

Sicherheit



Inhaltsverzeichnis

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1 | Einleitung..... | 2 |
| 1.1 | Personengefährdung | 2 |
| 1.2 | Sachgefährdung | 3 |
| 2 | Sicherheitsabstände zum Publikum | 3 |
| 2.1 | Schutzziel | 3 |
| 2.2 | Generelle Bemerkungen zu Sicherheitsabständen | 3 |
| 3 | Sicherheitsabstände für Feuerwerkskörper der Kategorie F4 gemäss Norm SN EN 16261-4..... | 4 |
| 3.1 | Mindestanforderungen der Norm an die Kennzeichnung | 4 |
| 3.2 | Liste verbindlicher und wahlfreier Kenngrössen und der entsprechenden Codes gemäss SN EN 16261-4 (Kategorie F4)..... | 5 |
| 4 | Berechnung der Sicherheitsabstände für Feuerwerkskörper der Kategorie F4 bei Einsatz unter Normalbedingungen | 6 |
| 4.1 | Bodenfeuerwerk..... | 6 |
| 4.2 | Feuerwerksbatterie, Römische Kerzen, Single Shot | 6 |
| 4.3 | Feuerwerksbatterien mit Spezialeffekten | 7 |
| 4.4 | Feuertopf | 7 |
| 4.5 | Raketen | 7 |
| 4.6 | Steigende Kronen | 7 |
| 5 | Anpassung Sicherheitsabstände bei nicht vertikalem Abschuss | 7 |
| 6 | Anpassung Sicherheitsabstände bei Wind > 5 m/s | 8 |
| 7 | Anpassung Sicherheitsabstände bei Abschuss von Bauwerken oder Geländeerhebungen..... | 8 |
| 8 | Sicherheitsabstände für Artikel der Kategorie T2 im Outdoorbereich gemäss Norm SN EN 16256-4 | 9 |
| 8.1 | Mindestanforderung der Norm an die Kennzeichnung | 9 |
| 8.2 | Liste verbindlicher und wahlfreier Kenngrössen und entsprechender Codes gemäss Norm SN EN 16256-4 (Kategorie T2)..... | 10 |
| 9 | Berechnung der Sicherheitsabstände für pyrotechnische Gegenstände der Kategorie T2, Windgeschwindigkeit ≤ 5 m/s..... | 11 |
| 9.1 | Vertikaler Abschuss | 11 |
| 9.2 | Horizontaler Abschuss | 11 |
| 9.3 | Sicherheitsabstände bei Wind..... | 12 |
| 9.4 | Abschätzung Sicherheitsabstände auf der Basis Schalldruck | 12 |
| 10 | Windgeschwindigkeits-Einheiten Tabelle..... | 14 |

1 Einleitung

Gemäss Ausbildungsreglement berechtigt der Eintrag FWA unter anderem, Feuerwerke im Freien nach den anerkannten Regeln der Technik selbständig zu planen und abzubrennen. Die Ausweisinhaber/innen müssen dabei fähig sein:

- den **Abschussplatz** 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.

1.1 Personengefährdung

Die Pflichten der Ausweisinhaber im Zusammenhang mit Abschussplatzbeurteilung und Sicherheitsvorkehrungen gehen wesentlich über das primäre Thema dieses Kapitels, "Sicherheitsabstände zu Zuschauern", hinaus. Insbesondere werden auch Massnahmen zum Schutz der Helfer und Mitarbeiter verlangt:

Sprengstoffgesetz Art. 23 Massnahmen zum Schutze der Arbeitnehmer

¹ Die Inhaber von Betrieben und Unternehmen, die mit Sprengmitteln oder pyrotechnischen Gegenständen hantieren, müssen zudem **alle anderen Massnahmen zum Schutze der Arbeitnehmer treffen**, die nach den Erfahrungen notwendig, nach dem Stande der Technik anwendbar und den Verhältnissen des Betriebes oder Unternehmens angemessen sind.

² Die Bestimmungen über die Unfallverhütung nach dem Bundesgesetz über die Unfallversicherung bleiben vorbehalten.

Sprengstoffgesetz Art. 34 Unfallversicherungsgesetz

Die Massnahmen zum Schutze der Arbeitnehmer werden nach dem Bundesgesetz über die Unfallversicherung vollzogen.

Die Forderungen von Artikel 23 sind praktisch identisch mit den grundsätzlichen Pflichten eines Arbeitgebers gemäss dem Bundesgesetz über die Unfallversicherung (UVG):

Bundesgesetz über die Unfallversicherung Art. 82 Allgemeines

¹ Der Arbeitgeber ist verpflichtet, zur Verhütung von Berufsunfällen und Berufskrankheiten alle Massnahmen zu treffen, die nach der Erfahrung notwendig, nach dem Stand der Technik anwendbar und den gegebenen Verhältnissen angemessen sind.

Das Gefahrenpotential beim Umgang und Abbrennen von Feuerwerk der Kategorie F4 ist gross und vielfältig: Verletzungsgefahr durch mechanische, thermische und chemische Einwirkungen, beispielsweise durch Splitter- und Funkenflug, Schall- und Druckwirkung, Flammenbildung, Hitze, Gas-, Rauch- und Staubeentwicklung. Verursacht durch Verwendung ungeeigneter Arbeitsmittel, falsche Arbeitsabläufe oder als Folge unzureichender Qualifikationen der Beschäftigten.

Über das sachspezifische Risikopotential hinaus, gilt es insbesondere beim Vorbereiten, Aufstellen oder Abbrennen von Feuerwerken, die alltäglichen Arbeitsrisiken wie Sturzgefahr oder Verletzungen durch das Bewegen von Lasten zu beachten und angemessene Vorkehrungen zu treffen.

Helfer und Mitarbeiter sind über die Gefährdungen zu informieren und die erforderlichen Vorsichtsmassnahmen sind zu treffen. Verantwortlich dafür ist, wie bereits erwähnt, der Ausweisinhaber.

Zum Schutz, der sich allenfalls innerhalb der Gefahrenzone aufhaltenden Mitarbeiter, sind Massnahmen im Sinne der erwähnten Artikel sowie von Art. 23 des Bundesgesetzes über explosionsgefährliche Stoffe bzw. 82 des Bundesgesetzes über die Unfallversicherung (UVG), zu treffen (siehe auch Kapitel 10 „Feuerwerk Montage und Abbrennen“).

1.2 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.

Befinden sich wegen besonderer Umstände gefährdete Gegenstände innerhalb der Gefahrenzone, so sind zusätzlich die nach den einschlägigen Vorschriften notwendigen Schutzmassnahmen zu treffen.

2 Sicherheitsabstände zum Publikum

2.1 Schutzziel

Mit dem Einhalten der Sicherheitsabstände soll die Integrität (der Schutz) von Leib und Gut Dritter gewährleistet werden. Der Sicherheitsabstand ist entsprechend die minimale horizontale Distanz zwischen den Abschusseinrichtungen bzw. den pyrotechnischen Gegenständen / Feuerwerkskörpern und dem Publikum, unbeteiligten Dritten und gefährdeten Objekten. Die Fläche um die Abschusseinrichtungen/Feuerwerkskörper bis zu den Sicherheitsabständen wird als Gefahrenzone bezeichnet (siehe auch Abbildung unter 10.) Die Sicherheitsabstände bilden ein Basiselement für ein korrektes Abbrennen von Feuerwerk im Freien, im Sinne des Ausbildungsreglements.

2.2 Generelle Bemerkungen zu Sicherheitsabständen

Die Sicherheitsabstände beeinflussen zusammen mit den Verhältnissen um den Abschussplatz die Auswahl der Feuerwerkskörper und die Feuerwerksprogrammgestaltung wesentlich. Die Einhaltung der Sicherheitsabstände ist daher bereits bei der Feuerwerksplanung zu berücksichtigen (siehe auch Kapitel 9 „Planung und Organisation“).

Bei der Montage ist zu gewährleisten, dass alle Abschussvorrichtungen und pyrotechnischen Gegenstände / Feuerwerkskörper so verankert werden, dass ein Umfallen während dem Abbrennen des Feuerwerkes nicht möglich ist. Es dürfen nur Abschussvorrichtungen vorgesehen werden, die für die jeweilige Bodenbeschaffenheit geeignet sind.

3.2 Liste verbindlicher und wahlfreier Kenngrössen und der entsprechenden Codes gemäss SN EN 16261-4 (Kategorie F4)

| Code | Status [1] | Beschreibung | Beispiele/Bemerkungen |
|---|--|---|---|
| A | M | Zerlegungshöhe/Effekthöhe (je nachdem, welche anwendbar ist) | (Effekthöhe bei Gegenständen für Bühne und Theater) |
| B | M/O | Schalldruckpegel einschliesslich Messabstand | Wert bei einem Abstand |
| C | M | Abstand weggeschleuderter Reststücke | |
| D | M | Wenn glimmendes und/oder brennendes Material den Boden erreicht | „✓“, wenn glimmendes und/oder brennendes Material den Boden erreicht |
| E | M/O | Effektentfernung | Diese Kenngrösse ist für Wasserfeuerwerkskörper verbindlich |
| F | O | Effektbreite | |
| G | O | Kaliber | Sofern nicht in der Beschreibung gefordert |
| H | O | Anzünddauer | nicht massgebend für elektrisch gezündete Gegenstände |
| I | NICHT BELEGT, um eine Mehrdeutigkeit mit der Zahl „1“ zu vermeiden | | |
| J | O | Flugdauer | z. B. bei Feuerwerksbomben Zeitdauer bis zum Zerlegen |
| K | O | Effektdauer | z. B. Dauer von Sternen oder Effekten |
| L | O | Blitzsatzanteil | z. B. unter Einhaltung der UN-Standardklassifikation (in Masse oder in %) |
| M | O | Bruttomasse | z. B. zum Berechnen von |
| 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 | z. B. bei steigenden Kronen |
| R | M/O | Gesamtdauer | M bei steigenden Kronen |
| S | O | Wenn Mehrfach-Effekte vorhanden sind | „✓“ im Fall einer Mehrfachexplosion, gefolgt von der Anzahl der Explosionen |
| T | O | Radiale Effektweite | |
| U | NICHT BELEGT, um eine Mehrdeutigkeit mit „V“ zu vermeiden | | |
| V | O | Brennrate | |
| W | M/O | Maximaler Abschusswinkel | Siehe EN 16261-2:2013, Abschnitt 5 |
| <p>[1] M = Diese Angabe ist verbindlich. O = Diese Angabe ist wahlfrei (in Abhängigkeit vom Typ oder nach dem Ermessen des Herstellers)</p> | | | |

Abbildung 2: Auflistung verbindlicher und wahlfreier Kenngrössen und der entsprechenden Codes für Kategorie F4

4 Berechnung der Sicherheitsabstände für Feuerwerkskörper der Kategorie F4 bei Einsatz unter Normalbedingungen

Die Berechnung der nachfolgenden Sicherheitsabstände für Feuerwerkskörper der Kategorie F4 basiert im Wesentlichen auf der Steighöhe/Effekthöhe (Code A nach Norm), dem Kaliber sowie Herstellerangaben und allfälligen Zuschlägen für nicht senkrechten Abschuss, Windeinflüsse und/oder Abschuss von Geländeerhebungen. Diese Sicherheitsabstände berücksichtigen nationale Bestimmungen im Sinne der Norm. Zur Festlegung der Sicherheitsabstände wird von ordnungsgemässer Anwendung und Funktion der Feuerwerkskörper ausgegangen, unter Einbezug des kalkulierbaren Risikos für Fehlfunktionen.

Sicherheitsabstände (auch solche auf der Basis von SN EN 16261-4) bieten jedoch keinen absoluten 100% Schutz gegenüber allen technisch denkbaren Gefährdungsszenarien, insbesondere wenn Abschussrichtungen unvorhergesehen verschoben oder zerstört werden. (Kippen von Abschussgestellen z.B. bei Rohrkrepierern).

Die **Sicherheitsabstände unter Normalbedingungen**, das heisst bei vertikaler Ausrichtung der Feuerwerkskörper, einer Windgeschwindigkeit ≤ 5 m/s und Verwendung ab ebenem Boden errechnen sich wie folgt:

4.1 Bodenfeuerwerk

Für Bodenfeuerwerk, also pyrotechnische Produkte Kat.F4, die sich beim Abrennen nicht von ihrer Halterung lösen wie Vulkane oder Fontänen, gelten die Sicherheitsabstände des Lieferanten. Der **Mindestabstand von zehn Metern** zu den Zuschauern darf nicht unterschritten werden. Für T2 Produkte, siehe Seite: 9)

4.2 Feuerwerksbatterie, Römische Kerzen, Feuerwerksrohr (Single Shot)

Als Sicherheitsabstand gilt der **grösste Wert** der nachfolgenden drei Berechnungsmodelle:

- 80 % der Steighöhe (Code A gemäss SN EN 16261-4)
- 1 m pro mm Kaliber für Kaliber ≥ 30 mm, Kaliber < 30 mm mindestens 30 m
- Sicherheitsabstand gemäss Herstellerangabe

Bei Gegenständen die **Reststücke** wegschleudern (Code C gemäss SN EN 16261-4), sind die ermittelten Sicherheitsabstände **zusätzlich um 50%** vom Wert C zu vergrössern.

Berechnungsbeispiel:

Für eine 75mm Feuerwerksbatterie mit einer Steighöhe von 90 m gibt der Hersteller einen Sicherheitsabstand von 100 m an:

- 80 % der Steighöhe von 90 m = 72 m
- 1 m pro mm Kaliber bei Kaliber 75 mm = 75 m
- Sicherheitsabstand gemäss Hersteller = 100 m

Es ist der grösste Wert, also 100 m zu verwenden. Der **Sicherheitsabstand** für diese Batterie unter Normalbedingungen beträgt demnach **100 m**.

4.3 Feuerwerksbatterien mit Spezialeffekten

Bei der Verwendung von speziellen Effekttypen (z.B. Fallschirnbomben mit brennbaren Effekten) sind die Sicherheitsabstände auch bei leichtem Wind nach 4.2 unter Umständen nicht ausreichend und müssen entsprechend vergrössert werden.

Beispiel: Bei einer Flugdauer von 60 sec. und einer Windstärke von 4 m/s (Schwacher Wind!), wird ein Fallschirm bereits 240 m weit abgetrieben!

4.4 Feuertopf

Der Sicherheitsabstand wird wie für Feuerwerksbatterien 4.2 berechnet. Für Feuertöpfe mit „Sternenladung“, die keine Kreisel, Heul- Pfeif- oder Knallgeschosse enthalten, darf der Sicherheitsabstand verkürzt werden, aber in keinem Fall darf der Mindestabstand von 50 % der Steighöhe oder 0,5 m pro mm Kaliber unterschritten werden! Bei Kaliber < 30 mm gilt für solche „Sternenladungen“ ein Mindestabstand von 15 m.

4.5 Raketen

Als Sicherheitsabstand gilt der **grösste Wert** der nachfolgenden drei Berechnungsmodelle:

- **100 %** der Steighöhe (Code A gemäss SN EN 16261-4)
- **1 m pro mm Durchmesser** für $d \geq 30$ mm, $d < 30$ mm mindestens 30 m
- Sicherheitsabstand gemäss **Herstellerangabe**
- Bei Gegenständen die **Reststücke** wegschleudern (Code C gemäss SN EN 16261-4), sind die ermittelten Sicherheitsabstände zusätzlich um **50%** vom Wert C zu vergrössern.

Hinweis: Bereits bei mässigem Windeinfluss verändert sich die Flugbahn von Raketen merklich in der Richtung, aus der der Wind weht. Raketen drehen also beim Aufstieg in den Wind.

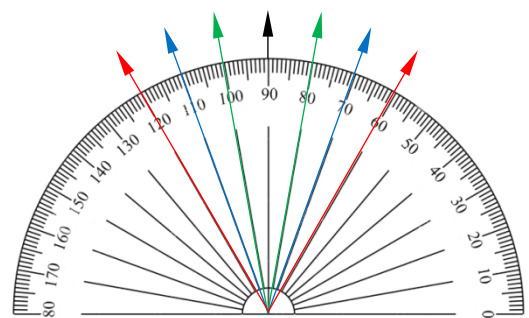
4.6 Steigende Kronen

Bedingt durch ihren Aufbau mit den üblichen Fabrikationstoleranzen und ihrem langsamen und damit windanfälligen Aufstieg, kann die Flugbahn von steigenden Kronen stark von den Erwartungen abweichen. Deshalb gilt für den Einsatz von steigenden Kronen unter normalen Bedingungen derselbe Mindestsicherheitsabstand wie für Raketen

5 Anpassung Sicherheitsabstände bei nicht vertikalem Abschuss

Ein nicht vertikaler Abschuss verändert die Flugbahn der Feuerwerkskörper und beeinflusst die gefährdete Zone. Die Sicherheitsabstände sind entsprechend in Abschussrichtung zu vergrössern. Als Richtwerte können bei nicht vertikalem Abschuss folgende Erhöhungen der Sicherheitsabstände nach 4.2 bis 4.6 angewendet werden:

| Abweichung der Abschussrichtung von der Senkrechten in Grad | Erhöhung des Sicherheitsabstandes in % |
|---|--|
| ≥10° (80° / 100°) | 20% |
| ≥15° (75° / 105°) | 40% |
| ≥20° (70° / 110°) | 60% |
| ≥25° (65° / 115°) | 80% |
| ≥30° (60° / 120°) | 100% |



6 Anpassung Sicherheitsabstände bei Wind

Bei Windgeschwindigkeiten zwischen **6 m/s und 10 m/s** sind die nach 4.2 bis 4.6 ermittelten Sicherheitsabstände in Windrichtung um 50% zu vergrössern. Können diese Sicherheitsabstände durch die räumlichen Gegebenheiten nicht eingehalten werden, ist auf das Abbrennen der entsprechenden Feuerwerkskörper zu verzichten.

Ab einer Windgeschwindigkeit von **11 m/s** (≈ 40 km/h oder Beaufort-Stärke 6, Wind pfeift hörbar um Gebäude) wird dringend empfohlen, auf den Abschuss von Feuerwerkbatterien, Römischen Kerzen und Raketen aus Sicherheitsgründen zu verzichten.

| | |
|--------------------|------------|
| 6 – 7 m/s | 10% |
| 7 – 8 m/s | 20% |
| 8 – 9 m/s | 30% |
| 9 – 10 ms | 40% |
| 10 – 11 m/s | 50% |

Beispiel „Fallout“: *Bombenteile, die von einer Bersthöhe von 100 m mit 2 m/s absinken, werden bei einer Windgeschwindigkeit von 10m/s - also weniger als 40 km/h – bereits 500 m weit abgetrieben!*

7 Anpassung Sicherheitsabstände bei Abschuss von Bauwerken oder Geländeerhebungen

Ein Abschuss von Feuerwerkskörpern auf Bauwerken oder bauwerkähnlichen Geländeerhebungen ermöglicht gegenüber dem Abschuss auf ebener Fläche veränderte Flugbahnen der Feuerwerkskörper. Dabei kann sich die Distanz bei nicht vertikaler Abschussrichtung, zwischen Abschusspunkt und Aufschlagsort eines nicht gezündeten Feuerwerkskörpers verändern. Die Sicherheitsabstände müssen unter solchen Gegebenheiten angemessen vergrössert werden.

In der Regel sollte der Sicherheitsabstand nach 4.2 bis 4.6 um 50% der Gelände- oder Bauwerkhöhe vergrössert werden.

8 Sicherheitsabstände für Artikel der Kategorie T2 im Outdoorbereich gemäss Norm SN EN 16256-4

8.1 Mindestanforderung der Norm an die Kennzeichnung

Gemäss Norm SN EN 16256-4 „Pyrotechnische Gegenstände für Bühne und Theater – Teil 4: Mindestanforderungen an die Kennzeichnung und Gebrauchsanweisung“ muss der Hersteller Artikel der Kategorie T2 ebenfalls mit Produktdaten (Kenngrossen) kennzeichnen. Der Mindestsicherheitsabstand ist durch den Benutzer mithilfe der angegebenen Produktdaten zu bestimmen und der Gegenstand entsprechend Gebrauchsanweisung und nationalen Bestimmungen zu verwenden.

Für jeden Gegenstandstyp der Kategorie T2 sind die folgenden Kenngrossen 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

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 entsprechend 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 der der Gegenstand abgeschossen wird.

8.2 Liste verbindlicher und wahlfreier Kenngrössen und entsprechender Codes gemäss Norm SN EN 16256-4 (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 | |
| <p>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).</p> | | | |

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

9 Berechnung der Sicherheitsabstände für pyrotechnische Gegenstände der Kategorie T2, bei Windgeschwindigkeit ≤ 5 m/s

9.1 Vertikaler Abschuss

Als Sicherheitsabstand gilt der **grössere Wert** der nachfolgenden beiden Berechnungsmodelle:

- 130 % der radialen Effektweite (Code T gemäss SN EN 16256-4)
- 130 % der Wurfweite von Fragmenten, brennendem oder glimmendem Material (Code C gemäss SN EN 16256-4)

Der auf den **Schalldruckpegel** bezogene Sicherheitsabstand bei T2-Gegenständen ist so zu wählen, dass für das Publikum (Dritte) ein Schalldruckpegel von $120 \text{ dB}(A_{I_{\max}})$ nicht überschritten wird. **Es ist in jedem Fall der grösste berechnete Sicherheitsabstand (Basis Effektausdehnung und Basis Schalldruck) anzuwenden. Der so berechnete Sicherheitsabstand ist auf den nächsten vollen Meter aufzurunden.**

Sicherheitsabstandsabschätzung auf Basis Schalldruck siehe 9.4.

9.2 Horizontaler Abschuss

Der Sicherheitsabstand beträgt beim horizontalen Abschuss 130 % der Effekthöhe (Code A gemäss SN EN 16256-4). Siehe auch Abbildung 4.

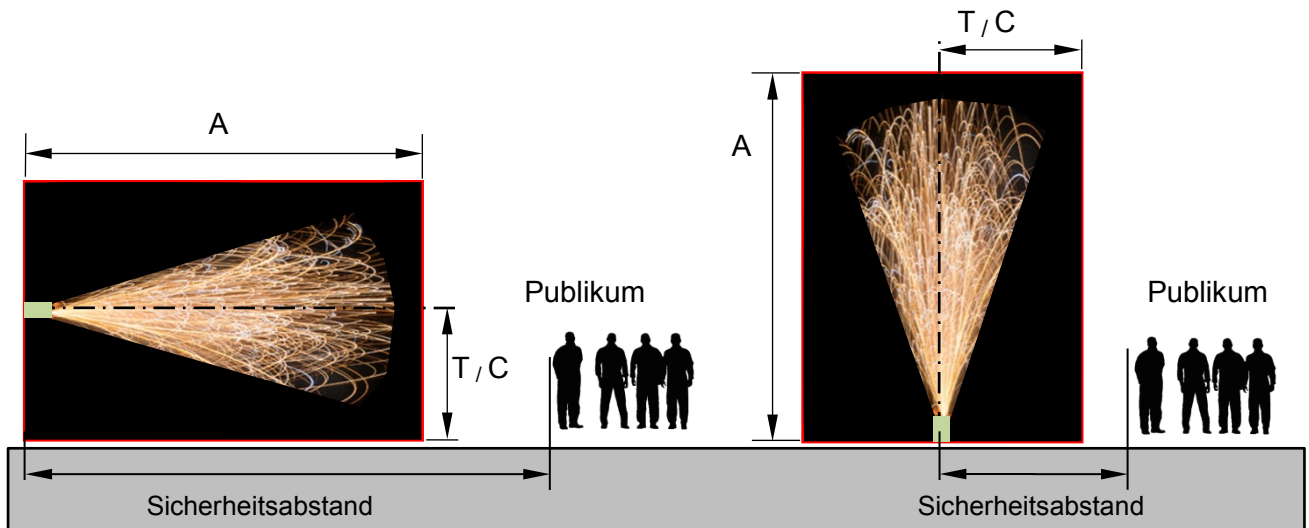


Abbildung 4: Sicherheitsabstände T2 bei horizontalem (links) und vertikalem Abschuss (rechts)

Hinweis: Bei Vertikalem Abschuss vertauschen sich die Effekthöhe (A) und radiale Effektweite / Wurfweite von Fragmenten (T / C) zur Berechnung von Sicherheitsabständen!

9.3 Sicherheitsabstände bei Wind

Bei Windgeschwindigkeiten zwischen **6 m/s und 10 m/s** sind die Sicherheitsabstände in Windrichtung um 100% zu vergrössern. Können diese Sicherheitsabstände durch die räumlichen Gegebenheiten nicht eingehalten werden, wird empfohlen auf das Abbrennen der entsprechenden Feuerwerkskörper zu verzichten.

Ab einer Windgeschwindigkeit von **11 m/s** (≈ 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 Gegenstände auf dem Boden abgebrannt und eine Erhöhung des Sicherheitsabstandes um 200% in Windrichtung kann eingehalten werden.

| | |
|-------------|------|
| 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% |

9.4 Abschätzung Sicherheitsabstände auf der Basis Schalldruck

Die Abhängigkeit des Sicherheitsabstands vom Schallpegel kann nach SN EN 16256-5 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} |

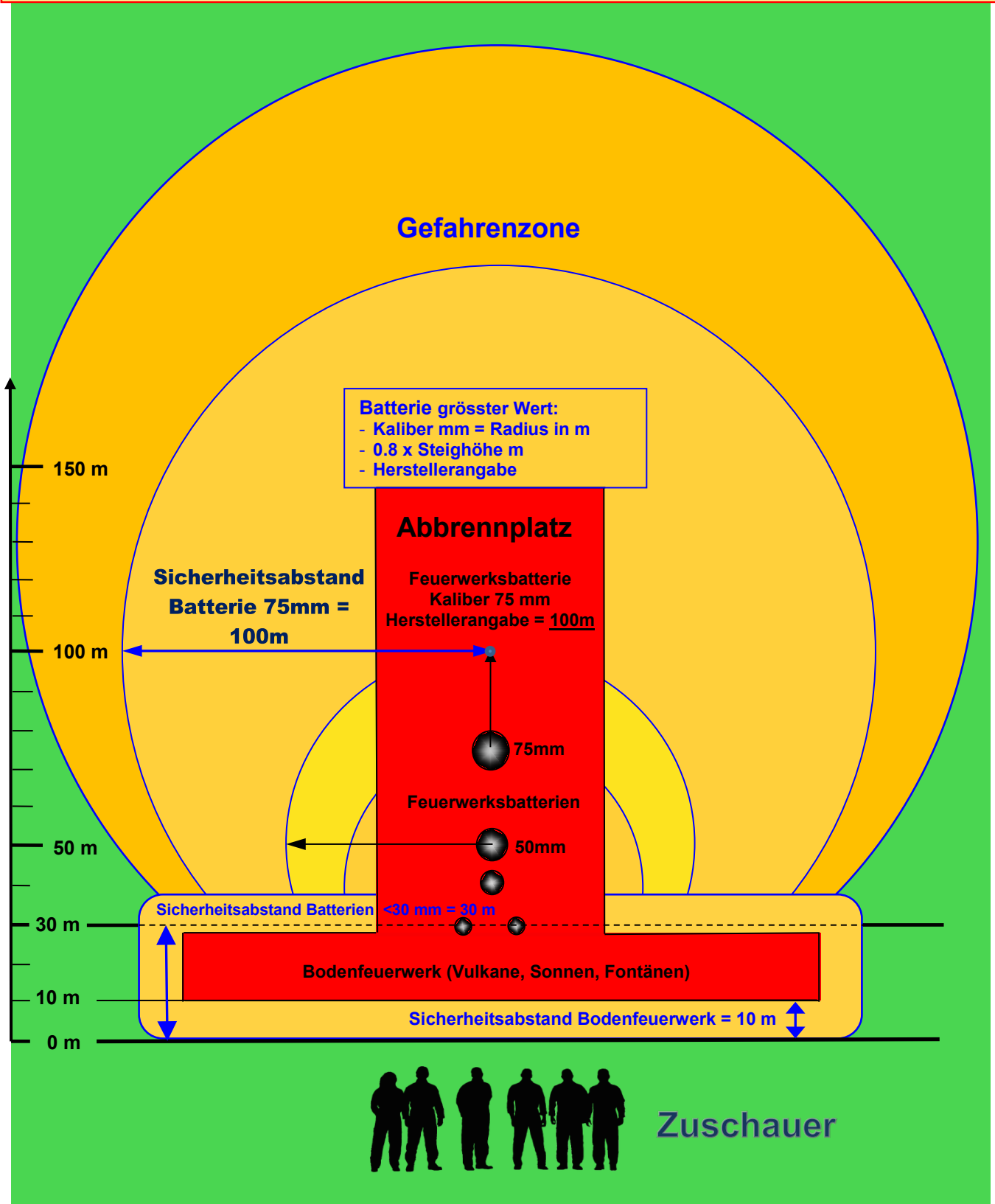
Für Abschätzungen kann davon ausgegangen werden, dass bei ungehinderter Schallausbreitung eine Verdoppelung der Messentfernung ($2 \times r_{\text{Messung}}$) zu einer Abnahme des Schalldruckpegels um 6 dB ($L_{\text{Messung}} - 6$ dB) führt. Es ist zu beachten, dass in Zusammenhang mit möglichen gehörgefährdenden Wirkungen die einzelnen Impulsereignisse nicht isoliert betrachtet werden dürfen.



Beispiel: Sicherheitsabstände für Kategorie F4 nach 4.2.1 – 4.6

Vertikaler Abschuss ab Boden (<math><10^\circ</math>) bis max. 5 m/s Windgeschwindigkeit

Feuerwerksbatterien, römische Kerzen, Single Shot: Grösster Wert der Berechnungen a - c
a) 80 % der Steighöhe; b) Kaliber pro mm in 1 m (min. 30 m); c) Sicherheitsabstand gemäss Hersteller
Bodenfeuerwerk: → Minimum 10 Meter



10 Windgeschwindigkeits-Einheiten Tabelle

Beaufort – Skala

| Stärke Beaufort | Bezeichnung | Wind- Geschwindigkeit | | Auswirkungen | |
|--------------------|--------------------|--------------------------|---------|---------------------------------------|---|
| | | ~m/s | ~km/h | | |
| 0 | Windstille | 0 | 0 | Rauch steigt senkrecht auf | Normaler Abstand |
| 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 Gross-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 | |