

Hannover, 19.04.2011

## Explosionsschutz bei der Verarbeitung entzündbarer und nichtentzündbarer organischer flüssiger Beschichtungsstoffe

### Problemstellung:

Die grundlegenden Anforderungen des Explosionsschutzes bei der Spritz-/Sprühverarbeitung organischer flüssiger Beschichtungsstoffe sind in den Europäischen Normen des CEN/TC 271 „Oberflächenbehandlungsgeräte - Sicherheit“ und des CLC/SC 31-8 bzw. DKE K239 „Elektrostatische Sprühanlagen und -einrichtungen“ festgelegt. Die wichtigsten Produktnormen sind:

EN 12215	Spritzkabinen für flüssige organische Beschichtungsstoffe
EN 13355	Kombinierte Spitz- und Trocknungskabinen
prEN 50050-1	Elektrostatische Handspüheinrichtungen - Handsprüheinrichtungen für entzündbare flüssige Beschichtungsstoffe
EN 50176	Stationäre Ausrüstung zum elektrostatischen Beschichten mit entzündbaren flüssigen Beschichtungsstoffen

Zur genaueren Beurteilung der Explosionsgefährdung wurde in mehreren von der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB) durchgeführten Forschungsvorhaben die Entzündbarkeit organischer flüssiger Beschichtungsstoffe in feinversprühtem Zustand untersucht. Mit Hilfe einer Formel („PTB-Formel“) ist es nunmehr möglich, die Beschichtungsstoffe den Kategorien „entzündbar“, „schwer entzündbar“ oder „nicht entzündbar“ zuzuordnen (Anhang 1).

Bei Anwendung dieser Formel sind allerdings auch Lacke, die frei von organischen Lösemitteln sind, zum Teil als „entzündbar“ oder zumindest „schwer entzündbar“ einzustufen. Folglich sind die nach den Produktnormen - insbesondere für die elektrostatische Applikationstechnik - geforderten Explosionsschutzmaßnahmen einzuhalten, also Zündschutz und ggf. örtlich wirkende Löschanlagen.

Die zweite wichtige Grundlage zur Beurteilung der Explosionsgefährdung beim Spritzlackieren bildet die Berechnung der Durchschnittskonzentration innerhalb einer Kabine oder eines Spritzstandes (Anhang 2). Beim Fehlen organischer Lösemittel ergibt sich in dieser Berechnung allerdings der Wert „0 % der UEG“. Logische Konsequenz wäre in diesem Fall also: Kein explosionsgefährdeter Bereich, keine Zoneneinteilung.

Der umgekehrte Sachverhalt führt ebenfalls zu Widersprüchen: Die Verarbeitung von als „nicht entzündbar“ eingestufte Lacke mit einem Anteil organischer Lösemittel wird zu rechnerischen Konzentrationswerten „> 0 % der UEG“ und entsprechend den Anforderungen der Kabinennormen zu einer Zoneneinteilung führen.

Diese beiden Sachverhalte wurden in einem Expertenkreis bestehend aus Mitarbeitern des CEN/TC 271 „Oberflächenbehandlungsgeräte - Sicherheit“ und des CLC/SC 31-8 bzw. DKE K239 „Elektrostatische Sprühanlagen und -einrichtungen“ mit folgendem Ergebnis diskutiert.

**Frage 1: Welche Brand- und Explosionsschutzmaßnahmen sind bei Verarbeitung entzündbarer Lacke, die keine organischen Lösemittel enthalten, erforderlich?**

- Die Beschichtungsstoffe werden nach PTB-Formel zwar zum Teil als entzündbar eingestuft, es ist jedoch nicht mit der Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre aufgrund eines Dampf-Luft-Gemisches in der Kabine zu rechnen, eher von einer Art „Staub“-Ex-Atmosphäre. Allerdings lagert sich kein brennbarer Staub ab.
- Es werden dennoch Zündschutzmaßnahmen (mindestens ATEX-Kategorie 3G) an elektrostatischer Applikationstechnik gefordert, da sich diese in unmittelbarer Nähe zur entzündbaren Sprühwolke befindet. Unmittelbare Nähe ist der Bereich zwischen Sprühstrahlaustritt und Werkstück.
- In der übrigen Kabine sind die Anforderungen an „feuergefährdeter Bereiche“ zu erfüllen: Vermeidung von wirksamen Zündquellen (z. B. offene Flammen, Funkengarben), Schutzart IP 54

*Anmerkung 1:*

*Die Einschätzung der Explosionsgefahr ist insofern etwas fragwürdig, als dass hier, ähnlich wie bei Frage 2, von einer Art „wandernden Ex-Zone“ ausgegangen wird. Dies hätte eine Zoneneinteilung und Zündschutzanforderungen in der gesamten Kabine zur Folge. Zur besseren Einschätzung dieser Problematik sollen Untersuchungen zu den sicherheitstechnischen Kenngrößen solcher Beschichtungsstoffe und zur Abschätzung der Menge zündfähiger Atmosphäre durchgeführt werden.*

*Anmerkung2:*

*In europäischen Normen für Lackierkabinen wird weder ein feuergefährdeter Bereich festgelegt noch entsprechende Anforderungen definiert. Auf nationaler Ebene finden sich jedoch entsprechende Anforderungen z. B. in der BGI 740.*

**Frage 2: Welche Brand- und Explosionsschutzmaßnahmen sind bei Verarbeitung nichtentzündbarer Lacke, die organische Lösemittel enthalten, erforderlich?**

- Die Berechnung nach EN 12215 ließe den Schluss auf mindestens Ex-Zone 2 zu, da jedes organische Lösemittel zu einer rechnerischen Durchschnittskonzentration führt.
- Dennoch ist ein Verzicht auf Zoneneinteilung und Zündschutzmaßnahmen in Kabinen zulässig, siehe auch BGR 104, neue Beispielsammlung, Beispiel 4.5.1.
- Der Verzicht auf Ex-Zonen gilt grundsätzlich nur bei hundertprozentiger Zu-/ Abluftführung.
- Bei Anlagen, die im (Teil-)umlufbetrieb verwendet werden, ist eine Beurteilung im Einzelfall erforderlich.

*Anmerkung 1:*

*Aus der Norm ergibt sich wegen der im Beschichtungsstoff enthaltenen organischen Lösemittel **immer** die Forderung nach einer technischen Lüftung, die die Einhaltung der geforderten Durchschnittskonzentrationen durch Verdünnen bzw. Abführen der aus dem Lack ausdampfenden organischen Lösemittel sicherstellt. Dabei wird unterstellt, dass sich der Lösemitteldampf, anders als bei Lacken mit entzündbarem Sprühkegel, relativ gleichmäßig in der Kabine verteilt. Es darf also lediglich auf Zoneneinteilung und Zündschutzmaßnahmen verzichtet werden, nicht jedoch die Installation einer wirksamen technischen Lüftung.*

*Diese Argumentation ließe sich grundsätzlich auch als Begründung für den Verzicht auf Zoneneinteilung/ Zündschutz auch bei entzündbaren Lacken verwenden. In diesem Fall führt jedoch gerade der „wandernde“ entzündbare Sprühkegel zur Forderung nach Zoneneinteilung und Zündschutz in der gesamten Kabine. Weiterhin kann entzündbaren Lacken in vielen Fällen ein „kritisches“ Ausdampfverhalten unterstellt werden als nichtentzündbaren Lacken.*

**Anmerkung 2:**

Die grundsätzliche Einschränkung auf reine Zu-/Abluftführung hängt zusammen mit dem generellen Fehlen einer Bagatellgrenze bezüglich der zulässigen Konzentration in den Europäischen Normen zu Lackieranlagen, unterhalb derer keine Zoneneinteilung erforderlich ist. Da in diesem Sonderfall jedoch auch die Sprühwolke selbst nichtentzündbar ist, kann auch bei Anlagen, die im (Teil-)umlufbetrieb verwendet werden, auf Grundlage einer Beurteilung der örtlichen und betrieblichen Verhältnisse **im Einzelfall** (z. B. Kabinengröße, Reinigungs- und Wartungszyklen) auf eine Zoneneinteilung verzichtet werden, soweit die rechnerische Durchschnittskonzentration unter einem individuell festzulegenden Grenzwert von maximal 4 % der UEG liegt.

**Ergänzende Kommentierung zu EN 12215 (gleichlautend EN 13355):**

Es existiert ein Widerspruch innerhalb der Norm bezüglich der verwendeten Begriffe: brennbare Stoffe (5.7.2) - Lösemittel (Anhang B).

In der Praxis werden bei der Berechnung nur die organischen Lösemittel berücksichtigt. Eine Änderung dieses Vorgehens würde die zulässige Menge brennbarer Stoffe erheblich verringern bzw. den erforderlichen Mindestluftvolumenstrom einer Lackieranlage erheblich erhöhen. Ereignisse wegen der „Nichtberücksichtigung“ aller brennbaren Stoffe sind nicht bekannt, daher wird auch keine Notwendigkeit zur Einbeziehung aller brennbaren Stoffe gesehen.

**Weiteres Vorgehen:**

Initiierung eines Forschungsvorhabens zur Untersuchung sicherheitstechnischer Kenngrößen organischer lösemittelfreier entzündbarer Beschichtungsstoffe. Dabei sollen Untersuchungen entzündbarer lösemittelfreier Beschichtungsstoffe zur Feststellung der MZE und ggf. der UEG der Sprühwolke durchgeführt werden.

**Veröffentlichungen:**

- Information an die Fachöffentlichkeit (Internet)
- möglichst kurzfristige Berücksichtigung/Einarbeitung im Regelwerk: BGR 104, BGI 740, BGI 764, Europäische Normen

## Anhang 1 (aus DIN EN 50176 Anhang A):

### Entzündbarkeit von Lacken auf Wasserbasis

Zusammenfassung der Veröffentlichung von U. v. Pidoll und H. Krämer, PTB Braunschweig (siehe Literaturhinweise):

Zur Zeit wird ein Großteil der ortsfesten elektrostatischen Lacksprühanlagen auf Lacke auf Wasserbasis (sog. Wasserlacke) umgestellt. Dabei können erhebliche Erleichterungen im Brand- und Explosionsschutz dieser Anlagen in Anspruch genommen werden, wenn die verwendeten Wasserlacke nachweislich als nicht brennbar anzusehen sind. Zur Prüfung dieser Frage wurde das Brennverhalten von über 200 elektrostatisch versprühten Wasserlacken, die Suspensionen von brennbaren oder unbrennbaren Pigmenten und brennbaren Bindemitteln in Mischungen von wasserlöslichen brennbaren Lösemitteln und Wasser darstellen, untersucht. Die Untersuchungen umfassten auch Spül- und Reinigungsflüssigkeiten. Das Versprühen der Lacke erfolgte mit Hochrotationsglockenzerstäubern. Während sich der ganz überwiegende Teil der handelsüblichen Wasserlacke im versprühten Zustand als nicht brennbar erwies, konnte für einige derartige Lacke die Brennbarkeit nachgewiesen werden. Es ist sinnvoll, die untersuchten Lacke in drei Gruppen einzuteilen:

#### A.1 Nicht entzündbar

Lacke dieser Gruppe haben die folgende Zusammensetzung:

Gew% H<sub>2</sub>O > 63/37 Gew% LM + 49/51 Gew% ORG

Dabei sind:

H<sub>2</sub>O: Wasser

LM: Flüssige organische Phase; Hauptbestandteile: höhere Glykolester in einem Gemisch mit max. 1:1 Propanol

ORG: feste organische Phase; Hauptbestandteile: Bindemittel und Pigmente

Derartige Lacke verhalten sich in flüssiger Phase und im versprühten Zustand wie Wasser. Sofern auch die Reinigungs- und Verdünnerflüssigkeiten dieser Kategorie entsprechen, z. B. nicht mehr als 35 Gew% 1:1 Butylglykol/n-Propanol, Rest Wasser enthalten, ist Explosionsschutz nicht erforderlich. Es sind die Anforderungen der EN 50348 (hauptsächlich Berührschutz) zu beachten.

Lacke dieser Gruppe werden als nicht entzündbare flüssige Beschichtungsstoffe eingestuft.

#### A.2 Schwer entzündbar

Lacke dieser Gruppe haben die folgende Zusammensetzung:

Gew% H<sub>2</sub>O > 60/40 Gew% LM + 33/67 Gew% ORG

Sprühwolken dieser Lacke können durch Funken mit einer Energie < 4 J nicht gezündet werden.

Explosionsschutz im Sprühbereich ist üblicherweise nicht notwendig, wenn Zündquellen mit einer Energie von mehr als 2 J nicht auftreten.

Lacke dieser Gruppe werden als schwer entzündbare flüssige Beschichtungsstoffe eingestuft.

#### A.3 Entzündbar

Lacke, die weder der Kriterien für nicht entzündbar noch für schwer entzündbar entsprechen.

Lacke dieser Gruppe werden als entzündbare flüssige Beschichtungsstoffe eingestuft.

Für elektrostatische Sprühsysteme der Typen A-L, B-L, C-L bei Verarbeitung von Lacken, die als nicht entzündbar oder schwer entzündbar eingestuft sind, ist eine örtliche Feuerlöscheinrichtung für die elektrostatische Sprüheinrichtungen nicht erforderlich. Das heißt natürlich nicht, dass der Brandschutz insgesamt vernachlässigt werden kann. Selbst bei einer derartigen Einstufung können Lacke als Lackschicht nach einer teilweisen Trocknung wieder brennbar werden. Außerdem ist zu berücksichtigen, dass bei einer starken Exposition gegenüber Feuer Wasserlacke auch brennen, wenn das Feuer auf andere Weise ausgelöst wurde und somit eine gewisse Brandlast darstellen.

## Anhang 2 (Auszug aus DIN EN 12215 Anhang B):

### Bestimmung der Konzentration brennbarer Stoffe hinsichtlich der UEG in Spritzkabinen und Spritzständen

Um den Vergleich mit der unteren Explosionsgrenze (*UEG*) zu vereinfachen, wird die Konzentration als  $C_{UEG}$  (in % der *UEG*) ausgedrückt.

$$C_{UEG} = \frac{100 \cdot \bar{C}}{UEG}$$

Die mittlere Konzentration (Masse) im Inneren der Spritzkabine hängt ab von der Menge der eingebrachten Lösemittel und dem Luftstrom:

$$\bar{C} = \frac{M_{\max} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3}{Q_{\min}}$$

mit:

$C_{UEG}$	berechneter Wert der höchstzulässigen Konzentration brennbarer Lösemittel als Funktion von <i>UEG</i>	in %
$\bar{C}$	durchschnittliche Konzentration brennbarer Lösemittel (in Luft) in der Spritzkabine	in g/m <sup>3</sup>
<i>UEG</i>	untere Explosionsgrenze der Lösemittel oder Lösemittelgemische bei 293 K Wenn die Bestandteile der Lösemittelgemische bekannt sind, die <i>UEG</i> des Gemisches jedoch unbekannt ist, ist die <i>UEG</i> des Lösemittelbestandteiles mit dem geringsten Wert einzusetzen. Sind keine Angaben vorhanden, ist ein Wert von 40 g/m <sup>3</sup> einzusetzen.	in g/m <sup>3</sup>
$M_{\max}$	pro Stunde verspritzte Höchstmenge flüssiger organischer Beschichtungsstoffe	in g/h
$k_1$	Massenanteil der in den flüssigen organischen Beschichtungsstoffen enthaltenen brennbaren Lösemittel während des Spritzverfahrens	in %
$k_2$	Geschätzte Menge brennbarer Lösemittel, die in der Spritzkabine durch Verdunstung freigesetzt werden	in %
$k_3$	Sicherheitsfaktor, der die Heterogenität der Lösemittelkonzentration und insbesondere die hohen Konzentrationen zwischen Spritzpistole, dem Werkstück und dessen Umgebung berücksichtigt	
$Q_{\min}$	Mindest-Frischlufstrom innerhalb der Spritzkabine, der die freigesetzten brennbaren Lösemittel auf die zulässige Konzentration herabsetzt	in m <sup>3</sup> /h

**ANMERKUNG** Bei einer Mehrzonenkabine muss zur Berechnung der  $C_{UEG}$  jede Sektion separat betrachtet werden (siehe 6.7.2.1).