Sachverständige
für vorbeugenden
Brandschutz

Ingenieurbüro Schilling GmbH
Wielandstraße 16
04177 Leipzig

Tel.: 0341 – 550 1888 0
Fax: 0341 – 44 21 492
bs@brandschutz-le.de
www.brandschutz-le.de

Nachweisberechtigte für Brandschutz der Architektenkammer Sachsen – Anhalt – Eintrag - Nr. 26-06-NB
Bauvorlageberechtigung Ingenieurkammer Sachsen – Eintrag – Nr. 56840

Gutachterliche Stellungnahme

Handlungsleitfaden zur Anwendung von pyrotechnischen Erzeugnissen und Durchführung feuergefährlicher Handlungen

Auftragsnummer: **585 BS 1311-01**

Bauvorhaben: Um- und Einbauten Konzertsaal
des Hauses Auensee Leipzig
Gustav-Esche-Straße 6
04159 Leipzig

Auftraggeber: Haus und Park Entertainment GmbH
Arndtstraße 10
04275 Leipzig

Auftragnehmer: Ingenieurbüro Schilling GmbH
Wielandstraße 16
04177 Leipzig

Die gutachterliche Stellungnahme umfasst 10 Seiten Text und 2 Anlagen und wurde in 3-facher Ausfertigung erstellt.

24. November 2014

geprüfter Sachverständiger
für
vorbeugenden Brandschutz
Reg.-Nr.: 1293-SA-14-2006
EIPOS e.V.

Dipl.-Ing. (FH) Tom Schilling
Sachverständiger Brandschutz

Dipl.-Ing. (FH) Enrico Müller
Fachplaner für baul. Brandschutz
Bearbeiter

Inhaltsverzeichnis

1	**Anlass und Aufgabenstellung**	**3**
2	**Beurteilungsgrundlagen**	**4**
2.1	Planungsgrundlagen	4
2.2	Orts- und Besprechungstermine	4
2.3	Rechtliche Grundlagen – Gesetze und Verordnungen	5
2.4	Normen, Richtlinien und Regeln	5
3	**Brandschutztechnische Bewertung und Anforderungen**	**5**
3.1	Allgemeine Beschreibung der örtlichen Situation	5
3.2	Anforderungen an pyrotechnische Gegenstände	7
3.3	Anforderungen bei feuergefährlichen Handlungen	8
3.4	Unterlagen zum Antrag auf Abstimmung der Schutzmaßnahmen sowie Genehmigung	8
3.5	Feuerwehr und Brandsicherheitswache	9
4	**Feststellungen und Schlussfolgerung**	**10**

Anlagenverzeichnis

Anlage 1 Plandarstellungen
- Grundriss Bühne / Szenenfläche
- Schnitt Bühne (schematisch)
- Schnitt Saal (schematisch)

Anlage 2 Leitfaden zu Sicherheitsmaßnahmen für das Verwenden von Theaterpyrotechnik der Kategorie T2, Version vom 12.03.2012, herausgegeben von der Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM)

1 Anlass und Aufgabenstellung

Anlass für die Erarbeitung einer gutachterlichen Stellungnahme ist die Bewertung zur Zulässigkeit pyrotechnischer Anwendungen und Durchführung feuergefährlicher Handlungen im Konzertsaal des Haus Auensee Leipzig auf der Liegenschaft Gustav-Esche-Straße 6 in 04159 Leipzig.

Die nachfolgende Bewertung soll u.a. der Branddirektion als Bewertungsgrundlage für die Abstimmung von Schutzmaßnahmen zur Vorführung von pyrotechnischen Anwendungen und feuergefährlichen Handlungen in der Versammlungsstätte (hier Konzertsaal als Versammlungsraum) dienen, welche durch den jeweiligen Veranstalter u.a. bei der zuständigen Brandschutzdienststelle zu beantragen und genehmigen zu lassen ist.

Im vorliegenden Brandschutzkonzept für dieses Gebäude (Gutachten zum baulichen Brandschutz G12-003 vom 25.05.2012, erstellt durch Ingenieurbüro Christian Wolff) wurde die Verwendung von Pyrotechnik sowie der Umgang mit offenem Feuer nicht bewertet.
Das Haus Auensee in Leipzig wird bauordnungsrechtlich als Versammlungsstätte eingeordnet. Somit unterliegt es den Regelungen der Versammlungsstättenverordnung des Landes Sachsen (SächsVStättVO).
Im Sinne des § 35 SächsVStättVO wird beschrieben, dass die Verwendung von offenem Feuer und pyrotechnischen Gegenständen in Versammlungsräumen zunächst untersagt ist. Ausnahmen können gestattet werden, insofern das Verwenden von offenem Feuer, brennbarer Flüssigkeiten und Gasen, pyrotechnischen Gegenständen und anderen explosionsgefährlichen Stoffen in der Art der Veranstaltung begründet ist.

Die gutachterliche Stellungnahme soll die Anforderungen im Allgemeinen beschreiben, welche sich bei Verwendung pyrotechnischer Gegenstände und offenem Feuer im Zusammenhang mit den objektkonkreten Besonderheiten der Versammlungsstätte ergeben.

Weiterhin soll diese gutachterliche Stellungnahme als Handlungsleitfaden für den jeweiligen Veranstalter, welcher pyrotechnische Effekte zum Einsatz bringen bzw. feuergefährliche Handlungen durchführen möchte, dienen. Ebenso soll hiermit definiert werden, welche Unterlagen zum Antrag auf Genehmigung von Pyrotechnik und offenem Feuer bei der Branddirektion eingereicht werden müssen.

Der Auftraggeber ist die Haus und Park Entertainment GmbH in 04275 Leipzig, Arndtstraße 10.

2 Beurteilungsgrundlagen

2.1 Planungsgrundlagen

Durch den Auftraggeber wurden folgend aufgelistete Unterlagen übergeben, welche zur Erstellung der gutachterlichen Stellungnahme herangezogen wurden:

- Gutachten zum baulichen Brandschutz, G12-003 vom 25.05.2012, erstellt durch Ingenieurbüro Christian Wolff
- 1. Nachtrag zum Gutachten zum baulichen Brandschutz vom 19.10.2012, erstellt durch Ingenieurbüro Christian Wolff
- 2. Nachtrag zum Gutachten zum baulichen Brandschutz vom 19.10.2012, erstellt durch Ingenieurbüro Christian Wolff
- Baugenehmigung, AZ 63.30-SB/2012-011-JB vom 27.02.2014
- Prüfbericht zur Prüfung des Brandschutznachweises 13-P-0079-01 vom 02.10.2013, erstellt durch Brandschutzconsult-Prüfingenieure Steglich & Schumann GbR
- Prüfbericht zur Prüfung des Brandschutznachweises 13-P-0079-02 vom 14.02.2014, erstellt durch Brandschutzconsult-Prüfingenieure Steglich & Schumann GbR
- Prüfbericht zur Prüfung des Brandschutznachweises 13-P-0079-03 vom 14.07.2014, erstellt durch Brandschutzconsult-Prüfingenieure Steglich & Schumann GbR
- Prüfbericht zur Bauüberwachung 01 13-P-0079-04 vom 03.09.2014, erstellt durch Brandschutzconsult-Prüfingenieure Steglich & Schumann GbR

2.2 Orts- und Besprechungstermine

Im Rahmen der Erstellung der gutachterlichen Stellungnahme fanden folgende Orts- bzw. Besprechungstermine statt:

- Besprechungstermin am 21.11.2014
  Abstimmungsgespräch bei der Branddirektion Leipzig

Teilnehmer:	Herr Witte	Stadt Leipzig, Branddirektion
	Herr Tuchtefeld	Stadt Leipzig, Branddirektion
	Herr Wirth	Haus und Park Entertainment GmbH
	Herr Schilling	Ingenieurbüro Schilling GmbH
	Herr Müller	Ingenieurbüro Schilling GmbH

- Ortstermin am 25.11.2014

Teilnehmer:	Herr Wirth	Haus und Park Entertainment GmbH
	Herr Müller	Ingenieurbüro Schilling GmbH

2.3 Rechtliche Grundlagen – Gesetze und Verordnungen

Als rechtliche Grundlagen werden die dem genehmigten Gutachten zum baulichen Brandschutz zu Grunde liegenden Gesetze und Verordnungen berücksichtigt.
Zur Erarbeitung dieser Stellungnahme sind insbesondere zusätzlich zu benennen:

- Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe (SprengG) vom 10. September 2002 (BGBl. I S. 3518), zuletzt geändert durch Artikel 4 Absatz 67 des Gesetzes vom 7. August 2013 (BGBl. I S. 3154)
- Erste Verordnung zum Sprengstoffgesetz (1. SprengV) vom 31. Januar 1991 (BGBl. I S. 169), zuletzt geändert durch Artikel 20 des Gesetzes vom 25. Juli 2013 (BGBl. I S. 2749)

2.4 Normen, Richtlinien und Regeln

Die dem genehmigten Gutachten zum baulichen Brandschutz zu Grunde liegenden Normen, Richtlinien und Regeln wurden bei der Erarbeitung der gutachterlichen Stellungnahme berücksichtigt.

3 Brandschutztechnische Bewertung und Anforderungen

3.1 Allgemeine Beschreibung der örtlichen Situation

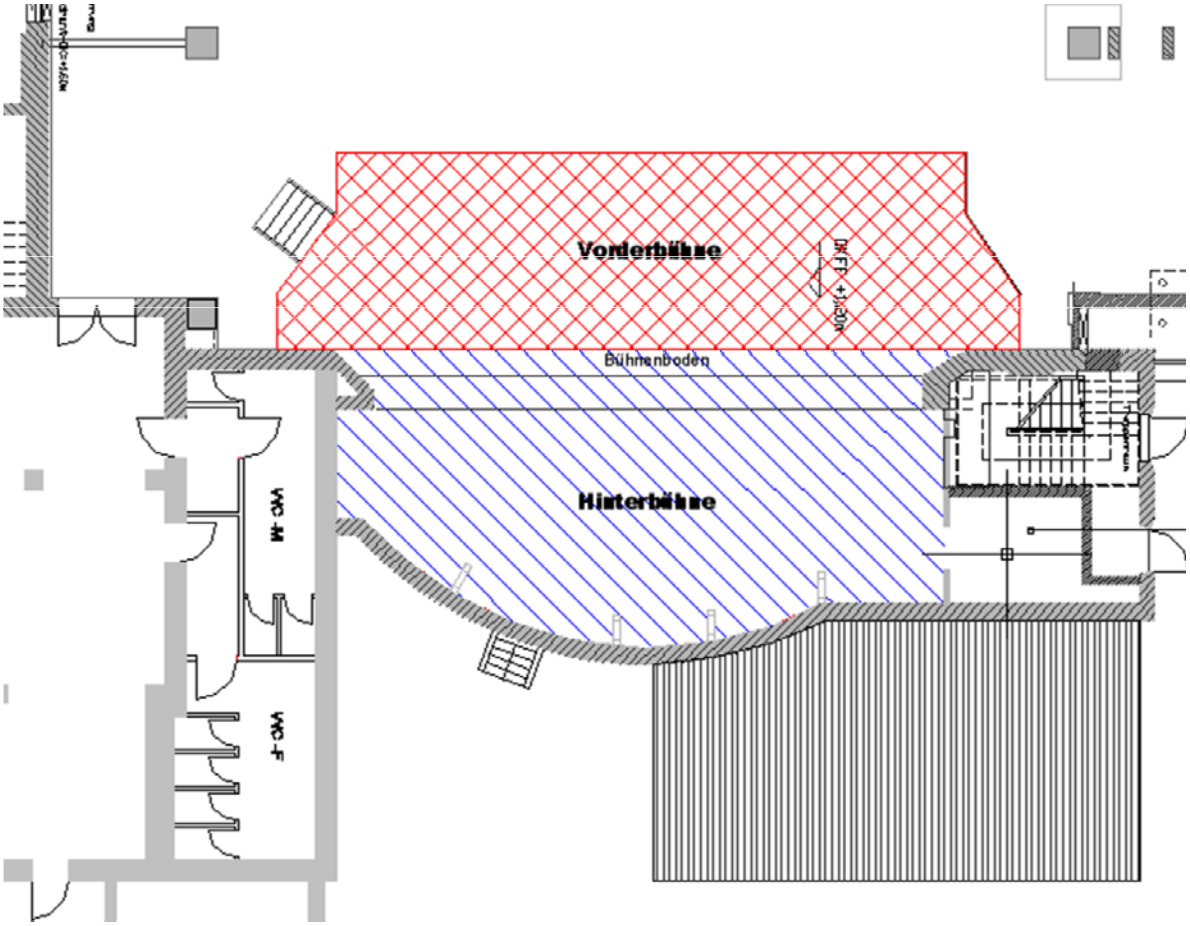
Es ist zunächst festzustellen, dass die baulichen Gegebenheiten des Konzertsaals als Versammlungsraum nicht in allen Punkten den Anforderungen der aktuellen Versammlungsstättenverordnung entsprechen. Dem wurde unter Würdigung der Bestandssituation im vorliegenden und genehmigten Brandschutzkonzept Rechnung getragen. Entsprechende Kompensationsmaßnahmen wurden beschrieben und umgesetzt, um das Schutzzielniveau dennoch sicherzustellen.

In Bezug auf die Verwendung von Pyrotechnik und offenem Feuer sind diesbezüglich folgende Kriterien zu benennen, welche abweichend von den Anforderungen der SächsVStättVO sind:

- Dachtragwerk über dem Konzertsaal einschl. Bühne (Versammlungsraum) ohne klassifizierten Feuerwiderstand
- brennbare Holzverkleidungen an Wänden des Veranstaltungsraumes
- brennbare Holzbauteile an der Saaldecke

Generell muss dem Veranstalter sowie der befähigten Person für Pyrotechnik und/oder offenem Feuer bewusst sein, dass die Bühne bzw. die Szenenfläche, aufgrund der baulichen Gegebenheiten, in zwei unterschiedliche Bereiche unterteilt ist (Vorder- und Hinterbühne). Diese sollen nachfolgend näher beschrieben werden. Um eine eindeutige Definition der beiden verschiedenen Bühnenbereiche zu erlangen, ist nachfolgende Darstellung zu beachten.

Abbildung 1: Einteilung der Bühnenbereiche



Vorderbühne (vor Bühnenbogen):

- Fläche ca. 75 m²
- ca. 4,70 m tief (bis Bühnenbogen) x ca. 17,80m breit (Reduzierung auf ca. 15,1 m im Bereich der Bühnenerweiterung)
- lichte Höhe ca. 11,3 m in Bühnenmitte, verringerter Höhe im Bereich der Dachschrägen bis auf ein Maß von ca. 7,0 m
- Wandverkleidung der Vorderbühne (Bühnenbogen, h = ca. 2,3 m) aus brennbaren Holzverkleidungen
- Verkleidungen von Wänden des anschließenden Zuschauerbereiches ebenfalls aus brennbaren Holzbaustoffen
- sichtbare Holzbalken an der Saaldecke brennbar, Gefachbereiche zwischen aufgesetzten Holzbalken an Unterdecke aus nichtbrennbarer Gipskartonverkleidung

Hinterbühne (Bühnenbogen und Bereich hinter Bühnenbogen):

- Fläche ca. 90 m²
- max. ca. 7,0 m tief (einschl. Bühnenbogen) x max. ca. 14,60 m breit

- lichte Höhe max. ca. 7,6 m im Bereich des Bühnenbogens in im direkten Anschluss dahinter, Abminderung der Höhe bis auf ca. 4,0 im rückwärtigem Bühnenbereich
- Wandverkleidung des Bühnenbogens (h = ca. 2,3 m) aus brennbaren Holzverkleidungen
- ansonsten Wand- und Deckenoberflächen aus nichtbrennbaren Baustoffen (Gipskarton)

In Anlage 1 zu dieser Stellungnahme befinden sich Planunterlagen (Grundriss und Schnittdarstellungen), welche die Bühnen bzw. die Szenenfläche beschreiben soll.

3.2 Anforderungen an pyrotechnische Gegenstände

Nach § 5 SprengG dürfen Explosivstoffe und pyrotechnische Gegenstände nur eingeführt und verwendet werden, wenn der Hersteller oder sein, in einem Mitgliedsstaat ansässiger Bevollmächtigter für sie den Konformitätsnachweis erbracht hat und die Stoffe und Gegenstände mit der CE-Kennzeichnung (CE-Zeichen) versehen sind.

Für Produktionen in Räumen sind nur zugelassene pyrotechnische Gegenstände und Sätze der Klassen I, II sowie T1 und T2 nach dem Sprengstoffgesetz zugelassen.

Es dürfen ausschließlich pyrotechnische Erzeugnisse zum Einsatz kommen, welche in der BAM-Liste aufgeführt sind.
Pyrotechnische Gegenstände, für die vor dem 01.10.2009 eine Zulassung erteilt wurde, dürfen auch weiterhin, längstens jedoch bis zum 03. Juli 2017 in Deutschland hergestellt, eingeführt, verbracht, vertrieben, anderen überlassen und verwendet werden. Die Kennzeichnung dieser Gegenstände erfolgt nach Maßgabe der bis zum 30 September 2009 geltenden Bestimmung (§47 Abs. 2 SprengG).

Wenn Sicherheitsabstände im Rahmen eines Konformitätsbewertungsverfahrens (Angabe auf dem Gegenstand bzw. Gebrauchsanleitung) bzw. im Rahmen des Verfahrens der Vergabe einer Identifikationsnummer in der Gebrauchsanweisung festgelegt wurden, sind diese anzuwenden.

Sind keine Sicherheitsabstände auf den Gegenständen bzw. Gebrauchsanleitungen angegeben (in der Regel bei Gegenständen der Kategorie T2, die ab dem 01.10.2009 baumustergeprüft wurden), sind die Schutzabstände gemäß der Berechnungsgrundlagen gemäß Abschnitt 4 des Leitfaden zu Sicherheitsmaßnahmen für das Verwenden von Theaterpyrotechnik der Kategorie T2, herausgegeben von der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung – BAM (siehe Anlage 2 zu dieser Stellungnahme),in Abhängigkeit der Leistungsparameter zu ermitteln und einzuhalten.

Zusätzliche Sicherheitsabstände aufgrund der örtlichen Situation ergeben sich aus Sicht des Erstellers dieser Stellungnahme nicht.

Es wird darauf hingewiesen, dass der Veranstalter bzw. die von ihm für die Durchführung pyrotechnischer Handlungen bestimmte Person, verpflichtet ist, eine Gefähr-

dungsbeurteilung aufzustellen. Sofern sich daraus größere Schutzabstände ergeben sollten, sind diese maßgebend.

3.3 Anforderungen bei feuergefährlichen Handlungen

Unter feuergefährlichen Handlungen verstehen sich u.a.:
- Einsatz von Flammen-Effekt-Geräte (Flammenausstoß)
- Feuerspucken
- Einsatz von Brandpasten und brennbaren Flüssigkeiten
- Einsatz von Lycopodium
- Flammbieren von Speisen (z.B. im Rahmen von Kochshows)
- usw.

Die einzuhaltenden Sicherheitsabstände zu nichtbrennbaren, schwerentflammbaren bzw. normalentflammbaren Baustoffen ergeben sich in der Regel aus den Gebrauchsanweisungen der Geräte selbst. Diese sind in Abhängigkeit der Brennbarkeit der im entsprechenden Umkreis vorhanden Baustoffen einzuhalten.

Sofern keine Sicherheitsabstände für derartige Geräte beschrieben sind, werden folgende Sicherheitsabstände gefordert:
- für schwerentflammbare Bühnen-Ausstattungen ist ein **seitlicher Sicherheitsabstand von 2,5 m bei senkrechtem Flammenausstoß** erforderlich, ist mit Luftzug zu rechnen, ist dieser mindestens auf 3 m zu erhöhen
- zu normal entflammbaren Baustoffen ist ein **seitlicher Sicherheitsabstand von mind. 4,0 m** erforderlich.
- nach **oben hin hat der Sicherheitsabstand mindestens 6 m für schwerentflammbare und mind. 8 m für normal entflammbaren Materialien betragen.**
- bei **schrägem Flammenausstoß** müssen die **Sicherheitsabstände in Flammenausstoß-Richtung je nach Schräglage vergrößert** werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass der Veranstalter bzw. die von ihm für die Durchführung feuergefährlicher Handlungen bestimmte Person, verpflichtet ist, eine Gefährdungsbeurteilung aufzustellen. Sofern sich daraus größere Schutzabstände ergeben sollten, sind diese maßgebend.

Vorgaben zu Mindest-Sicherheitsabständen zu Zuschauern werden an dieser Stelle nicht beschrieben. Diese ergeben sich entweder aus den Gebrauchsunterlagen solcher Einrichtungen bzw. aus der Gefährdungsbeurteilung.

3.4 Unterlagen zum Antrag auf Abstimmung der Schutzmaßnahmen sowie Genehmigung

Dem Antrag auf Abstimmung der Schutzmaßnahmen zur Verwendung von Pyrotechnik und offenem Feuer sowie brennbaren Flüssigkeiten oder Gasen, welcher bei der Branddirektion der Stadt Leipzig einzureichen ist, sowie dem Antrag auf Genehmigung von Pyrotechnik vor Mitwirkenden und Besuchern sind folgende Unterlagen beizufügen:

- Zustimmung des Betreibers der Versammlungsstätte zu der geplanten Vorführung pyrotechnischer Effekte und feuergefährlicher Handlungen
- Anzeige über das Abbrennen von Pyrotechnik gemäß § 23 (5) der 1. SprengV (trifft nur bei Verwendung pyrotechnischer Gegenstände zu)
- Nachweise über den Inhaber des Erlaubnisscheins, des Befähigungsscheins der Versicherungsschein (Pyrotechnik-Haftpflicht)
- Aufstellung aller zum Einsatz kommender pyrotechnischer Erzeugnisse unter Angabe folgender Informationen:
    - Handelsbezeichnung
    - Klasse
    - BAM Nr.
    - Steighöhe
    - Brenndauer
    - Schutzabstände zu brennbaren / schwerentflammbaren Baustoffen (vertikal und horizontal) sowie Personen
    - usw.
- Aufstellung aller zum Einsatz kommender Geräte bzw. Einrichtungen zur Erzeugung einer offenen Flamme unter Angabe folgender Informationen:
    - Handelsbezeichnung
    - Steighöhe
    - Brenndauer
    - Schutzabstände zu brennbaren / schwerentflammbaren Baustoffen (vertikal und horizontal) sowie Personen
    - usw.
- zeichnerische Darstellung (Bühnenaufsicht und Schnittdarstellung) hinsichtlich der Anordnung der pyrotechnischen Effekte und offenen Flammen auf der Bühne (Schutzabstände und Steighöhen visuell darstellen)
- diese gutachterliche Stellungnahme
- usw.

Die Schutzmaßnahmen für eine Vorführung pyrotechnischer Effekte und feuergefährlicher Handlungen sind im Einzelfall mit der Branddirektion Leipzig abzustimmen.

Pyrotechnische Effekte müssen hinsichtlich ihrer geplanten Verwendung erprobt werden, die Erprobung bedarf der Zustimmung der für den Brandschutz verantwortlichen Stelle, hier Branddirektion Leipzig.

Die Vorführung pyrotechnischer Effekte vor Mitwirkenden und Besuchern bedarf auch der Zustimmung der Ordnung und Sicherheit zuständigen Stelle, hier Ordnungsamt Leipzig. Hierzu ist ein entsprechender Antrag auf Genehmigung zur Verwendung von Pyrotechnik zu stellen.

3.5 Feuerwehr und Brandsicherheitswache

Bei Veranstaltungen mit Pyrotechnik und / oder mit feuergefährlichen Handlungen ist eine Brandsicherheitswache der Branddirektion Leipzig grundsätzlich erforderlich.

Zum Antrag auf Genehmigung zur Verwendung pyrotechnischer Gegenstände und offenem Feuers ist ebenso ein schriftlicher Antrag zur Stellung einer Brandsicherheitswache durch die Feuerwehr der Stadt Leipzig bei der Branddirektion einzureichen. Dieser Antrag ist an die Branddirektion der Stadt Leipzig zu richten. Im Antrag der Brandsicherheitswache ist der Rechnungsempfänger für diese notwendige Maßnahme zu benennen.

Die Branddirektion entscheidet auf Grundlage der angemeldeten Effekte (Protechnik und / oder feuergefährliche Handlungen) die Einsatzstärke der Brandsicherheitswache.

Bei feuergefährlichen Vorgängen (Pyrotechnik und offenes Feuer) in Versammlungsstätten sind die erforderlichen Brandschutzmaßnahmen im Einzelfall mit der Feuerwehr abzustimmen.
Unter Umständen wird es erforderlich feuergefährliche szenische Effekte und Vorgänge vor der Aufführung ausreichend zu erproben. Bei den Proben sind entsprechende Schutzmaßnahmen erforderlich. Im Ergebnis werden die Brandschutzmaßnahmen durch die örtliche Feuerwehr bestimmt. Hieraus können sich auch größere Sicherheitsabstände als jene, welche im Abschnitt 3.2 und 3.3 beschrieben worden sind, ergeben.

4 Feststellungen und Schlussfolgerung

Zusammenfassend lässt sich erklären, dass gegen die Verwendung von pyrotechnischen Gegenständen bzw. offenes Feuer auf der Bühne des Versammlungsraumes (Konzertsaal) im Haus Auensee Leipzig keine Bedenken hinsichtlich des Brandschutzes bestehen, sofern die o.g. Anforderungen beachtet und umgesetzt werden. Auch aus der Besonderheit der Versammlungsstätte, nämlich den Abweichungen in Bezug auf Anforderungen der SächsVStättVO, lassen sich bei Berücksichtigung der in dieser Stellungnahme beschrieben Anforderungen keine unzulässigen Beeinträchtigungen im Sinne der Schutzzieldefinitionen des Brandschutzkonzeptes ableiten.

Da diese Stellungnahme wurde u.a. als Handlungsleitfaden für Veranstalter im Haus Auensee Leipzig erstellt. Dieses Dokument ist bei Bekanntwerden der Verwendung von Pyrotechnik und / oder offenem Feuer im Rahmen von Veranstaltungen im Versammlungsraum an den jeweiligen Veranstalter auszuhändigen.

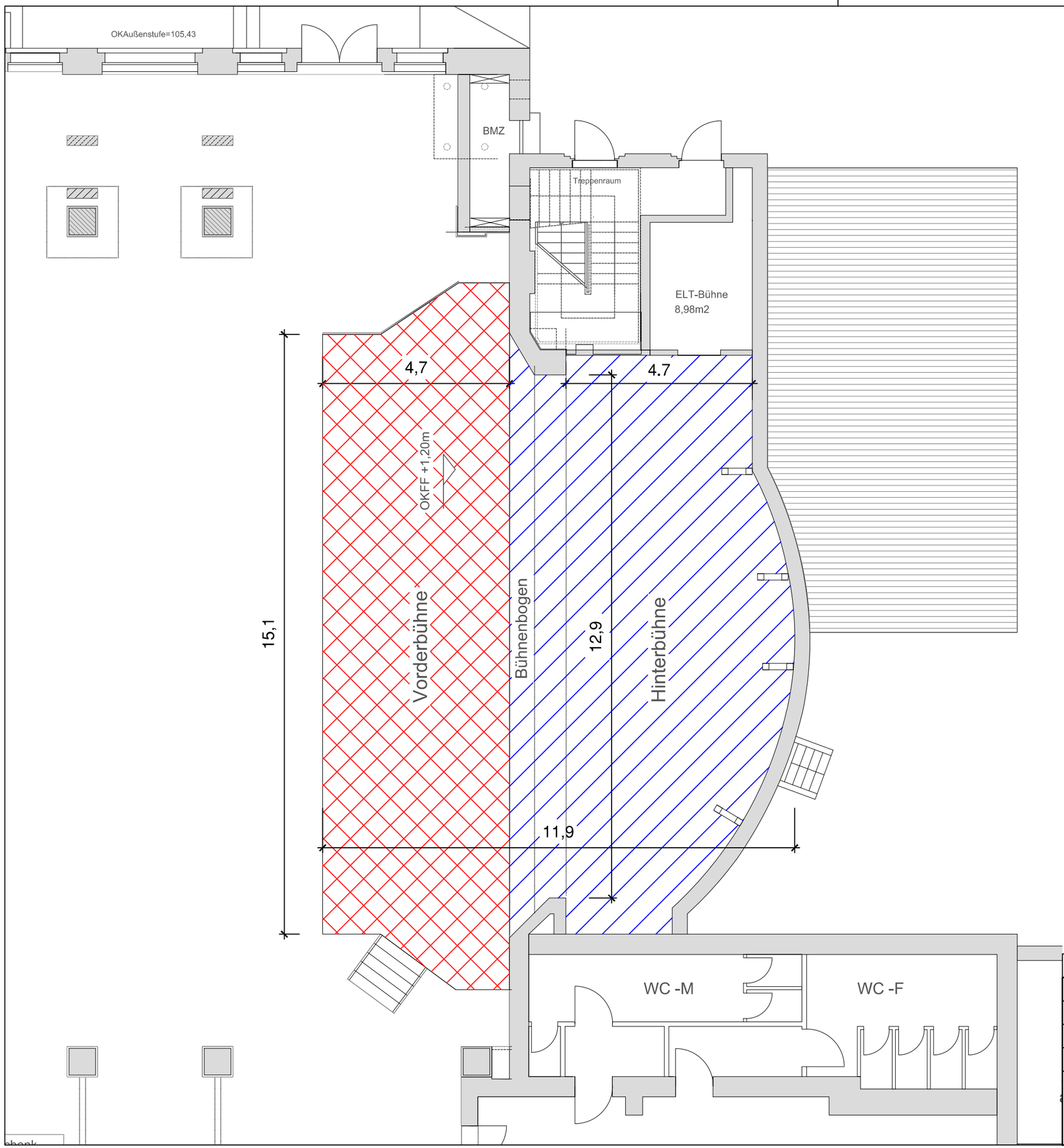
Dem Ausrichter von Veranstaltungen bei Verwendung von Pyrotechnik und / oder feuergefährlichen Handlungen bzw. eine vom ihm beauftragte Person wird empfohlen, vor Beantragung einer entsprechenden Genehmigung die örtlichen Gegebenheiten in Augenschein zu nehmen.

Diese Stellungnahe entbindet den Veranstalter (Veranstaltungen mit Pyrotechnik und feuergefährlichen Handlungen) nicht, objekt- und veranstaltungsbezogene Gefährdungsbeurteilungen anzustellen!

Erteilte Genehmigungen für die Verwendung von pyrotechnischen Erzeugnissen und offenem Feuer sind objekt- und veranstaltungsspezifisch. Sie sind nur für diese eine beantragte Veranstaltung gültig!
Der Genehmigungsbescheid ist immer an den Eigentümer / Betreiber der Veranstaltungsstätte zu übermitteln!

Die Stellungnahme bezieht sich lediglich auf die Beurteilung feuergefährlicher Handlungen und die Verwendung von Protechnik auf der Bühne des Konzertsaals (Versammlungsraum) im Haus Auensee Leipzig. Eine Übertragung der Aussagen auf den Zuschauerbereich bzw. den Außenbereich ist nicht erlaubt.

Leipzig, den 24.11.2014



0 m 5 m 10 m

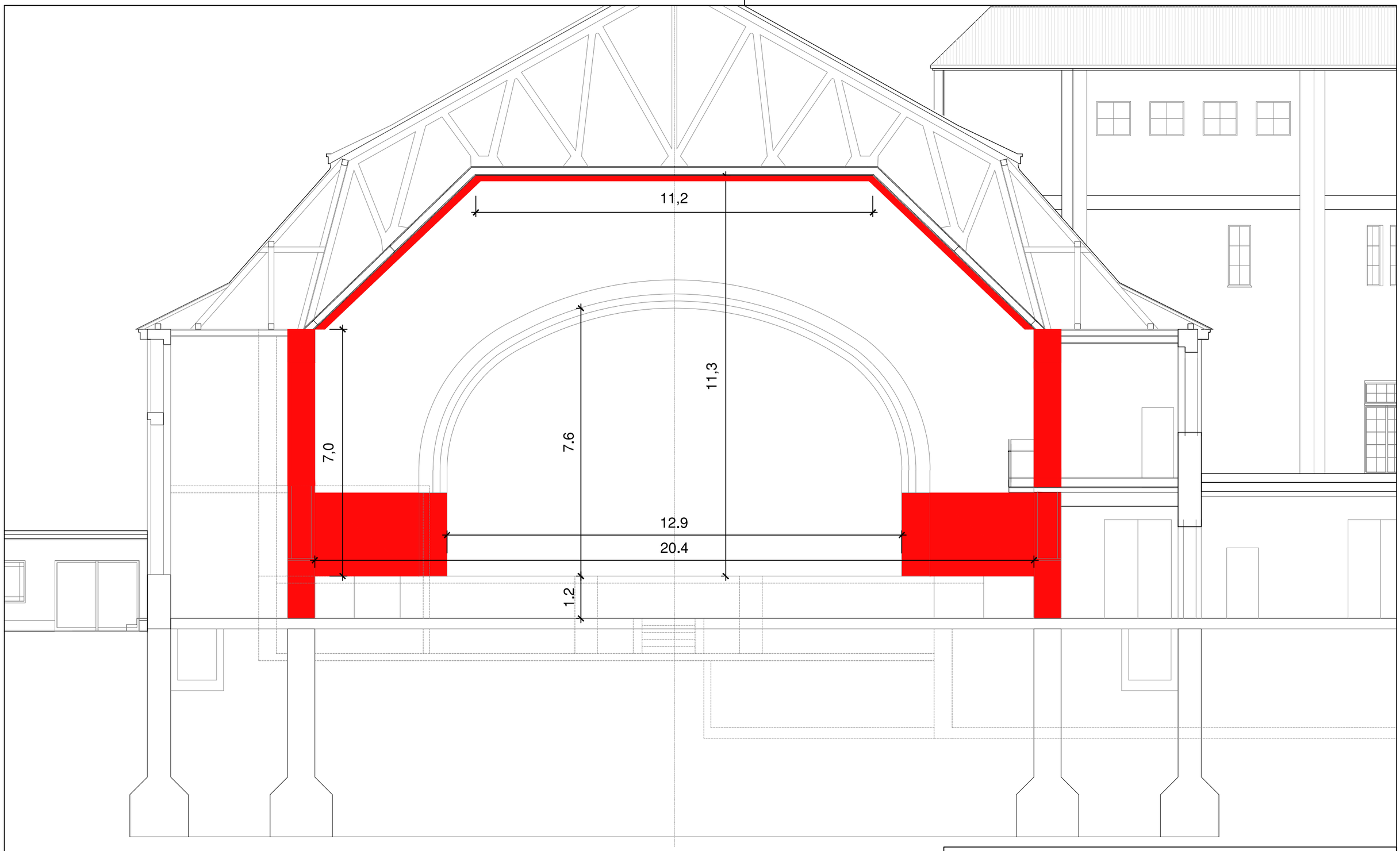
Stellungnahme Pyrotechnik und feuergefährliche Handlungen

Bauvorhaben:	Haus Auensee Leipzig	
Bauort:	Gustav-Esche-Straße 6, 04159 Leipzig	
Stand:	24.11.2014	Geschoss: Grundriss EG (Auszug)
Auftrag:	585 BS 1311-01	

Planersteller:

INGENIEURBÜRO SCHILLING GmbH
Sachverständige für vorbeugenden Brandschutz

Wielandstraße 16
04177 Leipzig
Tel.: 0341 / 55 01 88 80
Fax: 0341 / 4 42 14 92
bs@brandschutz-le.de
www.brandschutz-le.de



Legende:

brennbare Baustoffe (Wandverkleidungen aus Holz, Holzbalken unter Zwischendecke)

0 m 5 m 10 m

Stellungnahme Pyrotechnik und feuergefährliche Handlungen		
Bauvorhaben:	Haus Auensee Leipzig	
Bauort:	Gustav-Esche-Straße 6, 04159 Leipzig	
Stand:	24.11.2014	Geschoss: Saallquerschnitt
Auftrag:	585 BS 1311-01	
Planersteller:	INGENIEURBÜRO SCHILLING GmbH Sachverständige für vorbeugenden Brandschutz	Wielandstraße 16 04177 Leipzig Tel.: 0341 / 55 01 88 80 Fax: 0341 / 4 42 14 92 bs@brandschutz-le.de www.brandschutz-le.de

Legende:

brennbare Baustoffe (Wandverkleidungen aus Holz, Holzbalken unter Zwischendecke)

0 m 5 m 10 m

Stellungnahme Pyrotechnik und feuergefährliche Handlungen		
Bauvorhaben:	Haus Auensee Leipzig	
Bauort:	Gustav-Esche-Straße 6, 04159 Leipzig	
Stand:	24.11.2014	Geschoss: Längsschnitt (Auszug)
Auftrag:	585 BS 1311-01	
Planersteller:	INGENIEURBÜRO SCHILLING GmbH Sachverständige für vorbeugenden Brandschutz	Wielandstraße 16 04177 Leipzig Tel.: 0341 / 55 01 88 80 Fax: 0341 / 4 42 14 92 bs@brandschutz-le.de www.brandschutz-le.de

Leitfaden zu Sicherheitsmaßnahmen für das Verwenden von Theaterpyrotechnik der Kategorie T2

Version vom 12.03.2013

Py/2012/1

Kontakt:

Lutz Kurth

Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM)

Fachbereich 2.3 „Explosivstoffe“
Pyrotechnik

Tel.: 030-8104-1234
Email: Lutz.Kurth@bam.de

Dr. Christian Lohrer

Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (BAM)

Fachbereich 2.3 „Explosivstoffe“
Normung Explosivstoffe

Tel.: 030-8104-3249
Email: Christian.Lohrer@bam.de

Inhaltsverzeichnis

1 Anwendungsbereich ... 3

2 Begriffsbestimmungen ... 3

2.1 Pyrotechnische Gegenstände für Bühne und Theater der Kategorie T2 ... 3

2.2 Pyrotechnische Sätze ... 3

2.3 Sicherheitsbereich ... 3

2.4 Sicherheitsabstand ... 3

2.5 Indoor-Bereich ... 3

2.6 Outdoor-Bereich ... 3

2.7 Effektausdehnung ... 3

2.8 Effekthöhe ... 4

2.9 Zerlegungshöhe (Steighöhe) ... 4

2.10 Radiale Effektweite ... 4

2.11 Verantwortliche Person nach § 19 SprengG (Auszug) ... 4

3 Allgemeines ... 4

3.1 Gefährdungsbeurteilung ... 4

3.2 Gefährdungen ... 4

3.3 Allgemeine Schutzmaßnahmen ... 4

4 Schutzabstände ... 5

4.1 Einführung ... 5

4.2 Vertikaler oder horizontaler Abschuss ... 5

4.3 Abschuss unter einem Neigungswinkel ... 7

4.4 Abschuss unter Windeinfluss im Outdoor-Bereich ... 8

4.5 Verwendung von T1-Gegenständen durch Personen mit Befähigungsschein ... 8

4.6 Spezielle Sicherheitsabstände bei Bouquet-Effekten ... 8

5 Allgemeine Sicherheitsmaßnahmen für Aufbau und Verwendung ... 9

Anhang 1: Beispielhafte Bestimmung der Sicherheitsabstände für T2-Gegenstände basierend auf den relevanten Leistungskenngrößen ... 10

Anhang 2: Sicherheitsabstände in Abhängigkeit vom Schalldruckpegel ... 12

1 Anwendungsbereich

Dieser Leitfaden gilt für das Verwenden/Abbrennen von durch eine benannte Stelle zertifizierten pyrotechnischen Gegenständen für Bühne und Theater (Theaterpyrotechnik) der Kategorie T2 im Sinne des Artikel 3 Abs. 1 b der Richtlinie 2007/23/EG. Der technische Schwerpunkt des Leitfadens liegt in der Bestimmung der Sicherheitsabstände für pyrotechnische Gegenstände der Kategorie T2. Die Sicherheitsabstände sind künftig auf Basis der in der Kennzeichnung angegebenen Funktionsgrößen/Leistungsparameter zu ermitteln.

Die Ausführungen in den Abschnitten 2., 3. und 5. sind nicht abschließend. Sie sollen einen Hinweis darauf geben, welche Gesichtspunkte bei der Beurteilung von Sicherheitsmaßnahmen zu betrachten wären.

2 Begriffsbestimmungen

2.1 Pyrotechnische Gegenstände für Bühne und Theater der Kategorie T2

sind für die Verwendung auf Bühnen sowie in Theatern oder vergleichbaren Einrichtungen nur durch Personen mit Fachkenntnissen vorgesehen. Sie enthalten pyrotechnische Sätze die dazu bestimmt sind, unter Ausnutzung der in diesen enthaltenen Energie Licht-, Schall-, Rauch-, Nebel-, Heiz-, Druck- oder Bewegungswirkungen zu erzeugen.

2.2 Pyrotechnische Sätze

sind explosionsgefährliche Stoffe oder Stoffgemische, die zur Verwendung in pyrotechnischen Gegenständen oder zur Erzeugung pyrotechnischer Effekte bestimmt sind.

2.3 Sicherheitsbereich

umfasst mindestens die räumliche Ausdehnung der horizontalen und vertikalen Sicherheitsabstände zum Abbrandort.

2.4 Sicherheitsabstand

ist der zwischen pyrotechnischem Gegenstand und Publikum einzuhaltende horizontale und/oder vertikale Abstand.

2.5 Indoor-Bereich

ist ein in alle Richtungen abgeschlossener Raum, der Lüftungseinrichtungen beinhalten kann (z. B. Theater).

2.6 Outdoor-Bereich

umfasst alle Terrains außer dem Indoor-Bereich (z. B. Konzertbühne unter freiem Himmel).

2.7 Effektausdehnung

ist die maximale Entfernung zwischen Effekt und pyrotechnischem Gegenstand. Sie beinhaltet die Effekthöhe und radiale Effektweite.

2.8 *Effekthöhe*

ist die maximale Ausdehnung des Effekts in Ausstoßrichtung, gemessen vom Boden des Gegenstandes (siehe DIN EN 16256-1).

2.9 *Zerlegungshöhe (Steighöhe)*

ist die Höhe des Zerlegungspunktes des Effektes oder des Gegenstands.

2.10 *Radiale Effektweite*

ist die maximale Ausdehnung der Wirkung in jede Richtung, ausgenommen die Ausstoßrichtung (siehe DIN EN 16256-1).

2.11 *Verantwortliche Person nach § 19 SprengG (Auszug)*

- sind Befähigungsscheininhaber nach § 20 SprengG bzw. Erlaubnisscheininhaber nach §§ 7 und 27 des Sprengstoffgesetzes
- sind die Aufsichtspersonen, die zum Verbringen explosionsgefährlicher Stoffe, zu deren Überlassen an andere oder zum Empfang dieser Stoffe von anderen bestellt sind,
- sind Personen, die beim Umgang und dem Verkehr mit explosionsgefährlichen Stoffen außerhalb einer Betriebsstätte die tatsächliche Gewalt über die explosionsgefährlichen Stoffe ausübt.

3 Allgemeines

3.1 *Gefährdungsbeurteilung*

Der Arbeitgeber/Unternehmer ist nach dem Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) dazu verpflichtet, die erforderlichen Maßnahmen des Arbeitsschutzes unter Berücksichtigung der Umstände zu treffen, die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten bei der Arbeit beeinflussen.

Im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung kann der Grad der Reduzierung des Sicherheitsabstands für Akteur und Beteiligte festgelegt werden.

3.2 *Gefährdungen*

Mögliche Gefährdungen beim Einsatz pyrotechnischer Gegenstände für Bühne und Theater ergeben sich durch mechanische, thermische und chemische Einwirkungen direkt oder indirekt aus den Effekten (wie weggeschleuderte Reststücke, Funkenflug, Schall- und Druckwirkung, Flammenbildung, Wärmestrahlung, Blendung, Entstehung gesundheitsgefährlicher Gase, Stäube, Dämpfe oder Rauch, Abtropfen heißer Schlacken, Staubexplosionen durch Entzündung aufgewirbelter Staubablagerungen), den Umgang mit ungeeigneten Arbeitsmitteln und ungeeignete Arbeitsabläufe.

3.3 *Allgemeine Schutzmaßnahmen*

Für die im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung ermittelten möglichen Gefahren beim Abbrand pyrotechnischer Gegenstände für Bühne und Theater müssen

geeignete Schutzmaßnahmen realisiert und deren Wirkung überprüft werden. Diese beinhalten u. a. die angemessene Auswahl pyrotechnischer Gegenstände hinsichtlich der o. g. Gefährdungen, die Einhaltung und Überprüfung der geforderten Sicherheitsabstände (Gegenstände mit Effekten nach 4.5 bedürfen einer besonderen Betrachtung), die Sicherstellung ausreichender Raumlüftungen und ggf. die Verwendung von Schutzausrüstung.

4 Schutzabstände

4.1 Einführung

Wenn Sicherheitsabstände im Rahmen eines Konformitätsbewertungsverfahrens (Angabe auf dem Gegenstand bzw. Gebrauchsanleitung) bzw. im Rahmen des Verfahrens der Vergabe einer Identifikationsnummer in der Gebrauchsanweisung festgelegt wurden, sind diese anzuwenden.

Sind keine Sicherheitsabstände auf den Gegenständen bzw. Gebrauchsanleitungen angegeben (in der Regel bei Gegenständen der Kategorie T2, die ab dem 01.10.2009 baumustergeprüft wurden), sind nachfolgende Berechnungsgrundlagen für die Bestimmung der Sicherheitsabstände unter Berücksichtigung der auf der Kennzeichnung angegebenen Leistungsparameter (wie z. B. Effektausdehnungen, Schallpegel sowie Wurfweiten von Fragmenten und brennenden oder glimmenden Materials) zu bestimmen. Für die Anpassung des Sicherheitsabstandes durch Neigungswinkel oder Windeinfluss im Outdoor-Bereich gelten 4.3 und 4.4.

Im Outdoor-Bereich ist die Windgeschwindigkeit an einer repräsentativen Stelle am Abbrennplatz vor Beginn des Abbrennens zu messen und zu protokollieren.

Bei geeigneten Bedingungen oder Maßnahmen können die Sicherheitsabstände, abweichend der nachfolgenden Anforderungen, verringert werden.

4.2 Vertikaler oder horizontaler Abschuss

Der Sicherheitsabstand beim Abschuss pyrotechnischer Gegenstände der Kategorie T2 ohne Berücksichtigung des Neigungswinkels (bis zu einer Windgeschwindigkeit bis zu 9 m/s im Outdoor-Bereich) berechnet sich wie folgt:

$$\textbf{Sicherheitsabstand [Meter]} = 1{,}3 \times L_{Leistungsparameter} \qquad [1]$$

$L_{Leistungsparameter}$ ist der größte Wert in Meter der einzelnen Leistungsparameter angegeben in der Kennzeichnung der T2-Gegenstände: Effekthöhe und radiale Effektweite sowie Wurfweiten von Fragmenten und brennenden oder glimmenden Materials.

Nach DIN EN 16256-4 und Tabelle 1 können die relevanten Leistungsparameter wie folgt abgekürzt werden (siehe Unterlagen zu EG-Baumusterprüfbescheinigungen):

Tabelle 1: Codierung der Leistungsparameter nach DIN EN 16256-4

Code	Status[a]	Beschreibung	Beispiele/Bemerkungen
A	M	Effekthöhe	
B	M	Schalldruckpegel einschließlich Messabstand	Wert bei einem Abstand
C	M	Abstand gefährlicher Reststücke	
D	M	Angaben zu brennenden oder glimmenden Teilchen, die auf die Ebene zurückkehren, von der die Vorrichtung abgeschossen wurde	„+“, wenn der Effekt den Erdboden erreicht
E	O	Effektentfernung	Diese Kenngröße ist für Wasserfeuerwerke verbindlich
F	O	Effektbreite	Nicht zu verwechseln mit radialer Effektweite!
G	O	Kaliber	Sofern nicht in der Beschreibung gefordert
H	O	Anzünddauer	
I	NICHT BELEGT, um eine Mehrdeutigkeit mit der Zahl „1“ zu vermeiden.		
J	O	Flugdauer	
K	O	Effektdauer	z. B. Dauer von Sternen
L	O	Blitzsatzgehalt	
M	O	Bruttomasse	
N	O	Effekt	Sofern nicht durch die Beschreibung oder den Namen genau angegeben
O	NICHT BELEGT, um eine Mehrdeutigkeit mit der Zahl „0“ zu vermeiden.		
P	O	Klassifizierungsbezug	z. B. CAD-Referenz
Q	O	Drift	
R	O	Gesamtdauer	
S	O	Wenn Mehrfach-Effekte vorhanden sind	„+“ im Fall einer Mehrfachexplosion, gefolgt von der Anzahl der Explosionen
T	M	Radiale Effektweite	
U	NICHT BELEGT, um eine Mehrdeutigkeit mit „V“ zu vermeiden.		
V	O	Brennrate	
W	O	Maximaler Abschusswinkel	

[a] Diese Spalte gibt den Status an, dabei bedeutet M: Diese Angabe ist verbindlich. O bedeutet: Diese Angabe ist wahlfrei (in Abhängigkeit vom Typ oder nach Ermessen des Herstellers).

Der auf den Schalldruck bezogene Sicherheitsabstand bei pyrotechnischen Gegenständen sollte so gewählt werden, dass betroffene Personen einem Schalldruckpegel von maximal 120 dB(AI) ausgesetzt sind. Daher ist neben der Berechnung des Sicherheitsabstandes auf Basis der Effektausdehnungen auch eine Berechnung auf Basis des angegebenen Schalldruckes auszuführen. Die Abhängigkeit des Sicherheitsabstands vom Schallpegel kann nach DIN EN 16256-5 mit folgender Formel abgeschätzt werden:

$$\text{Sicherheitsabstand [Meter]} = 10^{\left(\log\left(r_{Messung}\right) - \frac{L_{Schall} - L_{Messung}}{20}\right)} \qquad \textbf{[2]}$$

Hierbei sind:

$r_{Messung}$ Messentfernung in Meter

L_{Schall} Schallpegelgrenze 120 dB(AI)

$L_{Messung}$ Gemessener Schallpegel in dB(AI) bei $r_{Messung}$

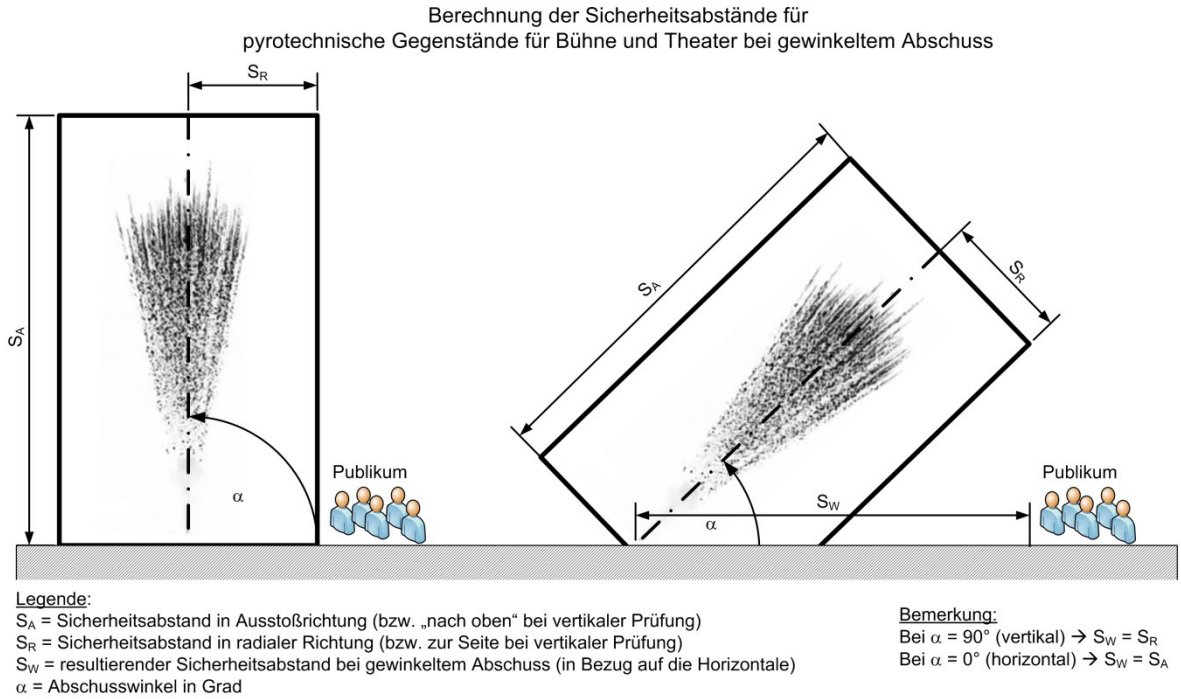
Ist diese Forderung bei Akteuren auf Grund der Nähe zu den Gegenständen nicht einzuhalten, so sind geeignete Schutzmaßnahmen (z.B. Gehörschutz) zu treffen.

Im Anhang 2 sind beispielhaft Sicherheitsabstände bei den 120 dB(AI) zu erwarten sind für Schallpegelwerte bei verschiedenen Messabständen dargestellt.

Es ist in jedem Fall der größte berechnete Sicherheitsabstand (Basis Effektausdehnung und Basis Schalldruck) anzuwenden. Der Sicherheitsabstand sollte ggf. auf den nächsten ganzen Meter aufgerundet werden.

4.3 Abschuss unter einem Neigungswinkel

Beim Abschuss der pyrotechnischen Gegenstände unter einem Neigungswinkel ist der Sicherheitsabstand nach Formel [1][11] in Abhängigkeit des Neigungswinkels in Neigungsrichtung folgendermaßen zu vergrößern (siehe Bild 1):



$$S_W = S_A \cdot \cos(\alpha) + S_R \cdot \cos(90 - \alpha)$$

Bild 1: Sicherheitsabstände bei gewinkeltem Abschuss

[1] Für die angegebene Formel wird vorausgesetzt, dass für die Steighöhe bei Bombetten, Kometen und Crossetsternen die Verzögerungszeit bis zur Zerlegung bzw. die Brennzeit maßgeblich sind.

Reichen danach die Sicherheitsabstände für einzelne Gegenstände nicht mehr aus, so sind die entsprechenden Gegenstände aus der Zündkette zu entfernen (nicht abzubrennen).

In der entgegengesetzten Richtung kann der Sicherheitsabstand entsprechend folgender Formel reduziert werden: $S_W = S_R \cdot \cos(90 - \alpha)$. Dieser ist nach Formel [2] entsprechend zu erhöhen, falls der Schalldruckpegel an dieser Stelle jedoch oberhalb von 120 dB(AI) liegt.

4.4 Abschuss unter Windeinfluss im Outdoor-Bereich

Bei Windgeschwindigkeiten von mehr als 9 m/s sind die nach Formel [1] ermittelten Sicherheitsabstände wie folgt erhöhen:

4.4.1 Bei Windgeschwindigkeiten größer 9 m/s bis 13 m/s für Gegenstände mit einer Steig-/Effekthöhe von mehr als 30 m in Windrichtung um 100 %.

4.4.2 Bei Windgeschwindigkeiten größer 13 m/s dürfen nur noch Gegenstände mit einer Effekt-/Steighöhe von weniger als 30 m abgebrannt werden, es sei denn, der Sicherheitsabstand kann um mindestens 200% in Windrichtung vergrößert werden.

Reichen danach die Sicherheitsabstände für einzelne Gegenstände nicht mehr aus, so sind die entsprechenden Gegenstände aus der Zündkette zu entfernen (nicht abzubrennen).

4.5 Verwendung von T1-Gegenständen durch Personen mit Befähigungsschein

Gegenstände der Kategorie T1 müssen von Personen ohne Befähigungsschein entsprechend den festgelegten Vorschriften auf der Kennzeichnung oder in der Gebrauchsanweisung zu verwenden. Eine Person mit Befähigungsschein darf die als T1 oder als T1 ‚nur zur Verwendung im Freien' gekennzeichneten Gegenstände weitergehend in anderer Art und Weise als in den Vorschriften auf der Kennzeichnung oder innerhalb der Gebrauchsanweisung handhaben und/oder verwenden; Voraussetzung ist jedoch, dass die mit diesem Gebrauch verbundenen Gefahren und Risiken gebührend berücksichtigt wurden. Sofern T1-Gegenstände von Personen mit Befähigungsschein verwendet werden, darf die Anpassung der in der Kennzeichnung vorgegebenen Sicherheitsabstände bei gewinkeltem Abschuss und bei Windeinfluss in Analogie zu 4.3 und 4.4 vorgenommen werden.

4.6 Spezielle Sicherheitsabstände bei Bouquet-Effekten

Für Gegenstände, die in großen Höhen breite Bouquet-Effekte (z.B. Crossette) erzeugen, kann bei gebührender Berücksichtigung des Einzeleffektes (z.B. Möglichkeit des Herabfallens fester Rückstände wie Asche, Schlacke und brennendem/glimmendem Materials, nicht gezündete Sterne oder

Effektkomponenten, Effekt-/Zerlegungshöhe und radiale Effektweite; siehe Codes **A, C, D und T** in Tabelle 1 nach DIN EN 16256-4) durch die Personen mit Befähigungsschein ein minimaler radialer Sicherheitsabstand von 2 m in Bodennähe festgesetzt werden. Dieser ist nach Formel [2] entsprechend zu erhöhen, falls der Schalldruckpegel an dieser Stelle jedoch oberhalb von 120 dB(AI) liegt.

5 Allgemeine Sicherheitsmaßnahmen für Aufbau und Verwendung

5.1 Bei Verwendung pyrotechnischer Gegenstände ist die ungewollte Übertragung der Reaktionen zu verhindern. Die Ablagerung brennbarer Stäube ist zu vermeiden.

5.2 Beim Einsatz im Indoor-Bereich sind Rauchentwicklungen im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen (z. B. durch Anzahl und Auswahl der Produkte und Lüftungseinrichtungen).

5.3 Die Wirkungsweise und Gefahr sowie Einsatzzeit und -ort der pyrotechnischen Gegenstände muss der verantwortlichen Person und ggf. den beteiligten Personen (z. B. Darstellern) bekannt sein.

5.4 Vor dem Aufbau sind Hilfsgeräte, Abschussmittel und pyrotechnische Gegenstände auf ihren ordnungsgemäßen Zustand hin zu überprüfen. Beschädigte Geräte oder pyrotechnische Gegenstände dürfen nicht verwendet werden.

5.5 Der Bereich für den Aufbau ist ab dem Beginn des Aufbauens so deutlich zu kennzeichnen, dass Unbeteiligte die Begrenzung ohne weiteres erkennen können.

5.6 Vor dem Abbrennen der pyrotechnischen Gegenstände hat die verantwortliche Person den sachgemäßen Aufbau und die Sicherheitsmaßnahmen zu kontrollieren und zu protokollieren.

5.7 Die Auslösung darf nur durch die verantwortliche Person selbst oder unter deren unmittelbaren Aufsicht erfolgen.

5.8 Beschädigte pyrotechnische Gegenstände und Versager dürfen nur dann erneut gezündet werden, wenn die verantwortliche Person den sicheren Einsatz garantieren kann. Versager sind unter Beachtung der erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen durch dazu Berechtigte nach einer angemessenen Wartezeit auszubauen und dem Herstellers/Lieferanten zurückzugeben.

Anhang 1: Beispielhafte Bestimmung der Sicherheitsabstände für T2-Gegenstände basierend auf den relevanten Leistungskenngrößen

BEISPIEL 1

Gegenstand ist entsprechend der Gebrauchsanweisung und nationalen Bestimmungen zu verwenden. Mindestsicherheitsabstände sind durch den Benutzer mithilfe der angegebenen Produktdaten zu bestimmen:

A: 8 m *B: 108 dB (AI_{max}) bei 8 m* *C: 5 m* *D: + (4 m)* *T: 3 m*

Entsprechend einer Effekthöhe von 8 m mit einer radialen Effektweite von 3 m, die einen maximalen A-bewerteten Impuls-Schalldruckpegel (L_{AImax}) von 108 dB (AI) bei 8 m erzeugt, entstehen gefährliche Reststücke bis zu einem maximalen seitlichen Abstand von 5 m und es werden brennende oder glimmende Teilchen in 4 m Entfernung auf die Ebene geworfen, von der der Gegenstand abgeschossen wurde.

Folgende Sicherheitsabstände ergeben sich bei vertikalem Abschuss:

- Mindestsicherheitsabstand in Richtung des Effekts: **11 m** (1,3 x 8 m, aufgerundet auf ganzen Meter)
- radialer Mindestsicherheitsabstand: **7 m** (1,3 x 5 m, aufgerundet auf ganzen Meter; der auf dem Schaldruckpegel von 120 dB (AI_{max}) basierende Sicherheitsabstand beträgt 2 m)

BEISPIEL 2

Gegenstand ist entsprechend der Gebrauchsanweisung und nationalen Bestimmungen zu verwenden. Mindestsicherheitsabstände sind durch den Benutzer mithilfe der angegebenen Produktdaten zu bestimmen:

A: 2 m	*B: 108 dB (AI_{max}) bei 8 m*	*T: 2 m*

Entsprechend einer Effekthöhe von 2 m, die einen maximalen A-bewerteten Impuls-Schalldruckpegel (L_{AImax}) von 108 dB (AI) bei 8 m erzeugt, mit einer radialen Effektweite von 2 m, entstehen keine gefährlichen Reststücke und es werden keine brennenden oder glimmenden Teilchen auf die Ebene geworfen, von der der Gegenstand abgeschossen wurde.

Folgender Sicherheitsabstand ergibt sich bei vertikalem Abschuss:

- Mindestsicherheitsabstand: **3 m** (1,3 x 2 m, aufgerundet auf ganzen Meter, der auf dem Schaldruckpegel von 120 dB (AI_{max}) basierende Sicherheitsabstand beträgt 2 m)

BEISPIEL 3

Gegenstand ist entsprechend der Gebrauchsanweisung und nationalen Bestimmungen zu verwenden. Mindestsicherheitsabstände sind durch den Benutzer mithilfe der angegebenen Produktdaten zu bestimmen:

A (Effekthöhe): 6 m *B (Schalldruckpegel bei einem Abstand): 114 dB (AI_{max}) bei 8 m* *T (radiale Effektweite): 1 m*

Entsprechend einer Effekthöhe von 6 m, die einen maximalen A-bewerteten Impuls-Schalldruckpegel von 114 dB (L_{AImax}) bei 8 m erzeugt, mit einer radialen Effektweite von 1 m, entstehen keine gefährlichen Reststücke und es werden keine brennenden oder glimmenden Teilchen auf die Ebene geworfen, von der der Gegenstand abgeschossen wurde.

Folgende Sicherheitsabstände ergeben sich bei gewinkeltem Abschuss (α = 30 °):

- Mindestsicherheitsabstand in Richtung des Effekts: **8 m** (1,3 x 6 m, aufgerundet auf ganzen Meter)
- radialer Mindestsicherheitsabstand: **4 m** (120 dB (L_{AImax}) in 4 m Entfernung)
- Resultierender Sicherheitsabstand zum Publikum bei gewinkeltem Abschuss (α = 30 °) in Publikumsrichtung: **8 m** (radialer Mindestsicherheitsabstand basierend auf Effektweite 2 m; aufgerundet auf ganzen Meter)

Anhang 2: Sicherheitsabstände in Abhängigkeit vom Schalldruckpegel

Nach Formel [2] ergeben sich beispielhaft folgende Sicherheitsabstände bei den 120 dB(AI) zu erwarten sind, wenn Werte der Schallpegelmessungen in bekannten Abständen vorliegen:

Gemessene Schalldruckpegel [dB(AI)] im jeweiligen Messabstand	**Errechnete Sicherheitsabstände [m] basierend auf 120 dB(AI) nach Formel [2] für folgende Messabstände [m]:**						
	8	**15**	**25**	**50**	**100**	**150**	**200**
90	0,3	0,5	0,8	1,6	3,2	4,7	6,3
91	0,3	0,5	0,9	1,8	3,5	5,3	7,1
92	0,3	0,6	1,0	2,0	4,0	6,0	8,0
93	0,4	0,7	1,1	2,2	4,5	6,7	8,9
94	0,4	0,8	1,3	2,5	5,0	7,5	10,0
95	0,4	0,8	1,4	2,8	5,6	8,4	11,2
96	0,5	0,9	1,6	3,2	6,3	9,5	12,6
97	0,6	1,1	1,8	3,5	7,1	10,6	14,2
98	0,6	1,2	2,0	4,0	7,9	11,9	15,9
99	0,7	1,3	2,2	4,5	8,9	13,4	17,8
100	0,8	1,5	2,5	5,0	10,0	15,0	20,0
101	0,9	1,7	2,8	5,6	11,2	16,8	22,4
102	1,0	1,9	3,1	6,3	12,6	18,9	25,2
103	1,1	2,1	3,5	7,1	14,1	21,2	28,3
104	1,3	2,4	4,0	7,9	15,8	23,8	31,7
105	1,4	2,7	4,4	8,9	17,8	26,7	35,6
106	1,6	3,0	5,0	10,0	20,0	29,9	39,9
107	1,8	3,4	5,6	11,2	22,4	33,6	44,8
108	2,0	3,8	6,3	12,6	25,1	37,7	50,2
109	2,3	4,2	7,0	14,1	28,2	42,3	56,4
110	2,5	4,7	7,9	15,8	31,6	47,4	63,2
111	2,8	5,3	8,9	17,7	35,5	53,2	71,0
112	3,2	6,0	10,0	19,9	39,8	59,7	79,6
113	3,6	6,7	11,2	22,3	44,7	67,0	89,3
114	4,0	7,5	12,5	25,1	50,1	75,2	100,2
115	4,5	8,4	14,1	28,1	56,2	84,4	112,5
116	5,0	9,5	15,8	31,5	63,1	94,6	126,2
117	5,7	10,6	17,7	35,4	70,8	106,2	141,6
118	6,4	11,9	19,9	39,7	79,4	119,1	158,9
119	7,1	13,4	22,3	44,6	89,1	133,7	178,3
120	8,0	15,0	25,0	50,0	100,0	150,0	200,0
121	9,0	16,8	28,1	56,1	112,2	168,3	224,4
122	10,1	18,9	31,5	62,9	125,9	188,8	251,8
123	11,3	21,2	35,3	70,6	141,3	211,9	282,5
124	12,7	23,8	39,6	79,2	158,5	237,7	317,0
125	14,2	26,7	44,5	88,9	177,8	266,7	355,7