

TI 15/110: Die Lösemittel-Richtlinie - Inhalte und Konsequenzen für die Leiterplattenbranche

Die EU-VOC-Richtlinie 1999/13/EG über die Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen und die deutsche Umsetzung dieser europäischen Vorgabe innerhalb der Bundes-Immissionsschutz-Verordnung (31. BImSchV) regeln für Lack-anwender und Lackhersteller durch festgelegte Grenzwerte für die Emissionen den Ausstoß an flüchtigen organischen Verbindungen. Flüchtige organische Verbindungen gehören zu den Vorläufersubstanzen für bodennahes Ozon (Sommersmog). Durch die Verordnung sind viele mittelständische Unternehmen von der Emissionsreduzierung betroffen. Für kleinere Unternehmen besteht alternativ zu der Einhaltung der Grenzwerte die Möglichkeit der Anwendung eines Reduzierungsplans.

Inhaltsverzeichnis

Einführung	2
Die Anforderungen der EU-Richtlinie und der 31. BImSchV.....	2
Wer ist betroffen?	3
Zeitplan	4
Was sind flüchtige organische Verbindungen (VOC)?.....	4
Die deutsche Umsetzung	4
Grenzwerte	5
Lösemittelbilanz.....	6
Grundlagen.....	6
Ermittlung des Lösemittelverbrauchs	6
Ermittlung der Emissionen	6
Reduzierungsplan	7
Grundsätzliche Forderungen.....	7
Reduzierungsplan für das Auftragen von Lacken	7
Vereinfachter Nachweis der Einhaltung der Anforderungen.....	8
Konsequenzen für die Leiterplattenbranche	8
Mögliche Handlungsstrategien	9
Unterschreiten der Schwellenwerte	9
Einhalten der Emissionsgrenzwerte	9
Emissionsminderung gemäß Reduzierungsplan	10
Vereinfachter Nachweis der Anforderungen	10
Schlussbetrachtung	10
Abkürzungsverzeichnis	11
Literaturhinweise	11

Einführung

Die Richtlinie 1999/13/EG [1] „über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen, die bei bestimmten Tätigkeiten und in bestimmten Anlagen bei der Verwendung organischer Lösemittel entstehen“ ist am 11. März 1999 vom Rat der Europäischen Union verabschiedet und im Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaft veröffentlicht worden.

Die europäische Richtlinie über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (VOC - volatile organic compounds) ist mit der 31. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutz-Gesetz (31.BImSchV) vom 24. August 2001, zuletzt geändert am 07. Oktober 2013 [2], in deutsches Recht umgesetzt.

Die Lösemittelrichtlinie wurde 2010 zusammen mit einigen anderen Richtlinien in der europäischen Industrie-Emissionsrichtlinie (2010/75/EU Industrial Emission Directive, kurz IED) zusammengeführt, welches seinerseits am 8. April 2013 mit dem Gesetz zur Umsetzung der Industrieemissionen im Bundesgesetzblatt veröffentlicht wurde [3].

Ziel der Lösemittel- oder VOC-Richtlinie ist es, eine europaweite Regelung für die Verminderung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (volatile organic compounds – **VOC**) zu erzielen. Flüchtige Verbindungen werden in Abhängigkeit von ihrem Dampfdruck mehr oder weniger schnell in die Luft freigesetzt. Flüchtige Verbindungen entfalten ihre Wirkung nicht nur am Austrittsort, sondern auch in weiter entfernten Gebieten. Flüchtige organische Verbindungen tragen zur Bildung photochemischer Oxidantien in den Grenzschichten der Troposphäre bei und gehören somit, neben den Stickoxiden, zu den Vorläufersubstanzen für bodennahes Ozon. Bei hoher Sonneneinstrahlung kann Ozon zu einer Schädigung der natürlichen Ressourcen und zu einer Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit führen (Sommersmog).

Die Emissionsreduzierung wird in Europa als Teilbaustein des sogenannten Multikomponentenprotokolls über grenzüberschreitende Luftverunreinigungen behandelt. Das Protokoll ist eine Fortschreibung des UN-ECE-Protokolls [4] von 1979 zur Begrenzung von weiträumigen grenzüberschreitenden Luftverunreinigungen für Einzelstoffe. Für flüchtige organische Verbindungen (ohne Methan) wurde bereits im Genfer Protokoll die Verpflichtung festgelegt, die Emissionen von 1988 bis 1999 um 30 % zu senken. Dies konnte durch Maßnahmen im Straßenverkehr und durch emissionsmindernd wirkende Maßnahmen in der Zulieferung und Verteilung des Kraftstoffs erreicht werden.

Um bis zum Jahr 2010 das mittelfristige europäische Immissionsschutzziel zu erreichen, wurde für Deutschland eine Gesamt-VOC-Emissionsobergrenze für Industrie, Straßenverkehr und Haushalte ermittelt und festgelegt [5]. Damit diese Obergrenze eingehalten werden konnte, musste eine deutliche Reduktion der VOC-Emission erreicht werden. So konnte die Emission von flüchtigen organischen Verbindungen ohne Methan laut Bericht vom Bundesumweltamt von 1990 bis 2010 um 68% reduziert werden [6].

Um auch den handwerklichen und den privaten Bereich für die Begrenzung flüchtiger organischer Stoffe mit einzubeziehen sind 2004 die sogenannte Decopaint-Richtlinie (RL 2004/42/EU) und deren deutsche Umsetzung mit der ChemVOCFarb-Verordnung [7] zur Emissionsminderung in Kraft getreten.

Die Anforderungen der EU-Richtlinie und der 31. BImSchV

Der Gesetzgeber schreibt für bestimmte Tätigkeiten Maßnahmen und Verfahren zur Reduktion von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen vor. In den Anhängen finden sich eine Liste dieser Tätigkeiten und eine Tabelle mit branchenspezifischen Schwellenwerten für den Lösemittelverbrauch pro Jahr. Alle Betriebe, die Tätigkeiten nach diesen Anhängen ausführen und einen über

den Schwellenwerten liegenden Lösemittelverbrauch aufweisen, unterliegen diesen Vorschriften. Diese Betriebe oder die Teil-Anlagen dieser Betriebe müssen entweder

- die Grenzwerte für Abgas-Emissionen und diffuse Emissionen einhalten (s. Punkt „Grenzwerte“),
oder
- die Anforderungen des Reduzierungsplans gemäß Anhang IV der 31. BImSchV einhalten (s. Punkt „Reduzierungsplan“).

Um die Einhaltung der Grenzwerte überprüfen und die Möglichkeiten der Lösemittel-Reduzierung ermitteln zu können, benötigen die Unternehmen und zuständigen Behörden eine Lösemittelbilanz (s. Punkt „Lösemittelbilanz“).

Es wurden einzelstaatliche Pläne zur Reduzierung der Emissionen zugelassen. Die Reduzierung der Emissionen musste aber mindestens in der gleichen Höhe und in dem gleichen Zeitraum, wie von der EU-RL vorgesehen, umgesetzt werden.

Der Behörde sind einmal jährlich oder auf Verlangen Daten zur Überprüfung der Einhaltung dieser Vorschriften zur Verfügung zu stellen. Bei Abgasleitungen mit Vorrichtungen zur Emissionsminderung und einer Austragsleistung von mehr als 10 kg/h organischem Kohlenstoff muss eine kontinuierliche Messung erfolgen, bei anderen Anlagen reicht eine periodische Überwachung mit jeweils mindestens drei Einzelmessungen. Im Einzelnen sind der Behörde folgende Werte nachzuweisen:

- Emissionsgrenzwerte im Abgas;
- Werte für die diffuse Emission (siehe Punkt „Grenzwerte“ und „Ermittlung der Emissionen“);

oder

- Anforderungen bzw. Umsetzung des Reduzierungsplans.

Bei kontinuierlichen Messungen müssen die 24-Stunden-Mittelwerte unterhalb der Grenzwerte liegen und die Stundenmittel dürfen das 1,5-fache des Grenzwertes nicht übersteigen.

Wer ist betroffen?

Durch die Technische Anleitung (TA) Luft bzw. die **Bundes-Immissionschutz-Verordnung** wurden bis zur Inkrafttreten dieser Verordnung nur größere Betriebe der Leiterplattenbranche erfasst. Nach der 4. BImSchV sind Anlagen zum Beschichten, Lackieren,... von Gegenständen,... mit einem Verbrauch von 25 kg Lösemittel und mehr pro Stunde bzw. Anlagen zur Herstellung von Lacken und Farben mit einem Einsatz von mehr als 5 t Lösemittel pro Tag genehmigungspflichtig. Durch die Umsetzung der EU-VOC-Richtlinie wurde ein erheblicher Teil der bis dahin unberücksichtigten Betriebe erfasst.

Es wird geschätzt [4], dass bundesweit ca. 170 000 Betriebe unter die Verordnung fallen. Ca. 15 000 liegen oberhalb der branchenspezifischen Schwellenwerte, davon sind ungefähr 1000 Betriebe nach der 4. BImSchV genehmigungspflichtig. Auch Altanlagen, die durch eine wesentliche Änderung der Nennkapazität neu unter die Verordnung fallen, unterliegen sofort den Vorgaben. Altanlagen, die erstmalig ohne wesentliche Änderung die Schwellenwerte überschreiten, müssen dies den Behörden innerhalb von sechs Monaten anzeigen.

Die Leiterplattenhersteller fallen als Verwender organischer flüchtiger Lösemittel unter die in den Anhängen I und II aufgeführten Tätigkeiten der Rubrik 8: „Beschichten von sonstigen Metall- und Kunststoffoberflächen“.

Als Produzent von Zubereitungen mit VOC-Anteilen fallen auch die Hersteller von Lötstopplacken, Schutzlacken u.a. unter die Rubrik 16: „Herstellung von Anstrich- und Beschichtungsstoffen sowie Bautenschutz- und Holzschutzstoffen, Klebstoffen oder Druckfarben“ der Verordnung.

Zeitplan

Bestehende Anlagen mussten bis Oktober 2007 registriert und genehmigt sein. Neuanlagen oder bestehende Anlagen, an denen wesentliche Änderungen vorgenommen werden sollten, mussten vor Inbetriebnahme registriert und genehmigt sein, und die Zielemissionen waren bis Oktober 2004 zu erreichen bzw. zu unterschreiten:

10. März 1999	Verabschiedung der EU-VOC-RL
21. August 2001	Umsetzung in nationales Recht (31. BImSchV) und damit Anwendung des Reduzierungsplans für Neuanlagen
31. Oktober 2004	Umsetzungsfrist für Neuanlagen
31. Oktober 2007	Umsetzungsfrist für bestehende Anlagen
31. Dezember 2013	Endtermin zur Einhaltung der Emissionsgrenzwerte für bestehende Abluftreinigungsanlagen unter bestimmten Voraussetzungen

Was sind flüchtige organische Verbindungen (VOC)?

Flüchtige organische Verbindungen (**Volatile Organic Compounds – VOC**) sind organische Verbindungen, die bei 293,15 K (20°C) einen Dampfdruck von 0,01 kPa (0,1 mbar) oder mehr haben oder unter den jeweiligen Verwendungsbedingungen, z. B. höherer Temperatur, eine entsprechende Flüchtigkeit aufweisen. Organische Verbindungen enthalten Kohlenstoff und mindestens eines der Elemente Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Halogene, Schwefel oder Silicium, außer Kohlenstoffoxide und anorganische Karbonate.

Beispiele für die Einstufung als VOC bzw. nicht VOC:

Produktgruppe	Name	Chemische Bezeichnung	Dampfdruck bei 20°C	VOC
Lösemittel	MEK	Methylethylketon	10,5 kPa	ja
	PM	Methoxypropanol	1,2 kPa	ja
	Xylen	Xylol	0,9 kPa	ja
	PMA	MPA, Methoxypropylacetat	0,5 kPa	ja
	DPM	Dipropylenglycolmonomethylether	0,05 kPa	ja
	MDG	Methyldiglycol	0,03 kPa	ja
Reinigungsmittel	der Lackwerke Peters zur Entfernung von Lacken			
	R 5817	enthält MEK, PM, Xylen u. a.	8,5 kPa	ja
	R 5821	enthält PM u. a.	1,0 kPa	ja
	R 5899		0,008 kPa	nein
Entwickler	GBL	γ -Butyrolacton	0,04 kPa	ja
	EDG	Ethyldiglykol	0,013 kPa	ja
	BDG*	Butyldiglykol	0,002 kPa	nein

Die deutsche Umsetzung

Eine EU-Richtlinie beinhaltet Mindestanforderungen und ist von den Mitgliedsstaaten in nationales Recht umzusetzen.

Die europäische Richtlinie über die Begrenzung von Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen ist mit der 31. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutz-Gesetz (31.BImSchV) vom 24. August 2001, zuletzt geändert am 07. Oktober 2013, in deutsches Recht umgesetzt [2].

Bei der Umsetzung der EU-Richtlinie in nationales Recht wurde eine Verschärfung der geforderten Grenzen durchgesetzt.

Mit der Begründung, dass in diesem Bereich mehr als 30 % der Emissionen im Lackanwendungsbereich entstehen und in der Regel 70–90 % der eingesetzten Lösemittel emittiert werden, wird für Anlagen mit 5-15 t/a Lösemittelverbrauch insbesondere der Reduzierungsplan als technisch möglich und wirtschaftlich zumutbar erachtet. Für Anlagen >15 t/a werden nach dem Stand der Technik die Anforderungen für genehmigungsbedürftige Anlagen (BlmSchV; TA Luft) in Bezug auf die Abgas-Grenzwerte bei Verwendung einer „thermischen Nachverbrennung“ [5] (20 mg C/m³) übernommen.

Grenzwerte

Schwellenwerte und Emissionsgrenzwerte für die **Leiterplattenbranche**:

Schwellenwert Lösemittelverbrauch (t/a)	Emissionsgrenzwerte für gefasste, behandelte Abgase (mg C/m ³)		Grenzwerte für diffuse Emission in % der eingesetzten Lösemittel	
	EU-RL	31. BlmSchV	EU-RL	31. BlmSchV
5 – 15	100	100	25	25
> 15	75* ¹	50	20	20
	50* ²			
> 15 bei Anwendung einer „thermischen Nachverbrennung“	75* ¹	20	—	—
	50* ²			

*¹ Beschichtungsverfahren

*² Trocknungsverfahren

Schwellenwerte und Emissionsgrenzwerte für Anlagen zur **Herstellung von Anstrich- oder Beschichtungsstoffen bzw. Druckfarben (Lackhersteller)**:

Schwellenwert Lösemittelverbrauch (t/a)	Emissionsgrenzwerte für gefasste, behandelte Abgase (mg C/m ³)		Grenzwerte für diffuse Emission in % der eingesetzten Lösemittel	
	EU-RL	31. BlmSchV	EU-RL	31. BlmSchV
100 – 1000	150	100 20* ¹	5	2,5* ³ 3
> 1000	150	100* ² 50 20* ¹	3	1

*¹ bei Anwendung einer „thermischen Nachverbrennung“

*² gilt für Abgasreinigungen mit Rückgewinnung durch Kondensation

Anstrich- und Beschichtungsstoffe

Für besonders kritische Stoffe gelten spezifische Grenzwerte. Für krebserzeugend, erbgutverändernd oder fortpflanzungsgefährdend eingestufte Stoffe mit den Risiko-Sätzen R 45, R 46, R 49, R 60 oder R 61 ist ein Massestrom von maximal 2,5 g/h und ein Emissionsgrenzwert von 1 mg C/m³ einzuhalten, soweit das Substitutionsgebot nicht eingehalten werden kann. Für halogenierte organische Stoffe mit dem Risiko-Satz R 40 ist ein Massestrom von maximal 100 g/h und ein Emissionsgrenzwert von 20 mg C/m³ einzuhalten.

Lösemittelbilanz

Grundlagen

Die Lösemittelbilanz dient zur Ermittlung der zutreffenden Schwellenwerte, der Grenzwerte, der diffusen Emission, der Optionen für den Reduzierungsplan und zur Bereitstellung von Informationen für die Öffentlichkeit.

Die Lösemittelbilanz ist eine Massebilanz für eine festgesetzte Zeitspanne, einen beliebigen Zwölfmonatszeitraum, und fundiert auf folgenden Masseströmen:

$$I1 + I2 = O1 + O2 + O3 + O4 + \dots + O9$$

- Eintrag organischer Lösemittel in eine Anlage (Input, I):
 - I1 VOC (in reiner Form oder als Anteil in Zubereitungen)
 - I2 Nach Recycling wiederverwendete VOC
- Austrag organischer Lösemittel aus einer Anlage (Output, O):
 - O1 Emissionen in gefassten Abgasen (behandelt oder nicht behandelt)
 - O2 Emissionen im Abwasser
 - O3 als Verunreinigung/Rückstand im Endprodukt verbleibende Lösemittel
 - O4 diffuse, nicht gefasste Emissionen in der Luft (z. B. Lüftung durch Fenster, Türen u. a.)
 - O5 durch chemische oder physikalische Reaktion vernichtetes Lösemittel (z. B. durch Abgasverbrennung, Absorption)
 - O6 im Abfall enthaltene Lösemittel
 - O7 verkaufte Lösemittel (als Reinstoff, Mischung oder Zubereitung)
 - O8 Lösemittel und zurückgewonnene Zubereitungen, die zur Wiederverwendung bestimmt sind
 - O9 auf sonstigen Wegen freigesetzte Lösemittel

Die Art und Weise der Verwendung der Lösemittelbilanz hängt von den jeweiligen zu überprüfenden Anforderungen ab.

Ermittlung des Lösemittelverbrauchs

Die Lösemittelbilanz dient zur Bestimmung des jährlichen Verbrauchs (C) an flüchtigen organischen Verbindungen. Anhand der Bilanz kann festgestellt werden, ob eine Anlage in den Geltungsbereich der Richtlinie fällt und welche Anforderungen in Abhängigkeit vom Schwellenwert erfüllt werden müssen:

$$C = I1 - O8 = \sum m_{\text{VOC-Anteil Rohstoffe}} - m_{\text{Recycling}}$$

Der Verbrauch entspricht allen zugeführten VOC-Anteilen von z. B. Lacken, Lösemitteln, Verdünnungen und Reinigungsmitteln, abzüglich der zur Wiederverwendung zurückgewonnenen Mengen aus redestillierten Lösemitteln oder gesammelten Zubereitungen. Die VOC-Anteile von Zubereitungen entsprechen der Masse der Lacke abzüglich der Masse aller nicht leicht flüchtigen Stoffe. Nicht leicht flüchtige Stoffe sind z. B. Polymere, Pigmente und Füllstoffe, aber auch Wasser oder Lösemittel mit einem entsprechend niedrigen Dampfdruck. Diese Werte sind über den jeweiligen Lieferanten erhältlich.

Ermittlung der Emissionen

Die Diffuse Emission (D) setzt sich zusammen aus der Summe aus im Abwasser enthaltenen, im Endprodukt als Rückstand verbleibenden, durch nicht gefasste Emissionen in die Luft freigesetzten und auf sonstigen Wegen freigesetzten Lösemittelmengen:

$$D = O2 + O3 + O4 + O9$$

Die Berechnung erfolgt allerdings über die bekannten bzw. messbaren Werte. Die diffuse Emission entspricht danach dem Zufluss aller VOC abzüglich der gefassten Emissionen im Abgas, der verbrannten Mengen im Abgas (Abgasverbrennung), der im Abfall enthaltenen Rest-Mengen, der verkauften Mengen (absichtliche Anteile im Produkt) und der recycelten Mengen nach folgender Gleichung:

$$D = I1 - O1 - O5 - O6 - O7 - O8$$

Der ermittelte Wert für die diffuse Emission darf die unter Punkt „Grenzwerte“ aufgeführten Grenzwerte nicht überschreiten.

Die Gesamtemissionen (E), oder nach dem Reduzierungsplan die Zielemissionen, setzen sich aus der Diffusen Emission (D) und der Emission in gefassten Abgasen (O1) zusammen.

$$E = D + O1 = I1 - O5 - O6 - O7 - O8$$

Reduzierungsplan

Grundsätzliche Forderungen

Ein weiteres zentrales Element der Verordnung ist der Reduzierungsplan nach Anhang II B. Er soll dem Betreiber einer Anlage die Möglichkeit einer Emissionsminderung geben, ohne in teure Abgasreduzierungsverfahren wie z. B. eine Abgasverbrennungsanlage zu investieren. Die erzielte Emissionsminderung muss aber in einer vergleichbaren Höhe sein, wie es bei der Anwendung von Emissionsgrenzwerten der Fall wäre.

Hierzu kann der Betreiber einen individuellen Reduzierungsplan verwenden, der speziell für seine Anlage aufgestellt wurde. Eine Fristverlängerung kann dann erwirkt werden, wenn lösemittelarme oder lösemittelfreie Ersatzstoffe sich noch in der Entwicklungsphase befinden.

Reduzierungsplan für das Auftragen von Lacken

Bei Anwendung des im Anhang der Richtlinie erläuterten Reduzierungsplans für das Aufbringen von Beschichtungsstoffen, Klarlacken, Klebstoffen und Druckfarben wird davon ausgegangen, dass eine gleichartige Reduzierung der Emissionen erreicht wird. Die Gleichwertigkeit braucht in diesem Fall somit nicht nachgewiesen werden.

Zur Aufstellung des Reduzierungsplans werden einige Kenngrößen benötigt.

Die jährliche **Bezugsemission (B)** ist die fiktive, durchschnittliche Gesamtemission einer Anlage einer bestimmten Anlagenart, die bei Einsatz konventioneller lösemittelhaltiger Beschichtungsstoffe ohne emissionsmindernde Maßnahmen freigesetzt würde. Die Bezugsemission berechnet sich aus:

- dem Festkörpergehalt F (z. B. Bindemittel, Füllstoffe, Pigmente) der jährlich verbrauchten Beschichtungsstoffe / Lacke und
- einem tätigkeitsabhängigen Multiplikationsfaktor.

Für die Leiterplattenbranche gilt der Faktor für sonstige Beschichtungen: 1,5*.

(*Eine Anfrage des Verbandes der Leiterplattenindustrie (VdL) an das Umweltbundesamt, den Multiplikationsfaktor für die Berechnung der Bezugsemission von 1,5 (sonstige Beschichtungen) auf 2,33 (Luft- und Raumfahrttechnik) hochzusetzen, wurde mit der Begründung der festen Vorgabe der EU-Richtlinie abgelehnt.)

$$\text{Bezugsemission } B = \text{Festkörpergehalt } F \text{ (kg/a)} \times 1,5$$

Die **Zielemission (Z)** entspricht einem bestimmten Prozentsatz der jährlichen Bezugsemission, der sich aus dem Grenzwert der diffusen Emission und einem vom Schwellenwert abhängigen

Aufschlag zusammensetzt. Die deutsche Verordnung sieht für Anlagen mit automatischer Beschichtung geringere Grenzwerte für die diffuse Emission, und somit auch für die Zielemission vor. Da mit automatischer Beschichtung aber nur reine Bandbeschichtung gemeint ist, sind die Prozesse der Leiterplattenbranche davon nicht betroffen.

Schwellenwert	Grenzwert diffuse Emission	Aufschlag	Prozentsatz	Zielemission Z
5 – 15 t/a	25 %	+ 15 %	40 %	B x 0,4
> 15 t/a	20 %	+ 5 %	25 %	B x 0,25

Die Anforderungen sind erfüllt, wenn die anhand der Lösemittelbilanz bestimmte tatsächliche Lösemittlemission die Zielemission nicht überschreitet.

Unter Punkt „Emissionsminderung gemäß Reduzierungsplan“ sind hierzu Rechenbeispiele zu finden.

Vereinfachter Nachweis der Einhaltung der Anforderungen

Eine Erleichterung stellt der sogenannte vereinfachte Nachweis der Einhaltung der Anforderungen dar. Für nicht genehmigungsbedürftige Anlagen zur Beschichtung von sonstigen Metall- und Kunststoffoberflächen gilt die Zielemission des Reduzierungsplans als eingehalten, soweit in diesen Anlagen ausschließlich Beschichtungsstoffe mit einem VOC-Wert von höchstens 250 g/l sowie Reinigungsmittel mit einem VOC-Gehalt von unter 20% eingesetzt werden. Der VOC-Wert der Beschichtungsstoffe bezieht sich auf den anwendungsfertigen Lack, also einschließlich der benötigten Verdünnungen.

Konsequenzen für die Leiterplattenbranche

Die EU-VOC-Richtlinie und deren deutsche Umsetzung betrifft insbesondere kleinere und mittlere Unternehmen der Branchen, die aufgrund ihrer Produktionsmengen unterhalb der Bagatellgrenzen der Technischen Anleitung (TA) Luft von 1986 liegen und aufgrund der 4. BImSchV keine wesentlichen Investitionen zur Reduzierung von lösemittelhaltigen Emissionen tätigen mussten. So fallen über 90 % der lackbedingten Lösemittlemissionen nicht unter die TA Luft.

Alle betroffenen Unternehmen, die aufgrund der 31. BImSchV umfangreiche Investitionen tätigen mussten und müssen, standen vor der anspruchsvollen Aufgabe, die richtigen strategischen Entscheidungen zu treffen. Art und Umfang von Maßnahmen zur Verminderung oder Vermeidung von lösemittelhaltigen Emissionen an einem Produktionsstandort wird von der standortbezogenen und standortübergreifenden Unternehmensentwicklung mitbestimmt, d.h. bei Ausbau oder Neubau einer Beschichtungsanlage sollte die Entscheidung des Standortes auch unter Berücksichtigung der zu erwartenden Lösemittelbilanzen, und dadurch bedingten Überwachung durch die Behörden, fallen.

Durch technische Maßnahmen können die Emissionen gezielt erfasst und z. B. einer Nachverbrennungsanlage zugeführt werden. Durch organisatorische Maßnahmen besteht die Möglichkeit, die Emissionen bereits am Ursprungsort zu vermeiden bzw. zu vermindern, z. B. durch die Umstellung auf lösemittelfreie und lösemittelarme Produkte, durch Recycling von Reinigungsmitteln und Entwicklern oder durch den Einsatz von Produkten mit einem geringeren Dampfdruck als 0,1 hPa (20°C). Mit diesen Mitteln werden flüchtige organische Stoffe an sich und deren Emissionen reduziert, während bei der Abgasbehandlung die gleichbleibend hohe Menge an flüchtigen organischen Stoffen teuer entsorgt und überwacht werden muss.

Wesentliche Ursachen für diffuse Emissionen sind das Arbeiten in offenen oder nur teilweise geschlossenen Systemen, die Verdrängung von lösemittelhaltiger Luft bei Umfüllvorgängen und das Reinigen von stationären Anlagenteilen. Durch Kapselung und gezielte Ablufferfassung können diese Emissionen erheblich reduziert werden. Die Umwandlung diffuser Emission in eine gezielte

Ablufferfassung muss dann allerdings auch in der Abgasbehandlung mit berücksichtigt werden. Eine Verringerung der VOC-Anteile in der Abluft kann durch thermische Abluftreinigungsverfahren, Kondensation, Absorption oder Adsorption erfolgen.

Bei den gefassten Emissionen zählen die Mischbehälter und Reinigungsanlagen bei den Lackherstellern, sowie Beschichtungs- und Trocknungsanlagen bei den Lackanwendern zu den Hauptemissionsquellen. Durch die Umstellung auf Reinigungsmittel mit einem geringeren Dampfdruck als 0,1 hPa (20°C) besteht ein erhebliches Minderungspotential. Ist dies nicht möglich, kann durch Erhöhung der Chargengröße eine Minderung in den anteiligen Reinigungsoperationen und somit in den Emissionen erreicht werden. Durch die Umstellung auf lösemittelfreie oder lösemittelarme Produkte besteht sowohl bei den Herstellern, aber vor allem bei den Anwendern die größte Chance auf Minderung der relevanten Emissionen. Auch die Schulung der Mitarbeiter über einen bewussten Umgang mit leicht flüchtigen Stoffen erschließt ein Minderungspotential (Schließen der VOC-Stoffe enthaltenden Behälter, richtige Nutzung einer gezielten Ablufführung über z. B. Drosselklappen).

Mögliche Handlungsstrategien

Zur Einhaltung der EU-VOC-Richtlinie bzw. 31. BimSchV gibt es mehrere Handlungsstrategien. Dazu gehören unter anderem das Unterschreiten der Schwellenwerte, die Einhaltung der Emissionsgrenzwerte, die Emissionsminderung nach einem Reduzierungsplan oder die Einhaltung des vereinfachten Nachweises.

Unterschreiten der Schwellenwerte

Reduzierung der VOC durch:

- Einsatz von lösemittelarmen bzw. festkörperreichen Lacken (high solids). Beispiele dafür sind z.B. die fotostrukturierbaren 2-Komponenten-Lötstopplacke der Reihen
Elpemer® SD 2467 für den Siebdruck ca. 77 % Festkörperanteil
Elpemer® GL 2469 SM-HF für das Vorhanggießen ca. 65 % Feststoffanteil
- Einsatz von lösemittelfreien UV-härtenden Lacken, wie unsere 1-K-Lötstopplacke der Reihe **SD 2368 UV** 100 % Festkörperanteil
- nicht der VOC-RL unterliegende Reinigungsmittel, wie z. B. unser speziell für Siebwaschanlagen entwickeltes Reinigungsmittel **R 5899**

Dampfdruck bei 20 °C	0,008 kPa
Flammpunkt nach DIN 53 213	> 100 °C
Verdunstungszahl nach DIN 53 170	900

- nicht der Lösemittelrichtlinie unterliegende Entwicklermedien (z. B. BDG oder wässrig-alkalisch)
- Recycling gebrauchter Lösemittel (Reinigungsmittel, Verdüner).

Durch diese und weitere Korrekturen kann ein Betrieb, der gering über einem Schwellenwert liegt, diesen Schwellenwert unterschreiten.

Einhalten der Emissionsgrenzwerte

Zur Einhaltung der Gesamtemissionsgrenzwerte bzw. der Grenzwerte für die diffuse Emission sind letztere gezielt zu minimieren und in gefasste, nachbehandelte Abluftströme zusammenzufassen.

Eine Verringerung der VOC-Anteile in der Abluft ist nur durch entsprechende Abluftreinigungsanlagen möglich. Dazu wurden zahlreiche Verfahren entwickelt, die auf dem Prinzip der Oxidation, der Biooxidation oder der Kombination aus Anreicherung und Abtrennung basieren.

thermische Nachverbrennung (TNV)	Oxidation
katalytische Nachverbrennung (KNV)	Oxidation
Biofilter	Mikrobielle Biooxidation
Absorptionsverfahren im Biowäscher	Abtrennung / Biooxidation
Adsorptionsverfahren (Aktivkohle, Molekularsiebe)	Anreicherung / Abtrennung
Gaswäsche	Anreicherung / Abtrennung
Kondensationsverfahren	Anreicherung / Abtrennung

Entscheidend für die Auswahl einer dieser Anlagenvarianten sind der zu erzielende Wirkungsgrad, die Investitionskosten und die Betriebskosten. Die Oxidationsverfahren erfordern einen mehr oder weniger hohen Primärenergieeintrag und zur wirtschaftlichen Verfahrensweise eine höhere Schadstoffkonzentration. Nachteilig bei dieser Vorgehensweise sind hohe Erstinvestitionskosten und laufende Betriebskosten.

Durch die Verbrennung der zum Teil zur Aufrechterhaltung der VOC-Oxidation benötigten Energieträger, werden die ebenfalls als Vorläufersubstanzen für Ozon geltenden Stickoxide produziert und emittiert.

Über diese letztendlich negative Ökobilanz, Lösemittlemissionen zu vermeiden und bedingt durch die Methode Stickoxide zu erzeugen, hat das Umweltbundesamt eine andere Auffassung, die aber nicht näher erläutert werden konnte.

Emissionsminderung gemäß Reduzierungsplan

Für die Reduzierung gelten die bereits unter 11.1 angeführten Möglichkeiten zur Verringerung der VOC-Emissionen. Dabei ist dann die Zielemission, ein von dem eingesetzten Festkörperanteil der Lacke theoretisch berechneter Wert, einzuhalten bzw. zu unterschreiten (s. a. Punkt „Reduzierungsplan“). Setzt ein Unternehmen bereits feststoffarme Lacke ein, hat es also bereits einen Vorsprung in der technischen Umsetzung der Reduzierung von flüchtigen organischen Verbindungen erzielt.

Vereinfachter Nachweis der Anforderungen

Ausschließlicher Einsatz von Lacken mit einem VOC-Anteil von höchstens 250 g/l, z. B. die fotostrukturierbaren Siebdrucklacke der **Elpemer® SD 2467**er Reihe, und Reinigungsmitteln mit weniger als 20% VOC (z. B. **R 5899**).

Schlussbetrachtung

Umweltschutz geht uns alle an - und in der Tat ist auch erfreulicherweise eine ständig fortschreitende Sensibilität in Fragen des Umweltschutzes festzustellen, doch Umweltschutz verursacht in vielen Branchen auch erhebliche Kostensteigerungen. Auch die jüngst angestossene Energiewende, die noch einen langen Weg bis zur endgültigen Umsetzung hinter sich bringen muss, wirft gerade im Kontext der internationalen Wettbewerbsfähigkeit viele unbeantwortete Fragen auf. Die steigenden Kosten muss die deutsche Wirtschaft allerdings jetzt schon tragen.

Wegen der Bedeutung der EU-VOC-Richtlinie und der damit verbundenen zeit- und kostenaufwendigen Maßnahmen, die von allen Beteiligten (Lackhersteller und Lackverbraucher) zu ergreifen und zu erledigen sind, haben wir diese TI 15/110 so umfassend, wie eben möglich, erstellt und mit dieser Aktualisierung auf den neuesten Stand angepasst. Die angegebenen Berechnungsbeispiele mögen für die Umsetzung der Richtlinie eine wertvolle Arbeitshilfe sein.

Es gilt daher, rechtzeitig bei der Planung von Erweiterungen, Veränderungen oder Neuanlagen Strategien zu entwickeln und diese dann so wirtschaftlich wie möglich umzusetzen, wobei nachstehende Beispiele entsprechende Denkanstöße sein mögen:

- festkörperreiche Lacke einsetzen
- Einführung lösungsmittelarmer Lackierverfahren
- UV-Lacksysteme verwenden, die nicht unter die Lösemittel-Richtlinie fallen
- bei Anwendung von Schutzlacken (**ELPEGUARD**[®] Conformal Coatings) die Einführung von „Wasserlacken“ vorsehen bzw. lösemittelfreie „Dickschichtlacke“ (**Twin-Cure**[®]) verwenden
- bestehende Lackierprozesse effizienter gestalten
- neue Lackieranlagen sinnvoll hinsichtlich der VOC-Reduzierung simulieren und planen
- Erhöhung des Prozesswirkungsgrades
- rechtzeitig die Planung bei Veränderungen / Neuanlagen beginnen und ganzheitliche Konzepte (Reduzierung und Prozesswirkungsgrade) erstellen
- und immer daran denken:

Zwischen umwelttechnischer (Lösungsmittelwirtschaftsplan, Abfallwirtschaftskonzept, Gefahrstoffkataster) und wirtschaftlicher Bilanzierung (Prozesskostenkalkulation) besteht ein sehr enger Zusammenhang.

Abkürzungsverzeichnis

BlmSchG	Bundes-Immissionsschutz-Gesetz
BlmSchV	Bundes-Immissionsschutz-Verordnung
EG	Europäische Gemeinschaft
EU	Europäische Union
K	Kelvin
KPa / hPa	Kilo-Pascal / Hecto-Pascal
mbar	Milli-Bar
RL	Richtlinie
t	Tonne(n)
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
UBA	Umweltbundesamt
VdL	Verband der Leiterplattenindustrie
VOC	volatile organic compounds

Literaturhinweise

- [1] Richtlinie 1999/13/EG des Rates, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, 11.03.1999, Nr. L85/1
- [2] Verordnung zur Begrenzung der Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen bei der Verwendung organischer Lösemittel in bestimmten Anlagen (31. BimSchV), Bundesgesetzblatt 2001 Teil I Nr.44 S.2180, zuletzt geändert durch §7 der Verordnung vom 02. Mai 2013 (BGBl.I S.1021, 3754)
- [3] Gesetz zur Umsetzung der Industrieemissionen, BGBl., Teil 1, S. 734
- [4] Europäisches Übereinkommen über die Begrenzung von weiträumigen grenzüberschreitenden Luftverunreinigungen (Control of Long Range Transboundary Air Pollutants), 1979
- [5] Hintergrundpapier zur Umsetzung der EU-Lösemittelrichtlinie in deutsches Recht; Umweltbundesamt; 03.12.1999
- [6] Umweltbundesamt, Emissionen versauernder und eutrophierender Stoffe, 03.09.2013
- [7] Lösemittelhaltige Farben- und Lack-Verordnung vom 16. Dezember 2004 (BGBl. I S. 3508),

Haftungsausschluss

Beschreibungen und Ablichtungen unserer Ware und Produkte in technischen Unterlagen, Katalogen, Prospekten, Rundschreiben, Anzeigen, Preislisten, Webseiten, Datenblättern, Informationsblättern, insbesondere die in dieser Druckschrift genannten Informationen, sind unverbindlich soweit ihr Einbezug in den Vertrag nicht ausdrücklich vereinbart wurde. Das gilt auch in Bezug auf etwaige Schutzrechte Dritter.

Die Produkte sind ausschließlich für die im jeweiligen Merkblatt angegebenen Anwendungen vorgesehen. Sie befreien den Kunden nicht von eigenen Prüfungen insbesondere im Hinblick auf ihre Eignung für die beabsichtigten Verfahren und Zwecke. Anwendung, Verwendung und Verarbeitung unserer Produkte und der aufgrund unserer anwendungstechnischen Beratung von Ihnen hergestellten Produkte erfolgen außerhalb unserer Kontrollmöglichkeiten und liegen daher ausschließlich in Ihrem Verantwortungsbereich. Der Verkauf unserer Produkte erfolgt nach Maßgabe unserer jeweils aktuellen Allgemeinen Verkaufs- und Lieferbedingungen.

Haben Sie noch Fragen?

Wir beraten Sie gerne und helfen Ihnen bei der Lösung Ihrer Probleme. Auf Anfrage senden wir Ihnen kostenlos Muster und Technische Druckschriften zu.

Lackwerke Peters GmbH & Co. KG
Hooghe Weg 13, 47906 Kempen, Deutschland

Internet: www.peters.de
E-Mail: peters@peters.de

Telefon +49 2152 2009-0
Telefax +49 2152 2009-70

peters
Coating Innovations
for Electronics