

Quelle: <https://www.arbeitssicherheit.de//document/1218fbd1-075c-3155-a371-53ee01c1332d>

Bibliografie

Titel	Praxishandbuch Brandschutz
Herausgeber	Scheuermann
Auflage	2016
Abschnitt	6 Anlagentechnischer Brandschutz → 6.5 Brandschutz an Maschinen
Autor	Scheuermann
Verlag	Carl Heymanns Verlag

6.5.2 Integrierter Brandschutz an Maschinen

Inhaltsübersicht

[6.5.2.1 Integrierter Brandschutzmaßnahmen an Werkzeugmaschinen](#)

[6.5.2.2 Beigestellte Brandschutzeinrichtungen](#)

[6.5.2.3 Aerosole in der Brandbekämpfung](#)

Einführung

Der Brand- und Explosionsschutz an Maschinen ist ein festes Element der Anlagensicherheit. Kurz gefasst: Eine Maschine bzw. ein Anlagenteil muss so konzipiert und gebaut sein, dass jegliche von der Maschine bzw. dem Anlagenteil selbst oder durch Gase, Flüssigkeiten, Stäube, Dämpfe und andere von der Maschine freigesetzte oder verwendete Substanzen verursachte Brand- oder Explosionsgefahr vermieden wird, und zwar bereits durch konstruktive bzw. verfahrenstechnische Maßnahmen. Ausgangspunkt aller konstruktiven Erwägungen »quellnaher« Gefahrenbekämpfung ist die EG-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG¹, die ersichtlich das Konzept einer Integration des sicherheitsgerechten Konstruierens vorgibt. Die mit der 9. Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (9. ProdSV) in deutsches Recht transformierte Richtlinie enthält insoweit zwingende Vorgaben an Konstruktion und Fertigung, die weder durch privatrechtliche Vereinbarungen unterlaufen noch durch den Hinweis auf eine (angebliche) Baugleichheit des Wettbewerbs ausgehebelt werden kann.

Nach Artikel 5 »Inverkehrbringen und Inbetriebnahme« Abs. 1a der Richtlinie hat der Hersteller vor dem Inverkehrbringen und/oder der Inbetriebnahme einer Maschine sicherzustellen, dass die Maschine verbindlich die für sie geltenden im Anhang I aufgeführten grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen erfüllt. Nach den allgemeinen Grundsätzen des Anhangs I hat der Hersteller der Maschine eine Risikobeurteilung durchzuführen und aufgrund dieser Beurteilung geeignete Maßnahmen zur Risikominimierung durchzuführen. Die Maschinenrichtlinie schreibt in den allgemeinen Grundsätzen des Anhangs I die Beachtung der »Grundsätze für die Integration der Sicherheit« nach Nummer 1.1.2 vor. Hierin ist eine Hierarchie der Schutzmaßnahmen, die zur Risikominimierung zu treffen sind, vorgeschrieben. Erste Priorität hat die Integration der Sicherheit in Konstruktion und Bau der Maschine, Stufe zwei sind technische Schutzmaßnahmen gegen nicht zu beseitigende Gefahren. Bei der Gefahr eines Brandes ist in den grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen das Schutzziel »Brand« in 1.5.6 folgendermaßen formuliert:

»Die Maschine muss so konstruiert und gebaut sein, dass jedes Brand- und Überhitzungsrisiko vermieden wird, das von der Maschine selbst oder von Gasen, Flüssigkeiten, Stäuben, Dämpfen und anderen von der Maschine freigesetzten oder verwendeten Stoffen ausgeht.«

Das sind deutliche und konstruktive Vorgaben, mit der Maßgabe, dass jegliche Brandgefahr bereits durch konstruktive bzw. verfahrenstechnische Entscheidungen, die auch integrierte Brandmelde- und Brandschutzeinrichtungen mit umfassen können, vermieden werden muss. Nach Artikel 7

»Konformitätsvermutung und harmonisierte Normen« Abs. 2 kann ein Hersteller dann von der Konformitätsvermutung ausgehen, wenn er seine Maschine nach bestimmten harmonisierten Normen konstruiert. Für den integrierten Brandschutz an Maschinen greift die Sicherheitsgruppennorm DIN EN 13478: 2008-12 »Sicherheit von Maschinen – Brandschutz«. Diese Norm beschränkt sich auf den technischen, vorbeugenden Brandschutz an Maschinen und beschreibt als Typ B-Norm grundlegende Anforderungen, die folgende Punkte umfassen:

- Risikoanalyse und -bewertung, um die Maschine sicher zu machen
- Verwendung geeigneter Materialien beim Bau der Maschine
- Einsatz von automatischen Löschanlagen, falls die Gefahr von Personenschäden besteht
- Verwendung geeigneter Löschmittel

Die Norm verfolgt somit das Ziel, auf der Grundlage einer Risikobeurteilung², unter Berücksichtigung der Verwendung geeigneter, nicht brennbarer oder den Brand fortleitender Materialien Anforderungen zur Risikominderung durch die Auswahl und Gestaltung technischer Brandschutzmaßnahmen an Maschinen darzulegen. Insbesondere bei der Gefahr von Personenschäden sind automatische Brandmelde- und Löschanlagen in die Maschine zu integrieren. Das Risiko ist dabei von den zu erwartenden Auswirkungen eines Brandes abhängig, wobei Personenschäden, Sach- und Umweltschäden mit in Betracht zu ziehen sind.

Die Brandschutznorm für Maschinen wird überarbeitet

Auf deutsche Initiative hin wird derzeit die Norm DIN EN 13478 »Sicherheit von Maschinen – Brandschutz« auf internationaler Normungsebene überarbeitet. Der von Expertenseite unterbreitete Revisionsvorschlag zielt vor allem darauf ab, neueste wissenschaftliche Erkenntnisse zur Reduzierung der Brandgefahr beim Einsatz von nicht mit Wasser mischbaren Kühlschmierstoffen in die bestehende Normung einfließen zu lassen. Darüber hinaus sollen die in der Norm enthaltenen grundlegenden Anforderungen an den Brandschutz von Maschinen überprüft und, sofern erforderlich, an den neuesten Stand der Technik angepasst werden.

Die DIN EN 13478 stimmt inhaltlich mit der Internationalen Norm ISO 19353 »Safety of machinery – Fire prevention and protection« überein. Im Zuge der Überarbeitung werden beide Normen benummerungstechnisch zusammengeführt. Die künftige Neuausgabe wird als DIN EN ISO 19353 Eingang in das Deutsche Normenwerk finden und zugleich die bisherige DIN EN 13478 ersetzen.

6.5.2 Integrierter Brandschutz an Maschinen – Seite 3 – 01.12.2012 << >>

6.5.2.1 Integrierter Brandschutzmaßnahmen an Werkzeugmaschinen

Im Rahmen einer Studie des Vereins Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken³ (VDW) wurden in der metallverarbeitenden Industrie im Zeitraum von 1987 bis 1994 beim Einsatz von nicht wassermischbaren Kühl-Schmier-Stoffen (KKS) in Werkzeugmaschinen ca. 150 Brandereignisse untersucht.

Der Trend zum Einsatz nicht wassermischbarer, brennbarer KSS rückt die Thematik Brand- und Explosionsschutz an Werkzeugmaschinen verstärkt in den Vordergrund. Die meisten Brandereignisse wurden durch glühende Späne, energiereiche Funken oder durch heiße Oberflächen ausgelöst, wobei die Zündenergie bei Funken mit < 10 Joule beziehungsweise bei Oberflächen mit $\geq 800^\circ\text{C}$ sich als außerordentlich wirksame Zündquelle herausgestellt hat.

Um einen Brand zu verhindern bzw. um die Folgen eines Brandes zu begrenzen, ist es wichtig, die »Brandlast« möglichst niedrig zu halten. Hierzu ist es erforderlich, dass im Gefahrenraum brennbarer Stoffe nicht vorhanden sind bzw. sich nicht ansammeln können. Bei einer Zündung des KSS-Luftgemisches und bei Bränden können Flammen und heiße Gase aus der Werkzeugmaschine austreten. Durch den Druckaufbau im Innenraum werden Flammenaustritte aus Türspalten, aufgedrückten Gehäusetüren, Beschichtungs- und Entnahmeöffnungen sowie Ausdruck Entlastungsöffnungen hervorgerufen. Auch während der Flutung mit Löschgas sind Flammenaustritte zu beobachten.



Abb. 1: Brandversuch, Entzündung eines KKS-Luftgemisches mit Folgebrand

Zur Löschung von Bränden brennbarer Kühlschmierstoffe – wie allgemein im Werkzeugmaschinenbau – werden typischerweise eingesetzt:

- Löschgase, z.B. CO₂, Argon, Stickstoff und Gemische dieser Gase (Löschung im Wesentlichen durch Sauerstoffverdrängung)
- Wasser (Feinsprühtechnik, Wasserebeltechnik) (Löschung im Wesentlichen durch Kühlung)
- Schaum
- Pulver der Brandklassen ABC oder BC (Öl brennende entsprechen der Brandklasse B)

Konstruktive Maßnahmen zum integrierten Brandschutz

Da ein Brand bzw. eine Explosion im Inneren nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann, sind z.B. folgende Maßnahme einzelnen oder ggf. kombiniert geeignet, um die Auswirkungen eines Brandes bzw. einer Explosion zu minimieren:

- Installation einer automatischen Feuerlöschanlage
- ausreichende Druckfestigkeit der Verhaubung
- flammendurchschlagsichere Türlabyrinth
- Druckentlastungsklappe bei nicht ausreichender Druckfestigkeit der Verhaubung

Bei der Risikobeurteilung werden aus den vorstehend genannten Maßnahmen diejenigen ausgewählt, die im zutreffenden Fall geeignet sind.

Bei einer Zündung des KSS-Luft-Gemisches und bei Bränden können Flammen und heiße Gase aus der Werkzeugmaschine austreten (s. Abb. 1). Zur Verringerung der Gefährdung durch Flammen und heiße Gase für den Bediener und Umgebung sind die Maschinen neben weiteren konstruktiven Brandschutzmaßnahmen (Türlabyrinth, Sichtscheiben aus Polycarbonat, Entlastungsöffnungen) mit einer automatischen Brandmelde- und Löschanlage ausgerüstet.

Das Beispiel der Brandschutzmaßnahmen bei Werkzeugmaschinen stellt den klassischen Fall der Integration des Brandschutzes in die Konstruktion einschließlich aller erforderlicher Komponenten dar (s. Abb. 2).

6.5.2 Integrierter Brandschutz an Maschinen – Seite 5 – 01.12.2012 << >>

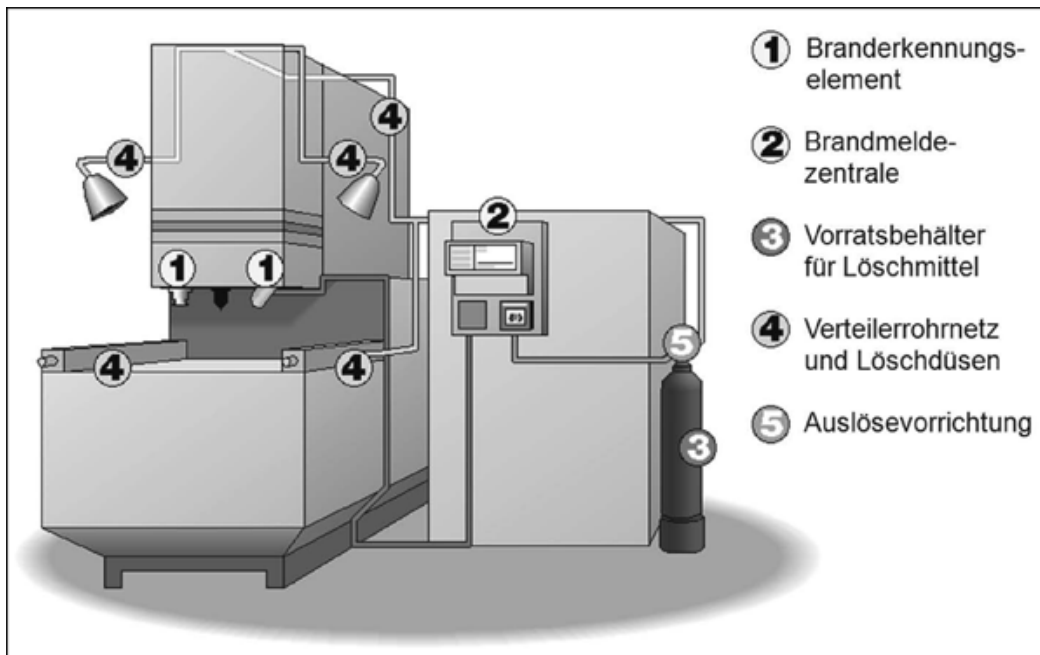


Abb. 2: Prinzip eines integrierten Brandschutzes an Maschinen (entsprechend DIN EN 13478)

6.5.2.2 Beigestellte Brandschutzeinrichtungen

Leider ist die Fallgestaltung einer im Herstellungsprozess integrierten Brandmelde- und Löschanlage die Ausnahme. Üblicherweise liefert der Hersteller eine »unvollständige Maschine« im Sinne des Art. 13 der Maschinenrichtlinie, mit der Maßgabe, dass der Betreiber die Brandschutzmaßnahmen der Maschine an seine betrieblichen Brandschutzmaßnahmen anpassen möge. Damit wird allgemein der Betreiber zum Eigenhersteller einer Maschine, denn nun muss er zur Inbetriebnahme die grundsätzlichen Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen nach Anhang I der Maschinenrichtlinie nachweisen⁴.

Dieses sei am Beispiel eine Tiefdruckrotationsmaschine erläutert. Der Hersteller liefert acht Tiefdruckmaschinen für einen Vierfarbendruck. Dem Betreiber obliegt es, aufgrund der verfahrenstechnischen Gegebenheiten (Toluol, elektrostatische Aufladung der Papierbahn zur besseren Farbaufnahme, Papierverarbeitungsgeschwindigkeit ca. 16 m/s) einen geeigneten Brandschutz zu integrieren. Um dieses zu erreichen, waren umfangreiche Untersuchungen zur Brandschutzproblematik an Tiefdruckrotationsmaschinen erforderlich, zumal der Betreiber vom allgemein üblichen Einsatz von CO₂ als Löschmittel Abstand nehmen wollte (s. Abb. 3).

Wie auf Abbildung 3 erkennbar ist, brennt die Gasphase über der Toluol-Farbwanne mit kleinem Feuer ab. Erst wenn durch die Einleitung großer Wärmeenergiemengen in die Farbwanne erheblicher Toluol-Dampf frei-

6.5.2 Integrierter Brandschutz an Maschinen – Seite 6 – 01.12.2012 << >>

gesetzt wird, kommt es zu einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre. Von daher ist es wichtig, den Entstehungsbrand unmittelbar zu bekämpfen. Wie im Rahmen dieser Untersuchung wurde auch der Möglichkeit nachgegangen, den Brandgefahren durch den Einsatz von Kaliumkarbonat (KHCO₃) als Löschmittel zu begegnen, zumal die Gefährdung der Mitarbeiter durch das Löschmittel selbst nicht in dem Maße wie bei CO₂ gegeben ist.



Abb. 3: Brandversuche an einer Tiefdruckrotationsmaschine

6.5.2.3 Aerosole in der Brandbekämpfung

Es ist schon seit langem bekannt, dass Kaliumsalze zur Brandbekämpfung geeignet sind. Darüber hinaus ist auch die Antikorrelation zwischen Partikelgröße und Effektivität⁵ von pulverförmigen Löschmitteln seit 40 Jahren bekannt. Es ist deshalb überraschend, zu sehen, dass die meisten kommerziellen Pulverlöscher vergleichsweise grobkörnige Partikel zwischen 10 und 50 μ m enthalten.

Dieses liegt hauptsächlich an verfahrenstechnischen Schwierigkeiten. Mittels konventionellem Mahlen und Sieben lassen sich Partikelgrößen unter ca. 10–20 μ m nur unter sehr hohem Aufwand produzieren. Durch neuere Herstellungsmethoden nach dem Sprühtrocknungsverfahren ist es nun möglich, Partikel mit 10 μ m und darunter bei einer geringeren Größenstreuung herzustellen.

Diese sogenannten Aerosole haben nicht nur den Vorteil, effektiver zu löschen, sondern sind aufgrund ihrer geringen Größe auch sehr beweg-

6.5.2 Integrierter Brandschutz an Maschinen – Seite 7 – 01.12.2012 << >>

lich. Diese Beweglichkeit führt dazu, dass sich die Aerosole nicht wie ein herkömmliches Pulver rasch absetzen, sondern wie ein Gas den ganzen Raum ausfüllen.

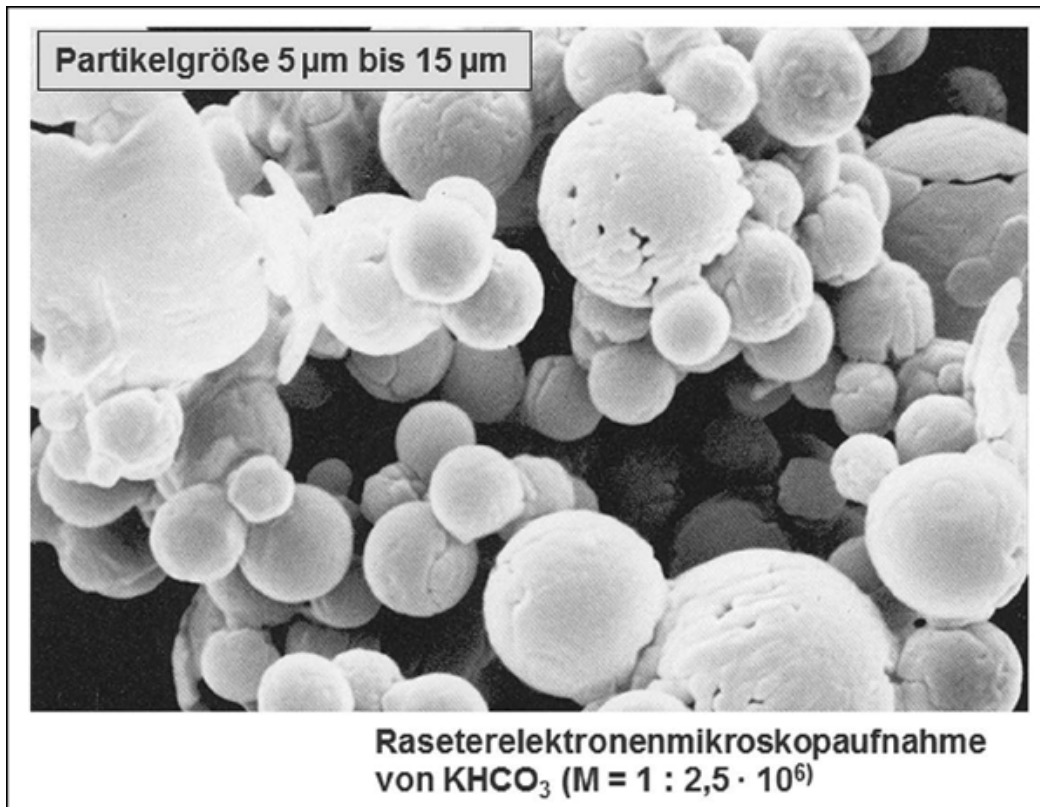


Abb. 4: Kaliumcarbonat: Löschmittel in Aerosolform

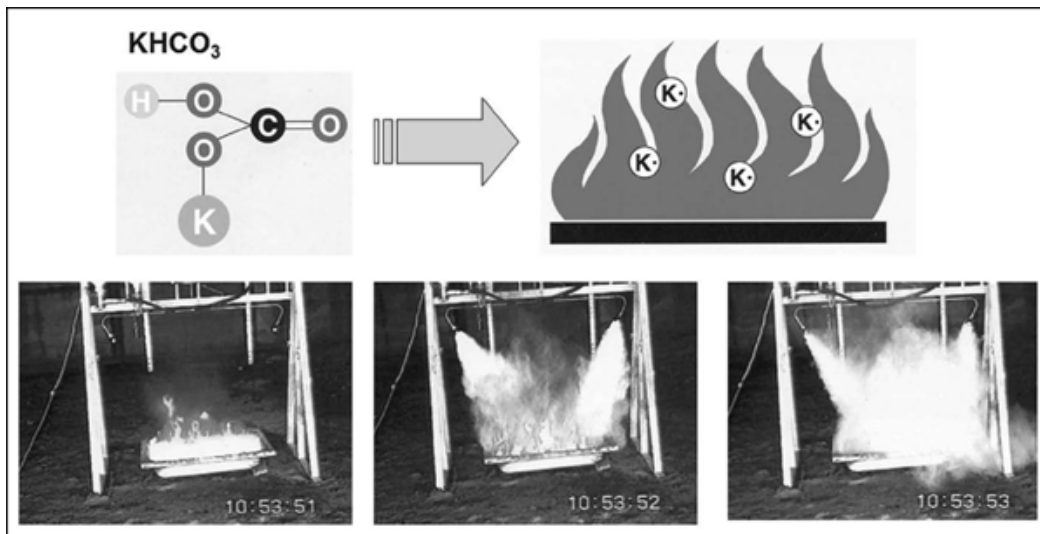


Abb. 5: Löscheversuche (1-m²-Pfanne) mit KHCO_3

Dadurch wird eine zuverlässige Löschung auch in den Winkeln des Raumes und eine Aufrechterhaltung der Löschwirkung über eine längere Zeit gewährleistet. Durch die Verwendung von Kaliumbikarbonat (KHCO_3), einem in Lösung neutralen, gut wasserlöslichen und nicht toxischen Salz, kann eine Gefährdung von Menschen⁶ während des Löschvorganges

weitestgehend ausgeschlossen werden, was auch durch Untersuchungen bestätigt wurde. Die Ergebnisse belegen, dass bei zu einer Design-Konzentration von 40 g/m³ keine Personengefährdung zu erwarten ist.

Die Löschwirkung von KHCO_3 beruht auf zwei verschiedenen Faktoren. Zum einen werden die Flammen durch verschiedene endotherme Reaktionen gekühlt, während derer KHCO_3 verbraucht wird (s. Positionen 1 bis 3 in Abb. 6).

$2 \text{ KHCO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$			(1)
Temperatur > 150 °C	ΔH	41,8 kJ/mol	
$\text{K}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{K}_2\text{O} + \text{CO}_2$			(2)
Temperatur > 1.000 °C	ΔH	346 kJ/mol	
$\text{K}_2\text{O} \rightarrow 2\text{K} + \text{O}$			(3)
Temperatur > 1.500 °C	ΔH	343 kJ/mol	
Brennstoff + Sauerstoff $\rightarrow$ Hydroxylradikale ($\cdot\text{OH}$)			(4)
$\cdot\text{OH} + \text{K}\cdot$	$\rightarrow$	$\text{KOH} + \text{Brennstoff}$	
$\text{KOH} + \cdot\text{H}$	$\rightarrow$	$\text{K}\cdot + \text{H}_2\text{O} + \text{Rest (ideal CO}_2\text{)}$	(5)

Abb. 6: Löschwirkung von Kaliumkarbonat KHCO_3

Zum anderen wird durch verschiedene Kaliumverbindungen die bei der Verbrennung ablaufende Kettenreaktion unterbrochen. Dies geschieht durch Abfangen der bei dieser Kettenreaktion entscheidenden Radikale H und OH, die erst bei der für die Verbrennung nötigen Temperatur von 1.600 K im ausreichenden Maß entstehen (s. Positionen 4 und 5 in Abb. 6). Wie zu erkennen ist, initiiert Kalium seinerseits eine Kettenreaktion, durch die die Radikale in stabile Verbindungen (hauptsächlich Wasser) überführt werden.

Diese beiden Effekte reichen auch bei relativ geringer Konzentration des Kaliumbikarbonats aus, um ein Feuer zu löschen. Bei den durchgeführten Versuchen lag die Sauerstoffkonzentration nach der Löschung zwischen 18 Vol.-% und 19 Vol.-% Sauerstoff, was ausschließlich auf den Sauerstoffverbrauch der Flammen und den zugeführten Stickstoff aus der Druckgasflasche zurückzuführen ist. Eine Erhöhung der toxischen Gase (CO , CO_2) durch das Löschmittel ist nicht nachweisbar.

Wie Abbildung 7 zeigt, hat ein derartiger Feuerlöschgenerator ein Gehäuse, das u.a. einen aerosolerzeugenden Satz enthält, welcher beim Abbrand ein Aerosol bildet, das dem Löschen von Bränden, z.B. in Fahrzeugen oder als Objektschutz, dient. Zur Anzündung dieses Satzes

6.5.2 Integrierter Brandschutz an Maschinen – Seite 9 – 01.12.2012 << >>

ist eine Anzündeinrichtung vorgesehen. Entsprechend dem Stand der Technik ist ein Feuerlöschgenerator beschrieben, der in einem Gehäuse hintereinander einen aerosolerzeugenden Satz, einen Reaktionsraum und eine Kühlanordnung enthält. Das Aerosol durchströmt die Kühlanordnung und verlässt das Gehäuse durch die Löcher eines Lochbodens hindurch. Die Kühlanordnung dient zur Abführung eines Teiles der Reaktionswärme und somit zur Kühlung des ausströmenden Aerosols. Abbildung 8 zeigt den Löschversuch an einer Tiefdruckrotationsmaschine entsprechend Abbildung 3.

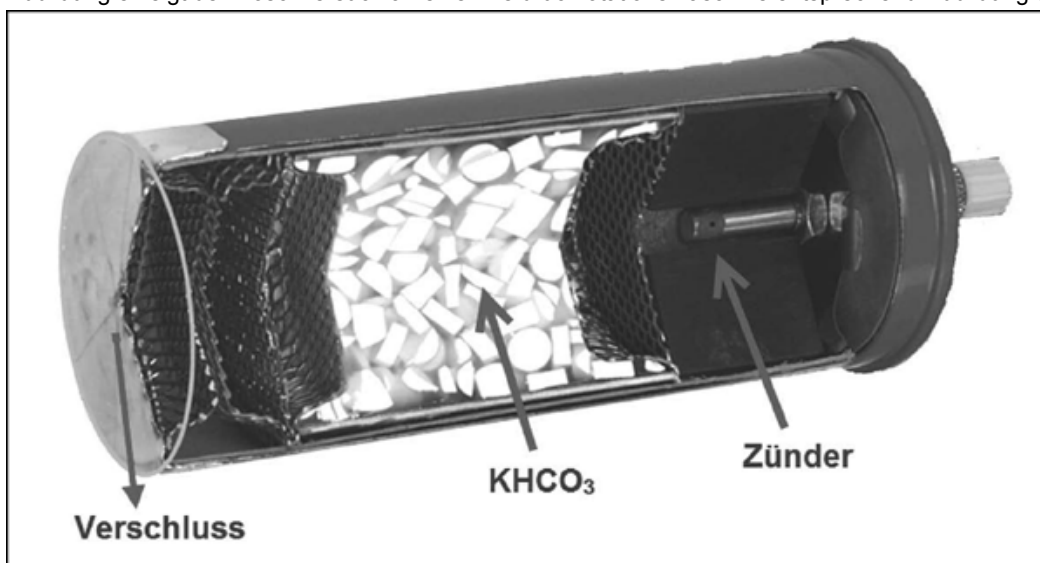


Abb. 7: Aerosol-Löschgenerator Dynamit Nobel

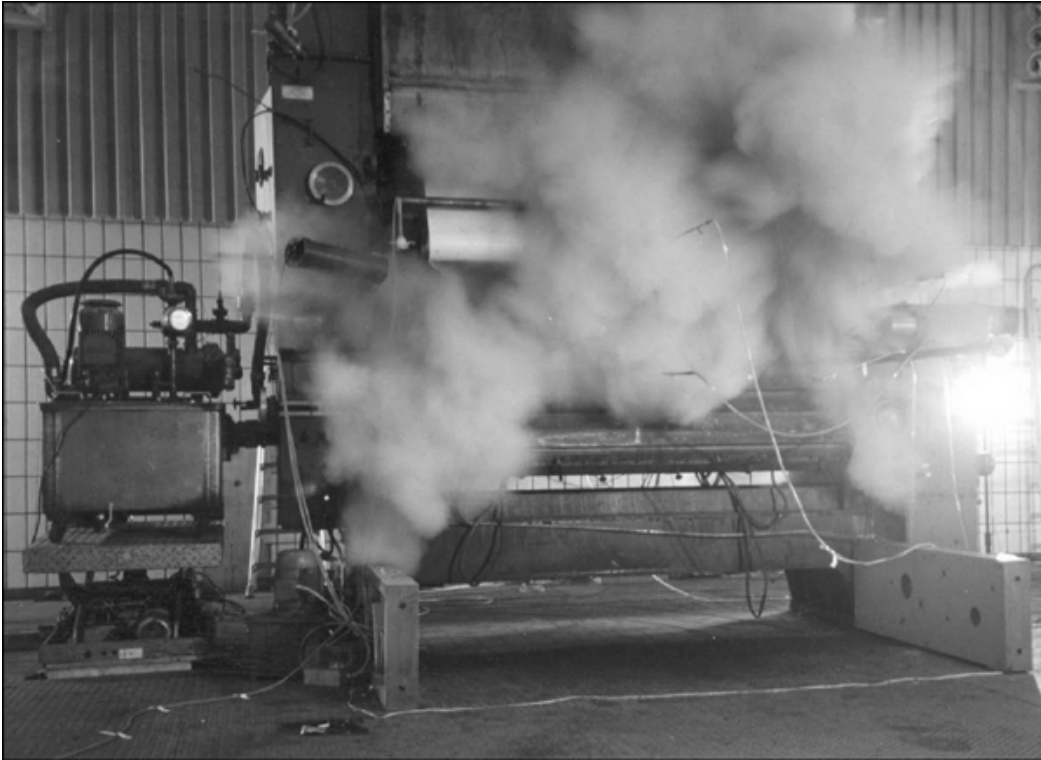


Abb. 8: Objektlöschung mit Aerosol-Löschgeneratoren an einer Tiefdruckrotationsmaschine

6.5.2 Integrierter Brandschutz an Maschinen – Seite 10 – 01.12.2012 << >>

Ergänzend ist hierzu anzumerken, dass aufgrund der sicherheitstechnischen Anforderungen entsprechend der DIN EN 1539:2010 »Trockner und Öfen, in denen brennbarer Stoffe freigesetzt werden – Sicherheitsanforderungen« für den Trockner mit einer maximalen Konzentration von bis zu 60 % UEG zwischenzeitlich der Nachweis für die Sicherheit der Steuerung entsprechend DIN EN ISO 13849-1:2008 »Sicherheit von Maschinen – sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen, Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze« erbracht werden muss. Damit entspricht der integrierte Brandschutz allen sicherheitstechnischen Anforderungen.

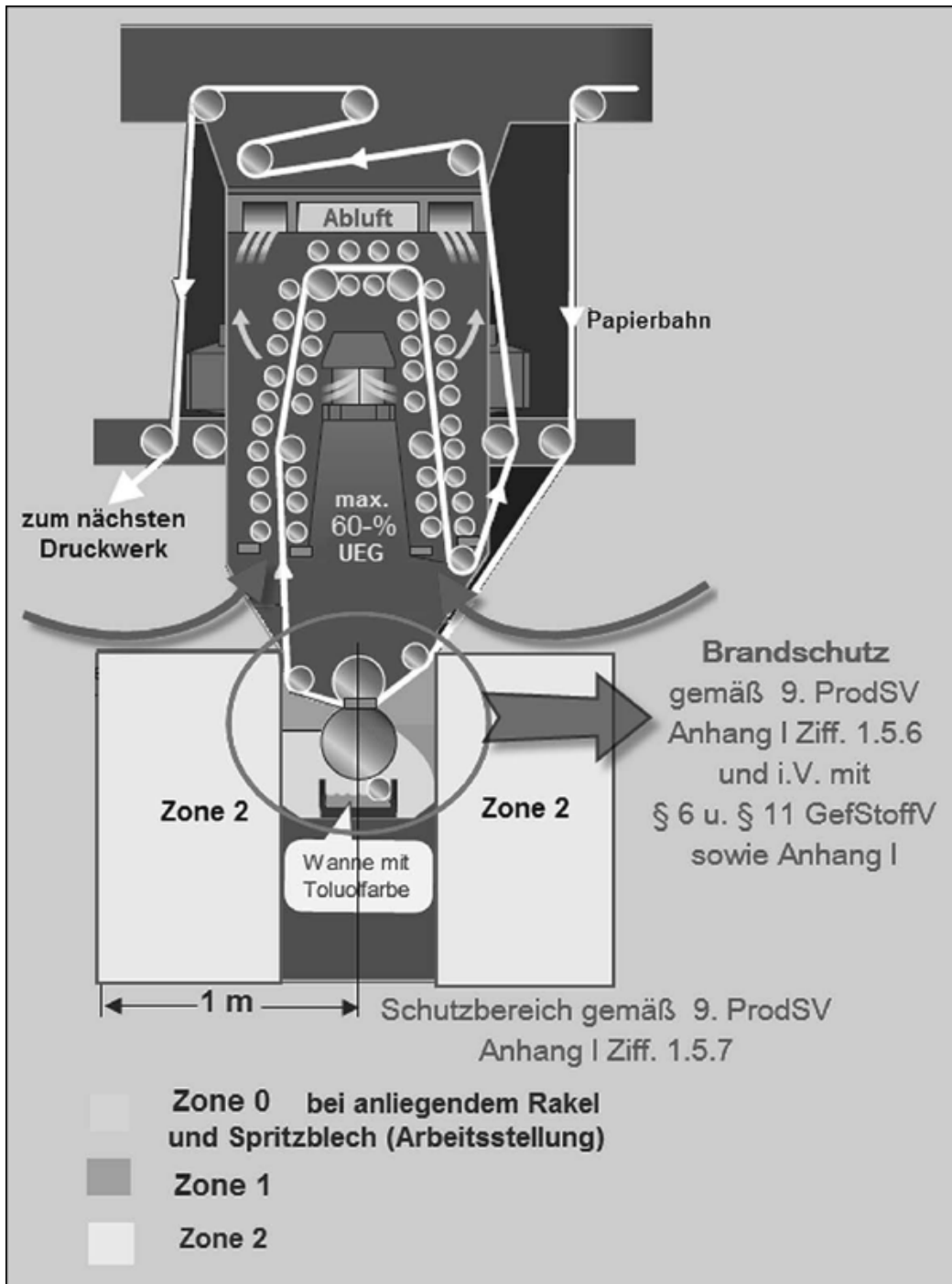


Abb. 9: Brandversuche an Tiefdruckrotationsmaschinen

In Abbildung 9 ist der Brand- und Explosionsschutz an Tiefdruckrotationsmaschinen dargestellt. Festzuhalten bleibt, dass die Tiefdruck-Rotationsmaschine ein Gerät im Sinne der 11. ProdSV »Explosionsschutzverordnung« (EG-RL 94/9/EG – ATEX Richtlinie) ist und somit der Brandschutz an der Tiefdruckrotationsmaschine den Anforderungen der 11. ProdSV genügen muss. Der mit der Maschine verbundene Trockner ist kein ATEX-Gerät, muss aber entsprechend der Norm DIN EN 1539:2010 »Trockner und Öfen, in denen brennbarer Stoffe freigesetzt werden – Sicherheitsanforderungen« in seiner technischen Ausführung den Anforderungen der Richtlinie 94/9/EG entsprechen.

Zusammenfassung

Der Schutz von Personen, der Umwelt und von Sachwerten vor den mit Bränden verbundenen Gefahren nimmt heutzutage insbesondere in der Industrie einen hohen Stellenwert ein. Mit der Maschinenverordnung (9. ProdSV) und der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) bestehen für den anlagen- bzw. maschinenbezogenen Brandschutz die gesetzlichen Grundlagen.

Zusammenfassend muss festgestellt werden, dass das Thema »Brand- und Explosionsschutz an Maschinen« weitaus komplexer sein kann als hier dargestellt. Effektive Systemlösungen sind in den meisten Fällen kein Standard, sondern müssen in individuellen Planungsgesprächen erarbeitet werden. Dies erfordert die Kooperation von Sicherheitsspezialisten, der Maschinenhersteller und -betreiber. Nur so sind sicherheitstechnisch fundierte und wirtschaftlich vertretbare Konzepte realisierbar.

Nach der 9. ProdSV darf eine Maschine nur dann in Verkehr gebracht werden, wenn sie den grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen nach Anhang I Maschinenrichtlinie 2006/42/EG entspricht. Dabei hat der Hersteller oder der Betreiber in der Funktion des Eigenherstellers die von einer Maschine ausgehenden Brandgefahren in seinem Schutzkonzept zu berücksichtigen. Dem Betreiber obliegt es, entsprechend seiner Gefährdungsbeurteilung den sicheren Zustand seiner Arbeitsmittel durch befähigte Personen zu überprüfen und erforderlichenfalls erproben zu lassen. Dieses gilt erst recht, wenn außergewöhnliche Ereignisse stattgefunden haben. Der integrale Brandschutz an Maschinen ist nicht nur Schutzbestand – er ist vor allem Bestandsschutz.

6.5.2 Integrierter Brandschutz an Maschinen – Seite 12 – 01.12.2012 <<

Bearbeitungsdatum: Dezember 2016

Fußnoten

- ¹ Dazu auch Klindt, Kraus, von Locquenghien, Ostermann »Die neue EG-Maschinenrichtlinie 2006«, 2. Aufl. 2008, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- ² Siehe auch DIN EN ISO 12100:2011-03 »Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung (ISO 12100:2010)«
- ³ Handlungshilfe »Brand- und Explosionsschutz an Werkzeugmaschinen beim Einsatz von Kühlschmierstoffen«, Fachausschuss Maschinenbau, BG Holz und Metall, Mainz, 2008
- ⁴ Dazu auch: V. Krey, A. Kapoor »Praxisleitfaden Produktsicherheit«, 2009, Hanser Verlag, München
- ⁵ Mitani, T.: Combustion and Flame, (1982); 44, S. 247–260; Friedmann, R. J.: Fireprotection Engineering (1993), 5, S. 29–31
- ⁶ Hygiene Institut Gelsenkirchen, »Brandhygienische Prüfung von Aerosolen aus Druckgasbehältern« vom 9. Januar 1995, Dir.Tgb.Nr. A119 S/95/C und 30. Januar 1995, Dir. Tgb.Nr. A428 S/95/C