

Brandschutz für brennbare Materialien

- Übersicht über die Normenwelt
- Messbare Wirkung bei Brandversuchen
- Flammschutzmittel für Holz und Kunststoffe

Prof. Dipl.-Ing. Dr. Dieter Hohenwarter
Ing. Helmut Richter

Staatliche Versuchsanstalt TGM

1. Einleitung:

Die Ausrüstung von brennbaren Werk- und Kunststoffen mit Flammenschutzmitteln ist im Rahmen des vorbeugenden Brandschutzes ein übliches Verfahren, um das Risiko der Entstehung eines Brandes zu vermindern. Dies ist ein immer wichtiger werdendes Thema und gewinnt zunehmend an Stellenwert.

Die Beurteilung von flammgeschützten Materialien ist für Planer, Anwender und Nutzer schwierig, weil die Frage der Wirksamkeit des Flammenschutzes nicht generell beantwortbar ist und für jeden Anwendungsfall abgestimmt werden muss. Die Frage der Wirksamkeit von Flammenschutzmitteln kann nur mit (normgerechten) Brandprüfungen beantwortet werden.

In diesem Beitrag werden eine Reihe von unterschiedlichen Brandprüfungen für verschiedene Materialien (Holz, Leder, Kunststoff) dargestellt. So wird z.B. gezeigt wie Holzleisten durch Imprägnierung mit einem geeigneten Flammenschutzsalz und einer Beschichtung die Klassifizierung „schwer brennbar“ erreichen. Bei Leder, das für die Sitze in Massentransportmitteln wie Flugzeugen, Eisenbahnen, etc. Verwendung findet, ist das Problem, dass die bisher angewendeten halogenierten Flammenschutzmittel durch andere (nicht halogenierte Flammenschutzmittel) ersetzt werden müssen. Die später dargestellten Ergebnisse zeigen, dass auch dabei Fortschritte erzielt werden konnten. Auch die üblicherweise gut brennbaren Kunststoffe müssen für spezielle Anwendungsbereiche flammhemmend ausgerüstet werden, dazu wird nachstehend ein Beispiel aus der Prüfpraxis präsentiert.

Mit direkter Beflammung kann der Einfluss von Flammenschutzmitteln nur grob ermittelt werden. Mit den neuen Messmethoden zur Ermittlung der Wärmefreisetzung (Messgerät: Cone Calorimeter) kann die verzögerte Entzündung, geringere Wärmefreisetzung und geringere Qualmbildung eines flammgeschützten Produktes detailliert nachgewiesen werden (siehe Abschnitte 3, 4 und 5). Bremsschläuche von Reisezugwagen oder der rollenden Landstraße sollen bei speziellen Gefahrenbereichen (z. B. lange Tunnel) während einer Zeitdauer von 15 Minuten entsprechend feuerwiderstandsfähig sein (siehe Abschnitt 6). Die brandtechnischen Anforderungen an Raumausstattungsmaterialien (z. B. Möbelbezüge, Vorhänge, Gardinen und Dekorationsartikel) werden im Abschnitt 7 dargestellt. Auch die Schäume und Bezugsstoffe der Sitze von Reisezugwagen müssen flammhemmend ausgestattet sein, damit sie bei Entzündung selbstständig verlöschen (siehe Abschnitt 8). Im folgenden Abschnitt 2 wird ein Einblick in die Wirkungsweise, Typisierung und eine Beschreibung der häufigsten Flammenschutzmittel geboten.

2. Flammenschutzmittel – Einführung:

2.1 Grundsätzliches:

Flammenschutzmittel können die Entflammbarkeit von Werkstoffen herabsetzen. Sie wirken in der Brandentstehungsphase, in der sie das Übergreifen einer inneren (z. B. Kurzschluss) oder äußeren Zündquelle auf das flammgeschützte Material und damit das Entstehen eines Brandes verhindern bzw. verzögern und damit die Flammausbreitung erschweren.

Dementsprechend ist z. B. die Selbstverlöschung nach Wegfall der Zündquelle eine in vielen Anwendungsbereichen geforder-

te Materialeigenschaft flammhemmend ausgerüsteter Werkstoffe. Bei genügend hoher und dauerhafter Zufuhr von Energie und Sauerstoff kann jedoch auch bei flammhemmend ausgerüsteten Materialien der Übergang von der Brandentstehung zum Vollbrand und vollständigen Abbrennen nicht verhindert werden. Flammschutzausrüstung kann daher nur ein Element unter vielen im Konzept des vorbeugenden Brandschutzes sein.



Abbildung 1: Aufgeschäumtes Brandschutzmittel auf einem tragenden Element / Quelle: Brandschutzchemie BSC/

2.2 Wirkungsweise von Flammenschutzmitteln:

Flammenschutzmittel wirken in der Brandentstehungsphase auf unterschiedliche (chemische und / oder physikalische) Weise. Ihre Wirkung wird in der Regel durch die thermische Aufheizung des Werkstoffs, in dem sie eingearbeitet sind, ausgelöst. Sie zersetzen sich dabei unter Energieaufnahme, setzen gegebenenfalls brandhemmende Produkte frei bzw. reagieren in brandhemmender Weise mit dem Werkstoff. Flammenschutzmittel und Werkstoff müssen hinsichtlich ihrer Zersetzungstemperaturen aufeinander abgestimmt sein.

Die physikalische Flammenschutzmittelwirkung kann in einem

- **kühlenden Effekt** bestehen, durch den die Entzündungstemperatur unterschritten wird; sie kann in
- **Abschirmeffekten** bestehen, bei denen durch die Ausbildung einer festen oder gasförmigen Schutzschicht der Zutritt von Sauerstoff an das sich zersetzende, brennbare Material verhindert wird oder der „Nachschub“ von brennbaren Zersetzungsgasen an die Oberfläche unterbunden wird; sie kann in einem
- **Verdünnungseffekt** bestehen, durch den das brennbare Material durch nicht brennbare Zersetzungsgase so verdünnt wird, dass es sich nicht entzündet.

Der flammhemmende Effekt von mineralischen Flammenschutzmitteln besteht z. B. sowohl in der Verminderung des Masseanteils an brennbarer Substanz, eventuell in der Kühlung der Matrix (endotherme Reaktion) und der Verdünnung der brennbaren Gase durch freigesetzten Wasserdampf.

Flammenschutzmittel, die chemisch wirken, können dies gleichermaßen sowohl in der festen wie in der gasförmigen Phase tun.



Abbildung 2: Flammenschutz auf Rohrleitungen /
Quelle: Brandschutzchemie BSC/

Der wichtigste Effekt ist hier die Unterbindung der Bildung freier Radikale. Die bei der Verbrennung von Zersetzungsprodukten von Kohlenwasserstoffen auftretende Bildung freier Radikale ist stark exotherm, heizt also den Verbrennungsprozess weiter an und fördert somit die Brandausbreitung. Halogene (Chlor, Brom), die aus der Zersetzung von halogenierten Flammenschutzmitteln stammen, wirken in der Gasphase als Radikalfänger, indem sie H- und OH-Radikale binden. Dadurch unterbrechen sie den Radikalkettenmechanismus, kühlen den Verbrennungsprozess und stoppen ihn ab.

Der Vorgang der Radikalkettenreaktion läuft schematisch ab (siehe Tabelle 1).

Die Effizienz von halogenierten Flammenschutzmitteln kann durch Kombination mit Antimontrioxid (Sb_2O_3) auf ein Mehrfaches gesteigert werden. Hierbei spricht man von einem synergetischen Effekt. Antimontrioxid, das selbst keinen flammhemmenden Effekt hat, wirkt bei halogenierten Flammenschutzmitteln hauptsächlich dadurch synergetisch, dass es zu einer stufenweisen, über ein breites Temperaturspektrum erfolgenden Freisetzung von Halogenen führt.

In der festen Phase kann eine chemische Wirkung von Flammenschutzmitteln in der Förderung der Zersetzung und einem dadurch ausgelösten „Wegfließen“ des brennbaren Materials von der Flamme oder in der Ausbildung einer verkohlenden Deckschicht mit sehr hohem Schmelzpunkt (Carbonisierung) bestehen, die sich zwischen brennbares Material und Sauerstoff/Flamme schiebt. Carbonisierung ist ein Effekt besonders von phosphorhaltigen, das heißt Phosphorsäure freisetzenden Flammenschutzmitteln.

Tabelle 1: Radikalkettenreaktion

1. Freisetzung der Halogenradikale ($X\bullet$) aus dem Flammenschutzmittel:	$R-X$	$\rightarrow R\bullet + X\bullet$
2. Bildung von Halogenwasserstoffen (HX):	$R-H + X\bullet$	$\rightarrow R\bullet + H-X$
3. Endothermes Binden des Sauerstoffes über Zwischenstufen:	$X\bullet + \bullet O-O\bullet$	$\rightarrow X-O\bullet + \bullet O\bullet$
	$X\bullet + \bullet O\bullet$	$\rightarrow X-O\bullet$
	$\bullet O\bullet + H-X$	$\rightarrow \bullet OH + X\bullet$
	$X-O\bullet + H-X$	$\rightarrow 2 X\bullet + \bullet OH$
4. Neutralisation energiereicher Radikale und Rekombination:	$H-X + \bullet OH$	$\rightarrow H_2O + X\bullet$
	$R\bullet + \bullet OH$	$\rightarrow R-OH$
	$R\bullet + R\bullet$	$\rightarrow R-R$

Die meisten Flammenschutzmittel wirken sowohl durch einen oder mehrere chemische als auch physikalische Prozesse, in jeweils unterschiedlich starken Anteilen.

2.3 Typen von Flammenschutzmitteln:

Um in der geschilderten Weise flammhemmend wirken zu können, müssen die Flammenschutzmittel in die Matrix (Polymer) eingearbeitet bzw. auf das Substrat (z. B. Textilfasern) aufgebracht werden.

Prinzipiell unterscheidet man vier Typen von Flammenschutzmitteln:

- **Additive Flammenschutzmittel:**

Die Brandhemmer werden in die brennbaren Stoffe als Zusatzstoffe eingearbeitet.

- **Reaktive Flammenschutzmittel:**

Die Substanzen sind selbst Bestandteil des Materials (z. B. bei Polymerisation).

- **Inhärenter Flammenschutz:**

Das Material selbst ist flammwidrig.

- **Coating:**

Der Brandhemmer wird von außen als Beschichtung oder Imprägnierung aufgebracht.

Der weltweite Jahresverbrauch von Flammenschutzmitteln liegt aktuell bei ca. 1,8 Mio. Tonnen, was einem Verkaufsvolumen von ca. 2 Mrd. Euro entspricht.



Abbildung 3: Die Kabel nach dem Öffnen einer Kabelvollbandage (nach Brand) /Quelle: Brandschutzchemie BSC/

2.4 Die wichtigsten Flammenschutzmittelgruppen:

Im Folgenden werden die wichtigsten Flammenschutzmittelgruppen kurz charakterisiert.

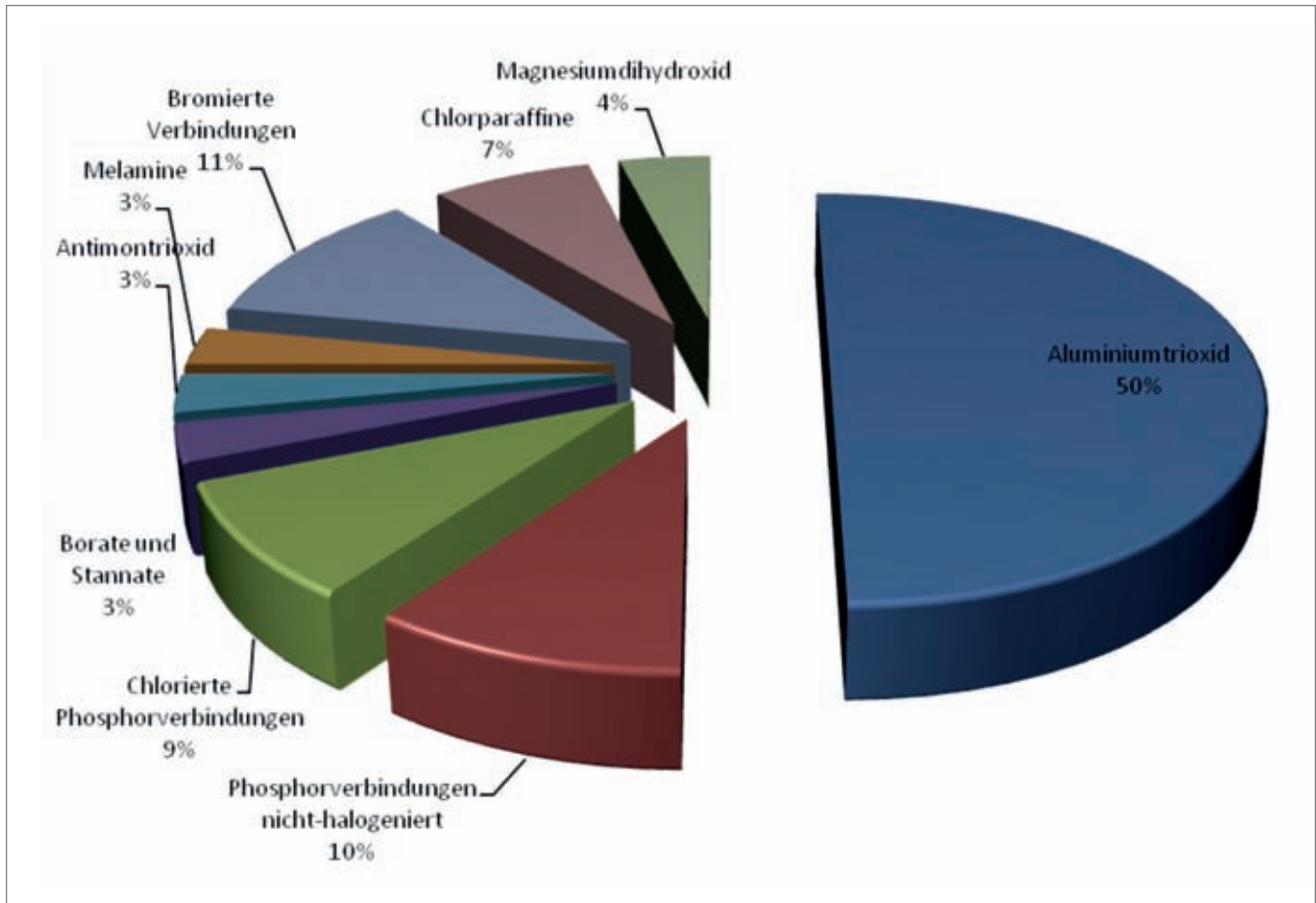


Abbildung 4: Verbrauch von Flammschutzmitteln in Europa (2005/1)

Die Gruppierung ergibt sich aus der chemischen Konstitution der Flammschutzmittel und den darauf beruhenden Wirkmechanismen. Die in den Gruppen zusammengefassten Stoffe haben in vieler Hinsicht gemeinsame Eigenschaften. Da es sich jedoch jeweils um ein breites Spektrum verwandter Verbindungen handelt, zeigen ihre jeweiligen Stoffeigenschaften hinsichtlich Toxizität und Ökotoxizität ebenfalls eine große Bandbreite, so dass sich aus der Gruppenzugehörigkeit zwar Hinweise auf bestimmte Problemlagen ergeben, aber Einstufungen die konkrete Stoffprüfung voraussetzen.

Halogenierte Flammschutzmittel: Als Flammschutzmittel mit Gasphasenmechanismus kommen Brom- und Chlorverbindungen in Frage, wobei Brom-Verbindungen wegen einer schwächeren Bindung an Kohlenstoff leichter (früher) freigesetzt werden und effektiver sind. Letzteres wird dadurch noch unterstützt, dass sie in einer engen Temperaturbande als Radikalfänger freigesetzt werden, also konzentrierter auftreten. Antimon-Halogen-Systeme können auch in der Festphase zur Carbonisierung beitragen. Ein Nachteil der in der Gasphase wirkenden Halogenverbindungen besteht darin, dass sie bestimmungsgemäß korrosive Gase freisetzen (HBr, HCl) und zugleich die Rauchgasdichte fördern sowie (in sehr unterschiedlichem Ausmaß) zur Bildung von Dioxinen / Furanen beitragen.

In der Reihe von aliphatischen, cycloaliphatischen und aromatischen Halogenverbindungen nimmt die Stärke der Bindung des Halogens an das Grundgerüst des Moleküls zu, die Temperaturstabilität steigt also, die Effektivität nimmt aber gegebenenfalls auch ab.

Zum Beispiel sind die polybromierten Diphenylether (z. B. Decabromdiphenylether) als Aromaten temperaturstabiler als cycloaliphatische Bromverbindungen (wie z. B. Hexabromcyclo-dodecan, HBCD), damit können sie also bei Kunststoffen eingesetzt werden, die bei relativ hohen Temperaturen verarbeitet werden, erfordern dabei aber Antimontrioxid als effektivitätssteigernden Synergisten.

Die mengenmäßig wichtigsten Verbindungen sind hier bei den chlorierten Flammschutzmitteln Chlorparaffine als Aliphaten und HET-Säure (Hexachloro-endo-methylentetrahydrophthal-säure) als cycloaliphatische Verbindung, bei den bromierten Flammschutzmitteln HBCD (cycloaliphatisch), Tetrabrombis-phenol A (TBBA) und Derivate sowie die polybromierten Di-phenylether, insbesondere Decabromdiphenylether als aroma-tische Verbindungen.

Eine zweite große Gruppe stellen organische phosphorhaltige Flammschutzmittel dar. Sie wirken primär in der festen (kon-densierten) Phase, indem sie bei thermischer Zersetzung Phosphorsäure freisetzen, die zur Carbonisierung des Substrats führt. Die an der Oberfläche des Polymeren gebildete Carbonschicht behindert die weitere Sauerstoffzufuhr bzw. die Oxidation an der Zündquelle und erschwert das Fortschreiten der oxidativen Zersetzung. Besonders effektiv ist dieser Mechanismus bei sauerstoffhaltigen Polymeren. Die Palette organischer phosphorhaltiger Flammschutzmittel ist groß.

Phosphorsäureester, Arylphosphate und alkylsubstituierte Derivate sind mengenmäßig am bedeutendsten, wobei zwischen halogenierten und halogenfreien Phosphorsäureester zu unterscheiden ist.

Der wichtigste Phosphorsäureester ist gegenwärtig TCPP (Tri-[chlorpropyl]phosphat), das als Handelsprodukt selbst eine Mischung aus verschiedenen Isomeren darstellt.

Anorganische Phosphorverbindungen (roter Phosphor, Ammoniumpolyphosphat) wirken ebenfalls über den für Phosphorverbindungen charakteristischen Festphasenmechanismus (Carbonisierung).

Eine dritte große Gruppe stellen anorganische Metallhydroxide dar, unter denen Aluminiumtrihydroxid (ATH) dominiert. ATH ist mengenmäßig das bedeutendste Flammschutzmittel überhaupt, was mit der großen Einsatzmenge zusammenhängt, die notwendig ist, um eine flammhemmende Wirkung auszulösen. Sie haben damit auch Füllstoffcharakter und vermindern dadurch die Masse an brennbarem Material im Polymer. Die anorganischen Verbindungen, die thermisch relativ wenig stabil sind (was ihren Einsatz ebenso wie die hohen Füllmengen begrenzt), zersetzen sich in der Festphase und bilden dabei nichtbrennbare Gase. Flammhemmende Wirkungsmechanismen sind, wie beim ATH, Kühlung (als Folge endothermer Zersetzung), Schutzschichtbildung und Verdünnung der Verbrennungsgase durch Freisetzung von Wasserdampf. Ein wesentlicher Vorteil der anorganischen Flammschutzmittel besteht darin, dass sie – anders als die in der Gasphase wirkenden und zu unvollständiger Verbrennung führenden halogenierten Flammschutzmittel – wenig Rauch und Ruß abgeben.

Borverbindungen (Borsäure, Borax) werden in der Regel gemeinsam bei zellulosehaltigen Materialien eingesetzt und wirken sowohl in der Gas- wie in der Festphase (Freisetzung von Wasserdampf; Carbonisierung).

Die Wirkung von Stickstoffverbindungen (Melamin, Melamincyanurat und andere Melaminderivate) wird mit Kühleffekten, Deckschichtbildung und Verdünnung der Gasphase mit inerten Gasen erklärt.

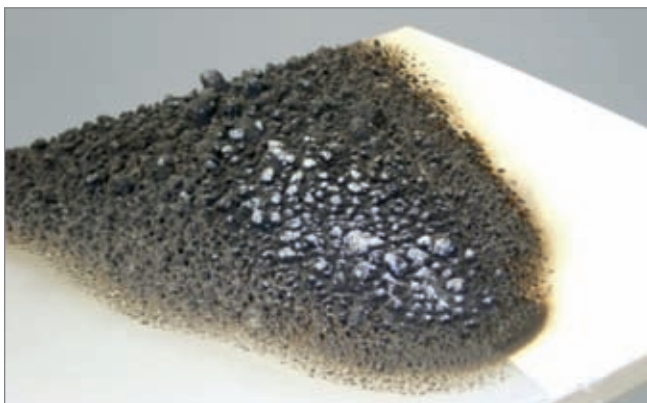


Abbildung 5: Flammschutzbeschichtung /
Quelle: Brandschutzchemie BSC/

3. Leisten aus Buchenholz mit Flammschutzsalz imprägniert und lackiert:

3.1 Schwer brennbare Leisten aus Buchenholz imprägniert mit Flammschutzsalz und lackiert:

Es wurden von der Firma Schwarzott in Baden imprägnierte und lackierte Holzleisten aus Buche zur Untersuchung hinsichtlich der Brennbarkeitsklasse „schwer brennbar“ vorgelegt.

Bei der Prüfung nach ÖNORM A 3800-1 werden mit einem 6 flammigen Reihenbrenner (Flammlänge 120 mm in Vertikalstellung der Düsenachse) die Prüfmuster während einer Zeit von 15 Minuten beflammt.

In einem ersten Versuch wurden die 10 mm dicken (lackierten) Buchenleisten mit dem oben angeführten Brenner beflammt und die Buchenleisten verbrannten erwartungsgemäß innerhalb der normgemäßen Versuchsdauer. In einem zweiten Versuch wurden

Leisten aus Buchenholz (Dicke 10 mm) imprägniert mit Flammschutzsalz Acepyrit forte und lackiert mit Möbellack Puridur 33500-5-0000

untersucht. Die vorgelegten Holzleisten aus Buche hatten eine Breite von 75 mm und eine Dicke von 10 mm. Laut technischem Merkblatt für Acepyrit forte Flammschutzsalz von Avenarius Agro (Ausgabe Juni 2008) schützt es Holz und Holzwerkstoffe gegen Entflammung und damit imprägniertes Holz ist schwer brennbar bzw. schwer entflammbar. Das Flammschutzsalz Acepyrit wurde 1:8 verdünnt und die Leisten 24 Stunden in diese Lösung getaucht, wobei die Flammschutzmittellösung anfangs heiß war und im Laufe der Zeit auskühlte. Laut Merkblatt kann imprägniertes Holz mit schwer brennbaren Lacken überstrichen werden.

Für den Möbellack Puridur 33500-5-0000 von Votteler Lacktechnik GmbH, Ligusterstraße 11, 4600 Wels liegt ein Prüfbericht vor, nach dem buchenfurnierte Novopan-Pyroex-Spanplatten beschichtet mit dem angeführten Lack schwer brennbar, nichttropfend und schwachqualmend sind.



Abbildung 6: 10 mm dicke Buchenleisten nach Beflammung (Versuch 3)

Bei der normgemäßen Untersuchung hinsichtlich Schwerbrennbarkeit (ÖNORM A 3800-1) wurden mit Beginn der Beflammung die Leisten sehr schnell geschwärzt und begannen nach einigen Minuten zu brennen. Nach dem Ende der Beflammung (15 Minuten) zeigte sich kein Nachbrennen oder Nachglimmen. Wie aus der Abbildung 6 zu entnehmen ist, wurden die Holzleisten aneinander liegend geprüft und haben das Kriterium der Schwerbrennbarkeit erfüllt /2/. Nach 15 Minuten Beflammung mit dem Reihenbrenner zeigten die 800 mm langen Prüfmuster eine unverbrannte Restlänge von 580 mm und erfüllten damit das Kriterium für die Schwerbrennbarkeit, dass eine unverbrannter Restlänge > 400 mm fordert (aus Gutachten TGM VA KU 22723 vom 12. 12. 2008).

3.2 Cone Calorimeter – Messprinzip und Messergebnisse:

Mit dem Cone Calorimeter wird entsprechend ISO 5660-1/3/ die Wärmefreisetzungsrate in kW/m² von horizontal angeordneten Proben bei der Entzündung durch eine externe Wärmequelle ermittelt. Zusätzlich zur ISO 5660-1 wird bei dem im Fachbereich Kunststoff- und Umwelttechnik vorhandenen Gerät auch die Qualmdichte in Abhängigkeit von der Zeit während des Verbrennungsprozesses ermittelt.

Messprinzip: Die Untersuchungsmethode basiert auf der Tatsache, dass die Nettoenergie der Verbrennung proportional dem Sauerstoffverbrauch während der Verbrennung ist. Es werden etwa 13,1 MJ pro Kilogramm verbranntem (verbraucht) Sauerstoff freigesetzt. Aus dem Sauerstoffgehalt der Verbrennungsgase wird die Wärmefreisetzungsrate der Prüfmuster unter Umgebungsluftbedingungen ermittelt. Der konusförmige elektrische Heizer hat eine Leistung von 5.000 W und kann das Prüfmuster mit bis zu 100 kW/m² bestrahlen. Bei den vorliegenden Untersuchungen wurde standardmäßig eine Bestrahlungsleistung von 50 kW/m² gewählt. Gleichzeitig mit der Bestrahlung zündet ein elektrischer Funke die durch die Bestrahlung entstehenden Gase, was schließlich zur Entzündung des Prüfmusters führt.

Ergebnisse:

ARHE Average rate of heat emission at time t

ARHE ist die kumulierte Wärmefreisetzung (kW/m²) zum jeweiligen Prüfzeitraum von 0 bis zum Zeitpunkt t dividiert durch t. ARHE gibt also die mittlere Wärmefreisetzung zum Zeitpunkt t an.

MARHE – Maximum average rate of heat emission

MARHE gibt den maximalen Wert von ARHE innerhalb der Messperiode an.

HRR – Heat release rate (kW/m²)

Wärmeabgabe-Rate oder Wärmefreisetzung zum jeweiligen Zeitpunkt t (Messwert).

EHC – Effective heat of combustion (MJ/kg)

Effektive Wärme der Verbrennung (massebezogen) bzw. auf die Masse bezogene Verbrennungswärme zum jeweiligen Zeitpunkt t (Messwert).

k – Extinction coefficient (1/m)

Extinktionskoeffizient;

Maß für die Qualmbildung zum jeweiligen Zeitpunkt t der Verbrennung (Messwert).

SPR(av) – Smoke production rate (average) (m²/s)

Mittlere „Qualm-Produktionsrate“ oder mittlere Qualmbildungsrate (berechnet aus dem Extinktionskoeffizienten).

3.3 Messung der Wärmefreisetzung und Qualmbildung von Holzleisten mit / ohne Flammschutzmittel:

Mit dem Cone-Calorimeter kann die Wirkung von Flammschutzmittel besser als bei den sonst üblichen Brandversuchen beurteilt werden, weil die Wärmefreisetzung (Heat release rate HRR) und die Qualmbildung in Abhängigkeit von der Zeit gemessen werden können.

Die schon hinsichtlich Schwerbrennbarkeit untersuchten

Leisten aus Buchenholz (Dicke 10 mm) imprägniert mit Flammschutzsalz Acepurit forte und lackiert mit Möbellack Puridur 33500-5-0000

wurden mit dem Cone-Calorimeter untersucht. Zum Vergleich wurden nur mit gleichem Möbellack lackierte Leisten aus Buchenholz gleicher Dicke untersucht.

In der nachstehenden Abbildung 7 ist die Wärmefreisetzungsrate von mit Flammschutzsalz imprägniertem und lackiertem Holz und zum Vergleich von unbehandelten lackierten Buchenleisten dargestellt.

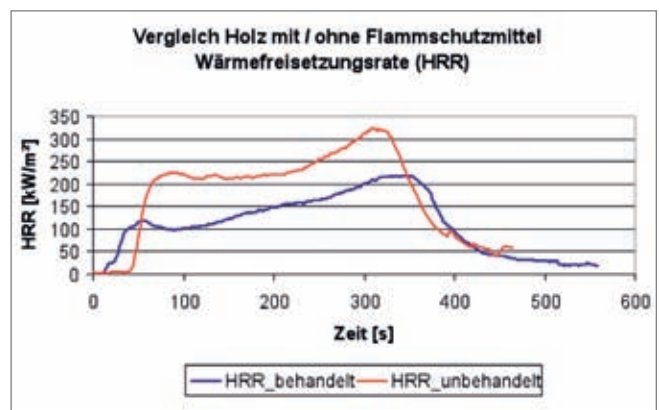


Abbildung 7: Wärmefreisetzungsrate von unbehandeltem Holz und mit Flammschutzmittel imprägniertem Holz

In Abbildung 8 ist die Qualmbildung in Abhängigkeit von der Zeit für das unbehandelte und mit Flammschutzsalz imprägnierte Holz dargestellt.

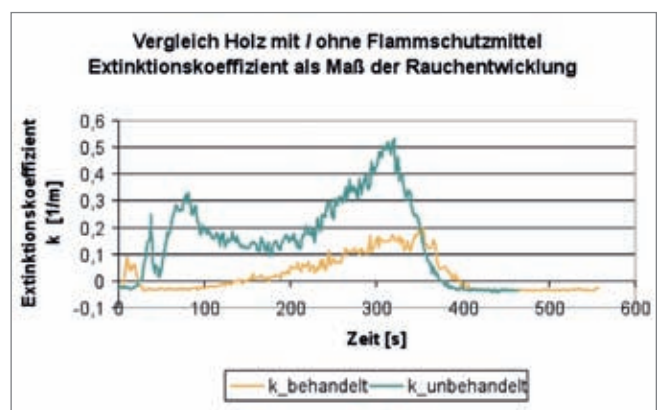


Abbildung 8: Extinktionskoeffizient k als Maß für die Qualmbildung von unbehandeltem Holz und mit Flammschutzmittel imprägniertem Holz

In der folgenden Tabelle 2 sind die Messergebnisse für das mit Flammschutzsalz imprägnierte und lackierte Holz im Vergleich zum lackierten Holz dargestellt.

Tabelle 2: Vergleich von unbehandeltem und mit Flammschutzsalz behandeltem Holz

	MARHE kW/m ²	EHC (average) MJ/kg	SPR (average) m ² /s
Holz mit Flammschutzmittel	141,6	11,1	0,0009
Holz ohne Flammschutzmittel	208,9	13,2	0,0054

Im vorliegenden Fall mindert das Flammschutzmittel die maximale Rate der Wärmefreisetzung (MARHE) um etwa 33% und es wird auch die Qualmbildung (smoke production rate SPR) deutlich (um 83%) gemindert. Die effective heat of production (EHC) wird weniger deutlich gemindert, da das Flammschutzmittel nur in die Randschicht eindringt und nicht in der gesamten Tiefe von, in diesem Fall 10 mm, wirksam ist.

4. Brandprüfungen von Leder ausgerüstet mit Flammschutzmittel:

Es wurden verschiedene Ledertypen unterschiedlich ausgerüstet mit Flammschutzmittel bei direkter Beflammung und mit dem Cone Calorimeter untersucht.

Die Prüfmuster wurden mit einem

- Brenner mit Außendurchmesser 14 mm, Innendurchmesser 9 mm
- Flammenhöhe 40 mm,
- Flammentemperatur 770°C durchgeführt.



Abbildung 9: Leder L0 (kein Flammschutz) und Leder L1 (guter Flammschutz)

Tabelle 3: Messergebnisse von Leder L0 (ohne Flammschutz) und L1 (mit Flammschutz) ermittelt mit direkter Beflammung und dem Cone Calorimeter

	Zerstörte Länge mm	Flammenhöhe mm	Zündzeitpunkt tignition s	Brenndauer s	HRR(peak) kW/m ²	EHC(av) MJ/kg	SPR(av) m ² /s	MARHE kW/m ²
Leder L0	170	230	77 ± 18	141 ± 8	117,25	22,96	0,0022	45 ± 12
Leder L1	97	117	124 ± 31	105 ± 34	117,8	21,0	0,0018	34 ± 7

Die Beflammung entspricht einer Brandprüfung wie es bei Leder, verwendet in der Flugzeugindustrie, üblich ist. Die Beflammung erfolgte während einer Dauer von 60 Sekunden. In den beiden Bildern sind die Prüfmuster eingespannt in die Halterung nach ÖNORM EN ISO 11 925-2.

In den nachstehenden Diagrammen (Abbildungen 10 und 11) sind die Ergebnisse ermittelt mit dem Cone Calorimeter (Bestrahlungsleistung 25 kW/m²) für die beiden Ledertypen dargestellt.

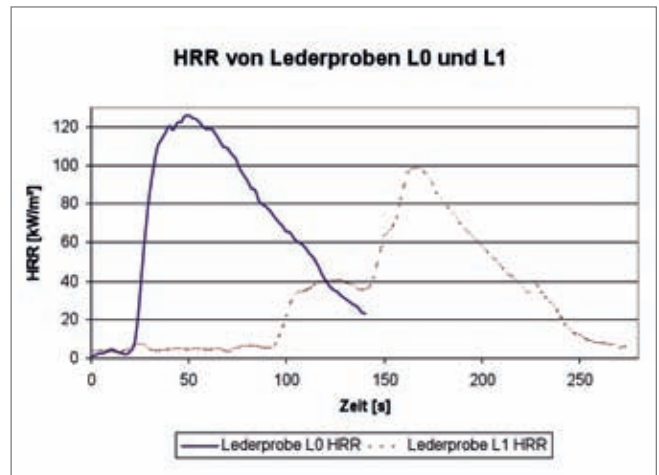


Abbildung 10: Wärmefreisetzung von Lederprobe L0 und L1



Abbildung 11: Qualmbildung von Lederprobe L0 und L1

Aus Abbildung 9 ist die unterschiedliche zerstörte Länge von dem nicht mit Flammschutz ausgerüsteten Leder L0 (zerstörte Länge 170 mm) und dem imprägnierten Leder L1 (zerstörte Länge 97 mm) deutlich ersichtlich. Das Leder ohne Flammschutz (Ledertyp L0) beginnt früher zu brennen (Zündzeitpunkt tignition), hat eine höhere Wärmefreisetzung (Heat release rate HRR) und qualmt stärker.

5. Kunststoffe – Flammschutz verbessert durch Additive:

Von der Firma Gabriel-Chemie Gesellschaft m.b.H. wurden plattenförmige Prüfmuster aus Polypropylen (PP) versehen mit unterschiedlichen Flammschutzadditiven übergeben. Nachstehend sind die mit dem Cone Calorimeter (Bestrahlungsintensität 25 kW/m²) ermittelten Ergebnisse für ein PP mit Flammschutzadditiv (Anteil von 7 %) und ein PP ohne Flammschutz dargestellt.

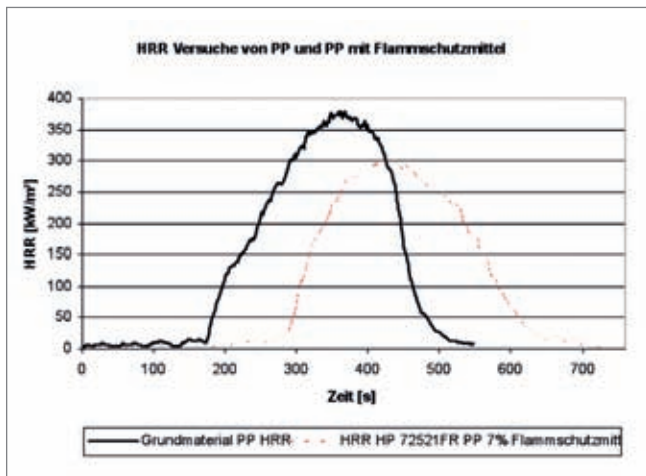


Abbildung 12: Wärmefreisetzung (HRR) von PP ohne / mit Flammschutzmittel

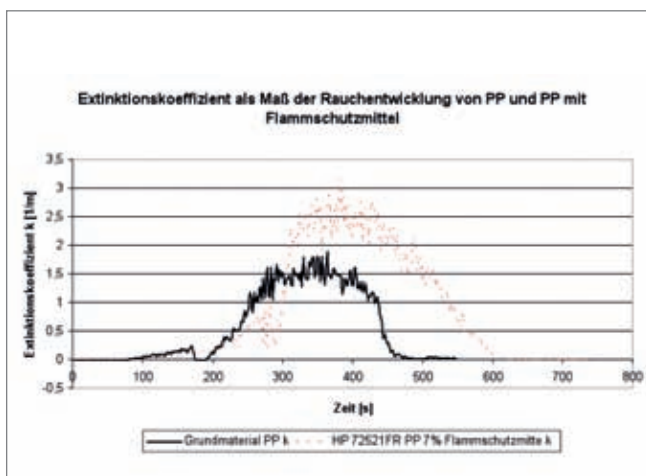


Abbildung 13: Qualmbildung von PP ohne / mit Flammschutzmittel

Beim Vergleich der Abbildung 12 und Abbildung 13 ist ersichtlich, dass das Flammschutzmittel die Wärmefreisetzung deutlich vermindert, aber durch das Flammschutzmittel in diesem Fall die Qualmbildung verstärkt wird. In der Tabelle 4 wird

Tabelle 4: Wärmefreisetzung von PP ohne / mit Flammschutz

Kennnummer	Proben/Material	MARHE [kW/m ²]	HRR peak [kW/m ²]	EHC [MJ/kg]	Zündzeitpunkt [s]	Brenndauer [s]
	PP rein	160,56	379,25	40,61	172	428
HP 72521FR	PP homopolymer 7% Flammschutz	115,35	303,15	36,16	293	562

die deutlich geringere Wärmefreisetzung und die spätere Entzündung des mit Flammschutzmittel versehenen Polypropylens dargestellt. Die Wärmefreisetzung (HRR peak) vermindert sich um 20%, der MARHE Wert um 28% und die Entzündung des PP wird bei der Bestrahlungsintensität von 25 kW/m² durch den Flammschutz um 121 Sekunden verzögert.

6. Flammgeschützte Bremsschläuche von Eisenbahnwagen:

Das Brandverhalten von Bremsschläuchen, welche die Reisezugwagen miteinander verbinden, ist im Brandfall wesentlich. Bremsschläuche müssen mechanische Anforderungen erfüllen, sich elastisch verhalten und sollen zusätzlich eine gewisse Beständigkeit hinsichtlich Feuer aufweisen und dabei einen Funktionserhalt während einer Zeitdauer von mindestens 15 Minuten gewährleisten. Übliche Bremsschläuche entzünden sich bei Flammenbelastung nach kurzer Zeit, werden undicht und erfüllen die Funktion nicht mehr.

Für die Brandprüfung eines flammgeschützten Bremsschlauches wurde eine Anordnung gewählt, die eine vergleichsweise hohe Temperaturbelastung bei gleichzeitig vorhandenem Innendruck ermöglicht. Um eine Vergleichbarkeit mit anderen Versuchen an Bremsschläuchen zu ermöglichen, wurde die gleiche Position von Bremsschlauch und Brenner gewählt. Entsprechend den vorherigen Versuchen wurde der Bremsschlauch in einer Höhe von 18 cm über Brenneroberkante angeordnet. Der Schlauch wurde mit einem Dreiecksbrenner nach ÖNORM EN 13 823 in der Mitte beflammt.

Es wurden Temperaturverläufe in Abhängigkeit von der Zeit mit NiCrNi-Thermoelementen gemessen und mit einem Messsystem von National Instruments elektronisch mit Zeitintervall von 1 Sekunde aufgezeichnet.

Der Bremsschlauch wurde zwischen 2 Halterungen aufgelegt (siehe Abbildung 14) und die für hohe Temperaturen geeigneten Thermoelemente wurden mit einem Draht positioniert.

Die wichtigsten Temperaturmessungen erfolgten an folgenden Messpunkten:

- Unter dem Bremsschlauch in Schlauchmitte
- Im Schlauchinneren (in der Mitte) über der Flamme

Bei den Versuchen wurden die Bremsschläuche während der Beflammung mit einem Druck von etwa 6 bar belastet.

Aufbau des Bremsschlauches von H&P Trading:

Zur Verbesserung der brandtechnischen Eigenschaften wurde ein temperaturbeständiges Gewebe verwendet. Der untersuchte Bremsschlauch stammt von der Firma H&P Trading GmbH aus 7531 Kemeten.

Dieser Schlauch dient der kuppelbaren pneumatischen Verbindung zwischen zwei Wagen, ist also ein Schlauch für Bremskupplungen. Er hat, laut Herstellerangabe, folgenden Aufbau (von innen nach außen):

- Üblicher Standard Bremserschlauch Type FS 373 407
- Eine Lage aus temperaturbeständigen Fasergewebe
- Gummischicht (entsprechend Standardbremserschlauch)
- Eine weitere Lage aus temperaturbeständigen Fasergewebe
- Außen, wie bei normalen Bremserschläuchen, eine verschleißfeste Gummischicht.

Der Bremserschlauch wurde mit Pressluft gefüllt und mit einem konstanten Druck belastet. Danach wurde der Dreiecksbrenner unter dem Schlauch gezündet. In der folgenden Grafik sind die Temperaturverläufe an den Messpunkten unter dem Schlauch und im Schlauchinneren dargestellt. Zu Versuchsende war auffällig, dass der durch die Flammen belastete Bremserschlauch nicht zerplatzte, sondern langsam undicht wurde, weil das temperaturbeständige Fasergewebe stabilisierend wirkte und durch die Flammen nur eine kleine Undichtheit entstand.

Beim vierten Versuch war die mittlere Flammentemperatur 560°C (Standardabweichung 65°C) und die Schlauchinnentemperatur stieg schließlich bis 251°C an. Das heißt bei einer Flammentemperatur von 560°C blieb der Bremserschlauch während einer Zeit von 16 Minuten dicht und erreichte schließlich eine Schlauchinnentemperatur von 250°C (Auszug aus Gutachten TGM-VA KU 20 587 vom 28.1.2005).



Abbildung 14: Bremserschlauch während der Prüfung

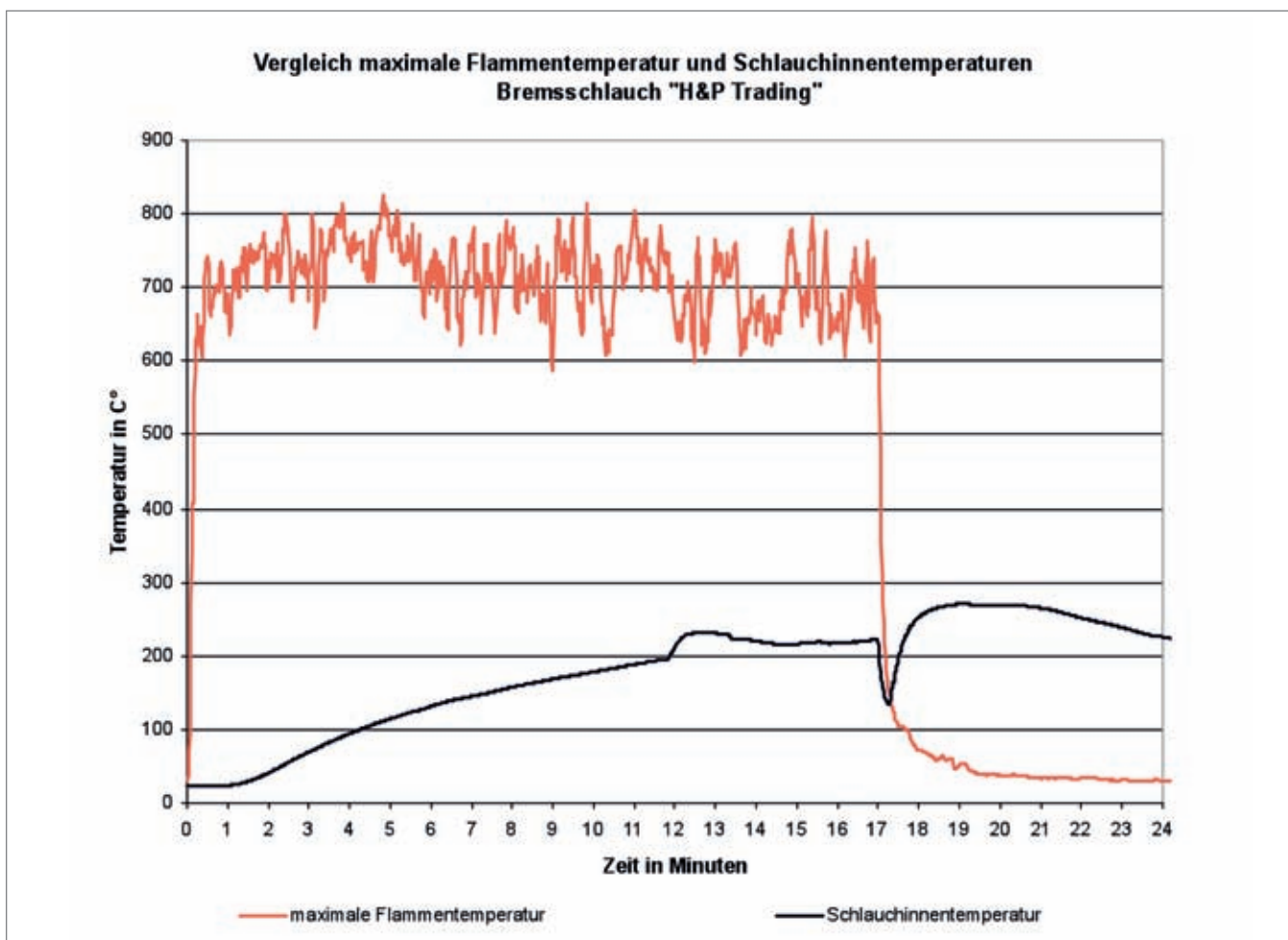


Abbildung 15: Temperaturverlauf an Messpunkten unterhalb und innerhalb des Bremserschlauches

Aufbau des Bremsschlauches von Knorr Bremse:

Zur Verbesserung der brandtechnischen Eigenschaften wurde von Knorr Bremse (Knorr-Bremse Hungaria, Entwicklung / Design, Herr Dr. Istvan Lipoth, H-1201 Budapest, Helsinki ut 86) der bestehende Bremsschlauch mit nachstehendem Aufbau und einem flammbeständigen Schlauch ummantelt:

DN25 Schlauchleitung Typ GH120-16

Seele: Extrudierter nahtloser Tieftemperatur-Gummi auf NBR-Basis - ca. 2,0 mm

1. Armierung: Nichtrostende Stahldrahtwendeln (je 10 Stück 0,4 mm dicke Drähte nebeneinander in Bandform gelegt) in insgesamt 2 Lagen ungeordnet über Kreuz (54°) übereinander gewickelt.

Isolierschicht: Aufgewickeltes Chloropren-Band, aufvulkanisiert - ca. 0,5 mm.

2. Armierung: Nichtrostende Stahldrahtwendeln (je 10 Stück 0,4 mm dicke Drähte nebeneinander in Bandform gelegt) in insgesamt 2 Lagen ungeordnet über Kreuz (54°) übereinander gewickelt.

Decklage: Aufvulkanisierter Tieftemperatur-Gummi auf NBR-Basis - ca. 1,6 mm.

Die flammbeständige Ummantelung besteht aus Silikon mit integriertem Glasfasergewebe und entspricht ihrem Aufbau der Norm SAE AS 1072 Typ 2.

In Abbildung 16 ist die Lage der Thermolemente ersichtlich und die Beflammung mit dem Dreiecksbrenner nach dem Brandversuch (Abbildung 16).

Im nachfolgenden Diagramm (Abbildung 18) sind die maximale Flammentemperatur und die Temperatur im Schlauchinneren dargestellt (Auszug aus Gutachten TGM-VA KU 22 836 vom 29.4.2009). Etwa in der Versuchminute 10 musste die Lüf-



Abbildung 16: Bremsschlauch vor und während Beflammung



Abbildung 17: Bremsschlauch nach Beflammung

tung, bedingt durch die starke Qualmbildung aus Sicherheitsgründen eingeschaltet werden, was durch die flackernde Flamme zu einer kurzzeitigen Temperatursenkung führte.

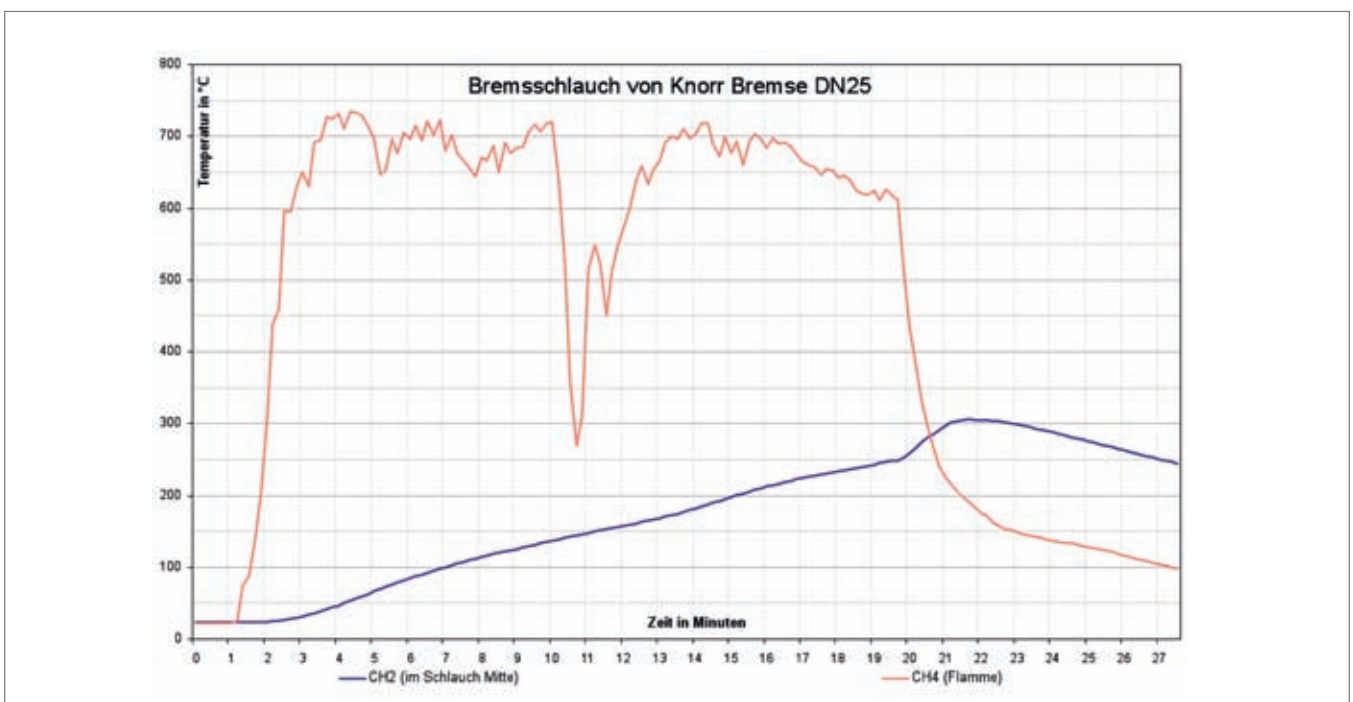


Abbildung 18: Temperaturverlauf unterhalb und im Bremsschlauch

In der folgenden Tabelle 5 sind die obigen Messergebnisse zusammenfassend dargestellt und in der zweiten Zeile mit Berücksichtigung der 2 Minuten andauernden Flammentemperaturabsenkung ausgewertet.

Es wurden mehrere Versuche durchgeführt und bedingt durch den oben dargestellten Aufbau konnte nicht in allen Fällen die gleiche Flammentemperatur erzielt werden.

Im folgenden Diagramm (Abbildung 19) sind die Flammentemperatur und der Zeitpunkt des Versagens der Bremsschläuche von der Firma Knorr Bremse und von der Firma H&P Trading dargestellt. Die mittlere Flammentemperatur und der Zeitpunkt des Versagens zeigen bei den Bremsschläuchen der Firma Knorr Bremse einen deutlichen Zusammenhang dargestellt durch die Ausgleichsgerade.

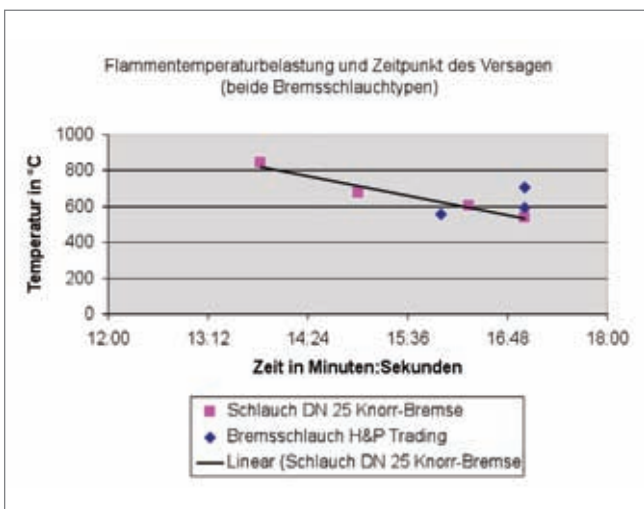


Abbildung 19: Flammentemperaturbelastung und Zeitpunkt des Versagens

Die Schläuche von beiden Herstellern besitzen unterschiedliche flammhemmende Ausstattung, doch in beiden Fällen ist die Beständigkeit gegenüber einer Flammentemperatur von mindestens 600°C während einer Zeitdauer von mehr als 15 Minuten gegeben.

Die Ergebnisse der beiden von unterschiedlichen Herstellern gefertigten flammgeschützten Schläuche bzw. Bremsschläuche sind brandtechnisch außerordentlich günstig und eine wesentliche Verbesserung gegenüber den jetzt vorhandenen Schläuchen konnte damit erreicht werden.

Tabelle 5: Zeitdauer bis zum Versagen des Schlauches von Knorr Bremse und gemessene Temperaturen

Ver-such	Zeitdauer	CH 1 (unten Schlauchmitte)	CH 3 (Flamme)	CH 4 (Flamme)	CH 2 (im Schlauch)
	von Min:Sec bis Min:Sec	°C MW ± St. Abw.	°C MW ± St. Abw.	°C MW ± St. Abw.	°C Maximal bei Minute
2	2:40 bis 19:40	518 ± 107	547 ± 66	644 ± 84	249 (Minute 19:40)
	2:40 bis 10:00 und 12:00 bis 19:40	557 ± 43	567 ± 42	677 ± 34	305 (Minute 22:00)

7. Ausstattungsmaterialien – Brandverhalten und Anforderungen:

In diesem Abschnitt wird das Brandverhalten von Ausstattungsmaterialien (Möbelbezüge, Polstermöbel, Vorhänge und ähnliches) hinsichtlich Vorschriften und Anforderungen kurz besprochen.

7.1 Brandverhalten von Möbelbezügen bzw. Polstermöbel

Folgende Normen sind für die Brandprüfungen von Möbelbezügen bzw. Polstermöbel wesentlich:

ÖNORM B 3825: Brandverhalten von Ausstattungsmaterialien – Prüfung und Klassifizierung von Möbelbezügen (2009-07-01) /4/

ÖNORM EN 1021-1: Möbel – Bewertung der Entzündbarkeit von Polstermöbeln; Teil 1: Glimmende Zigarette als Zündquelle (2006-04-01) /5/

ÖNORM EN 1021-2: Möbel – Bewertung der Entzündbarkeit von Polstermöbeln; Teil 2: Eine einem Streichholz vergleichbare Gasflamme als Zündquelle (2006-04-01) /6/

Die Prüfung nach ÖNORM B 3825 erfolgt im Wesentlichen mit dem Brennkasten und Brenner wie er für die Prüfung nach ÖNORM EN ISO 11925-2 (Prüfung zum Brandverhalten von Bauprodukten, Teil 2: Entzündbarkeit bei direkter Flammeneinwirkung, 2002-06-01) verwendet wird. Diese Prüfung wurde in der nicht mehr gültigen Vornorm ÖNORM B 3800 Teil 1 als Prüfung zur Beurteilung der Normalbrennbarkeit (Brennbarkeitsklasse B2) bezeichnet. Dieser Brenner vom so genannten Kleinbrennertest wird allerdings auf spezielle Art zu Bezugsstoff und Polsterung geführt.

Die Klassifizierung der Ergebnisse ist dann „schwer brennbar gemäß ÖNORM B 3825“

- keine Brenndauer
- Nachbrenndauer maximal 10 sec.
- Nachglimmdauer maximal 60 sec.
- kein Brennen der Polsterung

„normal brennbar gemäß ÖNORM B 3825“

- Flammenausbreitungsgeschwindigkeit < 3,6 mm/sec.
- Polsterung brennt, verlöscht aber von selbst

„leicht brennbar gemäß ÖNORM B 3825“

- Die Bedingungen für „normal brennbar“ werden nicht erfüllt.

Es ist also beachtenswert, dass „schwer brennbar gemäß ÖNORM B 3825“ mit einem Kleinbrenner geprüft wird und daher nichts mit der Prüfung hinsichtlich Schwerbrennbarkeit gemäß ÖNORM A 3800-1 mit dem 6-flammigen Reihenbrenner zu tun hat.

Bei den Prüfungen nach ÖNORM EN 1021 wird eine glimmende (normgemäße) Zigarette (ÖNORM EN 1021-1) oder eine Gasflamme (ÖNORM EN 1021-2) als Zündquelle verwendet. Nachstehend sind einige Bilder der Prüfung eines Fahrersitzes aus dem Gutachten TGM VA KU 22 915 durchgeführt für Best Seating Center Tausch in 4053 Haid dargestellt.



Abbildung 20: Prüfung eines Sitzes mit einer glimmenden Zigarette



Abbildung 21: Sitz nach Prüfung gemäß ÖNORM EN 1021-2 mit glimmenden Zigaretten (Z1 bis Z3)

7.2 Brandverhalten von Textilien und textilen Erzeugnissen wie Vorhänge und Gardinen:

Die Prüfung von Vorhängen und Gardinen erfolgt nach ÖNORM EN 13 772 (Textilien und textile Erzeugnisse – Brandverhalten von Vorhängen und Gardinen – Messung der Flammenausbreitungseigenschaften von vertikal angeordneten Mesproben bei Einwirkung großer Zündquellen; 2003-05-01) /7/ und die Klassifizierung nach ÖNORM EN 13 773 (Textilien – Vorhänge und Gardinen – Brennverhalten – Klassifizierungsschema; 2003-05-01) /8/.

Nach diesen Normen werden die vertikal angeordneten Prüfmuster mit einem elektrischen Strahler bestrahlt und mit einer kleinen Zündflamme entzündet, was insgesamt eine größere Zündquelle simulieren soll.



Abbildung 22: Sitzprüfung mit Gasflamme in Anlehnung an ÖNORM EN 1021-2

Im nationalen Vorwort zur EN 13 773 ist ein Zusammenhang zwischen bisheriger Klassifizierung nach ÖNORM B 3820 und der neuen internationalen Norm vorgeschlagen.

7.3 Brandverhalten von Ausstattungsmaterialien und Dekorationsartikel:

Die Prüfung von Ausstattungsmaterialien wie Dekorationsartikel erfolgt nach Vornorm ÖNORM B 3822 (Brandverhalten von Ausstattungsmaterialien, Dekorationsartikel, Prüfung und Anforderungen, 1. Dez. 1984) /9/.

Es wird dabei mit dem Brenner der für die Prüfung gemäß ÖNORM A 3800-1 verwendet wird mit einer Beflammungszeit von 3 Minuten beflammt.

Die Prüfung gilt als bestanden, wenn

- kein Entzünden und Brennen außerhalb des unmittelbaren Einwirkungsbereiches der Flamme festgestellt wird, und
- die Nachbrenndauer maximal 5 s und die Nachglimmdauer maximal 30 s beträgt,
- der Dekorationsartikel „nicht tropfend“ ist und
- der Dekorationsartikel der Qualmbildungsklasse Q1 gemäß ÖNORM B 3800 Teil 1 entspricht.

Diese Norm bietet den Behörden Gelegenheit bei Dekorationsartikeln in Veranstaltungsräumen brandtechnische Anforderungen an das Produkt zu stellen, die durch eine Prüfung nachgewiesen werden müssen.

8. Brandprüfungen von Sitzen von Eisenbahnwagen:

Diese Versuche dienen zur Untersuchung des Brandverhaltens von Sitzen von Eisenbahnwagen nach einem „Brandvandalenakt“. Die Brandprüfung von Sitzen erfolgt durch Auflegen eines Papierkissens mit einer Masse von 100 g, dieses wird dann entzündet. Bei der zweiten Versuchsreihe wird der Sitz mit einem Kreuzschnitt geschlitzt, der Stoffbezug (oder Lederbezug) zurückgeklappt, das Papierkissen auf den Schaum gelegt und entzündet. In den Vorschriften (DIN 5510-2 /10/) sind genaue Anweisungen über die Herstellung des Papierkissens enthalten. Um einheitliche Ergebnisse zu erzielen, wurde das Papier von einer Prüfstelle in Deutschland bezogen.

Diese Anforderungen mit dem Papierkissentest stellen sehr viel höhere brandtechnische Anforderungen an Sitze von Reisezugwagen als die im Kapitel 7 dargestellten Prüfungen für Polstermöbel. Der Sitz eines Reisezugwagens besteht aus Bezugsmaterial (Stoff oder Leder) und einem Schaumstoff der entweder ein gegossener Schaum oder ein Schnittschaum sein kann. In beiden Fällen muss der elastische Schaum mit Flammenschutzmittel versehen sein, wobei es beim gegossenen Schaum schwieriger ist das Flammenschutzmittel homogen im Schaum zu verteilen.

Es wird die Prüfung nach DIN 5510-2 durchgeführt und die Lüftung so betrieben, dass der entstehende Qualm gerade noch abgesaugt wird.

Anforderung nach DIN 55102: Entsprechend DIN 5510-2 (Vorbeugender Brandschutz in Schienenfahrzeugen – Teil 2: Brennverhalten und Brandnebenerscheinungen von Werkstoffen und Bauteilen – Klassifizierung, Anforderungen und Prüfverfahren, Mai 2009) ist für Sitze unter anderem folgende Anforderung enthalten:

- Die Flammen müssen nach der 15. Versuchsminute erloschen sein.

Entsprechend den österreichischen Vorschriften im Bahnbereich müssen die Flammen am Sitz bereits nach der 10. Versuchsminute erloschen sein.



Abbildung 23: Geschlitzte Sitzfläche vor und nach Brandversuch

In den Abbildungen 23 und 24 sind Bilder als Auszug von Literatur /12/ Reisezugwagensitze vor und nach dem Brandversuch dargestellt.

In der staatlichen Versuchsanstalt tgm wurden bereits sehr viele Sitze geprüft und daher sind nachfolgend die wichtigsten Erkenntnisse daraus zusammengestellt:

Erkenntnisse aus den Brandprüfungen von Sitzen:

- Die gewählte Bezugsstoff- und Schaumkombination ist wesentlich für das Brandverhalten des gesamten Sitzes.
- Bei geschlitzter Sitzfläche ist das Brandverhalten des Schaums maßgebend für die Brenndauer bis zum selbstständigen Erlöschen der Flammen.
- Bei nicht geschlitzter Sitzfläche befindet sich ein brandtechnisch kritischer Bereich im Spalt zwischen Sitzfläche und Rückenlehne.
- Gusschäume sind brandtechnisch günstiger als Schnittschäume, doch amortisiert sich eine Gussform für die Schaumhersteller bei einer geringen Anzahl von Sitzen relativ schlecht.
- Bei Gusschäumen zeigte die bisherige Erfahrung, dass das Brandverhalten von der Dichte der Schäume abhängig ist. Gusschäume mit höherer Dichte sind brandtechnisch günstiger, für Schnittschäume liegt diesbezüglich keine Erfahrung vor.
- Es ist schwierig bei der Herstellung von Schnittschäumen eine homogene Verteilung des Brandschutzmittels im Schaum zu erzielen. Die Zeit bis zum selbstständigen Erlöschen der Flammen kann bei Versuchen mit gleichen Prüfmuster und geschlitzter Sitzfläche recht stark, z. B. von 3 bis 8 Minuten variieren.

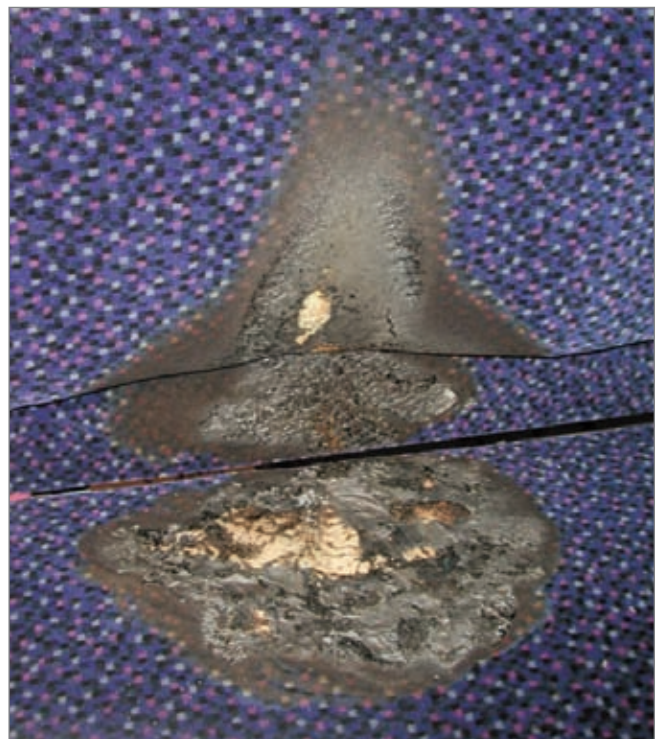


Abbildung 24: Sitzbank nach dem Brandversuch (nicht geschlitzte Sitzfläche)

9. Zusammenfassung:

Aus dem Tätigkeitsbereich der staatlichen Versuchsanstalt TGM – Fachbereich Kunststoff- und Umwelttechnik wurden aus einer Reihe von Versuchen im Zusammenhang mit Flammenschutz für brennbare Materialien (Holz, Leder, Kunststoffe) einzelne Ergebnisse präsentiert. Vor allem konnte gezeigt werden, dass mit dem Cone-Calorimeter die Wirkung von Flammenschutzmitteln, auch hinsichtlich der Verzögerung der Entzündung, experimentell nachgewiesen und dargestellt werden kann. Mit üblichen Beflammungsversuchen kann auch die Wirkung von Flammenschutzmitteln gemessen werden (geringere verbrannte Länge), jedoch ermöglicht das Cone Calorimeter deutlich besser quantifizierbare Aussagen.

Es wurde auch gezeigt, wie (Gummi) Schläuche bzw. Bremschläuche durch geeigneten Schutz flammhemmend ausgerüstet werden können. Ebenso können die heute eingesetzten Reisezugwagensitze durch geeigneten Flammschutz von Bezugstoff und Schaum flammhemmend ausgestattet werden. Der Vergleich der Prüfmethode von Polstermöbeln mit den von Reisezugwagensitzen zeigt, dass an Reisezugwagensitze, bedingt durch die Möglichkeit eines „Brandvandalenaktes“ sehr viel höhere Anforderungen gestellt werden.

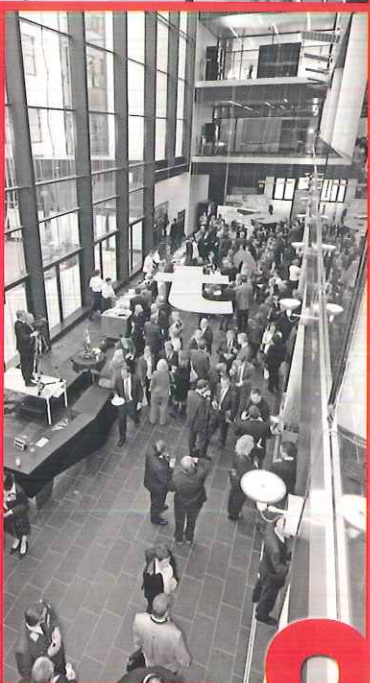
In den letzten Jahren wurde eine ausführliche Risikobewertung der unterschiedlichen Flammenschutzmittel durchgeführt, die vor allem in der EU zu einem Verbot einzelner Substanzen wie z.B. PentaBDE und OctaBDE geführt haben.

Durch die notwendige Kompatibilität von Matrix und Flammenschutzmittel unter Gesichtspunkten wie Ein- und Verarbeitbarkeit, Auswirkungen auf thermische und mechanische Stabilität des Werkstoffes, sowie dessen gewünschte Materialeigenschaften sind der Substitution von Flammenschutzmitteln grundsätzlich Grenzen gesetzt. In der Regel ist die Substitution durch Flammenschutzmittel nicht einfach möglich, sondern es sind entsprechende Anpassungen von Flammschutzmittel und Polymer erforderlich.

Wobei eine kritische Betrachtung der Notwendigkeit des Einsatzes von Flammenschutzmitteln bzw. des zu schützenden Werkstoffes ein „wesentlich effizienterer“ Lösungsansatz darstellt. Flammenschutzmittel können wie eingangs erwähnt nur ein Element des vorbeugenden Brandschutzes sein und kein Allheilmittel.

Literatur:

- /1/ uba-info-presse BROMIERTE FLAMMSCHUTZMITTEL – SCHUTZENGEL MIT SCHLECHTEN EIGENSCHAFTEN?, Umweltbundesamt D-06813 Dessau-Roßlau; April 2008
- /2/ ÖNORM A 3800-1: Brandverhalten von Materialien, ausgenommen Bauprodukte, Teil 1: Anforderungen, Prüfungen und Beurteilungen, 2005-11-01
- /3/ ISO 5660-1 (Reaction-to-fire tests – Heat release, smoke production and mass loss rate – Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method), 2002-12-15)
- /4/ ÖNORM B 3825: Brandverhalten von Ausstattungsmaterialien – Prüfung und Klassifizierung von Möbelbezügen (2009-07-01)
- /5/ ÖNORM EN 1021-1: Möbel – Bewertung der Entzündbarkeit von Polstermöbeln; Teil 1: Glimmende Zigarette als Zündquelle (2006-04-01)
- /6/ ÖNORM EN 1021-2: Möbel – Bewertung der Entzündbarkeit von Polstermöbeln; Teil 2: Eine einem Streichholz vergleichbare Gasflamme als Zündquelle (2006-04-01)
- /8/ ÖNORM EN 13 772 (Textilien und textile Erzeugnisse – Brandverhalten von Vorhängen und Gardinen – Messung der Flammenausbreitungseigenschaften von vertikal angeordneten Messproben bei Einwirkung großer Zündquellen; 2003-05-01)
- /9/ ÖNORM EN 13 773 (Textilien – Vorhänge und Gardinen – Brennverhalten – Klassifizierungsschema; 2003-05-01)
- /10/ Vornorm ÖNORM B 3822 (Brandverhalten von Ausstattungsmaterialien, Dekorationsartikel, Prüfung und Anforderungen, 1. Dez. 1984)
- /11/ DIN 5510-2: Vorbeugender Brandschutz in Schienenfahrzeugen – Teil 2: Brennverhalten und Brandnebenscheinungen von Werkstoffen und Bauteilen – Klassifizierung, Anforderungen und Prüfverfahren; 2009-10-06
- /12/ Dieter Hohenwarter, Edith Grüner: Brandschutztechnische Prüfungen für die Reisezugwagen der ÖBB, ZEVrail Glasers Annalen 129, Tagungsband SFT (Schienenfahrzeugtagung) Graz 2005, Seite 136-145



Brandschutz-Fachtagung

Fachhochschule St. Pölten (NÖ)

8./9.

Februar 2010

