

Sicherheit

Pyrotechnische Gegenstände für Bühne und Theater



Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Personengefährdung	3
1.2	Sicherheitsinstruktion.....	3
1.3	Sachgefährdung	4
2	Sicherheitsabstände zum Publikum	4
2.1	Schutzziel	4
2.2	Generelle Bemerkungen zur Sicherheit	4
3	Begriffe / Definitionen nach Norm SN EN 16256	5
3.1	Mindestanforderung an die Kennzeichnung pyrotechnische Gegenstände der Kategorie T2	6
3.2	Liste verbindlicher und wahlfreier Kenngrößen und entsprechender Codes gemäss Norm SN EN 16256-4:2012 (Kategorie T2)	7
4	Berechnung der Sicherheitsabstände für pyrotechnische Gegenstände der Kategorie T1 bei Einsatz unter Normalbedingungen²	8
5	Berechnung der Sicherheitsabstände für pyrotechnische Gegenstände der Kategorie T2 bei Einsatz unter Normalbedingungen²	8
5.1	Berechnung des Sicherheitsabstandes Basis Effektausdehnung	8
5.1.1	Mindestsicherheitsabstand in Ausstossrichtung	8
5.1.2	Mindestsicherheitsabstand seitlich (radial)	9
5.1.3	Mindestsicherheitsabstand Schalldruck gegenüber Personen (Publikum)	9
5.2	Anpassung Sicherheitsabstand bei Abschuss mit einem Neigungswinkel	10
5.2.1	Sicherheitsabstand Berechnung gewinkelter Abschuss mit Tabelle:	10
5.3	Sicherheitsabstände bei Wind im Outdoorbereich.....	11
5.4	Sicherheitsabstände auf der Basis Schalldruck	12
6	Berechnung der Sicherheitsabstände für pyrotechnische Gegenstände der Kategorie P1 und P2	12
7	Anhang	13
7.1	Berechnungsbeispiel 1	13
7.2	Berechnungsbeispiel 2.....	13
7.3	Windgeschwindigkeits-Einheiten Tabelle	14

1 Einleitung

Gemäss Ausbildungsgrundsatz ist der Ausweisinhaber mit dem Eintrag BF berechtigt, pyrotechnische Gegenstände der Kategorie T2 und P2 (sofern geeignet) auf Szenenflächen, Bühnen und vergleichbaren Einrichtungen im Inneren und im Freien nach den anerkannten Regeln der Technik selbstständig abzubrennen.

Die Ausweisinhaberin oder der Ausweisinhaber sind in der Lage, Szenenflächen, Bühnen und vergleichbare Einrichtungen im Inneren und im Freien im Hinblick auf die **Sicherheit** zu beurteilen, die Risiken richtig einzuschätzen und die entsprechenden Massnahmen so vorzunehmen, dass ein korrektes Abbrennen durchgeführt werden kann.

Die Ausweisinhaber/innen müssen dabei fähig sein:

- Szenenflächen, Bühnen und vergleichbare Einrichtungen im Innern und im Freien zu **beurteilen**
- Die **Risiken richtig einzuschätzen**
- Die entsprechenden **Massnahmen** so zu **treffen**, dass eine **Gefährdung** von **Personen und Güter ausgeschlossen** werden kann.

Von Gesetzes wegen sind **Ausweisinhaber** zudem für die **Einhaltung** der einschlägigen **Vorschriften verantwortlich**:

Sprengstoffverordnung: Art. 93 Verantwortung der Ausweisinhaberinnen und -inhaber

¹ Sprengarbeiten und Arbeiten, bei denen pyrotechnische Gegenstände der Kategorien **T2, P2** oder **F4** verwendet werden, sind von einer Ausweisinhaberin oder einem Ausweisinhaber zu leiten. **Diese oder dieser ist verantwortlich für die Einhaltung der Vorschriften und der allgemein anerkannten Regeln der Technik.**

² Werden ausgewiesene Fachleute beigezogen, sind diese dafür verantwortlich, dass die Arbeiten ihres Projektteils nach ihren Vorgaben ausgeführt werden.

Brandschutzrichtlinien VKF, Auflagen der Feuerpolizei/Gemeinden.

1.1 Personengefährdung

Das Gefahrenpotential beim Umgang und Abbrennen von pyrotechnischen Gegenständen der Kategorie T1, T2 und P2 auf der Bühne und Theater ist gross und vielfältig. Mögliche Verletzungsgefahren ergeben sich durch mechanische, thermische und chemische Einwirkungen bspw. durch Funkenflug, Schall- und Druckwirkung, Flammenbildung, Hitze, gesundheitsgefährlicher Gas-, Rauch- oder Staubentwicklung.

Helfer und Mitarbeiter müssen über die Gefährdungen beim Aufbauen und Abbrennen informiert werden. Der **Ausweisinhaber** ist verantwortlich, dass nur geeignete Arbeitsmittel einsetzen werden, ungeeignete Arbeitsabläufe vermieden werden und die Mitarbeitenden die erforderlichen Vorsichtsmassnahmen einhalten.

1.2 Sicherheitsinstruktion

Vor Beginn der ersten Inszenierung mit pyrotechnischen Gegenstände müssen alle beteiligten Personen sowie das technische und künstlerische Personal (z.B. Brandsicherheitswache, Dartsteller/innen, Schauspieler/innen, usw.) über den beabsichtigten Einsatz der pyrotechnischen Effekte informiert und unterwiesen werden.

Zur Sicherheitsinstruktion gehört der Hinweis auf die Risiken, die von den pyrotechnischen Gegenständen und szenischen Vorgängen ausgehen sowie die Information über die zu befolgenden Schutzmassnahmen und Verhaltensregeln. Zu vermitteln sind insbesondere der zeitliche Ablauf und die einzuhaltenden Sicherheitsabstände. Es ist empfehlenswert, die Sicherheitsinstruktion auch mit einer praktischen Übung zu ergänzen.

1.3 Sachgefährdung

Die Pflichten des Ausweisinhabers betreffend Sicherheitsvorkehrungen zur Vermeidung von Sachbeschädigungen sind im Sprengstoffgesetz ebenfalls sehr weit gefasst:

Sprengstoffgesetz Art. 17 Grundregel

Wer mit Sprengmitteln oder pyrotechnischen Gegenständen umgeht, ist verpflichtet, zu ihrer Sicherung sowie zum Schutze von Leben und Gut alle nach den Umständen gebotenen und zumutbaren Massnahmen zu treffen.

2 Sicherheitsabstände zum Publikum

2.1 Schutzziel

Mit dem Einhalten der Sicherheitsabstände Schutzmassnahmen, soll die Integrität (der Schutz) von Leib und Gut Dritter gewährleistet werden.

Der Sicherheitsabstand ist die minimale horizontale Distanz zwischen den Abschusseinrichtungen bzw. den pyrotechnischen Gegenständen und dem Publikum, unbeteiligten Dritten und gefährdeten Objekten.

Die Fläche um die Abschusseinrichtungen bzw. der pyrotechnischen Gegenstände bis zu den Sicherheitsabständen wird als Gefahrenbereich bezeichnet (siehe auch Abbildung Seite 5) Die Sicherheitsabstände bilden ein Basiselement für ein korrektes Abbrennen der pyrotechnischen Gegenstände, im Sinne des Ausbildungsreglements.

Zum Schutz der sich allenfalls innerhalb des Gefahrenbereiches aufhaltenden Akteure sind Massnahmen im Sinne von Artikel 23 des Bundesgesetzes über explosionsgefährliche Stoffe, (SprstG, SR 941.41) bzw. Artikel 82 des Bundesgesetzes über die Unfallversicherung (UVG, SR 832.2) zu treffen. Befinden sich wegen besonderer Umstände gefährdete Gegenstände innerhalb des Gefahrenbereiches, so sind zusätzlich die nach den einschlägigen Vorschriften notwendigen Schutzmassnahmen zu treffen.

2.2 Generelle Bemerkungen zur Sicherheit

Für pyrotechnische Gegenstände der Kategorie T1, T2, P1 und P2 muss der Hersteller von Gesetzes wegen in den drei Amtssprachen eine Gebrauchsanweisung zur Verfügung stellen.

Lesen sie die Bedienungsanleitung in jedem Fall gut durch. Halten sie alle Aspekte der Verwendung, Montage und der Sicherheitspunkte ein.

Die Sicherheitsabstände beeinflussen zusammen mit den Verhältnissen um die Szenenflächen, Bühnen und vergleichbare Einrichtungen die Auswahl der pyrotechnischen Gegenstände und die Programmgestaltung wesentlich. Die Einhaltung der Sicherheitsabstände ist daher bereits bei der Planung zu berücksichtigen.

Bei der Montage ist zu gewährleisten, dass alle Abschussvorrichtungen bzw. der pyrotechnischen Gegenstände so montiert / verankert werden, dass ein Umfallen / loslösen insbesondere auch während dem Abbrennen nicht möglich ist. Es dürfen nur Abschussvorrichtungen vorgesehen werden, die für die jeweiligen pyrotechnischen Gegenstände und Montagebereiche geeignet sind.

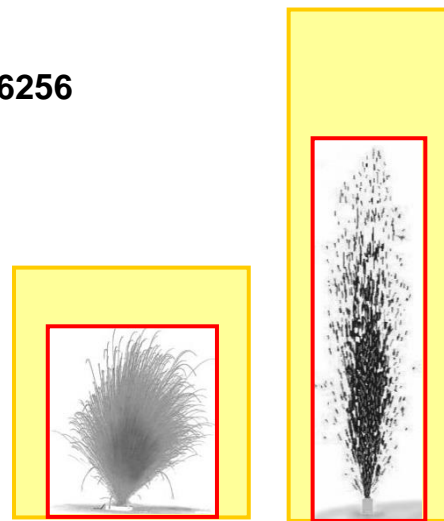
Falsch oder ungenügend montierte pyrotechnischen Gegenstände können zu einer grossen Gefahr werden! Die nachfolgend minimal einzuhaltenden Sicherheitsabstände setzen eine korrekte Montage voraus!

3 Begriffe / Definitionen nach Norm SN EN 16256

Effektbereich (Wirkbereich) rot



Sicherheitsabstand (Gefahrenbereich) gelb



Kategorie T1

Gegenstände für die Verwendung auf Bühnen, die eine geringe Gefahr darstellen und die zur Verwendung in Innenräumen und im Freien vorgesehen sind.

Kategorie T2:

Gegenstände für die Verwendung auf Bühnen, die zur Verwendung nur durch Personen mit Fachkenntnissen vorgesehen sind.

Anmerkung: Der Begriff „Verwendung auf Bühnen“ schließt Film- und Fernsehproduktionen oder eine ähnliche Verwendung auf Szenenflächen mit ein.

Sicherheitsabstand

Ist die einzuhaltende horizontale und/oder vertikale Mindestentfernung zwischen pyrotechnischem Gegenstand und Personen (Publikum), entzündlichen Materialien oder Hindernissen.

Effektbereich

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

Effekthöhe

Ist die maximale Ausdehnung des Effekts in Ausstossrichtung, gemessen vom Boden des Gegenstandes (Code **A**, SN EN 16256-4:2012).

Zerlegungshöhe (Steighöhe)

Ist die Höhe des Zerlegungspunktes des Effektes oder des Gegenstands.

Radiale Effektweite

Ist die maximale Ausdehnung der Wirkung in jede Richtung, ausgenommen die Ausstoßrichtung (Code **T**, SN EN 16256-4:2012).

Gefährliches Reststück

Alle Reststücke, die Personen verletzen oder Beschädigungen verursachen können, wobei dies scharfe Fragmente, Teile von schweren Hüllen und alle brennenden und/oder glühenden Materialien beinhaltet, jedoch nicht allein darauf beschränkt ist.

Anmerkung zum Begriff gefährliche Reststücke: Materialien wie Konfetti, Luftschnellen usw. sind nicht als gefährliche Reststücke zu betrachten.

3.1 Mindestanforderung an die Kennzeichnung pyrotechnische Gegenstände der Kategorie T2

Gemäss Norm SN EN 16256-4 „Pyrotechnische Gegenstände für Bühne und Theater – Teil 4: Mindestanforderungen an die Kennzeichnung und Gebrauchsanweisung“ muss der Hersteller pyrotechnische Gegenstände der Kategorie T2 mit Produktdaten (**Kenngrossen**) kennzeichnen. Ebenfalls hat der Hersteller die nationalen entsprechenden Kennzeichnungspflichten zu berücksichtigen

Der Mindestsicherheitsabstand ist durch den Benutzer mithilfe der angegebenen Produktdaten zu bestimmen um den pyrotechnischen Gegenstand entsprechend Gebrauchsanweisung und nationalen Bestimmungen zu verwenden.

Für jeden pyrotechnischen Gegenstand der Kategorie T2 sind die folgenden Kenngrossen zwingend anzugeben:

- Effekthöhe (durch A gekennzeichnet)
- Schalldruckpegel, einschliesslich Messabstand (durch B gekennzeichnet)
- Abstand für gefährliche Reststücke (durch C gekennzeichnet)
- Angaben zu brennenden oder glimmenden Partikeln, die zu der Ebene zurückkehren, von der die Vorrichtung abgeschossen wurde (durch D gekennzeichnet); und
- Radiale Effektweite (durch T gekennzeichnet).

Beispiel Kennzeichnung T2

Darf nur auf Vorweisen eines Erwerbsscheins oder einer Abbrandbewilligung abgegeben werden. Nur von Personen mit Fachkenntnissen zu verwenden. Es ist gesetzlich verboten, diesen Gegenstand für andere als den vorgesehenen Zweck zu verwenden. Mindestsicherheitsabstände sind durch den Benutzer mithilfe der angegebenen Produktdaten zu bestimmen:

A: 4 m
 B: 106 dB ($A_{I_{max}}$) bei 7 m
 C: 0,5 m
 D: +
 T: 2 m

Die Kenngrossen beschreiben auf obiger Beispiel- Etikette einen Gegenstand, mit einer Effekthöhe von 4 m, einer radialen Effektweite von 2 m und einem maximalen A-bewerteten Impuls-Schalldruckpegel ($A_{I_{max}}$) von 106 dB (AI) bei 7 m Messentfernung. Es entstehen zudem gefährliche Reststücke bis zu einem maximalen Abstand von 0,5 m und es werden brennende oder glimmende Teilchen auf die Ebene geworfen, von welcher der Gegenstand abgeschossen wird.

Beispiel Kennzeichnung T2 mit zusätzlichen Angaben

A (Effekthöhe): 5 m
 B (Schalldruckpegel einschliesslich Messabstand): 108 dB ($A_{I_{max}}$) bei 7 m
 T (radiale Effektweite): 1 m

Zusätzliche Angaben nach Tabelle 3.2 dürfen in der Kennzeichnung angegeben werden und müssen dasselbe Format wie die verbindlichen Angaben aufweisen. Diese Angaben müssen von dem Textfeld getrennt aufgeführt sein, das die verbindlichen Kenngrossen enthält.

3.2 Liste verbindlicher und wahlfreier Kenngrössen und entsprechender Codes gemäss Norm SN EN 16256-4:2012 (Kategorie T2)

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	
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).

Abbildung 3:
Liste verbindlicher und wahlfreier Kenngrössen und der entsprechenden Codes für pyrotechnische Gegenstände der Kategorie T2

4 Berechnung der Sicherheitsabstände für pyrotechnische Gegenstände der Kategorie T1 bei Einsatz unter Normalbedingungen²

Eine Person mit BF Ausweis darf die als „T1“ oder als „T1 nur zur Verwendung im Freien“ gekennzeichneten Gegenstände, abweichend von den Vorschriften auf der Kennzeichnung oder innerhalb der Gebrauchsanweisung handhaben und/oder verwenden; Voraussetzung ist jedoch, dass die mit einem abweichenden Gebrauch verbundenen **Gefahren und Risiken gebührend berücksichtigt wurden**. Von einer Person mit BF Fachkenntnissen wird erwartet, dass sie über das Wissen hinsichtlich der Verwendung von T1-Produkten in einer von den Vorschriften auf der Kennzeichnung oder in der Gebrauchsanweisung abweichenden Verwendung verfügt.¹

Sofern pyrotechnische Gegenstände der Kategorie T1 von Personen mit BF Ausweis verwendet werden, darf die Anpassung der in der Kennzeichnung vorgegebenen Sicherheitsabstände bei gewinkeltem Abschuss und bei Windeinfluss in Analogie zu 5.1 und 5.2 vorgenommen werden.

Der Schutzabstand S_A radial und in Effektrichtung ist vom **Hersteller angegeben**.

Beispiel Kennzeichnung pyrotechnische Gegenstände der Kategorie T1

<p>Pyrotechnik 10-Sekunden-FONTÄNE silber Reg. Nr.: 0123 –T1 – 4567 Mindestsicherheitsabstand in Richtung des Effekts 5 m Mindestsicherheitsabstand seitlich 3 m Darf nicht an Personen unter 18 Jahren abgegeben werden NEM 5 gr. Brutto 8 gr. Feuerwerk AG / 6010 Kriens / China KT 20  0163 Verwendungszweck Verfalldatum: 01.01.2025</p>
--

<p>Beispiel Etikette T1 Produkt deutscher Text (ohne Gebrauchsanweisung)</p>

Hinweis: in der Schweiz muss die Etikette in den drei Amtssprachen angebracht werden.

5 Berechnung der Sicherheitsabstände für pyrotechnische Gegenstände der Kategorie T2 bei Einsatz unter Normalbedingungen²

Die Berechnung der Sicherheitsabstände für pyrotechnische Gegenstände der Kategorie T2 basiert im Wesentlichen auf der Berücksichtigung der angegebenen Leistungsparameter wie z.B. radiale Effektweite (Code T), Effekthöhe / Zerlegungshöhe (Code A), Abstand gefährlicher Reststücke (Code C) und Schalldruck (Code B), sowie Zuschlägen für nicht senkrechten Abschuss, und Windeinflüsse im Freien. Die Berechnung der Sicherheitsabstände berücksichtigen die nationalen Bestimmungen im Sinne der Norm SN EN 16256:12. Für alle Berechnungen gilt:

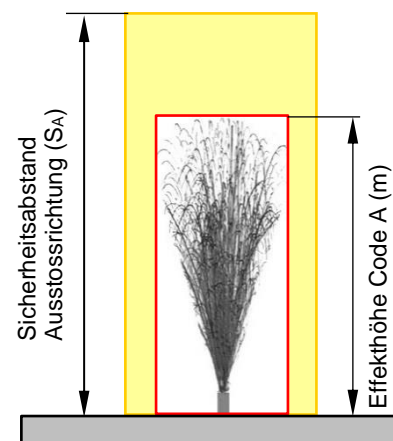
Der berechnete Sicherheitsabstand ist auf den nächsten vollen Meter aufzurunden.

5.1 Berechnung des Sicherheitsabstandes Basis Effektausdehnung

5.1.1 Mindestsicherheitsabstand in Ausstossrichtung

$$\text{Vertikaler Sicherheitsabstand [Meter]} = 1,3 \times \text{Leistungsparameter Code A}$$

Dieser Sicherheitsabstand ist in vertikaler Richtung über dem pyrotechnischen Gegenstand anzuwenden. Zum Beispiel gegenüber entzündlichen Materialien, Hindernissen, Distanz zur Decke oder Personen.



¹ Gemäss SN EN 16256-2:2013 Anmerkung 4.3

² **Normalbedingung** = Pyrotechnischer Gegenstand vertikal ausgerichtet Windgeschwindigkeit ≤ 5 m/s

5.1.2 Mindestsicherheitsabstand seitlich (radial)

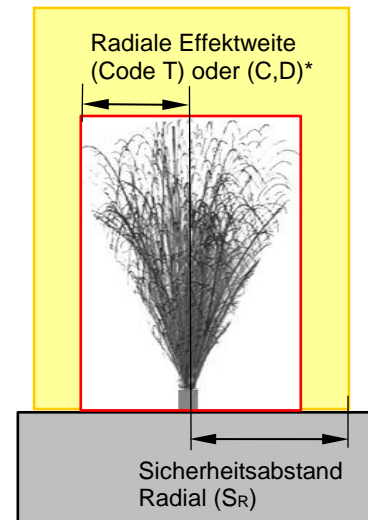
Als Sicherheitsabstand gilt:

*Grösster Wert aus

- radialen Effektweite (Code T)
- Abstand gefährlicher Reststücke (Code C),
- brennendem oder glimmendem Material (Code D)

$$\text{Radialer Sicherheitsabstand } S_R[\text{Meter}] = 1,3 \times \text{max. Leistungsparameter aus C,D,T}$$

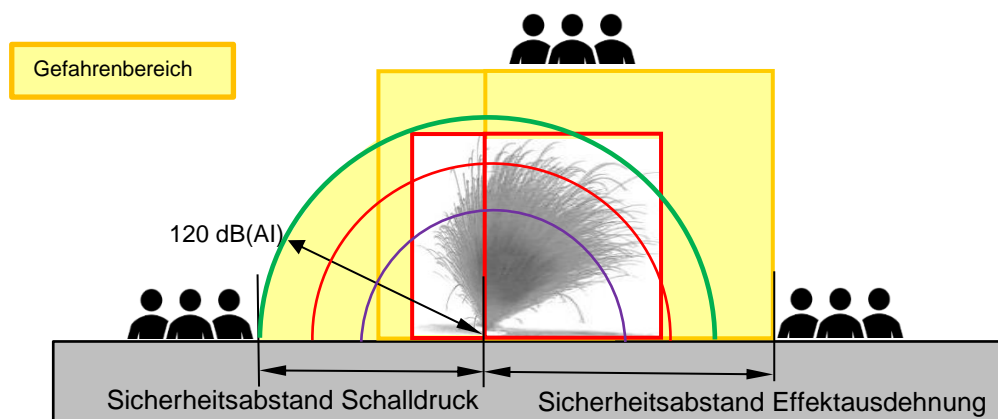
Der radiale Sicherheitsabstand ist die einzuhaltende horizontale Mindestentfernung zwischen pyrotechnischem Gegenstand und entzündlichen Materialien, Hindernissen oder Personen.



5.1.3 Mindestsicherheitsabstand Schalldruck gegenüber Personen (Publikum)

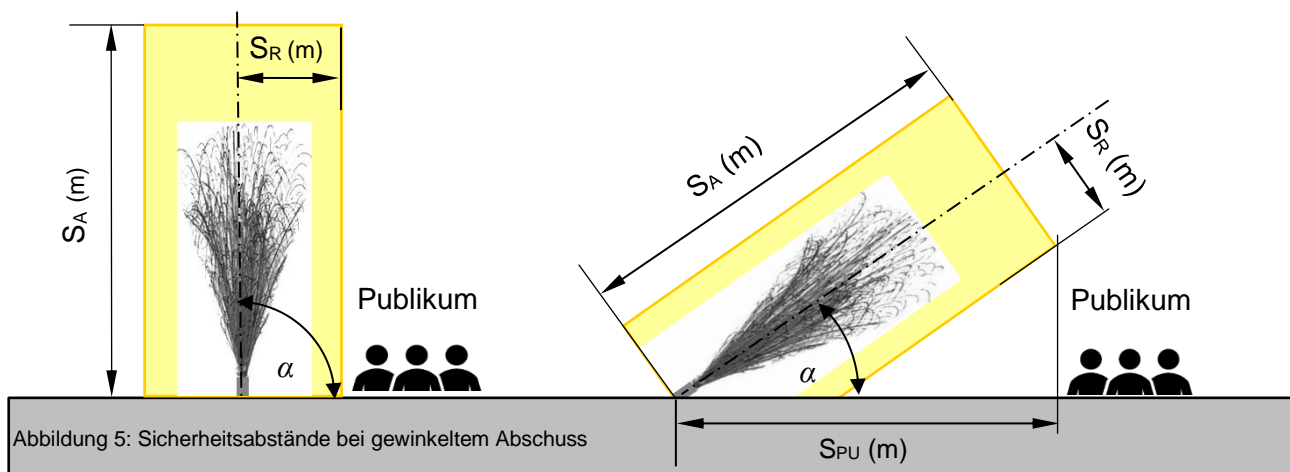
Der auf den **Schalldruckpegel** bezogene Sicherheitsabstand bei pyrotechnischen Gegenständen ist so zu wählen, dass für das Publikum (Dritte) ein Schalldruckpegel von 120 dB(AI_{max}) nicht überschritten wird. Schalldruckberechnung siehe 5.5 Seite: 12

Es ist in jedem Fall der **grösste** berechnete Sicherheitsabstand (Basis **Effektausdehnung** und Basis **Schalldruck**) anzuwenden.



5.2 Anpassung Sicherheitsabstand bei Abschuss mit einem Neigungswinkel

Beim Abschuss der pyrotechnischen Gegenstände unter einem Neigungswinkel ist der Sicherheitsabstand in Abhängigkeit des Neigungswinkels, in Neigungsrichtung folgendermaßen zu vergrößern:



Legende:

SA = Sicherheitsabstand in Ausstossrichtung (Code A x 1.3)
 SR = Sicherheitsabstand in radialer Richtung (Code T x 1.3)
 SPU = Sicherheitsabstand zum Publikum bei gewinkeltem (geneigtem) Abschuss
 alpha = Abschusswinkel in Grad

Bemerkung:

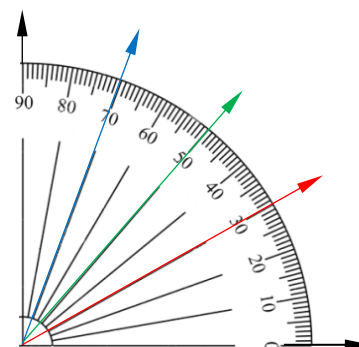
Bei alpha = 90° (vertikal) -> SPU = SR
 Bei alpha = 0° (horizontal) -> SPU = SA

$$S_{PU} = S_A * \cos(\alpha) + S_R * \cos(90 - \alpha)$$

Hinweis: Bei horizontalem Abschuss, vertauscht sich der radiale Sicherheitsabstand (Radiale Effektweite, Wurfweite von Fragmenten T,C,D) mit dem Sicherheitsabstand in Ausstossrichtung (Effekthöhe A) zur Berechnung von Sicherheitsabstand (SPU) zum Publikum.

5.2.1 Sicherheitsabstand Berechnung gewinkelter Abschuss mit Tabelle:

Abschusswinkel alpha	A (Ausstoss)	+	R (Radial)
90°	0	plus	1
=> 80°	0,2		1
=> 70°	0,3		1
=> 60°	0,5		0,9
=> 50°	0,6		0,8
=> 40°	0,8		0,6
=> 30°	0,9		0,5
=> 20°	1		0,3
=> 10°	1		0,2
0°	1		



T2 Winkelabschuss Tabelle (A und R sind gerundete Cos Werte)

Legende:

SA = Sicherheitsabstand in Ausstossrichtung (Code A x 1.3)
 SR = Sicherheitsabstand in radialer Richtung (Code T x 1.3)
 SPU = resultierender Sicherheitsabstand zum Publikum bei gewinkeltem (geneigtem) Abschuss
 alpha = Abschusswinkel in Grad

Bemerkung:

Bei alpha = 90° (vertikal) -> SPU = SR
 Bei alpha = 0° (horizontal) -> SPU = SA

$$Sicherheitsabstand S_{PU}, \text{ bei Neigewinkel } \alpha = A \times S_A + R \times S_R$$

Berechnungsbeispiel gewinkelter Abschuss

Pyrotechnischer Gegenstand T2, Sicherheitsabstand Basis Effektweite $S_A = 6$ m, $S_R = 2$ m, Schalldruckpegel von 86 dB(A_{lmax}) **Abschusswinkel 50°**

$$(A \times S_A) \ 0,6 \times 6 \text{ m} = 3,6 \text{ m} + (R \times S_R) \ 0,8 \times 2 \text{ m} = 1,6 \text{ m} \quad \text{Total} = \mathbf{5,2 \text{ m}}$$

Sicherheitsabstand aufgerundet = 6 m

5.3 Sicherheitsabstände bei Wind im Outdoorbereich

Bei Windgeschwindigkeiten zwischen **6 m/s und 10 m/s** sind die Sicherheitsabstände in Windrichtung prozentual gemäss T2 Windtabelle zu vergrössern. Können diese Sicherheitsabstände durch die räumlichen Gegebenheiten nicht eingehalten werden, wird empfohlen auf das Abbrennen der entsprechenden pyrotechnischen Gegenstände zu verzichten.

6 – <7 m/s	20%
7 – <8 m/s	40%
8 – <9 m/s	60%
9 – <10 m/s	80%
10 – <11 m/s	100%

T2 Windtabelle

Ab einer Windgeschwindigkeit von **11 m/s** (\approx 40 km/h oder Beaufort-Stärke 6, Wind pfeift hörbar um Gebäude) wird dringend empfohlen, auf den Abschuss zu verzichten. Es sei denn, es werden ausschliesslich pyrotechnische Gegenstände auf dem Boden abgebrannt und es kann eine Verdreifachung (+200%) des Sicherheitsabstandes in Windrichtung eingehalten werden.

Berechnungsbeispiel Windeinfluss

Pyrotechnischer Gegenstand T2 vertikal montiert, Sicherheitsabstand Radial 12 m, Wind 7,5 m/s

$$7- <8 \text{ m/s} \rightarrow \text{plus } 40\% \text{ von } 12 \text{ m} = 4,8 \text{ m} \quad \text{Total} = 4,8 \text{ m} + 12 \text{ m} = \mathbf{16,8 \text{ m}}$$

Sicherheitsabstand aufgerundet = 17 m

5.4 Sicherheitsabstände auf der Basis Schalldruck

Die Abhängigkeit des Sicherheitsabstands vom Schallpegel kann nach SN EN 16256-5: 2013 mit folgender Formel berechnet werden:

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

r_{Messung}	Messentfernung in Meter
L_{Schall}	Schalldruckgrenze (maximaler A-gewichteter Impuls-Schalldruckpegel = 120 dB(AI))
L_{Messung}	Gemessener Schalldruckpegel in dB(AI) bei r_{Messung}

Vereinfachte Formel:

Nach obiger Formel kann für eine einfache Berechnung davon ausgegangen werden, dass bei ungehinderter Schallausbreitung eine **Verdoppelung der Messentfernung** ($2 \times r_{\text{Messung}}$) **zu einer Abnahme des Schalldruckpegels um 6 dB** ($L_{\text{Messung}} - 6 \text{ dB}$) führt.

Hinweis:

- *Es ist zu beachten, dass in Zusammenhang mit möglichen gehörgefährdenden Wirkungen die einzelnen Impulsereignisse (z.B. sehr schnell aufeinanderfolgende Knallereignisse), nicht isoliert betrachtet werden dürfen. Wirken mehrere Schallquellen gleicher Lautstärke nebeneinander, erhöht sich der Schalldruckpegel!*
- *Sind die 120 dB(AI) Schallpegelgrenze bei Akteuren auf Grund der Nähe zu den Gegenständen nicht einzuhalten, so sind **zwingend** geeignete Schutzmaßnahmen (z.B. Gehörschutz) zu treffen.*

Berechnungsbeispiel Schalldruck

Pyrotechnischer Gegenstand T2, Code B: 106 dB (A_{lmax}) bei 8 m.

Welche Lautstärke ist bei 2 m hörbar?

Lösung: Bei 4 m + 6 dB → 112 dB (Distanzhalbe)
Bei 2 m + 6 dB → 118 dB



6 Berechnung der Sicherheitsabstände für pyrotechnische Gegenstände der Kategorie P1 und P2

Pyrotechnische Gegenstände der Kategorie P1 sind entsprechend der Gebrauchsanweisung zu verwenden. Der Sicherheitsabstand wird vom Hersteller angegeben. Der vom Hersteller angegebene Sicherheitsabstand ist als Mindestsicherheitsabstand anzuwenden.

Bei der Kategorie P2 kann der minimale Sicherheitsabstand allenfalls auch anhand der Produktdaten (Kenngrößen) vom Verwender gemäss Sicherheitsregeln 5.1 bis 5.4 errechnet werden. Wird der Sicherheitsabstand vom Hersteller angegeben, ist der angegebene Sicherheitsabstand in jedem Fall als Mindestsicherheitsabstand anzuwenden.

7 Anhang

7.1 Berechnungsbeispiel 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

Pyrotechnischer Gegenstand T2 mit einer Effekthöhe (**A**) von 8 m und einer radialen Effektwerte (**T**) von 3 m, der einen maximalen (**B**) Impuls-Schalldruckpegel (LAI_{max}) von 108 dB (AI) bei 8 m erzeugt, es entstehen auch gefährliche Reststücke (**C**) bis zu einem maximalen seitlichen Abstand von 5 m und es werden brennende oder glimmende Teilchen (**D**) in 4 m Entfernung auf die Ebene geworfen, von welcher der pyrotechnische Gegenstand abgeschossen wird.

Folgende Sicherheitsabstände ergeben sich bei vertikalem Abschuss:

- Sicherheitsabstand in Richtung des Effekts: $(1,3 \times 8 \text{ m}) = 10,4 \text{ m} \rightarrow$ aufgerundet auf ganzen Meter = **11 m**
- Radialer Sicherheitsabstand $(1,3 \times 5 \text{ m}) = 6,5 \text{ m}$ aufgerundet auf ganzen Meter = **7 m**
- Der auf dem Schalldruckpegel von 120 dB (AI_{max}) basierende Sicherheitsabstand beträgt **2 m** $\rightarrow 4 \text{ m} = 114 \text{ dB}$ ($108 \text{ dB} + 6 \text{ dB}$) $2 \text{ m} = 120 \text{ dB}$ ($114 \text{ dB} + 6 \text{ dB}$)

7.2 Berechnungsbeispiel 2

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 Effektwerte): 2 m

Pyrotechnischer Gegenstand T2 mit einer Effekthöhe von 6m, die einen maximalen A-bewerteten Impuls- Schalldruckpegel von 114 dB (LAI_{max}) bei 8m erzeugt, mit einer radialen Effektwerte von 2 m.

Code C und D sind nicht aufgeführt, somit entstehen keine gefährlichen Reststücke und es werden keine brennenden oder glimmenden Teilchen auf die Ebene geworfen, von welcher der Gegenstand abgeschossen wird.

Folgende Sicherheitsabstände ergeben sich bei gewinkeltm Abschuss ($\alpha = 30^\circ$):

- Mindestsicherheitsabstand in Richtung des Effekts: $(1,3 \times 6 \text{ m}) = 7,8 \text{ m} \rightarrow$ aufgerundet auf ganzen Meter = **8 m**
- Radialer Sicherheitsabstand: 4 m (120 dB (LAI_{max})) (Halbe Distanz + 6 dB)
- Resultierender Sicherheitsabstand zum Publikum bei gewinkeltm Abschuss ($\alpha = 30^\circ$) = $0,9 \times 6 \text{ m} = 5,4 \text{ m} + 0,5 \times 2 \text{ m} = 1 \text{ m}$ Total **6,4 m** aufgerundet auf ganzen Meter = **7 m**
(Mit Tabelle 5.2.1 berechnet)

7.3 Windgeschwindigkeits-Einheiten Tabelle

Beaufort – Skala

Stärke Beaufort	Bezeichnung	Wind- Geschwindigkeit		Auswirkungen	
		~m/s	~km/h		
0	Windstille	0	0	Rauch steigt senkrecht auf	Normaler Ab- stand
1	Leiser Zug	1,2	4	Rauch zeigt Windrichtung an	
2	Leichter Wind	2,5	9	Wind im Gesicht spürbar	
3	Schwacher Wind	4	14	Baumblätter bewegen sich	
4	Mässiger Wind	6	22	Wimpel gestreckt, loses Papier fliegt	Abstand vergrös- sern
5	Frischer Wind	9	32	Grössere Zweige bewegen sich	
6	Starker Wind	11	40	Pfeifen an Häusern hörbar	Empfehlung : Verzicht auf das Abbrennen von Feuerwerk
7	Steifer Wind	15	54	Schlanke Baumstämme wiegen	
8	Stürmischer Wind	17	61	Gehen erschwert	
9	Sturm	20	72	Dachziegel werden abgehoben	
10	Schwerer Sturm	23	83	Entwurzelte Bäume	
11	Orkanartiger Sturm	27	97	Schwere Zerstörungen	
12	Orkan	29 & +	110 & +	Verwüstungen	