubikmeter Luft festgelegt.

Vorläufersubstanzen für die Ozonbildung sind Stickoxide (NO_x) und VOC. Berechnungen haben ergeben, dass die Emissionen dieser Substanzen um 70 bis 80 Prozent gegenüber 1990 in ganz Mitteleuropa verringert werden müssen, um den WHO-Grenzwert einhalten zu können.

In Göteborg wurde im Dezember 1999 von der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UN-ECE) über 30 Mitgliedstaaten ein UN ECE-Protokoll zur Bekämpfung von Versauerung, Eutrophierung und bodennahem Ozon gezeichnet.

Es wurde die Verminderung von vier grenzüberschreitenden Schadstoffen, unter anderem VOC, beschlossen. Zentrale Regelung ist die Festlegung von nationalen Emissionsobergrenzen für jeden Staat. Die Emissionen von VOC müssen bis zum Jahre 2010, verglichen mit 1990, insgesamt um 41 Prozent reduziert werden. Deutschland hat eine Emissionsreduzierung von 69 Prozent für VOC auf insgesamt 995.000 Tonnen zugesagt (Tab. 1). (Dieser Wert ist in die 33. BImSchV als Emissionshöchstmenge übernommen worden).

Tab. 1: Emissionsreduzierung bis 2010 gegenüber 1990

in Prozent	SO ₂	NO _x	NH ₃	VOC
ECE gesamt	- 63	- 41	- 17	- 41
EU-Staaten	- 75	- 49	- 15	- 57
Deutschland	- 90	- 60	- 28	- 69

Bis zum Ende der neunziger Jahre wurde in Deutschland ein deutlicher Reduzierungserfolg um fast 50 Prozent, überwiegend aus dem Verkehrssektor erreicht.

Minderungen bei den Lösemittelanwendungen, und dazu gehört mit fast 40 Prozent die Lackverarbeitung, sind im Wesentlichen nicht erfolgt (Abb. 1).

Entwicklung der VOC - Emissionen in Deutschland bis 2010

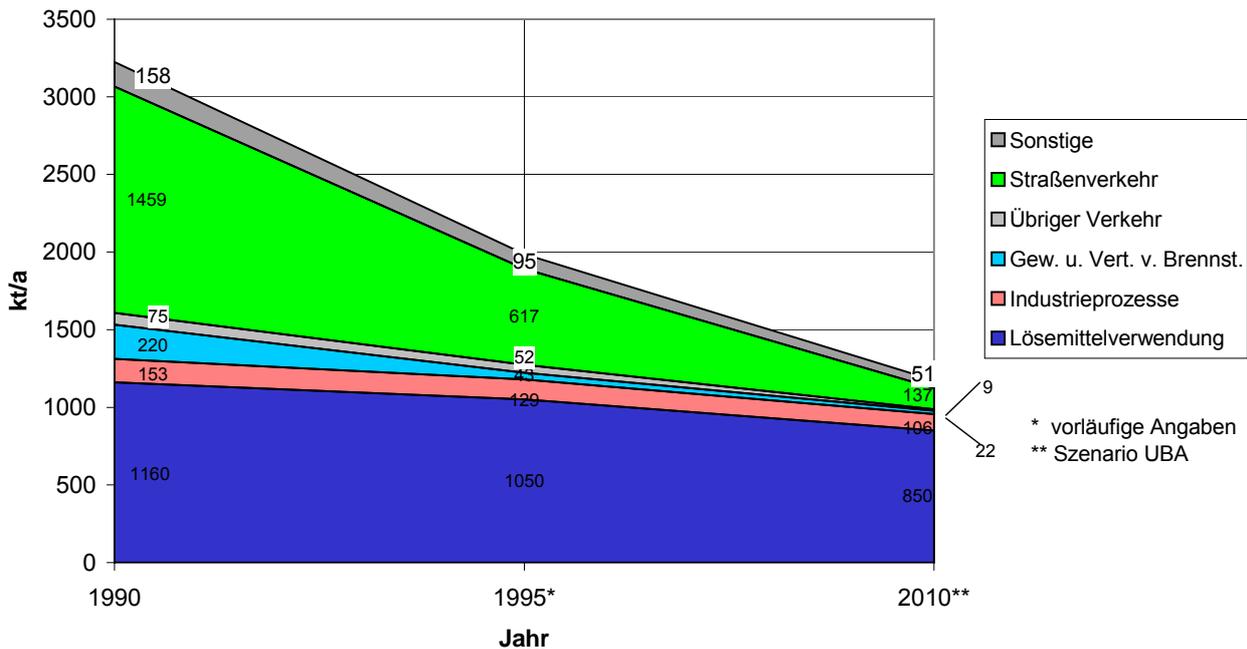


Abb. 1: Entwicklung der VOC-Emissionen in Deutschland bis 2010 (Umweltbundesamt)

Um eine Reduktion der VOC-Emissionen, insbesondere bei nicht genehmigungsbedürftigen Anlagen zu erreichen, hat der europäische Ministerrat am 11. März 1999 die Richtlinie 1999/13/EG des Rates über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, die bei bestimmten Tätigkeiten und in bestimmten Anlagen bei Verwendung organischer Lösemittel entstehen, verabschiedet.

2 Möglichkeiten zur Erfüllung der Anforderungen der 31. BImSchV

Diese Richtlinie betrifft über 20 industrielle und gewerbliche Anwendungsbereiche, in denen organische Lösemittel zum Einsatz kommen.

Die Umsetzung der Richtlinie 1999/13/EG in Deutsches Recht erfolgte am 25. August 2001 in Form der 31. Bundes-Immissionsschutzverordnung (31. BImSchV).

Die 31. BImSchV regelt¹

- Die Begrenzung von Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), die bei bestimmten Tätigkeiten und in bestimmten Anlagen bei Verwendung von organischen Lösemitteln entstehen.
- Ziel ist die Verminderung von VOC-Emissionen und Schutz der menschlichen Gesundheit!

¹ Von der 31. BImSchV sind u. a. folgende Anlagen betroffen: 2. Reinigung der Oberflächen von Materialien oder Produkten, 4. Serienbeschichtung von Kraftfahrzeugen, Fahrerhäusern, Nutzfahrzeugen, Bussen oder Schienenfahrzeugen, 5. Fahrzeugreparaturlackierungen, 6. Beschichten von Bandblech, 7. Beschichten von Wickeldraht, 8. Beschichten von sonstigen Metall- oder Kunststoffoberflächen, 9. Beschichten von Holz oder Holzwerkstoffen).

Von den ca. 50.000 lackverarbeitenden Betrieben in Deutschland fielen bis zur Verabschiedung der 31. BImSchV ca. 500 Betriebe unter die (alte) TA Luft, in den Anwendungsbereich der VOC-Verordnung fallen rund 18.000 Betriebe [1].

Grundsätzlich sind die anlagen- und tätigkeitsbezogenen speziellen Anforderungen der Verordnung auf zwei Wegen zu erfüllen:

1. Einhaltung der anlagen- und tätigkeitsbezogenen Grenzwerte für gefasste Abgase in Milligramm Kohlenstoff pro Kubikmeter Luft, für diffuse Emissionen als Prozentsatz der eingesetzten Menge organischer Lösemittel und für die Gesamtemission.

Die Einhaltung der Grenzwerte in gefassten Abgasen ist nur durch Einsatz einer Abluftreinigung zu erreichen. Unbehandelte gefasste Abgase gelten u. a. bei der Fahrzeuglackierung, bei der Beschichtung von Bandblech, von sonstigen Metall- oder Kunststoffoberflächen sowie bei der Beschichtung von Holz- oder Holzwerkstoffen als diffuse Emissionen.

2. Durchführung eines Reduzierungsplanes, wodurch eine Emissionsminderung mindestens in gleicher Höhe wie bei Einhaltung der Grenzwerte erreicht wird (allgemeiner Reduzierungsplan).

Neben dem allgemeinen Reduzierungsplan gibt es spezielle Reduzierungspläne, bei denen eine Bezugsemission auf Grundlage des Verhältnisses von Festkörper zu organischen Lösemitteln unter Berücksichtigung des Standes der Technik festgelegt ist. Aus der Bezugsemission errechnet sich die **Zielemission** durch Multiplikation mit einem Prozentsatz, der sich aus dem Grenzwert der diffusen Emission und dem Prozentsatz des nicht in der Abgasbehandlung gereinigten Anteils (100 % – angenommener Wirkungsgrad) zusammensetzt.

Bei Einhaltung der **Zielemission** ist ein gesonderter Nachweis der Gleichwertigkeit nicht erforderlich.

Die Zielemission kann in zwei Stufen erreicht werden. Die erste Anforderung lautet Zielemission mal 1,5; der zweite Schritt ist die Endstufe, das heißt maximale Emission gleich Zielemission.

Darüber hinaus gibt es für verschiedene Anlagen und Tätigkeiten noch vereinfachte Reduzierungspläne, bei denen bestimmte produktspezifische Vorgaben eingehalten werden müssen.

Die beiden Wege zur Einhaltung der speziellen Anforderungen der VOC-Verordnung stehen auch für zwei Arten des Umweltschutzes (Abb. 2):



Abb. 2: Zwei Wege zur Erfüllung der Anforderungen der Lösemittelverordnung

Beim nachsorgenden Umweltschutz gibt es eine Reihe von technischen Lösungen zur Einhaltung der Emissionsgrenzwerte im Abgas:

- Nachverbrennung (thermisch oder katalytisch)
- Adsorption
- spezielle Verfahren; z. B. Biofilter.

Eine wirtschaftliche Abgasreinigung ist bei Lackieranlagen nicht möglich, da in der Regel die Abluft zu wenig mit Lösemitteln beladen ist und somit bei thermischen Verfahren eine Stützfeuerung erforderlich ist.

Weitere Nachteile des nachsorgenden Umweltschutzes sind:

- hohe Investitions- und Betriebskosten
- zusätzlicher Aufwand bezüglich Wartung, Reparatur, Überwachung
- Verlagerung von Umweltproblemen durch zusätzliche NO_x - CO und CO₂-Emissionen
- zusätzlich müssen Grenzwerte für diffuse Emissionen eingehalten werden

Die Emissionsminderung durch Anwendung eines Reduzierungsplanes beruht auf Primärmaßnahmen. Dabei geht man von einer ganzheitlichen Betrachtung des Lackierprozesses aus (Produktionsintegrierter Umweltschutz, PIUS) [2].

3 Vorgehensweise des ganzheitlichen Ansatzes (PIUS)

Am Anfang steht die Bestandsaufnahme inkl. Schwachstellenanalyse. Dabei werden Daten zum Unternehmen erhoben, wie [3]:

- Unternehmensprofil mit Produkten, Produktentwicklung, Produktionsschritten/ -Verfahren
- Vorhandene/ erforderliche Genehmigungen
- Grobanalyse der Produktion mit Einsatz/Verbrauch von
 - o Frischwasser
 - o Abwasser
 - o Energie
 - o Rohstoffe, Hilfsstoffe, Betriebsstoffe
 - o Emissionen
 - o Produkte
- Makroanalyse mit
 - o Beschreibung der Produktionsschritte und (umweltrelevanten) Stoffströmen.
 - o Bewertung der eingesetzten Verfahren (Stand der Technik) und der Produktionsemissionen (z. B. Relevanz bzgl. VOC-Verordnung)
- Darstellung der ermittelten PIUS-Potenziale

Erfahrungsgemäß lassen sich bei Lackanwendern folgende Potenziale aufzeigen [4]:

- Einsatz lösemittelarmer Lacksysteme (Wasserlack, Pulver, High-Solids),
- Erhöhung des Auftragswirkungsgrades durch die Anwendung effizienterer Applikationstechniken (HVL, ESTA),
- Optimierung der Schichtdicke,
- lackiergerechte Konstruktion und Werkstoffauswahl,
- Verbesserung der Erst-in-Ordnung-Rate,

- Optimierung des Lackaufbaus,
- Reduzierung des Lösemittelverbrauchs zu Reinigungszwecken,
- Optimierung des Trocknungsprozesses,
- Qualifikation und Motivation der Mitarbeiter,
- effizienter Energieeinsatz,
- Abfallreduzierung durch Lackschlammentwässerung und Lösemittelrecycling.

Nach der Grobanalyse hat sich die Durchführung eines „Stoffstromworkshops“ mit den verantwortlichen Mitarbeitern des Betriebes (Geschäftsführung, Abteilungsleitung, Meister, Vorarbeiter, Einkauf, Qualitätssicherung, ...) bewährt.

Auf diesem Stoffstromworkshop werden die Ergebnisse der Bestandsaufnahme und der Makroanalyse dargestellt. Dabei werden die einzelnen (wichtigen) Prozesse visualisiert unter Angabe der Input-Output-Daten sowie der entdeckten Probleme/Schwachstellen und offener Fragen.

Durch Einbeziehung der Mitarbeiter aus verschiedenen Bereichen und Hierarchieebenen kommen immer wieder interessante, der Geschäftsführung nicht immer im Detail bekannte Sachverhalte zur Diskussion. (Realer Aufwand/ Kosten für Nacharbeiten, Ursachen für Lackierfehler, Gründe für das Nichtverwenden vorhandener technischer Möglichkeiten, konkrete Vorschläge zur Optimierung der Abläufe etc.). Darüber hinaus gelingt es so, die Mitarbeiter in die geplanten Veränderungen der Prozesse frühzeitig einzubinden und sie zur Mitarbeit zu motivieren. Eine wichtige Voraussetzung für den Erfolg bei der Einführung neuer Prozesse/Technologien.

Am Ende des Stoffstromworkshops werden die Schwerpunkte der nachfolgenden Mikroanalyse mit den nächsten Schritten der Umsetzung festgelegt.

Dazu können konkrete Versuche bei Anlagenbauern (z. B. Vorbehandlungschemikalien und -verfahren) und mit Lackherstellern sowie Herstellern von Applikationstechniken gehören. Diese Versuche können bei den Herstellern, im Technikum der bregau oder auch direkt in der Produktion (Wochenende) durchgeführt werden.

Am Ende der Mikroanalyse stehen konkrete Stoffflussdiagramme mit quantitativen Angaben, die relevanten produktionsspezifischen Kennzahlen, die Beschreibung der Umsetzungsmaßnahme und ihre technische Machbarkeit, die betrieblichen Konsequenzen (für andere Produktionsschritte, für die Infrastruktur), die Darstellung der PIUS-Potenziale (inkl. Lösemittelbilanz, Reduzierungsplan) sowie die Darstellung der Kosten und Einsparpotenziale.

4 Beispiele

Die Einführung neuer Prozesse und Technologien ist bei KMU in der Regel nur mit Unterstützung von außen möglich.

Zur Entwicklung eines Beratungskonzeptes wurde in der Zeit vom August 1998 bis Ende 2002 ein Forschungsvorhaben, gefördert vom BMBF, gemeinsam von der bregau und der DFO durchgeführt:

„Entwicklung und Erprobung eines modellhaften Beratungskonzeptes zur Unterstützung des Technologietransfers in kleinen und mittelständischen Unternehmen mit dem Ziel der Einführung umweltgerechter Lackierverfahren“

Innerhalb des Forschungsprojektes und darüber hinaus im Rahmen von verschiedenen Prozessberatungen und von PIUS-Beratungen, gefördert vom RKW Bremen, der Effizienz-Agentur NRW und der target GmbH in Niedersachsen, konnten erfolgreiche Lackierkonzepte und Reduzierungspläne in den Bereichen Holz-, Kunststoff-, Metallbeschichtung und Beschichten von Fahrzeugen entwickelt werden.

Die entwickelten Maßnahmen sind grundsätzlich auf die Bedingungen des jeweiligen Betriebes zugeschnitten und somit nicht ohne weiteres zu verallgemeinern.

Sie lassen sich unter Berücksichtigung der Auswirkungen auf die 31. BImSchV in drei Gruppen einteilen:

- **Maßnahmen zur Reduzierung des Lackverbrauchs** durch Verbesserung des AWG, Reduzierung der Schichtdicke, Erhöhung der Erst-in-Ordnung-Rate, verbunden mit einer z. T. erheblichen Kostenreduktion und einer Reduzierung der eingesetzten Lösemittelmenge (z. T. Unterschreitung des Schwellenwertes der 31. BImSchV bzw. der 4. BImSchV für genehmigungspflichtige Anlagen).
- **Maßnahmen zur Reduktion von Lösemittelverbräuchen** durch automatische Pistolenreinigung, Optimierung der Abläufe unter Einsparung von Reinigungszyklen und Lösemittelrückgewinnung verbunden mit einer Kostenreduktion und einer Reduzierung der VOC-Emissionen.
- **Maßnahmen zur Einführung lösemittelarmer bzw. -freier Lacksysteme**, verbunden mit einer weiteren Reduzierung der VOC-Emissionen und der Erfüllung des Reduzierungsplanes (bzw. der Unterschreitung der Schwellenwerte).

Die Maßnahmen der Prozessoptimierung sind in der Regel mit Investitionen verbunden, die sich bei den durchgeführten Projekten innerhalb von 3 bis 54 Monaten amortisiert haben und zur Reduktion der VOC-Emissionen von 15 – 90 % geführt haben. (Bei der Amortisationsbetrachtung wurden die Kosten des nachsorgenden Umweltschutzes (Investition und Betrieb) nicht berücksichtigt.)

Bei anderen Projekten wird die Wirtschaftlichkeit erst unter Berücksichtigung der Einsparungen der Kosten (Investition + Betrieb) für die Abluftreinigung erreicht.

Tab. 2: Investition und Einsparung bei PIUS-Maßnahmen

Branche	Investitionen in 1000 €	jährliche Einsparung in 1000 €	Amortisationszeit in Monaten	VOC- Reduktion in %	Bemerkungen
Möbelherstellung	50	35	18	64	
Kunststofflackierung (1)	15	60	3	41	(2002)
Weitere Maßnahmen				79	(2005)
Kunststofflackierung (2)	60	120	6	50	
Metallbeschichtung (1)	200	165	15	68	
Weitere Maßnahmen				76	
Metallbeschichtung (2)	350	265	16	90	
Metallbeschichtung (3)	280	160	21	90	
Metallbeschichtung (4)	5	20	3	50	
Metallbeschichtung (5)	3	6	6	27	Unterschreitung Schwellenwert
Metallbeschichtung (6)	10	8	15	15	
Weitere Maßnahmen	36	8	54	30	Einhaltung Reduzie- rungsplan

5 Fazit / Konsequenzen / Schlussfolgerungen

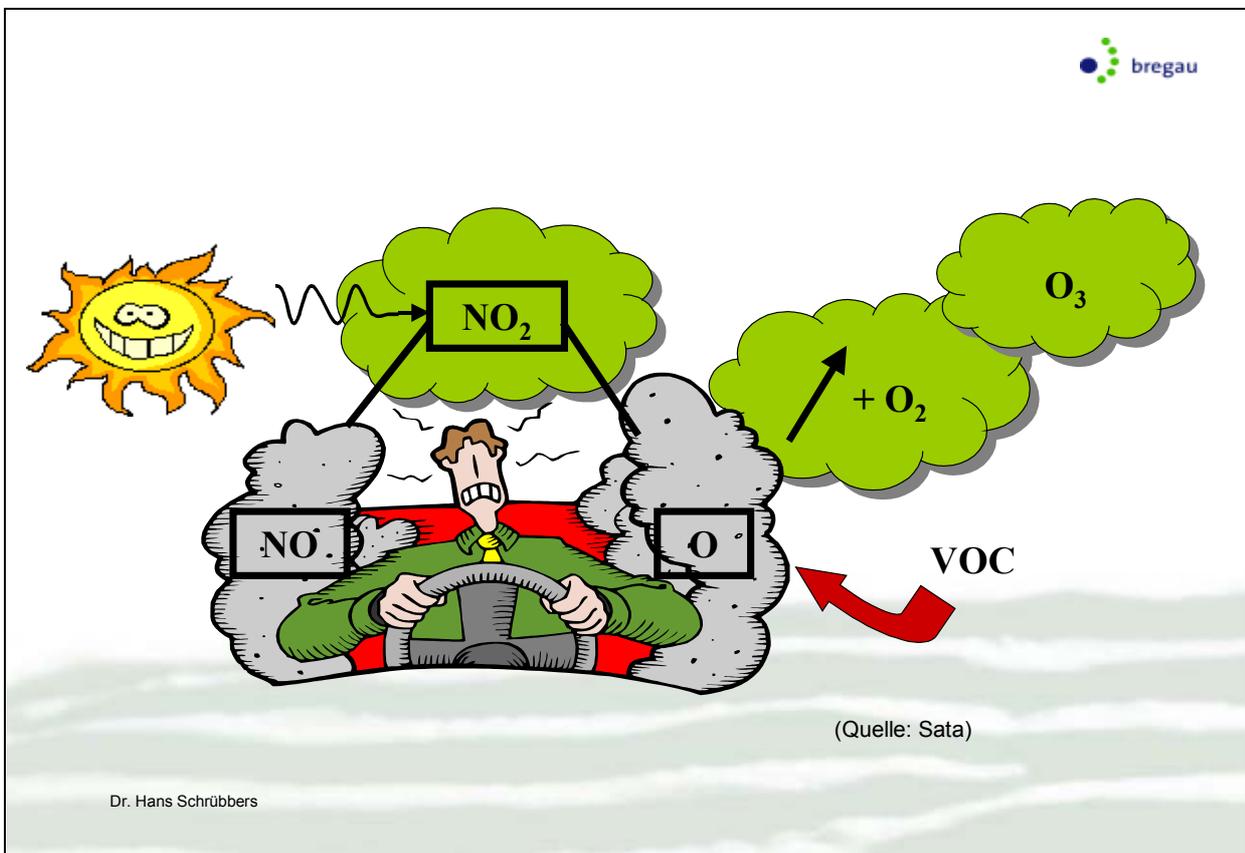
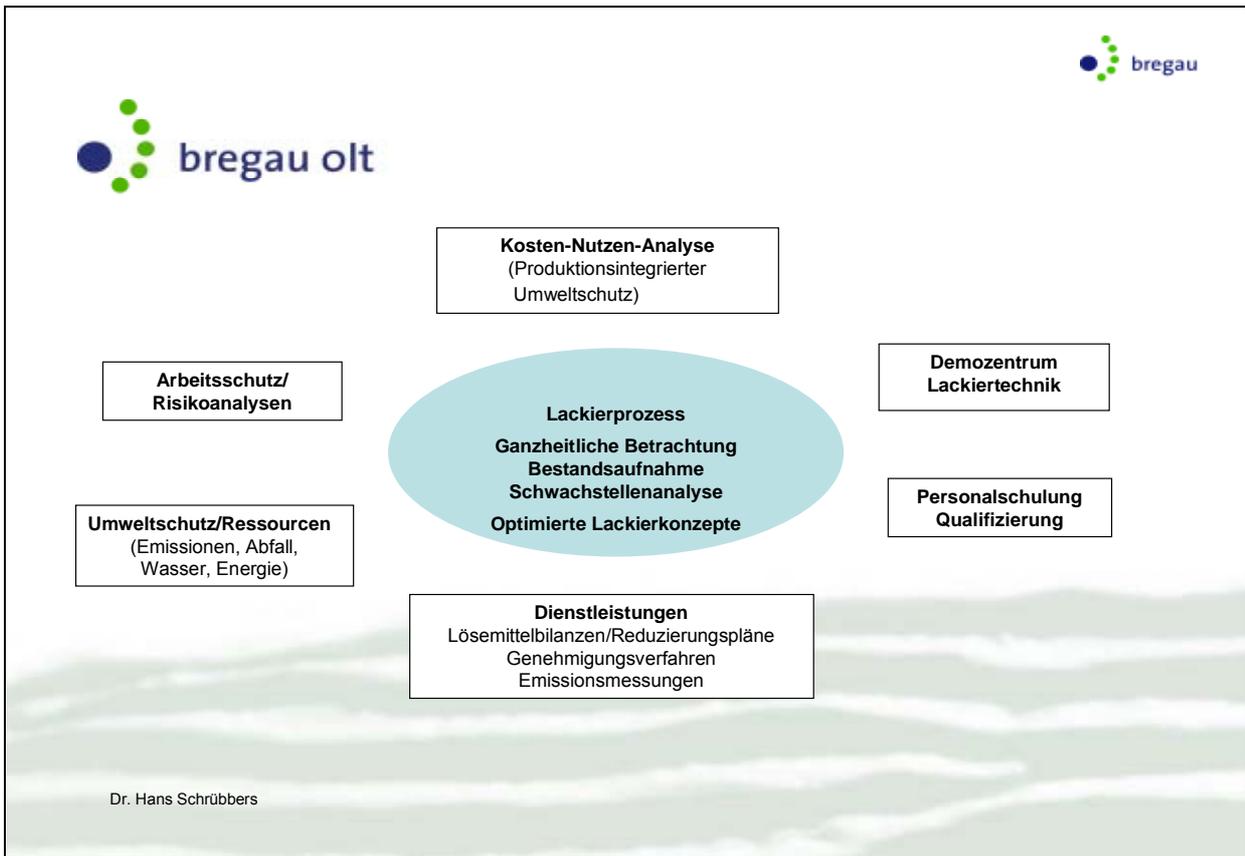
Trotz der vorliegenden Modellkonzepte, der erfolgreichen (auch dokumentierten) Beispiele mit erheblichen wirtschaftlichen Vorteilen für die Betriebe, ist die Bereitschaft zur Umstellung der Prozesse insbesondere bei KMU nach wie vor gering. Die Gründe hierfür sind sehr komplex und liegen auf verschiedenen Ebenen. Insbesondere sind das

- Veränderungen im Produktionsprozess sind lästig, man hat dafür keine Zeit,
- Risikovermeidung gegenüber Kunden (das Produkt läuft ja),
- z. T. geringer Stellenwert der Lackierung im gesamten Produktionsprozess (das Know-how steckt in der Technologie des Produktes),
- in KMU's ist in der Regel nicht genügend Spezialwissen zur Umstellung des Lackierprozesses vorhanden,
- menschliches Beharrungsvermögen, bei bekannten Technologien zu bleiben,
- schlechte Erfahrungen mit Versuchen,
- Einfluss/Beratung durch Lieferanten, die ihre Produkte weiter verkaufen wollen – keine vorbehaltlose Zusammenarbeit zwischen Lackiertechnik und Lackhersteller,
- ganzheitliche Bilanzierung ist häufig nicht mit eigenem Personal zu leisten sowie
- die wirtschaftliche Situation.

Das abwartende Verhalten der Betriebe führt zu (vorhersehbaren) Problemen und zu Gefahren für die angestrebten Ziele des produktionsintegrierten Umweltschutzes: Die Betriebe orientieren sich am Datum 31.10.2007 (Einhaltung der Grenzwerte) und gehen davon aus, dass bis dahin noch viel Zeit ist, aber die Umstellung dauert z. T. länger als angenommen (1 bis 3 Jahre, je nach technologischem Sprung) und die Frist zur Anzeige des Reduzierungsplans bei der Behörde lag am 31.10.2004, der Zeitrahmen zur Erfüllung der Anforderungen der Lösemittelverordnung über einen Reduzierungsplan beginnt ab dem 31.10.2005 mit der ersten Stufe (1,5-fache Zielemission).

Literatur

- [1] T. May, Die VOC-Richtlinie – Herausforderung für die Lackanwender in Die VOC-Richtlinie in Deutschland, Dokumente zu Lacken und Farben 8, Hrsg. Deutsches Lackinstitut
- [2] H. Schrübbers, Die Zeit drängt – Einführung lösemittelreduzierter Lacksysteme, MO, Jahrgang 58 (2004) 11, S. 26-27)
- [3] Nachweisdokumentation PIUS Check der Effizienz-Agentur NRW
- [4] Schrübbers, Boeck, Schreiber, Produktionsintegrierter Umweltschutz – Durch Ökologie zur Ökonomie, JOT 4/2004, S. 60ff





Vorsorgewert der WHO für bodennahes Ozon von 120 µg/m³

Erforderliche Reduktion der Vorläufersubstanzen für die Ozonbildung (NO_x, VOC) um 70 bis 80 Prozent gegenüber 1990 in ganz Mitteleuropa, um den WHO-Grenzwert einhalten zu können.

Festlegung von nationalen Emissionsobergrenzen im UN ECE-Protokoll von 1999 für jeden Staat. Reduktion der Emissionen von VOC bis zum Jahre 2010, verglichen mit 1990 um 41 Prozent. In Deutschland um 69 Prozent auf insgesamt 995.000 Tonnen

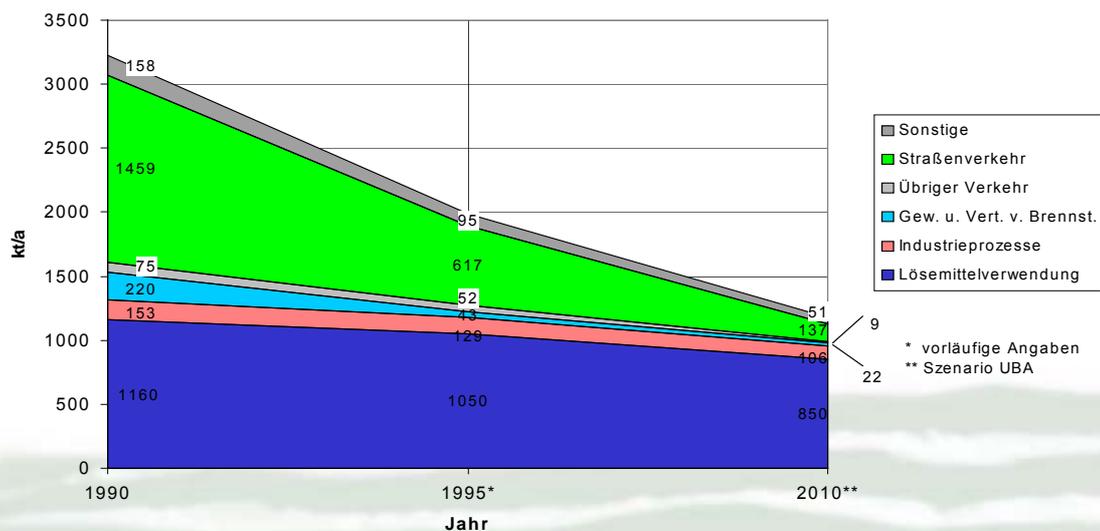
In Prozent	SO ₂	NO _x	NH ₃	VOC
ECE gesamt	- 63	- 41	- 17	- 41
EU-Staaten	- 75	- 49	- 15	- 57
Deutschland	- 90	- 60	- 28	- 69

Emissionsreduzierung bis 2010 gegenüber 1990

Dr. Hans Schrübbers



Entwicklung der VOC - Emissionen in Deutschland bis 2010



Dr. Hans Schrübbers

Betroffene Lackierbetriebe in Deutschland

- es gibt ca 50.000 lackverarbeitende Betriebe
- unter die TA Luft fielen - vor Änderung der 4. BImSchV - etwa 500 Betriebe
- in den Anwendungsbereich der VOC-Verordnung fallen rund 18.000 Betriebe

Dr. Hans Schrübbers

Zwei Wege zur Erfüllung der Anforderungen der Lösemittelverordnung

Einhaltung der Grenzwerte durch Abgasreinigung

Emissionsminderung durch Reduzierungsplan

Nachsorgender Umweltschutz

Produktionsintegrierter Umweltschutz



Emissionen im Abgas

beliebiger (allgemeiner Reduzierungsplan)

Diffuse Emissionen

Spezifischer Reduzierungsplan mit Zielemission

Gesamtemissionen

Vereinfachter Reduzierungsplan

Dr. Hans Schrübbers

Einhaltung von Grenzwerten durch Abgasreinigung

- hohe Investitions- und Betriebskosten
- zusätzlicher Aufwand bezüglich Wartung, Reparatur, Überwachung (wirtschaftliche Abgasreinigung bei Lackieranlagen nicht möglich; i.d.R. zu geringe Beladung der Abluft mit Lösemitteln)
- Verlagerung von Umweltproblemen durch zusätzliche NO_x-CO und CO₂-Emissionen
- Zusätzlich müssen Grenzwerte für diffuse Emissionen eingehalten werden
- Es ist keine Veränderung im Lackierprozeß erforderlich (Vorteil: ?)

Dr. Hans Schrübbers

Emissionsminderung durch Anwendung eines Reduzierungsplanes

Vorgehensweise:

Ganzheitliche Betrachtung des Lackierprozesses

Bestandsaufnahme

Schwachstellenanalyse

Lackierkonzept

Optimierung des Lackierprozesses

Dr. Hans Schrübbers

Vorgehensweise/ Aufbau eines PIUS-Checks

- Erheben von Daten (Bestandsaufnahme) zum Unternehmen
 - Unternehmensprofil mit Produkten, Produktionsschritten/ -Verfahren
 - Vorhandene/ erforderliche Genehmigungen
 - Grobanalyse der Produktion mit Einsatz-/Verbrauchsmengen
 - Beschreibung der Produktionsschritte und (umweltrelevante) Stoffströme
 - Bewertung der eingesetzten Verfahren
 - Darstellung der ermittelten PIUS-Potentiale
- Durchführung eines Stoffstromworkshops
- Mikroanalyse

Dr. Hans Schrübbers

Erfahrungsgemäß lassen sich bei Lackanwendern folgende Potentiale aufzeigen:

- Einsatz lösemittelarmer Lacksysteme (Wasserlack, Pulver, High-Solids),
- Erhöhung des Auftragswirkungsgrades durch die Anwendung effizienterer Applikationstechniken (HVLP, ESTA),
- Optimierung der Schichtdicke,
- lackiergerechte Konstruktion und Werkstoffauswahl,
- Verbesserung der Erst-in-Ordnung-Rate,
- Optimierung des Lackaufbaus,
- Reduzierung des Lösemittelverbrauchs zu Reinigungszwecken,
- Optimierung des Trocknungsprozesses,
- Qualifikation und Motivation der Mitarbeiter,
- effizienter Energieeinsatz,
- Abfallreduzierung durch Lackschlammentwässerung und Lösemittelrecycling.

Dr. Hans Schrübbers



Stoffstromworkshop

Darstellung der Ergebnisse der Bestandsaufnahme mit

- Input-Output-Daten
- Schwachstellen/ Problemen
- offenen Fragen

Vorschläge für weiteres Vorgehen

- Schwerpunkte der Mikroanalyse
- nächste Schritte der Umsetzung

unter Beteiligung verantwortlicher Mitarbeiter

Dr. Hans Schrübbers



Am Ende der Mikroanalyse stehen die

- konkreten Stoffflussdiagramme mit relevanten produktionsspezifischen Kennzahlen
- Beschreibung der Umsetzungsmaßnahme
- betrieblichen Konsequenzen
- Darstellung der PIUS-Potentiale inkl. Kosten- und Einsparpotentiale

Dr. Hans Schrübbers



Erfolgreiche Beispiele aus Betrieben der Holz-, Kunststoff- und Metall-Lackierung

- in einem vom BMBF geförderten Forschungsprojekt zur Einführung umweltfreundlicher Lackiertechniken
- im Rahmen von PIUS*-Checks im Auftrag der Effizienzagentur in NRW
- innerhalb von PIUS*-Kurzberatungen und PIUS*-Intensivberatungen in Bremen
- im Rahmen von PIUS*-Checks in Zusammenarbeit mit der target GmbH
- Prozessberatungen ohne Förderung

* PIUS: Produktionsintegrierter Umweltschutz

Dr. Hans Schrübbers



Erfolgreiche Lackierkonzepte und Reduzierungspläne in den Bereichen Holz-, Kunststoff-, Metallbeschichtung und Beschichten von Fahrzeugen:

- mit Maßnahmen zur Reduzierung des Lackverbrauches
(AWG, Schichtdicke, Erst-in-Ordnung-Rate, Reparaturtechniken)
= **Kostenreduktion, Einfluss auf Schwellenwert**
- mit Reduktion von Lösemittelverbräuchen
(Pistolenreinigung, Lösemittelrückgewinnung)
= **Kostenreduktion und Reduzierung von VOC-Emissionen**
- mit Umstellen auf lösemittelfreie/-arme Lacksysteme

Reduzierung der VOC-Emissionen, Erfüllen des Reduzierungsplans

Dr. Hans Schrübbers



Konkret durchgeführte Maßnahmen

Optimierung der Applikation durch

- Einführung Elektrostatik und HVLP
- 2-K Mischanlage
- Automatisierung und Teileerkennung
- Optimierung Düsenparameter (Reduzierung Spritzdruck, Optimierung Spritzwinkel)
- Lackerwärmung

Verbesserung der Erst-in-Ordnung-Rate durch

- Optimierung Vorbehandlung
- Änderung der Zuluft / Abluft
- Erhöhung der Sauberkeit, Vermeidung von Staubeinschlüssen
- Effektivere Trocknung
- Änderung der Fertigungslogistik
- Qualifizierung der Mitarbeiter

Umstellung auf lösemittelarme/freie Lacksysteme

- Einführung von Wasserlack, Pulverlack und High Solids

Dr. Hans Schrübbers



Konkret durchgeführte Maßnahmen

Optimierung des Lackaufbaus

- Vorbehandlung und Phosphatierung ersetzen eine Lackschicht
- Grundierung ersetzt eine Lackschicht
- Wässrige Grundierung in Kombination mit Lösemittel-Speziallacken

Schichtdickenoptimierung durch

- optimierte Einstellung der Spritzparameter
- Schulung der Mitarbeiter

Reduktion von Lösemitteln und Abfällen

- Pistolenreinigungsgerät
- Lösemitteldestillation
- Lackschlammwässerung mittels Zentrifuge
- Änderung der Logistik zur Vermeidung von Reinigungsschritten

Dr. Hans Schrübbers

Branche	Investitionen in 1000 €	jährliche Einsparung in 1000 €	Amortisations- zeit in Monaten	VOC- Reduktion in %	Bemerkungen
Möbelherstellung	50	35	18	64	
Kunststofflackierung (1)	15	60	3	41	(2002)
Weitere Maßnahmen				79	(2005)
Metallbeschichtung (1)	200	165	15	68	
Weitere Maßnahmen				76	
Metallbeschichtung (2)	350	265	16	90	
Metallbeschichtung (3)	280	160	21	90	
Metallbeschichtung (4)	5	20	3	50	
Metallbeschichtung (5)	3	6	6	27	Unterschrei- tung Schwellenwert
Metallbeschichtung (6)	10	8	15	15	
Weitere Maßnahmen	36	8	54	30	Einhaltung Reduzierungs- plan

Dr. Hans Schrübbers

Gründe für geringe Bereitschaft zur Umstellung bei KMU:

- Veränderungen im Produktionsprozeß sind lästig, man hat dafür keine Zeit
- Risikovermeidung gegenüber Kunden (das Produkt läuft ja)
- z.T. geringer Stellenwert der Lackierung im gesamten Produktionsprozeß (das Know-how steckt in der Technologie des Produktes)
- in KMU's ist in der Regel nicht genügend Spezialwissen zur Umstellung des Lackierprozesses vorhanden
- menschliches Beharrungsvermögen, bei der bekannten Technologie zu bleiben
- schlechte Erfahrungen mit Versuchen
- Einfluss/Beratung durch Lieferanten, die ihre Produkte weiter verkaufen wollen – keine vorbehaltlose Zusammenarbeit zwischen Lackiertechnik und Lackhersteller
- ganzheitliche Bilanzierung ist häufig nicht mit eigenem Personal zu leisten
- wirtschaftliche Situation

Dr. Hans Schrübbers



Problem/Gefahr für die angestrebten Ziele

- Umstellung dauert z. T. länger als angenommen (1 – 3 Jahre, je nach technologischem Sprung)
- Betriebe zeigen noch keine großen Aktivitäten, da das Jahr 2007 noch weit entfernt ist
- Bei Erfüllung der Anforderungen der Lösemittelverordnung durch den Reduzierungsplan müssen 2005 wesentliche Umstellungen erfolgt sein.
- Bei bis zu 3 Jahren Umstellungsdauer muß sofort mit den ersten Schritten begonnen werden, sonst bleibt nur noch der nachsorgende Umweltschutz
- Aufgrund hoher Investitionskosten für den nachsorgenden Umweltschutz (z.B. TNV) haben dann produktionsintegrierter Umweltschutz und die Ziele der Verordnung für die nächsten 10 Jahre keine Chance. Eingeführt wird dann z.B. eine TNV mit NO_x -, CO und CO_2 -Emissionen.

Dr. Hans Schrübbers



Was muß geschehen?

- Informationen der Betriebe
- Nachvollziehbare Umstellungskonzepte
- Handlungsanleitungen/Leitfäden
- Multiplikatoren
- Erfolgreiche Beispiele
- Neue Entwicklungen bei Lacksystemen und in der Lackiertechnik

Dr. Hans Schrübbers

Umweltoptimierte Kunststofflackierung

Dipl.-Wirtsch.Ing. Ulrich Schmid, EISENMANN Fördertechnik GmbH & Co. KG, Böblingen/Holzgerlingen

Sehr geehrte Damen und Herren,

die im Titel angesprochene „umweltoptimierte Kunststofflackierung“ bezieht sich in meinem Beitrag auf hochwertige Karosserie-Anbauteile. Besonders wichtig dabei ist die Lackierung von Kunststoff-Stoßfängern: Diese Bauteile können als integrierter Bestandteil der Automobilihouette inzwischen bis zu 20 % der wagenfarbig lackierten Oberfläche eines Pkw einnehmen. Analog zu den Blech-Außenseiten der Karosserie werden auch an die Stoßfänger besonders hohe Ansprüche bezüglich der Oberflächenqualität gestellt. Dies gilt insbesondere im Hinblick auf Staubfreiheit und Lackverlauf – Staubeinschlüsse, Wellen- und Schattenbildung oder ein sog. Orangenhauteffekt sind absolut unerwünscht.



Abb. 1: Serienlackierung anspruchsvoller Pkw-Stoßfänger (Skidfördersystem)

Verfahrensablauf

Den typischen Aufbau einer Anlage für die Lackierung solcher Teile in großen Stückzahlen zeigt der folgende Verfahrensablauf:

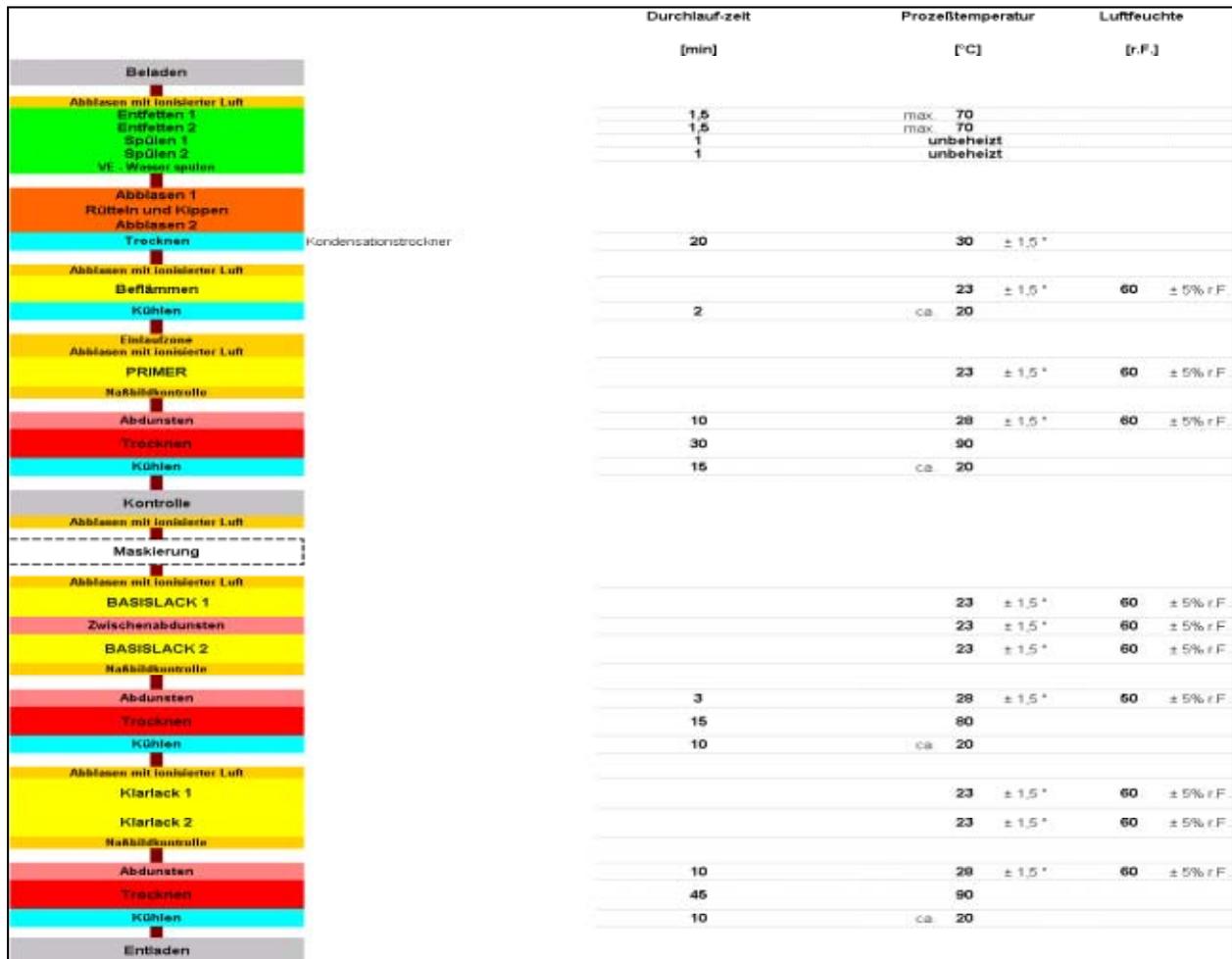


Abb. 2: Prozessablauf Kunststofflackierung

Verbreitet ist inzwischen auch die Lackierung mit nur zwei Aufträgen, also unter Verzicht auf die Primerschicht.

Generell muss festgehalten werden, dass der heute weitgehend übliche Einsatz sog. Wasserlacke, d. h. wasserverdünnbarer Beschichtungsmaterialien als Primer und (farbgebender) Basislack nicht unerheblich zur Reduzierung unerwünschter Emissionen beigetragen hat. Trotzdem besteht wegen des Restanteils von Lösemitteln in diesen Materialien, des noch immer nahezu ausschließlichen Einsatzes von Klarlacken auf Lösemittelbasis als Deckschicht und der doch speziell in Deutschland recht streng gefassten Emissionsgrenzwerte in aller Regel die Notwendigkeit, die bei der Kunststofflackierung anfallenden Abluftströme vor der Ableitung einer Abluftreinigungsanlage zuzuführen.

Bei der Konzipierung einer umweltoptimierten Kunststofflackieranlage sind neben der Abluft natürlich auch Abwasser und Abfall kritisch zu betrachten, ebenso der Energieverbrauch. Ich stelle Ihnen im Folgenden die einzelnen Komponenten einer unter diesen Aspekten konzipierten Anlage für die Serienlackierung anspruchsvoller Pkw-Anbauteile vor und zeige dabei Möglichkeiten zur Reduzierung des Energieeinsatzes, der Abwasser- und Abfallreduzierung sowie der Emissionsminderung auf.

Vor der Betrachtung der verschiedenen Anlagen-Komponenten noch ein Wort zum Werkstücktransport. Aus der Erfahrung mit weit über 250 (damit den weltweit meisten) gebauten Kunststofflackieranlagen empfiehlt EISENMANN aufgrund der hohen Staub- und Schmutzanfälligkeit der meisten Kunststoffe generell ein untenliegendes Fördersystem. Nur so ist sichergestellt, dass weder Abrieb noch niedergeschlagene Lacknebel auf die Werkstückoberfläche gelangen können. Für Großteile wie Stoßfänger u. ä. wird in der Regel ein sog. Skidfördersystem gewählt, das aus zahlreichen Tragkettenförderern, Dreh- und Hubtischen, Übersetzern und Hebern besteht und mit festcodierten Skids (Schlitten) ausgestattet ist, auf die Gestelle als Mehrfach-Werkstückträger aufgesetzt sind (siehe auch Abb. 1).

Sowohl aus ökologischen als auch aus ökonomischen Gründen muss die Zielsetzung sein, bereits beim "First Run" eine möglichst hohe i.O.-Rate zu erreichen. Die Oberflächenbehandlung inklusive (liegendem) Werkstücktransport läuft deshalb vollautomatisch ab. Darüber hinaus ist eine konsequente Kapselung der Anlage erforderlich, die zum Schutz des Beschichtungsvorgangs vor eindringendem Staub von außen und zum Fassen eventueller Emissionsquellen dient. Die Kapselung beginnt bereits beim Einfahren in den Vorbehandlungsbereich.

Vorbehandlung

Im Vorbehandlungsbereich laufen im Wesentlichen die Verfahrensschritte (nass-chemisch) Reinigen – Spülen – Abblasen – Haftwassertrocknen sowie meist noch Beflämmen der Oberfläche zur anschließenden besseren Haftung des Beschichtungsmaterials mit nachfolgendem Kühlen ab. Da die Werkstücke nur leicht verschmutzt sind, reicht eine alkalische Entfettung aus. (Entfettungsanlagen für Kunststoffteile mit Lösemitteln sind in Deutschland schon seit langem nicht mehr im Einsatz). Die eingesetzten Spritzwaschmaschinen (siehe Schema Abb. 3) bestehen in der Regel aus einer Entfettungszone und 2 bis 3 Spülzonen, generell mit Kaskadenführung des VE-Wassers von hinten nach vorn. So wird der Frischwasserverbrauch reduziert und der Abwasseranfall minimiert – im günstigsten Fall bis gegen Null.

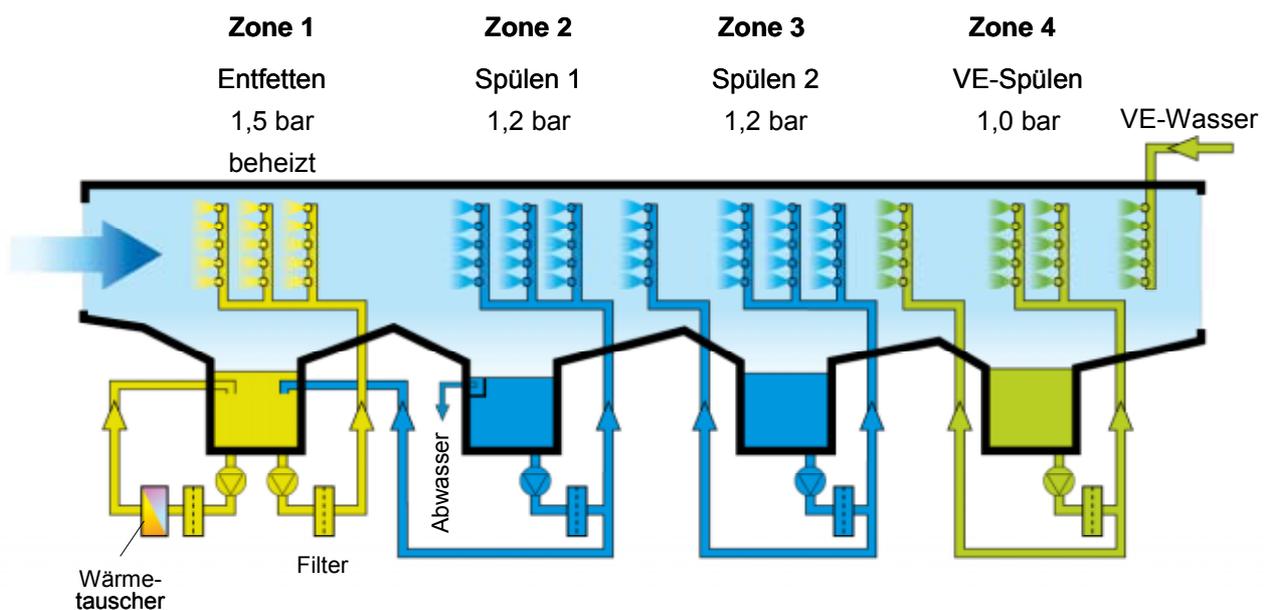


Abb. 3: Spritzwaschmaschine mit Frisch- und Abwasser sparender Kaskadenführung

Nach dem Waschen werden die Kunststoffteile abgeblasen und müssen dann getrocknet werden. Dabei kann durch den Einsatz eines sog. Kondensationstrockners Energie eingespart werden. Die – von EISENMANN nicht nur im Bereich Kunststoff-Vorbehandlung erfolgreich eingesetzte – Kondensationstrocknung (siehe auch Schema Abb. 4) funktioniert im Prinzip wie ein Kondensations-Wäschetrockner, nämlich so: Entfeuchtete Luft wird über die zu trocknenden Teile geführt. Das Wasser verdunstet und wird von der Luft aufgenommen. Sodann wird die Luft an einem Kühler auf eine Taupunkttemperatur von 4 °C heruntergekühlt, das aufgenommene Wasser wird dadurch auskondensiert. Die entfeuchtete Luft wird danach auf 30 °C erwärmt und dem Trocknungsprozess wieder zugeführt.

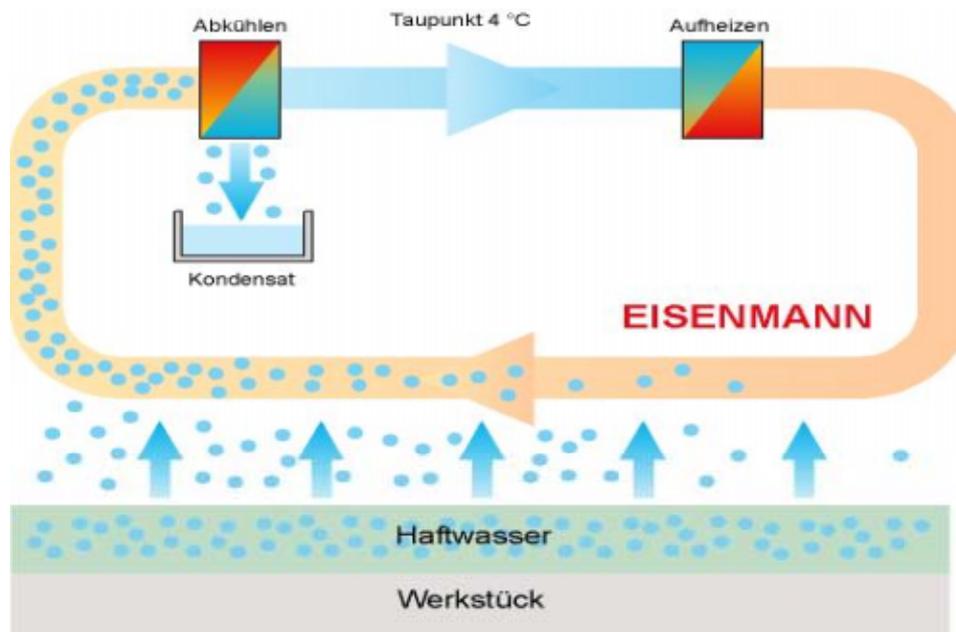


Abb. 4: Kondensationstrocknung, Funktionsprinzip

Die Kondensationstrocknung spart auf doppelte Weise Energie: Statt mit 90 °C wie konventionelle Haftwassertrockner wird mit nur 30 °C gearbeitet, und dank der weit geringeren Erwärmung von Werkstücken und Werkstückträgern ist vor den weiteren Verfahrensschritten auch kein energieaufwändiger Kühlprozess erforderlich.

Den Abschluss der Vorbehandlung bildet meist das Beflämmen der Kunststoffteile. Die dabei freiwerdende Wärme kann durch Wärmetauscher im Abluftstrom zur Vorwärmung der Zuluft genutzt werden.

Lackierung

Die anschließende Lackierung der Teile erfolgt im Zwei- oder Dreischichtaufbau. Die für die einzelnen Auftragsschichten eingesetzten Anlagenkomponenten sind weitgehend baugleich.

Die Beschichtung mit in der Regel von Robotern geführten Pistolen oder Glocken erfolgt in einer (klimatisierten) Großraum-Spritzkabine mit Querstrom-Venturi-Auswaschung. In der anschließenden Abdunstzone verflüchtigen sich bereits viele der in der Lackschicht verbliebenen Lösemittel, und im Trockner findet dann die Vernetzung des Lackes statt. Vor dem nächsten Beschichtungsvorgang müssen die Teile wieder auf Temperaturen unter 30 °C abgekühlt werden.

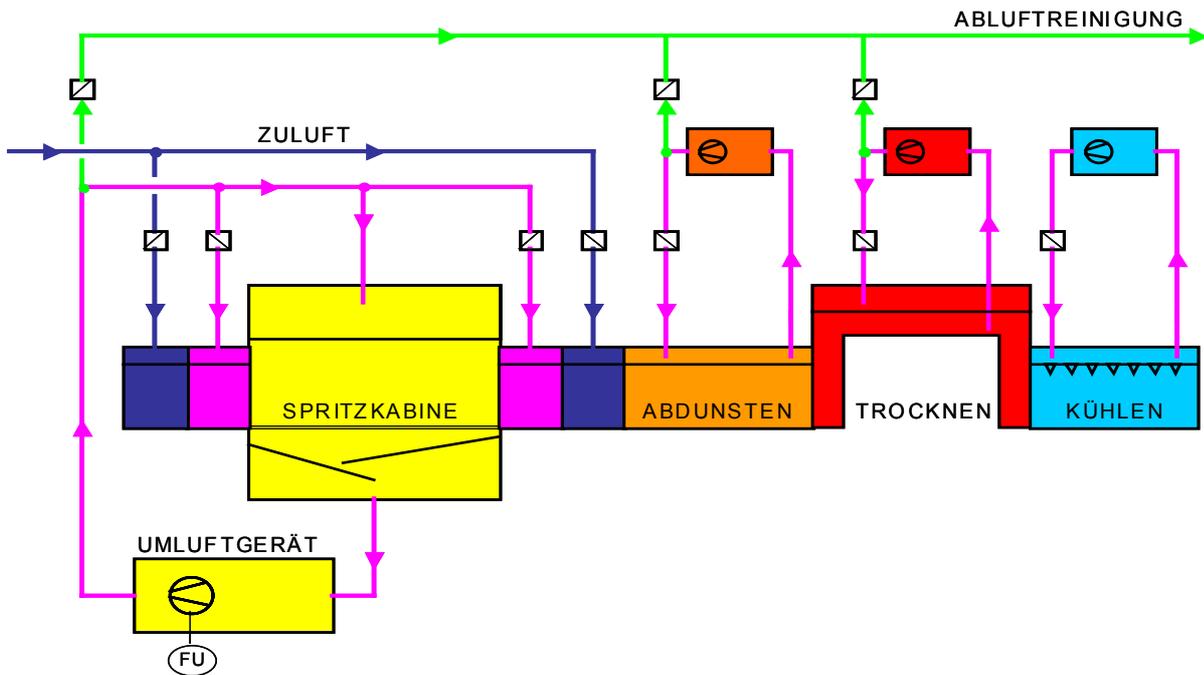


Abb. 5: Lackierkabine mit Abdunstzone, Trockner und Kühlzone

Bei all diesen Prozessschritten sind große Luftmengen vonnöten: zum Abführen von Overspray in der (Automatik-) Spritzkabine, von Lösemitteln in der Abdunstzone oder zum forcierten Wärmeübertrag in den Trocknern und Kühlzonen.

Die einfachste und effektivste Methode zur Einsparung von Energie ist die im Schema Abbildung 6 gezeigte Luftführung mit möglichst hohen Umluftanteil in allen Zonen. Nur die zur Verdünnung der Lösemittel nötigen Abluftmengen werden dabei direkt zur Abluftreinigung geführt. So ist auch eine vollständige Erfassung aller während des Beschichtungsvorganges freiwerdenden Lösemittel gewährleistet. Bei richtiger Auslegung wird im Abluftstrom allein durch diese interne Aufkonzentrierung eine so hohe Konzentration an Lösemitteln erreicht, dass z. B. eine zur Abluftreinigung eingesetzte regenerative Nachverbrennung RNV praktisch autotherm, das heißt weitestgehend ohne Zusatzenergie betrieben werden kann.

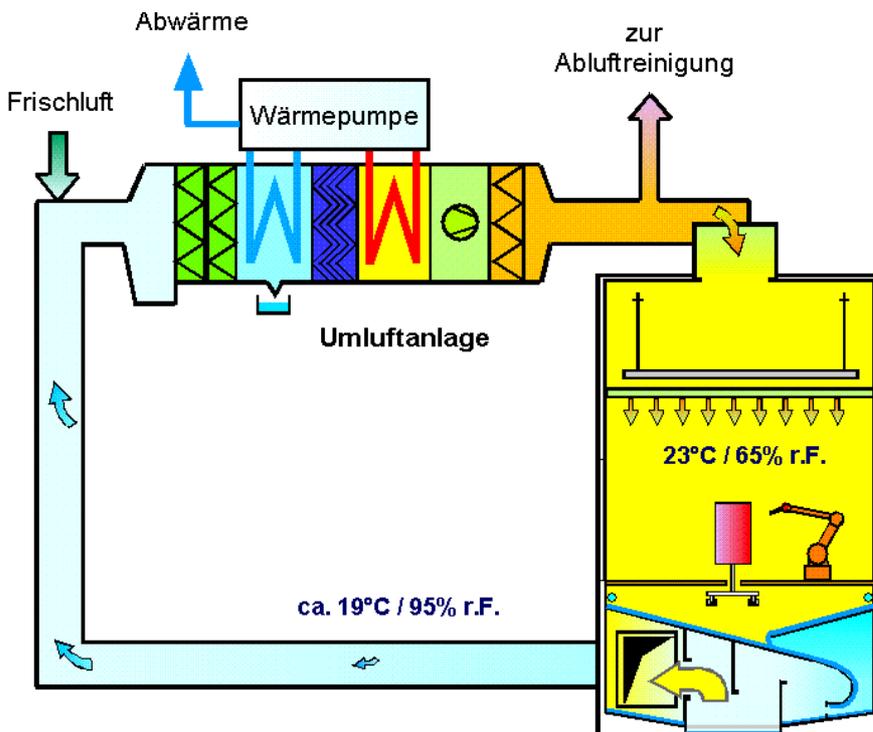


Abb. 6: Umluftführung in Spritzkabinen

Umluftführung in Spritzkabinen

Die Umluftführung in Spritzkabinen stellt allerdings besondere Anforderungen an die Anlagentechnik.

Die Spritzkabine wird mit idealen klimatischen Bedingungen, d. h. einer Temperatur von 23°C und 65 % relativer Feuchte betrieben, Luft und Overspray werden dann in die Farbnebel-Auswaschung gesaugt. Dort werden die Lackpartikel durch Bindung an das Wasser weitgehend aus der Luft entfernt. Dabei nimmt die Luft jedoch stark Feuchtigkeit auf und kühlt sich dadurch entsprechend ab. Sie muss daher mit Hilfe der Umluftanlage wieder als Zuluft für die Spritzkabine aufbereitet werden. Dazu wird die überschüssige Luftfeuchte an einem Kühlregister kondensiert. Da sich die Luft bei diesem Vorgang weiter abkühlt, muss sie anschließend an einem Heizregister wieder auf die gewünscht Spritzkabinentemperatur erwärmt werden.

Bewährt hat sich hier der Einsatz von Systemen, bei denen die Abkühlung der Luft direkt durch das Verdampfen von Kältemittel in einem Luftwärmetauscher erreicht wird und gleichzeitig beim Kondensieren des Kältemittels ein Großteil der Abwärme aus diesem Kälteprozess zur Wiedererwärmung der Luft genutzt werden kann.

Darüber hinaus anfallende Abwärme kann durch geeignete Wärmeträger, z. B. Solekreisläufe, erfasst, in der Regel allerdings wegen der niedrigen Temperaturen nur sinnvoll als Raumheizung genutzt werden. Im konkreten Einzelfall ist daher genau abzuwägen, ob die hier erzielbare Einsparung durch Wärmerückgewinnung die oft sehr hohen Investitionskosten rechtfertigen kann.

Lackschlammentsorgung

Für die Entsorgung des Lackschlammes stehen verschiedene Systeme zur Verfügung, bei denen der Lackschlamm in einem Systemtank durch Zugabe von Hilfsstoffen zum Aufschwimmen oder Sedimentieren gebracht und dann meist durch Oberflächen- oder Bodenkratzer aus dem Behälter gefördert wird. Die hier anfallenden Schlämme haben jedoch hohe Wasseranteile, die vor der Deponierung eine zusätzliche Trocknung nötig machen würden. Dies kann durch den Einsatz von Dekantern (Zentrifugen) vermieden werden, der dabei entstehende Lackschlamm hat einen Festkörpergehalt von bis zu 70 %.

Optimierte Beschichtung – ökologisch und ökonomisch vorteilhaft

Gemäß dem Grundsatz, dass unter Umweltaspekten Vermeidung stets besser ist als Entsorgung und selbstverständlich auch aus ökonomischen Gründen wurden in den letzten Jahren verschiedenste Methoden zur Reduzierung des Einsatzes von Lack und Lösemitteln beim Lackiervorgang entwickelt.

Reduzierung von Overspray

Der sog. Overspray – Lack, der beim Spritzauftrag nicht auf das Teil gelangt – kann bei der Kunststofflackierung bis zum Zweifachen der Menge ausmachen, die zur Beschichtung des Werkstücks nötig ist. Noch mehr als durch vorbeigesprühten Lack wird diese hohe Overspray-Menge durch den Lacknebel verursacht, der vom Werkstück zurückprallt.

Bereits seit längerem üblich ist daher der Einsatz von HVLP (High Volume, Low Pressure) – Spritzpistolen. Dabei wird durch Verminderung des Spritzluftdruckes bei gleichzeitiger Erhöhung des Luftvolumens eine Verminderung des Rückpralls erreicht. Eine Reduzierung des Oversprays um etwa ein Drittel ist möglich. Oft erweist sich jedoch als nachteilig, dass mit niedrigen Luftdrücken die Zerstäubung des Lacks für hohe Ansprüche an die Lackierung nicht fein genug ist.

Der Einsatz der elektrostatischen Lackierung, also der Auftrag mit Hilfe eines elektrischen Feldes zwischen Sprühorgan und Werkstück, das den Lack in Richtung des Werkstückes zieht, hat sich in mittleren bis großen automatischen Kunststofflackieranlagen inzwischen weitgehend durchgesetzt. Der Isolator Kunststoff wird dazu im ersten Schritt konventionell mit einem sog. Leitprimer beschichtet. Die nachfolgenden Schichten können dann elektrostatisch aufgetragen werden, meist werden dazu Hochrotationsglocken eingesetzt.

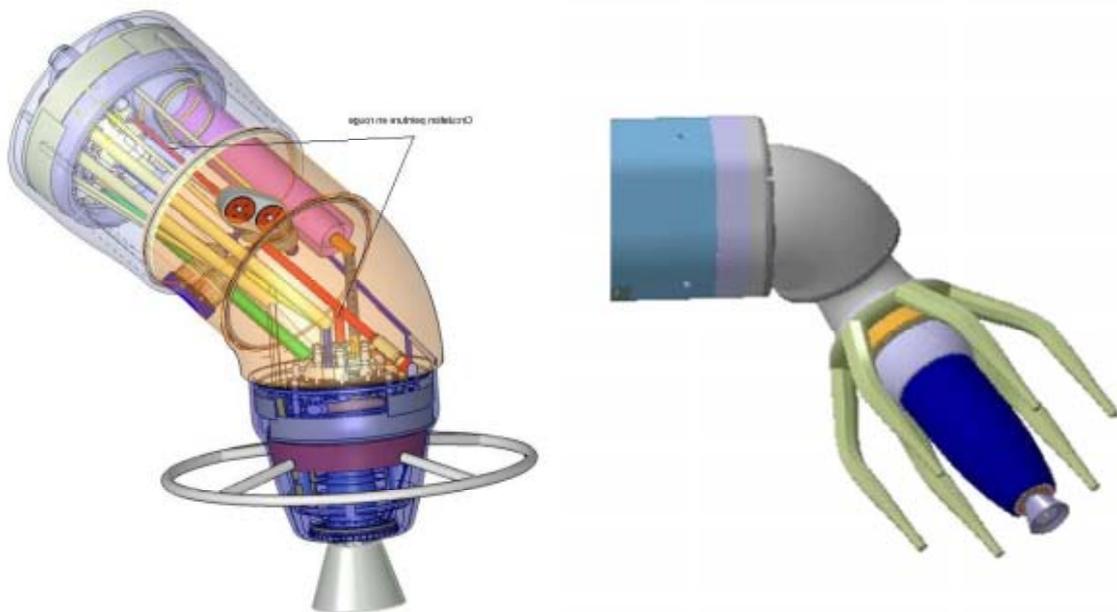


Abb. 7: Hochrotationsglocken für interne und externe Aufladung

Die Zerstäubung des Lackes erfolgt dabei sehr effektiv an den Rändern des sehr schnell rotierenden Glockentellers, der Transport des Lackes zum Werkstück mit Hilfe des elektrostatischen Feldes wird durch Hüllluft unterstützt. So kann eine Reduzierung des Oversprays auf ca. die Hälfte erreicht werden.

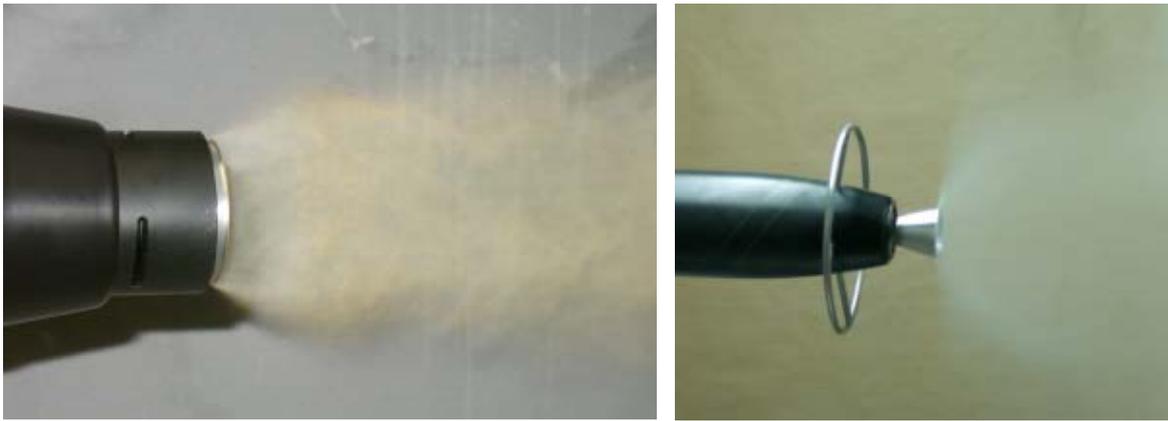


Abb. 8: Sprühbild Glocke ohne Elektrostatik im Vergleich zu konventioneller Glocke

Um die sehr effektive Zerstäubung von Hochrotationsglocken auch für Fälle nutzbar zu machen, bei denen eine elektrostatische Lackierung nicht einsetzbar ist, wurden in den letzten Jahren Glocken entwickelt, bei denen die Farbwolke nur durch Luftunterstützung in Richtung des Werkstückes gefördert wird. Der Vorteil dieser Glocken ist eine sehr feine Zerstäubung bei einem mit einer Pistole vergleichbaren sehr schmalen Sprühkegel, dabei ist der Overspray vergleichbar einer HVLP-Pistole reduziert.

Reduzierung des Lösemiteleinsatzes beim Farbwechsel

Für alle Lieferanten von Automobilanbauteilen sind schnelle und häufige Farbwechsel trotz gründlicher Vorplanung über Lackierplanungssysteme unvermeidbar, weil sie innerhalb kürzester Zeit auf die Belange ihrer Kunden reagieren müssen. Alles was den Farbwechsel erleichtert, ist daher hochwillkommenes Zubehör.

Bei Lacken, die ohne Härterkomponente aufgetragen werden („1K Lacke“), ist eine Anordnung sinnvoll, bei der die für den Farbwechsel nötigen Ventile auf dem Lackierroboter, sehr nahe am Zerstäuber, angebracht werden.

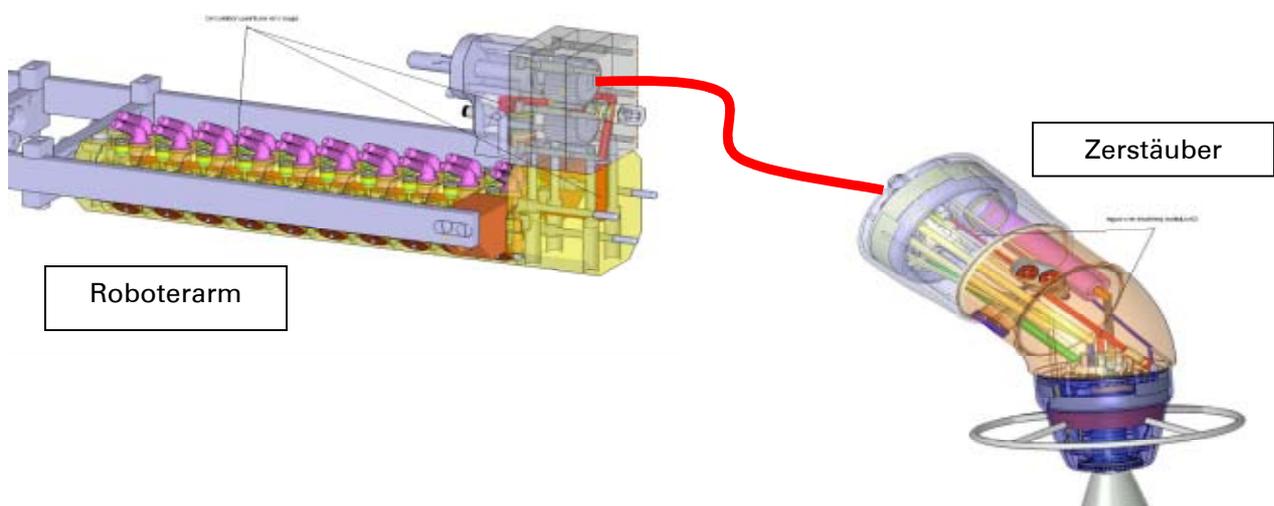


Abb. 9: Zerstäuber mit Farbwechsler

Beim Farbwechsel muss so nur die geringe Menge an Farbe in der Leitung zwischen Farbwechselventilen und Zerstäuber entsorgt werden, und der Einsatz von Spülmitteln ist aufgrund der kurzen Leitungslänge gering.

Oft ist diese Lösung jedoch nicht möglich oder nicht gewünscht, zum Beispiel aufgrund der schlechten Zugänglichkeit der Ventile und der umständliche Schlauchführung der Farben in den Roboterarmen bis zum Farbwechsler. In diesem Falle werden die Farbwechselventile hinter dem Roboter, außerhalb der Spritzkabine, angeordnet. Die Schlauchlängen zwischen Farbwechselventilen und Zerstäuber sind dadurch sehr lang, zur Minimierung der Farbverluste und des Spülmittelverbrauchs müssen daher geeignete Systeme eingesetzt werden. Hier hat sich hauptsächlich die sog. Molchtechnik durchgesetzt, bei der ein Verdrängungskörper mit Druckluft durch die Leitungen geschoben wird. Dieser „Molch“ sitzt dicht an den Wandungen der Farbleitung.



Abb. 10: „Molch“

Bereits während des letzten Lackiervorgangs mit der „alten“ Farbe drückt der Molch den Lack aus den Leitungen zum Zerstäuber, die verbleibende Restmenge vor dem Farbwechsel ist dann äußerst gering. Da der Molch sehr dicht anliegt, ist die Leitung bereits vor dem Spülvorgang weitgehend frei von Lackresten, auch der Einsatz von Lösemitteln zum Spülen der Leitungen wird so minimiert. Um die nachfolgende „neue“ Farbe schnell zuführen zu können, also die Gesamt-Farbwechselzeit gering zu halten, wird nahe am Zerstäuber ein zweiter Lack-Pfad installiert („A/B-System“).

Was nach dem Beschichten folgt

Nochmals zurück zu den Anlagenkomponenten, die jeweils der Spritzkabine nachgeschaltet sind, also Abdunstzone, Trockner und Kühlzone (siehe auch Abb. 5).

Werden ausschließlich Beschichtungsmaterialien auf Lösemittelbasis verarbeitet, sind nach Primer- und Basislackauftrag jeweils nur Abdunstzonen erforderlich. Erst nach dem Klarlackauftrag wird dann getrocknet. Beim heute aus Umweltschutzgründen bevorzugten Einsatz von Primer und Basislack auf Wasserbasis folgt allerdings nach jedem Auftrag Abdunsten, Trocknen und Kühlen, so dass alle Komponenten dreifach benötigt werden.

Abdunstzonen sind geschlossene Gehäuse und arbeiten im Umluftbetrieb mit geringem Frischluft-Abluft-Anteil. Die Luftverteilung erfolgt über eine Filterdecke, die Absaugung ist vollflächig unter den Werkstücken angeordnet. Abdunstzonen für reine Lösemittel-Lacke arbeiten bei Raumtemperatur, dagegen sind Abdunstzonen für wasserverdünnbare Beschichtungsmaterialien beheizt.

Die in der Regel indirekt mit Erdgas beheizten, mit Filterdecken ausgestatteten Trockner arbeiten ebenfalls im Umluftbetrieb mit geringem Frischluft-Abluft-Anteil, wobei die Abluft wie bei den Abdunstzonen der – später beschriebenen – Abluftreinigung zugeführt wird. Die Trocknungstemperaturen für die wärmeempfindlichen Kunststoffteile liegen bei ca. 90 bis 100 °C. Zur Vermeidung von Wärmeverlusten sind die Trockner am Ein- und Auslauf mit A-Schleusen ausgerüstet, das Gehäuse ist isoliert.

Auch die Kühlzonen arbeiten im Umluftbetrieb: Die durch den Kühlprozess erwärmte Luft wird aus dem Kühltunnel abgesaugt, gefiltert, gekühlt, vom Tropfwasser befreit und vom Umluftventilator in den Luftverteilerkanal des Kühltunnels gedrückt. Von dort aus trifft die kalte Luft über Filter gezielt auf die Werkstücke und kühlt diese ab. Danach sind die Teile bereit für den nächsten Beschichtungsvorgang oder für die Abnahme zur Endkontrolle.

Abluftreinigung

Wie schon eingangs ausgeführt, ist trotz weitgehenden Einsatzes lösemittelarmer Lacksysteme und einer Applikationstechnik, die mit hohem technischem Aufwand den Verbrauch an Lösemitteln zu reduzieren sucht, die Einhaltung der geforderten Emissionsgrenzwerte ohne nachgeschaltete Abluftreinigung nicht möglich. Hier gilt es, das entsprechend den individuellen Betriebsverhältnissen technisch und wirtschaftlich bestgeeignete Verfahren zu wählen.

Grundsätzlich besteht (auch) bei der Kunststofflackierung die Wahl zwischen zwei praxisbewährten Verfahren. Das sind

die thermische Nachverbrennung TNV,
bei der allerdings Wärmerückgewinnung unverzichtbar ist

und

die regenerative Nachverbrennung RNV,
die dank sehr guter interner Wärmenutzung in der Regel ohne externe Wärmenutzung und häufig auch ohne Zusatzenergie auskommt.

Thermische Nachverbrennung TNV wird im Kunststoffbereich heute im Prinzip nur noch bei kleinen Neuanlagen mit relativ geringen Durchsätzen gewählt. Bei den hier besprochenen großen Kunststofflackierstraßen für anspruchsvolle Pkw-Anbauteile dominiert dagegen eindeutig die regenerative Nachverbrennung RNV (siehe auch Abb. 11).

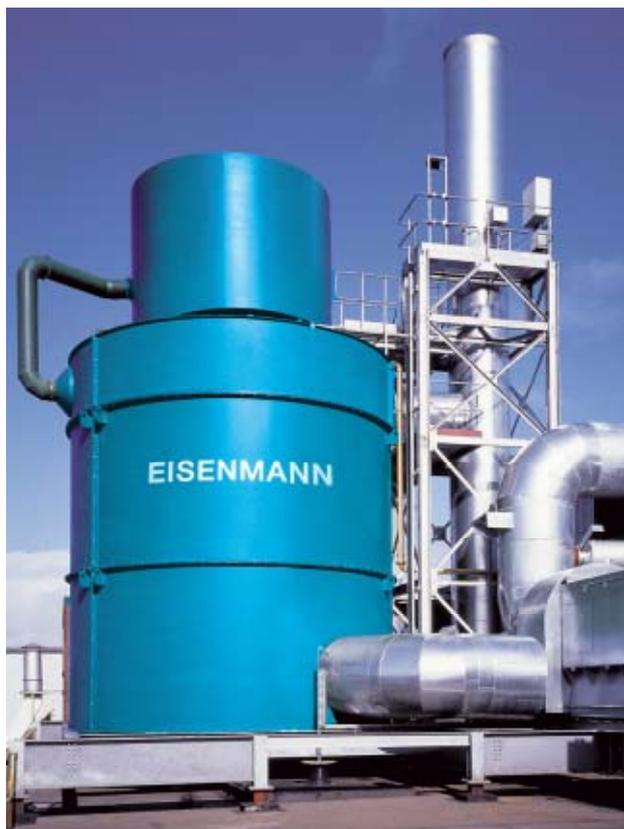


Abb. 11: RNV in der Kunststofflackierung

Die von EISENMANN entwickelte Konzeption in vorteilhafter Ein-Reaktor-Bauweise mit Drehschieber als patentgeschütztem Luftverteilsystem zeichnet sich durch sehr gute Reingaswerte aus. 20 mg C, 50 mg CO und 50 mg NO_x pro Nm³ können als Standardwerte gelten. Vor allem aber weist die RNV eine sehr hohe interne Wärmenutzung mit einem Δt von nur etwa 40 °C zwischen dem austretenden Reingas und der eintretenden Abluft auf, was in der Regel eine Wärmerückführung an externe Abnehmer überflüssig macht. Dies ein Punkt, der Kunststofflackierern mit ihrem gegenüber dem Metallbereich deutlich niedrigeren Trocknungstemperaturen besonders entgegenkommt. Außerdem ist der Bedarf an Zusatzbrennstoff bei der RNV erheblich geringer als bei einer TNV: Während die TNV für einen nahezu autothermen Betrieb eine Schadstoffbelastung im Rohgas von immerhin 6 – 8 g/Nm³ benötigt, arbeitet die RNV im laufenden Betrieb bereits ab ca. 1,5 – 2 g/Nm³ autotherm.

In der Praxis wird die Abluft aus den jeweils meist drei Spritzkabinen, Abdunstzonen und Trocknern der Abluftreinigung zugeführt. Alle diese „Abluftlieferanten“ arbeiten, wie bereits früher geschildert, im Umluftbetrieb mit dadurch extrem minimiertem (und aufkonzentriertem) Abluftanfall. Trotzdem entsorgt beispielsweise die RNV von Abbildung 11 noch rund 25.000 Nm³/h an insgesamt niedrig temperierter Abluft mit einer Lösemittelbelastung von rund 3 g/Nm³. Man kann sich leicht vorstellen, dass die unter diesen Voraussetzungen weitgehend autotherm arbeitende RNV erheblich energie günstiger gefahren wird als eine TNV, zumal bei den Kunststofflackierern in der Regel kein zusätzlicher Wärmebedarf besteht.

Resümee

Meine sehr geehrten Damen und Herren, ich hoffe, ich konnte Sie mit meinen Ausführungen davon überzeugen, dass Anlagenbauer und -betreiber im Kunststoffbereich große Anstrengungen unternehmen, um den durch VOC-Verordnung und neue TA Luft nochmals verschärften Gesetzesforderungen gerecht zu werden. Alle gemeinsam sind aber auch gefordert, dafür zu sorgen, dass Umweltschutz nicht zu teuer wird. Vielen Dank.