

Kursordner 2025

Pyrotechnik

Copyright © by



Schweizerischer Feuerwehrverband
Fédération suisse des sapeurs-pompiers
Federazione svizzera dei pompieri
Federaziun svizra dals pumpiers



Einführung	Ausbildungsgrundsatz	1
A Gesetzliche Vorschriften	Sprengstoffgesetz / Sprengstoffverordnung	2
	Beförderung ADR / SDR	3
	Versicherung / Haftung	4
	Brandschutzvorschriften VKF	5
B Sicherheit	Sicherheit	6
	Arbeitssicherheit	7
	Schallmessung	8
	Brandbekämpfung / Alarmierung	9
C Fachtechnik	Geschichte / Chemie / Physik	10
	Pyrotechnische Gegenstände	11
	Feuerwerkskörper	11
	Alternative Produkte / Offenes Feuer	12
	Flammeneffektgeräte	13
	AVOR / Planung	14
	Pyrotechnische Anzündung	15
	Elektrische Anzündung	16
	Aufbau / Montage / Abrennen	17
	Abbau / Instandhaltung	18
	Umwelt / Nachhaltigkeit	19
Anhang	Checkliste / Verschiedenes	20

Ausbildungsgrundsatz Kurs FWA

Der Feuerwerkerkurs A (FWA) mit bestandener Prüfung soll es interessierten Personen ermöglichen, in **eingeschränktem** Rahmen Feuerwerke mit **gebrauchsfertigen** Feuerwerkskörpern der Kat. F4 und pyrotechnischen Gegenständen zu gewerblichen Zwecken der Kategorie T2 und P2¹ bis zu einem **Kaliber von 75 mm** abzubrennen und mit amtlicher Bewilligung zu erwerben.

Die Ausweisinhaberinnen und Ausweisinhaber sind in der Lage, den Abschussplatz im Freien zu beurteilen, die Risiken richtig einzuschätzen und die entsprechenden Massnahmen so zu treffen, dass eine Gefährdung von Personen und Sachen ausgeschlossen werden kann.

Sie werden im Weiteren über den fachgerechten Transport von Feuerwerkskörpern und pyrotechnischen Gegenständen zu gewerblichen Zwecken innerhalb der Freistellung gemäss ADR/SDR instruiert.

Was Inhaber einer Verwendungsberechtigung FWA dürfen

Der Eintrag FWA berechtigt, Feuerwerke im Freien nach den anerkannten Regeln der Technik unter den folgenden Einschränkungen selbstständig zu planen, zu erwerben, vorzubereiten, aufzustellen und abzubrennen:

- a) es dürfen nur gebrauchsfertige (vom Hersteller abschuss- und zündbereit verladene) pyrotechnische Gegenstände zu gewerblichen Zwecken bzw. Feuerwerkskörper bis zu einem Kaliber von 75 mm (3 Zoll), die in Verpackungen nach ADR/SDR transportierbar sind, verwendet werden;
- b) es dürfen nachfolgende Artikel gemäss Buchstaben a) in Feuerwerken verwendet werden:
 - Feuerwerkskörper der Kategorie F4;
 - pyrotechnische Gegenstände zu gewerblichen Zwecken der Kategorie T2;
 - pyrotechnische Gegenstände zu gewerblichen Zwecken der Kategorie P2, sofern diese für die Verwendung in Feuerwerken geeignet sind;
- c) auf dem Abbrandplatz darf die maximale Nettoexplosivmasse (NEM) der Feuerwerkskörper der Kategorie F4 und der pyrotechnischen Gegenstände zu gewerblichen Zwecken der Kategorien T2 und P2 höchstens 50 kg betragen;
- d) es dürfen keine nautischen Effekte verwendet werden;
- e) es dürfen keine pyrotechnischen Gegenstände zu gewerblichen Zwecken bzw. Feuerwerkskörper der Kategorien F4, T2 und P2 pyrotechnisch untereinander verbunden werden.
- f) es dürfen keine pyrotechnischen Gegenstände zu gewerblichen Zwecken bzw. Feuerwerkskörper der Kategorien F1, F2, F3, P1, T1 mittels gedeckter Stoppine (Quickmatch) untereinander verbunden werden.

Der Eintrag FWA berechtigt nicht zur Beförderung von Feuerwerkskörpern und pyrotechnischen Gegenständen zu gewerblichen Zwecken über den Freistellungen gemäss ADR/SDR.

Version: 31.03.2022

¹ Pyrotechnische Gegenstände zu gewerblichen Zwecken der Kategorie P2, sofern diese für die Verwendung in Feuerwerken geeignet sind

Ausbildungsgrundsatz Kurs FWB

Der Feuerwerkerkurs B (FWB) mit bestandener Prüfung soll interessierten Personen ermöglichen Feuerwerke mit Feuerwerkskörpern der Kategorie F4 und pyrotechnischen Gegenstände zu gewerblichen Zwecken der Kategorien T2 und P2¹ im Freien abzubrennen und mit amtlicher Bewilligung zu erwerben.

Die Ausweisinhaberinnen und Ausweisinhaber sind in der Lage, den Abbrandplatz im Freien zu beurteilen, die Risiken richtig einzuschätzen und die entsprechenden Massnahmen so zu treffen, dass eine Gefährdung von Personen und Sachen ausgeschlossen werden kann.

Der Eintrag FWB berechtigt, Feuerwerke im Freien nach den anerkannten Regeln der Technik unter Einhaltung der folgenden Kriterien selbstständig zu planen, zu erwerben, vorzubereiten, aufzustellen und abzubrennen:

- a) es dürfen nachfolgende Artikel in Feuerwerken verwendet werden:
 - Feuerwerkskörper der Kategorie F4;
 - pyrotechnische Gegenstände zu gewerblichen Zwecken der Kategorie T2;
 - pyrotechnische Gegenstände zu gewerblichen Zwecken der Kategorie P2, sofern diese für die Verwendung in Feuerwerken geeignet sind;
- b) pyrotechnische Gegenstände zu gewerblichen Zwecken bzw. Feuerwerkskörper dürfen elektrisch oder pyrotechnisch gezündet werden;
- c) pyrotechnische Gegenstände zu gewerblichen Zwecken bzw. Feuerwerkskörper dürfen für die Verwendung in Feuerwerken gemäss ADR/SDR über den Freistellungen befördert werden.

¹ Pyrotechnische Gegenstände zu gewerblichen Zwecken der Kategorie P2, sofern diese für die Verwendung in Feuerwerken geeignet sind

Ausbildungsgrundsatz Bühnenfeuerwerk (BF)

Der Kurs Bühnenfeuerwerk mit bestandener Prüfung soll interessierten Personen ermöglichen, pyrotechnische Gegenstände zu gewerblichen Zwecken der Kategorie T2 und P2¹ auf Szenenflächen, Bühnen und vergleichbaren Einrichtungen im Innern und im Freien im Sinne des Gesetzes und nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik selbstständig abzubrennen und mit amtlicher Bewilligung zu erwerben.

Die Ausweisinhaberinnen und Ausweisinhaber sind in der Lage, Szenenflächen, Bühnen und vergleichbare Einrichtungen im Innern und Freien zu beurteilen, die Risiken richtig einzuschätzen und die entsprechenden Massnahmen so zu treffen, dass eine Gefährdung von Personen und Sachen ausgeschlossen werden kann.

Sie werden im Weiteren über den fachgerechten Transport von pyrotechnischen Gegenständen innerhalb der Freistellung gemäss ADR/SDR instruiert.

Der Eintrag BF berechtigt Feuerwerke mit pyrotechnischen Gegenständen nach den anerkannten Regeln der Technik unter Einhaltung der folgenden Kriterien selbstständig zu planen, zu erwerben, vorzubereiten, aufzustellen und abzubrennen:

- a) es dürfen nachfolgende Artikel in Feuerwerken auf Szenenflächen, Bühnen und vergleichbare Einrichtungen im Innern und Freien verwendet werden:
 - pyrotechnische Gegenstände zu gewerblichen Zwecken der Kategorie T2;
 - pyrotechnische Gegenstände zu gewerblichen Zwecken der Kategorie P2, sofern diese für die Verwendung in Feuerwerken auf Szenenflächen, Bühnen und vergleichbaren Einrichtungen geeignet sind;
- b) es dürfen nachfolgende Artikel in Feuerwerken auf Szenenflächen, Bühnen und vergleichbare Einrichtungen im Freien verwendet werden, sofern die Person gleichzeitig im Besitze einer Verwendungsberechtigung FWA² oder FWB ist:
 - Feuerwerkskörper der Kategorie F4, sofern diese für die Verwendung in Feuerwerken auf Szenenflächen, Bühnen und vergleichbaren Einrichtungen geeignet sind;
- c) es dürfen nachfolgende Artikel in Feuerwerken im Freien verwendet werden:
 - pyrotechnische Gegenstände zu gewerblichen Zwecken der Kategorie T2

Der Eintrag BF berechtigt nicht zur Beförderung von Feuerwerkskörpern und pyrotechnischen Gegenständen zu gewerblichen Zwecken über den Freistellungen gemäss ADR/SDR.

Version: 31.03.2022

¹ Pyrotechnische Gegenstände zu gewerblichen Zwecken der Kategorie P2, sofern diese für die Verwendung in Feuerwerken geeignet sind

² Feuerwerkskörper der Kategorie F4 im Rahmen der eingetragenen Verwendungsberechtigung FWA

02 AB BF

Sprengstoffgesetz

Sprengstoffverordnung



Inhaltsverzeichnis

Sprengstoffgesetz / Sprengstoffverordnung

1	Einleitung.....	2
2	Die wichtigsten Grundlagen zur Sprengstoffgesetzgebung	3
2.1	Geltungsbereich Sprengstoffgesetz (Artikel 1, 3 und 7 SprstG)	3
2.2	Schutz- und Sicherheitsvorschriften (Artikel 17 SprstG)	3
2.3	Begriffe (Artikel 1, 6 und 7 SprstV)	3
2.4	Verantwortung	3
3	Auszüge aus dem Bundesgesetz über Sprengstoffe (Sprengstoffgesetz, SprstG; SR 941.41).....	4
3.1	Art. 7 Pyrotechnische Gegenstände	4
3.2	Art. 8a Grundsatz für den Umgang	4
3.3	Art. 10 Bewilligung zum Verkauf im Inland	4
3.4	Art. 14a Verweigerung von Bewilligungen	4
3.5	Art. 15 Verbotener Umgang	4
3.6	Art. 17 Grundregel.....	4
3.7	Art. 22 Sicherung	4
3.8	Art. 23 Massnahmen zum Schutze der Arbeitnehmer	4
3.9	Art. 26 Vernichtung / Rückgabe	5
3.10	Art. 27 Haftpflicht	5
3.11	Art. 30 Verlust, Unfälle	5
3.12	Art. 31 Auskunftspflicht	5
3.13	Art. 32 Befugnisse der Vollzugsorgane	5
3.14	Art. 34 Unfallversicherungsgesetz	5
3.15	Art. 37 Strafbestimmungen „Unbefugter Umgang“	5
3.16	Art. 38 Strafbestimmungen „Andere Widerhandlungen“	5
3.17	Art. 42 Vollzug	5
4	Auszüge aus der Sprengstoffverordnung (SprstV; SR 941.411).....	6
4.1	Art. 5 Pyrotechnische Gegenstände	6
4.2	Art. 6 Pyrotechnische Gegenstände zu gewerblichen Zwecken.....	6
4.3	Art. 7 Feuerwerkskörper.....	6
4.4	Art. 24 Voraussetzung für die Bereitstellung auf dem Markt.....	6
4.5	Art. 26 Verpackung, Angaben und Bezeichnungen.....	6
4.6	Art. 31 Einfuhrbewilligung.....	7
4.7	Art. 47 Erwerbsschein für pyrotechnische Gegenstände	7
4.8	Art. 58 Gültigkeit des Verwendungsausweises	7
4.9	Art. 87 Lagerung	7
4.10	Art. 88 Betriebsvorschriften Lager	8
4.11	Art. 92 Gemeinsame Bestimmung	8
4.12	Art. 93 Verantwortung der Ausweisinhaberinnen und -inhaber	8
4.13	Art. 105 Wartezeiten.....	8
4.14	Art. 110 Buchführung.....	9

1 Einleitung

Die massgeblichen gesetzlichen Grundlagen zur Thematik Pyrotechnik bilden in der Schweiz das

- **Bundesgesetz über Sprengstoffe (Sprengstoffgesetz, SprstG; SR 941.41)**



sowie die zugehörige

Sprengstoffverordnung (SprstV, SR 941.411)



Hinweis:

In diesem Beitrag werden die für Pyrotechnik wesentlichen Artikel des Sprengstoffgesetzes (SprstG) und der dazugehörigen Verordnung (SprstV) erläutert. Die gesetzlichen Vorschriften sind teilweise gekürzt, nur sinngemäss und nicht im Originalwortlaut wiedergegeben.

Rechtsgültig ist alleine der Originaltext.

Die beiden Regelwerke finden sich im vollständigen Wortlaut als separate Beilage auf dem USB-Stick in digitaler Form.

Als künftige Ausweisinhaberinnen und -inhaber müssen Sie die **gesetzlichen Bestimmungen kennen** und entsprechend **anwenden** können.

2 Die wichtigsten Grundlagen zur Sprengstoffgesetzgebung

2.1 Geltungsbereich Sprengstoffgesetz (Artikel 1, 3 und 7 SprstG)

Das Sprengstoffgesetz regelt den **Umgang** mit Sprengmitteln die gewerblich hergestellt werden, mit pyrotechnischen Gegenständen und mit Schiesspulver.

Als Umgang im Sinne des Gesetzes gilt **jede Tätigkeit** im Zusammenhang mit Sprengmitteln und **pyrotechnischen Gegenständen**, insbesondere das **Herstellen, Lagern, Besitzen, Einführen, Abgeben, Beziehen, Verwenden** und **Vernichten**.

Die Beförderung im Post-, Eisenbahn-, Strassen-, Luft- und Schiffsverkehr des Inlandes gilt nicht als Umgang im Sinne dieses Gesetzes; sie richtet sich nach den besonderen Vorschriften der Bundesgesetzgebung und internationaler Abkommen.

Pyrotechnische Gegenstände werden in solche zu gewerblichen Zwecken und in solche zu Vergnügungszwecken unterteilt. Letztere werden als Feuerwerkskörper bezeichnet. Bei pyrotechnischen Gegenständen für Vergnügungszwecke (Feuerwerkskörper) ist das Gesetz nur auf den Hersteller, den Importeur, den Verkäufer, sowie deren Angestellte und Hilfspersonen anwendbar. Das gilt jedoch nicht für Feuerwerkskörper im gewerblichen Gebrauch (Feuerwerkskörper der Kategorie F4).

2.2 Schutz- und Sicherheitsvorschriften (Artikel 17 SprstG)

Wer mit pyrotechnischen Gegenständen verkehrt, ist verpflichtet, zu ihrer Sicherung sowie zum Schutz von Leben und Gut alle nach den Umständen gebotenen und zumutbaren Massnahmen zu treffen (Absperrungen, Sicherheitsabstände, Sicherstellen von Versagern, usw.).

Das Rauchen sowie offenes Feuer sind in unmittelbarer Umgebung sowie beim Umgang mit pyrotechnischen Gegenständen zu unterlassen. Pyrotechnische Gegenstände sind getrennt von feuergefährlichen Stoffen zu lagern.

2.3 Begriffe (Artikel 1, 6 und 7 SprstV)

Artikel 1

Feuerwerkskörper: pyrotechnische Gegenstände zu Vergnügungszwecken (Kategorien F1–F4)

Feuerwerkskörper im gewerblichen Gebrauch: Feuerwerkskörper der Kategorie F4.

Artikel 6

Als pyrotechnische Gegenstände zu gewerblichen Zwecken gelten die pyrotechnischen Gegenstände nach Artikel 7 Buchstabe a SprstG. Sie werden von den Herstellern nach definierten Kriterien von Anhang 1 Ziffer 1 in die Kategorie T1, T2, P1, P2 oder P3 eingeteilt.

Pyrotechnische Gegenstände der Kategorien T2 und P2 dürfen nur an Personen mit Fachkenntnissen* abgegeben werden.

Artikel 7

Feuerwerkskörper der Kategorie F4 sind dem gewerblichen Gebrauch vorbehalten. Sie dürfen nur von Personen mit Fachkenntnissen verwendet werden.

2.4 Verantwortung

Bei der Verwendung von pyrotechnischen Gegenständen zu gewerblichen Zwecken der Kategorien T2, P2 und Feuerwerkskörpern der Kategorie F4 ist jeweils eine verantwortliche Person zu bezeichnen (Platzchef/in bei der Durchführung von Feuerwerken). Diese Person muss die entsprechende

Schulung (FWA, FWB, BF) nachweisen, die gesetzlichen Vorschriften kennen, die notwendigen Sicherheitsvorkehrungen veranlassen und bei einem Zwischenfall die richtigen Notfallmassnahmen treffen.

3 Auszüge aus dem Bundesgesetz über Sprengstoffe (Sprengstoffgesetz, SprstG; SR 941.41)

3.1 Art. 7 Pyrotechnische Gegenstände

Pyrotechnische Gegenstände sind gebrauchsfertige Erzeugnisse mit einem Explosiv- oder Zündsatz, die nicht zum Sprengen, sondern zu andern Zwecken bestimmt sind oder bloss dem Vergnügen dienen, wie Feuerwerkskörper.

3.2 Art. 8a Grundsatz für den Umgang

Mit **pyrotechnischen Gegenständen** darf nur umgegangen werden, wenn diese bei bestimmungsgemässer und sorgfältiger Verwendung das Leben und die Gesundheit der Benützer und Dritter nicht gefährden.

3.3 Art. 10 Bewilligung zum Verkauf im Inland

Wer im Inland mit pyrotechnischen Gegenständen handelt, bedarf einer Bewilligung. Die Bewilligung gilt in der ganzen Schweiz. Im Detailhandel mit pyrotechnischen Gegenständen für Vergnügungszwecke gilt sie nur im Kanton, der sie ausgestellt hat.

3.4 Art. 14a Verweigerung von Bewilligungen

Die zuständige Behörde kann einer Person die Bewilligung zur Herstellung oder zur Einfuhr, den Erwerbschein oder den Ausweis verweigern oder entziehen, wenn besondere Hinderungsgründe bestehen.

3.5 Art. 15 Verbotener Umgang

An Personen unter 18 Jahren dürfen keine pyrotechnischen Gegenstände zu gewerblichen Zwecken der Kategorien T2, P2 und Feuerwerkskörper der Kategorie F4 abgegeben werden. Pyrotechnische Gegenstände zu gewerblichen Zwecken der Kategorien T2, P2 und Feuerwerkskörper der Kategorie F4 die zur eigenen Verwendung erworben wurden, dürfen nicht weitergegeben werden. Es ist verboten, pyrotechnische Gegenstände, die für einen anderen Zweck bestimmt sind (z.B. Notsignalmittel), zu Vergnügungszwecken zu verwenden.

3.6 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.

3.7 Art. 22 Sicherung

Pyrotechnische Gegenstände sind zu sichern, insbesondere gegen Feuer, Witterungseinflüsse, Diebstahl und Wegnahme durch Unbefugte.

3.8 Art. 23 Massnahmen zum Schutze der Arbeitnehmer

Inhaber von Betrieben und Unternehmen die mit pyrotechnischen Gegenständen umgehen, müssen Massnahmen zum Schutze der Arbeitnehmer treffen, die nach den Erfahrungen notwendig, nach dem Stand der Technik anwendbar und den Verhältnissen des Betriebes oder Unternehmens angemessen sind.

3.9 Art. 26 Vernichtung / Rückgabe

Pyrotechnische Gegenstände, die in ihrer Wirkungsweise, Brauchbarkeit oder Beständigkeit nach dem Stand der Technik Mängel aufweisen, sind durch Sachverständige zu vernichten oder dem Verkäufer zurückzugeben.

Pyrotechnische Gegenstände zu gewerblichen Zwecken (Kategorien T und P) sowie Feuerwerkskörper im gewerblichen Gebrauch (Kategorie F4) dürfen nur vom Hersteller, vom Importeur oder von einer sachverständigen Person vernichtet werden.

Siehe auch:

[Merkblatt «Vernichten von pyrotechnischen Gegenständen» SBFJ](#)



3.10 Art. 27 Haftpflicht

Inhaber eines Betriebes oder einer Anlage in denen pyrotechnische Gegenstände hergestellt, gelagert oder verwendet werden, haften für den Schaden, der durch die Explosion solcher Mittel oder Gegenstände verursacht wird.

3.11 Art. 30 Verlust, Unfälle

Wenn pyrotechnische Gegenstände abhandengekommen sind oder sich ein Unfall mit Personen- oder erheblichem Sachschaden ereignet hat, ist dies sofort der Polizei zu melden.

3.12 Art. 31 Auskunftspflicht

Wer mit pyrotechnischen Gegenständen umgeht, hat den Vollzugsorganen die erforderlichen Auskünfte zu erteilen und Einsicht in die Unterlagen zu gewähren.

3.13 Art. 32 Befugnisse der Vollzugsorgane

Die Vollzugsorgane können während der Arbeitszeit Betriebs- und Lagerräume ohne Voranmeldung betreten und besichtigen, die Verzeichnisse und die zugehörigen Unterlagen einsehen sowie Proben fordern oder entnehmen. Sie stellen belastendes Material sicher.

3.14 Art. 34 Unfallversicherungsgesetz

Die Massnahmen zum Schutze der Arbeitnehmer werden nach dem Bundesgesetz vom 20. März 1981 über die Unfallversicherung vollzogen.

3.15 Art. 37 Strafbestimmungen „Unbefugter Umgang“

Wer ohne Bewilligung oder entgegen Verboten des Gesetzes mit pyrotechnischen Gegenständen umgeht, macht sich strafbar.

3.16 Art. 38 Strafbestimmungen „Andere Widerhandlungen“

Wer Schutz- oder Sicherheitsvorschriften des Gesetzes oder andere Ausführungsbestimmungen missachtet macht sich strafbar.

3.17 Art. 42 Vollzug

Der Vollzug des Gesetzes obliegt, soweit er nicht ausdrücklich dem Bund vorbehalten ist, den Kantonen.

4 Auszüge aus der Sprengstoffverordnung (SprstV; SR 941.411)

4.1 Art. 5 Pyrotechnische Gegenstände

Pyrotechnische Gegenstände enthalten mindestens einen Zünd- oder Explosivsatz. Ihre Energie ist dazu bestimmt, Licht, Wärme, Schall, Rauch, Druck, eine Bewegung oder ähnliche Wirkungen zu erzeugen.

4.2 Art. 6 Pyrotechnische Gegenstände zu gewerblichen Zwecken

Pyrotechnische Gegenstände zu gewerblichen Zwecken werden in die Kategorien T1, T2, P1, P2 oder P3 eingeteilt.

4.3 Art. 7 Feuerwerkskörper

Feuerwerkskörper werden nach ihrer Gefährlichkeit in die Kategorie F1 bis F4 eingeteilt. Feuerwerkskörper der Kategorie F1 stellen eine sehr geringe Gefahr, solche der Kategorie F4 eine grosse Gefahr dar.

Feuerwerkskörper der Kategorie F4 sind dem gewerblichen Gebrauch vorbehalten. Sie dürfen nur von Personen **mit Fachkenntnissen (FWA / FWB)** verwendet werden und sind nicht für den Detailhandel bestimmt.



4.4 Art. 24 Voraussetzung für die Bereitstellung auf dem Markt

Pyrotechnische Gegenstände dürfen nur auf dem Markt bereitgestellt werden, wenn sie der EU-Konformität entsprechen bzw. mit einer CH-Identifikationsnummer versehen sind.

Pyrotechnische Gegenstände zu gewerblichen Zwecken der Kategorien T und P sowie Feuerwerkskörper der Kategorie F4, die vor dem 03. Juli 2017 eine Einfuhrbewilligung bzw. Herstellungsbewilligung erhalten haben, dürfen noch bis zum 31. Januar 2023 ohne EU-Konformität auf dem Markt bereitgestellt werden (SprstV; Artikel 119e). Für den Verkauf, die Verwendung und den Abbrand gelten die üblichen Einschränkungen der entsprechenden Kategorien.

4.5 Art. 26 Verpackung, Angaben und Bezeichnungen

Versandverpackungen müssen den Vorschriften ADR/SDR entsprechen und gekennzeichnet sein.

Feuerwerkskörper müssen entsprechend dem Artikel 26 mit den geforderten Angaben und Bezeichnungen gekennzeichnet sein.

4.6 Art. 31 Einfuhrbewilligung

Wer pyrotechnische Gegenstände in die Schweiz importieren will, benötigt eine Bewilligung der Zentralstelle Explosivstoffe (ZSE). Im Reiseverkehr (zum Eigenbedarf) dürfen Feuerwerkskörper der Kategorien F1 bis F3 bis zu einem Bruttogesamtgewicht von höchstens 2,5 kg ohne Bewilligung eingeführt werden. Die Erleichterung (Einfuhr ohne Bewilligung) gilt nicht für pyrotechnische Gegenstände zu gewerblichen Zwecken der Kategorien T und P sowie für Feuerwerkskörper der Kategorie F4.

Nicht eingeführt werden dürfen am Boden knallende Feuerwerkskörper.



4.7 Art. 47 Erwerbsschein für pyrotechnische Gegenstände

Ein Erwerbsschein ist für den Erwerb von pyrotechnischen Gegenständen zu gewerblichen Zwecken der Kategorien T2, P2 und Feuerwerkskörper der Kategorie F4 erforderlich. Liegt eine vom Kanton oder von der Gemeinde ausgestellte entsprechende Bewilligung zum Abbrennen (Abbrandbewilligung) von pyrotechnischen Gegenständen zu gewerblichen Zwecken der Kategorie T2 und Feuerwerkskörper der Kategorie F4 vor, so kann sich das Einholen eines Erwerbsscheins erübrigen. Dies gilt jedoch nicht für die Kategorie P2.

Erwerbsschein

Abbrandbewilligung

4.8 Art. 58 Gültigkeit des Verwendungsausweises

Der Ausweis ist unbefristet gültig. Alle 5 Jahre nach Erlangen der letzten Berechtigung muss eine ergänzende Schulung absolviert werden.



4.9 Art. 87 Lagerung

Räume zum Lagern von Feuerwerkskörpern im Bruttogewicht von mehr als 300 kg gelten als Grosslager. Sie sind nach Möglichkeit in alleinstehenden Bauten einzurichten und ausschliesslich für solche Erzeugnisse zu verwenden. Die Gebäude dürfen nicht in einer Wohnzone liegen, und es dürfen sich weder dauernd noch vorübergehend viele Personen darin aufhalten.



Beispiel: Container mit Absperrung

Für die kurzfristige Aufbewahrung oder Vorbereitung von Grossfeuerwerken vor dem Abbrand genügt es, wenn die Räume (Containerlagerung möglich) gleichzeitig keinem anderen Zwecke dienen.

Räume, in denen Feuerwerkskörper bis zu 50 kg Bruttogewicht vorübergehend (30 Tage) aufbewahrt werden, müssen lediglich feuerhemmend ausgebaut sein und dürfen, sofern das Brandrisiko gering ist, auch anderen Zwecken dienen. Weitere Bestimmungen sind der Brandschutzrichtlinie VKF „Gefährliche Stoffe“ 26-15 zu entnehmen.

Aktueller Link: [26-15 Gefährliche Stoffe \(vkg.ch\)](https://www.vkg.ch/26-15-Gefahrliche-Stoffe)



4.10 Art. 88 Betriebsvorschriften Lager



In den Lagerräumen dürfen nur allgemeine Lagerarbeiten ausgeführt werden. Auf das Verbot des Rauchens und der Verwendung von Feuer und offener Flamme ist durch nicht zu übersehende Anschläge hinzuweisen. Pyrotechnische Gegenstände sind kühl, trocken und soweit als möglich in den Versand- beziehungsweise Verpackungseinheiten zu lagern.

Soweit eidgenössische oder kantonale Erlasse zur Sprengstoffgesetzgebung nichts anderes bestimmen, regeln die Brandschutzvorschriften die Anforderungen an die Lagerung von pyrotechnischen Gegenständen.

Weitere Bestimmungen sind der Brandschutzrichtlinie VKF „Gefährliche Stoffe“ 26-15 zu entnehmen.

Aktueller Link: [26-15 Gefährliche Stoffe \(vkg.ch\)](https://www.vkg.ch/26-15-Gefahrliche-Stoffe)



4.11 Art. 92 Gemeinsame Bestimmung

Wo die Sprengstoffgesetzgebung für die Verwendung und die Vernichtung von Sprengmitteln und pyrotechnischen Gegenständen keine Vorschriften enthält, sind die allgemein anerkannten Regeln der Technik zu beachten.

Zur Bestimmung dieser Regeln sind namentlich die Ausbildungs- und Prüfungsunterlagen sowie die Herstellerangaben und die Gebrauchsanweisungen heranzuziehen.

4.12 Art. 93 Verantwortung der Ausweisinhaberinnen und -inhaber

Arbeiten bei denen pyrotechnische Gegenstände zu gewerblichen Zwecken der Kategorien T2, P2 oder Feuerwerkskörper der Kategorie F4 verwendet werden, sind, unter Vorbehalt von Artikel 52 Absätze 6bis und 7, 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.

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

4.13 Art. 105 Wartezeiten

Grundsätzlich ist bei Versagern eine Wartezeit von 15 Minuten einzuhalten.

Enthält eine Abfolge einer Anzündung keine pyrotechnischen Komponenten sind Versager unter Beachtung der erforderlichen Sicherheitsmassnahmen (Gebrauchsanweisung) durch den Verbraucher nach einer angemessenen Wartezeit auszubauen und dem Hersteller / Lieferanten zur Vernichtung zurückzugeben

4.14 Art. 110 Buchführung

Verbraucherinnen und Verbraucher müssen über pyrotechnische Gegenstände zu gewerblichen Zwecken der Kategorie T2, P2 und Feuerwerkskörper der Kategorie F4 ein Verzeichnis führen. Das Verzeichnis, der Erwerbsschein und die Abbrandbewilligung sind zehn Jahre geordnet aufzubewahren.

Aus den Verzeichnissen der Verbraucherinnen und Verbraucher müssen ersichtlich sein:

- a. die Eingänge, Ausgänge und Lagerbestände;
- b. die Namen und Adressen der Lieferanten und Bezügerinnen oder Bezüger sowie die Daten der Geschäfte.

Die Verzeichnisse geben Auskunft über die täglichen Mutationen und über den Monatsabschluss.

Zur Ergänzung der Buchführung müssen die Rechnungen und Erwerbsscheine oder Abbrandbewilligungen jederzeit vorgewiesen werden können.

Die kantonalen Vorschriften betreffend Feuerwerke können bei den kantonalen Polizeibehörden eingesehen werden. Die genauen Adressen und Links finden sie unter:

<https://www.fedpol.admin.ch/dam/data/fedpol/sicherheit/zsp/kantonale-sprengstoffbueros-d.pdf>

**Bundesamt für Polizei (fedpol)**

CH Bundesamt für Polizei
Zentralstelle Explosivstoffe (ZSE)
Guisanplatz 1A
3003 Bern

Tel: 058 462 40 00

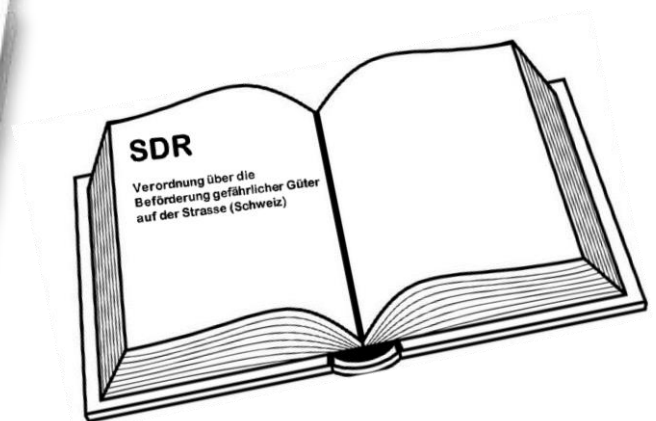
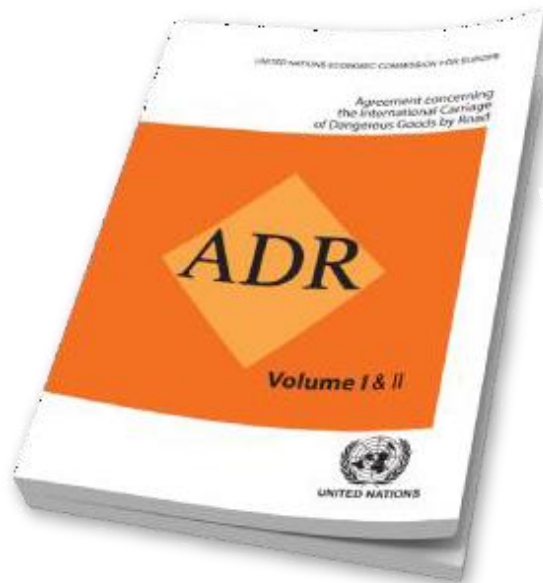
Email: zse@fedpol.admin.ch

Internet: <http://www.fedpol.admin.ch>



03 AB

Beförderung von pyrotechnischen Gegenständen gemäss ADR / SDR



Inhaltsverzeichnis

Beförderung von pyrotechnischen Gegenständen

1	Allgemeines.....	2
1.1.	Einteilung.....	2
1.2.	Gefahrzettel (Bezettelung) und UN Nummer.....	4
1.3.	Verpackungen.....	5
1.4.	Unterscheidung.....	6
2	Beförderung auf Werkstrassen	6
3	Beförderung auf öffentlichen Strassen innerhalb der Freistellung.....	7
3.1	Vorschriften für die Beförderung innerhalb der Freistellung	8
3.1.1	Verhalten des Fahrzeugführers.....	8
3.1.2	Papiere und Ausrüstung der Fahrzeuge.....	9
3.1.3	Zusammenpacken mit Anzündmitteln	9
3.1.4	Zusammenpacken mit anderen pyrotechnischen Gegenständen	9
3.1.5	Zusammenladeverbot	10
3.1.6	Reinigung der Ladefläche / Ladungssicherung.....	10
3.2	Tunnelvorschriften innerhalb Freistellung	11
4	Beförderung auf öffentlichen Strassen über der Freistellung (nur FWB).....	12
4.1	Gefahrgutbeauftragtenverordnung	12
4.2	Vorschriften für die Beförderung über der Freistellung	12
4.2.1	Fahrzeugbesatzung	12
4.2.2	Papiere und Ausrüstung der Fahrzeuge.....	13
4.2.3	Fahrzeuge	15
4.2.4	Begrenzung der beförderten Mengen	15
4.3	Tunnelvorschriften	17
4.4	Sicherungsmaßnahmen.....	20
5	Anhang	21
Anhang a	Begriffe.....	21
Anhang b	Zusammenstellung der wichtigsten pyrotechnischen Gegenstände	22
Anhang c	Liste der Netto-Explosivstoffmasse (Beispiele).....	23
Anhang d	Berechnungsbeispiel Freistellungen.....	23
Anhang e	Beförderungspapier	24
Anhang f	Schriftliche Weisungen	25
Anhang g	Beispiele der Beschilderung von Beförderungseinheiten	29

1 Allgemeines

1.1. Einteilung

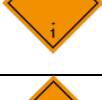
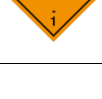
Gefahrgüter sind aufgrund ihrer Eigenschaften den Gefahrgutklassen 1 – 9 zugeordnet.

Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
				
Klasse 6	Klasse 7	Klasse 8	Klasse 9	
				

Explosive Stoffe und Gegenstände mit Explosivstoff sind in der **Klasse 1** eingeteilt.

In der Klasse 1 werden verschiedene Unterklassen und Verträglichkeitsgruppen unterschieden:

Unterklassen

Unterklassen	Gefahrenzettelmuster
1.1 massenexplosionsfähig	
1.2 Nicht massenexplosionsfähig	
1.3 Feuergefährlich	
1.4 Geringe Explosionsgefahr	
1.5 Sehr unempfindliche massenexplosionsfähige Stoffe	
1.6 Extrem unempfindliche Gegenstände nicht massenexplosionsfähig	

Das Gefahrenpotenzial innerhalb der Klasse 1 ist differenziert zu betrachten. Durch entsprechende Prüfungen werden die Gefahren ermittelt. Im Ergebnis dieser Prüfungen erfolgt die Einteilung des Gefahrgutes der Klasse 1 in eine der sechs Unterklassen.

Gefährlichkeit der Unterklassen in der Rangfolge:

1.1 (am gefährlichsten),
1.5, 1.2, 1.3, 1.6,
1.4 (am wenigsten gefährlich).

Weitere Informationen zu den Unterklassen sind im Anhang a Begriffe aufgeführt.

Verträglichkeitsgruppen

Eine weitere Besonderheit der Gefahrgutklasse 1 ist das Vorhandensein von sogenannten Verträglichkeitsgruppen. Dies ist bedeutsam bei der Entscheidung, ob die Gefahrgüter zusammengeladen werden dürfen.

Verträglichkeitsgruppen	
A	Zündstoff
B	Sprengkapseln, Zündeinrichtungen
C	Treibstoff oder anderer deflagrierender explosiver Stoff
D	Detonierender explosiver Stoff oder Schwarzpulver
E	Explosiver Stoff ohne Zündmittel
F	Explosiver Stoff mit seinem eigenen Zündmittel
G	Pyrotechnischer Stoff
H	Explosiver Stoff mit weißem Phosphor
J	Explosiver Stoff mit entzündbarer Flüssigkeit
K	Explosiver Stoff mit giftigen, chemischen Wirkstoffen
L	Explosiver Stoff mit besonderer Gefahr (z.B. Aktivierung mit Wasser)
N	Extrem unempfindlich detonierender Stoff
S	Gegenstand ist so gestaltet oder verpackt, dass keine unbeabsichtigte Reaktionen auftreten



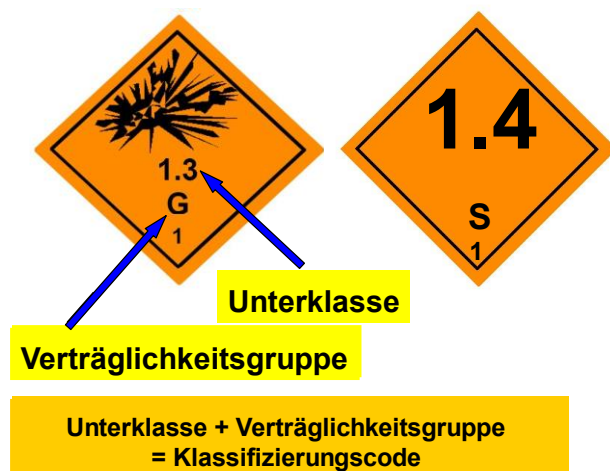
1.2. Gefahrzettel (Bezettelung) und UN Nummer

Die Originalverpackungen von Gefahrgütern müssen seitens des Lieferanten / Herstellers bezettelt und gekennzeichnet sein.

Werden die pyrotechnischen Gegenstände in andere Behälter umgepackt, so ist der Absender verantwortlich, dass diese richtig bezettelt und gekennzeichnet werden.

Die Gefahrzettel müssen:

- Eine Seitenlänge von min. 100 mm aufweisen;
- in der Nähe der Kennzeichnung angebracht werden;
- bei leeren Verpackungen entfernt, abgedeckt oder durchgestrichen werden.



Die Kennzeichnung besteht aus:

- Der UN-Nummer der die Buchstaben „UN“ vorangestellt werden;
- der offiziellen Benennung. (Anhang b, Seite: 22)

UN 0335
FEUERWERKSKÖRPER

Beispiel:



Die Benennung muss gut lesbar und unauslöschbar in einer oder mehreren Sprachen angegeben sein. Wobei eine dieser Sprachen Deutsch, Französisch oder Englisch sein muss.

1.3. Verpackungen

Die pyrotechnischen Gegenstände müssen in der Originalverpackung befördert werden. Pyrotechnische Gegenstände von angebrochenen Originalverpackungen sind in UN-geprüften Verpackungen mitzuführen. Diese Behälter müssen bauartgeprüft und für die Beförderung von pyrotechnischen Gegenständen zugelassen sein.

Zum Beispiel: Kartonkiste Abb. 1,2 oder Kunststoff-Kiste Abb. 3.



Abb. 1: Originalverpackung

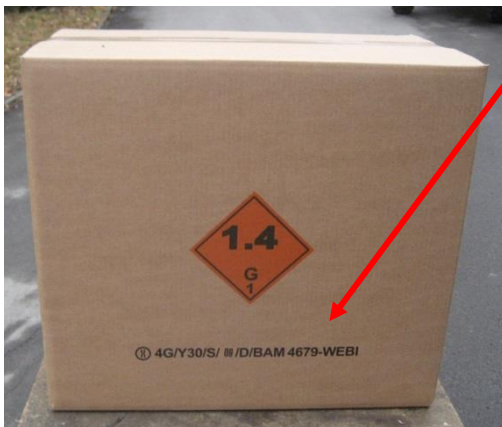


Abb. 2: Kartonkiste



Abb. 3: Kunststoff-Kiste



1.4. Unterscheidung

Bei der Beförderung von Explosivstoffen wird zwischen der Beförderung auf Werkstrassen und der Beförderung auf öffentlichen Strassen unterschieden.

Die **Beförderung auf Werkstrassen** wird durch das Sprengstoffgesetz (Art. 24) und die Sprengstoffverordnung (Art. 91) geregelt. Die **Beförderung auf öffentlichen Strassen** wird durch die Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (SDR)¹ geregelt. Die internationalen Bestimmungen des ADR² sind integrierter Bestandteil dieser Verordnung.

Auf öffentlichen Strassen werden zusätzlich die **Beförderung innerhalb der Freistellung** und die **Beförderung über der Freistellung** unterschieden. Die Unterschiede beziehen sich auf die Menge der zu befördernden Sprengmittel oder pyrotechnischen Gegenständen sowie auf den Umfang der zu beachtenden Vorschriften.

Der Eintrag FWA berechtigt **nicht** zur Beförderung von pyrotechnischen Gegenständen **über den Freistellungen** gemäss ADR / SDR.

2 Beförderung auf Werkstrassen

Als Werkstrassen gelten Strassen die ausschliesslich dem privaten Gebrauch dienen. Es sind also Strassen innerhalb eines abgegrenzten Werkareals oder einer Grossbaustelle (Baupiste), oder es sind Privatstrassen, die als solche gekennzeichnet sind und mit einem richterlichen Zutrittsverbot belegt sind.

Für die Beförderung auf Werkstrassen sind folgende Vorschriften zu beachten:

Fahrzeugführer, die solche Beförderungen durchführen, müssen im Umgang mit pyrotechnischen Gegenständen unterrichtet sein. Es ist nicht zwingend, dass sie im Besitze eines Verwendungsausweises FWA oder einer ADR-Bescheinigung sind.

Pyrotechnische Gegenstände sind in den UN geprüften Versandpackungen oder in geschlossenen Behältern, welche in gutem, gebrauchstauglichem Zustand sind, zu befördern.

Beispiele:



¹ Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse / Ordonnance relative au transport de marchandises dangereuses par route.

² Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse / Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route.

3 Beförderung auf öffentlichen Strassen innerhalb der Freistellung

Die Freistellung bezieht sich auf die Mengen die pro Beförderungseinheit befördert werden. Man spricht von einer Freistellung, wenn die Netto-Explosivstoffmasse NEM (Nettogewicht des explosiven Stoffes in kg) des zu transportierenden Produktes eine bestimmte Menge nicht überschreitet. Die einzelnen Produkte sind in verschiedene Beförderungskategorien eingeteilt. Jede dieser Beförderungskategorien hat, entsprechend der Höhe der Freistellung, einen bestimmten Multiplikationsfaktor (Tabelle Anhang b). Für Beförderungen innerhalb der Freistellung darf die Menge der zu transportierenden Netto-Explosivstoffmasse in Kilogramm (Tabelle Anhang c) multipliziert mit diesem Faktor den berechneten Wert von 1000 (Punkte) nicht überschreiten.

Mögliches **Vorgehen zur Berechnung des Wertes:**

1.	UN Nummer eintragen (aus Tabelle Anhang b oder Lieferschein)
2.	Offizielle Benennung eintragen (aus Tabelle Anhang b oder Lieferschein)
3.	Code / Verträglichkeitsgruppe eintragen (aus Tabelle Anhang b oder Lieferschein)
4.	Tunnelcode eintragen (aus Tabelle Anhang b oder Lieferschein)
5.	Bezeichnung des Gegenstandes eintragen (aus Tabelle Anhang b oder Lieferschein)
6.	NEM bei der entsprechenden Beförderungskategorie (Multiplikator) einfügen
7.	Summen der NEM pro Beförderungskategorie berechnen
8.	Totale NEM zusammen zählen
9.	Produkte bilden (NEM x Multiplikationsfaktor; bei Dezimalstellen hinter dem Komma auf den nächsten Punkt aufrunden)
10.	Summe der Produkte zusammenzählen; Gesamtsumme der Produkte darf den Wert 1000 nicht überschreiten

UN Nummer	Offizielle Benennung	Klassif./ Code	Tunnel-code	Bezeichnung des Stoffes / Gegenstandes	BK 1 x50	BK 2 x3	BK 4 x0
UN 0334	FEUERWERKSKÖRPER	1.2 G	(B1000C)	römische Kerzen 60mm	3.0 kg		
Total Beförderungskategorie 1					3.0 kg		
UN 0431	PYROTECHNISCHE GEGENSTÄNDE für technische Zwecke	1.4 G	(E)	Bühnenfontäne		1.4 kg	
Total Beförderungskategorie 2						1.4 kg	
UN 0432	PYROTECHNISCHE GEGENSTÄNDE für technische Zwecke	1.4 S	(E)	Funkenregen			2.5 kg
Total Beförderungskategorie 4							2.5 kg
Summe Nettoexplosivstoffmasse (NEM)				Total 6.9 kg	3.0 kg	1.4 kg	2.5 kg
Multiplikationsfaktoren (pro kg NEM)					50	3	0
Produkte					150	5	0
Summe der Produkte (Resultat < 1000)					155		

3.1 Vorschriften für die Beförderung innerhalb der Freistellung

Beförderungen innerhalb der Freistellung auf öffentlichen Strassen sind von gewissen Vorschriften des SDR und ADR befreit. Die nachfolgend aufgeführten Vorschriften sind jedoch zu beachten.

3.1.1 Verhalten des Fahrzeugführers

Die an der Beförderung beteiligten Personen müssen, entsprechend ihren Aufgaben, mit den Vorschriften für die Beförderung gefährlicher Güter vertraut gemacht werden (Unterweisung). Die Unterweisung ist zu dokumentieren und die entsprechenden Dokumente sind vom Arbeitgeber mindestens 5 Jahre aufzubewahren. Die Fahrzeugführer benötigen keinen Verwendungsausweis FWA oder eine ADR-Bescheinigung.

Folgende Vorschriften sind vom Fahrzeugführer einzuhalten:

- das Rauchen (inkl. elektronische Zigaretten) ist in und in der Nähe der Fahrzeuge verboten;
- Das Fahren unter Alkoholeinfluss³ ist verboten, wenn ein Motorwagen von einem Gesamtgewicht von mehr als 3,5 t eingesetzt wird;
- Das freie Halten und Parkieren eines Fahrzeuges mit gefährlichen Gütern, ist auf öffentlichen Strassen untersagt. Ausser:
 - a) Zum Beladen und Entladen des Fahrzeuges;
 - b) zur Kontrolle des Fahrzeuges und der Ladung;
 - c) zum Verpflegen der Fahrzeugbesatzung;
 - d) bei schlechten Witterungsverhältnissen.

(Gemäss Sprengstoffgesetz Art. 22 ist zu beachten, dass pyrotechnische Gegenstände jederzeit gegen Diebstahl und Wegnahme durch Unbefugte zu sichern sind).

³ $\geq 0.1 \text{ ‰}$ Blutalkoholkonzentration oder $\geq 0,05 \text{ mg/l}$ Atemalkoholkonzentration

3.1.2 Papiere und Ausrüstung der Fahrzeuge

Folgende Papiere und Ausrüstung müssen bei Beförderungen **innerhalb der Freistellung** mitgeführt werden:

- Beförderungspapier (Anhang e)
(muss vom Absender und vom Beförderer mindestens drei Monate aufbewahrt werden)
werden pyrotechnische Gegenstände, für die ein Zusammenladeverbot besteht, auf die gleiche Beförderungseinheit geladen sind zwei separate Beförderungspapiere auszustellen;
- 1 Feuerlöscher à 2 kg (für Fahrzeuge bis 3.5 Tonnen).
(Anforderungen an Feuerlöscher: Brandklassen A, B und C, Norm EN 3, Plombierung, Datum der nächsten Prüfung).
Hinweis: In der Schweiz ist es vorgeschrieben, dass die Feuerlöscher auf Motorwagen mindestens alle 3 Jahre einer wiederkehrenden Prüfung zu unterziehen sind (Verordnung über die technischen Anforderungen an Strassenfahrzeuge, VTS Art.114 Abs.3)



3.1.3 Zusammenpacken mit Anzündmitteln

Die pyrotechnischen Gegenstände der UN-Nr. 0066, 0101, 0131, 0197, 0333, 0334, 0335, 0336, 0337, 0430, 0431 und 0432 dürfen mit ihren eigenen Anzündmitteln zusammengepackt werden (in gleiche Kiste), vorausgesetzt, die Anzündmittel können unter normalen Beförderungsbedingungen nicht ausgelöst werden.

Die Bezeichnung auf der Verpackung richtet sich nach dem Produkt mit der höheren Gefährlichkeit (z.B. zusammenpacken von UN-Nr. 0335, 1.3G mit UN-Nr. 0131, 1.4S = UN-Nr. 0335, 1.3G).

3.1.4 Zusammenpacken mit anderen pyrotechnischen Gegenständen

Die pyrotechnischen Gegenstände der UN-Nr. 0027, 0197, 0333, 0334, 0335, 0336, 0337, 0430, 0431 und 0432 dürfen gemäss untenstehender Tabelle zusammengepackt werden.

Tabelle 1: Zusammenpacken

UN-Nummer	0027	0197	0333	0334	0335	0336	0337	0430	0431	0432
0027										
0197								B	B	B
0333				A	A	A	A			
0334			A		A	A	A			
0335			A	A		A	A			
0336			A	A	A		A			
0337			A	A	A	A				
0430		B							B	B
0431		B						B		B
0432		B						B	B	

A = Zusammenpackung ohne Massenbegrenzung

B = Zusammenpackung bis zu einer Nettoexplosivstoffmasse von max. 50 kg

3.1.5 Zusammenladeverbot

Das Zusammenladeverbot gilt nicht zwischen Zugfahrzeug und Anhänger.

a) Zusammenladeverbot der Klasse 1

Produkte mit Verträglichkeitsgruppen D, G, S und derselben Verträglichkeitsgruppe dürfen auf dem gleichen Fahrzeug verladen werden.

Beispiel: 1.3G und 1.4S oder 1.3G und 1.3G

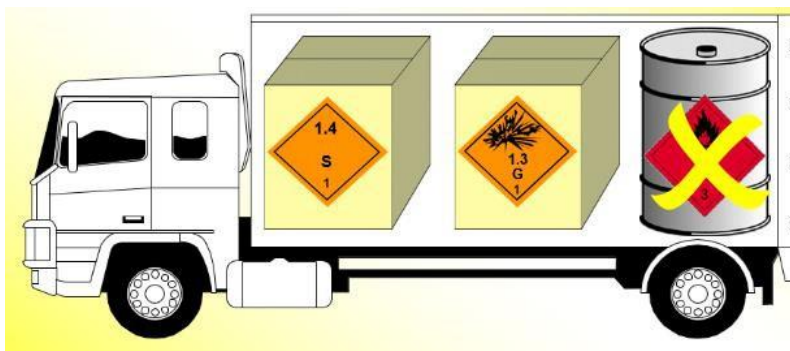
Verträglichkeitsgruppen	A	B	C	D	E	F	G	H	J	L	N	S
A	X											
B		X		a)								X
C			X	X	X		X					X
D		a)	X	X	X		X					X
E			X	X	X		X					X
F						X						X
G			X	X	X		X					X
H								X				X
J									X			X
L												
N												X
S		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X

X = Zusammenladung zugelassen

a) Versandstücke mit Gegenständen der Verträglichkeitsgruppe B und Versandstücke mit Stoffen oder Gegenständen der Verträglichkeitsgruppe D dürfen zusammen in ein Fahrzeug oder einen Container verladen werden, vorausgesetzt, sie sind wirksam getrennt, so dass keine Gefahr der Explosionsübertragung von Gegenständen der Verträglichkeitsgruppe B auf Stoffe oder Gegenstände der Verträglichkeitsgruppe D besteht. Die Trennung ist durch die Verwendung getrennter Abteile oder durch Einsetzen einer der beiden Arten von explosiven Stoffen oder Gegenständen mit Explosivstoff in ein besonderes Umschließungssystem z

b) Zusammenladeverbot der Klasse 1 mit anderen Klassen

Pyrotechnische Gegenstände, mit Ausnahme derjenigen der Unterklasse 1.4S, dürfen nicht zusammen mit Gütern anderer Klassen (z.B. Gas, Klasse 2 oder Diesel, Klasse 3) verladen werden.



3.1.6 Reinigung der Ladefläche / Ladungssicherung

Vor dem Beladen mit Stoffen und Gegenständen der Klasse 1 ist die Ladefläche des Fahrzeuges gründlich zu reinigen.

Die einzelnen Teile einer Ladung müssen in und auf den Fahrzeugen so verstaut oder durch geeignete Mittel gesichert werden, dass sich ihre Lage nicht verändern kann.

3.2 Tunnelvorschriften innerhalb Freistellung

Innerhalb der Freistellungen dürfen alle Tunnels befahren werden. Werden jedoch signalisierte Tunnels befahren, muss der Tunnelbeschränkungscode (Tabelle Anhang b, Seite 22) auf dem Beförderungspapier ersichtlich sein.

Beim Autoverlad am Furka, Vereina und am Lötschberg besteht ein absolutes **Transportverbot**.



Abb. 5:
Signalisation
«Tunnel mit Beschränkung»

4 Beförderung auf öffentlichen Strassen über der Freistellung (nur FWB)

4.1 Gefahrgutbeauftragtenverordnung

Jede Unternehmung (natürliche und juristische Person), die gefährliche Güter über der Freistellung befördert, ist verpflichtet einen Gefahrgutbeauftragten gemäss Gefahrgutbeauftragtenverordnung (GGBV) zu ernennen. Diese Ernennung ist schriftlich festzuhalten und der Vollzugsbehörde zu melden.

Gefahrgutbeauftragte können Angehörige der Unternehmung oder aussenstehende Personen sein. Sie beraten die Unternehmung bei allen Tätigkeiten, die im Zusammenhang mit der Beförderung gefährlicher Güter ausgeführt werden, und überwachen die Einhaltung der entsprechenden Vorschriften.

4.2 Vorschriften für die Beförderung über der Freistellung

Zusätzlich zu den im Modul FWA aufgeführten Vorschriften sind für Beförderung über der Freistellung weitere Vorschriften zu beachten.

4.2.1 Fahrzeugbesatzung

Zur Fahrzeugbesatzung gehören der Fahrzeugführer und jede andere Person die den Fahrzeugführer aus Sicherheits-, Sicherungs-, Ausbildungs- oder Betriebsgründen begleitet. Jedes Mitglied der Besatzung muss während der Beförderung einen Lichtbildausweis mit sich führen. Der Fahrzeugführer muss nebst dem Fahrausweis im Besitze der ADR-Bescheinigung (z.B. ASTAG) oder des Verwendungsausweises FWB (SBFI) sein. Ausser der Fahrzeugbesatzung dürfen keine Personen in Beförderungseinheiten, in denen gefährliche Güter befördert werden, mitgenommen werden.

Die Fahrzeugbesatzung muss über die Sicherungsmassnahmen, um den Diebstahl oder den Missbrauch gefährlicher Güter zu verhindern, unterrichtet werden (siehe Anhang g). Die Unterweisung ist zu dokumentieren, und die entsprechenden Dokumente sind vom Arbeitgeber mindestens 5 Jahre aufzubewahren.

Die Verhaltensregeln bei Tunneldurchfahrten müssen beachtet werden:

- a) Massnahmen vor dem Tunnel (sich vergewissern, dass keine Probleme auftreten bei Motor, Bremsen, elektrische Systeme);
- b) Verhalten im Tunnel:
 - **Allgemein** (nur rechts fahren, genügend Abstand zwischen den Fahrzeugen, nicht wenden oder rückwärtsfahren usw.);
 - **bei Stau** (Warnblinker einschalten, Sicherheitsabstand einhalten, Motor abschalten usw.);
 - **bei Feuer im Tunnel** (Motor abschalten, Fahrzeug verlassen und sich in Sicherheit bringen usw.);
 - **bei Panne / Fahrzeugbrand** (Warnblinker einschalten, Motor abschalten, Polizei alarmieren, Brand löschen usw.).

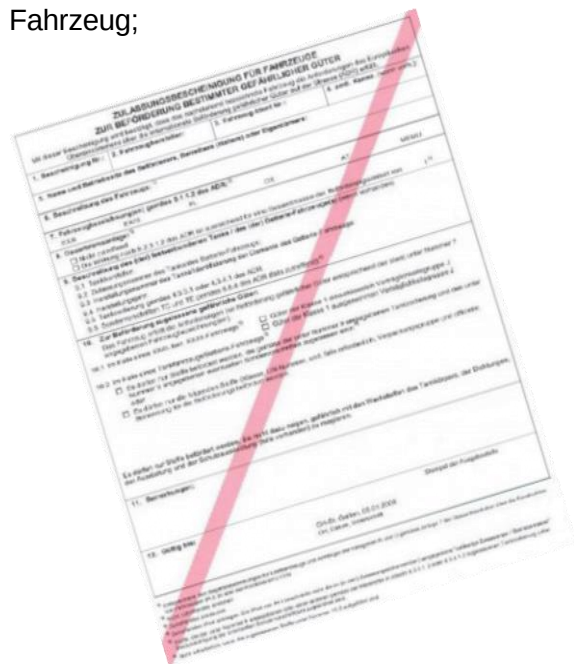
4.2.2 Papiere und Ausrüstung der Fahrzeuge

Folgende Papiere und Ausrüstung müssen bei Beförderungen über der Freistellung mitgeführt werden:

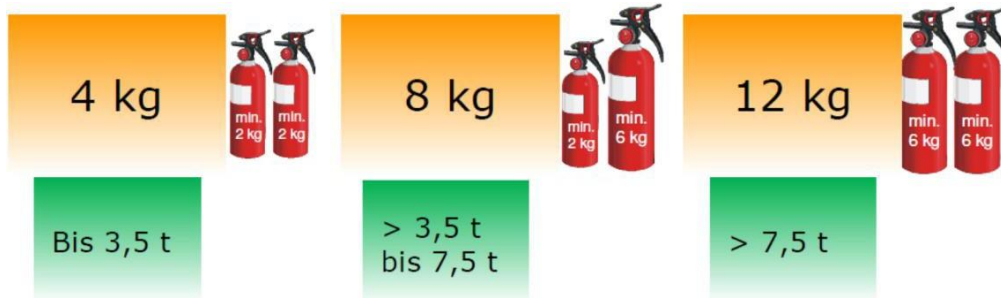
- Beförderungspapier (Anhang e)
(muss vom Absender und vom Beförderer mindestens drei Monate aufbewahrt werden) werden pyrotechnische Gegenstände, für die ein Zusammenladeverbot besteht, auf die gleiche Beförderungseinheit geladen sind zwei separate Beförderungspapiere auszustellen;
- Schriftliche Weisungen (Anhang g)(in der Kabine des Fahrzeuges an leichtzugänglicher Stelle aufbewahren);



- Fahrzeugausweis mit dem Eintrag über den Transport gefährlicher Güter;
- Zulassungsbescheinigung für EX/II oder EX/III Fahrzeug;



- Feuerlöschmittel geeignet für die Brandklassen A, B und C;
 - min. 4 kg Feuerlöschmittel, z.B. 2 Feuerlöscher à 2 kg (für Beförderungseinheiten bis 3,5 Tonnen Gesamtmasse);
 - min. 8 kg Feuerlöschmittel, z.B. 1 Feuerlöscher à 2 kg + 1 Feuerlöscher à 6 kg (für Fahrzeuge über 3,5 Tonnen bis 7,5 Tonnen Gesamtmasse);
 - min. 12 kg Feuerlöschmittel, z.B. 2 Feuerlöscher à 6 kg (für Fahrzeuge über 7,5 Tonnen Gesamtmasse);



- 2 selbst stehende Warnzeichen (z.B. reflektierende Kegel oder Faltsignale (Triopan) oder orangefarbene Warnblinkleuchten, die von der elektrischen Ausrüstung des Fahrzeuges unabhängig sind);
- 1 Unterlegekeil je Fahrzeug, dessen Abmessungen der Masse des Fahrzeuges und dem Durchmesser der Räder angepasst sein müssen;
- 1 geeignete Warnweste (z.B. wie in Norm EN471:2003 + A1:2007 beschrieben) für jedes Mitglied der Fahrzeugbesatzung;
- 1 tragbares Beleuchtungsgerät (z.B. Handlampe ohne Oberfläche aus Metall) für jedes Mitglied der Fahrzeugbesatzung;
- 1 Paar Schutzhandschuhe für jedes Mitglied der Fahrzeugbesatzung;
- 1 Augenschutz (z.B. Schutzbrille) für jedes Mitglied der Fahrzeugbesatzung.



4.2.3 Fahrzeuge

Für die Beförderung von Gefahrgütern der Klasse 1 über der Freistellung müssen die Fahrzeuge besondere Bauvorschriften erfüllen. Sie benötigen eine Zulassungsbescheinigung EX/II (bedeckt = Plane) oder EX/III (gedeckt = fester Aufbau).

Türen, starre Abdeckungen und Öffnungen in Ladeabteilen von Fahrzeugen müssen während der Fahrt verschlossen sein.

Bei einem Anhängerzug besteht die Möglichkeit, dass nur der Anhänger den Vorschriften gemäss EXII oder EXIII entspricht.

Für Fahrzeuge, die gefährliche Güter befördern, ist eine erhöhte Haftpflichtversicherung (Minimum Fr. 15'000'000.--) abzuschliessen, diese muss im Fahrzeugausweis eingetragen sein.



4.2.4 Begrenzung der beförderten Mengen

Für gefährliche Güter der Klasse 1 bestehen nach ADR höchstzulässige Mengen, die je Beförderungseinheit befördert werden dürfen.

Höchstzulässige Nettoexplosivmasse in kg je Beförderungseinheit von den Gütern der Klasse 1:

Beförderungseinheit	Unterklasse	1.1		1.2	1.3	1.4		Ungereinigte leere Verpackungen
	Verträglichkeitsgruppe	1.1A	ausser 1.1A			ausser 1.4S	1.4S	
EX/II		6.25	1000	3000	5000	15000	unbegrenzt	unbegrenzt
EX/III		18.75	16000	16000	16000	16000	unbegrenzt	unbegrenzt

Wenn eine Beförderungseinheit aus einem Fahrzeug EX/II und EX/III besteht, in denen in beiden explosive Stoffe oder Gegenstände mit Explosivstoff befördert werden, gilt die für eine Beförderungseinheit EX/II geltende Mengenbegrenzung für die ganze Beförderungseinheit.

Fahrzeuge von Transporten über der Freistellung müssen mit orangefarbenen Tafeln (vorne und hinten an der Beförderungseinheit) und den Grosszetteln (Placards) (seitlich und hinten am Fahrzeug) versehen sein.

Die Grosszettel geben an, welche Unterklasse und Verträglichkeitsgruppe auf dem gleichen Fahrzeug transportiert werden (Beispiele Anhang g)

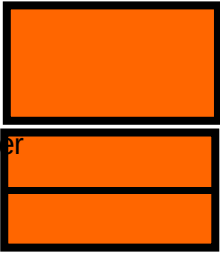
Orangefarbene Tafel	Grosszettel (Placards)		
 oder			
Für alle Transporte	Für pyrotechnische Gegenstände mit <u>Klassifizierungscode 1.3 G</u>	Für pyrotechnische Gegenstände mit <u>Klassifizierungscode 1.4 G</u>	Für pyrotechnische Gegenstände mit <u>Klassifizierungscode 1.3 G</u> und pyrotechnische Gegenstände mit <u>Klassifizierungscode 1.4 G</u> . (Unterklasse "1.3 G" beim Zusammenladen auf dem gleichen Fahrzeug*)
Rechteck, 400x300 mm, schwarz auf orangefarbenem Grund, mit max. 15 mm breitem Rand. (Sofern kein Platz vorhanden, können Tafeln 300x120 mm, Randbreite 10 mm verwendet werden).	Quadrat, minimal 25 cm, auf die Spitze gestellt, schwarz auf orangefarbenem Grund, explodierende Bombe in der oberen Hälfte, Nummer der Unterklasse „1.3“ und Buchstabe der Verträglichkeitsgruppe „G“, kleine Ziffer 1 in der unteren Ecke.	Quadrat, minimal 25 cm, auf die Spitze gestellt, schwarz auf orangefarbenem Grund, Nummer der Unterklasse „1.4“ und Buchstabe der Verträglichkeitsgruppe „G“; kleine Ziffer 1 in der unteren Ecke.	Quadrat, minimal 25 cm, auf die Spitze gestellt, schwarz orangefarbenem Grund, explodierende Bombe in der oberen Hälfte, Nummer der Unterklasse „1.3“ und Buchstabe der Verträglichkeitsgruppe „G“, kleine Ziffer 1 in der unteren Ecke.
	*Werden pyrotechnische Gegenstände verschiedener Unterklassen auf einem Fahrzeug transportiert, so ist die gefährlichste Unterklasse anzugeben. Bei unterschiedlichen Verträglichkeitsgruppen ist diese nicht anzugeben.		

Abb. 6: Beschreibung der orangefarbenen Tafeln und der Grosszettel

Werden ausschliesslich pyrotechnische Gegenstände der Unterklasse 1.4 Verträglichkeitsgruppe S befördert, müssen die Fahrzeuge nicht gekennzeichnet werden.

4.3 Tunnelvorschriften

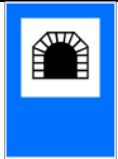
Bestimmte, entsprechend signalisierte Strassenstrecken (Tunnels) dürfen von Fahrzeugen mit gefährlichen Gütern nicht oder nur beschränkt befahren werden.

Kennzeichnungspflichtige Fahrzeuge, die gefährliche Güter befördern, dürfen in den mit dem Signal «Tunnel» bezeichneten Tunnel nur auf dem rechten Fahrstreifen verkehren.



Einteilung der Tunnels

Die Tunnels können in den Kategorien A bis E eingeteilt werden.

Kategorie	Beschränkung	Signalisation
A		
B	Beschränkungen für gefährliche Güter, die zu einer sehr grossen Explosion führen können.	 B
C	Beschränkungen für gefährliche Güter, die zu einer sehr grossen Explosion, einer grossen Explosion oder einem umfangreichen Freiwerden giftiger Stoffe führen können.	 C
D	Beschränkungen für gefährliche Güter, die zu einer sehr grossen Explosion, einer grossen Explosion, einem umfangreichen Freiwerden giftiger Stoffe oder einem grossen Brand führen können.	 D
E	Beschränkungen für alle gefährlichen Güter mit Ausnahme der UN-Nummern 2919, 3291, 3331, 3359 und 3373.	 E

Hinweis: Tunnels der Kategorie B, C und D sind zurzeit in der Schweiz nicht vorhanden!
Siehe nachfolgende Tabelle

In der Schweiz sind alle in der folgenden Tabelle aufgeführten Tunnels in der Kategorie E eingeteilt.

Kanton	Nationalstrasse = A Kantonsstrasse = KS	Tunnel	Tunnel- kategorie
UR-TI	A 2 Göschenen-Airolo	Gotthard	E
GR	A 13 Thusis-Tessin	San Bernadino	E
TG	KS Frauenfeld	Kreisel Bahnhof Frauenfeld	E
TI	KS Bellinzona-Brissago	Mappo/Morettina	E
TI	KS Lugano	Vedeggio-Cassarate	E
VD	KS Crissier	Galerie du Marcolet	E
VS (und Italien)	KS Martigny-Aosta	Grosser St. Bernhard	E

Tunnelbeschränkungscode für gefährliche Güter

Den gefährlichen Gütern ist ein Tunnelbeschränkungscode zugewiesen (siehe Tabelle Anhang b) der folgende Bedeutung hat:

Code	Beschränkung
(B)	Durchfahrt verboten durch Tunnel der Kategorien B, C, D und E
(B1000C)	Beförderungen, bei denen die Nettoexplosivstoffmasse je Beförderungseinheit: 1000 kg überschreitet: Durchfahrt verboten durch Tunnel der Kategorien B, C, D und E; 1000 kg nicht überschreitet: Durchfahrt verboten durch Tunnel der Kategorien C, D und E.
(B/D)	Beförderungen in Tanks: Durchfahrt verboten durch Tunnel der Kategorien B, C, D und E. Sonstige Beförderungen: Durchfahrt verboten durch Tunnel der Kategorien D und E.
(B/E)	Beförderungen in Tanks: Durchfahrt verboten durch Tunnel der Kategorien B, C, D und E. Sonstige Beförderungen: Durchfahrt verboten durch Tunnel der Kategorie E.
(C)	Durchfahrt verboten durch Tunnel der Kategorien C, D und E.
(C5000D)	Beförderungen, bei denen die Nettoexplosivstoffmasse je Beförderungseinheit: 5000 kg überschreitet: Durchfahrt verboten durch Tunnel der Kategorien C, D und E; 5000 kg nicht überschreitet: Durchfahrt verboten durch Tunnel der Kategorien D und E.
(C/D)	Beförderungen in Tanks: Durchfahrt verboten durch Tunnel der Kategorien C, D und E. Sonstige Beförderungen: Durchfahrt verboten durch Tunnel der Kategorien D und E.
(C/E)	Beförderungen in Tanks: Durchfahrt verboten durch Tunnel der Kategorien C, D und E. Sonstige Beförderungen: Durchfahrt verboten durch Tunnel der Kategorie E.
(D)	Durchfahrt verboten durch Tunnel der Kategorien D und E.
(D/E)	Beförderungen in loser Schüttung oder in Tanks: Durchfahrt verboten durch Tunnel der Kategorien D und E. Sonstige Beförderungen: Durchfahrt verboten durch Tunnel der Kategorie E.
(E)	Durchfahrt verboten durch Tunnel der Kategorie E.

Wenn eine Beförderungseinheit gefährliche Güter enthält, denen unterschiedliche Tunnelbeschränkungs-codes zugeordnet sind, so ist die gesamte Ladung dem strengsten Code zuzuordnen.

Beförderung von pyrotechnischen Gegenständen durch signalisierte Tunnel

Die pyrotechnischen Gegenstände haben folgende Codes zugeordnet:

(B1000C) (UN-Nr.,0027, 0333, 0334);

(C5000D) (UN-Nr. 0101, 0335, 0305, 0430);

(E) (UN-Nr. 0066, 0131, 0197, 0336, 0337, 0431, 0432).

Grafische Darstellung Beschränkungen Tunnelcode

Tunnelbeschränkungscode der gesamten Ladung	Tunnelkategorie				
	A	B	C	D	E
(B)	GO	STOP	STOP	STOP	STOP
(B1000C) NEM über 1000kg	GO	STOP	STOP	STOP	STOP
(B1000C) NEM bis 1000kg	GO	GO	STOP	STOP	STOP
(B/D)	GO	GO	GO	STOP	STOP
(B/E)	GO	GO	GO	GO	STOP
(C)	GO	GO	STOP	STOP	STOP
(C5000D) NEM über 5000kg	GO	GO	STOP	STOP	STOP
(C5000D) NEM bis 5000kg	GO	GO	GO	STOP	STOP
(C/D)	GO	GO	GO	STOP	STOP
(C/E)	GO	GO	GO	GO	STOP
(D)	GO	GO	GO	STOP	STOP
(D/E)	GO	GO	GO	GO	STOP
(D/E) in loser Schüttung	GO	GO	GO	STOP	STOP
(E)	GO	GO	GO	GO	STOP

Werden ausschliesslich pyrotechnische Gegenstände der Unterklasse 1.4

Verträglichkeitsgruppe S befördert, müssen die Fahrzeuge nicht gekennzeichnet werden.

4.4 Sicherungsmassnahmen

Vorschriften für die Sicherung

Unter «Sicherung» versteht man die Massnahmen oder Vorkehrungen, die zu treffen sind, um den Diebstahl oder den Missbrauch gefährlicher Güter, durch den Personen, Güter oder die Umwelt gefährdet werden können, zu minimieren. Für pyrotechnische Gegenstände ist ein Sicherungsplan zu erstellen.

Allgemeine Vorschriften:

- Gefährliche Güter dürfen nur Beförderern zur Beförderung übergeben werden, deren Identität in geeigneter Weise festgestellt wurde.
- Bereiche in denen die gefährlichen Güter vorübergehend abgestellt werden müssen ordnungsgemäss gesichert, gut beleuchtet und, soweit möglich, für die Öffentlichkeit unzugänglich sein.
- Jedes Mitglied der Fahrzeugbesatzung muss während der Beförderung gefährlicher Güter einen Lichtbildausweis mit sich führen.

Unterweisung im Bereich der Sicherung:

- Alle an der Beförderung beteiligten Personen müssen entsprechend ihrer Tätigkeit über die Sicherungsvorschriften unterwiesen werden.
- Die Unterweisung muss vor Aufnahme der Tätigkeit erfolgen.
- Die Unterlagen der Unterweisung müssen vom Arbeitgeber mindestens zehn Jahre aufbewahrt werden.

Sicherungsplan

- Jeder Sicherungsplan muss mindestens folgende Elemente beinhalten:
- Zuweisung der Verantwortlichkeiten im Bereich der Sicherung an Personen, welche über die erforderlichen Kompetenzen und Qualifikationen verfügen und mit den entsprechenden Befugnissen ausgestattet sind;
- Verzeichnis der betroffenen gefährlichen Güter oder der Arten der betroffenen gefährlichen Güter;
- Bewertung der üblichen Vorgänge und den sich daraus ergebenden Sicherheitsrisiken;
- Darstellung der Massnahmen, die für die Verringerung der Sicherheitsrisiken zu ergreifen sind;
- Verfahren zur Meldung von und für das Verhalten bei Bedrohungen, Verletzungen der Sicherung oder damit zusammenhängenden Zwischenfällen;
- Verfahren zur Bewertung und Erprobung der Sicherungspläne und Verfahren zur wiederkehrenden Überprüfung und Aktualisierung der Pläne;
- Massnahmen zur Gewährleistung der physischen Sicherung der im Sicherungsplan enthaltenen Beförderungsinformation;
- Massnahmen zur Gewährleistung, dass die Verbreitung der im Sicherungsplan enthaltenen Information auf diejenigen Personen begrenzt ist, die diese Informationen benötigen.

Hinweis:

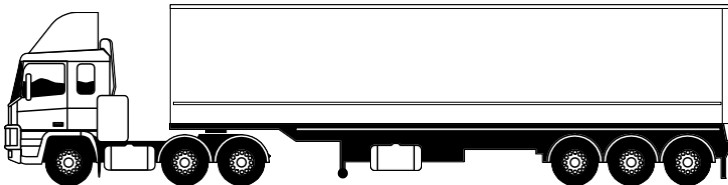
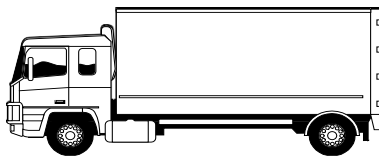
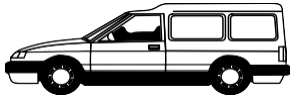
Der Sicherungsplan muss von einem Gefahrgutbeauftragten erstellt und aktualisiert werden.

5 Anhang

Anhang a Begriffe

ADR: Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse.

Beförderungseinheit: Ein Motorfahrzeug ohne Anhänger oder eine Einheit aus einem Motorfahrzeug mit Anhänger.



Fahrzeug: Zugfahrzeug oder Anhänger der Beförderungseinheit.

Klassifizierungscode: Setzt sich zusammen aus den Nummern der Unterklasse und dem Buchstaben der Verträglichkeitsgruppe.

Netto-Explosivstoffmasse (NEM): Die Gesamtmasse der explosiven Stoffe ohne Verpackungen, Gehäuse usw.

SDR: Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse (nationales Recht).

Unterklassen: In der Rangfolge der Gefährlichkeit: 1.1 (am gefährlichsten), 1.5, 1.2, 1.3, 1.6, 1.4 (am wenigsten gefährlich). Es sind nur diejenigen beschrieben, die für pyrotechnische Gegenstände relevant sind.

Unterklasse 1.1: Stoffe und Gegenstände, die massenexplosionsfähig sind. (Eine Massenexplosion ist eine Explosion, die nahezu die gesamte Ladung praktisch gleichzeitig erfasst).

Unterklasse 1.2: Stoffe und Gegenstände, die die Gefahr der Bildung von Splittern, Spreng- und Wurfstücken aufweisen, aber nicht massenexplosionsfähig sind.

Unterklasse 1.3: Stoffe und Gegenstände, die eine Feuergefahr besitzen und die entweder eine geringe Gefahr durch Luftdruck oder eine geringe Gefahr durch Splitter, Spreng- und Wurfstücke oder durch beides aufweisen, aber nicht massenexplosionsfähig sind, a) bei deren Verbrennung beträchtliche Strahlungswärme entsteht oder b) die nacheinander so abbrennen, dass eine geringe Luftdruckwirkung oder Splitter-, Sprengstück-, Wurfstückwirkung oder beide Wirkungen entstehen.

Unterklasse 1.4: Stoffe und Gegenstände, die im Falle der Entzündung oder Zündung während der Beförderung nur eine geringe Explosionsgefahr darstellen. Die Auswirkungen bleiben im Wesentlichen auf das Versandstück beschränkt, und es ist nicht zu erwarten, dass Sprengstücke mit grösseren Abmessungen oder grösserer Reichweite entstehen. Ein von aussen einwirkendes Feuer darf keine praktisch gleichzeitige Explosion des nahezu gesamten Inhalts des Versandstückes nach sich ziehen.

Anhang b Zusammenstellung der wichtigsten pyrotechnischen Gegenstände

Beförderungskategorie					1	2	4
Multiplikations- /Divisionsfaktoren					50	3	0
UN-Nr.	Offizielle Benennung	Klassif. Code	Tunnel Code	Bezeichnung des Stoffes oder Gegenstandes	20 kg	333 kg	unbegrenzt
0027	SCHWARZPULVER	1.1 D	(B1000C)	Schwarzpulver	●		
0066	ANZÜNDLITZE	1.4 G	(E)	Anzündlitzen		●	
0101	STOPPINEN, NICHT SPRENGKRÄFTIG	1.3 G	(C5000D)	Stoppinen	●		
0131	ANZÜNDER, ANZÜND-SCHNUR	1.4 S	(E)	Elektrische Anzünder			●
0197	SIGNALKÖRPER, RAUCH	1.4 G	(E)	Rauchkörper		●	
0305	BLITZLICHTPULVER	1.3 G	(C5000D)	Blitzlichtpulver	●		
0333	FEUERWERKSKÖRPER	1.1 G	(B1000C)	Knallbatterien, Kugelbomben mit Sterneffekt > 180 mm	●		
0334	FEUERWERKSKÖRPER	1.2 G	(B1000C)	Römische Kerzen 60 mm	●		
0335	FEUERWERKSKÖRPER	1.3 G	(C5000D)	Kugelbomben mit Sterneffekt < 180mm, Batterien	●		
0336	FEUERWERKSKÖRPER	1.4 G	(E)	Vulkane		●	
0337	FEUERWERKSKÖRPER	1.4 S	(E)	Feuerzöpfe			●
0430	PYROTECHNISCHE GEGENSTÄNDE für technische Zwecke	1.3 G	(C5000D)	Blitz	●		
0431	PYROTECHNISCHE GEGENSTÄNDE für technische Zwecke	1.4 G	(E)	Theaterknall; Bühnenfontäne, Funkenvorhang		●	
0432	PYROTECHNISCHE GEGENSTÄNDE für technische Zwecke	1.4 S	(E)	Höhenfunkenblitz, Funkenregen			●

Anhang c Liste der Netto-Explosivstoffmasse (Beispiele)

UN-Nummer	Klassif.-code	Bezeichnung	Nettoexplosivstoffmasse
0335	1.3G	Kugelrakete 100 mm	0.310 kg
0335	1.3G	Batterie 75 mm, 25 Schuss	3.000 kg
0334	1.2G	Röm. Kerze 60 mm	0.560 kg
0336	1.4G	Vulkan	0.370 kg
0336	1.4G	Röm. Lichterbündel 18 mm	0.600 kg
0337	1.4S	Feuerzopf 1.0 m	0.082 kg
0131	1.4S	elektrische Anzünder Typ A	0.002 kg

Bei den obengenannten Produkten handelt es sich um Beispiele. Die Netto-Explosivstoffmasse für jedes einzelne Produkt ist aus dem Lieferschein des jeweiligen Verkäufers ersichtlich.

Anhang d Berechnungsbeispiel Freistellungen

Beförderungskategorie					BK 1	BK 2	Bk 4
Multiplikationsfaktoren					50	3	0
UN-Nr.	Benennung	Klassif./Code	Tunnel-code	Bezeichnung des Stoffes / Gegenstandes	20 kg	333 kg	unbegrenzt
0333	Feuerwerkskörper	1.1G	(B1000C)	Knallbatterie	2.5 kg		
0335	Feuerwerkskörper	1.3G	(C5000D)	Kugelbombenbatterie 75 mm	6.5 kg		
0335	Feuerwerkskörper	1.3G	(C5000D)	Batterie	10.6 kg		
0336	Feuerwerkskörper	1.4G	(E)	Vulkanfächer		5.0 kg	
0337	Feuerwerkskörper	1.4S	(E)	Feuerschrift			6.4 kg
Beförderte Nettoexplosivstoffmasse					19.6 kg	5.0 kg	6.4 kg
Multiplikationsfaktoren (pro kg)					50	3	0
Produkte (Faktor x tatsächliche Nettoexplosivstoffmasse, NEM)					980	15	0
Summe der Produkte					995		

Da die Summe der Produkte den berechneten Wert von 1000 nicht erreicht, verbleibt im vorliegenden Falle ein verfügbares freies Punktekongingent von $1000 - 995 = 5$, das zur Ergänzung der Ladung ausgenützt werden könnte.

Anhang e Beförderungspapier

Beförderungspapier für die Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse nach ADR 5.4.1.1.1									
Absender:				Empfänger (Firma):					
Datum: _____				Fz-Kennzeichen: _____					
Chauffeur: _____									
1	2	3 (a)	4 (b)	5 (c)	6 (d)	7	8	9	10
Stück - zahl	Versand- stücke (Gebinde)	UN-Nr.	Offiz. Benennung des Stoffes / Gegenstandes	Klassif. code	Tunnel- code*	Total- menge NEM (netto)	Multi- plikator	Produkt (Punkte)	Total- menge (brutto)
	Kisten						50		
	Kisten						50		
	Kisten						50		
			Zwischensumme BK⁴ 1						
	Kisten						3		
	Kisten						3		
	Kisten						3		
			Zwischensumme BK 2						
	Kisten						0		
	Kisten						0		
	Kisten						0		
			Zwischensumme BK 4						
Summe									
«KLASSIFIZIERUNG VON DER ZUSTÄNDIGEN BEHÖRDE VON ANERKANNT.»									
Datum / Ort:				Der Warenempfänger / Beförderer:					
..... ,									

⁴ BK = Beförderungskategorie

Anhang f Schriftliche Weisungen

Die schriftlichen Weisungen müssen vom Beförderer in der Sprache der Fahrzeugbesatzung bereitgestellt werden.

Die schriftlichen Weisungen müssen hinsichtlich ihrer Form und ihres Inhalts dem folgenden vierseitigen Muster entsprechen.

Die Weisungen können auf der Homepage der ASTRA heruntergeladen werden:



https://www.astra.admin.ch/dam/astra/de/dokumente/gefahrgut/schriftliche_weisungen.pdf.download.pdf/schriftliche_weisungen.pdf

Massnahmen bei einem Unfall oder Notfall**SCHRIFTLICHE WEISUNGEN GEMÄSS ADR**

Bei einem Unfall oder Notfall, der sich während der Beförderung ereignen kann, müssen die Mitglieder der Fahrzeugbesatzung folgende Massnahmen ergreifen, sofern diese sicher und praktisch durchgeführt werden können:

- Bremssystem betätigen, Motor abstellen und Batterie durch Bedienung des gegebenenfalls vorhandenen Hauptschalters trennen;
- Zündquellen vermeiden, insbesondere nicht rauchen und keine elektrische Ausrüstung einschalten;
- Die entsprechenden Einsatzkräfte verständigen und dabei so viel Informationen wie möglich über den Unfall oder Zwischenfall und die betroffenen Stoffe liefern;
- Warnweste anlegen und selbststehende Warnzeichen an geeigneter Stelle aufstellen;
- Beförderungspapiere für die Ankunft der Einsatzkräfte bereit halten;
- Nicht in ausgelaufene Stoffe treten oder diese berühren und das Einatmen von Dunst, Rauch, Staub und Dämpfen durch Aufhalten auf der dem Wind zugewandten Seite vermeiden;
- Sofern dies gefahrlos möglich ist, Feuerlöscher verwenden, um kleine Brände/Entstehungsbrände an Reifen, Bremsen und im Motorraum zu bekämpfen;
- Brände in Ladeabteilen dürfen nicht von Mitgliedern der Fahrzeugbesatzung bekämpft werden;
- Sofern dies gefahrlos möglich ist, Bordausrüstung verwenden, um das Eintreten von Stoffen in Gewässer oder in die Kanalisation zu verhindern und um ausgetretene Stoffe einzudämmen;
- Sich aus der unmittelbaren Umgebung des Unfalls oder Notfalls entfernen, andere Personen auffordern sich zu entfernen und die Weisungen der Einsatzkräfte befolgen;
- Kontaminierte Kleidung und gebrauchte kontaminierte Schutzausrüstung ausziehen und sicher entsorgen,

Zusätzliche Hinweise für die Mitglieder der Fahrzeugbesatzung über die Gefahreneigenschaften von gefährlichen Gütern nach Klassen und über die in Abhängigkeit von den vorherrschenden Umständen zu ergreifenden Massnahmen		
Gefahrzettel und Grosszettel (Placards)	Gefahreneigenschaften	Zusätzliche Hinweise
(1)	(2)	(3)
Explosive Stoffe und Gegenstände mit Explosivstoff  1 1.5 1.6	Kann eine Reihe von Eigenschaften und Auswirkungen wie Massendetonation, Splitterwirkung, starker Brand/Wärmeffluss, Bildung von hellem Licht, Lärm oder Rauch haben. Schlagempfindlich und/oder stossempfindlich und/oder wärmeempfindlich.	Schutz abseits von Fenstern suchen.
Explosive Stoffe und Gegenstände mit Explosivstoff  1.4	Leichte Explosions- und Brandgefahr.	Schutz suchen.
Entzündbare Gase  2.1	Brandgefahr. Explosionsgefahr. Kann unter Druck stehen. Erstickungsgefahr. Kann Verbrennungen und/oder Erfrierungen hervorrufen. Umschliessungen können unter Hitzeeinwirkung bersten.	Schutz suchen. Nicht in tief liegenden Bereichen aufhalten.
Nicht entzündbare, nicht giftige Gase  2.2	Erstickungsgefahr. Kann unter Druck stehen. Kann Erfrierungen hervorrufen. Umschliessungen können unter Hitzeeinwirkung bersten.	Schutz suchen. Nicht in tief liegenden Bereichen aufhalten.
Giftige Gase  2.3	Vergiftungsgefahr. Kann unter Druck stehen. Kann Verbrennungen und/oder Erfrierungen hervorrufen. Umschliessungen können unter Hitzeeinwirkung bersten.	Notfallfluchtmaske verwenden. Schutz suchen. Nicht in tief liegenden Bereichen aufhalten.
Entzündbare flüssige Stoffe  3	Brandgefahr. Explosionsgefahr. Umschliessungen können unter Hitzeeinwirkung bersten.	Schutz suchen. Nicht in tief liegenden Bereichen aufhalten.
Entzündbare feste Stoffe, selbstzersetzliche Stoffe, polymerisierende Stoffe und desensibilisierte explosive feste Stoffe  4.1	Brandgefahr. Entzündbar oder brennbar, kann sich bei Hitze, Funken oder Flammen entzünden. Kann selbstzersetzliche Stoffe enthalten, die unter Einwirkung von Hitze, bei Kontakt mit anderen Stoffen (wie Säuren, Schwermetallverbindungen oder Aminen), bei Reibung oder Stössen zu exothermer Zersetzung neigen. Dies kann zur Bildung gesundheitsgefährdender und entzündbarer Gase oder Dämpfe oder zur Selbstentzündung führen. Umschliessungen können unter Hitzeeinwirkung bersten. Explosionsgefahr desensibilisierter explosiver Stoffe bei Verlust des Desensibilisierungsmittels.	
Selbstentzündliche Stoffe  4.2	Brandgefahr durch Selbstentzündung bei Beschädigung von Versandstücken oder Austritt von Füllgut. Kann heftig mit Wasser reagieren.	
Stoffe, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln  4.3	Bei Kontakt mit Wasser Brand- und Explosionsgefahr.	Ausgetretene Stoffe sollten durch Abdecken trocken gehalten werden.

Zusätzliche Hinweise für die Mitglieder der Fahrzeugbesatzung über die Gefahreigenschaften von gefährlichen Gütern nach Klassen und über die in Abhängigkeit von den vorherrschenden Umständen zu ergreifenden Massnahmen		
Gefahrzettel und Grosszettel (Placards)	Gefahreigenschaften	Zusätzliche Hinweise
(1)	(2)	(3)
Entzündend (oxidierend) wirkende Stoffe  5.1	Gefahr heftiger Reaktion, Entzündung und Explosion bei Berührung mit brennbaren oder entzündbaren Stoffen.	Vermischen mit entzündbaren oder brennbaren Stoffen (z.B. Sägespäne) vermeiden.
Organische Peroxide  5.2	Gefahr exothermer Zersetzung bei erhöhten Temperaturen, bei Kontakt mit anderen Stoffen (wie Säuren, Schwermetallverbindungen oder Aminen), Reibung oder Stössen. Dies kann zur Bildung gesundheitsgefährdender und entzündbarer Gase oder Dämpfe oder zur Selbstentzündung führen.	Vermischen mit entzündbaren oder brennbaren Stoffen (z.B. Sägespäne) vermeiden.
Giftige Stoffe  6.1	Gefahr der Vergiftung beim Einatmen, bei Berührung mit der Haut oder bei Einnahme. Gefahr für Gewässer oder Kanalisation.	Notfallfluchtmaske verwenden.
Ansteckungsgefährliche Stoffe  6.2	Ansteckungsgefahr. Kann bei Menschen oder Tieren schwere Krankheiten hervorrufen. Gefahr für Gewässer oder Kanalisation.	
Radioaktive Stoffe  7A  7B  7C  7D	Gefahr der Aufnahme und der äusseren Bestrahlung.	Expositionszeit beschränken.
Spaltbare Stoffe  7E	Gefahr nuklearer Kettenreaktion.	
Ätzende Stoffe  8	Verätzungsgefahr. Kann untereinander, mit Wasser und mit anderen Stoffen heftig reagieren. Ausgetretener Stoff kann ätzende Dämpfe entwickeln. Gefahr für Gewässer oder Kanalisation.	
Verschiedene gefährliche Stoffe und Gegenstände  9  9A	Verbrennungsgefahr. Brandgefahr. Explosionsgefahr. Gefahr für Gewässer oder Kanalisation.	

- Bem.** 1. Bei gefährlichen Gütern mit mehrfachen Gefahren und bei Zusammenladungen muss jede anwendbare Eintragung beachtet werden.
2. Die in der Spalte 3 der Tabelle angegebenen zusätzlichen Hinweise können angepasst werden, um die Klassen der zu befördernden gefährlichen Güter und die Beförderungsmittel wiederzugeben.

Zusätzliche Hinweise für die Mitglieder der Fahrzeugbesatzung über die Gefahreigenschaften von gefährlichen Gütern, die durch Kennzeichen angegeben sind, und über die in Abhängigkeit von den vorherrschenden Umständen zu ergreifenden Massnahmen		
Kennzeichen	Gefahreigenschaften	Zusätzliche Hinweise
(1)	(2)	(3)
 Umweltgefährdende Stoffe	Gefahr für Gewässer oder Kanalisation.	
 Erwärmte Stoffe	Gefahr von Verbrennungen durch Hitze.	Berührung heisser Teile der Beförderungseinheit und des ausgetretenen Stoffes vermeiden.

Ausrüstung für den persönlichen und allgemeinen Schutz für die Durchführung allgemeiner und gefahrenspezifischer Notfallmassnahmen, die sich gemäss Abschnitt 8.1.5 des ADR an Bord der Beförderungseinheit befinden muss

Die folgende Ausrüstung muss sich an Bord der Beförderungseinheit befinden:

- ein Unterlegkeil je Fahrzeug, dessen Abmessungen der höchstzulässigen Gesamtmasse des Fahrzeugs und dem Durchmesser der Räder angepasst sein müssen;
- zwei selbststehende Warnzeichen;
- Augenspülflüssigkeit^{a)} und

für jedes Mitglied der Fahrzeugbesatzung

- eine Warnweste;
- ein tragbares Beleuchtungsgerät;
- ein Paar Schutzhandschuhe und
- eine Augenschutz-ausrüstung.

Für bestimmte Klassen vorgeschriebene zusätzliche Ausrüstung:

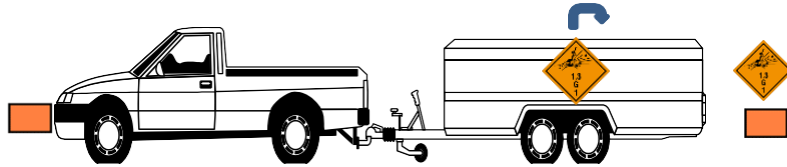
- an Bord von Beförderungseinheiten für die Gefahrzettel-Nummer 2.3 oder 6.1 muss sich für jedes Mitglied der Fahrzeugbesatzung eine Notfallfluchtmaske befinden;
- eine Schaufel^{b)};
- eine Kanalabdeckung^{b)};
- ein Auffangbehälter^{b)}.

^{a)} Nicht erforderlich für Gefahrzettel der Muster 1, 1.4, 1.5, 1.6, 2.1, 2.2 und 2.3.

^{b)} Nur für feste und flüssige Stoffe mit Gefahrzettel-Nummer 3, 4.1, 4.3, 8 oder 9 vorgeschrieben.

Anhang g Beispiele der Beschilderung von Beförderungseinheiten

Beispiel 1: (EX/II - Anhänger)

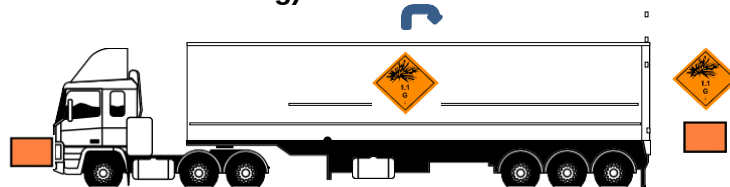


Zugfahrzeug: leer (Pick-Up oder PKW)

Anhänger:

Feuerwerkskörper, Klassifizierungscode 1.3 G,
UN-Nr. 0335: mehr als **20 kg**

Beispiel 2: (EX/II - Sattelmotorfahrzeug)



Feuerwerkskörper, Klassifizierungscode 1.1 G, 1.3 G,
UN-Nr. 0333, 0335: mehr als **20 kg**

Beispiel 3: (EX/II – LKW mit Anhänger)



Zugfahrzeug:

Feuerwerkskörper, Klassifizierungscode 1.3 G
UN-Nr. 0335: mehr als **20 kg**

Anhänger:

Feuerwerkskörper, Klassifizierungscode 1.4 G, 1.4 S
UN-Nr. 0336, 0337: mehr als **333 kg**

03 BM

Beförderung von verschiedenen Gefahrgütern innerhalb der Freigrenze

wie zum Beispiel
pyrotechnische Gegenstände der Klasse 1
und
entzündbaren Gasen der Klasse 2 (Propan, Butan)
und
entzündbare, flüssige Stoffe der Klasse 3 (Isopropylalkohol, flüssige
Kohlenwasserstoffe)



Inhaltsverzeichnis

Beförderung von verschiedenen Gefahrgütern

1. Allgemeines	2
1.1 Unterscheidung Gefahrstoff / Gefahrgut	2
1.2 Erörterung	2
1.3 Problematik Zusammenladeverbote	3
2. Lösungsansatz	4
2.1 Grundlage	4
2.2 Vorgehen	4
3. Beispiel	5
3.2 Transport pyrotechnische Gegenstände, Feuerwerkskörper, Gas und Fluid	5
3.2 Besonderheiten der Berechnung mit Gas und Flüssigkeiten	7
4. Zusammenstellung der wichtigsten Gase und Flüssigkeiten (für Produktionen)	8

1. Allgemeines

1.1 Unterscheidung Gefahrstoff / Gefahrgut

Umgang mit Stoffen

Transport ADR / SDR



1.2 Erörterung

Gerne werden bei Produktionen verschiedenartige Effekte eingesetzt, welche unter Umständen in unterschiedlichen Gefahrgutklassen eingestuft sind. Zum Beispiel:



Dies bedingt eine entsprechende Disposition der Verbrauchsmaterialien betreffend Transportkapazitäten und Organisation.

1.3 Problematik Zusammenladeverbote

Sollen Güter unterschiedlicher Gefahrgutklassen zusammengeladen werden, so ist das «Zusammenladeverbot» zu beachten. Das Zusammenladeverbot bezieht sich auf die Ladefläche eines Fahrzeuges und erfolgt auf der Grundlage folgender Tabelle:

Gefahrzettel	1	1.4	1.5	1.6	2.1 2.2 2.3	3	4.1	4.1 + 1	4.2	4.3	5.1	5.2	5.2 +1	6.1	6.2	7A 7B 7C	8	9
1	Siehe Unterlagen FWA oder ADR 7.5.2.2										d)							b)
1.4					a)	a)	a)		a)	a)	a)	a)		a)	a)	a)	a)	a), b), c)
1.5																		b)
1.6																		b)
2.1, 2.2, 2.3		a)			X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
3		a)			X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
4.1		a)			X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
4.1 + 1								X										
4.2		a)			X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
4.3		a)			X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
5.1	d)	a)			X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
5.2		a)			X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5.2 +1												X	X					
6.1		a)			X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
6.2		a)			X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
7A, 7B, 7C		a)			X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
8		a)			X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X
9	b)	a), b), c)	b)	b)	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X	X

X Zusammenladung zugelassen

a) Zusammenladung mit Stoffen und Gegenständen der Verträglichkeitsgruppe 1.4S zugelassen.

b) Zusammenladung mit Gütern der Klasse 1 und Rettungsmitteln der Klasse 9 (UN-Nummern 2990 und 3072) zugelassen.

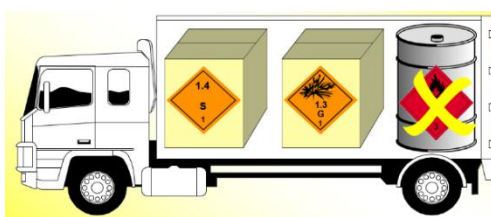
c) Zusammenladung von Airbag-Gasgeneratoren, Airbag-Modulen oder Gurtstraffern der Unterklasse 1.4 Verträglichkeitsgruppe G (UN-Nummer 0503) mit Airbag-Gasgeneratoren, Airbag-Modulen oder Gurtstraffern der Klasse 9 (UN-Nummer 3268) zugelassen.

d) Zusammenladung von Sprengstoffen (ausgenommen UN 0083 Sprengstoff Typ C) mit Ammoniumnitrat und anorganischen Nitraten der Klasse 5.1 (UN-Nummern 1942 und 2067) zugelassen, vorausgesetzt, die Einheit wird für Zwecke des Anbringens von Grosszetteln (Placards), der Trennung, des Verladens und der höchstzulässigen Ladung als Sprengstoffe der Klasse 1 betrachtet.

Bei grossen Produktionen werden die einzelnen Gefahrgutklassen getrennt geordnet und transportiert gemäss ADR/SDR.

Bei kleinen oder sehr kleinen Produktionen, die zeitlich und situationsbedingt schnell wechseln, ist der einzelne Transport einer entsprechenden Gefahrgutklasse nicht sinnvoll.

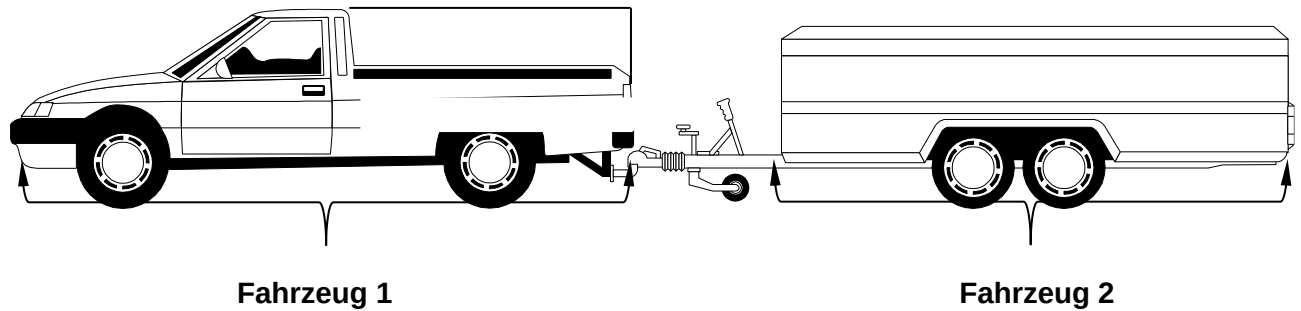
Es sind Lösungsansätze gesucht, um die Beförderung aller gewünschten Produkt in einem Transport zu bewerkstelligen, ohne das Zusammenladeverbot (siehe Ausbildung FWA, Seite 7) zu missachten.



2. Lösungsansatz

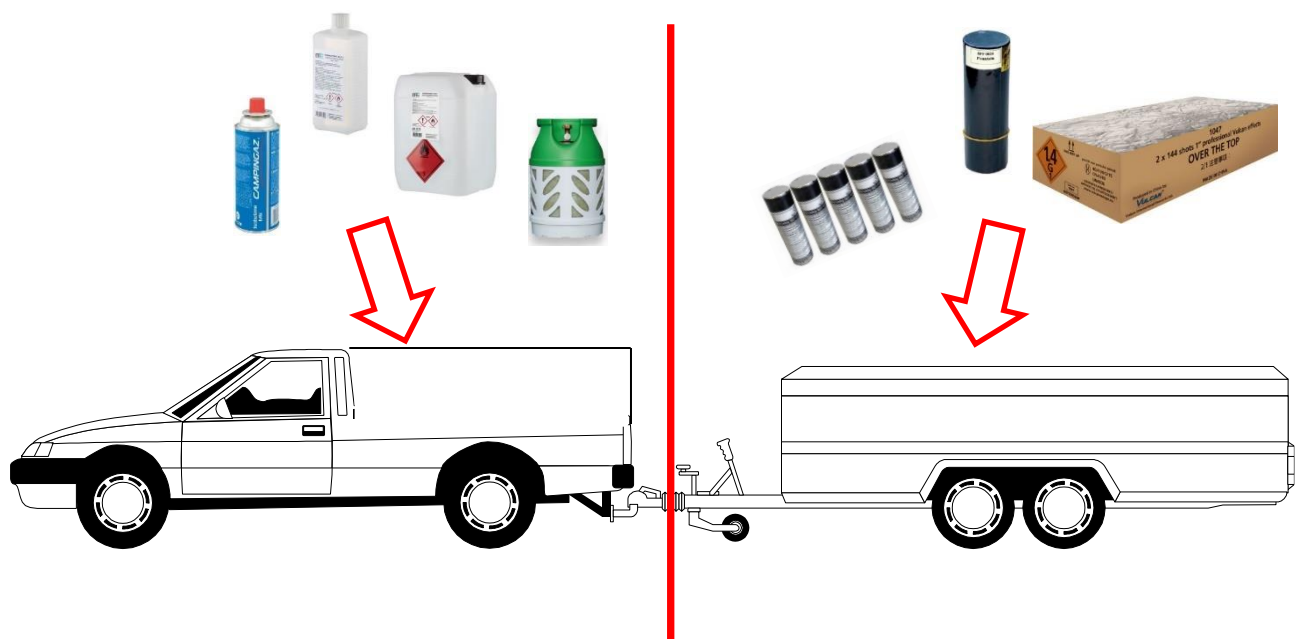
2.1 Grundlage

Auf dem gleichen Fahrzeug ist es verboten, Produkte der Gefahrgutklasse 1 und Produkte anderer Gefahrgutklassen zusammen zu transportieren. Eine Beförderungseinheit kann aber aus zwei Fahrzeugen bestehen.



Beförderungseinheit

Mit einer so zusammengestellten Beförderungseinheit kann die Gefahrgutklasse 1 von den anderen Gefahrgutklassen getrennt und somit alles auf einmal transportieren werden.



2.2 Vorgehen

Es ist zwingend für jedes Fahrzeug ein separates Beförderungspapier gemäss Anhang e zu erstellen. Die totale Punktzahl für beide Fahrzeuge zusammen, darf **den Wert von 1000 (Punkte) nicht überschreiten**. Die Personen, welche beladen, transportieren, entladen usw. sind gemäss Unterlagen FWA, Kapitel 3.1.1 zu unterweisen.

3. Beispiel

3.2 Transport pyrotechnische Gegenstände, Feuerwerkskörper, Gas und Fluid

Für eine private Firma wird ein Feuerkünstler mit einer kleinen Produktion beauftragt. Die Show soll an verschiedenen Standorten in der ganzen Schweiz innerhalb einer Woche jeweils am Abend stattfinden. Für die ganze Woche benötigt er:

3 x 20 Liter Kanister 2-Propanol	UN 1219 Isopropanol
4 x 7.5 kg Gas (Propan/Butan)	UN 1965 Kohlenwasserstoffgas, verflüssigt
4 x 1 Liter Dosen Fluid	UN 3295 Kohlenwasserstoffe flüssig
12 x 420 g Gaskartuschen	UN 2037 Gefässe klein mit Gas
10 x Cakebox 150 Schuss 2.6 kg NEM	UN 0336 Feuerwerkskörper
100 x Komet 30 mm NEM 27 g	UN 0430 Pyrotechnische Gegenstände
100 x Mine 20 mm with Flash Komet NEM 21g	UN 0431 Pyrotechnische Gegenstände

Für diesen Transport sind zwei Beförderungspapiere zu erstellen. Die Berechnungen für das Beförderungspapier sind wie folgt:

Berechnung für Fahrzeug 1 (Zugfahrzeug), für Klasse 1

Pyrotechnische Gegenstände und Feuerwerkskörper:

10 x Cakebox 150 Schuss 2.6kg NEM	UN 0336 Feuerwerkskörper
100 x Komet 30mm NEM 27g	UN 0430 Pyrotechnische Gegenstände
100 x Mine 20mm with Flash Komet NEM 21g	UN 0431 Pyrotechnische Gegenstände

Für Beförderungspapier

Anzahl	UN Nummer	Offizielle Benennung	Code	Tunnel-code	Bezeichnung des Gegenstandes	1 x50	2 x3	4 X0
100	UN 0430	PYROTECHNISCHE GEGENSTÄNDE für technische Zwecke	1.3 G	(C500D)	Komet 30mm	2.7 kg		
		Total Beförderungskategorie 1				2.7 kg		
10	UN 0336	Feuerwerkskörper	1.4G	(E)	Cakebox 100 s		26.0 kg	
100	UN 0431	PYROTECHNISCHE GEGENSTÄNDE für technische Zwecke	1.4 G	(E)	Mine 20mm		2.1 kg	
		Total Beförderungskategorie 2					28.1 kg	
		Total Beförderungskategorie 4						
		Summe Nettoexplosivstoffmasse (NEM)				Total 30.89 kg	2.7 kg	28.1 kg
		Multiplikationsfaktoren (pro kg NEM)					50	3
		Produkte					135	85
		Summe der Produkte (Resultat < 1000)					220	

Berechnung für Fahrzeug 2 (Anhänger), für Klassen 2 und 3

Brennbare Gase und Flüssigkeiten:

3 x 20 Liter Kanister 2-Propanol

UN 1219 Isopropanol

15 x 7.5 kg Gas (Propan/Butan)

UN 1965 Kohlenwasserstoffgas, verflüssigt

4 x 1 Liter Dosen Fluid

UN 3295 Kohlenwasserstoffe flüssig

12 x 420ml Gaskartuschen Gas

UN 2037 Gefässe klein mit Gas

Für Beförderungspapi

Anzahl	UN Nummer	Offizielle Benennung	Code	Tunnel-code	Bezeichnung des Gegenstandes	1 x50	2 x3	3 x1	4 x0
4	UN 3295	KOHLLENWASSERSTOFFE, FLÜSSIG, N.A.G.	3	(D/E)	Fluid 5 – Master 1 Liter	4			
		Total Beförderungskategorie 1				4			
3	UN 1219	ISOPROPANOL	3	(D/E)	2-Propanol 20 Liter		60		
15	UN 1965	KOHLLENWASSERSTOFFGAS, GEMISCH, VERFLÜSSIGT, N.A.G.	2.1	(B/D)	Propan/Butan 7.5kg		113		
12	UN 2037	GEFÄSSE , KLEIN, MIT GAS, (GASPATRONEN)	2.1	(D)	Gaskartuschen 420g,		6		
		Total Beförderungskategorie 2					179		
		Total Beförderungskategorie 3							
		Total Beförderungskategorie 4							
		Summe Liter			Total Liter 270	4	179	0	0
		Multiplikationsfaktoren				50	3	0	0
		Produkte				200	537	0	0
		Summe der Produkte (Resultat < 1000)				737			

Summenberechnung für die ganze Beförderungseinheit:

Fahrzeug 1 (pyrotechnische Gegenstände und Feuerwerkskörper) 220

Fahrzeug 2 (Gase und Fluide) 737

Summe der Produkte der Beförderungseinheit 957

Berechneter Wert 957 < 1000 => Transport in Freistellung (nach ADR 1.1.3.6)

Bedingungen:

- Gültig geprüfter 2kg ABC Feuerlöscher, plombiert (Fz > 3.5 Tonnen: 6kg)
- ADR konforme Beförderungsdokumente pro Fahrzeug
- ADR konforme Verpackung (Original) oder zugelassene Verpackung
- Unterweisung des Personals nach Kapitel ADR 1.3 mit Nachweis
- Ladungssicherung, Rauchverbot usw.
- Wahrnehmung der Verantwortlichkeiten nach ADR 1.4

3.2 Besonderheiten der Berechnung mit Gas und Flüssigkeiten

Je nach Gefahrstoff ist das Volumen oder das Gewicht ausschlaggebend für die Berechnung. Aus der Beförderungskategorie ist danach der jeweilige Multiplikationsfaktor ersichtlich.

Beispiel:



UN 1219 → in unserem Fall 20 Liter => → 20 Punkte, Multiplikator der Beförderungskategorie 2 ist 3 → 3 x 20 Punkte = 60 Punkte für die Berechnung

Bei den Gasen, Propan und Butan oder deren Gemische, wird das Nettogewicht in kg des verflüssigten Gases berechnet. Das heisst 1kg verflüssigtes Gas ergibt 1 Punkt, multipliziert mit dem Faktor der entsprechenden Beförderungskategorie.

Beispiel:



UN 1965 → in unserem Fall 7.5kg verflüssigtes Gas → 7.5 Punkte, Multiplikator der Beförderungskategorie 2 ist 3 → 3 x 7.5 Punkte = 22.5 Punkte

22.5 Punkte wird aufgerundet auf 23 Punkte für die Berechnung.

4. Zusammenstellung der wichtigsten Gase und Flüssigkeiten (für Produktionen)

Hinweis: Ist dem Stoff eine Verpackungsgruppe zugeordnet, so ist diese ebenfalls auf dem Beförderungspapier aufzuführen.

Beförderungskategorie							1	2	3	4
Multiplikations- /Divisionsfaktoren							50	3	1	0
UN-Nr.	Offizielle Benennung	Gefahr- zettel	Klassif. Code	Verpa- ckungs- gruppe	Tunnel Code	Bezeichnung des Stoffes oder Gegenstandes	20 kg	333 kg	1000 kg	unbe- grenzt
1219	ISOPROPANOL	3	F1	II	(D/E)	Propanol		●		
1965	KOHLENWASSERSTOFFGAS, GEMISCH, VERFLÜSSIGT, N.A.G.	2.1	2F		(B/D)	Propan/Butan		●		
2037	GEFÄSSE , KLEIN, MIT GAS (GASPATRONEN)	2.2	5A		(E)	Gaskartuschen			●	
2037	GEFÄSSE , KLEIN, MIT GAS (GASPATRONEN)	2.1	5F		(D)	Gaskartuschen		●		
2037	GEFÄSSE , KLEIN, MIT GAS (GASPATRONEN)	2.2 + 5.1	5O		(E)	Gaskartuschen			●	
3295	KOHLENWASSERSTOFFE, FLÜSSIG, N.A.G.	3	F1	I	(D/E)	Fluid 5 – Master	●			
3295	KOHLENWASSERSTOFFE, FLÜSSIG, N.A.G.	3	F1	II	(D/E)	Fluid 5 – Master		●		
3295	KOHLENWASSERSTOFFE, FLÜSSIG, N.A.G.	3	F1	III	(D/E)	Fluid 5 – Master			●	

04 BM

Versicherung / Haftung



Inhaltsverzeichnis

Versicherung / Haftung

1. Was ist Haftpflichtrecht, was nicht?	2
2. Grundbegriffe des Haftpflichtrechts	2
2.1 Schaden.....	2
2.2 Widerrechtlichkeit.....	2
2.3 Kausalität	2
2.4 Verschulden	2
3. Systematik: Wann tritt eine Haftpflicht ein?.....	3
3.1 Vertragliche Haftung	3
3.2 Ausservertragliche Haftung	3
3.3 Kausalhaftung	3
3.4 Schema / Übersicht.....	4
4. Schutzmöglichkeiten	4
4.1 Schriftliche Verträge.....	5
4.2 Herstellerangaben beachten	5
5. Versicherungen	5
5.1 Privathafthaftpflichtversicherung	5
5.2 Betriebshaftpflichtversicherungen	5
5.3 Veranstaltungsversicherung	5
6. Produkthaftpflichtgesetz	5

1. Was ist Haftpflichtrecht, was nicht?

Das Haftpflichtrecht beschäftigt sich mit der Frage, unter welchen Voraussetzungen eine Person einer anderen einen erlittenen Schaden zu ersetzen hat. Prinzipiell geht es also um Schadenersatz. Haftpflichtrecht hat hingegen wenig bis nichts mit Strafbarkeit zu tun. Eine Person kann sich strafbar machen, ohne dass ein Schaden entstanden ist (bspw. Art. 37 SprstG), möglich ist aber auch eine Schadenersatzpflicht ohne strafrechtliche Konsequenzen (Normalfall bei reinen Sachschäden). Haftpflichtrecht regelt ein Rechtsverhältnis unter Privaten, eine Strafsanktion ist hingegen eine staatliche Anordnung. Ausserdem hat Strafrecht nur am Rande mit Genugtuung bzw. Schmerzensgeld zu tun.

2. Grundbegriffe des Haftpflichtrechts

Um das Haftpflichtrecht verständlich darstellen zu können, bedarf es der Klärung einiger wichtiger Grundbegriffe.

2.1 Schaden

Als Schaden versteht man im rechtlichen Sinne eine unfreiwillige Vermögensminderung des Geschädigten. D.h. das Vermögen des Geschädigten wird kleiner, die Passiven (=Schulden) wachsen oder ein Gewinn tritt nicht ein.

Viel Diskussionsstoff liefern dabei unter anderem Fragen der Folgeschäden (wenn bspw. durch einen Fehler an einem günstigen Bauteil letztlich ein grosser Sachschaden entsteht) oder der Versorgerschäden (wenn bei einem Todesfall die Familienangehörigen ihre Geldversorgungsquelle verlieren).

2.2 Widerrechtlichkeit

Um für einen Schaden aufkommen zu müssen, muss dieser widerrechtlich verschuldet worden sein. Widerrechtlich ist ein Schaden üblicherweise dann, wenn gewisse Rechte eines Dritten verletzt werden (bspw. das Eigentumsrecht) oder wenn bei der Verursachung des Schadens gegen ein Gesetz verstossen wird (bspw. Umweltschutzgesetz oder Strafrecht). Ein Schaden ist hingegen nicht widerrechtlich, wenn man sein eigenes Eigentum beschädigt oder wenn man die Einwilligung zur Beschädigung durch den Eigentümer bekommen hat.

2.3 Kausalität

Die Kausalität beschreibt den Zusammenhang zwischen der schädigenden Handlung und dem Eintritt des Schadens. ‚Natürlich kausal‘ ist etwas, wenn die Handlung A zum Resultat B führt. Das würde aber bedeuten, dass die Eltern durch die Zeugung natürlich kausal für alle Handlungen ihrer Kinder verantwortlich wären. Daher fragt man sich zusätzlich nach der Adäquanz. ‚Adäquat kausal‘ ist etwas, wenn es dem gewöhnlichen Lauf der Dinge entspricht und nach der allgemeinen Lebenserfahrung zu erwarten ist. Z.B. ist es ‚adäquat kausal‘ wenn Person X einen Stein auf eine verkehrsreiche Strasse wirft und ein Auto trifft, denn ein Steinwurf auf eine verkehrsreiche Strasse ist nach der allgemeinen Lebenserfahrung dazu geeignet, ein Auto zu treffen.

2.4 Verschulden

Ein Verschulden besteht, wenn der Schädiger die schädigende Handlung entweder *vorsätzlich*, d.h. mit dem Wissen, dass sie einen Schaden verursachen kann und dem Willen den Schaden zu verursachen oder *fahrlässig* verursacht hat. Fahrlässigkeit liegt vor, wenn jemand pflichtwidrig unsorgfältig handelt, d.h. die gemäss den Umständen gebotene Sorgfalt ausser Acht lässt. Dabei wird ein objektiver Massstab angewendet („Wie hätte ein vernünftiger Dritter gehandelt?“). Beispiele: Kerzen unbeaufsichtigt brennen lassen, Herdplatte nicht ausschalten.

Hinweis: Ein Verschulden kann auch strafrechtliche Konsequenzen nach sich ziehen.

3. Systematik: Wann tritt eine Haftpflicht ein?

Eine Haftpflicht kann auf unterschiedliche Weise ausgelöst werden. Eine grundsätzliche Unterscheidung besteht darin, ob zwischen dem Schädiger und dem Geschädigten vorgängig ein Vertrag geschlossen wurde und der Schaden im Rahmen dieses Vertrags entstanden ist oder nicht. Man spricht demnach von *vertraglicher* und *ausservertraglicher Haftung*.

3.1 Vertragliche Haftung

Durch einen Vertrag einigen sich die Vertragsparteien über einen gemeinsamen Willen (bspw. gestalten, liefern, aufstellen und abbrennen eines Feuerwerks gegen Geld). Form und Inhalt der Verträge kann unterschiedlich sein. Als Beispiele zu nennen sind:

- der Auftrag (Haftung nach Art. 394 ff. OR)
- der Werk(liefer-)vertrag (Haftung nach Art. 363 OR)

Allgemein wird für den verursachten Schaden am Vermögen des Vertragspartners gehaftet nach Art. 97 OR, wenn man seine vertraglichen Pflichten verletzt. Auch für Schäden, die eine Hilfsperson (bspw. Mitarbeiter, Lehrling usw.) verursacht, haftet der Vertragspartner nach Art. 101 OR.

Wird also bspw. beim Abbrennen eines Feuerwerks ein unvorhergesehener Schaden am Grundstück des Auftraggebers verursacht, muss der Feuerwerksverantwortliche für den Schaden aufkommen, auch wenn der Fehler einem Mitarbeiter passiert ist. Hält sich der Vertragspartner für nicht verantwortlich, muss er seine Unschuld beweisen.

Wichtig: Man kann nicht im Voraus vertraglich abmachen, die vertragliche Haftung auszuschliessen. Dies gilt immer für vorsätzliche und grob fahrlässige entstandene Schäden. Bei leichter Fahrlässigkeit kommt es auf das Ermessen des Richters an. Vgl. dazu Art. 100 OR.

Merke: Bei der vertraglichen Haftung wird das Verschulden des Schädigers vermutet, d.h. der Geschädigte muss nicht beweisen, dass der Schaden z.B. durch Unsorgfalt entstanden ist. Der Schädiger hat dafür aber die Möglichkeit seine Unschuld zu beweisen.

3.2 Ausservertragliche Haftung

Oft entstehen Schäden, ohne dass die Beteiligten im Voraus einen Vertrag geschlossen haben (bspw. bei einem Unfall). In diesen Fällen sieht das Gesetz vor, dass der Geschädigte in finanzieller Sicht letztlich gleichgestellt ist, wie wenn es gar nicht zu einem Schaden gekommen wäre. Die zentrale Rechtsnorm ist:

Art. 41 Abs. 1 OR

Wer einem andern widerrechtlich Schaden zufügt, sei es mit Absicht, sei es aus Fahrlässigkeit, wird ihm zum Ersatze verpflichtet.

Um eine Ersatzpflicht des Schädigers hervorzurufen muss also ein widerrechtlicher Schaden kausal verschuldet worden sein. Anders als bei der vertraglichen Haftpflicht muss hier aber der Geschädigte die Schuld des Schädigers beweisen, was oft sehr schwierig ist. Deshalb sieht das Gesetz unter bestimmten Umständen vor, dass jemand haftbar ist, auch wenn er selbst den Schaden nicht oder nur indirekt verschuldet hat. Dies dient dem Schutz des Geschädigten und wird Kausalhaftung genannt.¹

3.3 Kausalhaftung

Nicht bei jeder Schadenszufügung liegt ein Verschulden des Schädigers vor. Bei der Kausalhaftung hat man auch dann für den Schaden aufzukommen, wenn man ohne Verschulden handelt, sofern

¹ Kausalhaftung und Kausalität sind zwei unterschiedliche Dinge und dürfen nicht verwechselt werden!

eine besondere gesetzliche Vorschrift dies regelt. Der Gedanke ist hier, dass – wer ein bestimmtes Gefahrenpotenzial schafft – auch die möglichen schädlichen Folgen daraus tragen soll.

Die Kausalhaftungen werden unterschieden in *einfache* und *scharfe Kausalhaftungen*. Bei den einfachen Kausalhaftungen kann sich der Schädiger durch den sog. Entlastungsbeweis von der Haftung befreien, bei den scharfen Kausalhaftungen gibt es diese Möglichkeit nicht.

Beispiel für eine einfache Kausalhaftung ist die Haftung des Familienhauptes (Art. 333 ZGB) für Schäden, die durch die Kinder verursacht werden. Das Familienhaupt kann sich von der Haftung befreien, indem er beweist, dass er alle zumutbare Vorsicht aufgebracht hat, denn Kinder können und sollen ab einem gewissen Alter nicht mehr dauerhaft überwacht werden.

Ein Beispiel für eine scharfe Kausalhaftung ist folgendes:

Art. 27 SprstG

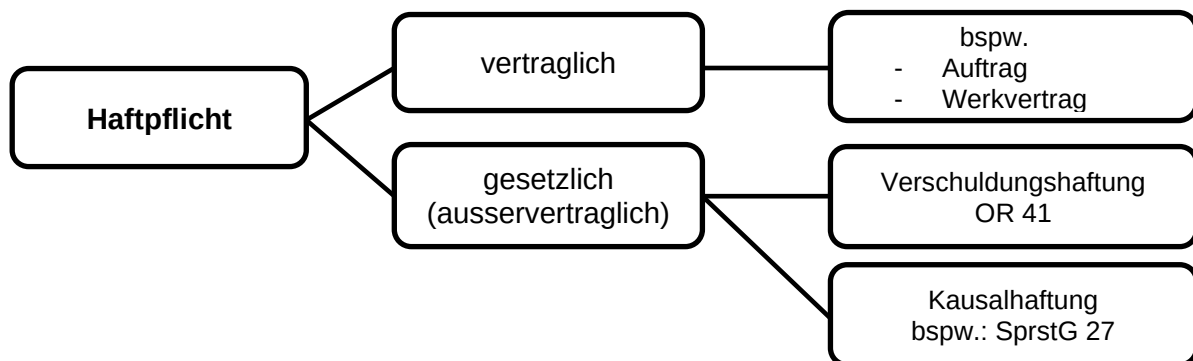
Der Inhaber eines Betriebes oder einer Anlage, in denen Sprengmittel oder pyrotechnische Gegenstände hergestellt, gelagert oder verwendet werden, haftet für den Schaden, der durch die Explosion solcher Mittel oder Gegenstände verursacht wird.

Im Übrigen gelten die allgemeinen Bestimmungen des Obligationenrechts über die unerlaubten Handlungen.

Der Betriebsinhaber eines Betriebs, der pyrotechnische Gegenstände verwendet, haftet also immer, wenn bei der Explosion dieser Gegenstände Schäden entstehen. Ein Entlastungsbeweis ist nicht möglich, d.h. der Betriebsinhaber haftet, auch wenn er ordnungsgemäss und sorgfältig gearbeitet, sowie alle Vorschriften beachtet hat.

3.4 Schema / Übersicht

Aus dem bisher Geschilderten ergibt sich folgende vereinfachte Übersicht:



4. Schutzmöglichkeiten

Da der Inhaber eines Betriebes, in dem pyrotechnischen Gegenständen hergestellt, gelagert oder verwendet werden, sehr einfach zur Haftung gebracht werden kann, ist es wichtig, dass man sich im Voraus Gedanken über die Schutzmöglichkeiten macht.

Privatpersonen haften mit ihrem gesamten Vermögen. Wenn dieses nicht ausreicht, kommen weitere betriebsrechtliche Konsequenzen hinzu wie Pfändung, Lohnpfändung und

Privatkonkurs. Daher ist es sinnvoll, als juristische Person aufzutreten, also eine Aktiengesellschaft, eine GmbH oder einen Verein als Betriebsinhaber zu verwenden. Sie haften nur mit ihrem Gesellschaftsvermögen. Kommt es zu einem Haftpflichtfall, bei dem das Gesellschaftsvermögen nicht ausreicht, kann dieses durch Konkurs liquidiert und an die Gläubiger verteilt werden, ohne dass die Geschäftsherren mit ihrem Privatvermögen haftbar werden.

4.1 Schriftliche Verträge

Im Umgang mit pyrotechnischen Gegenständen sollte man sämtliche Verträge in schriftlicher Form abschliessen. Dies dient nicht nur der Klarheit darüber, was zwischen den Vertragspartnern vereinbart wurde, sondern führt auch automatisch dazu, dass man sich vor Vertragsschluss ausführlicher Gedanken über die Umstände und Konsequenzen des Vertragsvorhabens macht. Ausserdem kann das Schriftstück im Streitfall als Beweismittel verwendet werden.

Ein guter Rat ist auch, die eigene geleistete Arbeit mit Fotos und Videos zu dokumentieren. Auch diese Aufzeichnungen können unter Umständen als Beweismittel herangezogen werden.

4.2 Herstellerangaben beachten

Pyrotechnische Gegenstände sind normalerweise mit Verwendungshinweisen versehen. Diese sind unbedingt zu beachten und zu befolgen, denn wer beweisen kann, dass er sich nach den Vorgaben verhalten hat, kann möglicherweise die Verantwortung gemäss Produkthaftpflichtgesetz (siehe 6.) auf den Hersteller abwälzen. Dies bedeutet, dass man zwar den Schaden seinem Kunden bezahlen muss, man selber aber den bezahlten Schaden beim Hersteller zurückverlangen kann (sog. Regress).

5. Versicherungen

Das Abschliessen einer Versicherung ist im Normalfall freiwillig, im Umgang mit pyrotechnischen Gegenständen aber unbedingt nötig. Die Rede ist hier von Haftpflichtversicherungen, nicht von Eigenschadenversicherungen (= Kaskoversicherungen). Es bestehen folgende Möglichkeiten:

5.1 Privathaftpflichtversicherung

Privathaftpflichtversicherungen sind freiwillig, jedoch in der Schweiz sehr populär. Sie decken jedoch keine gewerblichen Tätigkeiten ab und verweigern möglicherweise die Versicherungsleistung, wenn besondere Fachkenntnisse erforderlich sind (wie bspw. der FWB-Ausweis.) Den Deckungsumfang sollte man im Voraus mit der eigenen Versicherung klären.

5.2 Betriebshaftpflichtversicherungen

Wer gewerblich mit pyrotechnischen Gegenständen zu tun hat, sollte unbedingt eine Betriebshaftpflichtversicherung abschliessen. Diese kann speziell auf die Gefahren, die das gewerbliche Treiben hervorbringt, zugeschnitten werden und hat vergleichsweise tiefe Prämien.

5.3 Veranstaltungsversicherung

An Veranstaltungen wird durch den Organisator oft eine Veranstaltungshaftpflichtversicherung abgeschlossen. Wenn im Rahmen einer Veranstaltung pyrotechnische Gegenstände verwendet werden, besteht meist die Möglichkeit, sich der bereits bestehenden Veranstaltungshaftpflichtversicherung anzuschliessen. Wenn eine solche noch nicht besteht, sollte mit dem Organisator abgeklärt werden, ob eine solche Versicherung allenfalls sinnvoll wäre. Veranstaltungsversicherungen sind jedoch in personeller, räumlicher und zeitlicher Hinsicht begrenzt. Gedeckt werden daher nur Schäden, die zum Zeitpunkt und am Ort der versicherten Veranstaltung von organisationsinvolvierten Personen verursacht werden.

6. Produkthaftpflichtgesetz

Die Produkthaftpflicht trifft den Hersteller sowie den Importeur eines Produktes, der dieses in die Schweiz einführt. Gehaftet wird, wenn Schäden an Personen oder Sachen entstehen, die durch ein fehlerhaftes Produkt verursacht wurden. Als fehlerhaft gilt ein Produkt, wenn es nicht die Sicherheit bietet, die man unter Berücksichtigung aller Umstände zu erwarten berechtigt ist. Es geht hierbei nicht um Schädigungen am Produkt selbst, sondern um Personen- / Sachschäden *infolge* eines fehlerhaften Produktes.

Beispiel: Ein Albatros-Feuerwerkskörper („Bienchen“) fliegt aufgrund eines Produktfehlers (grössere Ladung und längere Flugbahn als auf Verpackung angegeben) in eine Holzhauswand und verursacht einen Brand. Der Hersteller sowie der Importeur können haftbar gemacht werden.

Grundlagen:**OR:** Schweizerisches Obligationenrecht SR 220**ZGB:** Schweizerisches Zivilgesetzbuch SR 210**SprstG:** Schweizerisches Sprengstoffgesetz SR 941.41

05 BF

Brandschutzvorschriften VKF

VKF – Brandschutznorm

VKF – Brandschutzrichtlinien

Kantonale Vorschriften



Inhaltsverzeichnis

Brandschutzvorschriften VKF

1.	Warum Brandschutz?	2
2.	Gesetzliche Grundlagen	2
3.	Vereinigung Kantonaler Gebäudeversicherungen (VKG)	2
4.	Brandschutznorm (VKF)	3
5.	Brandschutzrichtlinien (VKF)	3
6.	Brandschutzrichtlinien und deren Inhalt für Pyrotechniker	3
6.1	Brandschutzrichtlinie 10-15 Begriffe und Definitionen	3
6.2	Brandschutzrichtlinie 12-15 Brandverhütung und organisatorischer Brandschutz	3
6.3	Brandschutzrichtlinie 26-15 Gefährliche Stoffe	4
6.4	Brandschutzmerkblatt 2002-15 Zeltbauten für temporäre Veranstaltungen	7
7.	Behörden / Gesuche	8
8.	Beurteilung der Räumlichkeiten	8
9.	Beurteilung Bühnenbild Pyrotechnik	11

Brandschutzvorschriften in Bezug auf Anwendung und Lagerung von pyrotechnischen Gegenständen

1. Warum Brandschutz?

Während Jahrhunderten verwüsteten Brände ganze Dörfer oder Teile von Städten. Ganz aus Holz gebaut, mit Stroh oder Schindeln gedeckt, brannten früher die Häuser ab, ohne dass auch nur die geringste Möglichkeit bestand, das Feuer aufzuhalten. Die Menschheit musste lernen, sich gegen die sich aus den kompakten Überbauungen ergebenden Gefahren eines Schadenfeuers zu schützen.

Die gemachten Erfahrungen mit dem Feuer und Bränden führten dazu, dass 1933 die Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen (VKF) die ersten Brandschutzvorschriften ausgearbeitet hat.

2. Gesetzliche Grundlagen

In der Bundesverfassung der Schweizer Eidgenossenschaft steht unter Art.3, dass Kantone alle Rechte ausüben müssen, die nicht dem Bund übertragen sind. Der Brandschutz ist nicht in einem Bundesgesetz geregelt, dadurch sind die Kantone für die Umsetzung des Brandschutzes verantwortlich.

In den meisten Kantonen ist die gesetzliche Grundlage im Feuerschutzgesetz und der Feuerschutzverordnung geregelt.

Die Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen (VKF) sind durch das IOTH (Interkantonales Organ technischer Handelshemmnisse) beauftragt die Brandschutzvorschriften (BSV-VKF) zu erstellen und den Kantonen zur Verfügung zu stellen. Durch einen Beschluss des IOTH werden Brandschutzvorschriften für alle Kantone für verbindlich erklärt.

3. Vereinigung Kantonaler Gebäudeversicherungen (VKG)

Zu den Aufgaben der Kantonalen Gebäudeversicherungen gehören die Prävention zur Verhinderung von Schäden, die Intervention bei Schadenereignissen und die Versicherung. Diese drei Bereiche bilden ein bewährtes Schutzsystem. Im Jahr 2016 wurde die Vereinigung Kantonaler Gebäudeversicherungen (VKG) neu geschaffen. Wir unterstützen die Gebäudeversicherungen in ihren Kernaufgaben. Als zuverlässiger Partner vertritt die VKG ihre Mitglieder national und international. Dabei sind wir engagiert und agieren gemeinschaftlich und vorausschauend.

Mitglieder sind die Gebäudeversicherungen folgender Kantone:

Aargau, Appenzell-Ausserrhoden, Basel-Landschaft, Basel-Stadt, Freiburg, Glarus, Graubünden, Jura, Luzern, Nidwalden, Neuenburg, Schaffhausen, Solothurn, St. Gallen, Thurgau, Waadt, Zug, Zürich

Quelle Homepage VKG

VKF – Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen

Die Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (VKF) unterstützt ihre Mitglieder im Bereich Prävention. Das Angebot umfasst sowohl den Brandschutz, als auch die Naturgefahrenprävention. In beiden Bereichen bildet die VKF Fachpersonen aus. Sie ist insbesondere Trägerin der Prüfungen Brandschutzfachmann/-frau mit eidgenössischem Fachausweis sowie Brandschutzexpertin/Brandschutzexperte mit eidgenössischem Diplom. Generell richtet die VKF ihren Fokus auf die Verminderung von Personen- und Gebäudeschäden. Demzufolge entwickelt die VKF im Auftrag der Kantonalen Gebäudeversicherungen Instrumente zur Minimierung derartiger Schäden. Beim Brandschutz sind dies die schweizweit verbindlichen Brandschutzvorschriften sowie das Brandschutzregister. Die Online-Plattform «Schutz vor Naturgefahren» hilft ihrerseits beim Vorbeugen in der Elementarschadenprävention.

Quelle Homepage VKF

4. Brandschutznorm (VKF)

Die wichtigsten Grundlagen und die wichtigsten Arbeitspapiere für den Brandschutz sind, die Brandschutznorm, die dazugehörenden Brandschutzrichtlinien, sowie die «Stand der Technik Papiere» (STP).

Die Norm enthält Grundsätze für den baulichen, technischen und betrieblichen Brandschutz. Die Richtlinien regeln einzelne Massnahmen im Rahmen der Brandschutznorm

Die Brandschutznorm bezweckt den Schutz von Personen, Tieren und Sachen vor Gefahren und Auswirkungen von Bränden und Explosionen. Sie regelt die für diese Zielsetzung erforderlichen Rechtsverbindlichkeiten.

Die Brandschutznorm ist in die folgenden Kapitel aufgeteilt:

Ziele und Grundsätze

- A. Allgemeiner Brandschutz
- B. Baulicher Brandschutz
- C. Technischer Brandschutz
- D. Abwehrender Brandschutz
- E. Haustechnische Anlage
- F. Gefährliche Stoffe
- G. Organisatorischer Brandschutz
- H. Vollzug
- I. Schlussbestimmungen

Die Brandschutznorm setzt den Rahmen für den allgemeinen, baulichen, technischen und organisatorischen, sowie den damit verbundenen abwehrenden Brandschutz. Sie bestimmt die geltenden Sicherheitsstandards.

5. Brandschutzrichtlinien (VKF)

Die Brandschutzrichtlinien ergänzen in 19 Kapiteln mit detaillierten Anforderungen und Massnahmen die in der Brandschutznorm gesetzten Vorgaben. Im Weiteren werden von der VKF auch Brandschutzmerkbblätter für bestimmte Nutzungen erstellt und «Stand der Technik Papiere» einzelner Branchenverbände als verbindlich erklärt. Die folgenden Brandschutzrichtlinien und das Brandschutzmerkblatt 2002-15 enthalten für Pyrotechniker wichtige Informationen.

Brandschutzrichtlinie «Begriffe und Definitionen» 10-15

Brandschutzrichtlinie «Brandverhütung und organisatorischer Brandschutz» 12-15

Brandschutzrichtlinie «Gefährliche Stoffe» 26-15

Brandschutzmerkblatt «Zeltbauten für temporäre Veranstaltungen» 2002-15

6. Brandschutzrichtlinien und deren Inhalt für Pyrotechniker

6.1 Brandschutzrichtlinie 10-15 Begriffe und Definitionen

Diese Brandschutzrichtlinie beinhaltet eine umfangreiche Begriffserläuterung. Diese Richtlinie ist ein ideales Hilfsmittel, welches die spezifischen Brandschutzbegriffe kurz und zielführend beschreibt.

6.2 Brandschutzrichtlinie 12-15 Brandverhütung und organisatorischer Brandschutz

Diese Brandschutzrichtlinie enthält folgende, für Pyrotechniker wichtige Informationen.

4.5 Pyrotechnik (Nummerierung gem. Brandschutzrichtlinie)

1. Für die Verwendung von pyrotechnischen Artikeln im Innern von Bauten und Anlagen ist rechtzeitig im Voraus bei der zuständigen Behörde um eine Bewilligung zu ersuchen. Von der Bewilligungspflicht ausgenommen sind pyrotechnische Gegenstände für Vergnügungszwecke der Kategorie F1 gemäss SprstV.
2. Die Brandschutzbehörde kann den Betreiber dazu verpflichten, während der Vorführung eine Brandsicherheitswache zu stellen.
3. Im Weiteren wird auf die Brandschutzrichtlinie „Gefährliche Stoffe“ verwiesen.

Zu Ziffer 3.4.2 Räume mit grosser Personenbelegung (Nummerierung gem. Brandschutzrichtlinie)

- 1 Offenes Feuer darf auf Bühnen nur verwendet werden, wenn dies aus szenischen Gründen unumgänglich ist, und wenn besondere Brandschutzmassnahmen getroffen werden (z. B. mit geeigneten Löschgeräten ausgerüstete Feuerwachen).
- 2 Verwendung von Pyrotechnik:
- 3 Bezüglich Brandschutzanforderungen wird auf die Bestimmungen der Brandschutzrichtlinie „Gefährliche Stoffe“ verwiesen.

6.3 Brandschutzrichtlinie 26-15 Gefährliche Stoffe**11 Pyrotechnische Gegenstände** (Nummerierung gem. Brandschutzrichtlinie)**11.1 Allgemeines****11.1.1 Einleitung**

Die nachfolgenden Bestimmungen beruhen auf dem Bundesgesetz und der Verordnung über explosionsgefährliche Stoffe (Sprengstoffgesetz, Sprengstoffverordnung). Für die Zwecke dieser Brandschutzrichtlinie werden nur die für die kantonalen Vollzugsbehörden im Rahmen ihrer Kontrollpflicht notwendigen und für den Brandschutz wesentlichen Sachverhalte aufgeführt (siehe Ziffer 12 „Weitere Bestimmungen“).

11.1.2 Pyrotechnische Gegenstände zu gewerblichen Zwecken

Sprengmittel und pyrotechnische Gegenstände, die für andere Zwecke bestimmt sind, dürfen nicht zu Vergnügungszwecken verwendet werden.

11.1.3 Pyrotechnische Gegenstände zu Vergnügungszwecken (Feuerwerkskörper)

- 1 Das Abbrennen von Feuerwerkskörpern im Innern von Bauten und Anlagen ist verboten.
- 2 Für Feuerwerkskörper der Kategorie F1 ist nur für die Herstellung und die Einfuhr eine Bewilligung erforderlich. Die übrigen Vorschriften für pyrotechnische Gegenstände gelten für sie nicht.
- 3 Für das Abbrennen von Feuerwerkskörpern sind die vom Hersteller angegebenen Sicherheitsabstände einzuhalten.
- 4 Feuerwerkskörper der Kategorie F4 sind dem gewerblichen Gebrauch vorbehalten. Sie dürfen nur von Personen mit Fachkenntnissen verwendet werden.

11.2 Lagerung

11.2.1 Allgemeine Anforderungen

- 1 Pyrotechnische Gegenstände sind in den Versand- und Verpackungseinheiten aufzubewahren.
- 2 Räume, in denen pyrotechnische Gegenstände gelagert werden, müssen kühl, trocken und gut belüftet sein sowie eine möglichst gleichbleibende Temperatur aufweisen.
- 3 Elektrische Einrichtungen (z. B. Beleuchtung, Heizung) sind ortsfest zu installieren und dürfen nicht zu einer Entzündung oder Zersetzung des Lagergutes führen. Sie sind nach den anerkannten Regeln der Technik für feuergefährdete Räume zu erstellen.
- 4 Der Zutritt zu den Lagerräumen ist nur Personen gestattet, die darin nach Weisung der verantwortlichen Aufsichtspersonen beschäftigt sind. Beim Verlassen der Lagerräume sind diese abzuschliessen.
- 5 In den Lagerräumen sind das Rauchen und die Verwendung von offenem Feuer verboten. Auf das Verbot ist gut sichtbar hinzuweisen.
- 6 Bei den Zugängen zu den Lagerräumen sind geeignete, den Verhältnissen angepasste Löscheinrichtungen (z. B. Wasserlöschposten, Handfeuerlöcher) zu installieren.
- 7 Türen gegen das Gebäudeinnere sind mit Feuerwiderstand EI 30 auszuführen und in Fluchtrichtung öffnend anzuschlagen.
- 8 Polizei und Feuerwehr sind über Standort und Art des Lagergutes zu verständigen.
- 9 Nagetiere dürfen in Lagerräumen für Feuerwerkskörper nicht geduldet werden.
- 10 Grosslager (mehr als 300 kg brutto pyrotechnische Gegenstände) dürfen nicht in einer Wohnzone liegen.
- 11 Grosslager sind gegen Blitzschlag zu schützen.

11.2.2 Zusätzliche Anforderungen an Lager bis 50 kg

- 1 Räume, in denen brutto (ohne Versandverpackung) bis 50 kg pyrotechnische Gegenstände vorübergehend gelagert werden, müssen mit Feuerwiderstand EI 30 ausgebaut sein. Sie dürfen auch anderen Zwecken dienen, sofern das Brandrisiko gering ist.
- 2 Bei nicht vorübergehender Lagerung (d. h. länger als 1 Monat) haben die Lagerräume mindestens den Anforderungen nach Ziffer 11.2.3 zu entsprechen.

11.2.3 Zusätzliche Anforderungen an Lager bis 300 kg

Räume, in denen brutto (ohne Versandverpackung) bis 300 kg pyrotechnische Gegenstände gelagert werden, müssen mit Feuerwiderstand EI 60 ausgebaut sein. Sie dürfen keinen anderen Zwecken dienen.

11.2.4 Zusätzliche Anforderungen an Grosslager bis 1'000 kg

- 1 Räume, in denen brutto (ohne Versandverpackung) bis 1'000 kg pyrotechnische Gegenstände gelagert werden, sind an einer Aussenwand (Druckentlastung) von alleinstehenden Bauten aus Baustoffen der RF1 anzuordnen. Die Räume dürfen nicht überbaut sein und sie dürfen keinen anderen Zwecken dienen.
- 2 Die Lagerräume sind in Konstruktion aus Baustoffen der RF1 auszuführen. Ein- oder angebaute Lagerräume sowie Lagerräume auf dem Dach sind von angrenzenden Räumen öffnungslos mit Feuerwiderstand EI 90 aus Baustoffen der RF1 abzutrennen.
- 3 An Lagerräume grenzende Gebäudeteile dürfen weder eine besondere Brandgefahr noch Räume mit grosser Personenbelegung aufweisen.

11.2.5 Zusätzliche Anforderungen an Grosslager über 1'000 kg

- 1 Lager, in denen brutto (ohne Versandverpackung) mehr als 1'000 kg pyrotechnische Gegenstände gelagert werden, sind in alleinstehenden, eingeschossigen und keinen anderen Zwecken dienenden Bauten und Anlagen aus Baustoffen der RF1 unterzubringen, die zu benachbarten Bauten und Anlagen einen ausreichenden Schutzabstand aufweisen.
- 2 Der erforderliche Schutzabstand richtet sich nach der Lagermenge und dem Grad der Nachbarschaftsgefährdung und beträgt mindestens 20 m. Bei sehr grossen Lagermengen oder wenn benachbarte Bauten besondere Risiken aufweisen (z. B. Verarbeiten und Lagern von gefährlichen Stoffen, Holzbearbeitung, Beherbergungsbetriebe, Bauten mit Räumen mit grosser Personenbelegung, Schulen) sind grössere Schutzabstände einzuhalten. Der erforderliche Schutzabstand ist anhand einer Risikoanalyse durch die zuständige Behörde zu genehmigen.

11.2.6 Nachtlager

- 1 Der Tagesbedarf gemäss Ziffer 11.3.3 ist ausserhalb der Öffnungszeiten in Lagerräumen gemäss Ziffern 11.2.1 bis 11.2.5 zu lagern.
- 2 Feuerwerkskörper der Kategorie F1 bis F3 können bis zu einer maximalen Menge von 1'000 kg brutto (ohne Versandverpackung) in freistehenden, keinen anderen Zwecken dienenden Containern aus Material RF1 aufbewahrt werden.
- 3 Zwischen Container und Gebäude, wie auch von Container zu Container, muss ein Sicherheitsabstand eingehalten werden. Bis 300 kg Feuerwerkskörper hat dieser mindestens 5 m und bis 1'000 kg mindestens 10 m zu betragen.
- 4 Werden die Schutzabstände unterschritten, ist eine Schirmmauer mit Feuerwiderstand EI 60 zu erstellen.

11.2.7 Kurzfristige Lager

Die kurzfristige Aufbewahrung und Vorbereitung von Grossfeuerwerk vor dem Abbrennen hat in Räumen gemäss Ziffer 11.2.3 oder in freistehenden, vor Sonneneinstrahlung geschützten keinen anderen Zwecken dienenden Bauten aus Material der RF1 (z. B. Container) zu erfolgen.

11.4 Bühnenfeuerwerk

- 1 Vorführungen pyrotechnischer Gegenstände für Bühnen und Theater der Kategorie T1 und T2 (Bühnenfeuerwerk) sind in geeigneten, bezeichneten Bereichen (z.B. Szenenflächen, Bühnen) mit Zustimmung der zuständigen Behörde möglich.
- 2 Das Bühnenfeuerwerk darf nur gemäss seiner Gebrauchsanweisung verwendet werden und muss für die vorgesehene Anwendung klassiert und geeignet sein (Indoor / Outdoor). Die Verwendung hat ausschliesslich durch fachkundige Personen mit entsprechendem Ausweis (SBFI Kat. BF sowie Ergänzungsschulungen) zu erfolgen.
- 3 Das Verarbeiten einzelner Komponenten auf Platz zu einem pyrotechnischen Gegenstand bleibt ausschliesslich fachkundigen Personen mit entsprechendem Ausweis (SBFI Kat. BF sowie Ergänzungsschulungen) vorbehalten.
- 4 Bühnenfeuerwerke sind vor der Vorführung sorgfältig zu planen und unter Berücksichtigung der Umgebung (z. B. Raumhöhe, Abstände zu brennbarem Material) sowie in Anwesenheit von instruiertem Löschpersonal mit geeigneten Löscheinrichtungen zu erproben und der zuständigen Behörde rechtzeitig zur Abnahmekontrolle vor Ort zu melden.
- 5 Die Lagerung von Bühnenfeuerwerk auf Platz muss in geeigneten, abschliessbaren Behältern aus Baustoffen der RF1 erfolgen. Die Aufstellung der Behälter muss in Räumen erfolgen, die mindestens Feuerwiderstand EI 30 aufweisen. Türen zu diesen Räumen sind mit Feuerwiderstand EI 30 auszuführen. Die Räume dürfen auch anderen Zwecken dienen, sofern das Brandrisiko gering ist. Der Vorrat an Bühnenfeuerwerk darf brutto (ohne Versandverpackung) 50 kg nicht übersteigen.
- 6 Zuständig für die Lagerung ist diejenige Person, die auch für die Vorführung des Bühnenfeuerwerkes verantwortlich ist.
- 7 Je nach Situation bleiben weitergehende Auflagen (z. B. Feuerwache) der zuständigen Behörde vorbehalten.

6.4 Brandschutzmerkblatt 2002-15 Zeltbauten für temporäre Veranstaltungen

3.4 Feuer und Pyrotechnik (Nummerierung gemäss Brandschutzmerkblatt)

- 1 In Zeltbauten mit grosser Personenbelegung ist offenes Feuer nicht zulässig, auf Bühnen nur mit einer Bewilligung der zuständigen Behörde. Als Dekoration aufgestellte Kerzen sind davon ausgenommen, diese sind auf nicht brennbare Unterlagen zu stellen.
- 2 Pyrotechnische Gegenstände (Indoorfeuerwerk) dürfen nur so abgebrannt werden, dass für Personen und Sachen keine Gefährdung entsteht. Die Verwendung von pyrotechnischen Gegenständen in Zeltbauten bedarf, mit Ausnahme von Gegenständen der Kategorie F1 gemäss Sprengstoffverordnung (SprstV), einer Bewilligung der zuständigen Behörde.

7. Behörden / Gesuche

Die Brandschutzbehörde überwacht die Einhaltung der Brandschutzvorschriften und prüft die brandschutzrelevanten Konzepte und Nachweise auf Vollständigkeit, Nachvollziehbarkeit und Plausibilität.

Für die Verwendung von pyrotechnischen Artikeln im Innern von Bauten und Anlagen ist rechtzeitig im Voraus bei der zuständigen Behörde um eine Bewilligung zu ersuchen. Von der Bewilligungspflicht ausgenommen sind pyrotechnische Gegenstände für Vergnügungszwecke der Kategorie F1 (BSR 12-15 Art. 4.5).

Das Vorführen pyrotechnischer Gegenstände für Bühnen und Theater der Kategorie T1 und T2 (Bühnenfeuerwerk) verlangt die Zustimmung der zuständigen Behörde (BSR 26-15 Art. 11.4). Bühnenfeuerwerk darf nur durch fachkundige Personen mit einem entsprechenden Ausweis (SBFI Kat. BF sowie Ergänzungsschulungen) vorgeführt werden (BSR 26-15 Art 11.4).

Die Erteilung einer Abbrandbewilligung für Bühnenfeuerwerk ist Kantonal unterschiedlich geregelt. Damit Sie rechtzeitig im Besitz einer Abbrandbewilligung sind, informieren Sie sich frühzeitig auf der Homepage der Gemeindeverwaltung oder der zuständigen Kantonalen Gebäudeversicherung. Sie müssen damit rechnen, dass die Brandschutzbehörde in ihrer Bewilligung Massnahmen zur Brandsicherheit verfügt. Es kann z.B. verlangt werden, dass der Veranstalter oder Sie als Pyrotechniker, während der Vorführung eine Brandsicherheitswache stellen muss.

Wichtig:

Wenn die Abbrandbewilligung durch den Veranstalter eingeholt wird, lassen Sie sich eine Kopie davon geben, damit Sie wissen, mit welchen Auflagen die Vorführung verbunden ist.

Eine Auswahl an Webseiten mit Gesuchs-Formularen.

- <https://www.gvz.ch/file/219/verwendung-von-buehnenfeuerwerk.pdf>
- <https://www.police.be.ch/de/start/dienstleistungen/online-wache/sprengstoff-und-pyrotechnik.html>
- https://www.gvsg.ch/fileadmin/downloadcenter/web/schuetzen/Gesuch_Indoor_Pyrotechnik_W.pdf

8. Beurteilung der Räumlichkeiten

Allgemeines

Im Brandschutz werden Räume wie folgt unterschieden:

- Räume mit einer Belegung bis 300 Personen
- Räume mit grosser Personenbelegung (>300 Personen)

Räume mit grosser Personenbelegung verfügen über diverse der maximalen Personenbelegung angepasste, bauliche und technische Brandschutzeinrichtungen.

Die maximal mögliche Personenbelegung eines Raumes ergibt sich anhand der vorhandenen Fluchtwege und deren Breite. Räume mit grosser Personenbelegung verfügen über eine von der Brandschutzbehörde erstellte Bestuhlungsverfügung (maximale Personenbelegung).

Als Räume mit grosser Personenbelegung, gelten auch Festzelte (Fahrrisbauten) mit einer Personenbelegung >300 Personen.

Räumlichkeiten

Informieren Sie sich über die Räumlichkeiten in denen Sie ihre Vorführungen zeigen.

- Ist der Raum für den Anlass geeignet?
- Können die Sicherheitsabstände eingehalten werden?
- Können pyrotechnische Effekte ohne Gefahr gezeigt werden?

- Sind Löscheinrichtungen (z.B. Handfeuerlöscher) vorhanden, die Sie auch verwenden können?
- Ist eine Brandmeldeanlage vorhanden?
- Ist eine Sprinkleranlage vorhanden?
- Steht mir ein persönlicher Raum zur Verfügung welchen ich abschliessen kann?
- Ist der Bühnenboden fugenlos, so dass keine Funken oder andere zündfähige Produkte darin verschwinden können?

Um diese Punkte zu klären, vereinbaren Sie frühzeitig einen Termin mit dem Betreiber der Lokalität. Findet Ihre Veranstaltung in einem Raum mit grosser Personenbelegung statt, ist der Betreiber verpflichtet einen Sicherheitsverantwortlichen Brandschutz zu beschäftigen. Er ist der ideale Ansprechpartner für Ihre Anliegen.

Besucherzahl

Der Betreiber der Lokalität, respektive der Veranstalter, ist dafür verantwortlich, dass die maximal mögliche Personenbelegung der Räumlichkeit eingehalten wird. Ist sich der Betreiber, respektive der Veranstalter nicht sicher, wie viele Personen sich maximal im Raum aufhalten dürfen, gibt es folgende Regel.

Je nach Personenbelegung haben Räume mindestens folgende Ausgänge aufzuweisen:

- a. mit maximal 50 Personen: ein Ausgang mit 0.9 m;
- b. mit maximal 100 Personen: zwei Ausgänge mit je 0.9 m;
- c. mit maximal 200 Personen: drei Ausgänge mit je 0.9 m oder zwei Ausgänge mit 0.9 m und 1.2 m;
- d. mit mehr als 200 Personen: mehrere Ausgänge mit mindestens je 1.2 m.

Die Türen müssen in Fluchtrichtung öffnen.

Bei einer Belegung über 200 Personen haben Ausgänge insgesamt mindestens folgende Breiten aufzuweisen:

- a. ebenerdig: 0.6 m pro 100 Personen;
- b. über Treppen: 0.6 m pro 60 Personen.

Fluchtwege

Flucht- und Rettungswege können als Verkehrswege genutzt werden. Sie sind jederzeit frei und sicher benützbar zu halten. Dies dient auch zu Ihrer eigenen Sicherheit. Achten Sie auf Bühnen und in Räumen darauf, dass Sie Ihre Effekte und Materialien so platzieren, dass die Fluchtwege immer ungehindert begangen werden können.

Dekorationen

Ist Ihr Veranstaltungsort speziell dekoriert, so achten Sie auf die Dekorationen. Dekorationen dürfen nur aus Materialien der Brandverhaltensgruppe RF2 bestehen und nicht brennend abtropfen.

RF2 = Materialien die nur einen geringen Brandbeitrag leisten.

Sind Dekorationen sehr nahe an Ihrem Abbrandort, fragen Sie beim Veranstalter nach und lassen Sie sich bestätigen, dass die Dekorationsmaterialien den Vorschriften entsprechen. Ein einfacher Brandversuch im Freien, kann bei der Klärung hilfreich sein.

Kostüme der Schauspieler / Akteure

Werden pyrotechnische Effekte eingesetzt, während dem Schauspieler oder Musiker auf der Bühne sind, ist darauf zu achten, dass die Akteure die Sicherheitsabstände zu den Effekten einhalten. Kostüme sind häufig aus gut, respektive leicht brennbaren Textilien hergestellt, ein Funke kann genügen um ein Kostüm in Brand zu setzen.

Technische Brandschutzeinrichtungen

Viele Veranstaltungsräumlichkeiten verfügen über technische Brandschutzeinrichtungen wie Brandmeldeanlagen oder Sprinkleranlagen. Dieser Umstand ist besonders zu beachten.

Brandmeldeanlagen:

Ist der Veranstaltungsraum mit einer Brandmeldeanlage überwacht, so ist davon auszugehen, dass diese Anlage bei der Verwendung von pyrotechnischen Gegenständen oder Nebel auslöst. Gemäss der VKF Brandschutzrichtlinie Brandmeldeanlagen 20-15, dürfen Brandmeldeanlagen grundsätzlich nicht ausser Betrieb gesetzt werden.

Müssen Teile (Brandmeldegruppen) der Brandmeldeanlagen für die Vorführung ausser Betrieb genommen werden, sind für die Zeit der Ausserbetriebnahme, geeignete Ersatzmassnahmen vorzusehen.

Als geeignete Massnahme wird in der Regel, der Einsatz von Brandwachen erachtet. Sie müssen somit davon ausgehen, dass in Ihrer Abbrandbewilligung eine dahingehende Auflage enthalten ist.

Das Aus- und Einschalten von Brandmeldegruppen darf nur durch instruiertes Personal erfolgen. Informieren Sie sich frühzeitig beim Veranstalter.

Sprinkleranlagen:

Ist an Ihrem Veranstaltungsort eine Sprinkleranlage vorhanden? Informieren Sie sich darüber frühzeitig. Sprinkleranlagen können nicht ausser Betrieb genommen werden. Sprinkleranlagen sind gegenüber Rauch unempfindlich, reagieren aber auf Temperatur. Sprinkleranlagen lösen je nach Ausführung der Sprinklerköpfe, zwischen 57°C und 141°C aus.

Wie kann ich feststellen ob eine Brandmeldeanlage oder ein Sprinkler vorhanden ist?

Ein Blick an die Decke kann vieles klären.



Sprinklerkopf



Brandmelder

Wichtig:

Werden technische Brandschutzeinrichtungen wie Brandmeldeanlagen oder Sprinkleranlagen, versehentlich ausgelöst, ist das mit Kosten verbunden. Die Feuerwehr wird dem Veranstalter oder Ihnen als Pyrotechniker eine Rechnung für ihren Einsatz zustellen. Eine gründliche Vorabklärung ist darum dringend notwendig.

Löschmittel

Vergewissern Sie sich, dass Ihnen am Veranstaltungsort Löschmittel wie z.B. Handfeuerlöscher zur Verfügung stehen. Löschmittel wie Handfeuerlöscher sind so zu platzieren, dass sie sofort eingesetzt werden können. Im Ereignisfall ist ein rasches Handeln elementar.

Sind am Veranstaltungsort keine Löscheinrichtungen vorhanden, sind Sie als Pyrotechniker dafür verantwortlich, dass ein für ihre Zwecke geeignetes Löschmittel vor Ort vorhanden ist.

Eine Löschdecke und ein Handfeuerlöscher gehören zur Grundausrüstung eines Pyrotechnikers. Handfeuerlöscher sind regelmässig gemäss den Herstellervorgaben zu prüfen und zu warten.

Abschliessbarer Raum

Klären Sie schon im Vorfeld, ob Ihnen am Veranstaltungsort, ein für Sie reservierter abschliessbarer Raum zur Verfügung steht. Lagern Sie Ihre Materialien und Effekte nie unbeaufsichtigt.

9. Beurteilung Bühnenbild Pyrotechnik

Art der Veranstaltung

Geburtstagsfeier / Firmenjubiläum / Musical / Theater usw.

Verantwortliche Person

Wer zeichnet sich verantwortlich für den Transport, Aufbau, Zündung und Abbau der Pyrotechnik?

Pyrotechnische Effekte

Der/die Pyrotechniker/in beurteilt wie gross und wie breit dürfen die Effekte sein und wie weit dürfen die Funken fliegen. (Sicherheitsabstände)

Nach dem Aufbau

Mit allen betroffenen Personen wird abgesprochen wo welche Effekte wann gezündet werden und was sicherheitstechnisch notwendig ist.

Steuerpult

Besteht vom Standort des Steuerpultes ein guter Überblick, sowohl auf die Bühne als auch auf die weitere Umgebung?

Verwenden von Knalleffekten

Die Zone in dem die Knalleffekte angebracht sind muss richtig abgesperrt sein.

Erzeugung von Rauch- und Nebel

Es können Nebelmaschinen eingesetzt werden, welche mit physiologisch unbedenklichen Lösungen / Lösungsmittel gespiesen werden. Zur Nebelherstellung dürfen nur Wasser und Trockeneis (festes CO₂) eingesetzt werden.

Raumtemperaturen

Bei Vernebelung müssen die Temperaturen unter +300° eingehalten werden.

Lüftungen

Sind die notwendigen Lüftungsanlagen die bei Vernebelung benötigt werden vorhanden?

Vor der Show

Sind die Befestigungen aller Effekte nachkontrolliert worden?

Nach der Show

Wurden alle gezündeten Effekte auch ausgelöst und alle Effekte sauber demontiert und entsorgt?

Sicherheitskontrolle

Direkt nach dem Vorstellungsende und eine Stunde nach dem Vorstellungsende ist ein Sicherheitsrundgang durchzuführen, um sicher zu sein, dass keine glühenden Teile zu einem Brand führen können.

Nicht zugelassen

Dekorationen mit Brandverhalten RF 3 (grosser Brandbeitrag)!

Offenes Feuer! Normale resp. bengalische Fackeln!

Herkömmliche Streichhölzer! Schiessen mit Schwarzpulver!

Feuerzeuge die beim Loslassen nicht selbständig schliessen!
Verwenden von brennbaren Gasen und Flüssigkeiten!

Nur mit Bewilligung

Rauchen (Aschenbecher mit Quarzsand oder Wasser)!
Sicherheitsfackeln und Kerzen! Apparate zur Erzeugung von Nebel oder Rauch!
Pyrotechnische Handlungen!

Als Zusammenfassung nehmen Sie bitte folgende Punkte mit:

Denken Sie daran;

werden die Weisungen der Kontrollorgane nicht oder ungenügend beachtet und die beanstandeten Mängel nicht umgehend behoben, kann der Betrieb durch die Kontrollorgane untersagt werden. Liegt eine grobe Verletzung der Brandschutzvorschriften vor, kann der Betrieb durch die Kontrollorgane verboten werden.

Und ganz wichtig ist:

Sie sind verantwortlich für das was Sie tun, Sie sind aber auch verantwortlich für das was Sie nicht tun.

06 AB BF

Sicherheit



Inhaltsverzeichnis

Sicherheit

1	Sicherheitsabstände	2
1.1	Schutzziel	2
1.2	Generelle Bemerkungen zu Sicherheitsabständen	2
1.3	Technische Begriffe / Definitionen nach SN - EN 16261-1 und 16256-1	3
2	Sicherheitsabstände für Feuerwerkskörper der Kategorie F4 gemäss Norm SN EN 16261-4	5
2.1	Mindestanforderungen der Norm an die Kennzeichnung	5
2.2	Liste verbindlicher und wahlfreier Kenngrössen und der entsprechenden Codes gemäss SN EN 16261-4 (Kategorie F4)	6
3	Schallschutz	7
3.1	Mindestsicherheitsabstand Schalldruck gegenüber Personen (Publikum)	7
3.2	Berechnung Sicherheitsabstand auf der Basis Schalldruck	8
4	Berechnung der Sicherheitsabstände für Feuerwerkskörper der Kategorie F4	8
4.1	Basisberechnung	9
4.1.1	Bodenfeuerwerk	9
4.1.2	Feuerwerksbatterie, Römische Kerzen, Feuerwerksrohr (Single Shot)	9
4.1.3	Mehrschlagzylinderbomben (nur FWB)	10
4.1.4	Spezialbomben (nur FWB)	10
4.1.5	Nautische Effekte (nur FWB)	10
4.1.6	Feuerwerksbatterien mit Spezialeffekten	11
4.1.7	Feuertopf	11
4.1.8	Raketen	11
4.1.9	Steigende Kronen	11
4.2	Zuschläge	12
4.3	Anpassung Sicherheitsabstände bei Abschuss von Bauwerken oder Geländeerhebungen	12
4.3.1	Anpassung Sicherheitsabstände bei nicht vertikalem Abschuss	12
4.3.2	Anpassung Sicherheitsabstände bei Wind	13
4.3.3	Berechnungsbeispiel Basis Sicherheitsabstand mit allen Zuschlägen:	13
5	Sicherheitsabstände für pyrotechnische Gegenstände der Kategorie T2 gemäss Norm SN EN 16256-4	14
5.1	Mindestanforderung der Norm an die Kennzeichnung	14
5.2	Liste verbindlicher und wahlfreier Kenngrössen und entsprechender Codes gemäss Norm SN EN 16256-4 (Kategorie T2)	15
6	Berechnung der Sicherheitsabstände für pyrotechnische Gegenstände der Kategorie T2	16
6.1	Berechnung des Sicherheitsabstandes Basis Effektausdehnung	16
6.1.1	Mindestsicherheitsabstand in Ausstossrichtung	16
6.1.2	Mindestsicherheitsabstand seitlich (radial)	16
6.2	Zuschläge	17
6.3	Anpassung Sicherheitsabstand bei Abschuss mit einem Neigungswinkel	17
6.3.1	Sicherheitsabstand Berechnung gewinkelter Abschuss mit Tabelle:	17
6.4	Sicherheitsabstände bei Wind	18
6.5	Ergänzung für Personen mit der Berechtigung Bühnenfeuerwerk	19
6.5.1	Berechnung der Sicherheitsabstände für pyrotechnische Gegenstände der Kategorie T1 bei Einsatz unter Normalbedingungen ²	19
6.5.2	Sicherheitsinstruktion	20
7	Berechnung der Sicherheitsabstände für pyrotechnische Gegenstände der Kategorie P1 und P2	20
8	Anhang	21
8.1	Beispiel F4 und T2 Etiketten	21
8.2	Beispiel: Sicherheitsabstände für Kategorie F4 nach 5.1 (FWA)	22
8.3	Beispiel: Sicherheitsabstände für Kategorie F4 nach 5.1 (FWB)	23
8.4	Windgeschwindigkeits-Einheiten Tabelle	24

Einleitung

Gemäss Ausbildungsreglement berechtigen die Einträge FWA und FWB 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.

1 Sicherheitsabstände

1.1 Schutzziel

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

Der Sicherheitsabstand ist der minimale horizontale und/oder vertikale Abstand zwischen den Abschusseinrichtungen bzw. den pyrotechnischen Gegenständen und dem Publikum, unbeteiligten Dritten und gefährdeten Objekten.

Die Fläche um die Abschusseinrichtungen der pyrotechnischen Gegenstände bis zu den Sicherheitsabständen wird als Gefahrenzone bezeichnet (siehe auch Abbildung Seite: 22.) Die Sicherheitsabstände bilden ein Basiselement für ein korrektes Abbrennen von Feuerwerk im Freien, im Sinne des Ausbildungsreglements.

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

1.2 Generelle Bemerkungen zu Sicherheitsabständen

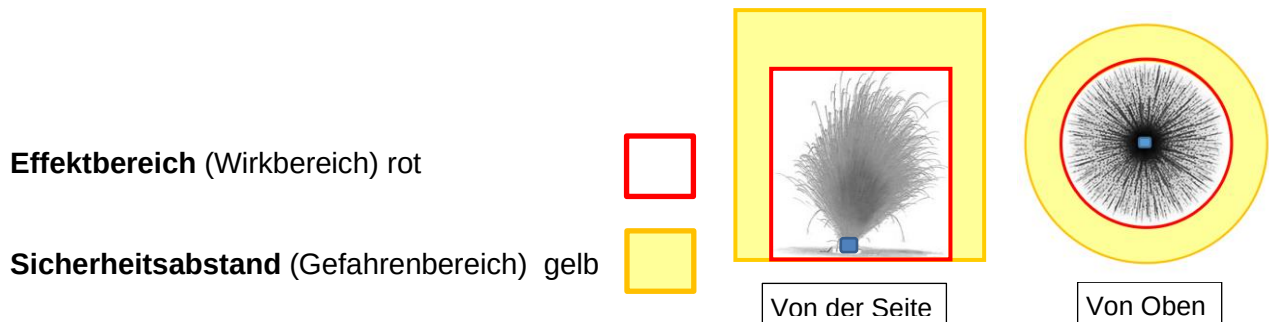
Die Sicherheitsabstände beeinflussen zusammen mit den Verhältnissen um den Abschussplatz die Auswahl der pyrotechnischen Gegenstände und die Feuerwerksprogrammgestaltung wesentlich. Die Einhaltung der Sicherheitsabstände ist daher bereits bei der Feuerwerksplanung zu berücksichtigen (siehe auch Kapitel 14 „AVOR / Planung“).

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

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

Hinweis: Bei vielen pyrotechnischen Gegenständen führt die Anwendung der minimal geforderten Sicherheitsabstände nicht zu einem optimalen optischen Effekt für die Zuschauer! Um einen bestmöglichen Effekt für die Zuschauer zu erreichen müssen in der Regel grössere Abstände gewählt werden als die minimal vorgegebenen Sicherheitsabstände.

1.3 Technische Begriffe / Definitionen nach SN - EN 16261-1 und 16256-1

**Abschusswinkel** (Code W)

Winkel (gemessen aus der Vertikalen) eines Gegenstandes, wie er für das Abbrennen vorbereitet wird.

Effekthöhe (Code A)

maximale Höhe, die der Feuerwerkskörper erreichen kann.

Anmerkung 1 zum Begriff: Bei einer Feuerwerksbombe entspricht dies der Zerlegungshöhe zuzüglich dem Effektradius der Feuerwerksbombe. Bei Wasserfällen entspricht die Effekthöhe der vertikalen Länge des Effekts.

Effektdauer (Code K)

Gesamtdauer des Effekts von dessen optischen und/oder akustischen Auftreten bis zu dessen gänzlichen Verschwinden.

Effektentfernung (Code E)

Bei Wasserfeuerwerkskörpern der Abstand zwischen dem Abschussort und dem Zerlegungspunkt auf dem Wasser.

Effektbereich

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

Gesamtdauer (Code R)

Zeit vom Einsetzen des ersten Effekts bis zum Ende des letzten Effekts, bei einer steigenden Krone handelt es sich dabei um die Flugdauer vom Start bis zur Landung.

Kaliber (Code G)

Aussendurchmesser eines Feuerwerkskörpers, ausgelegt zum Abschuss aus einem Mörser (z. B. Feuerwerksbombe) oder der Innendurchmesser eines Rohres, das vormontierte Gegenstände (z. B. ein Römisches Licht) enthält.

Schalldruckpegel (Code B)

Maximaler A-bewerteter Impuls-Schalldruckpegel (in dB(Al_{max}) in x Meter, wobei x der Abstand ist, bei dem der Schalldruckpegel gemessen wurde) entsprechend 7.2.5 von EN 16261-2:201

Radiale Effektweite (Code T)

Ist die maximale Ausdehnung der Wirkung in jede Richtung, ausgenommen die Ausstossrichtung.

Reststück (Code C)

Teil eines Feuerwerkskörpers, das nach der Funktion des Feuerwerkskörpers übrig bleibt.

Anmerkung 1 zum Begriff: Chemische Produkte, die bei der Verbrennung des pyrotechnischen Satzes entstehen, werden nicht als „Reststücke“ betrachtet.

weggeschleudertes Reststück (Code C)

Fragmente, die während der Funktion seitlich weggeschleudert werden.

Sicherheitsabstand

Ist der horizontale und/oder vertikale Mindestabstand, der zwischen dem pyrotechnischen Gegenstand und Personen (Zuschauern), brennbaren Materialien oder Hindernissen eingehalten werden muss.

Zerlegungshöhe (Steighöhe)

Höhe des Zerlegungspunktes des Effektes oder des Gegenstands

2 Sicherheitsabstände für Feuerwerkskörper der Kategorie F4 gemäss Norm SN EN 16261-4

2.1 Mindestanforderungen der Norm an die Kennzeichnung

Die Norm SN EN 16261-4 „Pyrotechnische Gegenstände – Feuerwerkskörper der Kategorie F4 – Mindestanforderungen an die Kennzeichnung“ verpflichtet den **Hersteller** u.a., abhängig vom Gegenstandstyp, **Leistungsparameter** (Produktdaten) auszuweisen. Diese Informationen müssen direkt auf dem Gegenstand (oder auf der kleinsten Verpackungseinheit, wenn der Gegenstand nicht ausreichend Platz hinsichtlich der Anforderungen an die Kennzeichnung bietet) angebracht sein (siehe Abbildung 1). **Der Mindestsicherheitsabstand ist gemäss Norm vom Verwender mithilfe der angegebenen Produktdaten zu bestimmen, wobei der Feuerwerkskörper entsprechend der Gebrauchsanweisung und nationalen Bestimmungen zu verwenden ist.**

Beispiel Kennzeichnung

Kombination - Batterie KAT F4						Hinweis: in der Schweiz muss die Etikette in den drei Amtssprachen angebracht werden. Beispieltikette in drei Amtssprachen siehe Anhang Seite: 21
Art. Nr./Art. No.: 12-34 Artikel/Article: 16'S Red to Crackling						
Kaliber/Calibre: 75 mm NEM/Net ex weight: 3100 g Sicherheitsabstand: 100 m		Herst. Jahr: 2016 Los Nr./Lot: 2016/C1-10 0589-F4-0290				
Der Mindestsicherheitsabstand ist vom Verwender mithilfe der angegebenen Produktdaten zu bestimmen. Der Gegenstand ist entsprechend der Gebrauchsanweisung und nationalen Bestimmungen zu verwenden. Darf nur auf Vorweisen eines Erwerbsscheins oder einer Abbrandbewilligung abgegeben werden. Nur von Personen mit Fachkenntnissen zu verwenden. Gebrauchsanweisung beachten. Gegenstand so aufstellen, dass gewinkelte Rohre nicht auf Personen gerichtet sind.						
Leistungskenngrößen:				BAM-F4-0123		
A:	B:	C:	D:			
90 m	106,0 dB(AI _{max}) in 80m	30 m	✓			
Beispiel GmbH - Bombenstrasse 12 21033 Hamburg Tel: +30 (0) 12 34 56 78				0589		

Abbildung1: F4 Produkt Etikette mit Leistungsparameterangabe nach SN EN 16261-4

Auf obiger Etikette werden für die F4 „75 mm Batterie“ gemäss Codeangabe folgende Leistungsmerkmale angegeben:

- Code **A**: Eine Effekthöhe von 90 m;
- Code **B**: Einen maximalen A-bewerteten Impuls-Schalldruckpegel (AI_{max}) von 106 dB (AI) bei 80 m Messentfernung;
- Code **C**: Es entstehen gefährliche Reststücke bis zu einem maximalen Abstand von 30 m;
- Code **D**: Es werden brennende oder glimmende Teilchen auf die Ebene geworfen, von der, der Gegenstand abgeschossen wird.

2.2 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 Lagerfähigkeitsgrenzen
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
[1] M = Diese Angabe ist verbindlich. O = Diese Angabe ist wahlfrei (in Abhängigkeit vom Typ oder nach dem Ermessen des Herstellers).			

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

3 Schallschutz

Arbeitgeber und Veranstalter sind vom Gesetz her verpflichtet, alle Massnahmen zu treffen, die notwendig sind, um lärmbedingte Gehörschäden zu vermeiden. Beim Einsatz von pyrotechnischen Gegenständen muss auch deren Lautstärke beachtet werden! Ein Schalldruckpegel über 120 dB verursacht Unbehaglichkeit und Schmerzempfindung. Knallartige hohe Schallbelastungen können bleibende Hörschäden verursachen!

Wie wird die Lautstärke resp. der Schall gemessen?

Bei Schallmessungen erfasst ein Mikrofon die Luftdruckschwankungen, die durch die Schallwelle hervorgerufen werden. Im Messgerät werden diese Signale mit der so genannten **A-Bewertung** angepasst, die der frequenz-abhängigen Lautstärkeempfindlichkeit der menschlichen Lautstärkewahrnehmung entspricht. Das Messgerät zeigt den Messwert als Schalldruckpegel in dB(A) → **Dezibel(A)** an. Die Bezeichnung «A» weist also darauf hin, dass mit der A-Bewertungsfilterkurve gemessen wurde.

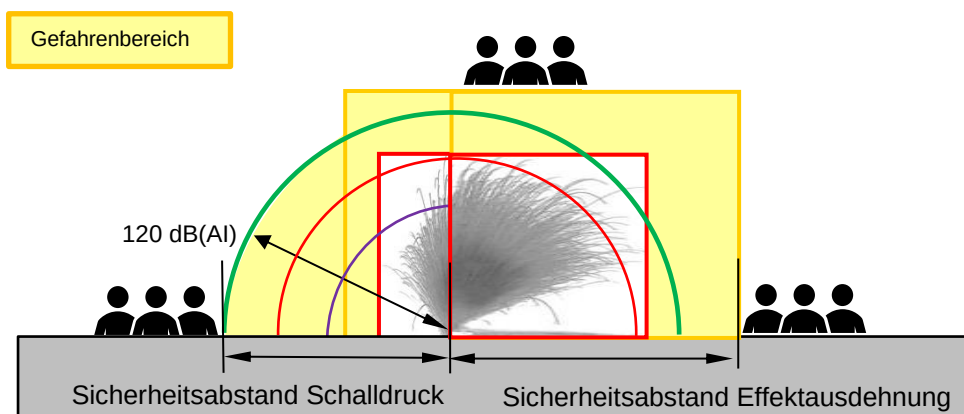
Dezibel ist eine Einheit, die einen grossen Zahlenbereich in einen kleineren umwandelt, Abkürzung dB. Vom leisesten Ton, den das Gehör wahrnehmen kann (Hörschwelle), bis zu einem sehr lauten Ton, der Schmerzen verursacht (Schmerzschwelle), liegt ein Schalldruckbereich von 1 zu 1 Million. Umgewandelt in Dezibel, reicht der Bereich von der Hörschwelle bis zur Schmerzschwelle von 0 bis 120 dB und ist damit viel praktischer zu handhaben. Mit jeder Verdopplung der Entfernung zwischen Schallquelle und Hörer nimmt der Schallpegel um 6 dB ab. Die doppelte (Schall-)Intensität ergibt sich bei einer (Schallintensitäts-) Pegelerhöhung von 3 dB.

3.1 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.

Sind die 120 dB(Ai) Schallpegelgrenze bei Akteuren auf Grund der Nähe zu den pyrotechnischen Gegenständen nicht einzuhalten, so sind zwingend geeignete Schutzmassnahmen zu treffen wie das Tragen von Gehörschutzmitteln.

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



3.2 Berechnung Sicherheitsabstand auf der Basis Schalldruck

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

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



r_{Messung}	Messentfernung in Meter
0,00	0,00
0,05	0,05
0,10	0,10
0,15	0,15
0,20	0,20
0,25	0,25
0,30	0,30
0,35	0,35
0,40	0,40
0,45	0,45
0,50	0,50
0,55	0,55
0,60	0,60
0,65	0,65
0,70	0,70
0,75	0,75
0,80	0,80
0,85	0,85
0,90	0,90
0,95	0,95
1,00	1,00

L_{Schall} Schalldruckgrenze (maximaler A-gewichteter Impuls-Schalldruckpegel = 120 dB(A))

L_{Messung} Gemessener Schalldruckpegel in dB(A) 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!*

Berechnungsbeispiel Schalldruck:

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

Welche Lautstärke ist bei 1 m hörbar? Lösung: Bei 4 m + 6 dB → 112 dB (Distanzhalbe)
Bei 2 m + 6 dB → 118 dB
Bei 1 m + 6 dB → **124** dB

4 Berechnung der Sicherheitsabstände für Feuerwerkskörper der Kategorie F4

Die nachfolgenden Berechnungsvorgaben für Feuerwerkskörper der Kategorie F4 berücksichtigen auf die in der Norm SN EN 16261 hingewiesene Verwendung, wonach die Sicherheitsabstände gemäss nationalen Bestimmungen anzuwenden sind! Zur Festlegung der Sicherheitsabstände wird von ordnungsgemässer Anwendung und Funktion der Feuerwerkskörper ausgegangen, unter Einbezug des kalkulierbaren Risikos für Fehlfunktionen. Minimale Sicherheitsabstände bieten jedoch keinen absoluten 100% Schutz gegenüber allen technisch denkbaren Gefährdungsszenarien, insbesondere, wenn Abschussvorrichtungen durch fahrlässige Montage verschoben oder zerstört werden.

Der minimale Sicherheitsabstand für Feuerwerkskörper der Kategorie F4 basiert im Wesentlichen auf folgender Berechnung:

$$\text{Minimaler Sicherheitsabstand} = \text{Basisberechnung} + \text{allfällige Zuschläge}$$

Basisberechnung

Grösster Wert aus:

- Steighöhe/Effekthöhe (Code A nach Norm)
- Kaliber / Durchmesser
- Herstellerangaben

+

Zuschläge

- Abschuss von Bauwerken / Geländeerhebungen
und
- Gewinkeltem Abschuss $\geq 10^\circ$
und
- Windeinfluss $\geq 6 \text{ m/s}$

4.1 Basisberechnung

4.1.1 Bodenfeuerwerk

Für Bodenfeuerwerk, also Feuerwerkskörper der Kat. F4, die sich beim Abbrennen 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.

4.1.2 Bomben, 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 $\geq 30 \text{ mm}$, Kaliber $< 30 \text{ mm}$ mindestens 30 m
- Sicherheitsabstand gemäss **Herstellerangabe**

Bei Gegenständen die **Reststücke** wegschleudern (**Code C**), sind die ermittelten Sicherheitsabstände **zusätzlich** um **50%** vom Wert C zu vergrössern.

Durch besondere Massnahmen, wie dem Ausrichten der Bombenabschussrohre von den Zuschauern weg, der geschickten Nutzung von natürlichen Hindernissen, Böschungen oder geeigneten Schutzwänden, kann der minimale Sicherheitsabstand um maximal **20 Prozent** verkürzt werden (gilt nicht für Mehrschlagbomben)!

Berechnungsbeispiel:

Für eine 75 mm Feuerwerksbatterie mit einer Steighöhe (Code A) 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**.

Verwendung von Metallabschussrohren für Feuerwerksbomben (nur FWB)

Beim Abschuss von Feuerwerksbomben können Rohrkrepiere nicht ausgeschlossen werden. Durch die Verwendung von Metallabschussrohren entsteht die zusätzliche Gefahr von sehr gefährlicher und weitreichender Splitterbildung. Der verantwortliche Feuerwerker hat demnach alle Vorkehrungen zu treffen, um mögliche Schäden durch Splitterflug zu vermeiden.

Folgende Sicherheitsmassnahmen werden empfohlen:

- Metallabschussrohre jeglicher Art dürfen grundsätzlich nur für den Abschuss von Feuerwerksbomben verwendet werden, **für die es keine geeigneten, nichtmetallischen Rohre mit ausreichender Festigkeit gibt (siehe Rundschreiben fedpol Anhang 20)!**
- Bei der Verwendung von metallenen Abschussrohren jeglicher Art, muss ein ausreichender Splitterschutz angewendet werden. Zum Beispiel durch vollständiges eingraben, bzw. einsanden des Rohres.

Ereignisse mit gefährlicher Splitterbildung sind nicht nur von Metallabschussrohren für Bomben bekannt, sondern auch von Montagevorrichtungen für römische Kerzen, welche Metallrohre beinhalteten.

4.1.3 Mehrschlagzylinderbomben (nur FWB)

Mehrschlagzylinderbomben können zu einer besonders hohen Belastung des Bombenkörpers beim Abschuss führen, was das Risiko eines Rohrkrepiers erhöht. Dabei ist neben Splitterbildung auch mit einer Gefährdung der umgebenden Abschussrohre zu rechnen. Deshalb sollten Abschussrohre mit Mehrschlagzylinderbomben auf dem Abbrennplatz einzeln und in ausreichendem Abstand zueinander eingegraben oder eingesandet werden. Die unter Punkt 4.1.2 aufgeführten Sicherheitsabstände für Bomben sind einzuhalten!

4.1.4 Spezialbomben (nur FWB)

Bei der Verwendung von speziellen Bombentypen (z.B. Fallschirmbomben mit brennbaren Effekten) sind die Sicherheitsabstände auch bei leichtem Wind nach 4.1.2 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!

4.1.5 Nautische Effekte (nur FWB)

Für Feuerwerksbatterien mit Effekten auf dem Wasser, muss in Abschussrichtung zum Publikum die 1,5 fache Effektdistanz (Code E), plus der grösste Wert aus der Steighöhe (Code A) oder dem 1,5 fachen Effektradius (Code T) angewendet werden.

Achtung!

- Die Effektdistanz (Code E) gilt für den angegebenen Abschusswinkel (Code W), mit einer Änderung des Abschusswinkels ändert sich auch die Distanz (Code E)!
- Es muss kein zusätzlicher Winkelzuschlag gemäss 5.3.1 gemacht werden.

Berechnungsbeispiel:

Wasserfeuerwerksbatterie, Steighöhe (**Code A**) 1 m, Effektdistanz (**Code E**) 60 m, Radiale Effektweite (**Code T**) 5 m, Abschusswinkel (**Code W**) 66°

Basis Sicherheitsabstand

- $1,5 \times \text{Effektdistanz von } 60 \text{ m} = \mathbf{90 \text{ m}}$
Plus grösster Wert von
- Steighöhe 1 m = 1 m
- $1,5 \times \text{Radiale Effektweite } 5 \text{ m} = \mathbf{7,5 \text{ m}}$ (Höchster Wert)

Total = 97,5 m

4.1.6 Feuerwerksbatterien mit Spezialeffekten

Bei der Verwendung von speziellen Effekttypen (z.B. Fallschirmbomben mit brennbaren Effekten) sind die Sicherheitsabstände auch bei leichtem Wind nach **4.1.2** 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!

4.1.7 Feuertopf

Der Sicherheitsabstand wird wie für Feuerwerksbatterien **4.1.2** 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.

Berechnungsbeispiel:

Feuertopf 45 mm mit Sternenladung, (**Code A**) Steighöhe 62 m.

Basis Sicherheitsabstand

- 50% der Steighöhe von 62 m = 31 m
- 0,5 m pro mm Kaliber bei Kaliber 45 mm = 22,5 m
- Sicherheitsabstand gerade = **31 m** (Höchster Wert)

4.1.8 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.

4.1.9 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.

Berechnungsbeispiel:

Rakete Ø 50 mm, Steighöhe (**Code A**) 80 m und (**Code C**) 20 m.

Basis Sicherheitsabstand

- 100% der Steighöhe von 80 m = 80 m
- 1 m pro mm Kaliber bei Kaliber 50 mm = 50 m
- Basis Sicherheitsabstand = **80 m** (Höchster Wert)

Zuschlag

- 50% Reststückeauswurf 20 m = 10 m
- Sicherheitsabstand total 80 m + 10 m = **90 m**

4.2 Zuschläge

Die nachfolgenden Zuschläge basieren auf der berechneten **Basis** Sicherheitsdistanz. Als Sicherheitsabstand gilt die Addition der nachfolgenden drei Zuschlagsberechnungen.

4.3 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. Der Sicherheitsabstand nach 4.1.2 bis 4.1.9 muss um 50% der Gelände- oder Bauwerkhöhe vergrößert werden.

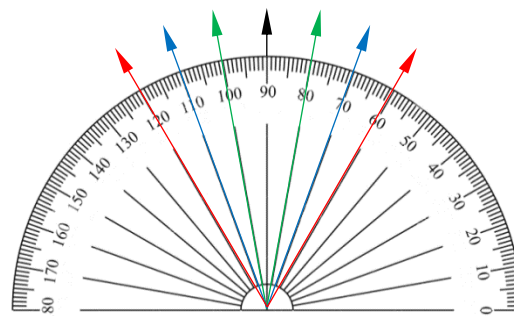
Berechnungsbeispiel:

Werden Feuerwerkskörper (5.2 – 5.6) ab einem 40 m hohen Hochhaus geschossen, muss zum Basis Sicherheitsabstand 20 m dazu addiert werden (50% von 40 m).

4.3.1 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. Bei nicht vertikalem Abschuss muss folgende Erhöhungen der Sicherheitsabstände nach 4.1.2 bis 4.1.9 angewendet werden:

Abweichung der Abschussrichtung von der Senkrechten in Grad	Erhöhung des Sicherheitsabstandes in %
$\geq 10^\circ$ (80° / 100°)	20%
$\geq 15^\circ$ (75° / 105°)	40%
$\geq 20^\circ$ (70° / 110°)	60%
$\geq 25^\circ$ (65° / 115°)	80%
$\geq 30^\circ$ (60° / 120°)	100%



Berechnungsbeispiel:

Zwei 45 mm Römische Kerzen mit einer Steighöhe (**Code A**) von 62 m werden +/- 25° gefächert montiert.

Basis Sicherheitsabstand

- 80% der Steighöhe von 60 m = 48 m
- 1 m pro mm Kaliber bei Kaliber 45 mm = 45 m
- Sicherheitsabstand gerade = **48 m** (Höchster Wert)

Neigung Zuschlag Berechnung

- Sicherheitsabstand in Richtung der Neigung = 80% Zuschlag von 48 m = 38,4 m
Total 48 m + 38,4 m = **86,4 m**

4.3.2 Anpassung Sicherheitsabstände bei Wind

Bei Windgeschwindigkeiten zwischen **6 m/s und 10 m/s** sind die nach 4.1.2 bis 4.1.9 ermittelten Sicherheitsabstände in Windrichtung prozentual gemäss F4 Windtabelle 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 Feuerwerksbomben, -batterien, Römischen Kerzen und Raketen aus Sicherheitsgründen zu verzichten.

Windgeschwindigkeits-Einheiten Tabelle siehe 9.4

6 – <7 m/s	10%
7 – <8 m/s	20%
8 – <9 m/s	30%
9 – <10 m/s	40%
10 – <11 m/s	50%

F4 Windtabelle

Tipp: Bei starkem Wind und einem grossen Sicherheitsabstand zum Publikum, ist das Abschiessen von "Testbomben" (mit zunehmendem Kaliber) eine gute Hilfe zur Entscheidungsfindung, ob das Feuerwerk gefahrlos gezündet werden kann.

Beispiel „Fallout“: Bombenteile, die von einer Bersthöhe von 150 m mit 2 m/s absinken, werden bei einer Windgeschwindigkeit von 10 m/s - also weniger als 40 km/h – bereits **750 m** weit abgetrieben!

Berechnungsbeispiel:

Eine gerade montierte 40 mm Feuerwerksbatterie mit einer Steighöhe (**Code A**) von 50 m wird bei einem Wind von 8 m/s abgefeuert.

Basis Sicherheitsabstand

- 80 % der Steighöhe von 50 m = 40 m
- 1 m pro mm Kaliber bei Kaliber 40 mm = 40 m
- Basis Sicherheitsabstand = **40 m** (Höchster Wert)

Wind Zuschlag Berechnung

- Sicherheitsabstand in Wind Richtung = 30% Zuschlag von 40 m = 12 m
Total 40 m + 12 m = **52 m**

4.3.3 Berechnungsbeispiel Basis Sicherheitsabstand mit allen Zuschlägen:

Feuerwerksbatterie: 100 Schuss / 60 mm (**Code A**: 80 m)

Montage: 25° geneigt auf einem 20 m hohen Gebäude bei 8 m/s Wind in Neigerichtung.

Basis Sicherheitsabstand

- 80% der Steighöhe von 80 m = 64 m
- 1 m pro mm Kaliber bei Kaliber 60 mm = 60 m
- Basis Sicherheitsabstand = **64 m** (Höchster Wert)

Zuschlag Berechnung Gebäudehöhe

- 50% von 20 m = **10 m**

Zuschlag Berechnung Neigung

- Sicherheitsabstand in Richtung der Neigung = 80% Zuschlag von 64 m = **51,2 m**

Zuschlag Berechnung Wind

- Sicherheitsabstand in Wind Richtung = 30% Zuschlag von 64 m = **19,2 m**

Total: 64 m + 10 m + 51,2 m + 19,2 m = **144,4 m** (in Wind / Neigerichtung)

5 Sicherheitsabstände für pyrotechnische Gegenstände der Kategorie T2 gemäss Norm SN EN 16256-4

5.1 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 pyrotechnische Gegenstände 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 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

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

Hinweis: in der Schweiz muss die Etikette in den drei Amtssprachen angebracht werden.
Beispielletikette in drei Amtssprachen siehe Anhang
Seite: 21

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 der 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 6.2 dürfen in der Kennzeichnung angegeben werden und müssen dasselbe Format wie die verbindlichen Angaben aufweisen. Diese Angaben müssen von dem Textfeld getrennt aufgeführt sein, dass die verbindlichen Kenngrossen enthält.

5.2 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	
^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 Kategorie T2

6 Berechnung der Sicherheitsabstände für pyrotechnische Gegenstände der Kategorie T2

Der minimale Sicherheitsabstand für pyrotechnische Gegenstände der Kategorie T2 basiert im Wesentlichen auf folgender Berechnung:

Minimaler Sicherheitsabstand = Basisberechnung + allfällige Zuschläge

Basisberechnung

Ausstossrichtung / seitlich

- Steighöhe/Effekthöhe (Code A)
- Effektweite (Code T) Abstand gefährlicher Reststücke (Code C)

+

Zuschläge

- Gewinkeltem Abschuss $\geq 10^\circ$
und
- Windeinfluss $\geq 6 \text{ m/s}$

Der berechnete Sicherheitsabstand ist auf den nächsten vollen Meter aufzurunden.

6.1 Berechnung des Sicherheitsabstandes Basis Effektausdehnung

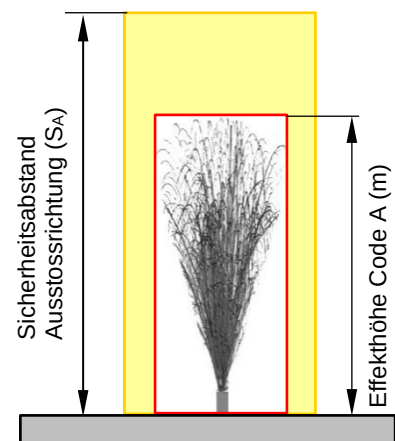
6.1.1 Mindestsicherheitsabstand in Ausstossrichtung

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.

Berechnungsbeispiel: Silberfontäne mit Angabe Code A 8 m

$8 \text{ m} \times 1,3 = 10,4 \text{ m} \rightarrow \text{Aufgerundet} = \underline{\underline{11 \text{ m}}}$



6.1.2 Mindestsicherheitsabstand seitlich (radial)

Als Sicherheitsabstand gilt:

*Grösster Wert aus

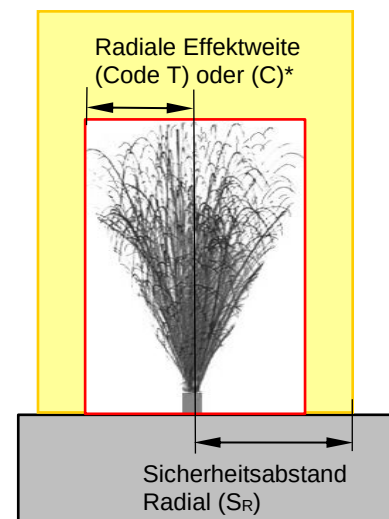
- radialen Effektweite (Code T)
- Abstand gefährlicher Reststücke (Code C),

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

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

Berechnungsbeispiel: Silberfontäne mit Angabe Code T 2 m

$2 \text{ m} \times 1,3 = 2,6 \text{ m} \rightarrow \text{Aufgerundet} = \underline{\underline{3 \text{ m}}}$

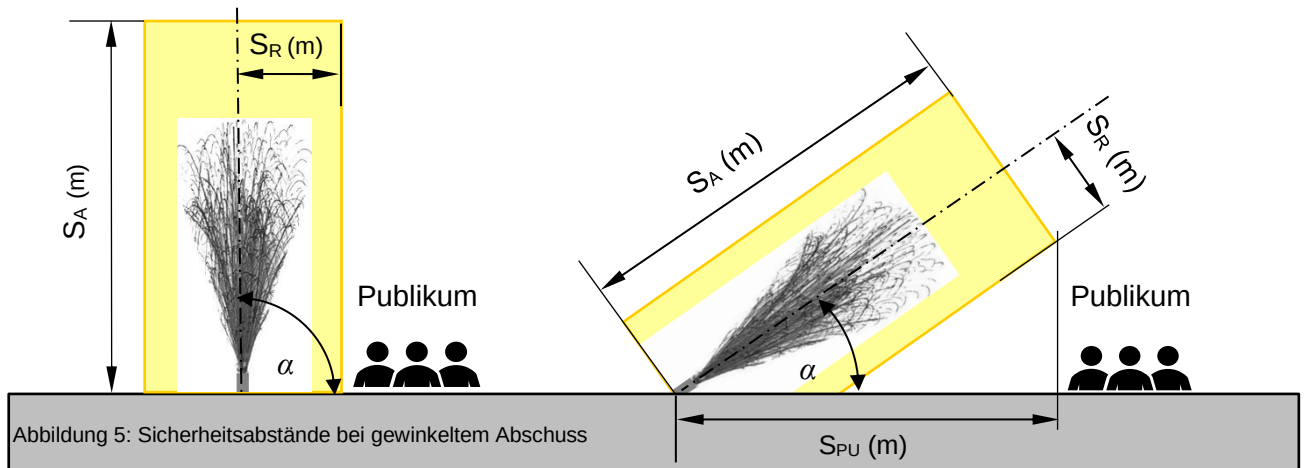


6.2 Zuschläge

Die nachfolgenden Zuschläge basieren auf der berechneten Basis Sicherheitsdistanz.
Als Sicherheitsabstand gilt die Addition der nachfolgenden zwei Zuschlagsberechnungen.

6.3 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:

S_A = Sicherheitsabstand in Ausstossrichtung (Code A x 1.3)

S_R = Sicherheitsabstand in radialer Richtung (Code T x 1.3)

S_{PU} = Sicherheitsabstand zum Publikum bei gewinkeltem (geneigtem) Abschuss

α = Abschusswinkel in Grad

Bemerkung:

Bei $\alpha = 90^\circ$ (vertikal) $\rightarrow S_{PU} = S_R$

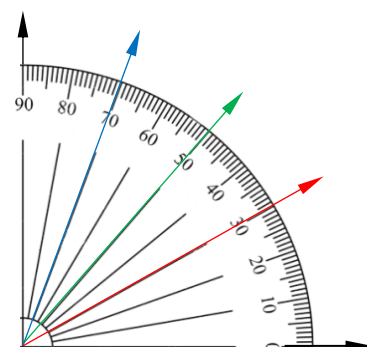
Bei $\alpha = 0^\circ$ (horizontal) $\rightarrow S_{PU} = S_A$

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

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 (S_{PU}) zum Publikum.

6.3.1 Sicherheitsabstand Berechnung gewinkelter Abschuss mit Tabelle:

Abschusswinkel α	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		0



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

Legende:

S_A = Sicherheitsabstand in Ausstossrichtung (Code A x 1.3)

S_R = Sicherheitsabstand in radialer Richtung (Code T x 1.3)

S_{PU} = resultierender Sicherheitsabstand zum Publikum bei gewinkeltem (geneigtem) Abschuss

α = Abschusswinkel in Grad

Bemerkung:

Bei $\alpha = 90^\circ$ (vertikal) $\rightarrow S_{PU} = S_R$

Bei $\alpha = 0^\circ$ (horizontal) $\rightarrow S_{PU} = S_A$

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

Berechnungsbeispiel gewinkelter Abschuss

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

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

Sicherheitsabstand aufgerundet = 6 m

6.4 Sicherheitsabstände bei Wind

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** ($\approx 40\text{ km/h}$ 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.

Windgeschwindigkeits-Einheiten Tabelle Siehe Seite: 24

Berechnungsbeispiel Windeinfluss

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

$$7 - <8\text{ m/s} \rightarrow \text{plus 40\% von } 12\text{ m} = 4.8\text{ m} \quad \text{Total} = 4.8\text{ m} + 12\text{ m} = \mathbf{16,8\text{ m}}$$

Sicherheitsabstand aufgerundet = 17 m

6.5 Ergänzung für Personen mit der Berechtigung Bühnenfeuerwerk

6.5.1 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 werden**. 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 6.1 und 6.2 vorgenommen werden. Der Schutzabstand S_A radial und in Effektrichtung ist vom **Hersteller angegeben**.

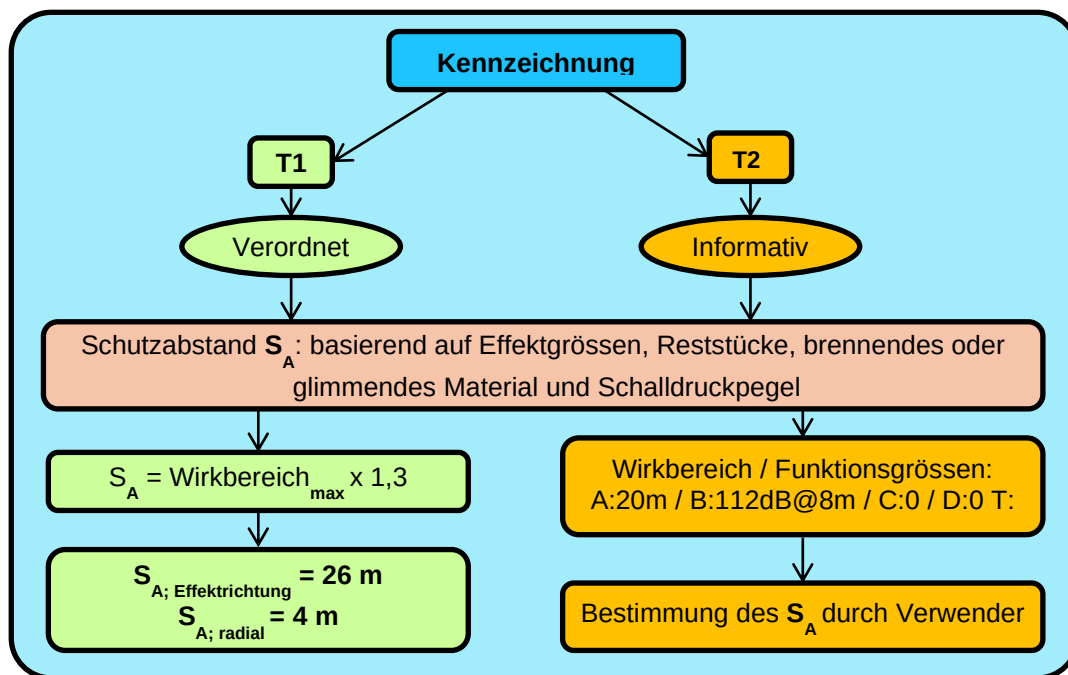
Beispiel Kennzeichnung pyrotechnische Gegenstände der Kategorie T1

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

Beispiel Etikette T1 Produkt deutscher Text
 (ohne Gebrauchsanweisung)

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

Grundlage für Mindestsicherheitsabstand Festlegung gemäss SN EN 16256-3 für T1 Produkte



¹ Gemäss SN EN 16256-2:2013 Anmerkung 4.3

² **Normalbedingung** = Pyrotechnischer Gegenstand vertikal ausgerichtet Windgeschwindigkeit $\leq 5 \text{ m/s}$

Hinweis: Die vom Hersteller angegebenen Schutzabstände bei T1 Produkten können direkt als Basis für die Zuschläge verwendet werden, der Faktor Wirkbereich $\times 1,3$ ist bereits mit einberechnet.

6.5.2 Sicherheitsinstruktion

Vor Beginn der ersten Inszenierung mit pyrotechnischen Gegenstände müssen alle beteiligten Personen sowie das technische und künstlerische Personal (z.B. Brandsicherheitswache, Darsteller/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.

7 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 5.1.1 bis 5.1.8 errechnet werden.

Wird der Sicherheitsabstand vom Hersteller angegeben, ist der angegebene Sicherheitsabstand in jedem Fall als Mindestsicherheitsabstand anzuwenden.

8 Anhang

8.1 Beispiel F4 und T2 Etiketten

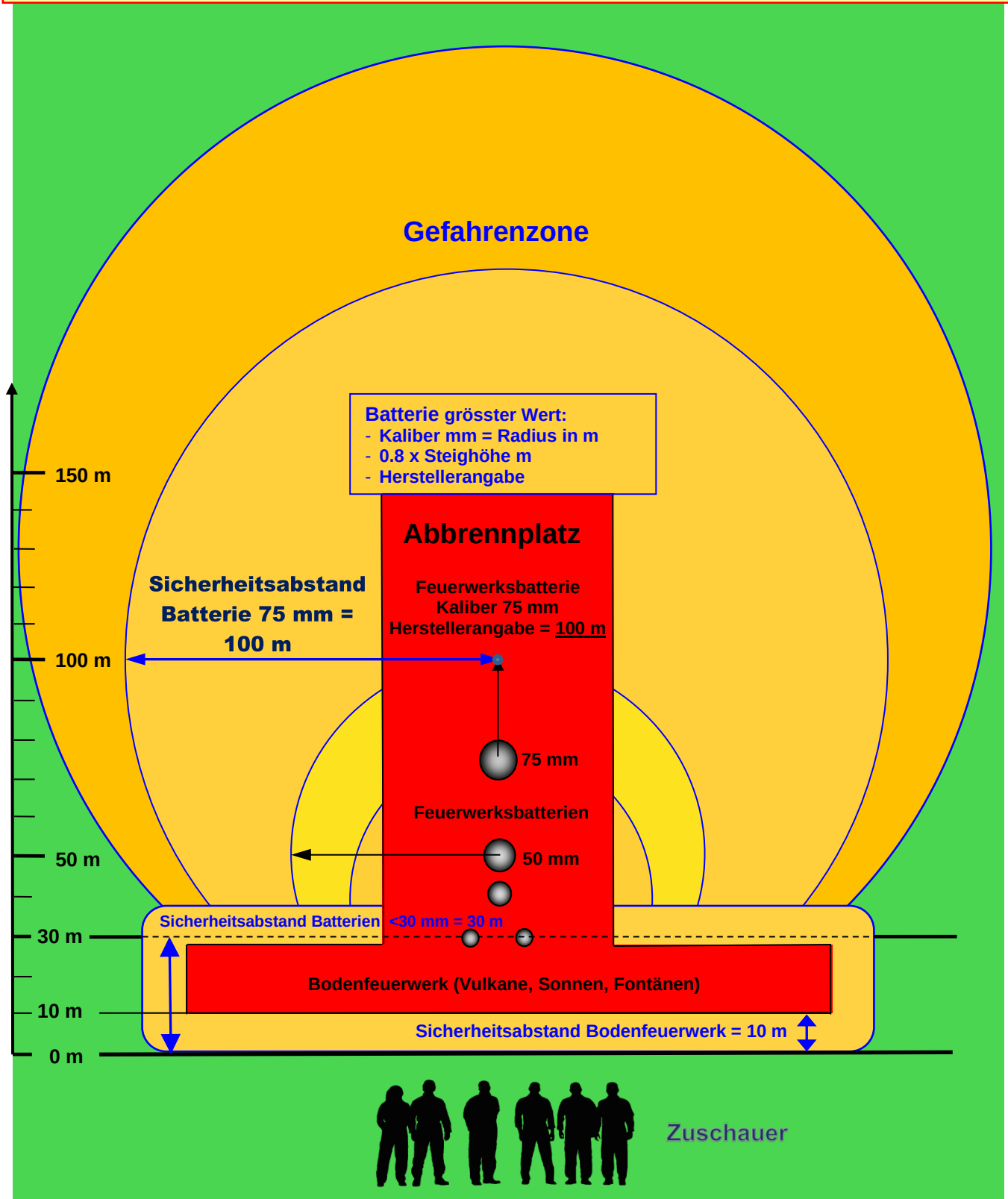
FEUERWERKFABRIK AG		CE 0163	
Kombination-Batterie / Combinaison-Batterie / Combinazione-Batteria - KAT. F4			
(W) SILVER COCO + RED STROBE STARS + SILVER TAIL		Art.Nr.:10318B	
Cal: 30mm NEM/MA/NEC: 1845g Bruttogewicht/Poids brut/Peso lordo: 11115g Schusszahl: 90 Produktionsjahr/Année de fabrication/Anno di produzione: 2020 Hersteller/Fabricant/Fabbricante: China 43 Reg. Nr./CE-Code/Batch Nr.: 0163-F4-2136/JX-COMB.4A.F03.90.055/JX/COM/E20/0586-6			
Darf nicht an Personen unter 18 Jahren abgegeben werden! Ne peut être remis à des personnes de moins de 18 ans! Non può essere fornito a persone di meno di 18 anni!		Ausschussrichtung Direction de tir Direzione di lancio 	
- Nur zur Verwendung durch Personen mit Fachkenntnissen. Nur im Freien verwenden! Der Mindestsicherheitsabstand ist vom Verwendungsberechtigten mithilfe der angegebenen Produktdaten zu bestimmen. Gegenstand ist entsprechend der Gebrauchsanweisung und nationalen Bestimmungen zu verwenden. Darf nur auf Vorweisen eines Erwerbsscheins oder einer Abbrandbewilligung abgegeben werden. - Utilisation réservée aux personnes ayant des connaissances particulières. A utiliser seulement à l'extérieur! Distance minimale de sécurité à déterminer par l'utilisateur en fonction des données indiquées sur le produit. Article à utiliser conformément au mode d'emploi et aux réglementations nationales. Ne peut être remis que sur présentation d'un permis d'acquisition ou d'une autorisation de mise à feu. - L'uso solo a persone di conoscenze specialistiche. Solo per uso esterno! Rispettare le distanze di sicurezza imposte dalla norma ed i dati di sicurezza propri dell'artificio. Utilizzare l'oggetto attenendosi alle istruzioni per l'uso e conformemente alle disposizioni nazionali. Può essere rilasciato solo previa presentazione di un permesso d'acquisto o di un'autorizzazione per l'accensione.			
A:51.0m	B: 109dB(Almax)@ 120m	C:-	D:√ 50m W:54°
Feuerwerkfabrik AG / Musterweg 4 / 3005 Bern, Schweiz			

Pyrodummy Kat T2 Art.Nr.:14218		CE 0163	
Pyrotechnik-KOMET/Pyrotechnie-COMÈTE/Pirotecnica-COMETA			
COMET GOLD Cal:30mm		Reg: 0163-T2-2287	
NEM/MA/NEC: 35g / Bruttogewicht/Poids brut/Peso: 113g Produktionsjahr/Année de fabrication/Anno di produzione: 19 Hersteller/Fabricant/Fabbricante: China KTBX Darf nicht an Personen unter 18 Jahren abgegeben werden! Ne peut être remis à des personnes de moins de 18 ans! Non può essere fornito a persone di meno di 18 anni!		Ausschussrichtung Direction de tir Direzione di lancio 	
Nur zur Verwendung durch Personen mit Fachkenntnissen. NUR IM FREIEN VERWENDEN! Der Mindestsicherheitsabstand ist durch den Verwender mit Hilfe der auf dem Gegenstand angegebenen Kenngrößen und Umgebungsbedingungen festzulegen. Gegenstand ist entsprechend der Gebrauchsanweisung und nationalen Bestimmungen zu verwenden. Darf nur auf Vorweisen eines Erwerbsscheins oder einer Abbrandbewilligung abgegeben werden. Es ist gesetzlich verboten, diesen Gegenstand für andere als den vorgesehenen Zweck zu verwenden. Utilisation réservée aux personnes ayant des connaissances particulières. A UTILISER SEULEMENT À L'EXTÉRIEUR! Distance minimale de sécurité doivent être déterminé par l'utilisateur à l'aide des données du produit fournies des caractéristiques de performances, et des conditions environnementales. Article à utiliser conformément au mode d'emploi et aux réglementations nationales. Ne peut être remis que sur présentation d'un permis d'acquisition ou d'une autorisation de mise à feu. Il est interdit par l'objet d'employer cet engin à des fins autres que celles pour lesquelles il est prévu. L'uso solo a persone di conoscenze specialistiche. UTILIZZARE SOLO ALL'APERTO! La distanza minima di sicurezza deve essere determinata dall'utente utilizzando i dati del prodotto forniti, le caratteristiche prestazionali e le condizioni ambientali. Utilizzare l'oggetto attenendosi alle istruzioni per l'uso e conformemente alle disposizioni nazionali. Può essere rilasciato solo previa presentazione di un permesso d'acquisto o di un'autorizzazione per l'accensione. È vietato per legge utilizzare il presente pezzo per scopi diversi da quelli previsti. <i>Pyrodummy / Junkerweg 4, 8832 Wollerau, Schweiz</i>			
A: 40m	B: 108dB(Almax)@ 40m	C:-	D:- T: 2m

8.2 Beispiel: Sicherheitsabstände für Kategorie F4 nach 4.1 (FWA)

Vertikaler Abschuss ab Boden (<10°) bis max. 5 m/s Windgeschwindigkeit

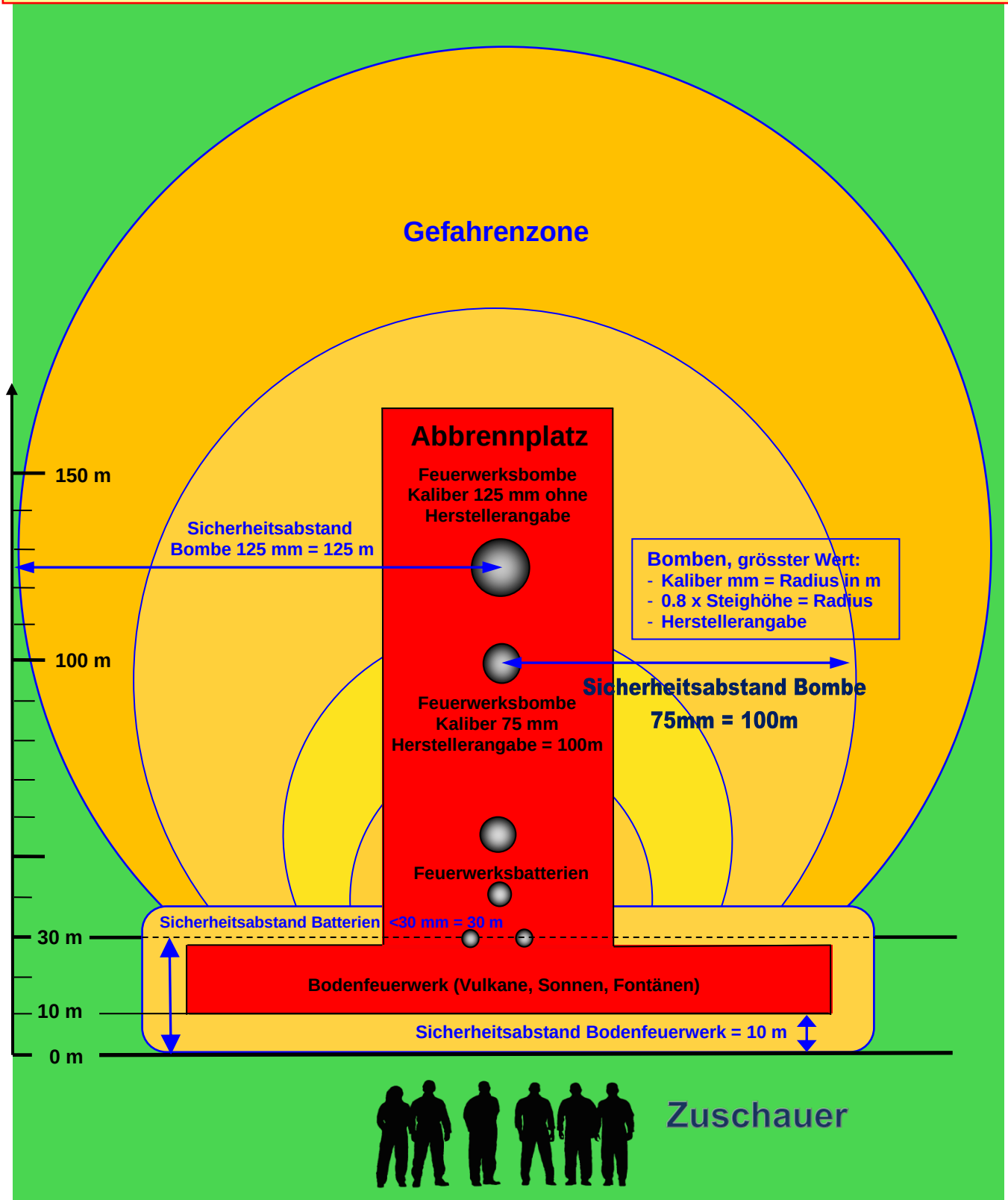
Feuerwerksbatterien, römische Kerzen, Single Shot: Grösster Wert der Berechnungen a - c
a) 80% der Steighöhe; b) Kaliber pro mm in 1 m (min. 30 m); c) Sicherheitsabstand gemäss Hersteller
Bodenfeuerwerk: → Minimum 10 Meter



8.3 Beispiel: Sicherheitsabstände für Kategorie F4 nach 4.1 (FWB)

Vertikaler Abschuss ab Boden (<10°) bis max. 5 m/s Windgeschwindigkeit

Bomben, römische Kerzen, Feuerwerksbatterien, 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



8.4 Windgeschwindigkeits-Einheiten Tabelle

Beaufort – Skala

Stärke Beaufort	Bezeichnung	Wind- Geschwindigkeit ~m/s ~km/h		Auswirkungen	
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	

07 BM

Arbeitssicherheit



Inhaltsverzeichnis

Arbeitssicherheit

1. Einführung.....	2
2. Rechtliche Aspekte	2
2.1 Grundbestimmungen.....	2
2.2 Arbeitsrecht.....	3
2.3 Arbeitnehmerschutz	3
2.4 Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten.....	3
2.4.1 Unfallversicherungsgesetz (UVG)	3
2.4.2 Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (VUV).....	4
3. Weitere Bestimmungen.....	4
3.1 BauAV Bauarbeiterverordnung.....	4
4. Vorgehen	5
4.1 Anhang a.....	6

1. Einführung

Arbeitssicherheit bedeutet, dass Arbeitnehmende an ihrem Arbeitsplatz vor Gefahren für ihre Sicherheit und Gesundheit geschützt sind.

Von sicheren Arbeiten profitieren die Menschen sowie die Wirtschaft. Unfälle verursachen Leid und Kosten. Leid entsteht bei den betroffenen Arbeitnehmenden sowie ihren Angehörigen.

Arbeitnehmerschutz bedeutet, dass Arbeitnehmende an ihrem Arbeitsplatz vor Gefährdungen ihrer eigenen Sicherheit und Gesundheit geschützt sind. Hohe Kosten entstehen durch Unfälle und berufsbedingten Krankheiten, sowohl bei den Unternehmen als auch in der Gesamtwirtschaft.

2. Rechtliche Aspekte

Für den Schutz der Arbeiter gibt es viele gesetzliche Grundlagen und Richtlinien. Je nach Tätigkeit kommen etwas andere Artikel oder Richtlinien zur Anwendung. Nachfolgend sind die wichtigsten aufgeführt.

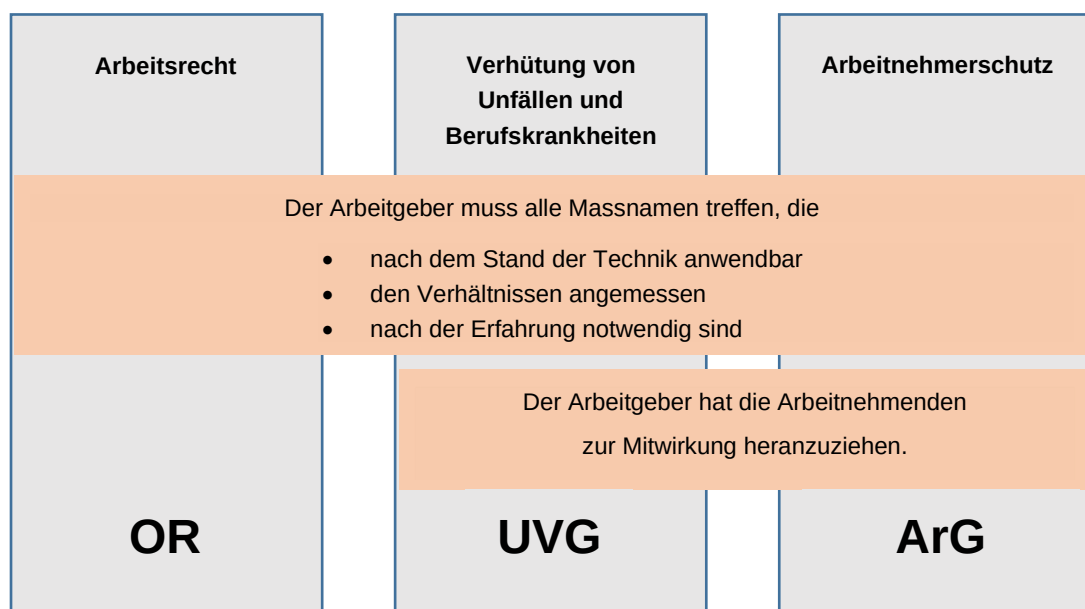
Hinweis:

In diesem Beitrag werden die für Pyrotechnik wesentlichen Artikel einiger gesetzlicher Grundlagen erläutert. Die gesetzlichen Vorschriften sind teilweise gekürzt, nur sinngemäss und nicht im Originalwortlaut wiedergegeben.

Rechtsgültig ist alleine der Originaltext.

2.1 Grundbestimmungen

Die drei gesetzlichen Grundpfeiler für Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz sind:



Quelle: Suva («Welches sind Ihre Pflichten auf dem Gebiet der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes»)

2.2 Arbeitsrecht

Im Obligationenrecht (OR) Art. 328 ist ausgeführt, welche Massnahmen der Arbeitgeber zum Schutze der Persönlichkeit der Arbeitnehmenden zu treffen hat.

2.3 Arbeitnehmerschutz

Das Arbeitsgesetz hat zum Ziel, die Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer vor gesundheitlichen Beeinträchtigungen, die mit dem Arbeitsplatz verbunden sind, zu schützen. Einerseits enthält es Vorschriften über den allgemeinen Gesundheitsschutz, anderseits Vorschriften über Arbeits- und Ruhezeiten.

Geltungsbereich des Arbeitsgesetzes

Das Arbeitsgesetz besteht aus zwei Teilen:

- Gesundheitsschutz (Art. 6, 35 und 36a ArG sowie unter anderem ArGV 3)
- Arbeits- und Ruhezeiten

2.4 Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten

Die Verhütung von Berufsunfällen und Berufskrankheiten ist im Unfallversicherungsgesetz (UVG) und in seiner Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (VUV) geregelt.

2.4.1 Unfallversicherungsgesetz (UVG)

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.

² Der Arbeitgeber hat die Arbeitnehmer bei der Verhütung von Berufsunfällen und Berufskrankheiten zur Mitwirkung heranzuziehen.

³ Die Arbeitnehmer sind verpflichtet, den Arbeitgeber in der Durchführung der Vorschriften über die Verhütung von Berufsunfällen und Berufskrankheiten zu unterstützen. Sie müssen insbesondere persönliche Schutzausrüstungen benützen, die Sicherheitseinrichtungen richtig gebrauchen und dürfen diese ohne Erlaubnis des Arbeitgebers weder entfernen noch ändern.

Art. 82a Arbeiten mit besonderen Gefahren

¹ Der Bundesrat kann Arbeiten mit besonderen Gefahren von einem Ausbildungsnachweis abhängig machen, sofern die Sozialpartner einen entsprechenden Antrag stellen.

² Er regelt die Ausbildung und die Anerkennung von Ausbildungskursen nach vorgängiger Anhörung der Eidgenössischen Koordinationskommission (Koordinationskommission) für Arbeitssicherheit.

2.4.2 Verordnung über die Verhütung von Unfällen und Berufskrankheiten (VUV)

Art. 6 Anhörung der Arbeitnehmer

¹ Der Arbeitgeber sorgt dafür, dass alle in seinem Betrieb beschäftigten Arbeitnehmer, einschliesslich der dort tätigen Arbeitnehmer eines anderen Betriebes, ausreichend und angemessen informiert und angeleitet werden über die bei ihren Tätigkeiten auftretenden Gefahren sowie über die Massnahmen der Arbeitssicherheit. Diese Information und Anleitung haben im Zeitpunkt des Stellenantritts und bei jeder wesentlichen Änderung der Arbeitsbedingungen zu erfolgen und sind nötigenfalls zu wiederholen.

² Die Arbeitnehmer sind über die Aufgaben und die Funktion der in ihrem Betrieb tätigen Spezialisten der Arbeitssicherheit zu informieren.

³ Der Arbeitgeber sorgt dafür, dass die Arbeitnehmer die Massnahmen der Arbeitssicherheit einhalten.

⁴ Die Information und die Anleitung müssen während der Arbeitszeit erfolgen und dürfen nicht zu Lasten der Arbeitnehmer gehen.

Art. 8 Vorkehren bei Arbeiten mit besonderen Gefahren

¹ Der Arbeitgeber darf Arbeiten mit besonderen Gefahren nur Arbeitnehmern übertragen, die dafür entsprechend ausgebildet sind. Wird eine gefährliche Arbeit von einem Arbeitnehmer allein ausgeführt, so muss ihn der Arbeitgeber überwachen lassen.

² Bei Arbeiten mit besonderen Gefahren müssen die Zahl der Arbeitnehmer sowie die Anzahl oder die Menge der gefahrbringenden Einrichtungen, Arbeitsmittel und Stoffe auf das Nötige beschränkt sein.

3. Weitere Bestimmungen

3.1 BauAV Bauarbeiterverordnung

Art. 14 Leitern

¹ Es dürfen nur Leitern verwendet werden, die insbesondere bezüglich Belastbarkeit und Standfestigkeit für die beabsichtigten Arbeiten geeignet sind.

² Beschädigte Leitern dürfen nicht benützt werden. Sie sind fachgerecht in Stand zu stellen oder unbenützbar zu machen.

³ Leitern müssen auf einer tragfähigen Unterlage stehen und gegen Wegrutschen, Drehen und Kippen gesichert sein.

⁴ Der Leiternstandort ist so zu wählen, dass keine Gefahr besteht, durch herabfallende Gegenstände oder Materialien getroffen zu werden.

⁵ Die obersten drei Sprossen von Leitern dürfen nur dann bestiegen werden, wenn beim Austritt eine Plattform und eine Haltevorrichtung vorhanden sind

Art. 18 Gerüste

Wird bei Hochbauarbeiten die Absturzhöhe von 3 m überschritten, so ist ein Fassadengerüst zu erstellen. Der oberste Holm des Gerüsts hat während der ganzen Bauarbeiten die höchste Absturzkante um mindestens 80 cm zu überragen.

Art. 19 Andere Absturzsicherungen

1 Wo das Anbringen eines Seitenschutzes nach Artikel 16 oder eines Gerüstes nach Artikel 18 technisch nicht möglich oder zu gefährlich ist, sind Fanggerüste, Auffangnetze oder Seilsicherungen zu verwenden oder gleichwertige Schutzmassnahmen zu treffen.

² Die Absturzhöhe bei Abstürzen in ein Schutznetz darf nicht mehr als 6 m, diejenige bei Abstürzen in ein Fanggerüst nicht mehr als 3 m betragen.

4. Vorgehen

Bei allen Tätigkeiten sind sich immer nachfolgende Gedanken zu machen, welche einen Rückschluss auf die geforderten Massnahmen ermöglichen:

- ➔ schwere Lasten von Hand bewegen
- ➔ ungewohnte, länger andauernde Körperhaltung
- ➔ in der Nähe von Absturzkanten
- ➔ in der Höhe
- ➔ mit gesundheitsschädigenden Produkten



Kann ich eine dieser Fragen mit ja beantworten, so muss ich mir die rechtlichen Grundlagen beschaffen, Schutzmöglichkeiten aufzeigen und anwenden sowie meine Mitarbeiter informieren, instruieren und überwachen.

Organisation

- ❖ Vorschriften und anerkannte Regeln beachten
- ❖ Sicherheit und Gesundheitsschutz durchsetzen
- ❖ Zuständigkeiten regeln
- ❖ Gefahren ermitteln
- ❖ Spezialisten beiziehen
- ❖ Arbeiten mit besonderen Gefahren regeln
- ❖ Zusammenwirken verschiedener Betriebe regeln
- ❖ Wenn nötig Arbeiten einstellen
- ❖ Notfallkonzept erstellen

Arbeitsplatzgestaltung

- ❖ Sichere Arbeitsmittel
- ❖ Persönliche Schutzausrüstung
- ❖ Gesundheitsverträgliche Arbeitsumgebung
- ❖ Ergonomie
- ❖ Besondere Gesundheits-schutzbestimmungen (ArGV 3)

Kommunikation und Schulung

- ❖ Informieren und Anleiten der Arbeitnehmenden
- ❖ Klare Weisungen und Kompetenzen erteilen
- ❖ Aus- und Weiterbilden
- ❖ Mitwirkung gewährleisten

Anhang

4.1 Anhang a

Nachfolgend die Links, Adressen der zuständigen Stellen, Normen und Richtlinien.

SBV

Schweizerischer Bühnenverband

Gibraltarstrasse 24

+41 41 241 00 58

6003 Luzern

info@theaterschweiz.ch

➔ Sicherheitshandbuch

EKAS

Eidgenössische Koordinationsstelle für Arbeitssicherheit

Fluhmattstrasse 1

+41 41 419 51 11

6002 Luzern

ekas@ekas.ch

➔ EKAS- Sicherheitskonzept EKAS-Richtlinie 6508

SHRV | ASHR

Schweizerischer Höhenarbeiten- und Riggingverband

Stauffacherstrasse 74

+41 79 175 70 09

CH-3014 Bern

info@shrv.ch

➔ Rigging Ausbildung

SUVA

Schweizerische Unfallversicherungsanstalt

Fluhmattstrasse 1

+41 41 419 51 11

6004 Luzern

➔ Checklisten, Merkblätter usw.

08 BF

Schallmesstechnik für die Knallbeurteilung



Suva Luzern
Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz
Lärm und Hörschäden

Inhaltsverzeichnis

Schallmessung

1	Bühneneffekte – sicher für's Gehör	2
1.1	Was ist Schall	2
2	Wie werden Lautstärken gemessen	2
2.1	Frequenzbewertung	2
2.2	Was sind Dezibel	3
2.3	Schallpegel	3
2.4	Tonhöhe und Frequenz	4
2.5	Äquivalenter Dauerschallpegel L_{eq} und Spitzenpegel L_{peak}	4
2.6	Schallpegelabnahme im freien Schallfeld	5
2.7	Schallpegel in Räumen	5
3	Aufbau des Gehörs	6
3.1	Querschnitt durch die Hörschnecke	7
3.2	Haarzellen	7
4	Audiogramm und altersbedingte Hörabnahme	8
5	Gehörschäden durch Lärm	8
5.1	Gehörschäden durch Knalle / Impulslärm	9
5.2	Audiogramm mit lärmbedingtem Hörschaden	9
6	Andere Hörstörungen	10
7	Schallmesstechnik für die Knallbeurteilung	10
7.1	Gehöreigenschaften und Knallmessung	10
7.2	Knallbelastung LAE und Hörverluste (PTS)	11
7.3	Folgerungen für die Knallbewertung	11
8	Professionelle Schallpegelmesser für LAE	12
8.1	Tipps für Schallmessungen	12
9	Massnahmen zum Schutz des Gehörs	13

1 Bühneneffekte – sicher für's Gehör

Was ist Schall? Wie misst man Schall?

1.1 Was ist Schall

Schall bezeichnet allgemein mechanische Schwingungen in einem elastischen Medium (Gas, Flüssigkeit, Festkörper). Diese Schwingungen pflanzen sich in Form von Schallwellen als Druck- und Dichteschwankungen fort.

Dichteschwankung = Druckschwankungen in einem Medium

Luftschall = Druckschwankungen in der Luft

Ballon	Überdruck entweicht	→ Druckschwankungen (Knall)
Objekt	rasche Bewegung	→ Luftwirbel
Spieldose	schwingendes Objekt	→ Anregung der Umgebung

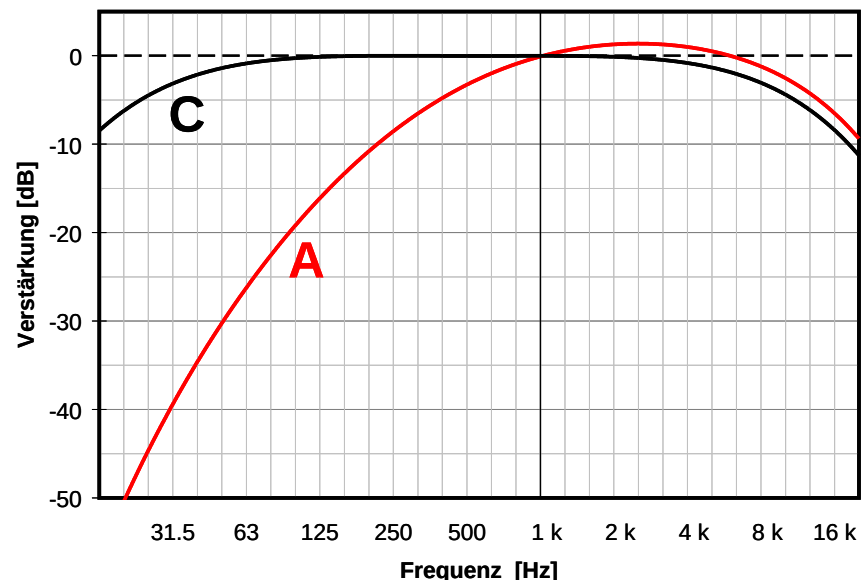
2 Wie werden Lautstärken gemessen



Bei Schallmessungen erfasst ein Mikrofon die Luftdruckschwankungen, die durch die Schallwelle hervorgerufen werden, und wandelt sie in elektrische Signale um. Im Messgerät werden diese Signale mit der so genannten A-Bewertung der **Lautstärkeempfindlichkeit des Gehörs** angepasst. Das Messgerät zeigt den Messwert als Schalldruckpegel in **dB(A)** an. Die Bezeichnung «A» auf der Instrumentenskala weist darauf hin, dass mit der A-Bewertungsfilterkurve gemessen wurde.

Das Dezibel-C-Filter ist praktisch über mehrere Oktaven als linear anzusehen und wird für Messungen bei höheren Schalldrücken verwendet.

2.1 Frequenzbewertung



2.2 Was sind Dezibel

Dezibel ist eine Einheit, die einen grossen Zahlenbereich in einen kleineren umwandelt, Abkürzung dB. Vom leisesten Ton, den das Gehör wahrnehmen kann (Hörschwelle), bis zu einem sehr lauten Ton, der Schmerzen verursacht (Schmerzschwelle), liegt ein Schalldruckbereich von 1 zu 1 Million. Umgewandelt in Dezibel, reicht der Bereich von der Hörschwelle bis zur Schmerzschwelle von 0 bis 120 dB und ist damit viel praktischer zu handhaben. Ein Geräusch, das einen um 10 dB höheren Schallpegel aufweist, wird etwa als doppelt so laut empfunden.

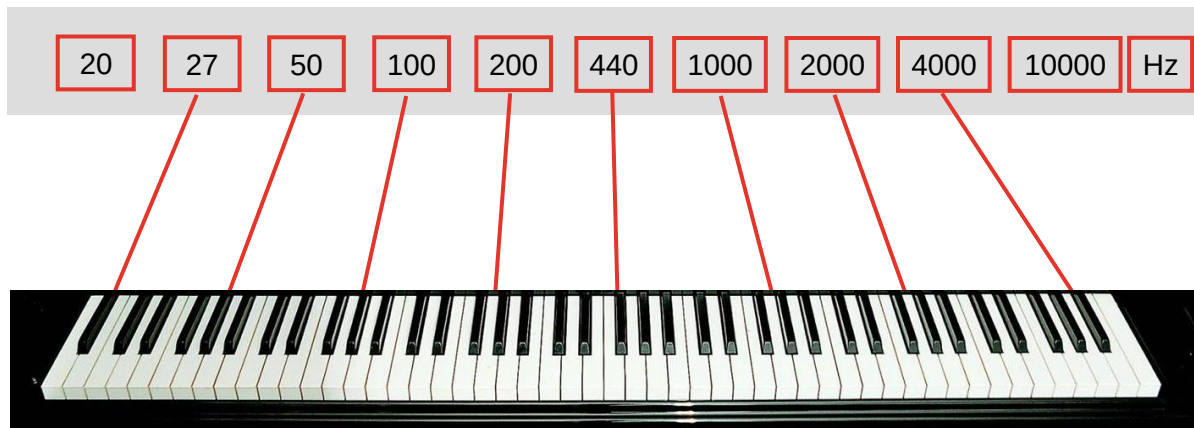
Empfindung	Schall- pegel	Anzahl gleicher Schallquellen
viermal so laut	+ 20 dB(A)	 x 100
doppelt so laut	+ 10 dB(A)	 x 10
deutlich lauter	+ 6 dB(A)	 x 4
hörbar lauter	+ 3 dB(A)	 x 2
knapp hörbar lauter	+ 1 dB(A)	 x 1,25
Referenzpegel	z.B. 70 dB(A)	 x 1

2.3 Schallpegel

Arbeitswelt	dB(A)	Freizeit
Kettensäge	105	Schlagzeug
Abbauhammer	100	Motorrad fahren bei 120 km/h
Grabenstampfer	95	Trompete, Disco
Holzbearbeitungs- Maschinen	90	Singen, Querflöte
Benzin-Rasenmäher	85	Violine
mechanische Bearbeitung	80	Klavier
lautes Büro	70	Strassenverkehr in Stadt
Steuerraum	60	Unterhaltung
	50	ruhiger Bach
Klimaanlage Büro	40	
	30	Klimaanlage, Theater
	20	Ticken einer Taschenuhr
Tonstudio	10	
	0	Hörschwelle

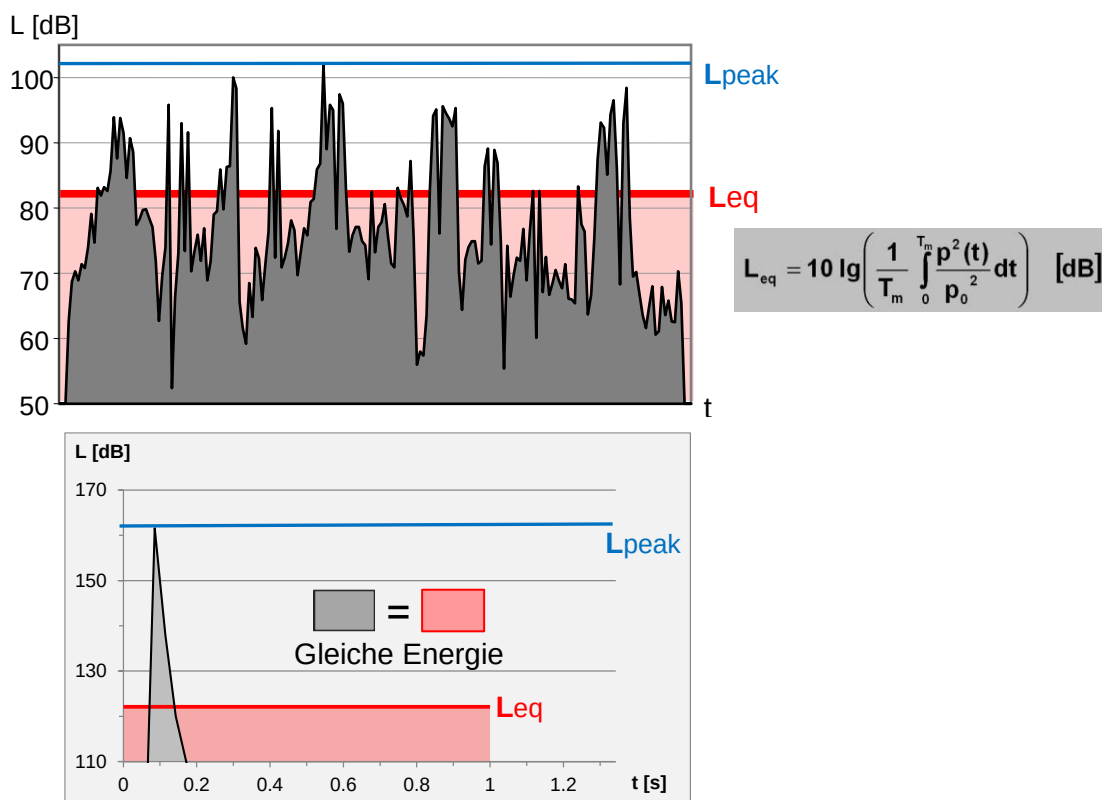
2.4 Tonhöhe und Frequenz

Die Tonhöhe wird in der Praxis mit der Frequenz (Schwingungsanzahl pro Sekunde → Hz) eines hörbaren Tones gleichgesetzt.



2.5 Äquivalenter Dauerschallpegel L_{eq} und Spitzenpegel L_{peak}

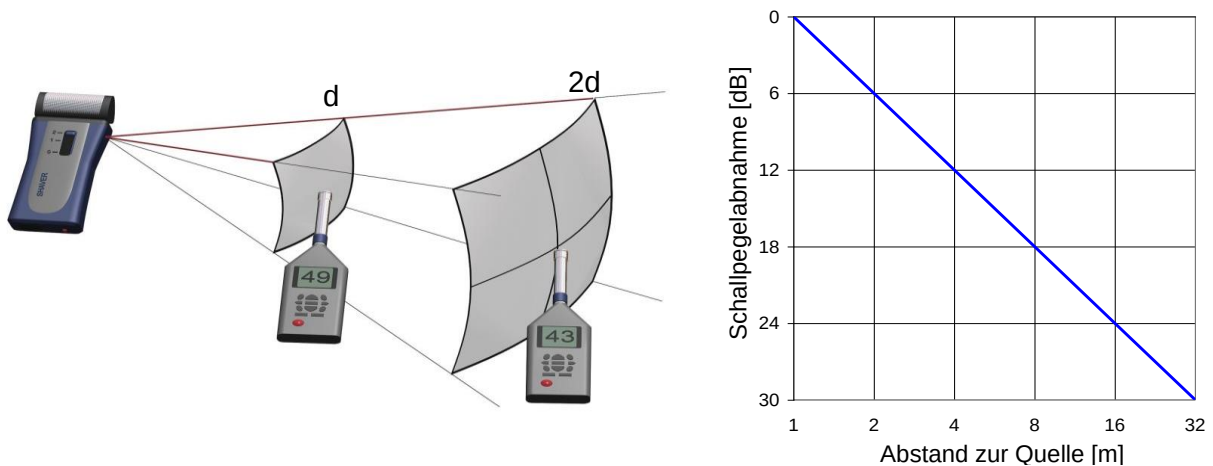
Der Spitzenwert oder Spitzenpegel (L_{peak}) eines Geräusches ist der maximale Schalldruckpegel, der erreicht wird. Für die Beurteilung sehr kurzer Schalleinwirkungen wie z.B. ein Knall oder eine Explosion ist der Spitzenwert sinnvoll. Für länger andauernde Einwirkungen mit unterschiedlichen Schalldruckpegeln gibt der gemittelte Wert, der äquivalente Dauerschallpegel L_{eq} , eine aussagekräftige Größe an.



2.6 Schallpegelabnahme im freien Schallfeld

Mit jeder Verdopplung der Entfernung zwischen Schallquelle und Hörer nimmt der Schallpegel um 6 dB ab.

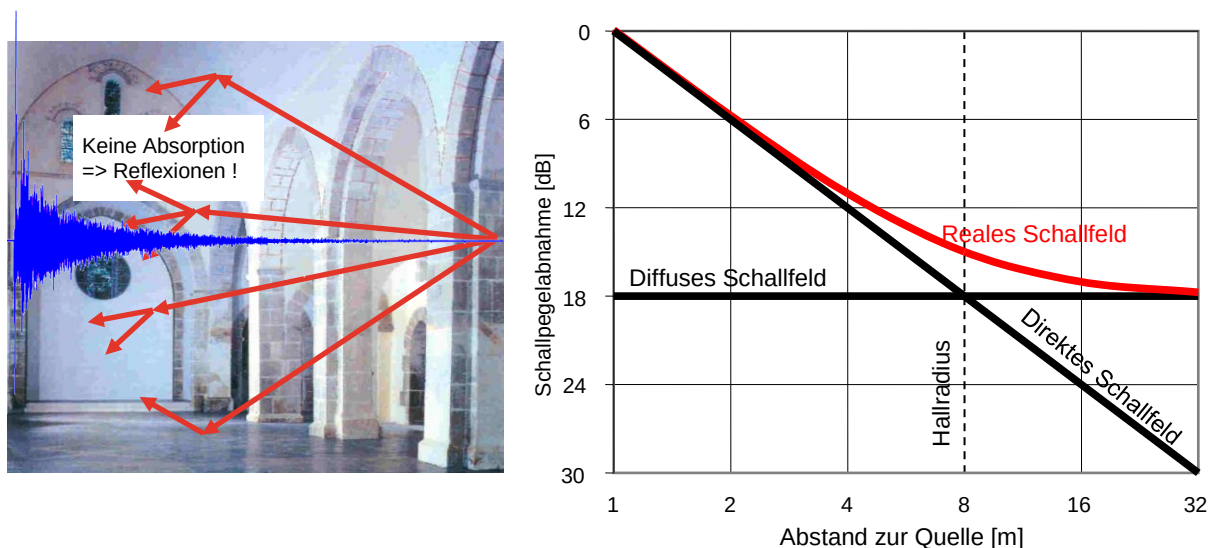
Die doppelte (Schall)-Intensität ergibt sich bei einer (Schallintensitäts-)Pegelerhöhung von 3 dB



2.7 Schallpegel in Räumen

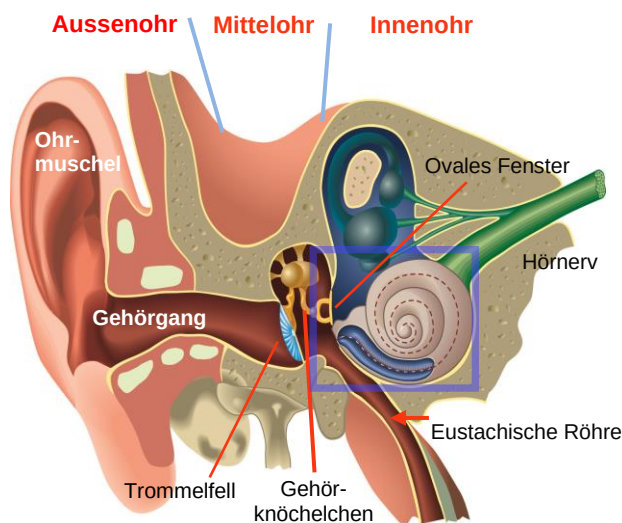
Je nachdem, wie die Phasenunterschiede vom Schall oder der verschiedenen Schalle an dem betrachteten Punkt sind, tritt eine Verstärkung oder aber eine Abschwächung des Summenschalls auf. Maximale Verstärkung z. B. tritt dann auf, wenn der zurückgelegte Wegunterschied der verschiedenen Schalle gerade ein ganzes Vielfaches der Wellenlänge beträgt. Im Falle gleich starker, kohärenter Schallquellen erhöht sich der Pegel an diesen Punkten maximaler Verstärkung durch eine Verdoppelung der Quellenzahl um 6 dB.

An Punkten, deren Entfernung zu beiden Quellen sich um eine halbe Wellenlänge oder ein ungeradzahliges Vielfaches davon unterscheidet, löscht sich der Schall zum Teil aus. Im Sonderfall der gleich starken Quellen ist die Auslöschung vollständig, d. h. der Pegel geht gegen $-\infty$ dB. An allen anderen Punkten im Raum nimmt der Pegel Werte an, die zwischen dem Maximum und dem Minimum liegen.



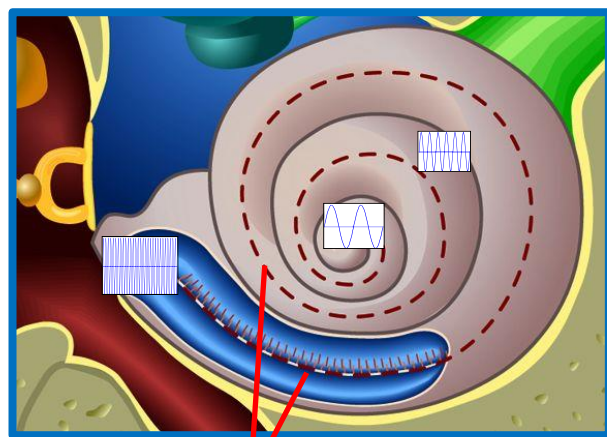
3 Aufbau des Gehörs

In über 100'000 Jahren hat die Natur das Gehör zu einem Hochleistungsorgan in Miniaturformat entwickelt. Schon die Ohrmuschel sammelt und beeinflusst die Schallwellen je nach Einfallsrichtung unterschiedlich. Sie gelangen anschliessend durch den Gehörgang zum Trommelfell, wobei die Anteile im Bereich um 3'000 Hz durch die Gehörgangresonanz verstärkt werden. Das Trommelfell reagiert wie eine Mikrofonmembran auf den Druckunterschied zwischen Gehörgang und Mittelohr-Hohlraum. Ein Druckausgleich über die Eustachische Röhre zum Nasen-Rachen-Raum verhindert dabei Störungen durch statische Druckunterschiede (z.B. im Flugzeug, in der Luftseilbahn oder beim Tauchen). Die Bewegungen des Trommelfells werden mechanisch über die drei kleinen Gehörknöchelchen (Hammer, Amboss und Steigbügel) zum Ovalen Fenster übertragen. Daran schliesst sich die mit Flüssigkeit gefüllte Hörschnecke an, die in Längsrichtung durch die Basilarmembran unterteilt ist und etwa die Grösse einer Erbse aufweist.



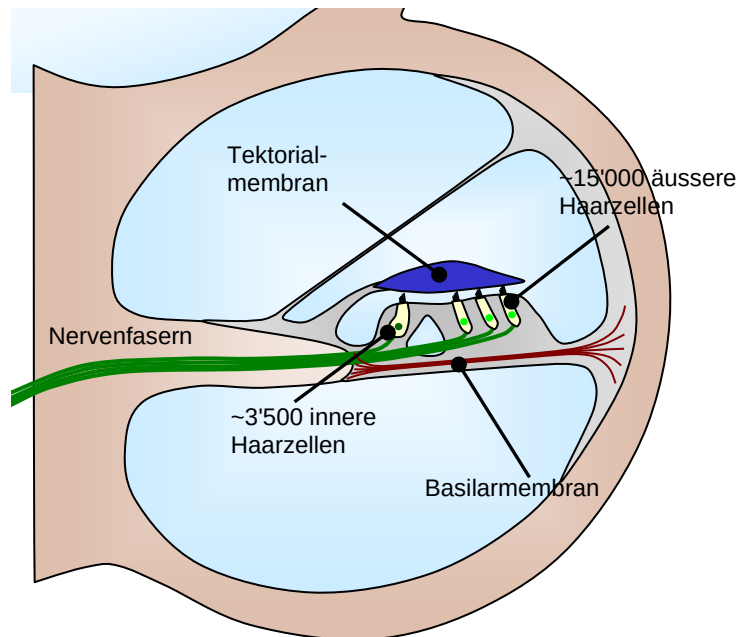
Die Bewegungen am Ovalen Fenster pflanzen sich in der Innenohrflüssigkeit fort. Die Basilarmembran wird dabei je nach Frequenz an einer anderen Stelle in Schwingung versetzt: bei hohen Frequenzen nahe dem Ovalen Fenster, bei tiefen Frequenzen gegen das Zentrum der Hörschnecke hin. So findet die Frequenzanalyse statt.

Auf der Basilarmembran nehmen etwa 3'500 mit feinen Härchen ausgestattete Sinneszellen die Bewegungen auf und wandeln sie in Nervenimpulse um. Die nachfolgende Übertragung findet dann elektrisch statt. Neben diesen inneren Haarzellen sitzen auf der Basilarmembran aber auch noch etwa 15'000 äussere Haarzellen, die als Verstärker und Regler arbeiten. Fortwährend optimieren sie das Verhalten der Basilarmembran auf das zu verarbeitende Schallsignal. Erst diese aktiven Vorgänge ermöglichen das hervorragende Auflösungsvermögen im Frequenz- und Zeitbereich und die enorme Dynamik des Gehörs.



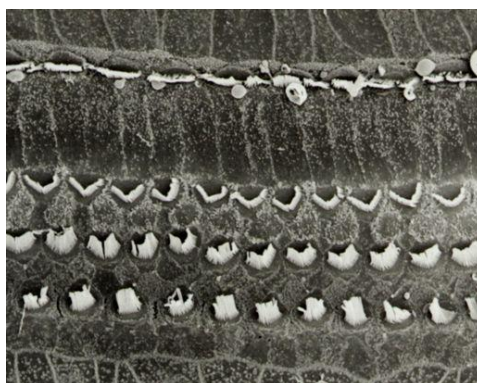
Basilarmembran

3.1 Querschnitt durch die Hörschnecke



3.2 Haarzellen

Haarzellen sind Sinneszellen mit feinen Härchen. Sie befinden sich auf der Basilarmembran, die sich längs durch die ganze Hörschnecke ausdehnt. Wird die Basilarmembran durch Schallwellen in Schwingung versetzt, registrieren die Haarzellen diese Bewegung und wandeln sie in einen elektrischen Impuls um. Jede Haarzelle ist an eine Nervenfaser angeschlossen, die mit dem Hörzentrum im Gehirn verbunden ist. Das ganze Bündel von Nervenfasern wird Hörnerv genannt. Haarzellen haben damit eine wichtige Funktion im Hörvorgang. In jedem Ohr befinden sich etwa 3'500 so genannte innere Haarzellen, die als Tonabnehmer dienen. Etwa 15'000 äussere Haarzellen sind sowohl Tonabnehmer als auch Verstärker und Regler und tragen entscheidend zur enormen akustischen Qualität unseres Gehörs bei.

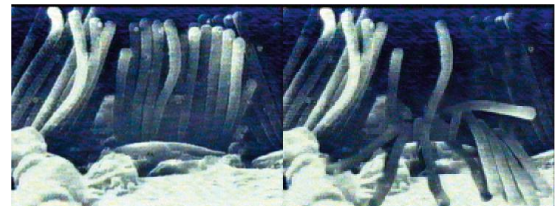
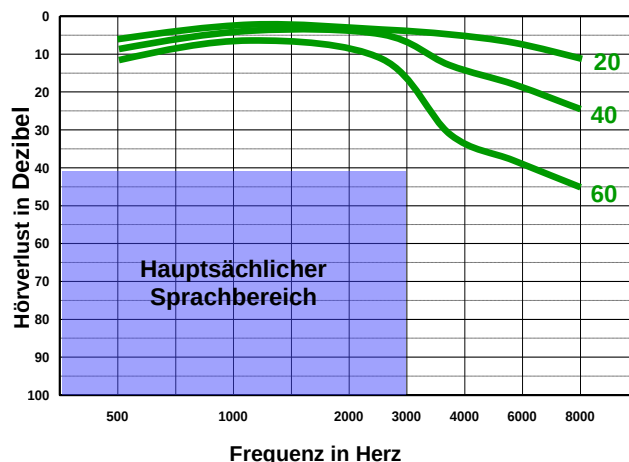


innere
Haarzellen

äussere
Haarzellen

4 Audiogramm und altersbedingte Hörabnahme

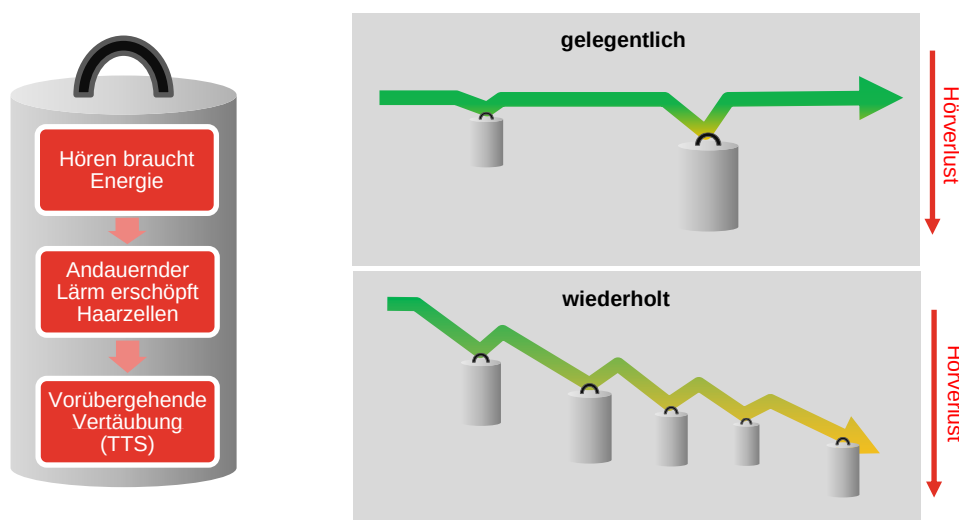
Altersschwerhörigkeit: Auch bei dieser Form der Schwerhörigkeit liegen Schäden an den Haarzellen zugrunde. Auslöser ist aber keine Lärmüberlastung, sondern der natürliche Degenerationsprozess, der im Alter einsetzt. Laut Statistiken des Bundesverbandes der Schwerhörigen sind in Deutschland 37 Prozent der Menschen im Alter von 60 bis 69 Jahren schwerhörig – bei den über 70-jährigen sind es sogar 54 Prozent.



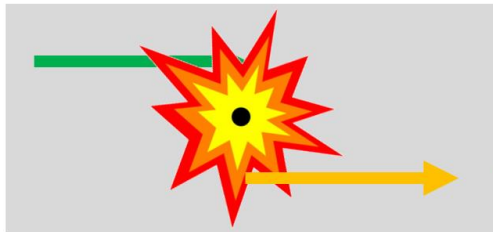
Gesunde und geschädigte Haarzellen

5 Gehörschäden durch Lärm

Bei einer übermäßigen Schallbelastung wird die Leistungsfähigkeit der Haarzellen im Innenohr vorübergehend stark reduziert. Der Betroffene hat das Gefühl, seine Ohren seien verstopft. Das Gehör erholt sich davon nur allmählich, unter Umständen sind dazu Stunden oder Tage erforderlich. Treten solche Überbelastungen wiederholt auf, so entstehen bleibende Schäden an den Haarzellen. Es fallen immer mehr Haarzellen aus – ein bleibender Hörverlust ist die Folge. Weder mit Operationen noch durch Medikamente kann dieser Schaden behoben werden. Schon ein einziges sehr lautes Ereignis, wie etwa ein Gewehrschuss, kann eine bleibende Höreinschränkung verursachen.



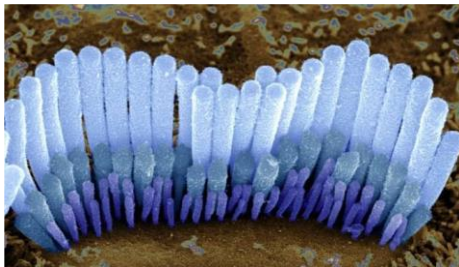
5.1 Gehörschäden durch Knalle / Impulslärm



Der Knall eines Sturmgewehrs erzeugt am Ohr des Schützen Spitzenwerte von bis zu 160 dB(A). Trotz der kurzen Einwirkungsdauer, kann eine solche Lautstärke zu einem dauerhaften Gehörschaden führen.

Defekte Haarzellen

Die Haarzellen sind für das Hören von entscheidender Bedeutung. Wenn viele von ihnen nicht mehr funktionieren, leidet die Leistungsfähigkeit des Gehörs darunter – es entsteht eine Lärmschwerhörigkeit. Lärmschäden entstehen folgendermassen: Vermag der Innenohrstoffwechsel bei andauernder grösserer Lärmbelastung die in den Haarzellen verbrauchte Energie nicht mehr zu ersetzen, so sterben die Haarzellen endgültig ab. Weder Operationen noch Medikamente können sie retten.

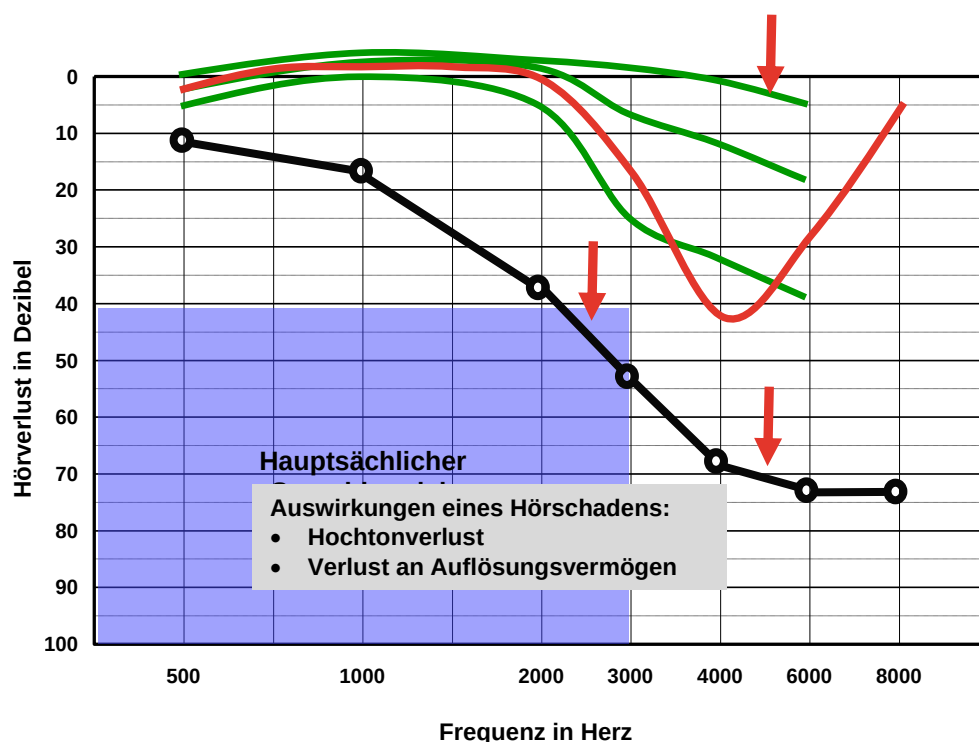


Gesunde Haarzellen



Beschädigte Haarzellen

5.2 Audiogramm mit lärmbedingtem Hörschaden



6 Andere Hörstörungen



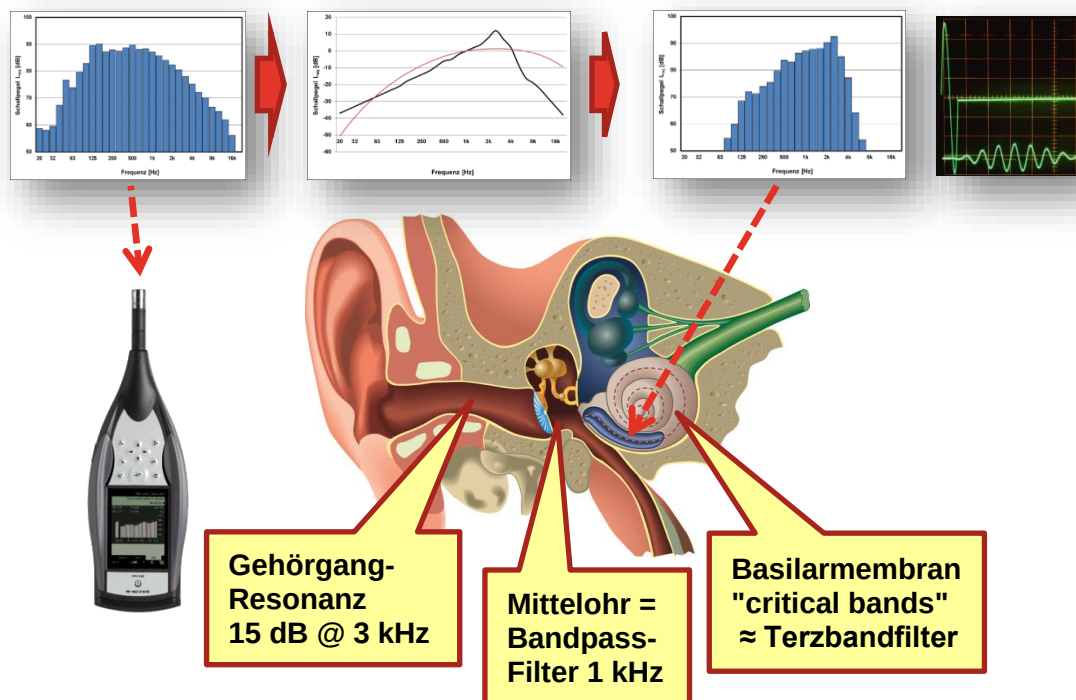
Tinnitus = Anhaltendes Ohrgeräusch bei dem der Betroffene Geräusche (Pfeifen) wahrnimmt, denen keine äusseren Schallquellen zugeordnet werden können. Ein Tinnitus macht sich vor allem in ruhiger Umgebung wie beim Einschlafen oder in Erholungsphasen besonders bemerkbar und wird für die Betroffenen zu einer grossen Belastung.

Hyperakusie = krankhaft gesteigertes Hörempfinden durch Überempfindlichkeit des Hörnervs

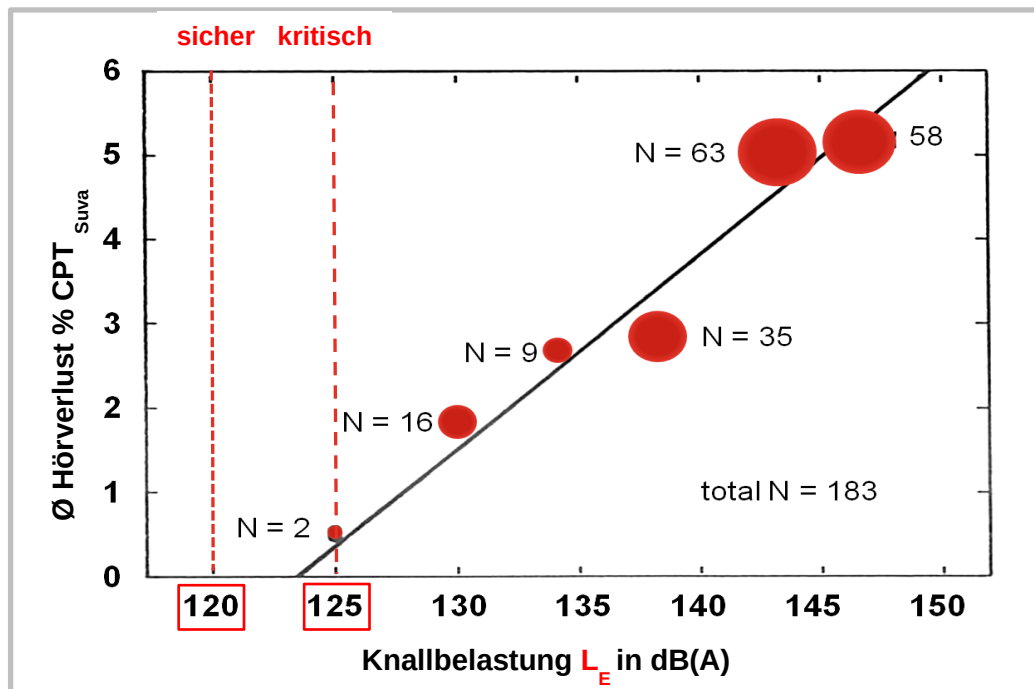
Dysakusis = Hörverzerrung. Der gewohnte Höreindruck verändert sich. Geräusche werden verzerrt wahrgenommen.

7 Schallmesstechnik für die Knallbeurteilung

7.1 Gehöreigenschaften und Knallmessung



7.2 Knallbelastung LAE und Hörverluste (PTS)



7.3 Folgerungen für die Knallbewertung

- ◆ tiefe Frequenzen relativ unkritisch
 - ◆ Einschwingen → Kurzzeit-Energie
 - ◆ **Gefahr für Schädigung ab (LOAEL)**
 AHAH: 500 ARU entsprechen ca.
 VDI-Kriterium entspricht für 3 Impulse
 - ◆ **Grenzwert für Prävention (NOAEL)**
 - ◆ ISO 1999 → Anwendung ab
- A-Bewertung
 L_E
 L_E 125 dB(A)
 L_E 124 dB(A)
 L_E 125 dB(A)
 L_E 120 dB(A)
 L_{peak} 140 dB(A)

Einschränkungen

- ◆ Nichtlinearität des Gehörs »160 dB nicht berücksichtigt
- ◆ Schutzeffekt (!) tiefer Frequenzen vernachlässigt

Anwendung im Theater: "Siegfried" in Bayreuth 2013

- ◆ **Gewehrsalve** mit Kalashnikov AK 47 auf der Bühne
- ◆ **Zulässige Belastung:**
 Sänger (Vorbelastung) $L_E = 120$ dB(A) Action Level Suva
 Musiker (Vorbelastung) $L_E = 115$ dB(A)
 Zuschauer (Sicherheit) $L_E = 115$ dB(A)
- ◆ **Messwerte und Konsequenzen für Gewehrsalve**
 nahe beim Schützen $L_E = 128$ dB(A) **Gehör-**
 auf der Bühne $L_E = 116$ dB(A) **schutz**
 Orchester, Dirigent $L_E = 112$ dB(A) **ok, mit**
 Zuschauer, maximal $L_E = 111$ dB(A) **Information!**

8 Professionelle Schallpegelmesser für LAE



8.1 Tipps für Schallmessungen

1. **Vor und nach jeder Messung:** Kalibrieren wenn $\Delta L > \pm 0.5 \text{ dB}$: Gerät durch Hersteller überprüfen lassen
2. immer mit Windschutz
3. Haltung bewahren
4. bleiben Sie "nah dran": *Gehörbelastung der Person*
5. Übersteuerungs-Anzeige im Auge behalten **OVL**



75 cm



Messen wo es sich (ge)hört: Mikrofon abgesetzt



ASD-Kabel erlaubt Identifikation des Mikrofons – nur so funktioniert die Overload-Warnung!

Hinweis:

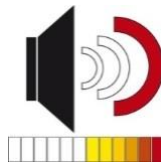
Zum Kalibrieren gibt es diverse Kalibratoren auf dem Markt. Die Kalibratoren sollten nach IEC 60942:2003 normiert sein.

9 Massnahmen zum Schutz des Gehörs

- ◆ Frühzeitige Planung
 - Messung
 - Information aller Betroffenen
- ◆ Standardisierte Knalle verwenden
- ◆ Elektronischer Schuss

Gehörschutz ist eine einfache Angelegenheit. Es bedingt lediglich das Wissen und die Einsicht, dass hohe Schallpegel über 120 dB(A) schädlich sind. Bei lauten Arbeiten immer einen geeigneten Gehörschutz tragen.

Suche einen Arzt auf, wenn es nach einer Lärmbelastung in deinen Ohren rauscht oder pfeift und dies am nächsten Tag nicht aufhört.



09 BM

Brandbekämpfung / Alarmierung

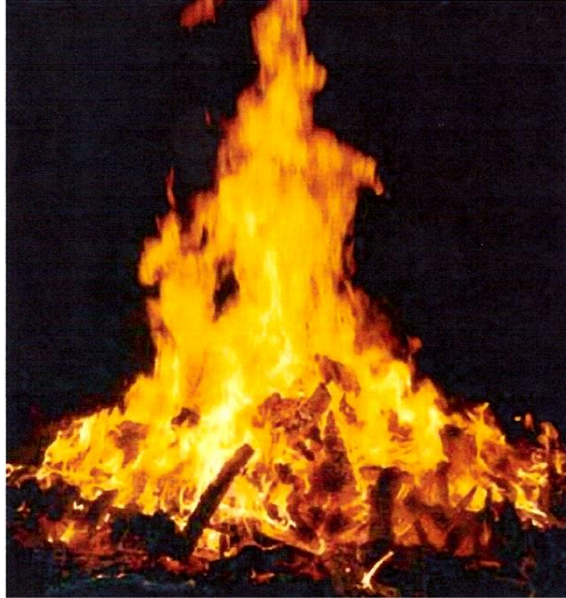


Inhaltsverzeichnis

Brandbekämpfung / Alarmierung

1. Was ist Feuer?	2
2. Das Feuerdreieck	2
3. Brandklassen	3
4. Welcher Feuerlöscher ist der Richtige?	3
5. Wartung	4
6. WAS TUN, WENNS BRENNT?	5
7. Richtiges Verhalten bei Bränden	5
8. Alarmieren - Retten - Löschen	5
8.1 Alarmieren	5
8.2 Retten	6
8.3 Löschen	6
8.4 Kommt die Feuerwehr, weisen Sie diese wie folgt ein:	6
8.5 Wenn Kleider brennen	7
9. So bedienen Sie einen Feuerlöscher.	7
9.1 Löschen Sie das Feuer wie folgt:	7
9.2 Wartungskontrolle	8

1. Was ist Feuer?



Vorgang, bei dem sich Sauerstoff (Luft) unter Flammenerscheinung und Freisetzung von Wärme mit einem brennbaren Stoff verbindet.

2. Das Feuertreieck



3. Brandklassen

Die Brandklassen bilden die Basis für die Brandbekämpfung. Es gibt keinen Feuerlöscher für jeden Brand. Je nachdem, welche Materialien brennen, sind die chemischen Vorgänge unterschiedlich. Entsprechend muss das Löschmittel auf den brennenden Stoff abgestimmt sein. Nur so kann ein Feuerlöscher die beste Wirkung erzielen.

Brandklasse und Symbol	Stoffart	Unterteilung	Beispiele von Stoffen
	fest glutbildend	mit Wasser benetzbar	Holz, Papier, Heu, Kohle Stoffe, Fasern, Möbel
		mit Wasser nicht benetzbar	Duroplaste
	Flüssig	mit Wasser nicht mischbar	Benzin, Benzol, Toluol, Öle, Äther, Petrol
	fest schmelzend	mit Wasser mischbar	Alkohole, Aceton, Ketone, Spirituosen
	brennbare Gase	mit Wasser nicht benetzbar	Wachse, Fette, Plastik, Harze, Kunststoffe
	brennbare Metalle		Wasserstoff, Methan, Propan, Butan, Acetylen, Erdgas, Leuchtgas
	brennbare Metalle		Lithium, Kalium, Natrium, Cer, Aluminium, Zink, Magnesium, Elektron, Uran
	Pflanzliche oder tierische Öle und Fette		Speiseöl, Speisefett

4. Welcher Feuerlöscher ist der Richtige?

Schaumlöscher sind für die meisten Brandbekämpfungen sehr geeignet. Nach dem Löschen fällt keine aufwändige Reinigungsarbeit an. Diese Löscher geben Wasserdampf und Leichtschaum gleichzeitig ab. (**Brandklasse A und B**)

Pulverlöscher eignen sich zum Löschen von Bränden der **Brandklasse A, B und C**. Ihr grosser Nachteil: Das Pulver verteilt sich im gesamten Raum, dringt in jede Ritze ein und lässt sich nur schwer entfernen. Der entstandene Schaden an Mobiliar und elektronischen Geräten ist gross - manchmal sogar grösser, als der Brandschaden selbst. Pulverlöscher eignen sich daher am ehesten gegen Brände in Kellern, Lagerräumen, sowie im Aussenbereich.

Hinweis: für den ADR / SDR Transport sind diese Löscher vorgeschrieben!

Fettbrandlöscher löschen Brände mit Öl oder Fett, also **Brandklasse F**. Das Löschmittel besteht aus einer konzentrierten Salzlösung. Bei Kontakt mit dem brennenden Fett verseift diese und bildet eine kompakte Schicht auf dem Feuer. Darunter erstickt das Feuer. Zudem hat das Löschmittel eine kühlende Wirkung und senkt die Temperatur des Fettes unter die Temperatur der Selbstentzündung. Dies verhindert ein Wiederaufflammen des Feuers.

Kohlendioxidlöscher (CO₂-Löscher) bekämpfen wirksam Brände von elektrischen Gegenständen (Computer, Fernseher, Haushaltsgeräte etc.). Auch können Sie gegen Flüssigkeits- und Gasbrände (**Brandklasse B**) eingesetzt werden. Das gasförmig austretende Kohlendioxid hat eine kühlende Löschwirkung. Es ist schwerer als Luft und breitet sich daher schnell vom Boden her über den Brandherd aus. Damit verdrängt es den Sauerstoff und erstickt rasch den Brand. Das Kohlendioxid verflüssigt sich ohne Rückstände und verursacht daher keine Verunreinigungen.

Achtung: Das Löschmittel Kohlendioxid ist ein geruchsloses Atemgift. Der CO₂-Löscher darf nie im Untergeschoss oder in kleinen, engen Räumen mit schlechter Belüftung verwendet werden, in dem sich Personen aufhalten. Informieren Sie sich vor Gebrauch unbedingt, welche Vorsichtsmassnahmen bei einem CO₂ Löscher zu beachten sind.

	Feste, glutbildende Stoffe, z.B. Holz, Textilien	Flüssige oder flüssig werdende Stoffe, z.B. Benzin, Öle	Gasförmige, auch unter Druck stehende Stoffe, z.B. Propan	Brennbare metalle, z.B. Aluminium, Magnesium	Speiseöle und -Fette (pflanzlich oder tierisch)
Brandklassen					
Pulverlöscher mit Glutbrandpulver	✓	✓	✓		
Pulverlöscher mit Metallbrandpulver				✓	
Schaumlöscher	✓	✓			
Wasserlöscher	✓				
Kohlendioxidlöscher		✓			
Fettbrandlöscher	✓	✓			✓

5. Wartung

Auch beim Feuerlöscher halten die Bestandteile nicht ewig und die Leistung kann nachlassen. Ventile können klemmen, die Innenbeschichtung kann korrodieren, der Innendruck sinkt ab, oder das Löschmittel selber kann weniger wirksam werden. Um für den Ernstfall vorbereitet zu sein, ist eine fachgerechte Kontrolle und Wartung unabdingbar. Halten Sie sich dazu an die Herstellerangaben.

Hinweis: Feuerlöscher für den ADR / SDR Transport müssen alle drei Jahre gewartet werden!



6. WAS TUN, WENNS BRENNT?



7. Richtiges Verhalten bei Bränden

Das richtige Verhalten bei einem Brand ist entscheidend, um Menschen, Tiere und Gut zu schützen. Die Feuerwehr wird sehr oft erst nach einem fehlgeschlagenen Löschversuch alarmiert. Dadurch gehen wertvolle Minuten verloren. Wählen Sie lieber einmal zu viel den Notruf, als einmal zu wenig. Brennt es, bewahren Sie Ruhe und halten Sie sich an diese drei Verhaltensregeln: **alarmieren – retten – löschen**. Überlegen Sie sich schon heute, was Sie in einem Brandfall tun müssten.

Nur in der ersten Minute selbst löschen

Von zentraler Bedeutung ist, dass Sie zuerst Alarm schlagen, dann mit dem Retten von Mitmenschen beginnen und erst am Schluss versuchen den Brand zu löschen. Beim Anblick eines Feuers geraten viele in Panik. Aber gerade dann heisst es: Ruhe bewahren. Schätzen Sie rasch ein, ob Sie das Feuer selbst löschen können. Nehmen Sie eigene Löschversuche nur in **der ersten Minute** eines Brandes vor. Verwenden Sie dazu das richtige Löschmittel und bringen Sie sich selbst nie in Gefahr.

Vorsicht Rauch

Achten Sie besonders auf die Rauchentwicklung. Das Gefährliche an Bränden ist nicht das Feuer, sondern der **giftige** Brandrauch. Schon nach wenigen Atemzügen kann man das Bewusstsein verlieren und an einer Rauchvergiftung sterben. Hat sich unter der Decke bereits dichter Rauch angesammelt, müssen Sie sofort gebückt oder kriechend den Raum verlassen. Auf Kopfhöhe können sich giftige Gase befinden. Schliessen Sie die Türe, um die Ausbreitung des Feuers zu verlangsamen.

8. Alarmieren - Retten - Löschen

8.1 Alarmieren

Rufen Sie die Feuerwehr unter Telefon **Nr. 118**. Diese Informationen benötigt die Feuerwehr:

- **Wer** ruft an? Geben Sie Ihren Namen und den genauen Standort an.
- **Wo** brennt es? Geben Sie die Strasse und Hausnummer sowie wichtige Details wie Etage oder Zimmernummer bekannt.
- **Was** ist passiert? Teilen Sie die Situation mit.
- Sind Personen in Gefahr? Teilen Sie mit wie **viele Menschen** verletzt sind oder vermisst werden.
- Achtung: legen Sie nicht gleich auf. Eventuell hat die Feuerwehr noch **Fragen an Sie**.
- **Warnen Sie alle gefährdeten Personen** und (falls vorhanden) die Hauszentrale.

8.2 Retten

- **Bringen Sie sich selbst nie in Gefahr!**
- **Menschen und Tiere retten.** Fordern Sie Leute die sich im Gebäude aufhalten auf, das Gebäude rasch zu verlassen. Helfen Sie Kindern, Senioren oder Personen mit körperlicher Beeinträchtigung.
- **Fenster und Türen schliessen.** Dadurch wird das Ausbreiten des Feuers und des giftigen Rauchs verzögert.
- **Brandstelle verlassen.**
 - Benutzen Sie Ausgänge, Treppen und Notausstiege. Nie jedoch Aufzüge! Diese könnten bei einem Stromausfall stecken bleiben.
 - Wenn Treppen oder Korridore verraucht sind, bleiben Sie in einem sicheren Raum. Schliessen Sie so viele Türen zwischen sich und dem Feuer wie möglich. Wenn sie eingeschlossen sind, rufen Sie die Feuerwehr und teilen Sie Ihren genauen Standort innerhalb des Gebäudes mit. Brandrauch ist gefährlicher als Feuer. Versuchen Sie daher mit nassen Tüchern die Türe abzudichten und verstopfen Sie die Öffnung von Ventilatoren oder Lüftungsgittern. Gehen Sie ans Fenster oder auf den Balkon und machen Sie mit einem Tuch, einer Lampe und durch lautes Rufen auf sich aufmerksam. Halten Sie das Fenster oder die Balkontür soweit möglich geschlossen.
 - Meiden Sie wenn immer möglich verrauchte Bereiche. Gehen Sie gebückt, wenn Sie von Rauch und Hitze überrascht werden. Rauch wie Hitze steigen nach oben und gefährden die Atmung und Ihr Bewusstsein. Bei stärkerem Rauch bewegen Sie sich kriechend vorwärts.
 - Die Zeit drängt: packen Sie keine Habseligkeiten zusammen, sondern bringen Sie sich rasch in Sicherheit.

8.3 Löschen

- **Bringen Sie sich selber nie in Gefahr und verlassen Sie die Gefahrenzone sofort, wenn Sie das Feuer nicht löschen können.**
- **Bekämpfen Sie den Brand** mit den vorhandenen Mitteln (Handfeuerlöscher, Löschdecke, Innenhydranten etc.)
- **Ersticken Sie Öl- oder Fett-Brände** mit dem passenden Deckel, einem feuchten Tuch oder einer **Feuerlöschdecke**. Verwenden Sie nie Wasser, dies kann zu Explosionen führen. Auch mit einem **Feuerlöscher** für die Brandklasse F können solche Brände wirksam bekämpft werden.
- Bei **brennenden elektrischen Geräten** sofort den Stecker ausziehen und die Geräte ausschalten. Danach mit einem geeigneten Löschmittel wie beispielsweise einem Feuerlöscher oder einer Löschdecke den Brand bekämpfen.
- **Achtung beim Einsatz von CO₂-Löschern:** in kleinen Räumen besteht die Gefahr zu ersticken.

8.4 Kommt die Feuerwehr, weisen Sie diese wie folgt ein:

1. Was brennt? (z.B. Pfanne auf dem Kochherd, Wäschetrockner)
2. Wo brennt es? (z.B. Küche, Schlafzimmer)
3. Wie viele Personen und Tiere befinden sich noch im Gebäude/in der Wohnung?
4. Welche Zugänge gibt es?

8.5 Wenn Kleider brennen.

Hat eine Person Feuer gefangen, muss rasch gehandelt werden. Seien Sie aber auch hier vorsichtig und bringen Sie sich nicht selbst in Gefahr. Sie müssen sich zudem bewusst sein, dass brennende Menschen irrational handeln können. Einen Personenbrand können Sie wie folgt löschen:

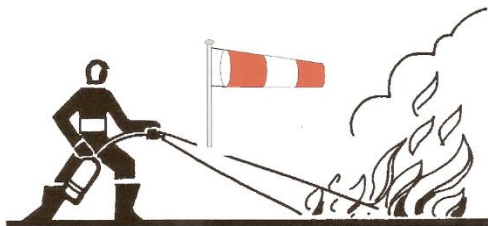
- **Mit dem Feuerlöscher:** Fordern Sie die Person auf, die Augen und den Mund zu schliessen. Löschpulver kann zu Lungenschäden führen. Machen Sie kurze Löschstösse vom Kopf an herunter. Löschen Sie nicht länger als nötig, dies vor allem im Gesicht. Benutzen Sie nie einen CO₂ Feuerlöscher, um eine brennende Person zu löschen. Dies kann zu zusätzlichen Verbrennungen führen.
- **Mit Wasser:** Dieses kühlt und lindert die Schmerzen bei Verbrennungen. Jedoch besteht bei grossflächigen Verbrennungen die Gefahr durch Unterkühlung.
- **Mit Decken oder Jacken:** Dies bei kleineren Bränden an Armen oder Beinen. Bedecken Sie die Person damit und ersticken Sie die Flammen durch Streichen (nicht Klopfen!)
- **Mit Wälzen auf dem Boden:** Haben Sie keine Löschmittel zur Hand, legen Sie die Person auf den Boden und wälzen Sie sie hin und her.

Ist der Brand gelöscht, benötigt die Person umgehend Erste Hilfe. Rufen Sie daher sofort den Notarzt.

9. So bedienen Sie einen Feuerlöscher.

9.1 Löschen Sie das Feuer wie folgt:

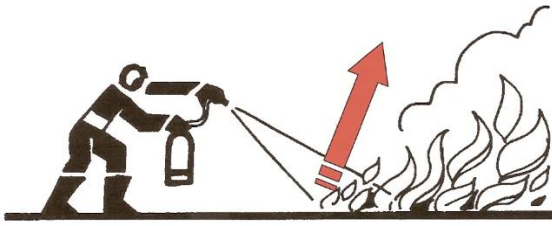
- Bei den meisten Feuerlöschern muss zur Aktivierung zuerst ein **Sicherungsstift** gezogen werden.
- Löschen Sie das Brandgut und nicht die Flamme.
- Löschen Sie den Brand von allen möglichen Seiten her.
- Setzen Sie bei grösseren Bränden alle verfügbaren Feuerlöscher gleichzeitig und nicht nacheinander ein.
- Verspritzen Sie bei kleineren Bränden das Löschmittel schussweise. Damit vergeuden Sie kein Löschmittel.
- Kontrollieren Sie, ob sich auch in schlecht einsehbaren Ecken des Brandherdes keine Glutnester mehr befinden. Falls doch, löschen Sie diese.
- Verlassen Sie die Brandstelle nach dem Löschen nicht. Beobachten Sie diese und rufen Sie die Feuerwehr um abzuklären, ob der Brand auch tatsächlich gelöscht wurde oder ob er sich wieder neu entfachen kann.
- Bewahren Sie eine Reserve an Löschmittel auf, damit Sie im Falle eines Wiederentflammens darauf zugreifen können.



Beachten Sie die Windrichtung und bekämpfen Sie den Brand immer mit dem Wind



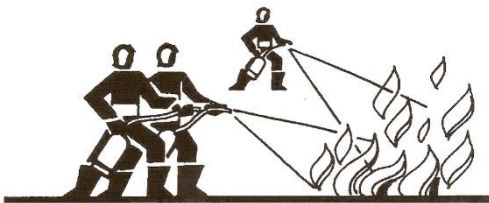
Flächenbrände von vorn beginnend löschen



Feststoffbrände von unten nach oben bekämpfen



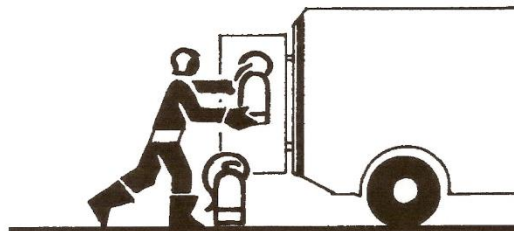
Flüssigbrände von oben nach unten löschen



Aus verschiedenen Positionen genügend Löscher auf einmal einsetzen



Vorsicht vor Wiederentzündungen



Gebrauchte Feuerlöscher neu füllen lassen!

Eingesetzte Handfeuerlöscher, auch wenn nur ein Teil des Löschmittels verbraucht wurde, sofort nachfüllen lassen.

9.2 Wartungskontrolle

Kontrollieren Sie die Feuerlöscher nach jeder Veranstaltung

- Plombierung
- Beschädigung
- Zugänglichkeit
- Verschmutzung
- Kontrolldatum nächste Wartung

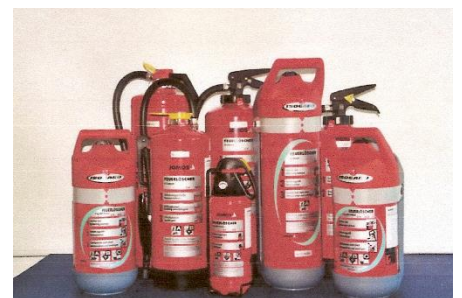
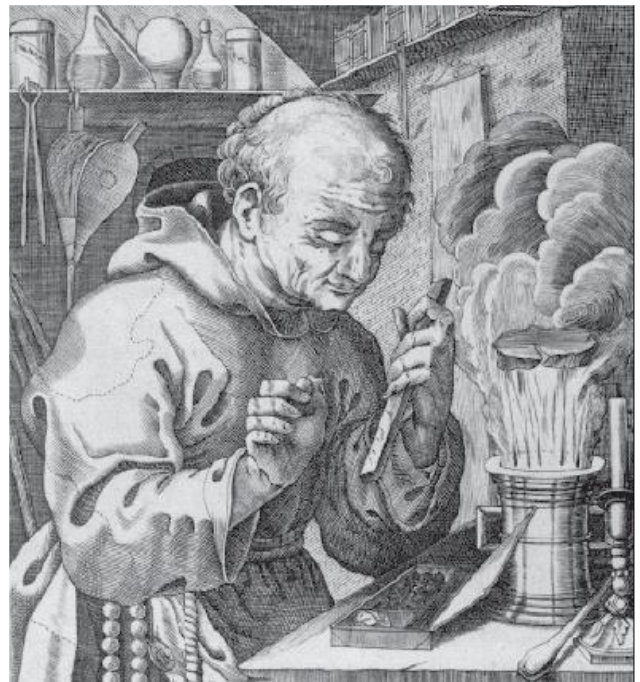
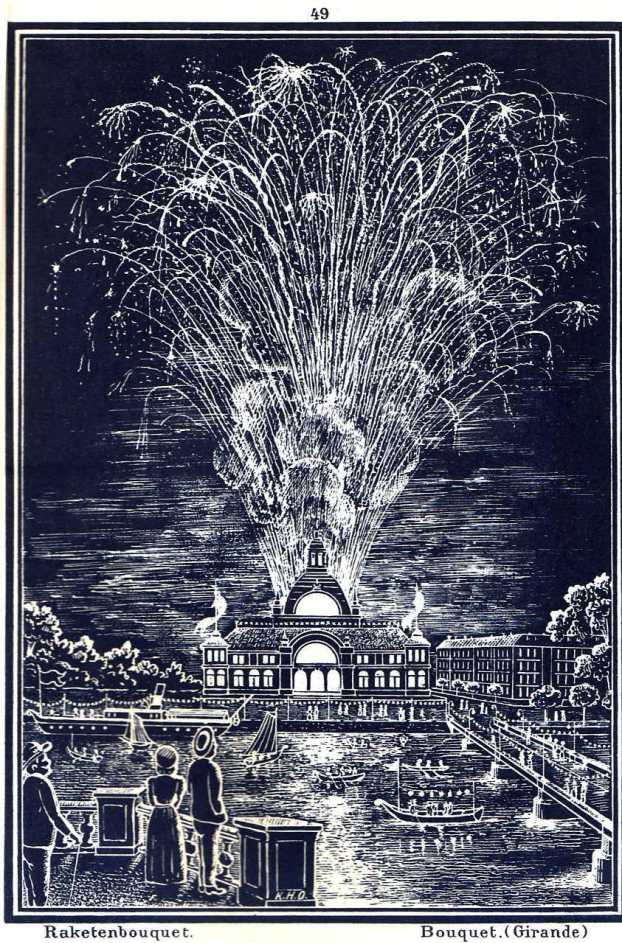


Bild: Beratungsstelle für Brandverhütung BFB

10 A BM

Geschichte, Chemie und Physik



Inhaltsverzeichnis

Geschichte / Chemie / Physik

1	Geschichtliches zum Feuerwerk	2
2	Die schweizerischen Pulverfabriken (geschichtlicher Überblick).....	3
3	Die Verbrennung allgemein und der Abbrand eines Feuerwerksatzes.....	4
4	Der pyrotechnische Satz	4
4.1	Oxidatoren (Sauerstoffträger).....	4
4.2	Brennstoffe	5
4.3	Hilfsmittel	5
4.4	Beispiel: Der Schwarzpulver-Satz	5
5	Die Anzündung	6
6	Licht und Flammenfärbung.....	6
7	Licht und Funken.....	7
8	Knall	7
9	Pfeifen und Heulen	7
10	Rauch und Nebel	7
10.1	Weisser Rauch.....	8
10.2	Farbiger Rauch	8
10.3	Weisser Nebel.....	8
11	Rauchlose Indoor-Feuer	8
12	Theaterfeuer.....	9
13	Bewegung	9
14	Sicherheitstechnische Hinweise	10
15	Rechtliche Aspekte	10
16	Quellen aus Literatur und Internet	10

1 Geschichtliches zum Feuerwerk

Der Begriff Pyrotechnik wird bereits seit langem verwendet, wobei sich der Begriffsinhalt im Laufe der Jahrhunderte veränderte und heute eine von den Traditionen der verschiedenen Kulturkreise und von den nationalen Gegebenheiten abhängige Ausprägung erhalten hat.

Der Begriff entstand aus den zwei griechischen Wörtern:

PYR = FEUER **TECHNE** = KUNST

In der wörtlichen Übersetzung heisst Pyrotechnik die Kunst, Feuer zu erzeugen und vor allem die Kunst Feuer zu beherrschen.

Das Feuerwerk ist ein visuelles und akustisches unterhaltendes Schauspiel. Chemische Mischungen in den Feuerwerkskörpern erzeugen die gewünschten Treib-, Licht-, Leucht- und Schalleffekte.

Über den Ursprung der Pyrotechnik, d.h. des Schwarzpulvers scheiden sich die Geister. Man weiss aber, dass schwarzpulverartige Mischungen in unterschiedlicher Form bereits lange vor der christlichen Zeitrechnung verwendet wurden. Man nimmt an, dass Steinzeitmenschen merkwürdige pyrotechnische Reaktionen beobachteten, während sie ihre Mahlzeiten auf dem Feuer zubereiteten. Der natürlich vorkommende Salpeter, auch Kaliumnitrat genannt, vermischte sich mit der Holzkohle der Feuerstelle und erzeugte dabei seltsame Lichteffekte. (Vorkommen in Ägypten, Spanien, Arabien, Indien und Iran). Salpeter ist eine Substanz, welche Sauerstoff abgeben und damit die Verbrennung (z.B. von Holzkohle) fördern kann.

Es scheint, dass bereits in den ersten Jahrhunderten der christlichen Zeitrechnung die Chinesen Schwarzpulver, wohl zu friedlichen Zwecken wie Feuerwerken und Funkenregen, aber nicht als Geschosse, verwendeten. Das Pulver diente dazu, die Feinde zu erschrecken oder Zeremonien feierlicher zu gestalten. Das älteste bekannte Pulverrezept besteht aus Honig, Salpeter und Schwefel.

Mitte des VII. Jahrhunderts wurden schwarzpulverartige Zusammensetzungen von den Griechen des byzantinischen Kaiserreiches in Form eines Gemischs genutzt. Es hat die Eigenschaft unter Wasser zu brennen und wurde zum in Brand stecken von Schiffen verwendet (griechisches Feuer).

Im Jahre 1060 wurde in England ein Schriftstück entdeckt in dem eine Formel für Schwarzpulver beschrieben wurde. Im Jahre 1242 verbesserte der englische Mönch Roger Bacon die Formel und entdeckte, dass man durch Komprimieren des Pulvers dessen zerstörerische Gewalt noch erhöhen konnte. Erschrocken über seine Entdeckung versteckte er die Formel verschlüsselt in einem lateinischen Text, denn er war davon überzeugt, dass das Schwarzpulver die Welt zerstören würde.

1354 entdeckte der deutsche Franziskaner-Mönch Berthold Schwarz wohl zufällig die explosive Gewalt eines Gemischs aus Salpeter, Schwefel und Holzkohle. Dieses Gemisch bestand zu 75 % aus Salpeter, 10 % Schwefel und 15 % Holzkohle. Das war das erste Mal, dass Schiesspulver in Europa hergestellt wurde.

Dieser Zeitpunkt war nicht nur der Ausschlag für die Entwicklung der Feuerwaffen, sondern bedeutete auch einen grossen Fortschritt für die Kriegsführung. Im Jahre 1449 vertrieb der König von Frankreich die Engländer von seinen Ländereien. Dies gelang ihm dank der Verwendung von Kanonen und somit von Schwarz- bzw. Schiesspulver. Schwarzpulver wurde nachweislich seit Ende des XII. Jahrhunderts auch im Bergbau verwendet.

Die ersten Feuerwerke zur Unterhaltung gab es mit grosser Wahrscheinlichkeit bereits vor dem XVII. Jahrhundert. Bekannt ist, dass das erste grosse französische Feuerwerk anlässlich der Hochzeit Ludwigs des XIII. mit Anne von Österreich stattfand.

In der Schweiz wurde das Schwarzpulver zum ersten Mal für den Bau der Albula-Passstrasse sowie zum Durchbruch durch die Schöllenschlucht im Kanton Uri im Jahre 1707 durch ein Unternehmen aus Lugano verwendet.

Bis 1831 war das Entzünden von Schwarzpulver eine sehr gefährliche Angelegenheit. Dann jedoch bannte der Franzose William Bickford diese Gefahr, indem er die später im Bergbau berühmt gewordene und patentierte „Bickford-Sicherheitsanzündschnur« entwickelte.

Farbe kam zum ersten Mal im 19. Jahrhundert durch den französischen Chemiker Claude Berthollet ins Spiel. Dieser kam auf die Idee, der Schwarzpulververmischung Kaliumchlorat und farbgebende Salze beizufügen. Später fügte man noch Metalle wie Magnesium hinzu, um einen glitzernden Effekt zu erzielen. Heute sind die Feuerwerkseffekte dank der modernen chemischen Forschung weit fortgeschritten.

Pyrotechnik wird neben Feuerwerken zur Unterhaltung noch zu vielen anderen Anlässen verwendet. Die Pyrotechnik ist auch ausserhalb des militärischen Bereichs, wo sie entstanden ist und seit langem einen besonderen Platz einnimmt (z. B. Beleuchtung des Kriegsschauplatzes, Verschleierung von Zielen), von Bedeutung.

Heutzutage wird sie auch in der Raum- und Luftfahrt genutzt, Rettungsorganisationen bedienen sich ihrer auf dem Meer und im Gebirge, sie findet im Umwelt- und Zivilschutz oder in der Telekommunikation für die Kabelwurfausrüstung und schliesslich auch in der Landwirtschaft (Hagelschutz) Anwendung. Mit der Verbreitung von Rückhaltesystemen wie Airbags und Gurtstraffern in der Fahrzeugtechnik hat sie zudem Eingang in unseren Alltag gefunden.

2 Die schweizerischen Pulverfabriken (geschichtlicher Überblick)

Nachdem sichergestellt war, dass die schweizerischen Pulverfabriken gewinnbringend wirtschafteten, erwarb die Eidgenossenschaft 1853 folgende Pulverfabriken:

- Pulverfabrik Altstetten,
- Pulverfabrik Aubonne,
- Pulverfabrik Kriens,
- Pulverfabrik Schwabis,
- Pulverfabrik Worblaufen.

1857 erwarb sie auch die Pulverfabrik in Chur.

Nach Schliessung zahlreicher schweizerischer Pulverfabriken blieben Ende 1916 lediglich folgende drei übrig: Aubonne, Chur und Worblaufen.

Heute ist die Pulverfabrik in Aubonne die einzige schweizerische Pulverfabrik, in der noch Schwarzpulver hergestellt wird. Andere entsprechende Unternehmen wie die in Wimmis angesiedelte Nitrochemie AG, stellen Treibladungspulver auf der Grundlage von Nitrocellulose oder Nitroglycerin her.



Schwarzpulvermühle Aubonne

3 Die Verbrennung allgemein und der Abbrand eines Feuerwerksatzes

Es ist wohl jedem klar, dass es zu einer Verbrennung Luft respektive Sauerstoff braucht, der in dieser enthalten ist. Einmal entzündet, verbindet sich der brennbare Teil, z.B. Holz, Kohle, Heizöl, Erdgas, usw. mit Sauerstoff zu einem neuen Stoff, dem oder den Oxiden. Der Chemiker spricht also von einer Oxidation. Eines der bekanntesten Oxidationsprodukte ist das allbekannte Kohlendioxid (CO_2).

(In der Chemie handelt es sich bei der Verbrennung um eine „Redox“ Reaktion. Das heisst: Der Oxidator wird reduziert und der verbrennende Stoff wird oxidiert. Dass es sich hierbei um eine Elektronenübergangsreaktion handelt, welche nicht nur mit Sauerstoff möglich ist, soll in diesem Zusammenhang nicht speziell erwähnt werden und bleibt dem speziell Interessierten vorbehalten.)

Wie aber brennt ein Feuerwerkskörper ab, z.B. ein Vulkan, der auch unter Luftabschluss funktioniert, sogar unter Wasser? Die Lösung dieser Frage war auch der absolut entscheidendste Punkt in der ganzen Entwicklung der Feuerwerkerei. Es musste ein Stoff gefunden werden, der den Sauerstoff in sich trägt, also quasi Sauerstoff in Pulverform. Das gab es tatsächlich. Der erste derartige Stoff war **Salpeter**, ein Salz das natürlich vorkommt und durch die Verwesung von organischen, Stickstoff enthaltenen Stoffen (Exkrementen) entstand. Einmal erhitzt, zersetzt sich dieses und gibt eine relativ grosse Menge Sauerstoff frei. Im Falle von Kaliumnitrat, dem Hauptbestandteil des Schwarzpulvers, sind das immerhin 40 Gewichtsprozent. Wohl per Zufall fand man die feuerintensivierende Wirkung dieses Stoffes beim Hineinwerfen in eine Glut. Salpeter in all seinen Arten wird als Oxidator bezeichnet. Inzwischen gibt es eine Vielzahl von Oxidatoren. Diese haben alle den Zweck die Feuerwerksmischung oder präziser ausgedrückt den Feuerwerksatz mit Sauerstoff zu versorgen. Der Abbrand eines Feuerwerksatzes kann mit sehr unterschiedlichen Geschwindigkeiten erfolgen. Einerseits hängt diese mit der Art und Zusammensetzung der Formulierung zusammen, andererseits wie der Satz im Feuerwerkskörper eingearbeitet ist, ob lose in einer Kammer oder z.B. fest eingepresst. Die Abbrandgeschwindigkeit kann von wenigen mm/sec. (z.B. Bengal-Flammen) bis zu einigen tausend m/sec. (z.B. Blitzgranaten und Sprengstoff) reichen. In allen Fällen wird Energie frei in Form von Wärme. Der Chemiker nennt das eine exotherme Reaktion.

(Bei Geschwindigkeiten bis 1500 m/sec. redet man von einer Deflagration, darüber von einer Detonation. Bei letzterer sind Geschwindigkeiten bis über 8000 m/sec. gemessen worden.)

4 Der pyrotechnische Satz

Unter einem pyrotechnischen Satz versteht man ein Gemenge von Stoffen, die beim Abbrand unter Energieabgabe die gewünschte Wirkung erzeugen. Dies können Licht-, Funken-, Pfeif-, Knall-, Rauch-, Nebel-, Druck- und Bewegungseffekte sein. In einem Feuerwerkskörper können mehrere, verschiedene pyrotechnische Sätze zur Anwendung kommen, die unterschiedliche Effekte bewirken. Die Hauptbestandteile eines Satzes sind:

4.1 Oxidatoren (Sauerstoffträger)

Diese geben in der Hitze Sauerstoff ab, der für den Abbrand unter Luftabschluss nötig ist.

Die wichtigsten Oxidatoren sind:

- **Nitrate:** (Salpeter) Kaliumnitrat, Natriumnitrat, Strontiumnitrat, Bariumnitrat und Ammoniumnitrat
- **Chlorate:** Kaliumchlorat, Bariumchlorat
- **Perchlorate:** Kaliumperchlorat, Ammoniumperchlorat
- **Oxide:** Eisenoxide, Kupferoxide, Mennige, Mangandioxid
- **Peroxide:** Bariumperoxyd)

4.2 Brennstoffe

Diese liefern die Energie, erzeugen Wärme, Licht und Gase.

Die wichtigsten Brennstoffe sind:

- **Nichtmetalle:** Holzkohle, Schwefel, Silizium, Bor, Phosphor, organische Verbindungen: Zucker, Stärke, Naturharze, Benzoate, Kunstharze, Salicylate, Oxalate, usw.
- **Metalle:** Magnesium, Aluminium, Magnalium, Titan, Eisen, Zink, Zirkonium usw.
- **Metallsulfide:** Antimontrisulfid)

4.3 Hilfsmittel

Binder: Natur- und Kunstharze machen aus einem pulverigen Satz einen Festkörper.

- *Beispiel:* Zündholzkopf, Komet, Stern, usw.
- *Stärke, Gummi Arabicum, Gummi Accaroides, Kolophonium, Schellack, Gelatine*
- *Polymere: Epoxy, PUR und weitere Kunstharze*

Farberzeuger: Salze aus den folgenden Elementen und deren Verbindungen färben das Feuer wie folgt:

- | | | |
|-------------|----|----------------------|
| – Natrium | Na | ergibt Gelbfärbung |
| – Calcium | Ca | ergibt Orangefärbung |
| – Strontium | Sr | ergibt Rotfärbung |
| – Barium | Ba | ergibt Grünfärbung |
| – Kupfer | Cu | ergibt Blaufärbung |

Durch Mischungen lassen sich auch Zwischentöne wie violett, aqua, türkis, gelbgrün, usw. erzeugen.

Bei den Verbindungen handelt es sich meistens um Carbonate, Chlorate, Nitrate, Oxalate und Sulfate. Nitrate und Chlorate wirken gleichzeitig als Oxidatoren und Farberzeuger.

Katalysatoren: Mit diesen kann die Abbrandgeschwindigkeit eines Satzes verlangsamt oder schneller gemacht werden.

Beispiel: Bei einem bengalischen Feuer wird mit dem Katalysator verlangsamt, bei einem Blitzknallsatz beschleunigt.

4.4 Beispiel: Der Schwarzpulver-Satz

Als Beispiel für den wohl wichtigsten pyrotechnischen Satz darf Schwarzpulver mit Recht als den Urahn und „König“ unter den Feuerwerk-Sätzen bezeichnet werden. Schon seit über tausend Jahren (!) wird dieser Stoff mehr oder weniger gleich hergestellt. Und auch heutzutage ist die Pyrotechnik ohne Schwarzpulver nicht denkbar.

Beispiele der heutigen Verwendung:

- Schonungsvolles Sprengen im Steinbruch
- Füllung von Zündschnüren
- Treibsätze für Vergnügungsraketen
- Abschussladungen für Töpfe, Kometenrohre, römische Kerzen und Feuerwerksbomben aller Art.
- Teil von Vulkanfüllungen, Sterne, Kometen, usw.
- Anfeuerungen von pyrotechnischen Artikeln aller Art
- Schiesspulver bei historischen Anlässen
- Schlagladungen bei Artillerie-Treibladungen

Zusammensetzung von Schwarzpulver:

- Kaliumnitrat 75 % Oxidator
- Holzkohle 15 % Brennstoff, Gasbilder
- Schwefel 10 % Brennstoff, Gasbilder

Nach dem losen Zusammenmischen der vorgenannten Komponenten wird man enttäuscht sein ob der Wirkung des vielgelobten Pulvers. Nämlich erst die innigste Vermengung mittels spezieller Pulvermühlen und anschliessender Körnung führt zu hochwertigem Schwarzpulver.

Die guten Eigenschaften eines Schwarzpulvers sind: sehr gute Entzündbarkeit grosse Gasproduktion, rückstandloses Abbrennen, gute Berechenbarkeit der Abbrandeigenschaften (unter Druck nimmt die Abbrenngeschwindigkeit nur verhältnismässig wenig zu, im Gegensatz zur rauchfreien Nitrocellulose, sehr gute Lagerfähigkeit über Jahrzehnte, usw.

5 Die Anzündung

Der Beginn eines Abbrandes erfolgt durch die Anzündung. Es braucht einen Energieeintrag von aussen, um die chemische Reaktion der Verbrennung einzuleiten. Der Chemiker spricht von Aktivierungsenergie. Dies kann durch Hitze (elektrischer Anzünder, Streichholz, usw.) Reibung und Schlag erfolgen. Ohne Energieeinwirkung von aussen kommt es nicht zur Entzündung – mit ganz wenigen Ausnahmen, die aber nicht von praktischer Bedeutung sind.

6 Licht und Flammenfärbung

Das Licht und die Farben entstehen durch physikalische Vorgänge. Zeigen wir dies am Beispiel einer gewöhnlichen Glühlampe, die gedimmt werden kann. Beim Einschalten des gedrosselten Reglers wird nur wenig Strom (= wenig Energie) durch den Wendel geleitet. Der Lampendraht erhitzt sich nur wenig und wird rot (ca. 800 °C). Bei weiterer Energiezufuhr wird dieser heisser, die Farbe ändert sich über orange, gelb zu weiss (ca. 2800°C). Das neutrale weisse Licht besteht aus dem Zusammenschluss (Addition) aller Spektralfarben im sichtbaren Wellenbereich. Dieser umfasst den Bereich von 380 Nm (violett) bis 780 nm (rot). Beim Feuerwerk-Licht ist der physikalische Vorgang der Lichterzeugung ähnlich. Anstelle des Stromes wird die Abbrandenergie zur Erhitzung benötigt.

Bei verhältnismässig niederen Verbrennungstemperaturen entstehen rötlich-orange bis gelbe Flammen wie beim Holzfeuer, Fackeln, Feuerschalen, Goldkometen, Gold- Palmen, Kamuro-Bomben, usw. Bei steigender Temperatur und in Anwesenheit von Metallen wird das ausgesendet Licht intensiver und immer weisser. Mit dem Metall Magnesium und geeigneten Oxidatoren werden Temperaturen von über 3000 °C erreicht.

Gewisse chemische Elemente, meistens Metalle und deren Molekül-Verbindungen, haben die Eigenschaft bei grossem Wärmeeintrag, das Licht in einem bestimmten Frequenzbereich auszusenden. Es entsteht eine Farbe. Im Absatz 4.3 werden die in Frage kommenden Elemente erwähnt.

Der physikalische Vorgang der Lichtemission spielt sich in den äusseren Elektronen-Schalen der Atomhülle ab. Bei starkem Erhitzen springen die Elektronen von der unteren Schale kurzfristig auf die Nächsthöhere, fallen aber gleich wieder zurück. Bei diesem Zurückfallen senden diese die zuvor aufgenommene Energie in Form von Lichtquanten (Photonen) aus.

7 Licht und Funken

Feuerwerksätze die feinteilige Metalle, wie Magnesium, Aluminium, Titan und deren Legierungen enthalten werden zur Erzeugung von **Licht** in Form von hellen Sternen, Blitzgranaten und Blitzlichtpulver verwendet. **Funken**, wie diese in Kometen, Wunderkerzen, Traumsternen, Fontänen, Chrysanthemenbomben, Niagarafällen usw. vorkommen, stammen von meist größeren Metallteilen, und speziellen Sorten von Holzkohle und Eisenfeilspänen.

Bei Feuerwerkskörpern mit langen Schweifen kommt ein zusätzlicher Abbrandeffekt hinzu. Die einzelnen Brennstoffteilchen, seien es Metalle oder Holzkohle werden beim Abbrand des Satzes vorgeglüht und durch die heissen Gase weggeblasen - um dann den für die Fortsetzung des Abbrandes notwendigen Sauerstoff aus der Luft zu beziehen. Dadurch sind langdauernde Gold- und Silberregen und lange Kometenschweife möglich.

8 Knall

Durch extrem schnell abbrennende, hochenergetische Sätze auf der Basis feinsten Metallpulver (Brennstoff) und geeigneter Oxidatoren lassen sich Knalleffekte erzeugen. Je nach Formulierung des Satzes, der Art der Verdämmung und der eingesetzten Menge lässt sich die Tonhöhe und die Lautstärke dem Verwendungszweck anpassen. Dadurch ist es möglich, Knälle auch im Indoor und Bühnenbereich anzuwenden.

Der Knall ist eine plötzliche stossartige Dichteänderung der Luft, die unter anderem durch eine Explosion herbeigerufen werden kann. Die Druckwelle wird als Schall wahrgenommen.

9 Pfeifen und Heulen

Einen ganz besonderen Effekt haben die Heul- und Pfeif-Feuerwerkskörper. Der Effekt kommt dadurch zu Stande, dass der Pfeif-Satz nur halbhoch oder weniger, fest in eine Röhre aus Karton oder Kunststoff eingepresst ist. Der Abbrand erfolgt intermittierend (ruckartig) in sehr kurzen Abständen. Dadurch entstehen Luft-Stosswellen, welche als Pfeifen oder Heulen wahrgenommen werden. Durch den, während des Abbrandes laufend grösser werdenden Luftraum oberhalb des Satzes verändert sich die Tonlage in Richtung tiefer. Dadurch entsteht der typische Pfeif- und Heulton von pyrotechnischen Pfeifen (Sirenen).

10 Rauch und Nebel

Die meisten pyrotechnischen Reaktionen produzieren Rauch und Nebel, ob erwünscht oder unerwünscht.

Doch vorerst sei der Unterschied von Rauch und Nebel erklärt.

Rauch besteht aus der feinsten Verteilung von festen Stoffen in der Luft (Feinstaub). Es handelt sich um unverbrauchte Satzbestandteile, Oxide, Schlacken und künstlich eingebrachte Stoffe. (Bei Rauchkörpern)

Nebel besteht aus der feinsten Verteilung von Flüssigkeitstropfen (Wasser) in der Luft, sogenannte Aerosole.

Die Nebelbildung kommt zustande, wenn die relative Luftfeuchte über 100% steigt und es zur Kondensation kommt. Auch Stoffe mit stark wasseranziehenden Eigenschaften können, fein verteilt, in der Luft und bei Gegenwart von genügend natürlicher Luftfeuchte, zur Nebelbildung beitragen. Das letztere Phänomen trägt besonders bei Feuerwerken zu vermehrter Nebelbildung bei, welche vom Zuschauer fälschlicherweise als Rauch bezeichnet wird. Der Grund liegt darin, dass an sich raucharme Farbstersätze beim Abbrand wasseranziehende Stoffe bilden.

10.1 Weisses Rauch

Für Outdoor-Einsatz

Rauch für Outdoor-Einsätze besteht meist aus einer Kombination von Rauch und speziellen Nebelbildner. Dieser Rauch ist ätzend und darf nicht über längere Zeit eingeatmet werden. Zudem wird Metall angegriffen und es kann zu Korrosionsschäden kommen. Diese Art von Rauch wird für Film- und Theater-Effekte im Freien und bei Feuerwehr-Trainings mit Atemschutz angewandt. Auch militärische Nebelgranaten beruhen auf diesem Prinzip.

10.2 Farbiger Rauch

Für Outdoor-Einsatz

Beim farbigen Rauch handelt es sich um die feinste Verteilung von festen, organischen Farbstoffen in die Luft. In der Praxis geschieht das etwa so. Zu einem Feuerwerkersatz der mit relativ niedriger Temperatur verbrennt (Schwelsatz) wird ein organisches, synthetisches Farbpigment beigelegt. Beim Abbrand sublimiert dieses und bildet sofort einen dichten Farbrauch aus allerfeinsten Farbpigmenten. Dieser Rauch, weil aus Feststoffen bestehend, schlägt sich irgendwo nieder. Es besteht also die Gefahr, die nähere Umgebung einer Abbrandstelle sichtbar zu kontaminieren. Daher ist grösste Zurückhaltung beim Einsatz von farbigem Rauch zu üben. Von einem Einsatz im Indoor-Bereich ist daher problematisch und abzuraten.

10.3 Weisses Nebel

Für Bühnen- und Indoor-Einsätze

Es gibt zwei unterschiedliche Methoden zur Erzeugung von weissem Nebel. Beide resultieren auf der Bildung von Aerosolen.

Trockeneis / CO_2 Methode

Trockeneis besteht aus gefrorenem Kohlendioxid mit einer Temperatur von minus 78°C. Beim Herstellen von Trockeneis-Nebel wird festes Trockeneis in heisses Wasser eingetaucht, wobei sofort kalter Wasserdampf mit stark angereichertem Kohlendioxid-Gas entsteht. Weil das ganze Gemisch kalt ist und das CO_2 Gas schwerer ist als Luft, kriecht dieser Nebel dem Boden entlang. Achtung: Die Akteure auf der Bühne dürfen nur kurzzeitig den Kopf in den Trockeneisnebel tauchen. Der Nebel ist zwar nicht giftig, aber er verdrängt den Sauerstoff am Boden. Deshalb besteht Erstickengefahr. Bei Orchestergräben und tiefer liegenden Zuschauerbereichen muss diesem Phänomen Beachtung geschenkt werden!

Fluid-Nebel

Im Indoor- und Bühnenbereich kommt heutzutage hauptsächlich die Nebel-Fluid-Technik zum Einsatz. Das Prinzip ist das Folgende:

In der elektrisch betriebenen Nebelmaschine wird ein Gemisch aus entmineralisiertem Wasser und z.B. Propylenglycol durch einen Durchlauferhitzer auf ca. 290°C erhitzt und durch eine feine Düse ausgeblasen. Sobald der heisse Dampf an die kalte Luft gelangt entsteht ein Aerosol aus Mikrotröpfchen, das den Nebel bildet. Das Propylenglycol hat die Funktion, Kondensationskeime zu bilden. Der entstehende Nebel ist ungiftig, nicht korrosiv und bildet keine Rückstände.

11 Rauchlose Indoor-Feuer

Auf Basis von Nitrocellulose (NC)

Im Indoor-Bereich, wo Rauch höchst unerwünscht ist, kommen pyrotechnische Produkte auf Nitrocellulose-Basis zum Einsatz. Unter Nitrocellulose versteht man das Naturprodukt Cellulose (Baumwolle) das chemisch mit konz. Salpeter- und Schwefelsäure behandelt wurde (Nitrierung) und dadurch komplett neue Eigenschaften zeigt. Die Verbrennung erfolgt nahezu rauchlos mit heller, gelber Flamme. Je nach Nitrierungsgrad wird NC

für Pyroxylwatte, Schnüre und Papiere verwendet. Weitere Verwendung findet die Nitrocellulose in Traumsternen, Feuersäulen und Abschussladungen von Tischbomben.

Nebst dem Vorteil des rauchlosen Abbrandes hat die NC noch eine andere, für den Feuerwerker problematische Eigenschaft. Die Abbrandgeschwindigkeit steigt bei Druckanstieg exponentiell an. Bei zu starker Verdämmung kann es sehr schnell zur unkontrollierten Explosion kommen. Daher ist Vorsicht nötig beim Einsatz von NC.

Im Gegensatz zu einem Feuerwerkersatz, der aus einem Gemenge aus Oxidator und einem Brennstoff besteht ist die Nitrocellulose ein einheitlicher Stoff. Bei diesem ist der zur Verbrennung nötige Sauerstoff chemisch im Molekül eingebaut. Beim Abbrand (resp. einer Explosion) geschieht die Redox-Reaktion intramolekular.

12 Theaterfeuer

Die nachfolgend aufgeführten Effekte werden hauptsächlich im Indoor-Bereich angewendet und fallen nicht unter das Sprengstoffgesetz

Bühnenfeuer (gewöhnliches Feuer)

Das Bühnenfeuer entsteht durch das Abbrennen von Sicherheits-Brandpaste. Bei dieser handelt es sich meist um verdickte Alkoholgemische, die eine schöne, natürlich gelbe, nicht oder nur ganz wenig rauchende Flammen ergeben. Das Abbrennen erfolgt hauptsächlich in Metallschalen.**Farbige Bühnenfeuer**

Bei diesen handelt es sich hauptsächlich um Methylalkohol (Giftig!!) der mit flammenfärbenden Stoffen angereichert ist. Bei den Letzteren handelt es sich mehr oder weniger um die gleichen Elemente und deren Verbindungen wie im Kapitel 4.3 erwähnt.

Achtung: Infolge der Giftigkeit dieser Produkte muss beim Installieren für gute Lüftung gesorgt sein. Bei grossen Einsatzmengen empfiehlt sich für den Operateur das Tragen einer Aktiv-Kohlen-Maske. Die Verbrennungsgase mit denen das Publikum in Berührung kommt sind aber ungiftig.

Feuerbälle auf Basis von Lycopodium.

Lycopodium sind die Sporen des Keulen-Bärlapp, einer Pflanze die in gemässigten und subarktischen Gebieten wächst. Die Sporen haben die Eigenschaft in der Luft, in feinverteilter Zustand gut zu brennen. Diese Eigenschaft nutzt man, indem in einer speziellen Apparatur Lycopodiumpulver mittels Druckluft über eine Lockflamme geblasen wird. Dabei kommt es zur Entzündung und ein Feuerball entsteht. Im Prinzip handelt es sich um eine kontrollierte Staubexplosion mit spektakulärer Erscheinung.

Gasprojektoren / Flammenwerfer (Gas)

Flammenwerfer verwenden meist flüssiges Propan oder Butangas. Auch Gemische kommen zur Anwendung. Durch den natürlichen Druck in der Gasflasche oder Kartusche wird das flüssige Gas durch eine Düse feinstrahlig in die Luft versprüht, wobei eine Lockflamme gestreift wird. Dadurch entzündet sich das Gas beim Vorbeiströmen. Infolge der nicht optimalen Verteilung des Brennstoffes mit der umgebenden Luft (Sauerstoff) kommt es zur gelben, gut sichtbaren Flamme. Das Arbeiten mit Flammenwerfer braucht spezielle, geprüfte Anlagen und grosse Vorsicht beim Installieren, Betreiben und Demontieren. Mit einer modernen Steuerung und mehreren Brennern lassen sich prächtige Effekte choreografieren.

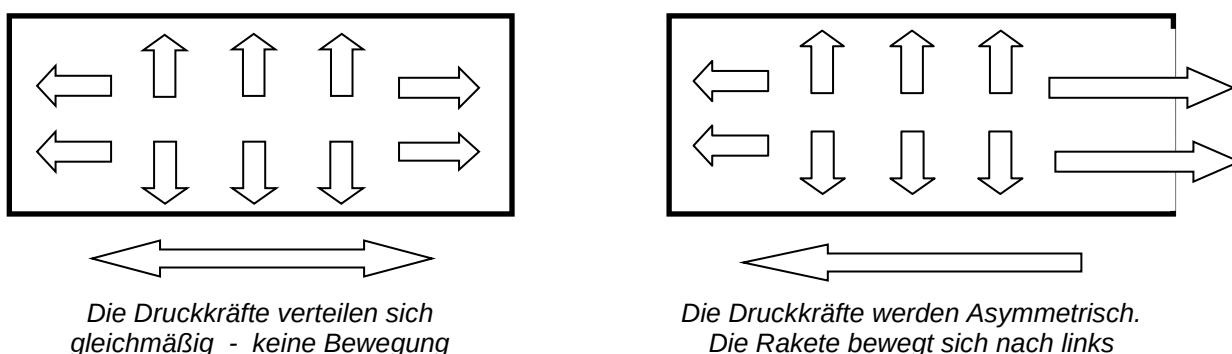
13 Bewegung

Die Abbrandenergie von bestimmten, gaserzeugenden Sätzen werden zur Erzeugung von mechanischer Bewegungsenergie verwendet. Beispiel: Beim **Sprengen** treiben die heissen Gase den Felsen auseinander, Steine fliegen durch die Luft. **Zerlegerladungen** in Feuerwerksbomben verteilen die Sterne am Nachthimmel. **Abschussladungen** in Feuerwerksmörsern transportieren

die Bomben und Granaten in die Höhe. Das gleiche im kleineren Massstab geschieht in der römischen Kerze, Minen, Töpfe, usw. Beim Gewehr ist es das **Schiesspulver** in der Patrone oder die **Schwarzpulverladung** beim historischen Schiessen. Es gibt noch viele Beispiele, bei denen durch Gasdruck Massen bewegt werden.

Die **Rakete** nimmt vom Antriebsprinzip her eine Sonderstellung ein. Sie wirkt nach dem Rückstossprinzip, dass der berühmte englische Physiker *Newton* formuliert hat. Dies besagt, dass die Rakete durch den Rückstoss mit der gleichen Kraft vorwärts beschleunigt wird, mit der das Antriebsmedium, die heissen Gase, nach rückwärts ausgestossen werden. Die Rakete braucht kein Medium (z.B. Boden, Luft) um sich abzustossen – sie funktioniert absolut autonom – auch im Vakuum. Das erklärt auch warum der Raketenantrieb als einziger im Weltraum funktioniert.

Die folgende Skizze mag illustrieren, wie das Raketenprinzip funktioniert.



14 Sicherheitstechnische Hinweise

Feuerwerkskörper mit gepresstem Satz wie Raketen, Heuler, Fontänen, usw. **dürfen nicht geworfen und fallen gelassen werden**, weil dadurch Risse im Satz und Ablösungen an den Behälterwänden die Folge sein könnten. Durch die damit verbundene Vergrößerung der Abbrandoberfläche kann es zu spontanen Explosionen führen.

Feuerwerkskörper trocken lagern! Eine hohe Luftfeuchte kann zum Quellen des Satzes und des Kartongehäuses führen. Beim Wiederabtrocknen kann es zu Rissbildungen kommen, die wiederum die Ursache für Explosionen sein könnten.

Achtung vor Funkenschäden! Funken aus Feuerwerkskörpern besitzen eine extrem hohe Temperatur. Selbst Glas wird von diesen beschädigt. Also Achtung beim Platzieren. (Fensterscheiben, Weingläser und Brillen)

15 Rechtliche Aspekte

Die Herstellung von Feuerwerk bedarf einer Bewilligung durch das Bundesamt für Polizei (Fedpol). Geeignete Räume und Einrichtungen sind Voraussetzung. Ebenso bedarf es einer speziellen Haftpflichtversicherung.

16 Quellen aus Literatur und Internet

www.feuerwerk.de

www.skylighter.com

Conkling. Chemistry of Pyrotechnics

Takeo Shimizu. Fireworks, The Arts, Science and Technique

11 AB

Pyrotechnische Gegenstände / Feuerwerkskörper



Inhaltsverzeichnis

Pyrotechnische Gegenstände

1	Einleitung.....	2
2	Beleuchtungskörper	3
2.1	Bengalflamme, Bengalfeuer.....	3
2.2	Lanzen, Figurenlichter	4
3	Frontstücke (Fontänen, Vulkane und Bränder).....	5
3.1	Fontäne	5
3.2	Vulkan	6
3.3	Wasserfallbränder (Niagarafälle)	6
4	Feuertopf (Pot à feu, Mine)	7
4.1	Feuertopf abschlussbereit verladen in Mörser	7
4.2	Feuertopf in Kugel- und Zylinderform für Unterbringung in Mörser (nur FWB)	7
5	Feuerwerksbomben	8
5.1	Kugelbomben	8
5.2	Zylinderbomben (nur FWB).....	11
5.3	Spezialbomben (nur FWB).....	12
5.3.1	Blitzknallkörper, Knallbomben, Maroonbombe	12
5.4	Bombetten	13
5.5	Kometen	14
6	Nautische Effekte, Wasserfeuerwerkskörper (nur FWB)	14
7	Römisches Licht, Römische Kerze, Feuerwerksrohr (Single Shot).....	15
8	Feuerwerksbatterie oder Kombination	16
9	Raketen	17
10	Drehende/rotierende pyrotechnische Artikel	18
10.1	Sonnen (Wheel, Catherine Wheel, Saxon)	18
10.2	Steigende Krone (Flying Saucer, Girandola, Crown Wheel,).....	19
11	Rauch- Nebelkörper	20
12	Feuerzopf (Schweizer-Feuerzopf)	20
13	Pyrotechnische Gegenstände der Kategorie T1 und T2.....	21
13.1	Pyrotechnische Gegenstände für Bühne und Theater.....	21
14	Sonstige pyrotechnische Gegenstände der Kategorie P1 und P2.....	22
14.1	Schallerzeuger (Knallpetarde, Maroon).....	22

1 Einleitung

Die **Pyrotechnik** (vom griechischen *pyr* „**Feuer**“ und *techne* „**Kunst**“) steht für den gestalterischen Umgang mit Feuer. Pyrotechnik oder „Die Kunst der Verschwendung“ wie sie auch genannt wird, beinhaltet die drei Kunstsparten **Farbe**, **Form** und **Kreation**.

Pyrotechnische Gegenstände dienen der Formgebung des Feuers. Sie haben für den Pyrotechniker dieselbe Bedeutung wie die Blumen für den Floristen.

Für die Gestaltung eines Feuerwerkbildes steht heute eine riesige Auswahl an pyrotechnischen Gegenständen zur Verfügung, mit denen der kreative Pyrotechniker sein ganz persönliches Feuerbouquet oder auch viele Wünsche seines Auftraggebers in den Himmel zaubern kann.

Definition: Pyrotechnische Gegenstände sind gebrauchsfertige Erzeugnisse mit einem Explosiv- oder Zündsatz. Ihre Energie ist dazu bestimmt Licht, Wärme, Schall, Rauch, Druck, optische Abläufe und andere Effekte zu bewirken.

Pyrotechnische Gegenstände zu Vergnügungszwecken werden je nach Gefährdungspotenzial in vier Kategorien eingeteilt (Kategorie F4 für maximales Gefährdungspotential). Sie dürfen nur im Freien verwendet werden!

Hinweis: Die meisten pyrotechnischen Gegenstände werden in unterschiedlicher Grösse (Satzmasse) für den gleichen Effekt produziert.

Warnhinweis:

Pyrotechnische Gegenstände erfordern sorgsamen Umgang!

Sie sind empfindlich gegen Stösse, Reibung, Extremtemperaturen, Feuchtigkeit und Vibrationen.

Die Folgen derartiger Einflüsse können Fehlfunktionen, im Extremfall auch spontane Zündungen sein.

2 Beleuchtungskörper

2.1 Bengalflamme, Bengalfeuer

Bengalpulver oder Bengalbränder (Zylinderflammen) werden meistens zur Beleuchtung von Landschaften, Gebäuden oder auf Bühnen zur Erzeugung von „mystischen Szenen“ verwendet. Bengalfeuer brennen mit einer hellen, üblicherweise intensiv rot, gelb oder grün gefärbten Flamme ab. Als Blendschutz für die Zuschauer, empfiehlt sich eine Abschirmung der Bengalflammen mit einem Reflektor aus Blech oder anderen geeigneten Materialien. Die Brennzeit von Bengalartikeln liegt zwischen einigen Sekunden und mehreren Minuten.



Geländebeleuchtung mit Bengalflammen

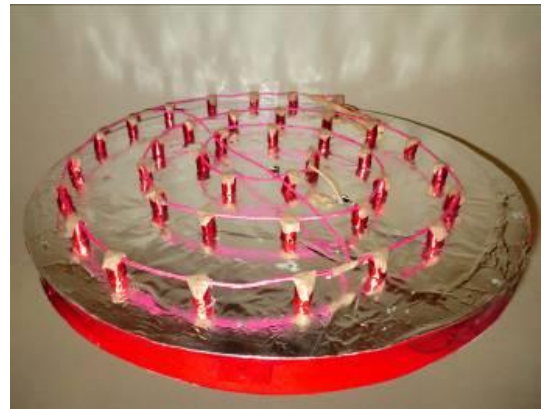
2.2 Lanzen, Figurenlichter

Kleine Bengalbränder in der Grösse eines Bleistiftes, sogenannte Lanzen oder Figurenlichter kommen bei der Realisation von Feuerschriften und Feuerbildern zum Einsatz. Die Flamme einzelner, gleichzeitig gezündeter Figurenlichter wird dabei zu Bildern oder Texten kombiniert. Figurenlichter sind einseitig mit einer Anfeuerung versehen, die eine gute und leichte Zündung auch mit Stoppinen, Anzündlitzen oder Zündband gewährleistet. Figurenlichter sind praktisch in allen Farben erhältlich und beinhalten teilweise auch Blink- oder Stroboskop-Effekte.

Je nach Art und Grösse der Körper, liegt die Brennzeit zwischen einigen Sekunden und Minuten.



Lanze, Figurenlichtbränder



Figurenlichtbränder
auf Sonne montiert



Schrift mit farbigen Figurenlichtbrändern

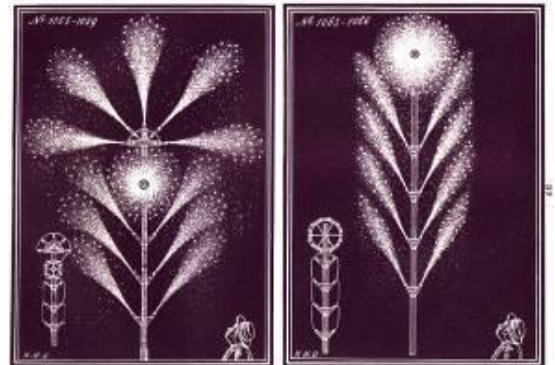


Maltesisches Sonnenbild mit
Figurenlichtbrändern

3 Frontstücke (Fontänen, Vulkane und Bränder)

Fontänen oder Vulkane, sprühen Funken und/oder kleine Sterne zwischen 10 Zentimetern und mehreren Metern hoch aus. Die Brenndauer variiert je nach Produkt, zwischen einer Sekunde und zwei Minuten!

Frontstücke werden oft zur Befeuerung für die typischen Barockfeuerwerk-Konstruktionen verwendet. Sie bestehen aus feststehenden teilweise auch rotierenden funkenerzeugenden Konstruktionen. Mehrere gleichartige oder verschiedene Frontstücke werden auf Holz oder Metallkonstruktionen montiert und erzeugen beim Abbrennen Springbrunnen, Palmen, Sonnen oder ähnliche Erscheinungen.



3.1 Fontäne

Die Fontäne (oder Bränder) besteht aus einer einseitig verschlossenen Kartonröhre, gefüllt mit einem verdichteten pyrotechnischen treibenden Funkensatz. Am offenen Rohrende befindet sich meist ein Pfropfen aus Ton mit einer düsenartig geformten Öffnung. Beim Abbrennen des Satzes werden die entstehenden Funken durch die Düse mit erhöhter Geschwindigkeit ausgestossen. Je nach pyrotechnischem Satz und Düsenform, erzeugen Fontänen einen mehr oder weniger starken Schub „Düsentrrieb“, der auch als Antrieb von rotierenden Schaelementen genutzt werden kann – beispielsweise von Sonnenrädern oder pyrotechnischen Motoren.

Abbrenndauer von 1 bis 60 Sec. erhältlich.

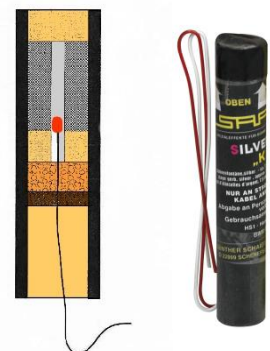


Jet-Fontänen

Jet-Fontänen in Silber oder Gold, sind für eine präzise effektvolle Untermalung von kurzen taktgenauen Musiksequenzen geeignet.

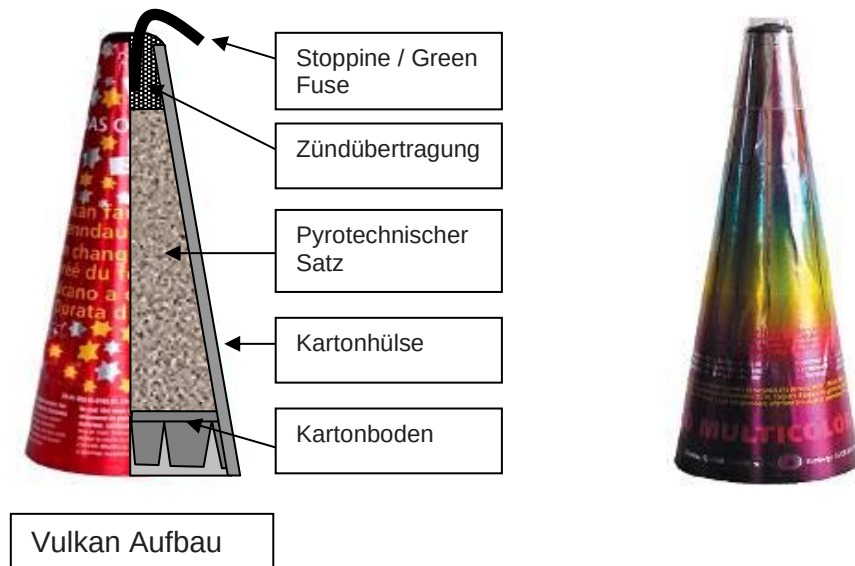
Hinweis: Ausstossrichtung beachten! Jet-Fontänen sind gegenüber normalen Fontänen immer **von hinten / unten** elektrisch angefeuert!

Abbrenndauer von 0,5 bis 3 Sec. erhältlich. Auf dem Markt werden Jet-Fontänen als T1 und T2 Produkte angeboten.



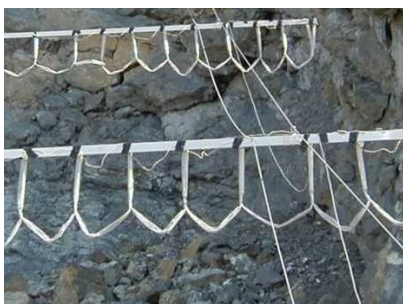
3.2 Vulkan

Der Vulkan, der wohl bekannteste Feuerwerkskörper in der Schweiz, ist eine konische Fontäne. Das Besondere an diesem Feuerwerkskörper ist die permanente Steigerung seiner Sprühstärke über die gesamte Brenndauer. Ein Effekt, der auf der konischen Form des Feuerwerkskörpers beruht.



3.3 Wasserfallbränder (Niagarafälle)

Wasserfallbränder sind speziell konstruierte Bränder ohne Düse. Damit werden beim Abbrand die Funken des Satzes nur wenig beschleunigt, was einen speziellen Effekt ergibt, der an fallendes Wasser erinnern kann. Zur Erzeugung eines "Wasserfalls" werden mehrere Bränder, 8 bis mehrere Hundert Stück in erhöhter Position und je nach Bränder-Fabrikat mit horizontal ausgerichteter Ausstoss-Öffnung an Leisten oder hängend an Drähten befestigt. Sie erzeugen je nach Grösse und Intensität der Funken einen bis zu 100 m fallenden, silbernen oder goldenen Feuerregen-Vorhang, ähnlich einem Wasserfall. Im Handel sind auch an einer Leine hängend montierte und bereits mit Stoppinenleitungen oder mit elektrischen Anzündern verbundene Wasserfallbränder erhältlich. Die Halteleine muss lediglich noch an geeigneten Stellen fixiert und aufgehängt werden.



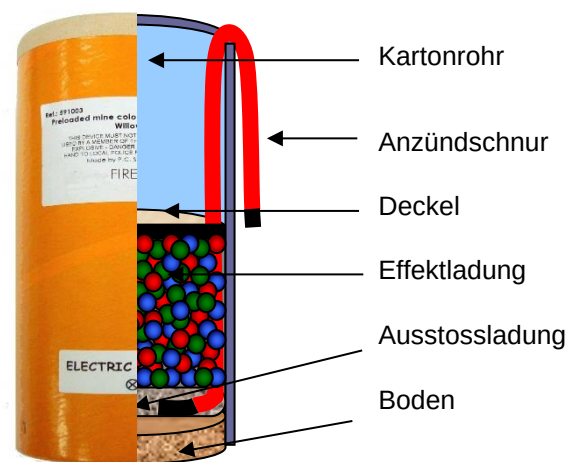
4 Feuertopf (Pot à feu, Mine)

4.1 Feuertopf abschussbereit verladen in Mörser

Der Feuertopf ist ein sehr einfacher Bodenfeuerwerkskörper. Er ähnelt einer Tischbombe. In einem Rohr mit verschlossenem Boden wird zu unterst eine Ausstossladung (meistens Schwarzpulver in einem Beutel) gezündet. Dadurch wird die darüber liegende lose Ladung (Sterne, Kometen, Heuler usw.) gleichzeitig aus dem Rohr geschleudert und entzündet. Feuertöpfe sind abschussbereit mit pyrotechnischer oder elektrischer Anzündung erhältlich.



Abschussbereiter Feuertopf mit pyrotechnischer oder elektrischer Anzündung



Aufbau abschussbereiter Feuertopf mit pyrotechnischer Anzündung

4.2 Feuertopf in Kugel- und Zylinderform für Unterbringung in Mörser (nur FWB)

Feuertöpfe werden abschussbereit verladen oder auch "lose" vertrieben. Lose Feuertöpfe müssen für den Einsatz einzeln in Abschussrohre verladen werden. Solche "lose" Minen sind in Kugel- oder Zylinderform verfügbar.

Vorsicht: Verwechslungsgefahr mit praktisch identisch aussehenden Kugel- und Zylinderbomben!



Feuertopf in Kugelform



Feuertopf in Zylinderform

5 Feuerwerksbomben

Bomben sind die gebräuchlichsten Feuerwerkskörper für Höhenfeuerwerke. Bei Bomben handelt es sich um kugel- oder zylinderförmige kompakte Feuerwerkskörper, welche aus Rohren (Mörsern) verschossen werden. Sie werden durch eine meist bereits in der Bombe integrierte Schwarzpulver-Ausstossladung aus dem Rohr geschossen und fliegen nur durch die Massenträgheit weiter (wie eine Kanonenkugel).

Die Ausstossladung aktiviert gleichzeitig einen Verzögerungszünder, der je nach Grösse der Bombe nach 2 bis 7 Sekunden, am Zenit der Flugbahn (50 – 400 m), eine Zerlegerladung und damit auch die Effektfüllung im Inneren der Bombe zündet.

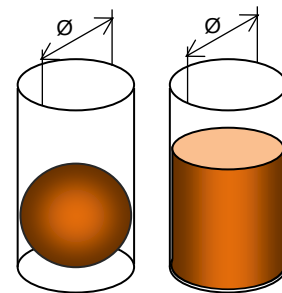
Die Bombenhülle aus Karton oder Plastik wird dabei zerlegt. Bei der Auswahl von Bomben sollte daher bei landgestützten Feuerwerken auf abbaubare Konstruktionsmaterialien (Papier, Karton, Schnur) Wert gelegt werden.

Bomben werden nach ihrer äusseren Form (Kugel, Zylinder) und dem Kaliber des Abschussrohres unterteilt. Das Kaliber wird in Inch oder in mm angegeben. 1 in = 1" = 25,4 mm

Beispiel: 5" Bombe → 125 mm Bombe.

Mit dem FWA-Ausweis dürfen Bomben bis Kaliber 75 mm in Form von **gebrauchsfertigen Feuerwerkskörpern** verwendet werden.

Das können beispielsweise Feuerwerksbatterien oder Single Shots sein.



Hinweis: Mit FWA-Ausweis dürfen keine einzelnen Bomben in Mörser verladen werden!

5.1 Kugelbomben

Kugelbomben verfügen über eine kugelförmige Aussenform. Sie werden auch heute noch oft in aufwändiger Handarbeit gefertigt. Traditionell hergestellte Kugelbomben bestehen üblicherweise aus zwei Halbschalen, welche Effektfüllung und Zerlegerladung enthalten und zur Erzielung der gewünschten Festigkeit mit Papierstreifen umwickelt sind. Durch Variation von Zerlegerladung und Stärke der Umwicklung lässt sich die Anfangsgeschwindigkeit der Effektfüllung und damit in bestimmten Grenzen der sichtbare Effekt gezielt steuern. Gängige Kaliber für Kugelbomben sind 50 - 300 mm, technisch lassen sich mit dieser Konstruktion aber auch grössere Kaliber herstellen. Herstellungszentrum für solche Kugelbomben ist heute primär China.



Der am häufigsten verwendete Kugelbombentyp besteht aus einer starkwandigen Bombenhülle und einer zentral angeordneten Zerlegerladung, welche einen hohen Anteil des Bombeninnern einnimmt. Diese Art Kugelbombe wurde in Japan perfektioniert und ist dort unter dem Namen "Warimono" bekannt. Im einfachsten Fall bestehen Warimono aus einer Lage Effektkörper, welche entlang der Bombeninnenwand angeordnet sind. Bei Zündung der Zerlegerladung durch das Verzögerungselement werden die Effektkörper gezündet, und mit hoher Geschwindigkeit vom Bombenzentrum weggeschleudert. Der Kaliber Durchmesser einer Warimono in Millimetern erzeugt zirka eine Effektgrösse in Metern. Je gleichmässiger die Effektkörper hergestellt wurden und je präziser die Montage erfolgt, desto gleichmässiger und runder ist die entstehende Feuerblume. Um hochwertige Warimono erzielen zu können, muss daher grosse Sorgfalt bei der Herstellung der Effektkörper angewendet werden. Diese Effektkörper bestehen häufig aus Kugeln von verfestigten pyrotechnischen Effektsätzen, Sterne genannt, welche von aussen nach innen abbrennen. Feuerblumen, mit wechselndem Effekt bei der Entfaltung, lassen sich durch unterschiedliche Lagen pyrotechnische Effektsätze bei der Herstellung der Sterne erzeugen.



Besteht der Stern aus einem Funkensatz, welcher beim Abbrand einen Schweif erzeugt, wird üblicherweise von "Chrysanthemen" (engl. "Chrysanthemum") gesprochen. Wird ein Farbsatz verwendet, welcher beim Abbrand eine farbige Flamme erscheinen lässt, spricht man von einer "Pfingstrose" (engl. "Peony").



Peony



Chrysanthemen

Insbesondere bei grösseren Kalibern lassen sich weitere konzentrische Lagen von Effektkörpern im Bombeninnern anordnen, welche die Blütenblätter der entstehenden Feuerblume, botanisch gesprochen, mit "Stempeln" (engl. "Pistil") im Innern ergänzen.



Durch Variation der Effektkörperanordnung innerhalb des Kugelraumes und die Effektkörperausführung können die am Himmel entstehenden Formen weiter beeinflusst werden. So lassen sich beispielsweise Formen wie Ringe, Smileys oder auch kompliziertere Gebilde erzeugen. Nachteil derartiger Bauformen ist, dass die gewünschte Figur im Gegensatz zur klassischen Warimono für die Zuschauer nur aus einer beschränkten Anzahl von Standorten klar erkennbar ist und die Orientierung der Kugelbombe bei der Zerlegung nicht beeinflusst werden kann. Sie sollten daher möglichst nicht als Einzelbomben eingesetzt werden.

Neben Effektkörpern, welche aus verdichtetem pyrotechnischen Satz bestehen, lassen sich auch kleine Bombetten beifügen, welche verzögert und räumlich versetzt am Himmel erscheinen. Diese Art Bombe wird als «Small Flowers» oder «Shell of Shell» bezeichnet.



Eine zweite, in Europa eher selten verwendete, Form von Kugelbomben (in Japan als Pokamono bezeichnet) besteht aus einer schwächeren Bombenhülle und einer reduzierten Menge an Zerlegerladung. Sie dient nicht der Erzeugung einer grossen Feuerblume, sondern vielmehr dem vergleichsweise sanften leisen Ausstossen der Effektladung, welche aus Sternen oder Bombetten bestehen kann. Diese Art Bomben werden bei uns als Horsetail, bez. Pferdschwanz bezeichnet.



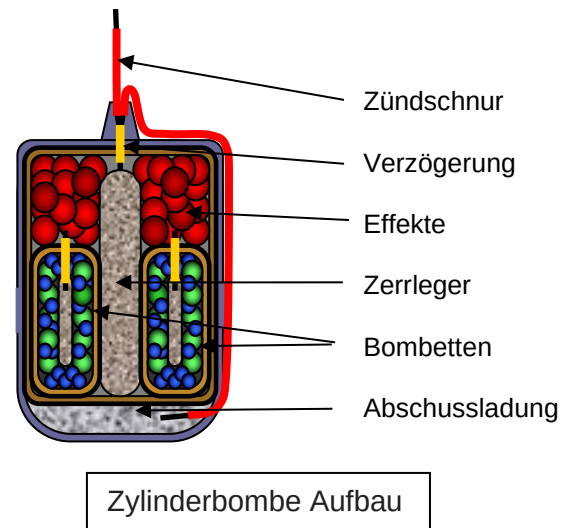
Alle Kugelbomben lassen sich mit zusätzlichen pyrotechnischen Effekten versehen, welche die Aufstiegsphase der Bombe optisch aufwerten. Verbreitet sind beispielsweise das Anbringen von zylindrischen Pulverkörpern (engl. meist als "Rising Tail" bezeichnet, erzeugt einen Funkenschweif oder ein farbiges Licht) oder kleineren zeitlich gestaffelt abbrennenden Bombetten (engl. "Rising Small Flowers").



Kleinere Kaliber von Kugelbomben sind auch zu Doppelbukettbomben ("Peanut Shells") zusammengefasst erhältlich. Dabei werden zwei Einzelbomben aufeinandergestapelt und können so aus einem einzigen Abschussrohr verschossen werden. Am Himmel entwickeln sich zwei Buketts.

5.2 Zylinderbomben (nur FWB)

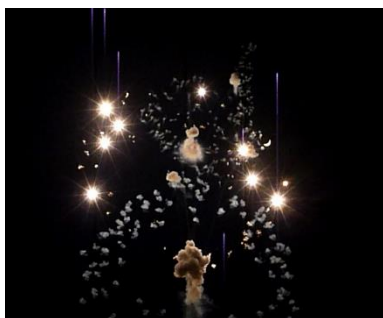
Zylinderbomben werden vor allem in Europa produziert und haben, wie die Bezeichnung schon aussagt, eine zylindrische Bauform. Sie bestehen bei kleinen Kalibern im Wesentlichen aus einem mit Effekt- und Zerlegerladung gefüllten, beidseitig verschlossenen Kartonrohr. Grössere Kaliber sind aus einer vergleichsweise schwachen Hülle aus Papier aufgebaut, welche durch Umwicklung mit Schnur verstärkt wird. Einen beträchtlichen Teil ihrer Festigkeit erhält die Zylinderbombe in diesem Fall auch durch die korrekte Füllung mit Effekt- und Zerlegerladung. Dies führt dazu, dass die Effektladung beim Abschuss wesentlich stärker mechanisch beansprucht wird als bei Kugelbomben.



Das Funktionsprinzip von Zylinderbomben entspricht grundsätzlich jenem von Kugelbomben, es lassen sich damit rotationssymmetrische, aber bauartbedingt keine vollständig kugelförmigen Effekte am Himmel darstellen. Hingegen erlaubt die Zylinderbombenbauart die Kombination einzelner Zylinderbomben zu sogenannten Mehrschlagbomben. Schliesslich bestehen auch Vorteile, wenn grössere Anteile an Effektladung insbesondere Bombetten verteilt werden sollen. Zylinderbomben werden in Kalibern von etwa 60 mm bis 250 mm hergestellt.

5.2.1 Mehrschlagbomben

Bei Mehrschlagbomben werden im Bombenkörper mehrere Teilbomben (Schläge) nacheinander geschichtet. Die Aktivierung der Zwischenverzögerer wird dabei durch die Zerlegerladung der vorgeschalteten Teilbombe erreicht. Damit kann eine Abfolge von mehreren Effekten erzielt werden. Üblicherweise löst bei dieser Bauart der erste Schlag bereits während der Aufwärtsbewegung aus, um einerseits die gewünschte Verteilung, andererseits genügend Zeit für die nachfolgenden Effekte zu gewährleisten.



Gängig sind bis zu etwa 5 Schläge in dieser Bauweise. Wird mehr benötigt, ist eine Bauweise mit zeitlich gestaffelten Bombetten günstiger. Oft sind Mehrschlagbomben mit einem Schlussknall versehen. Grössere Mehrschlagbomben können Längen von über einem Meter aufweisen. Sie müssen teilweise, bedingt durch ihre Konstruktion, aus sehr festen Abschussrohren verschossen werden. Beim Abschuss von Mehrschlagbomben wird der, der Abschussladung zugewandte Bombenboden sehr stark belastet. Ist in diesem Bereich ein Schlussknall angebracht, ist im Fall von Rohrkrepiern mit einer Zerlegung des Abschussrohres zu rechnen. Falls Stahlrohre verwendet werden müssen, sind diese zum Vermeiden von Splitterwurf vollständig in Erde einzugraben oder in geeigneten Behältnissen wie Mulden oder Fässern vollständig einzusanden.



Mehrschlagbombe

Siehe Rundschreiben der fedpol im Anhang 12-6. Zu beachten ist auch, dass der Rückstoss von Mehrschlagbomben verglichen mit kalibergleichen Kugelbomben wesentlich höher ist. Dies ist besonders bei sehr weichen Bodenverhältnissen zu berücksichtigen, welche die Steighöhe und damit die sichere Funktion der Mehrschlagbombe ungünstig beeinflussen können.

5.3 Spezialbomben (nur FWB)

5.3.1 Blitzknallkörper, Knallbomben, Maroonbombe

Knallbomben sind zur Erzeugung eines oder mehrerer Knallereignisse ausgelegt. Sie sind als Kugel- oder Zylinderbomben erhältlich. Der Knall wird durch einen pulverförmigen, energiereichen pyrotechnischen Satz erzeugt, welcher die Eigenschaft hat, sich bereits in kleinen Mengen mit hoher Geschwindigkeit umzusetzen. Die entstehende Stosswelle wird als Knall empfunden. Meist sind die Sätze so formuliert, dass neben dem Knall, durch zugesetzte Leichtmetalle, zusätzlich ein greller Blitz erzeugt wird.

Bedingt durch den detonativen Umsatz und dem hohen Energiegehalt des Knallsatzes, weisen Knallbomben ein grosses Gefährdungspotential auf. Die in Grossfeuerwerken verwendeten Knallbomben sind massen-explosionsgefährlich (Feuerwerkskörper Gefahrgut Klasse 1.1G, UN 0333). Das heisst, dass die Zündung einer einzelnen Knallbombe innerhalb einer Versandverpackung zur Zündung der gesamten Menge aller Knallbomben innerhalb der Verpackung führen kann, mit entsprechend verheerenden Auswirkungen auf die Umgebung. Dieser starke Energieeintrag in die Umgebung kann auch zur momentanen Zündung an sich nicht massenexplosionsfähiger Feuerwerkskörper (z.B. der Klasse 1.3 G) führen. Massenexplosionsfähige Feuerwerkskörper müssen im Betrieb getrennt gelagert werden, damit eine detonative Übertragung auf das weniger gefährliche Lagergut ausgeschlossen werden kann.



5.3.2 Tagesbomben

Tagesbomben sind zur Verwendung am Tag ausgelegte Bomben, welche pyrotechnische Effekte die bei Tageslicht sicht- oder hörbar sind, wie Rauch, Licht oder auch akustische Effekte erzeugen können und auch inerte Gegenstände wie Fahnen oder Figuren auswerfen.



5.3.3 Fallschirmbomben

Fallschirmbomben enthalten einen oder mehrere, oft pyrotechnische, Effekte, deren Fall durch einen Fallschirm gebremst wird. Gängige pyrotechnische Effekte sind beispielsweise Lichterketten (Girlanden) oder Beleuchtungskörper (Flare).

Gegenüber herkömmlichen Effekten ermöglichen Fallschirmbomben eine wesentlich verlängerte Dauer der pyrotechnischen Effekte (bis zu einigen zehn Sekunden).

Bei einer Fehlfunktion des Fallschirms ist daher ein Niedergang des noch aktiven pyrotechnischen Effekts auf den Boden möglich, bei Wind kann zudem eine erhebliche örtliche Verfrachtung der Effekte stattfinden. Ein Einsatz von Fallschirmbomben mit pyrotechnischen Effekten erfordert daher besonders sorgfältige vorgängige Abklärungen. Dabei ist stets eine mögliche Fehlfunktion eines Fallschirms anzunehmen.



5.4 Bombetten

Bombetten sind kleine Zylinderbomben (Kaliber typisch 20 – 60 mm) ohne integrierte Ausstossladung. Sie können mit einer Treibladung aus speziellen Abschussvorrichtungen geschossen werden. Bombetten sind hauptsächlich in gebrauchsfertigen Bombenrohren oder Feuerwerksbatterien verbaut, sie erzeugen Zylinderbomben ähnliche Sternbuketts oder Knall-effekte.



5.5 Kometen

Kometen sind Pulverkörper (Kaliber typisch 20 – 60 mm), welche unter Erzeugung eines Funkenschweifs und/oder Stern Effekt abbrennen. Kometen können mit einer Treibladung aus speziellen Abschussvorrichtungen geschossen werden. Kometen sind hauptsächlich in Römische Kerzen oder Feuerwerksbatterien verbaut. Kometen haben den Vorteil, dass sie restlos verbrennen und keine Karton- oder Plastikrückstände hinterlassen!



6 Nautische Effekte, Wasserfeuerwerkskörper (nur FWB)

Unter nautische Effekte werden Feuerwerkskörper verstanden, welche aus einzelnen Abschussrohren oder aus Cake Boxen ins Wasser verschossen werden und auf der Wasseroberfläche schwimmend, Effekte wie römische Kerzen, Fontänen oder Bengalen entwickeln.

Als Wasserbomben werden auch Kugelbomben bezeichnet, welche ohne Abschussladung auf dem Wasser schwimmend oder über der Wasseroberfläche aufgehängt zur Umsetzung gebracht werden. Ein Einsatz solcher Wasserkugelbomben ist in unserem Kulturkreis nicht üblich. Wasserkugelbomben führen zu einer Belastung des aquatischen Systems durch nicht umgesetzte Effekte und den starken Druckwellen. *Verzichten Sie auf die Verwendung von diesem Typ Wasserbomben!*



Wasserfontänen



Wasserbombe



Wasserrömische Kerzen



Wasserbengalen

7 Römisches Licht, Römische Kerze, Feuerwerksrohr (Single Shot)

Das Römische Licht schiesst mehrere Effekte nacheinander aus demselben Rohr. Sind anstelle von Sternen oder Kometen Bombetten verladen, so spricht man von Bombenrohr.

Ein Römisches Licht ist ein einseitig verschlossenes Kartonrohr, dass mit 1 bis 12 Effekten wie bunte Sterne, Kometen, Heuler oder Bombetten in "Schichten" gefüllt ist. Die einzelnen Schüsse sind untereinander zeitlich verzögert (typisch 2 - 4 Sekunden).

Die Anfeuerung eines Römischen Lichts erfolgt immer am oberen Ende des Abschussrohrs. Die einzelnen Effekte sind teilweise direkt ab Abschuss sichtbar, wie beispielsweise Sterne oder Kometen, oder aber erst oben am Himmel, wie etwa die Bombetten.

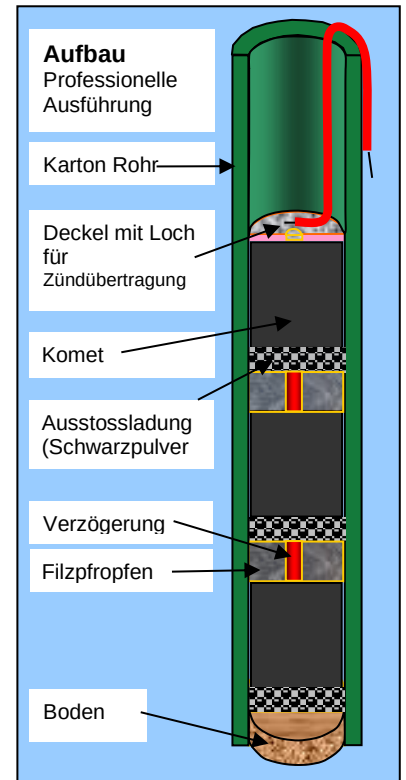
Römische Kerzen werden in einer Vielzahl an Grössen angeboten: Ab 6 mm Kaliber Effekte im Detailhandel, bis 100 mm für den professionellen Einsatz.



1, 2 Schuss



6 bis 8 Schuss



Sicherheit: Verschossene Rohre nie im offenen Feuer verbrennen! Mögliche "Versager" können dadurch gezündet und unkontrolliert in die Umgebung geschossen werden.

8 Feuerwerksbatterie oder Kombination

(Chinabatterie, «Torte», «Cake», «Cake Box» etc.)

Feuerwerksbatterien enthalten zwischen 2 und mehr als 1000 Kartonrohre mit Effekten wie Bombetten, Kometen oder Sternen. Die Rohre mit einem Kaliber (Innendurchmesser) zwischen 10 und 100 mm werden in einem Pappkarton, der als Sockel dient, gerade und/oder gefächert fixiert. Jedes Rohr ist abschussfertig mit Ausstossladungen und Effekten gefüllt. Alle Rohre sind mit einer Zündschnur durchlaufend verbunden. Die abbrennende Zündschnur zündet je nach Verlegung ein Rohr nach dem anderen oder auch ganzen Reihen gleichzeitig. Die gesamte Abbrenndauer variiert zwischen 4 Sekunden und 3 Minuten! Auf dem Markt werden Batterien in einer grossen Vielfalt an Grössen, Schusszahl und Schussfolge und mit allen gängigen pyrotechnischen Effekten angeboten!



Gerade Batterie



Gefächerte Batterie



Gefächerte Single Row
und
Double Row Batterie



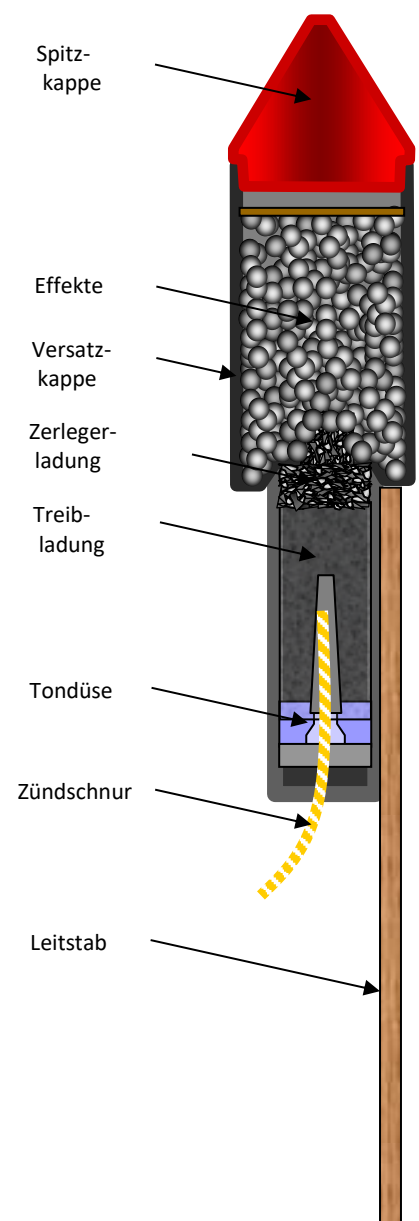
Batterien originalverpackt

9 Raketen

In der Schweiz gehören die Raketen am 1. August zu den beliebtesten Feuerwerkskörpern. Bei Grossfeuerwerken haben sie jedoch an Bedeutung verloren. Raketen sind in ihrer Funktionsweise wie auch in der Vielfalt ihrer Effekte den Bomben ähnlich, können aber nur kleine Mengen Effektladung in die Höhe transportieren. Bei Wind ist zudem ihre Flugbahn relativ unberechenbar, und die herunterfallenden Leitstäbe können für das Publikum ein Sicherheitsrisiko darstellen.

Aufbau: Eine Rakete besteht im unteren Teil aus einem Treibsatz, der die Rakete nach der Zündung in die Höhe befördert. Die Steighöhe beträgt je nach Treibsatz zwischen 20 und 200 Meter. Der Treibsatz zündet nach zirka 2 – 4 Sekunden den Effektsatz.

Treibsatz: Der Treibsatz, auch «Raketenmotor» genannt, besteht aus einer kompakten, verdichteten Schwarzpulvermasse. Die beim Abbrand entstehenden Verbrennungsgase entweichen unter hohem Druck durch die Düse und treiben die Rakete nach dem Rückstossprinzip an. Durch Beimischung von Titan oder Aluminium entsteht beim Aufstieg ein lang-brennender Schweif.



10 Drehende/rotierende pyrotechnische Artikel

10.1 Sonnen (Wheel, Catherine Wheel, Saxon)

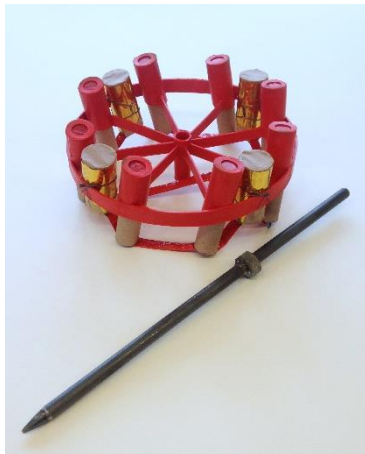
Sonneneffekte bringen Abwechslung in ein Feuerwerk! Sonnen werden hauptsächlich in Barockfeuerwerken eingesetzt. Kleine Sonnen bestehen aus einer Karton- oder Kunststoffscheibe, auf der ein mit pyrotechnischem Satz gefüllter Papierschlauch spiralförmig aufgerollt ist. Grossfeuerwerkssonnen bestehen aus zwei, meist jedoch aus mehreren Treibern und Brandsätzen, die an einer zentrisch drehbaren Holzleiste oder auf einer rotierenden Spezialvorrichtung befestigt sind. Die Brandsätze werden gleichzeitig oder nacheinander gezündet und versetzen die Konstruktion in Bewegung. Sonnen können Effekte und Drehrichtung ändern. Horizontal gelagerte Sonnen werden im Volksmund Springbrunnen genannt. Sonnen erzeugen vor allem Farb-, Funken-, Pfeif- und Heuleffekte.



10.2 Steigende Krone (Flying Saucer, Girandola, Crown Wheel,)

Steigende Kronen sind radähnliche Konstruktionen aus Holz, Bambus oder Kunststoff mit einem Durchmesser von 20 bis 40 cm, in mehreren Ländern wie Mexico und den USA werden traditionsmässig auch Konstruktionen von über 4 Meter gebaut! An der rotierenden Konstruktion sind in regelmässigen Abständen Treiber und Bränder in verschiedenen Winkeln befestigt. Beim Zünden wird die auf einem Dorn drehbar gelagerte Konstruktion in Rotation versetzt und schraubt sich mit Schub nach dem Rückstossprinzip mit einer fulminanten Funkenspirale in die Höhe. Die Startrampe verbleibt am Boden. Steigende Kronen werden auch mit zwei Treiberstufen angefertigt. Solche steigende Kronen fallen nach dem Ausbrennen der ersten Stufe teilweise bis ein Drittel ihrer Steighöhe wieder herunter, bis die zweite Treiberstufe verzögert gezündet wird, die diese danach nochmals höher aufsteigen lässt. Am Ende der Flugbahn werden meistens Sternbuketts oder ähnliche Effekte freigesetzt. Die meisten steigenden Kronen stürzen nach dem Ausbrennen zu Boden. Grosse, hochwertige italienische Girandolas sind vielfach mit einem starken Zerleger im Schlussbouquet versehen, der auch die hölzerne Konstruktion in kleine, ungefährliche Stücke zerteilt.

Steigende Kronen sind schwierig zu fertigen, alle Treiber müssen gleichzeitig gezündet werden, den gleichen Schub und die gleiche Brenndauer aufweisen, damit eine optimale Flugbahn ohne seitliches Ausbrechen gewährleistet wird.



11 Rauch- Nebelkörper

Rauchkörper werden mehrheitlich für Theater oder Showzwecke eingesetzt. Pyrotechnische Rauchkörper sind in vielen Farben erhältlich. Zu beachten ist, dass pyrotechnischer Rauch sehr stark färbend und/oder ätzend ist und nur im Freien eingesetzt werden sollte. Farbiger Rauch wird durch Farbpigmente erzeugt, die eine starke Farbverschmutzung hinterlassen! Er wird aus diesem Grund auch bei der Verbrechensbekämpfung (Banknoteneinfärbung) eingesetzt.



12 Feuerzopf (Schweizer-Feuerzopf)

Der Schweizer-Feuerzopf besteht aus einer ca. 3 – 4 cm dicken, mit Wachs getränkten Textilfaserschnur, die auf der gesamten Länge mit einer ca. 3 cm breiten Zündübertragungsschicht beschichtet ist. Der Zopf ist mit einem Plastikschlauch gegen Nässe und Funkenwurf geschützt.

Der Feuerzopf brennt ca. 10 bis 20 Minuten mit einer natürlichen gelben Flamme ähnlich einer Wachsfackel. Der Zopf lässt sich sehr gut formen, er wird meistens auf ein geformtes, stabiles Drahtgebilde oder auf Armierungseisengitter montiert. Mit dem Feuerzopf können sehr einfach brennende Zahlen, Schriften, Figuren und Zeichnungen produziert werden.



13 Pyrotechnische Gegenstände der Kategorie T1 und T2

13.1 Pyrotechnische Gegenstände für Bühne und Theater

T1 und T2 Gegenstände gehören zur Kategorie „pyrotechnischen Gegenständen zu gewerblichen Zwecken.“

Pyrotechnische Gegenstände der Kategorie T1, sind Gegenstände für die Verwendung auf Bühnen und für Film- und Fernsehproduktionen, die eine geringe Gefahr darstellen und die zur Verwendung in Innenräumen und im Freien vorgesehen sind.

Produkte der Kategorie T2 bergen aufgrund höherem Satzgewicht und stärkerem Effekt ein grösseres Risiko, sie dürfen nur von Personen mit Fachausweis eingesetzt werden.

Pyrotechnische Gegenstände T1 und T2 für Bühne und Theater sind nicht zu vergleichen mit Feuerwerkskörpern der Kategorien F1 bis F4. Die chemische Zusammensetzung unterscheidet sich von Feuerwerkskörpern für den Aussenbereich so, dass sie hinsichtlich Funkenausstoss, Rauchentwicklung, Knall usw. nur eine kleine Gefahr für Personen in unmittelbarer Nähe darstellen und in geschlossenen Räumen oder in engen Platzverhältnissen einsetzbar sind. T1 und T2 Gegenstände erzeugen beim Abbrand in der Regel nur wenig sichtbaren Rauch. In pyrotechnischen Gegenständen für den Innenbereich dürfen keine Substanzen enthalten sein, die giftige Gase entwickeln, sie enthalten keine Schwefelverbindungen.

Ein Beispiel:

Das Pendant einer Fontäne für den Bühnenbereich wäre der Vulkan im Freien. Fontänen basieren meist auf Nitrocellulose und haben daher nur eine minimale sichtbare Rauchentwicklung. Die keinen Funken weisen eine niedrigere thermische Energie auf. Im Vergleich dazu wird ein Vulkan beim Abbrand sehr heiss und produziert starken Rauch und glühende Schlacke.

Die meisten pyrotechnischen Gegenstände für Bühne und Theater werden gebrauchsfertig mit eingebauten elektrischen Anzündern vertrieben. Bei speziellen Produkten werden die Anzündler aber auch separat beigelegt. Produkte wie Eis- oder Partyfontänen werden normalerweise von Hand pyrotechnisch gezündet und ohne Anzündler verkauft.



14 Sonstige pyrotechnische Gegenstände der Kategorie P1 und P2

Kategorie P1

Pyrotechnische Gegenstände ausser Feuerwerkskörpern und pyrotechnischen Gegenständen für die Verwendung auf Bühnen, die eine geringe Gefahr darstellen.

Kategorie P2

Pyrotechnische Gegenstände ausser Feuerwerkskörpern und pyrotechnischen Gegenständen für die Verwendung auf Bühnen, die nur für die Handhabung oder Verwendung durch Personen mit Fachkenntnissen bestimmt sind.

14.1 Schallerzeuger (Knallpetarde, Maroon)

Gegenstände, die darauf ausgelegt sind, durch Zündung des/der darin enthaltenen Satzes/Sätze Schall abzugeben.

Werden nur für Feste und traditionelle Anlässe verwendet wie z.B. „Zürcher sächsilüte Böög“, Fastnachtseröffnung, Salut Kinderfest, historische Anlässe usw.



11 BF

Pyrotechnische Gegenstände / Effekte

T1 und T2, für Bühne und Theater



Inhaltsverzeichnis

Pyrotechnische Gegenstände / Effekte

1	Einleitung Bühnenfeuerwerk	2
2	Detailbeschrieb T1 und T2 Effekte.....	5
2.1	Flammenprojektor, Flammensäulen, Feuerball (<i>Flame projector</i>).....	5
2.2	Bühneneffektwerfer, Effektbomben (<i>Confetti / Streamers Effects</i>).....	5
2.3	Theaterblitz / Bühnenblitz (<i>Theatrical Flash</i>)	6
2.4	Funkenblitz / Bühnenfunkenblitz (<i>Sparkle Flash</i>).....	6
2.5	Höhenblitz / Höhenfunkenblitz / Bühnenfunkenblitz (<i>Airburst</i>)	6
2.6	Theaterknall / Knallkörper / Bühnenknall (<i>Theatrical report</i>)	7
2.7	Maroon.....	7
2.8	Knallfontäne (<i>Carretilla</i>).....	7
2.9	Rauchkörper (<i>Smoke device</i>)	8
2.10	Schnurraketen, Seilraketen (<i>Line Rocket</i>)	8
2.11	Zweikomponenten-Produkte (<i>Binary mixture</i>).....	9
2.12	Einschusssimulator / Filmeffektzünder (<i>Squibs, Marrons</i>)	9
2.13	Diverse Effekte.....	9

1 Einleitung Bühnenfeuerwerk

Bühnenfeuerwerk gehört gemäss Sprengstoffgesetz (SprstG) zu den *pyrotechnischen Gegenständen zu gewerblichen Zwecken*. Es umfasst die **Kategorien T1 und T2**. Die nachfolgende Tabelle beschreibt die Hauptwirkung von pyrotechnischen Gegenstandstypen für Bühne und Theater gemäss SN EN 16256-1:2012

Tabelle — Beschreibung und Hauptwirkungen von Gegenstandstypen

Gegenstandstyp	Beschreibung	Hauptwirkung/Bemerkungen
<u>Höhenblitz</u> <i>Airburst</i>	Gegenstand, der pyrotechnische(n) Satz/Sätze enthält, in der Luft aufgehängt ist und eine optische und/oder akustische Wirkung erzeugt.	Erzeugung optischer und/oder akustischer Wirkungen
Bengalflamme	Pyrotechnische Substanz oder Gegenstand, die/der pyrotechnische(n) Satz/Sätze enthält und ein (farbiges) Licht oder eine Flamme erzeugt und deren/dessen Wirkung nicht sofort eintritt.	Erzeugung einer farbigen Flamme (und von Rauch)
Bengalfeuer	Gegenstand, der verdichtete(n) pyrotechnische(n) Satz/Sätze enthält und ein (farbiges) Licht oder eine Flamme erzeugt und dessen Wirkung nicht sofort eintritt.	Erzeugung einer farbigen Flamme (und von Rauch)
Bengalfackel	Stab, der teilweise mit langsam brennendem pyrotechnischem Satz beschichtet und zum Halten in der Hand bestimmt ist.	Abstrahlung von hellem Licht für eine vorgegebene Zeitdauer
<u>Zwei-Komponenten-Gemisch</u>	Getrennte, nicht pyrotechnische Sätze, die nach dem Vermengen einen pyrotechnischen Satz bilden.	Verschiedenartige Wirkungen, einschliesslich Knall, farbigen Lichtblitzen, Feuer, Rauch, Funken, aber nicht allein darauf beschränkt
<u>Knallfontäne</u>	Gegenstand, der gepresste(n) oder verdichtete(n) pyrotechnische(n) Satz (Sätze) enthält, auf gerichtete Weise Licht und Funken erzeugt und in der Erzeugung eines Knalls kulminiert .	Erzeugt Licht, Funken und einen Knall. Zum Halten in der Hand mit Hilfsmitteln bestimmt.
Kombination	Bausatz, einschliesslich verschiedener Elemente des gleichen Typs oder verschiedener Typen, von denen jeder einem der in dieser Tabelle aufgeführten pyrotechnischen Gegenstände entspricht, mit einem Anzündpunkt oder mehreren Anzündpunkten, und in dem die Anzündung das Feuer von einem Element auf das nächste überträgt, um die Gegenstände nacheinander oder in einem bestimmten anderen Muster zu zünden, und bei dem nicht alle Elemente der Kombination typgeprüft sind.	Wie bei den einzelnen Elementen
Komet	Gegenstand, der nur ein einziges pyrotechnisches Bauteil ausstösst.	Erzeugt eine gerichtete optische und/oder akustische Wirkung
Desensibilisierter pyrotechnischer Satz	Pyrotechnischer Stoff, der im Anlieferungszustand aufgrund eines Zuschlagstoffes unempfindlich gegen Entzündung ist, jedoch durch Beseitigung des Zuschlagstoffes an der Verwendungsstelle zu einem pyrotechnischen Stoff umgewandelt wird.	Erzeugt Licht, Funken, Flammen, Schall oder Rauch

Gegenstandstyp	Beschreibung	Hauptwirkung/Bemerkungen
Fallender Effekt	Gegenstand, der pyrotechnische(n) Satz/Sätze und/oder pyrotechnische Sterne und/oder pyrotechnische Bauteile enthält, und dazu bestimmt ist, einen nach unten gerichteten Effekt zu erzeugen.	Erzeugt optische und/oder akustische Wirkungen
Explosionssimulator	Gegenstand, der pyrotechnische(n) Satz/Sätze und/oder pyrotechnische Sterne und/oder pyrotechnische Bauteile und/oder brennbare Materialien und/oder inertes Material enthält, und eine kleine oder grosse Explosion simuliert.	Explosionswirkung, die Geräusche mit oder ohne farbiges Feuer, Rauch, Funken oder sonstige optische und/oder akustische Wirkungen erzeugt
<u>Feuerball</u>	Gegenstand, der eine pyrotechnische Ausstossladung, pyrotechnische(n) Satz/Sätze und/oder nicht-pyrotechnische Sätze, aber keine eigenständigen Bauteile enthält, und der einen unmittelbar gefärbten Feuerball mit oder ohne Rauch und/oder Funken und/oder akustische Wirkung erzeugen kann.	Erzeugt einen Feuerball mit oder ohne Rauch und/oder Funken und/oder eine akustische Wirkung
<u>Flammenprojektor</u>	Gegenstand, der pyrotechnische(n) Satz/Sätze enthält und eine Flamme oder eine projizierte Flammensäule mit oder ohne optische und/oder akustische Effekte erzeugt.	Erzeugt eine Flammensäule mit oder ohne sonstige optische und/oder akustische Effekte
Fontäne	Gegenstand, der pyrotechnische(n) Satz/Sätze enthält und auf gerichtete Weise Effekte erzeugt.	Erzeugen von Funken und/oder sonstigen optischen oder akustischen Effekten auf gerichtete Weise
Jet	Gegenstand, der pyrotechnische(n) Satz/Sätze enthält, um einen Funkenstrahl und/oder einen (farbigen) Flammenstrahl mit kurzer Brenndauer zu erzeugen.	Erzeugt einen Funkenstrahl und/oder (farbige) Flammen
<u>Schnurrakete</u>	Gegenstand, der pyrotechnische(n) Satz/Sätze enthält, und zur Befestigung an einem Führungsdraht bestimmt ist und über einen gesteuerten Verlauf verfügt.	Sendet Licht und/oder akustische Effekte und/oder Funken und/oder farbigen Rauch aus, während die Rakete an einem Draht entlang vorwärts getrieben wird
Maroon	Einzel abgeklebtes Bauteil, das pyrotechnische(n) Satz/Sätze enthält und dessen Hauptfunktion darin besteht, einen lauten Knall bei vollständiger Zertrümmerung der Umhüllung zu erzeugen.	Erzeugt einen unmittelbaren Knall mit oder ohne farbiges Licht und/oder Funken
Feuertopf	Gegenstand, der eine Treibladung und mehrere pyrotechnische Sterne und/oder pyrotechnische Bauteile enthält, die in einem einzigen Ausstoss gerichtet ausgestossen werden.	Effekte werden sofort ausgestossen, um einen gestreuten optischen und/oder akustischen Effekt zu erzeugen
<u>Bühneneffektwerfer</u>	Einzelnes Rohr, das einen pyrotechnische(n) Satz/Sätze und inerte Gegenstände (z. B. Konfetti und Papierschlängen) enthält, die aus dem Gegenstand abgeschossen werden.	Sofortiger Ausstoss von chemisch inaktivem Papier oder Unterhaltungseffekten. Kann Geräusche und/oder Rauch erzeugen
Römisches Licht	Gegenstand, der aus einem einzelnen Rohr besteht, das eine Reihe pyrotechnischer Bauteile mit wechselnden Effektladungen, Treibladungen und eine Überzündung enthält.	Ausstossen von mehreren Bauteilen, die nacheinander gerichtete optische Effekte erzeugen

Gegenstandstyp	Beschreibung	Hauptwirkung/Bemerkungen
Drehender Effekt	Gegenstand, der pyrotechnische(n) Satz/Sätze und Funktionen enthält, mit denen der Gegenstand in Rotation versetzt wird.	Der Drehende Effekt stösst farbiges Licht und/oder farbige Funken mit einem oder ohne einen akustischen Effekt aus
Selbstauflösender Effekt	Gegenstand, der ausschliesslich pyrotechnische Stoffe enthält, die keine Reststücke hinterlassen, nachdem der Gegenstand seine Funktion beendet hat.	Erzeugt Licht, Rauch, Funken oder Geräusche
<u>Rauchkörper</u>	Pyrotechnischer Satz, der in einem geeigneten Behälter (z. B. offene Flammenschale) oder in einer vorgefertigten Form oder Kartusche gezündet wird, um Rauch zu erzeugen.	Erzeugt Rauch
Split Tube	Gegenstand, der pyrotechnische(n) Satz/Sätze enthält und dazu bestimmt ist, einen zweidimensionalen Vorhang aus Funken oder sonstigen pyrotechnischen Effekten zu erzeugen.	Erzeugt einen Flammen- und Funkenvorhang
Einschusssimulator <i>Squib</i>	Gegenstand, der pyrotechnische(n) Satz/Sätze enthält und hauptsächlich dazu bestimmt ist, inertes Material auseinanderzureissen, um ein Geschoss/eine Durchschusswunde nachzuahmen.	Erzeugt den Ausbruch von Rauch, Flammen oder Funken aus einer punktförmigen Quelle
Theaterfeuer	Pyrotechnische Substanz mit geringer Rauchentwicklung, die in einem geeigneten Behälter (offene Feuerschüssel) oder in einer vorgefertigten Kartusche entzündet wird und vorrangig für den Gebrauch in Innenräumen bestimmt ist, um ein (farbiges) Licht und einen Flammeneffekt zu erzeugen.	Erzeugen einer farbigen Flamme
<u>Theaterblitz</u>	Gegenstand, der pyrotechnische(n) Satz/Sätze enthält, bei dem die Wirkung sofort eintritt und gerichtet ist , und dessen Hauptwirkung ein Lichtblitz ist.	Erzeugt einen unmittelbaren Lichtblitz. Kann von Rauch, Funken und einem akustischen Effekt begleitet sein
<u>Theaterknall</u>	Einzel abgeklebtes Bauteil, das pyrotechnische(n) Satz/Sätze enthält und dessen Hauptfunktion darin besteht, einen lauten Knall zu erzeugen, wobei nur eine Fläche des Gehäuses in Richtung des Effekts aufbricht/sich öffnet .	Erzeugt einen unmittelbaren Knall mit/oder ohne farbiges Licht und/oder Funken
Bühnenpfeife	Gegenstand, der pyrotechnische(n) Satz/Sätze enthält, und einen akustischen Pfeifeffekt erzeugt und einen optischen Effekt erzeugen kann	Erzeugt einen Pfeifeffekt mit oder ohne Funken

Hinweis: Unterstrichene Gegenstandstypen werden unter 2 Detailbeschreibung näher beschrieben.

2 Detailbeschreibung T1 und T2 Effekte

Hinweis: Effekte die im FWA Ausbildungsordner beschrieben werden, werden in diesem Dokument nicht mehr erläutert.

2.1 Flammenprojektor, Flammensäulen, Feuerball (*Flame projector*)

Beschreibung: Gegenstand, der eine pyrotechnische(n) Satz (Sätze) oder eine Ausstossladung enthält und unmittelbar einen gefärbten Feuerball / Flammensäule mit oder ohne Rauch und/oder Funken und/oder akustische Wirkung erzeugt.

Hauptwirkung: Erzeugt einen Feuerball oder Flammensäule mit oder ohne akustische Wirkung und/oder Funken und/oder Rauch.

Eine kurze und kräftige Flammenerscheinung ist das Merkmal von Flammensäulen. Durch Zusätze sind auch verschiedenfarbige Flammen möglich, oder begleitende Funkeneffekte. Die Flammensäulen gibt es in verschiedenen Grössen, Farben und Brenndauer.



2.2 Bühneneffektwerfer, Effektbomben (*Confetti / Streamers Effects*)

Beschreibung: Einzelnes Rohr, das einen pyrotechnische(n) Satz (Sätze) und inerte Gegenstände (z. B. Konfetti / Streamer) enthält, die aus dem Gegenstand geschossen werden.

Hauptwirkung: sofortiger Ausstoss von chemisch inaktivem Papier oder Unterhaltungseffekten. Kann Geräusche und/oder Rauch erzeugen.

Konfetti, Flitter: diverse Formen und Farben, aus schwer entflammaren Papier / Metallfolie
 Streamer: Luftschlangen

Es gibt sie in verschiedenen Grössen und mit diversen Inhalten. Wichtig ist zu beachten, um Abfärben auf Kleidung und Mobiliar vorzubeugen muss das Füllmaterial flammensicher, sowie wasserfest bzw. farbecht sein. In grosser Höhe gezündet, erhält man einen lang anhaltenden Effekt.



2.3 Theaterblitz / Bühnenblitz (*Theatrical Flash*)

Beschreibung: Gegenstand, der einen (oder mehrere) pyrotechnische(n) Satz (Sätze) enthält, bei der Effekt sofort auftritt, gerichtet ist und deren Primäreffekt ein Lichtblitz ist.

Hauptwirkung: Unmittelbarer Lichtblitz. Kann von Rauch, Funken, Mikrosterne und einem akustischen Effekt begleitet sein.

Pyrotechnische Blitzeffekte sind seit über 100 Jahren ein klassischer Theatereffekt, z.B. in Zauberszenen, bei Teufelerscheinungen usw. Heute vor allem bei Rockbands und Musikshows beliebt, finden sie vermehrt auch Anwendung in Technik und Notfalltrainings. Wegen der grellen und heissen „Blitzflamme“ müssen ausreichende Sicherheitsabstände zu Personen und leichtentflammaren Materialien eingehalten werden. Empfindliche Böden bedürfen einer schützenden Unterlage. Zusätzlich erzeugt der Theaterblitz einen Rauchpilz.



2.4 Funkenblitz / Bühnenfunkenblitz (*Sparkle Flash*)

Hauptwirkung: Erzeugt einen unmittelbaren Lichtblitz. Kann von Rauch, Funken und einem akustischen Effekt begleitet sein.

Funkenblitze sind den Theaterblitzen ähnlich. Zusätzlich sprühen sie silberne oder goldene Funken. Die Sicherheitsabstände sind deshalb etwas grösser zu wählen als für vergleichbare grosse Theaterblitze. Besonders ist auf Abstand zu leicht entflammaren Oberflächen zu achten, da auch weiter entfernte Materialien und poröse Oberflächen, sowie nicht imprägnierte Stoffe und Kleidung leicht durch Funken entzündet werden können. Die akustische Wirkung (Knall) eines Theater- oder Funkenblitzes kann ebenso wie der Rauchpilz szenisch eingesetzt werden.



2.5 Höhenblitz / Höhenfunkenblitz / Bühnenfunkenblitz (*Airburst*)

Beschreibung: Gegenstand, der pyrotechnische(n) Satz/Sätze enthält, in der Luft aufgehängt ist und eine optische und/oder akustische Wirkung erzeugt.

Hauptwirkung: Erzeugung optischer und/oder akustischer Wirkungen.

Höhenfunkenblitze erzeugen einen Funkenball in diversen Grössen und Farben, begleitet von einem entsprechenden Knall.



2.6 Theaterknall / Knallkörper / Bühnenknall (*Theatrical report*)

Beschreibung: Einzeln abgeklebtes Bauteil, das pyrotechnische(n) Satz/Sätze enthält und dessen Hauptfunktion darin besteht, einen lauten Knall zu erzeugen, wobei nur eine Fläche des Gehäuses in Richtung des Effekts aufbricht/sich öffnet.

Hauptwirkung: Erzeugt einen unmittelbaren Knall mit/oder ohne farbigem Licht und/oder Funken

Hinweis: Bei Knallkörpern ist darauf zu achten, dass eine Zündung in unmittelbarer Nähe von Personen zu Gehörschäden durch den Schalldruck und Augenschäden durch Partikel der Hülse führen kann. Die Zündung sollte daher nur aus sicherer Entfernung oder hinter einer Schutzvorrichtung erfolgen. Mitwirkende sind mit Gehörschutz vor einem Knalltrauma zu schützen, wenn kein genügender „Schallabstand“ gewährleistet ist. Siehe auch Kapitel 06 zur Sicherheit.



2.7 Maroon

Beschreibung: Einzeln abgeklebtes Bauteil, das pyrotechnische(n) Satz/Sätze enthält und dessen Hauptfunktion darin besteht, einen lauten Knall bei vollständiger Zertrümmerung der Umhüllung zu erzeugen.

Hauptwirkung: Erzeugt einen unmittelbaren Knall mit oder ohne farbigem Licht und/oder Funken

Hinweis: Maroon sind sehr laute Knalle! Beachten Sie die Lautstärke und Sicherheitsdistanz!



2.8 Knallfontäne (*Carretilla*)

Beschreibung: Gegenstand, der gepresste(n) oder verdichtete(n) pyrotechnische(n) Satz (Sätze) enthält, auf gerichtete Weise Licht und Funken erzeugt und in der Erzeugung eines Knalls kulminiert.

Hauptwirkung: Erzeugt Licht, Funken und einen Knall. Zum Halten in der Hand nur mit Hilfsmitteln bestimmt.



2.9 Rauchkörper (Smoke device)

Beschreibung: pyrotechnischer Satz, der in einem geeigneten Behälter (z.B. offene Flammenschale) oder in einer vorgefertigten Form oder Kartusche gezündet wird, um Rauch zu erzeugen.

Hauptwirkung: erzeugt Rauch.

Pyrotechnische Rauchentwicklungen auf Bühnen ist meist mit Problemen verbunden, da sie Hustenreiz und andere Irritationen auslösen können. Pyrotechnische Rauchkörper sind in vielen Farben erhältlich. Farbiger Rauch wird durch Farbpigmente erzeugt, die eine starke Verschmutzung hinterlassen! Er wird aus diesem Grund auch bei der Verbrechensbekämpfung (Banknoteneinfärbung) eingesetzt. Zu beachten ist, dass pyrotechnischer Rauch meistens gesundheitsschädlich und/oder ätzend ist und nur im Freien eingesetzt werden sollte. Es ist daher empfohlen, Raucheffekte mit Nebelgeräten zu erzeugen.

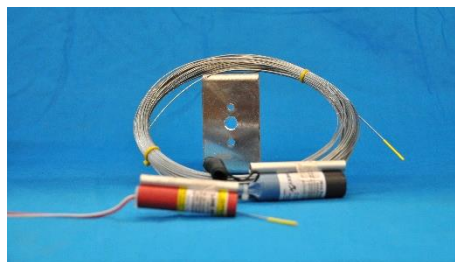


2.10 Schnurraketen, Seilraketen (Line Rocket)

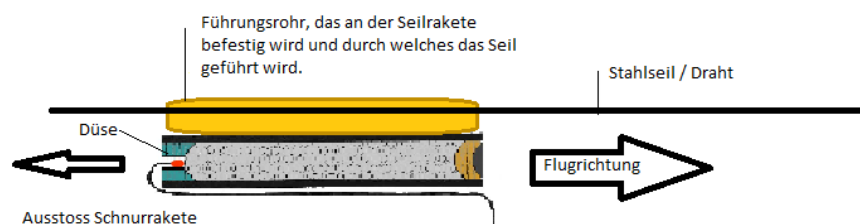
Beschreibung: Gegenstand, der pyrotechnische(n) Satz (Sätze) enthält und zur Befestigung an einem Führungsdraht bestimmt ist und über einen gesteuerten Verlauf verfügt.

Hauptwirkung: Sendet Licht und/oder akustische Effekte und/oder Funken und/oder farbigen Rauch aus, während die Rakete an einem Draht entlang vorwärts getrieben wird.

Seilraketen überraschen die Zuschauer mit ihrem heulenden und funkensprühenden Flug durch den Raum. Kombiniert mit einem Funken- oder Theaterblitz am „Einschlagpunkt“ erzielt man eine akustisch wie optisch starke Wirkung. Die Seilrakete wird auf einem Drahtseil aufgehängt, woran sie sich entlang bewegt. Siehe auch Kapitel 17 zu Aufbau / Montage / Abbrennen.



Funktionsweise:



2.11 Zweikomponenten-Produkte (*Binary mixture*)

Beschreibung: Getrennte nicht pyrotechnische Sätze, die nach dem Vermengen einen pyrotechnischen Satz bilden.

Hauptwirkung: verschiedenartige Wirkung (Rauch, Knall, Licht, Feuer, Funken u.a.) Wie ihr Name verrät setzen sich Zweikomponenten-Produkte aus zwei Bestandteilen zusammen. Die A-Komponente besteht aus einem Oxidationsmittel, zum Beispiel Nitrat oder Chlorat. Die B-Komponente ist ein Metallpulver aus Aluminium, Magnesium, Titan oder anderes.

Als separate Komponenten gehören sie zur Gefahrgutklasse 4.1. Vermengt werden sie der Gefahrgutklasse 1 und den pyrotechnischen Gegenständen zu gewerblichen Zwecken der Kategorie T2 zugeteilt.

Da Zweikomponenten-Produkte verwendungsspezifisch eigenhändig dosiert und gemischt werden, bedarf es der Kompetenz des Fachmanns. Weshalb sie auch nur für Inhaber eines Fähigkeitsausweises erhältlich sind. Im Umgang mit den Produkten ist zwingend, diese nur gemäss Gebrauchsanweisung zu verwenden. Es sind die dafür gedachten Original Abschussvorrichtungen (besonders bei Knallsätzen) zu benutzen, sowie die entsprechenden Zünder.

Der Pyrotechniker, der quasi in Eigenregie den Zündsatz herstellt, trägt dann die gesamte Verantwortung für den Effekt und mögliche Risiken. Heute ist das Produktsortiment jedoch dermassen gross und die meisten Effekte sind praktisch in jeder Grösse und fixfertig „ab Regal“ erhältlich. Man kann sich Aufwand ersparen, das Mischverhältnis ist genauer, und der Effekt somit kontrollierter/sicherer.

Zweikomponenten-Produkte sind heutzutage nicht mehr stark verbreitet.

2.12 Einschusssimulator / Filmeffektzünder (*Squibs, Marrons*)

Beschreibung: Gegenstand, der pyrotechnische(n) Satz (Sätze) enthält und hauptsächlich dazu bestimmt ist, inertes Material auseinanderzureissen, um ein Geschoss / eine Durchschusswunde nachzuahmen.

Hauptwirkung: Erzeugt den Ausbruch von Rauch, Flammen oder Funken aus einer punktförmigen Quelle.

Die Anwendungen von Squibs und anderen filmpyrotechnischen Effekten müssen in zusätzlichen spezialisierten Ausbildungen im Ausland erlernt werden.

In der Schweiz fallen die Film Squibs in die **P2-Kategorie**. Sie sind in jedem Fall nur von Fachleuten zu gebrauchen. Es handelt sich dabei um spezielle, in unterschiedlichen Stärken geladene Anordnungen von kleinen elektrischen Anzündern, die einen mit wenigen Milligramm bemessenen Satz von Initialsprengstoffen enthalten. Bei unsachgemässer Handhabung können grosse Schäden entstehen und ernsthafte Verletzungen verursacht werden.

Es wird unterschieden zwischen Squibs, welche hauptsächlich zur Simulation von Einschusseffekten (auf Mensch und an Objekten) eingesetzt werden und Maroons, welche als Explosionssimulatoren verwendet werden. Die Vielfalt der Effektmöglichkeiten ist breit und je nach gewünschtem Effekt von klein bis sehr gross eingesetzt.



2.13 Diverse Effekte

Alle Hersteller führen in ihrem Sortiment auch spezielle Effekte wie Kurzschlussimulationen und anderes auf. Allgemein gilt auch hier, die Sicherheitshinweise der Hersteller zu beachten und befolgen.

Die Vielfalt an Effekten ist gross und variieren je nach Hersteller.

Einsatzmöglichkeiten und Grösse der Veranstaltungsstätte sind immer zu berücksichtigen, wenn Effekte ausgewählt werden.

12 BF

Alternative Produkte / Offenes Feuer



Inhaltsverzeichnis

Alternative Produkte / offenes Feuer

1	Einleitung.....	2
2	Allgemeine Informationen zum Umgang mit Gefahrstoffen	2
2.1	Gefahrensymbole nach GHS	2
2.2	Sicherheitsdatenblatt	3
2.3	Chemisch-physikalische Eigenschaften	4
2.3.1	Flammpunkt	4
2.3.2	Brennpunkt.....	4
2.3.3	Zündpunkt.....	4
2.3.4	Dampfdruck.....	4
2.3.5	Explosionsgrenzen.....	5
2.4	Gefahrenkommunikation.....	5
2.5	STOP-Prinzip.....	6
2.6	Hinweis zum Einsatz von Gefahrstoffen auf Bühnen und Szenenflächen	7
2.7	Lagerung	7
3	Offenes Feuer	8
3.1	Einsatz von brennbaren Flüssigkeiten	8
3.2	Fluide.....	8
3.3	Brandpasten und Brandgels	9
3.3.1	Brandpasten.....	9
3.3.2	Brandgels.....	9
3.4	Farbiges Feuer	9
3.5	Trärgewebe	10
3.5.1	Beispiel: Feuerherz	12
3.5.2	Anwendungsbeispiel Flammen.....	13
4	Lycopodium.....	13
4.1	Lycofackel / Lycopumpe	14
4.2	Lycopodiummörser / Feuerballprojektor	15
4.3	Flame Pot	15
5	Nitrocellulose / NC-produkte	15
5.1	Pyrowatte	16
5.2	Pyroschnur	17
5.3	Pyrochips / Pyroflocken	18
5.4	Pyropapier	18
5.5	NC-Pulver.....	19
6	Theaterfeuer (Bengalfeuer, Prometheusfeuer).....	19
7	Nebel und Rauch	20
8	Flammhemmende Imprägnierungsmittel.....	22

1 Einleitung

Die Kreativität in der Pyrotechnik kann mit den Produkten aus dem Kapitel Alternative Produkte gut beschrieben werden.

Es gibt eine breite Angebotspalette an alternativen Produkten auf dem Markt, von der jede seine spezifischen Eigenschaften und Anwendungen aufweist.

Der Konstruktion und dem Erstellen von Installationen sind mit Fachkenntnis und Sicherheitsbewusstsein zu begegnen. „Selber Basteln“ birgt oft unerwartete Gefahren. Zudem muss der Pyrotechniker die Produkthaftpflicht für seine Basteleien übernehmen, was im Schadenfall teuer werden kann. Es gibt jedoch Anwendungssituationen, die eine spezielle Konstruktion erfordern oder der Kundenwunsch und die Umgebung erfordern eine angepasste Lösung.

Es gilt der Grundsatz: Sicherheit kommt vor der Show!

Die kreative Inszenierung erlaubt ein hohes Mass an Gestaltungsraum und Faszination mit alternativen Produkten und offenem Feuer.

2 Allgemeine Informationen zum Umgang mit Gefahrstoffen

2.1 Gefahrensymbole nach GHS

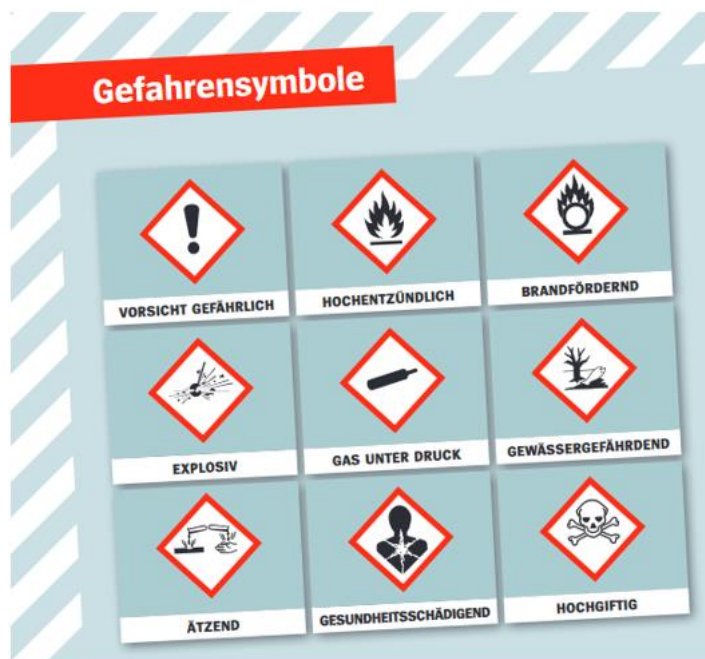
Die **Gefahrensymbole nach GHS** (engl.: Globally Harmonized System of Classification, Labeling and Packaging of Chemicals) geben Auskunft über die Gefährlichkeit eines Stoffes.

Übersicht über die Gefahrensymbole nach GHS

Beachten Sie die Gefahrensymbole beim Umgang mit gefährlichen Stoffen. Sie informieren über die Handhabung eines Stoffes.

→ Siehe Anhang 1 für eine Übersichtsliste.

Quelle: www.cheminfo.ch
(Eine Kampagne des Bundesamtes für Gesundheit BAG)



2.2 Sicherheitsdatenblatt

Das **Sicherheitsdatenblatt** (SDB oder MSDS = material data safety sheet) soll den Verwendern von gefährlichen Chemikalien die für den sicheren Umgang erforderlichen Informationen über chemisch-physikalische Eigenschaften, Toxizität und Umweltgefährdung sowie die Angaben über erforderliche Schutzmassnahmen liefern. Verantwortliche für die Erstellung des Sicherheitsdatenblattes ist der Hersteller des Produktes.

Die Form des Sicherheitsdatenblattes und die erforderlichen Angaben sind im Anhang II der Verordnung (EG) 1907/2006 (REACH) gemäss Fassung der VO (EU) 2020/878 aufgeführt¹.

Es handelt sich um 16 Punkte mit Angaben zum Produkt, den potenziellen Gefahren, Massnahmen in Schadenfällen bzw. zu deren Verhinderung. Ausserdem müssen die anzuwendenden gesetzlichen Vorschriften (z.B. Einstufung) aufgeführt werden.

1	Bezeichnung des Stoffs/Gemisch und des Unternehmens	9	Physikalische und chemische Eigenschaften
2	Mögliche Gefahren	10	Stabilität und Reaktivität
3	Zusammensetzung/Angaben zu den Bestandteilen	11	Toxikologische Angaben
4	Erste – Hilfe – Massnahmen	12	Umweltbezogene Angaben
5	Massnahmen zur Brandbekämpfung	13	Hinweise zur Entsorgung
6	Massnahmen bei unbeabsichtigter Freisetzung	14	Angaben zum Transport
7	Handhabung und Lagerung	15	Rechtsvorschriften
8	Begrenzung der Exposition/persönliche Schutzausrüstung	16	Sonstige Angaben

→ siehe Anhang 2 für Erläuterungen und Beispiele zum Sicherheitsdatenblatt

Beim Umgang mit Chemikalien sind die Angaben im Sicherheitsdatenblatt zu berücksichtigen. Jeder Person, welche beruflich oder gewerbsmässig mit gefährlichen Stoffen und Zubereitungen umgeht, muss spätestens mit der ersten Lieferung ein Sicherheitsdatenblatt übermittelt werden (bei nicht gefährlichen Zubereitungen auf Anfrage). Im Detailhandel, wie einer Drogerie, einem Hobbymarkt oder anderen Geschäften, muss das Sicherheitsdatenblatt einem beruflichen Verwender auf Verlangen abgegeben bzw. übermittelt werden.

Berufliche und gewerbliche Verwender von Chemikalien müssen das Sicherheitsdatenblatt **aufbewahren**, solange im Betrieb mit dem entsprechenden Produkt umgegangen wird.

¹ SDB, die nach früherem Recht erstellt wurden, müssen bis 31.12.2022 entsprechend überarbeitet werden

2.3 Chemisch-physikalische Eigenschaften

Werden Gefahrstoffe eingesetzt, so hat sich der Anwender über die gefährlichen Eigenschaften der Stoffe und Zubereitungen zu informieren.

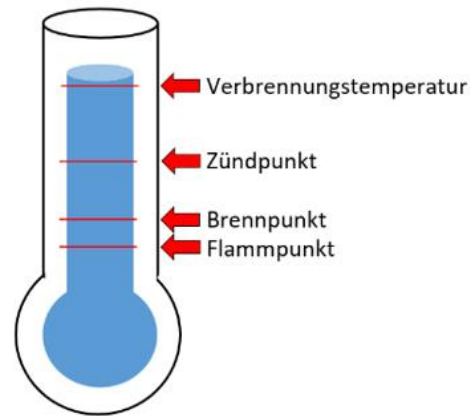
2.3.1 Flammpunkt

Der **Flammpunkt** ist die niedrigste Temperatur, bei der eine Flüssigkeit unter genormten Bedingungen Dämpfe in solcher Menge entwickeln, dass über dem Flüssigkeitsspiegel ein durch Fremdentzündung entzündbares Dampf/Luft-Gemisch entsteht. Da die dabei entstehende Verbrennungswärme nicht ausreicht, um die Flüssigkeit bis zum Erreichen des Brennpunktes zu erwärmen, kommt die Verbrennung am Flammpunkt wieder zum Erliegen, auch wenn die Zündquelle nicht entfernt wird. Die aus dem Stoff nachströmende Dampfmenge ist ebenfalls nicht gross genug, um eine dauerhafte Verbrennung zu ermöglichen.

Der Flammpunkt hat gegenüber dem Brennpunkt unter Sicherheitsaspekten eine weitaus grössere Bedeutung, da mit ihm die niedrigste Temperatur definiert ist bei der bereits eine Entzündung von explosionsfähigen Gas-/Luft-Gemischen möglich wird.

Eine brennbare Flüssigkeit mit einem Flammpunkt, der im Bereich oder unterhalb der Normaltemperatur von etwa 20 °C liegt, ist am gefährlichsten, weil sie jederzeit ohne weitere Wärmezufuhr schon mit einem Funken gezündet werden kann.

Bei brennbaren Flüssigkeiten, die wasserlöslich sind (z.B. Alkohol), ist der Flammpunkt abhängig von der Konzentration der Flüssigkeit. Das Verdünnen mit Wasser führt zur Heraufsetzung des Flammpunktes.



2.3.2 Brennpunkt

Bei gleichem Gasdruck liegt wenige Grad über dem Flammpunkt der **Brennpunkt**. Ab dieser Temperatur ist eine dauerhafte Verbrennung auch nach Entfernen der Zündquelle möglich, denn die Stoffoberfläche liefert dann brennbare Dämpfe in ausreichender Menge nach.

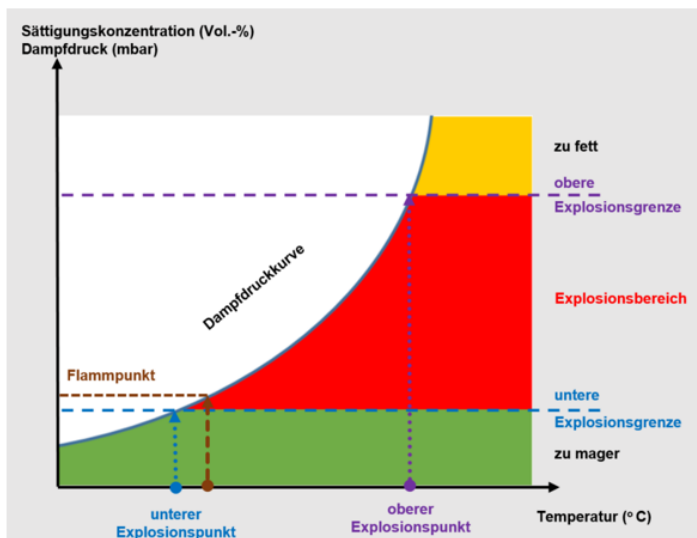
2.3.3 Zündpunkt

Der **Zündpunkt** (auch Zündtemperatur, Selbstentzündungstemperatur, Entzündungstemperatur oder Entzündungspunkt) definiert die Temperatur, auf die man einen Stoff oder eine Kontaktoberfläche erhitzen muss, damit sich eine brennbare Substanz (Feststoffe, Flüssigkeiten, deren Dämpfe oder Gas) in Gegenwart von Luft ausschliesslich aufgrund ihrer Temperatur selbst – also ohne Zündquelle wie einen Zündfunken - entzündet.

2.3.4 Dampfdruck

Befindet sich eine Flüssigkeit in einem geschlossenen Gefäss, bildet sich zwischen der flüssigen Phase und der Menge an Flüssigkeitsdampf, der sich im Gasraum über dem Flüssigkeitsspiegel befindet, ein Gleichgewicht aus. Der Dampfdruck nimmt mit steigender Temperatur zu und ist abhängig vom vorliegenden Stoff bzw. Gemisch. Ist in einem offenen System der Dampfdruck einer Flüssigkeit gleich dem Umgebungsdruck, so beginnt die Flüssigkeit zu sied.

2.3.5 Explosionsgrenzen



Gemische aus brennbaren Gasen, Dämpfen oder Stäuben mit Sauerstoff oder Luft sind innerhalb bestimmter Mischungsverhältnisse explosionsfähig. Es gibt deshalb für diese explosionsfähigen Gemische eine obere **Explosionsgrenze** (OEG) und eine untere **Explosionsgrenze** (UEG).

Die Explosionsgrenzen sind temperatur- und druckabhängig. Man bezeichnet den Bereich unterhalb der unteren Explosionsgrenze auch als mageres Gemisch und den Bereich oberhalb der oberen Explosionsgrenze als fettes Gemisch.

Dabei kann ein fettes Gemisch unter weiterer Luftzufuhr verbrennen, es kommt jedoch zu keiner Explosion. Ein mageres Gemisch kann jedoch nicht zünden.

2.4 Gefahrenkommunikation

Um die Gefahren, die von chemischen Produkten ausgehen können, zu ermitteln, wird ein System der Gefahrenkommunikation verwendet:

- Dieses umfasst einerseits die **Gefahrenpiktogramme**, die dazu gehörenden Gefahren- und Sicherheitshinweise und das Signalwort, die direkt auf der Produktetikette ersichtlich sind, und



Quelle: www.CHEMINFO.ch

- andererseits das **Sicherheitsdatenblatt** mit detaillierten Angaben zum Produkt, damit die berufliche Verwenderin geeignete Schutzmassnahmen im Berufsalltag treffen kann.

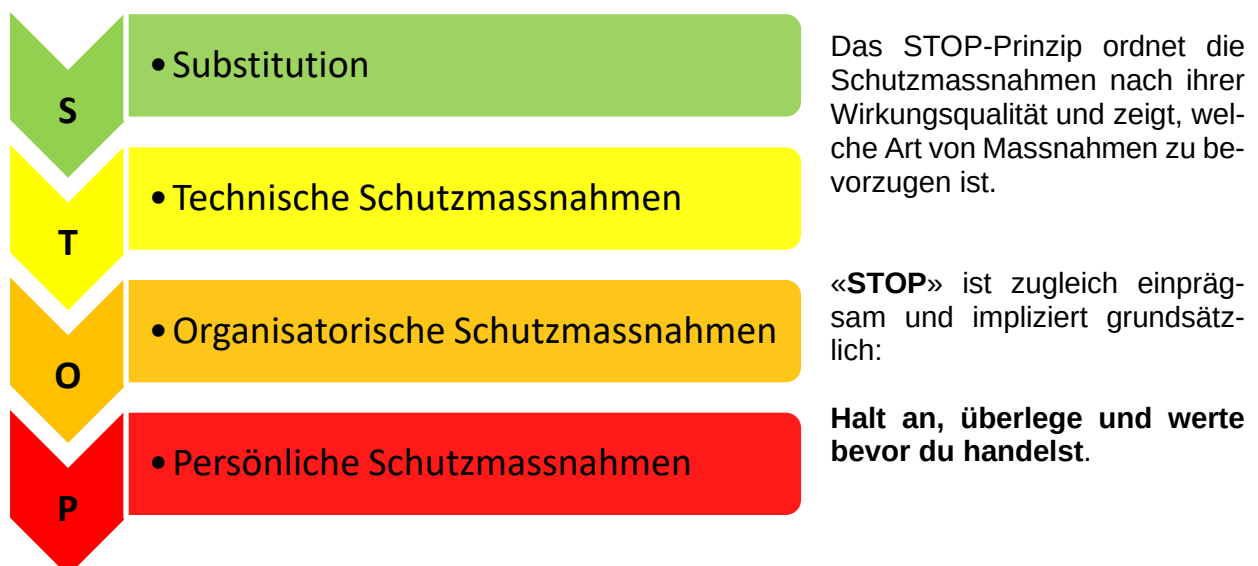
	Hersteller	Kommunikationsmittel		Verwender
				
Gefahren-kommunikation	Gefahrenermittlung Deklaration von möglichen Gefahren und nötigen Sicherheitsmassnahmen	Kennzeichnung auf Produkt • Gefahrensymbol • Signalwort • Gefahrenhinweis (H-Sätze) • Sicherheitshinweis (P-Sätze)	Sicherheitsdatenblatt Detaillierte Angaben zum Produkt sowie umfassende Angaben zu möglichen Gefahren und Schutzmassnahmen	Information für die richtige Verwendung, Lagerung und Entsorgung
Sinn der Gefahren-kommunikation	Wahrnehmung der Informationspflicht und der Produktheftung			Wahrnehmung der Selbstverantwortung bezüglich Verwendung und Schutzmassnahmen

2.5 STOP-Prinzip

Der Gesundheits- und der Umweltschutz muss beim Einsatz eines chemischen Produktes im Betrieb gewährleistet sein. Das (S)TOP-Prinzip hilft, die Schutzmassnahmen für die Verwendung eines chemischen Produktes in der richtigen Reihenfolge umzusetzen. Für unvorhergesehene Situationen (z. B. Unfall, Feuer, Störfall) braucht es einen Notfallplan.

Ermitteln Sie mögliche Gefahren und Risiken, bevor das Produkt zum ersten Mal eingesetzt wird.

In der Arbeitssicherheit sind bei der Planung von Massnahmen stets jene Schutzmassnahmen gesucht, welche eine ermittelte Gefährdung am wirkungsvollsten neutralisieren.



2.6 Hinweis zum Einsatz von Gefahrstoffen auf Bühnen und Szenenflächen

Bei der Anwendung von Gefahrstoffen auf Bühnen und Szenenflächen ist zu beachten, dass nicht von Standardbedingungen ausgegangen werden kann.

Oft sind die Bedingungen vor Ort durch die Bühnensituationen verändert und können daher stark variieren. Dieser Tatsache muss Rechnung getragen werden und die jeweilige Situation vor Ort muss berücksichtigt werden. Scheinwerfer, Nebelmaschinen, Lüftungen, Personen und vieles mehr kann eine Bühnensituation massgeblich beeinflussen. Diese variiert auch zwischen der Proben-situation und den tatsächlich herrschenden Bedingungen während der Aufführung.

2.7 Lagerung

Die Lagerung von brennbaren Flüssigkeiten unterliegt diversen rechtlichen Grundlagen (z.B. Chemikalienverordnung, Gewässerschutzverordnung, etc.). Kleine Mengen wie sie in Haushalten verwendet werden sind nicht betroffen. Trotzdem ist es wichtig, dass diese Stoffe gekennzeichnet und in zugelassenen Gebinden gelagert werden. Auch die Transportbehälter dieser Stoffe sollen den Gebinden Schutz geben, damit sie nicht beschädigt werden und auslaufen können.

Die Hinweise in Bezug auf Lagerung in der EKAS - Richtlinie Brennbare Flüssigkeiten, die SUVA - Richtlinien und weitere gesetzliche Auflagen sind in jedem Fall einzuhalten.



Brennbare Flüssigkeiten müssen immer in chemisch passenden und korrekt beschrifteten Gebinden transportiert und gelagert werden.

Eine Verwechslung muss ausgeschlossen werden!

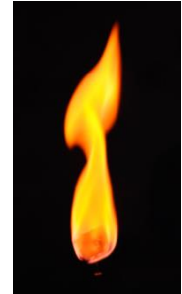
Gegebenenfalls muss ein abschliessbarer Schrank mit Kennzeichnung zur Lagerung aufgestellt werden.

3 Offenes Feuer

3.1 Einsatz von brennbaren Flüssigkeiten

Beim Einsatz von brennbaren Flüssigkeiten gilt es einige grundlegende Punkte zu beachten.

- Ist die Flamme im Publikumsbereich geplant oder auf einer Bühne mit Akteuren oder abseits platziert?
- Wie lange und wie hoch soll die Flamme brennen?
- Ist das Abbrandgefäß für die verwendete brennbare Flüssigkeit geeignet?
- Wie lange vor dem Einsatz muss der Effekt aufgebaut werden?
- Was passiert im Umfeld des aufgebauten Effekts vor und nach der Anzündung?
- Wie viel Erfahrung habe ich im Umgang mit brennbaren Flüssigkeiten auf Szenenflächen?
- usw.



Diese und weitere Fragen müssen vom Pyrotechniker berücksichtigt werden, damit die Inszenierung gelingt und sicher umgesetzt werden kann.

Grundsätzliches Verhalten im Zusammenhang mit brennbaren Flüssigkeiten:

- Nie direkt aus der Flasche in ein brennendes Feuer nachfüllen.
- Nur in kalte Abbrandgefäße einfüllen.
- Niemals offene Gebinde in der Nähe von Zündquellen stehen lassen.

Aufwischen von Petroltropfen auf einem glatten Boden oder das Unterstellen eines Auffanggefäßes.

3.2 Fluide

Oft sind die angebotenen Fluide eine Mischung verschiedener Flüssigkeiten und weisen individuelle Eigenschaften auf. Viele handelsübliche Produkte sind aus verschiedenen Gründen für den pyrotechnischen Einsatz nicht zu gebrauchen. Je nach Anwendungszweck kommen verschiedene Fluide zum Einsatz:

- benzin- und petrolartige Kohlenwasserstoffe
- gereinigte Kohlenwasserstoffe
- Alkohole (Ethanol, Isopropanol (IPA))



Für eine pyrotechnische Verwendung empfiehlt es sich die Produkte zu verwenden, welche dafür entwickelt wurden und im Fachhandel angeboten werden.

Für Feuer im Innenbereich kommen nur raucharme Fluide in Frage. Grundsätzlich kann man folgern, je ölhaltiger ein Fluid ist umso mehr Rauch entwickelt es beim Abbrand.

Fluide dürfen auf Szenenflächen nie als reine Brennflüssigkeit angewendet werden. Sie werden immer zusammen mit einem Trägermaterial benutzt.

Vor einem Einsatz muss die geplante Anwendung erprobt werden, um Erfahrung zu sammeln mit der entsprechenden Inszenierung.



Man muss die eingesetzten Fluide und Materialien kennen, um einen sicheren und beabsichtigten Einsatz zu gewährleisten. Beachten Sie dazu auch die AVOR-Hinweise in Kapitel 14.

3.3 Brandpasten und Brandgels

Für Feuerdarstellungen auf Szenenflächen kommen oft Brandpasten und -gels zur Anwendung. Brandpasten und Brandgels sind eingedickte brennbare Flüssigkeiten. Je nach Mischverhältnis weisen sie eine andere Konsistenz auf. Brandpasten und -gels sind brennbaren Flüssigkeiten aus Sicherheitsgründen vorzuziehen, da sie aufgrund ihrer Eigenschaften den Abbrand oft sicherer machen.



Brandpasten und -gels haben den Vorteil, dass sie nicht brennend abtropfen. Möchte man beispielsweise einen Fensterrahmen brennend darstellen, kann man das durch Aufstreichen der Masse erreichen. Verdickt man die geleeartige Masse weiter, fängt sie an zu klumpen. Die geleeartigen Massen können durch Zugabe von Lösungsmitteln wieder aufgeweicht werden.

Für den Abbrand wird eine feuerfeste Unterlage benötigt, sei es ein Kanal, eine Schale oder Ähnliches.



3.3.1 Brandpasten

Brandpasten sind in der Konsistenz gallertartig und erzeugen beim Abbrand eine natürliche gelbe Flamme. Brandpasten erzeugen wenig sichtbaren Rauch. Dennoch muss die Rauchentwicklung auch beachtet werden, gerade weil diese nicht so gut sichtbar ist.

Gewisse Lieferanten bieten auch Brandpasten mit farbigen Flammen an. Allerdings brennen jene weniger gut als die gelbflammigen und sind nur in grossen Hallen mit genügender Luftzirkulation einzusetzen.



Brandpasten sind in Abbrandgefässen zu verwenden. Sie hinterlassen nach dem Abbrand Rückstände und bröckeln ab.

3.3.2 Brandgels

Brandgels sind von dünnerer Konsistenz und fließend. Sie erzeugen eine helle gelbe Flamme und sind eher raucharm. Sie eignen sich auch für Feuereffekte auf vertikaler Ebene. Zum Beispiel lassen sich Wände oder Fensterrahmen mit Brandgel in Brand setzen.



Hinweis:

Die im Detailhandel erhältlichen Dekofeuer für Indoor-Cheminées, sowie die Brandpaste für Fondue-rechauds sind zu unterscheiden von Brandgel und Brandpasten aus der pyrotechnischen Produktpalette. Die „Detailhandelsprodukte“ eignen sich aufgrund Ihrer Eigenschaften generell nicht für den pyrotechnischen Einsatz auf Szenenflächen.

3.4 Farbiges Feuer

Methanol oder andere alkoholische Brennfluide können unter Zugabe von Chemikalien eine Flamme einfärben. Dabei werden dieselben Chemikalien verwendet, die auch zur Farbgebung bei der Grossfeuerwerkerei verwendet werden.



Übersicht Chemikalien und farbige Flammen

Barium	Calcium	Kalium	Natrium	Strontium
Metall	Element-symbol	Flammenfarbe	Wellenlänge des ausgesandten Lichts in nm	
Barium	Ba	gelbgrün	524,2/ 513,7	
Caesium	Ce	blauviolett	697,3/ 455,5/ 495,3	
Calcium	Ca	ziegelrot	622,0/ 553,5	
Kalium	K	hellviolett	769,9/ 766,5/ 404,5	
Kupfer	Cu	grün	515,3/ 510,5	
Lithium	Li	karminrot	670,8	
Natrium	Na	gelb	589,3	
Rubidium	Rb	rotviolett	780,0/ 421,6	
Strontium	Sr	rot	605,0/ 460,8	

Farbige Fluide können einsatzfertig gekauft werden. Sie verdunsten relativ schnell und haben daher spezifische Anwendungscharakteristika. Farbige Flammen sind aufgrund der Beimischung von Chemikalien und ihrer Verpuffungsgefahr nur in grossen Räumen mit guter Durchlüftung zu verwenden.



3.5 Trägergewebe

Um Fluide sicher zu handhaben verwendet man Trägergewebe, das mit dem Fluid getränkt wird. Es ist darauf zu achten, dass niemals mehr Fluid aufgeträufelt wird, als das Trägergewebe aufnehmen kann. Um dafür ein Gefühl zu entwickeln, misst man die verwendete Menge ab und

hält das Gefäß mit dem Trägergewebe schräg. In diesem Zustand darf kein Fluid heruntertropfen. Als Trägergewebe eignen sich keramische Wollen ideal. Sie halten auch sehr hohe Temperaturen aus.

Trägergewebe dienen als Docht und sollen selber nicht brennen, jedoch brennbare Flüssigkeiten aufnehmen können. Meist handelt es sich um Steinwolle, Aramidfasern, Glasfaserwolle, Glaswolle oder Keramikplatten.



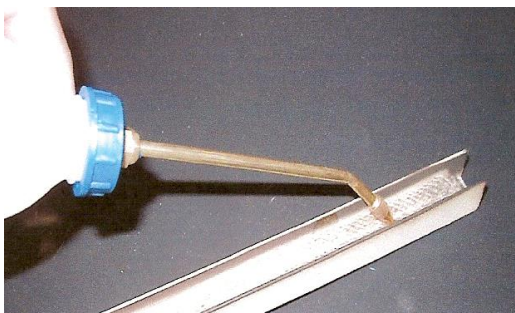
Trägergewebe ist in verschiedenen Stärken und Materialisationen verfügbar



Teilweise ist Trägergewebe zur Stabilisierung mit Metallgewebe umspinnen oder Metallgewebe ist eingearbeitet.



Kevlarseil mit Chromstahldraht an Chromstahlprofil befestigt



Beim Tränken von Saugmaterialien mit brennbaren Flüssigkeiten keine offenen Fläschchen verwenden.

3.5.1 Beispiel: Feuerherz

An einem herzförmigen Metallträger wird eine Keramikfaserschnur mit Draht befestigt.



Nach dem Tränken der Schnur wird diese mit einem langen Anzünder entfacht.



Nach dem Anzünden brennt die Keramikfaserschnur je nach Flüssigkeit bläulich oder kräftig gelb-orange oder auch in einem in Rot, Blau oder Grün.



Je nach Brennflüssigkeit mit heftiger Flamme oder ruhiger, rauchend oder nicht rauchend.



Trärgewebe müssen immer fest mit dem Requisit verbunden sein. Zum Beispiel durch geschraubte Blechstreifen oder Drahtverbindungen.

3.5.2 Anwendungsbeispiel Flammen

Während Fackeln im Aussenbereich gut mit Petrol / Lampenöl betrieben werden können, benötigt es in Innenräumen aufgrund der Rauchentwicklung meist eine weniger stark rauchende Flammenquelle.

Eine Möglichkeit, um ein offenes Feuer in Innenräumen zu erzeugen, ist Steinwolle in ein metallisches Gefäss einzulegen und dann mit Isopropylalkohol (IPA) zu tränken. Beim Tränken darauf achten, dass nicht mehr Flüssigkeit zugegeben wird, als vom Trägermaterial aufgenommen werden kann, ohne auszulaufen. Es ist auch immer zu berücksichtigen, dass sich die Metallteile der Gefässe, wenn sie in die Flammen ragen, sehr stark erhitzen können. Dies kann sogar nach dem Löschen der Flammen zu einer Rückzündung führen. Die Flüssigkeit selber darf nie vorher erhitzt werden.

Die Wahl des Abbrandgefässes muss stabil und standsicher gewählt werden, um ein Umkippen und eine Gefährdung der Umgebung zu verhindern. Es dürfen niemals lose Fluids auf Szenenflächen verwendet werden, da die Gefahr des Verschüttens unbedingt zu vermeiden ist.

Beim Anzünden an die Verdunstung des IPA denken. An warmen Tagen verstärkt sich Verdunstung und die Gefahr der Verpuffung. Beim Umfüllen unbedingt offene Gefässe benutzen! Bei geschlossenen Gebinden besteht Explosionsgefahr.



4 Lycopodium

Das Lycopodiumpulver besteht aus den Sporen der Pflanze *Lycopodium clavatum*, einem Bärlappgewächs, welches auf der ganzen Welt in diversen Arten wächst.

Es wird auch Hexenmehl, Hexenpulver, Schlangenmoos, Waldstaub, Bärlappsporen, Alpenmehl, Erdschwefel, Blitzpulver, Drudenkraut oder Teufelsklaue genannt.

Es ist stark wasserabweisend (hydrophob), weshalb es für diverse technische Anwendungen eingesetzt wird, z. B. in der Kosmetikindustrie als Trennmittel zur Pillenherstellung oder zur Sichtbarmachung von Fingerabdrücken in der Forensik. Lycopodium wird ebenso in der Homöopathie angewendet.



Lycopodium Pulver



Lycopodium Clavatum / Farngewächs

Die Sporenkapseln des Bärlapps sind sehr ölhaltig (ca. 50%). Heute findet das Pulver vor allem bei Feuerspuckern und zur Erzeugung von Explosions- und Feuereffekten im Show- und Filmbereich Verwendung.

Im Mittelalter waren Bärlappsporen fester Bestandteil magischer Rituale und Zauberei. Schon damals wusste man um die helle Stichflamme, die entsteht, wenn man Lycopodium in eine Feuerquelle wirft.

Lycopodium ist ein sehr feines Pulver, das einen hohen Fließkoeffizient aufweist. Es brennt selber nicht, jedoch leitet es eine Staubexplosion weiter, wenn es in der Luft zerstäubt wird. Dazu benötigt es einen Zündfunken.

Einen starken Flammeneffekt erreicht man, indem man das Pulver zunächst fein zerstäubt und dann entzündet (sogenannte Staubexplosion). Eine Verwirbelung der Staubpartikel in der Luft ermöglicht es, dass die Flamme sich schlagartig ausbreitet.



4.1 Lycofackel / Lycopumpe

Mithilfe eines Röhrchens oder einer Pumpe kann Lycopodium in eine Flamme geblasen werden, was eine Flamme erzeugt. Je mehr Lycopodium in die Flamme geblasen wird, desto grösser wird der Feuerball. Die Flamme breitet sich explosionsartig aus.

Mit einer Lyco-Fackel wird das Lycopodium aus einem Rohr geschleudert und an einer Pilot-Flamme am Ende der Austrittsöffnung entzündet.

Obwohl Lycopodium mit NC-Produkten zusammen oft als „kaltes Feuer“ bezeichnet wird entspricht dies in keinsten Weise den physikalischen Tatsachen, denn die Flamme erzeugt eine grosse Hitzeentwicklung.

Feuerspucker verwenden Lycopodium ebenfalls zum Feuerspucken, da es die Gesundheit weniger stark belastet als Flüssigkeiten zum Feuerspucken.



4.2 Lycopodiummörser / Feuerballprojektor

Der Aufbau eines Lycopodiummörser besteht aus drei Elementen:

1. Abschussbehälter, welches das Lycopodium hält
2. der pyrotechnischen Zündkapsel mit Treibladung (z.B. Theater-Blitz, Funkenblitz)
3. dem Flammepulver (Lycopodium)

Der Effekt wird durch die Zerstäubung und Zündung des Flammepulvers aus der Abschussvorrichtung erzeugt.

Lycopodiummörser gibt es in diversen Grössen, wobei die Treibladung entsprechend grösser sein muss, wenn mehr Lycopodium gezündet wird. Dies hat auch einen Einfluss auf die Grösse der entstehenden Flamme.



Lycopodium Flamme



Lycopodiummörser



4.3 Flame Pot

Der Flame-Pot ist eine Blechbüchse mit einem arretierbaren Deckel. Im Deckel befinden sich Löcher, aus denen das aufgewirbelte Lycopodium austreten kann.

Im Inneren des Topfes befindet sich, ein am Boden gebogenes Mischrohr. Aussenseitig wird ein Schlauch an eine Pressluftleitung angeschlossen. Tritt dann die Luft am Boden des Flame-Pots aus, so wird das Lycopodium durcheinandergewirbelt und tritt bei den Löchern oben aus.

Im Zentrum des Topfdeckels ist ein Töpfchen, in das Brandmasse gestrichen wird. Das ausströmende Lycopodium entzündet sich an der brennenden Masse und es wird ein Flammenball sichtbar.

Diese Methode, um Feuereffekte zu erzeugen, ist ein feststoffbetriebener Flammenprojektor.



5 Nitrocellulose / NC-produkte

Viele Zauberkünstler, Artisten, Film- und Fernsehproduktionen bedienen sich der Nitrocellulose für die Darstellung magischer Feuer-Effekte. Sie ist deshalb beliebt, weil sie blitzartig und rückstandslos verbrennt, mit kurzer Flammenentwicklung und relativ geringer Temperatur. Nitrocellulose ist ein Salpetersäureester aus Cellulose, der unter verschiedenen Namen im Handel erhältlich ist. z.B. als Collodiumwolle, Cellulosenitrat oder Schiessbaumwolle.

Die so genannte Schiessbaumwolle oder Blitzwatte wurde im 19. Jahrhundert entdeckt. Sie wird hergestellt durch Nitrierung (mittels einem Gemisch aus Salpeter- und Schwefelsäure) einer organischen Substanz (Cellulose, Papier, Baumwolle). Dem organischen Molekül wird eine Stickstoffverbindung (Nitrogruppe NO₂) eingefügt, wodurch es sehr reaktiv wird.

Je nach Stickstoffgehalt des Cellulosenitrats ist letzteres unterschiedlich leicht entzündbar. Es reicht ein Schlag, eine statische Entladung oder rasches Erhitzen, um es zu entzünden. Aufgrund des hohen eigenen Sauerstoffgehaltes brennt es unabhängig von Luftzufuhr und kann nur schwer mit viel Wasser gelöscht werden. Hochnitriert ($\geq 13\%$) gilt sie als Sprengstoff und ist nur mit einem Sprengausweis erhältlich. Niedrignitriert kann sie als pyrotechnisches Produkt im Indoorbereich angewendet werden.

Beim Umgang mit diesen Materialien sind Sicherheitsbestimmungen zu beachten, da sie erstens rasch an- und verbrennen und zweitens in verdämmter Anordnung einen sehr kräftigen Druck erzeugen.

Da Nitrocellulose leicht entflammbar ist, muss man bei der Lagerung besondere Vorsicht walten lassen. NC-Produkte werden immer feucht (in Wasser oder Alkohol getränkt) geliefert. Auf diese Weise können sie sich nicht unkontrolliert selber entzünden. NC in dieser Form wird der Gefahrengutklasse 1.4 zugeordnet. Im feuchten Zustand ist sie bei kühler Lagerung über drei bis sechs Monate haltbar. Im Kühlschrank jedoch nicht mit Lebensmitteln zusammen aufbewahren. Vorsicht bei aufgeblähten Verpackungen! Darin können sich braune Dämpfe (nitrose Gase, Stickstoffoxide) bilden, die beim Einatmen gesundheitsschädigend sind. Solche Packungen sind umgehend zu vernichten.

Zur Verlängerung der Aufbewahrung ist es möglich, die Produkte erst zu trocknen und anschließend mit destilliertem Wasser zu befeuchten. In trockenem Zustand lässt sich Nitrocellulose theoretisch beliebig lang lagern. Als Behältnisse empfohlen sind Kartonschachteln mit Stülpedeckel oder Plastikbehälter mit Luftzufuhr. Auf keinen Fall Metallgefässe dafür verwenden, da das Risiko einer chemischen Reaktion besteht! In trockenem Zustand ist Nitrocellulose extrem leicht entzündbar und hat die Gefahrengutklasse 1.1D.

Folgende Artikel gehören zu den Nitrocellulose-Erzeugnissen:

- Pyrowatte / Schiessbaumwolle / Blitzwatte (Stickstoffgehalt $> 12.75\%$)
- Kollodiumwolle (Stickstoffgehalt $< 12.75\%$)
- Pyrofaden / Pyroschnur
- Pyropapier
- Pyroflocken / Pyrochips
- Pyrokleber
- NC-Pulver

Nitrocelluloseprodukte müssen vor dem Gebrauch getrocknet werden und können sich ab 180°C selbst entzünden. Daher sollten immer nur geringe Mengen getrocknet werden und zur Lagerung wieder mit destilliertem Wasser befeuchtet und luftdicht verpackt werden. Aus diesem Grund dürfen sie nur in Kleinstmengen trocken aufbewahrt werden.

In trockenem Zustand hoch entzündlich!

5.1 Pyrowatte

(Cellulosenitratwatte / Zündwolle / Nitrowatte / Schiessbaumwolle)

Pyrowatte fühlt sich an wie normale Watte und ist in weisser und schwarzer Farbe erhältlich. Sie wird für kurzzeitige Feuereffekte eingesetzt und verbrennt rasch, ohne glimmende Rückstände zu hinterlassen mit heller, gelb leuchtender Flamme. In Verbindung mit Funkenpulvern lassen sich zusätzliche Effekte erzeugen.

Je stärker die Watte zusammengepresst wird, desto langsamer brennt sie ab (weniger Sauerstoff für die Verbrennung).

Anwendungen

Pyrowatte kann man vielseitig einsetzen z. B. in Feuerschalen, im Blitzzauberstab, im Handflasher, für rauchfreie Blitze auf kleinen Bühnen, kurze Fontänen und ebenso für Blitze und Flammeffekte aus der freien Hand. Tischbomben sind auch mit Pyrowatte geladen.

**5.2 Pyroschnur**

Pyroschnur ist ein nitrierter Baumwollfaden in einer Stärke von 2-4 mm. Die Pyroschnur kann hängend unten angezündet werden und brennt sehr rasch ab. Wird sie auf einer Unterlage abgebrannt dauert der Verbrennungsvorgang wesentlich länger.

Anwendungen

Pyroschnur eignet sich zur Darstellung von laufenden Flammen, z.B. entlang einer Kante von Requisiten, Schirmen oder Schwertern. Durch das Zünden und nachfolgende Abbrennen können auch Befestigungen, die von der Pyroschnur gehalten werden, weggebrannt werden. Pyroschnur wird im Indoorbereich auch als Anzündschnur verwendet, z.B. um Eisfontänen zu verbinden.



5.3 Pyrochips / Pyroflocken

Pyrochips und -flocken sind in unterschiedlicher Körnung erhältlich. Sie können relativ grobkörnig, aber auch sehr feinkörnig, beinahe in Pulverform daherkommen.

Anwendungen

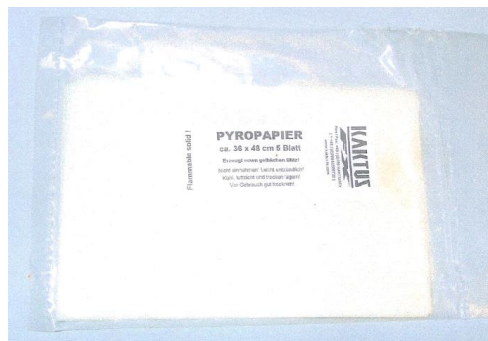
Pyrochips sind eigentlich ein Trockenbrennstoff. Somit können sie viele Einsatzbereiche von Brennfluids, Brennpasten oder Brandgels ersetzen. Dadurch entfallen sämtliche Rauch- und Verdunstungsprobleme. Sie eignen sich daher besonders gut für viele Requisiten und Effekte. Pyrochips brennen mit heller Flamme und wesentlich langsamer als Pyroflocken.

Pyroflocken brennen langsamer als Watte oder Schnur und erzeugen statt eines Blitzes eine kurzburnende, orangefarbene Flamme.



5.4 Pyropapier

Pyropapier wird sowohl zum Aufkleben oder Bespannen als auch zum Bedrucken in allen möglichen Grammaturen (Flächengewichte) angeboten. Im Handel erhältlich sind auch brennbare Geldscheine oder Zeitungen.



5.5 NC-Pulver

NC- Pulver ist ein Pulver, das in unterschiedlichen Körnungen hergestellt wird. Je feiner das Pulver je reaktiver ist es, aufgrund der grösseren Exposition gegenüber dem Luftsauerstoff.

Anwendungen

Offen brennt es langsam ab. Verdämmt ist es sehr explosiv und wird bei der Herstellung von Patronen als Treibladung eingesetzt. Als pyrotechnische Anwendung können Flammensäulen erzeugt werden. Zudem ist es als Bestandteil oder sogar Grundlage des pyrotechnischen Satzes in diversen pyrotechnischen Gegenständen der Bühnenpyrotechnik enthalten.



6 Theaterfeuer (Bengalfeuer, Prometheusfeuer)

Theaterfeuer ist ein loses Pulver, das eine sehr helle Leuchtflamme, ähnlich dem Magnesiumfeuer erzeugt. Es wird zur Erzeugung farbiger bengalischer Flammen (rot grün, gelb orange) im Innenbereich genutzt. Die Brennzeit ist abhängig von der Länge der Pulverspur, welche auf eine feuerfeste Unterlage gelegt werden kann. Theaterfeuer werden der Gefahrentypklasse 1.4G zugeordnet.

Der Effekt besteht darin, eine farbige Flamme mit starker Leuchtkraft zu generieren. Die Flamme selber ist von kleiner Höhe, erzeugt jedoch eine starke Lichtaussendung in der gewählten Farbe.

Die Verwendung erfolgt vorwiegend in dekorativen Abbrennschalen. Gezündet wird mit elektrischen Anzündern. Wichtig ist zu berücksichtigen, dass die Zuschauer nicht direkt vom Feuer geblendet werden. Zur Anzündung reicht ein elektrischer Anzünder nicht aus, dieser muss mit Nitrocellulose oder ähnlichem verstärkt werden.



7 Nebel und Rauch

Nebel und Rauch sind wichtige Spezialeffekte, denn sie erzeugen eine mystische Atmosphäre. Sie sorgen für Lichtbrechungen, so dass bei Scheinwerfern und Lichteffektgeräten nicht nur der Lichtkegel, sondern auch der Lichtstrahl sichtbar ist.



Im täglichen Sprachgebrauch besteht kaum ein Unterschied zwischen **Nebel und Rauch**. Für die Spezialeffekte ist der Unterschied allerdings gravierend.

Rauch resultiert generell aus einem Verbrennungsprozess. **Nebel** ist Flüssigkeit in der Luft.

Rauch ist ein durch Verbrennungsprozesse entstehendes Aerosol in feinstverteilter Form aus Abgasen, Staubpartikeln (Russ, Flugasche, Unverbranntes) und Nebeltröpfchen (Wasser, Öldämpfe, Säuredämpfe). Rauch ist ein Gemisch aus einer festen und einer gasförmigen Phase.

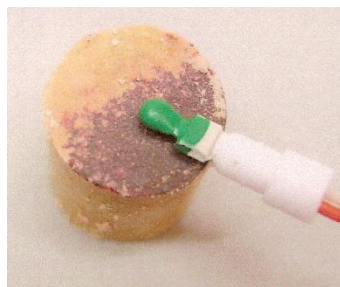
Nebel sind Flüssigkeitströpfchen, die in der Luft (allgemein in einem Gas) verteilt sind. Unter Umständen ist Nebel mit weiteren Partikeln, wie Aerosolen und Pigmenten versehen.

Nebel wird eventtechnisch meist mit Nebelmaschinen erzeugt, indem man Glycerin verdampft. Bodennebel wird mit Trockeneis oder mit gekühltem Rauch aus Nebelmaschinen erzeugt. Umgangssprachlich werden Nebelmaschinen auch Rauchmaschinen genannt, obwohl sie einen Nebel und keinen Rauch erzeugen.

Rauch kann pyrotechnisch durch Rauchtabletten in verschiedenen Grössen, mit und ohne Schnellanzündsatz oder mit Rauchdochten oder Rauchpulver erzeugt werden, die nach dem Anzünden abschwellen.

Rauch steigt grundsätzlich rasch auf und verteilt sich im ganzen Raum und ist mit Geruchsemissionen verbunden.

Rauchtabletten:



Rauchdochte eignen sich für die leichte Raucherzeugung aus Requisiten, Räuchergefässen, Dekorationen etc. Die Rauchmenge entspricht einer dicken Zigarre. Wenn grössere Rauchmengen benötigt werden, kann man mehrere Rauchdochte gleichzeitig verwenden. Sie können durch Erstickern gelöscht und später erneut entzündet werden.



Nebelsalz ist ein Pulver und entwickelt durch Verdampfung bei 340 Grad einen dichten aufsteigenden Nebel. Zum Verdampfen wird das Salz in einem Gefäss erhitzt. Sobald die Verdampfungstemperatur erreicht ist, beginnt das Nebeln.



Rauchpulver wird auf einer feuerfesten Unterlage verbrannt und erzeugt je nach Menge des Pulvers einen entsprechenden Raucheffekt.

In der moderneren Bühnendarstellung bedient man sich heute nur noch bei kleineren Mengen Rauch der Pyrotechnik. Werden grössere Mengen an Rauch benötigt, werden Nebelmaschinen eingesetzt, die mit Flüssigkeiten (sog. Nebelfluids) arbeiten. Spezielle Inszenierungen können auch den Einsatz von pyrotechnisch erzeugtem Rauch erfordern.

Rauchgranaten und Farbrauchkörper in unterschiedlichen Formen und Brenndauern sind für Aussenanwendungen verbreitet und werden auch für technische Zwecke und von Sicherheitsorganisationen eingesetzt.





Rauchpilz



T1 Rauchbatterien

Tagesfeuerwerk mit Rauchbatterien und Farbrauchkörpern werden in der Schweiz nicht verbreitet eingesetzt, aber wirken auch tagsüber unter Situationen mit viel Tageslicht visuell stark.

8 Flammhemmende Imprägnierungsmittel

Wenn pyrotechnische Gegenstände in Dekorationen oder Ähnlichem eingebaut werden, muss man diese Gegenstände unter Umständen flammhemmend imprägnieren. Auch Requisiten die pyrotechnisch ausgerüstet werden und brennbaren Materialien enthalten, müssen mit Flamm-schutzmittel oder feuerfestem Material geschützt werden.

Es sind Flammschutzmittel für diverse Materialien erhältlich (Holz, Stoff, Papier usw.).



13 BF

Flammeneffektgeräte



Inhaltsverzeichnis

Flammeneffektgeräte

1. Allgemeines	2
1.1. Einführung	2
1.2. Rechtliche Aspekte	2
1.3. Einteilung	2
2. Gas betriebene Projektoren	3
2.1. Grundlagen	3
2.2. Gas und seine Eigenschaften	3
2.2.1. Propan - Butan	4
2.3. Gasentnahme	6
2.3.1. gasförmige Entnahme	7
2.3.2. flüssige Entnahme	7
2.4. Funktion / Prinzip Flammenprojektor mit Gas	8
2.4.1. Behälter	8
2.4.2. Ventil	9
2.4.3. Leitung	9
2.5. Flammeneffektgerät	11
2.6. Düsen	11
2.6.1. Düsen Typen:	12
2.7. Zündung	12
2.8. Vorschriften Lagerung	13
2.8.1. Lagerung von Gas	13
2.9. Transport	14
3. Mit brennbaren Flüssigkeiten betriebene Projektoren	14
3.1. Grundlagen Flüssigbrennstoff	14
3.1.1. Ethanol	14
3.1.2. Bioethanol	15
3.1.3. Isopropanol	15
3.1.4. N-Butanol	15
3.2. Funktion / Prinzip von Flammeneffektgeräte mit brennbaren Flüssigkeiten	15
3.2.1. Behälter	16
3.2.2. Düsen	16
3.3. Flammensystem mit Moving-Head- Technologie	17
3.4. Farbige Flammen	17
3.4.1. Zündung von brennbaren Flüssigkeiten	18
3.5. Vorschriften Lagerung und Transport	18
3.5.1. Lagerung von Flüssigkeiten	18
3.5.2. Transport von Fluiden	19
4. Feststoff betriebene Projektoren	19
4.1. Grundlagen	19
4.2. Funktion / Prinzip	19
4.2.1. Lycopodium	19
4.2.2. Metallpigment Projektoren (Titanzirkonium)	21
4.3. Vorschriften	22
5. Steuerung Flammprojektoren	22
6. Anhang	23

1. Allgemeines

1.1. Einführung

Flammeneffektgeräte können auf Szenenflächen, Bühnen und vergleichbaren Einrichtungen im In- und Outdoorbereich eingesetzt werden. Im Gegensatz zu reinen Lichtprojektionen bringen Flammeneffektgeräte das Feuer echt auf die Szenenfläche. Da die Flammeneffektgeräte echtes Feuer erzeugen, gibt es zahlreiche Punkte zu berücksichtigen, damit mit diesen Geräten ein sicherer und effizienter Einsatz gewährleistet werden kann. Sie werden vom Gesetz her als offenes Feuer beurteilt.

Im Profi- wie auch im Low-Cost-Handel ist eine mannigfaltige Produktpalette erhältlich. Dies reicht von einfachen und günstigen Geräten bis zu sehr aufwendig und komplex konstruierten Maschinen, welche von Hand, per DMX oder mittels proprietärer (herstellereigenen) Soft- oder Hardware bedient werden können.

In den nachfolgenden Kapiteln wird auf die gängigsten Arten von Flammeneffektgeräten eingegangen. Die grundlegenden Funktionsprinzipien werden erklärt, sowie einige Vor- und Nachteile aufgezeigt.

Es wird explizit darauf hingewiesen, keine Eigenkonstruktionen zu verwenden. Eigenkonstruktionen sind keine zugelassenen Produkte, welche die entsprechenden Prüfungen durchlaufen haben. Bei einem Schadenereignis besteht kein Haftungsanspruch auf das Produkt und somit keine Versicherungsleistung. Auch können weitere Versicherungen, die möglicherweise zum Tragen kommen, Kürzungen vornehmen.

1.2. Rechtliche Aspekte

Die bewilligende Behörde für den Einsatz von Flammeneffektgeräten ist grundsätzlich die Behörde vor Ort, also die Gemeinde. In der föderalistisch organisierten Schweiz gibt es fast so viele Regelungen, wie Kantone. In einigen Kantonen ist die Bewilligungshoheit dem Kanton übertragen, in anderen gibt es städtische oder kommunale Beschreibungen bezüglich des Einsatzes von Flammeneffektgeräten und wieder in anderen Gemeinden sind diese noch in Erarbeitung.

Flammeneffektgeräte sind keine pyrotechnischen Gegenstände und unterliegen deshalb auch nicht den Bestimmungen des Sprengstoffgesetzes oder deren Verordnung. Es handelt sich hierbei jedoch eindeutig um offenes Feuer. Die bewilligende Behörde kann verschärfende Auflagen erlassen und den Einsatz von Flammeneffektgeräten einschränken.

Die Menge und Gebindegrösse an brennbaren Gasen, welche auf Szenenflächen zum Einsatz kommen darf, ist teilweise reglementiert.

Falls am Anlass grosse Personenzahlen (über 300 Personen) vorhanden sind, müssen die VKF Vorschriften berücksichtigt werden, oft gelten erweiternde Brandschutzauflagen für solche Anlässe. Davon sind auch die Einsatzmöglichkeiten und Auflagen für Flammeneffektgeräte betroffen.

1.3. Einteilung

Die verschiedenen Arten von Flammeneffektgeräten können in drei grundsätzlich unterschiedliche Kategorien eingeteilt werden:

- **Gas**-betriebene Projektoren
- **Flüssigkeits**-betriebene Projektoren
- **Feststoff**-betriebene Projektoren

In den nachfolgenden Kapiteln wird auf die verschiedenen Arten von Flammeneffektgeräten eingegangen und auf Vor- und Nachteile hingewiesen.

2. Gas betriebene Projektoren

2.1. Grundlagen

Die Gase, Flüssigkeiten und Feststoffe, welche für die Flammeneffektgeräte verwendet werden, haben verschiedene physikalische und zum Teil toxische Eigenschaften. Bei verantwortungsvollem und bewusstem Umgang sowie dem nötigen Fachwissen stellen diese Produkte aber gute Möglichkeiten dar, echtes Feuer für Inszenierungen einzusetzen.

Aus den oben erwähnten Gründen machen wir zuerst einen kleinen Exkurs in die Physik und Chemie der Grundstoffe.



2.2. Gas und seine Eigenschaften

Gas als Medium hat verschiedene Eigenschaften. Je nach Temperatur, ob flüssig oder gasförmig hat dieses Medium andere Eigenschaften und verhält sich somit anders. Diese Eigenschaften kann man sich zu Nutze machen.

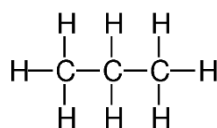
Als Flüssiggas werden durch Kühlung oder Kompression verflüssigte Gase bezeichnet, die entweder bei Normaldruck aufgrund der Verdampfungsenthalpie bei entsprechender Wärmeisolation kalt und flüssig bleiben (zum Beispiel Sauerstoff und Stickstoff in entsprechenden Gasflaschen oder -tanks) oder, um flüssig zu bleiben, **unter Druck** stehen (zum Beispiel **Propan** und **Butan** in Feuerzeugen, Camping-Gasflaschen, Kartuschen für Flammeneffektgeräte usw.).

Im allgemeinen Sprachgebrauch versteht man unter Flüssiggas meistens LPG (von engl. Liquid Petroleum Gas), das heisst kurzkettige Kohlenwasserstoffe, wie **Propan** und **Butan** sowie deren Gemische, die bei Raumtemperatur und geringer Kompression (< 10 bar) flüssig bleiben.

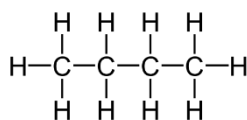
Flüssiggas (LPG) fällt bei der Erdölraffinierung und bei der Förderung von Erdöl und Erdgas an und wird hauptsächlich als fossiler Energieträger eingesetzt. Ausser zum Heizen und Kochen dient es auch als Treibstoff für Fahrzeuge mit Ottomotor. Das Mischgas wird daher auch Autogas oder Campinggas genannt. Es findet auch als Treibgas für Sprühdosen Verwendung.

Für unsere Anwendungen wird grundsätzlich Propan, Butan oder deren Gemische eingesetzt.

Propan C_3H_8



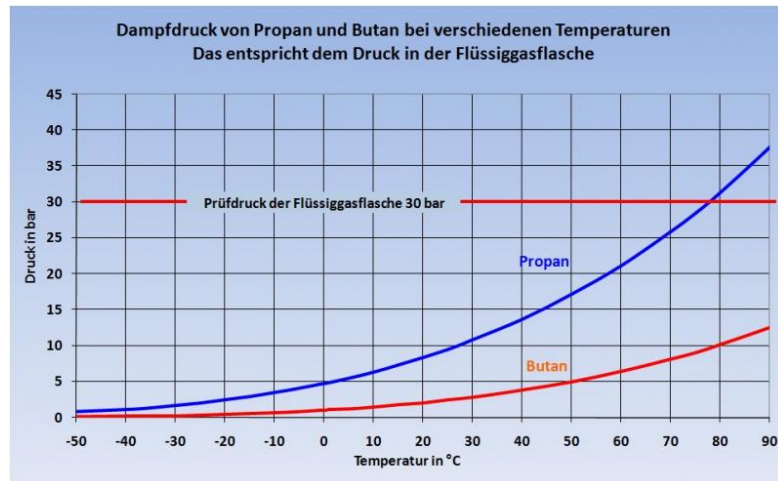
Butan C_4H_{10}



2.2.1. Propan - Butan

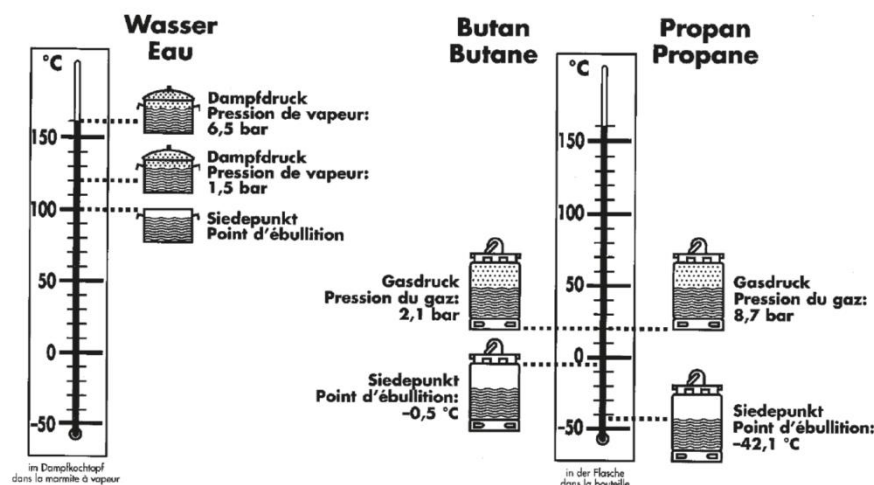
Die Flüssiggase Propan / Butan sind in flüssiger Form etwa **halb so schwer wie Wasser**, in gasförmiger Form jedoch etwa **doppelt so schwer wie Luft**.

In einem geschlossenen Behälter (Flasche/Tank) befindet sich das Flüssiggas in einem steten Gleichgewicht von Druck und Temperatur. Das heisst, die Gasphase über der Flüssigkeit baut immer einen, der vorhandenen Temperatur entsprechenden Dampfdruck auf. Beim Siedepunkt der Flüssigkeit entspricht dieser Druck 1013 mbar (Normaldruck). Wenn die Temperatur über diesen Punkt ansteigt, so steigt auch der Dampfdruck in einem geschlossenen Behälter; und zwar genau entlang der sogenannten Dampfdruckkurve.



Der Verdampfungsvorgang wird am besten anhand von Wasser, das in einem Kochtopf aufgeheizt wird, erklärt:

- Wenn das Wasser erwärmt wird, bleibt der Druck im Behälter konstant, bis die Temperatur den Siedepunkt von 100°C erreicht hat.
- Nun verdampft das Wasser im Behälter und der Druck beginnt zu steigen. Da die Siedepunkte von Flüssiggas wesentlich tiefer liegen als von Wasser, verdampfen Butan und Propan schon bei normaler Umgebungstemperatur. Dabei stellt sich in einem geschlossenen Behälter ein dieser Temperatur entsprechender Druck ein.
- Bei Temperaturen unter dem jeweiligen Siedepunkt ist also Flüssiggas «nur» flüssig, ohne dass im Behälter ein zusätzlicher Überdruck herrscht.



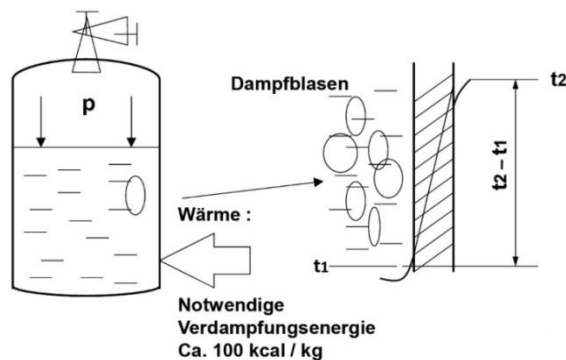
Werden nun Gemische dieser Gase verwendet, ist nicht klar, welcher Druck im Vorratsbehälter des Gasprojektors vorhanden ist. Genau dieser Gasdruck ist aber dafür verantwortlich, wieviel und mit welcher Geschwindigkeit das Gas aus dem Projektor ausströmt.

Für uns bedeutet dies, dass immer ein Probedurchlauf mit den Gasprojektoren und den tatsächlichen Umgebungsbedingungen zu machen ist. Somit kann die Höhe und der Umfang der Flammenerscheinung relativ genau eruiert werden.

Probedurchlauf zwingend! Sicherheitsabstände?



Damit sich Propan/Butan vom flüssigen Aggregatzustand zum gasförmigen umsetzen kann, wird Energie in Form von Wärme benötigt, und zwar ca. 420kJ/kg Gas (oder 100kcal/kg). Das entspricht ungefähr dem Brennwert von 5 Tafeln Milkschokolade. Ist also nicht zu unterschätzen. Diese Energie wird bei Raumtemperatur der Umgebung entzogen und kann zur Vereisung des Gasbehälters führen (→ Kondenswasser). Damit genügend Wärme zur Verfügung steht, dürfen die Gasvorratsbehälter nie gedämmt werden. Achtung beim Einsatz von Flammeneffektgeräte mit Gas im Winter.



Der flüssig zu gasförmige Vorgang kann gesundheitliche Folgen haben. Gelangen Spritzer von flüssigem Gas direkt auf die Haut, können schwere örtliche Erfrierungen (Kälteverbrennungen) entstehen.



Hautkontakt mit flüssigem Gas vermeiden



Ein Liter verflüssigtes Propan/Butangas entspricht beim Austritt in die Atmosphäre einer Volumenzunahme von ca. **260 Liter Gas**.



Das Propan/Butangemisch mit dem Aggregatzustand gasförmig ist zwischen 1.5 bis 2 Mal schwerer als unsere normale Umgebungsluft. Das heisst, wenn irgendwo Gas austritt, sinkt es sofort auf den Boden. Insbesondere in Schächten, Kellerräumen und Konzertgräben kann sich das Gas so sammeln und den Sauerstoff verdrängen, was zu Sauerstoffmangel und Erstickungen führen kann.

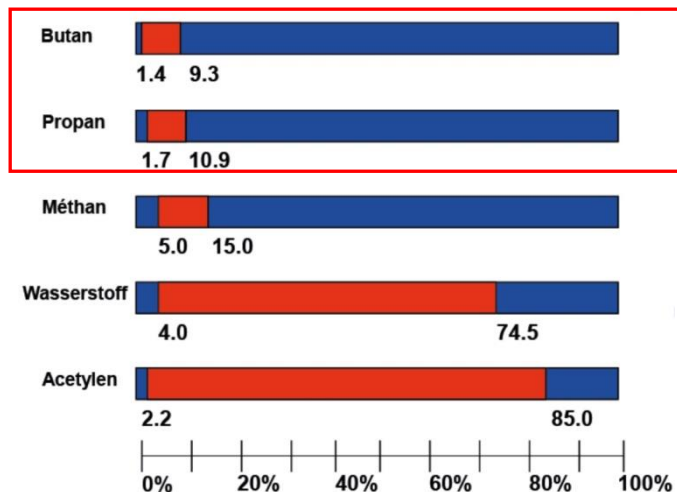
Gute Belüftung zwingend



Gas ist brennbar, dies aber **nur im Aggregatzustand gasförmig** (Brennbare Gase sind nur im gasförmigen Aggregatzustand brennbar). Das heisst flüssiges Gas muss immer zuerst vom flüssigen in den gasförmigen Aggregatzustand ändern. In einem kritischen Verhältnis Gas/Umgebungsluft in der Atmosphäre wird das Gemisch explosionsfähig.

Das explosionsfähige Gemisch, hat eine untere und obere Grenze des Mischungsverhältnisses zwischen Gas und Luft, wo es mit grosser Wahrscheinlichkeit explodieren kann. Unter dieser Grenze sowie darüber kann es nicht zur Explosion kommen.

Nachfolgend sind einige Gase mit den entsprechenden Verhältnissen, untere Grenze und obere Grenze, beschrieben.



Dies bedeutet bei der Verwendung von Gasen



genügend Frischluft

damit es nicht zu einer explosionsfähigen Konzentration kommen kann

2.3. Gasentnahme

Wie wir aus den vorangehenden Seiten gelernt haben, steht Gas in zwei Aggregatzuständen zur Verfügung. Einerseits flüssig, andererseits gasförmig. Dies bedingt natürlich auch, dass die Vorratsbehälter (Gasflaschen und -dosen) entsprechend gebaut sein müssen.

Diese Behälter gibt es in unterschiedlichen Gebindegrössen von einigen hundert Gramm bis mehreren Kilogramm, in Blech, Stahl und Kunststoff.

Einige Beispiele von Gasbehältern:



Stahlflasche 11kg



Kunststoffflasche 11kg



Stahlflasche 5kg

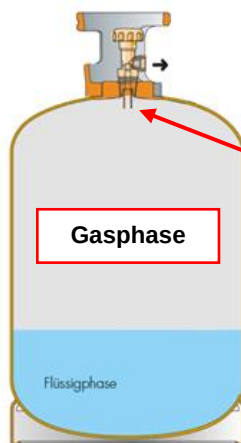


Dose 600g



Dose 400g

2.3.1. gasförmige Entnahme



Bei einem handelsüblichen Behälter ist das Gas aufgrund des vorhandenen Drucks flüssig und befindet sich im unteren Teil. Im oberen Teil ist Gas vorhanden, welches bereits den Aggregatzustand von flüssig auf gasförmig geändert hat.

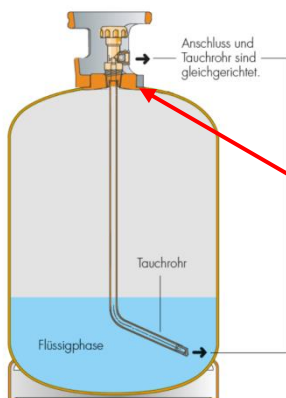
Achtung: Die «normalen» Gasflaschen haben eine Durchflusssicherung. Diese Sicherung ist dazu da, dass wenn der Verschluss unbeabsichtigt geöffnet wird und nicht genügend Gegendruck (Verbraucherseite) vorhanden ist, dass der Gasaustritt unmittelbar gestoppt wird.

Für den Einsatz in einem Flammenprojektor ist dies wahrscheinlich nicht erwünscht. Es ist empfehlenswert, wenn die Gasmenge am Flammenprojektor selber geregelt werden kann.

2.3.2. flüssige Entnahme

Für die Entnahme von flüssigem Gas gibt es zwei verschiedene Möglichkeiten:

Gasflasche **mit** Tauchrohr:



Bei dieser Flaschenart führt ein Tauchrohr in die flüssige Phase des Gases. Der Druck im oberen Bereich der gasförmigen Phase drückt das flüssige Gas in das Tauchrohr und somit zum Flammenprojektor in flüssiger Form.

Achtung: Diese Gasflaschen können eine Durchflusssicherung enthalten. Diese Sicherung ist dazu da, wenn der Verschluss unbeabsichtigt geöffnet wird und nicht genügend Gegendruck (Verbraucherseite) vorhanden ist, dass der Flüssigkeitsaustritt unmittelbar gestoppt wird.

Für den Einsatz in einem Flammenprojektor ist dies nicht erwünscht. Den Gasdurchfluss möchten wir am Flammenprojektor selber regeln.

Gasflasche **ohne** Tauchrohr:



Eine «normale» Gasflasche könnte man einfach auf den Kopf stellen und somit das Gas flüssig entnehmen.

Diese Variante ist aber **nicht zu empfehlen**.

Es ist verboten, die Flasche auf das Ventil zu stellen.

Die Flasche ist nicht mehr standsicher!



Bei diesen Dosen erfolgt die Gasentnahme ebenfalls in flüssiger Form analog der Gasflasche. Diese Dosenanschlüsse werden meist vom Hersteller des Flammenprojektors geliefert.

2.4. Funktion / Prinzip Flammenprojektor mit Gas

Die Gas-Flammeneffektgeräte sind im Grundsatz alle ähnlich aufgebaut und funktionieren nach demselben Prinzip:



Behälter Ventil evtl. mit Druckreduktion Leitung Flammenprojektor Düse Zündung

2.4.1. Behälter

Je nach System haben die Gas-Flammeneffektgeräte Anschlüsse für Dosen oder Mehrwegbehälter. Zum Teil ist auch beides durch entsprechende Adapter möglich. Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass bei der Verwendung **in Gebäuden Dosen mit relativ geringem Inhalt** eingesetzt werden. Die in der Regel vom Hersteller vorgeschriebenen Dosen passen in sein System und die Verantwortlichkeiten, vorausgesetzt richtige Handhabung, sind klar geregelt. Mit den relativ geringen Mengen an Gas auf der Bühne gibt es wenig Schwierigkeiten eine Bewilligung zu erhalten.

Die Mehrwegbehälter haben ein Fassungsvermögen ab 5 kg bis zu 35 kg pro Flasche, je nach Lieferant.

Bei diesen Mengen ist es verständlich, dass Flaschen in diesen Größenordnungen nur im Freien verwendet werden sollen.



5kg

10.5kg

35kg

7.5kg

2.4.2. Ventil

Das Ventil dient zum Öffnen oder Schliessen des Gasbehälters. Je nachdem wieviel das Ventil geöffnet wird (Umdrehungen am Handrad) kann die Gasmenge grob reguliert werden. Verlässlich ist diese Methode nicht, da sie sehr ungenau ist. Für die exakte Regulierung sind die Vorrichtungen an den jeweiligen Flammeneffektgeräten vorgesehen und zuverlässig.

Im Notfall, oder bei nicht funktionieren des Flammenprojektors, muss das Ventil auf der Gasflasche unbedingt als erstes zuge dreht werden. Damit wird die Gaszufuhr unmittelbar unterbrochen.



Ventil auf Flasche montiert



Standart Ventil



Ventil mit Tauchrohr



Ventil mit Durchflussbegrenzer

Achtung:

Durchflussbegrenzer verhindert bei unbeabsichtigtem Öffnen eines Ventils oder bei Schlauchbruch, dass nicht sofort alles Gas ausströmen kann.



Müssen grosse Gasmengen in kurzer Zeit bezogen werden, z.B. für kurze starke Flammen, dürfen die Flaschenventile keinen Durchflussbegrenzer aufweisen, da diese nur kleine Mengenbezüge zulassen.

Gasdruckregler

Für Anwendungen, bei denen nur geringe Mengen Gas in **gasförmigen** Zustand benötigt werden, können handelsübliche, konstante oder variable Druckminderer verwendet werden. Diese lassen einen maximalen Druck von 25 - 50 mbar zu. Die genauen Entnahmemengen sind den Gebrauchsanweisungen der Flammeneffektgeräte zu entnehmen.

Gasdruckregler



Regler mit voreingestelltem Ausgangsdruck



Regler mit regulierbarem Ausgangsdruck

2.4.3. Leitung

Die Leitung verbindet die Gasflasche mit dem Flammenprojektor. Bei Geräten, welche gasförmiges Gas verwenden, sind ausschliesslich die vorgeschriebenen Schläuche zu verwenden.

Diese müssen für die verwendete Gasart zugelassen sein.

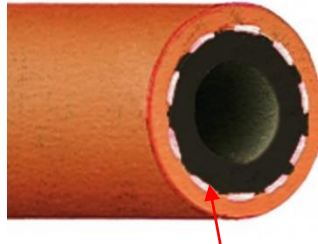
Die Schläuche sind meistens mit verschiedenen Materialien aufgebaut und haben eine Gewebeeinlage zur Verstärkung der verwendeten Kunststoffe.

Bei den Anschlüssen ist darauf zu achten, dass nur passgenaue Verschraubungen und Dichtungen verwendet werden. Es ist immer zu überprüfen, ob die Dichtungen, wo nötig, vorhanden sind.

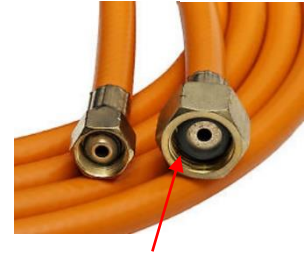
Achtung! Schlauchanschlüsse aus EU-Staaten haben den gleichen Gewinde-typ, die Verschraubung ist aber länger und ermöglicht keine dichte Verschraubung mit Schweizer Flaschen!



Verlängerungsschlauch



Querschnitt mit Gewebeeinlage

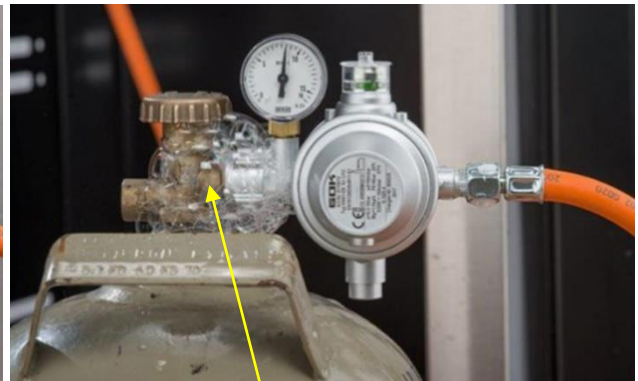


Anschluss mit Dichtung

Die Leitungen insbesondere die Anschlüsse sind auf Dichtheit zu prüfen. Dies kann mit einem Prüfschaum erfolgen. Der Prüfschaum wird auf die zu prüfenden Teile aufgetragen (gesprüht), die Leitungen unter Druck gesetzt. Wenn sich nun im Prüfschaum Blasen bilden, ist die Verbindung undicht.



Auftragen von Prüfschaum



Blasenbildung → undicht

2.5. Flammeneffektgerät

Diese Geräte gibt es in sehr grosser Auswahl. Je nachdem welcher Effekt erzeugt werden soll, gibt es das entsprechende Gerät dazu. Einzelne Geräte lassen auch verschiedene Formen der Flammen zu. Es ist empfehlenswert, die Geräte in Betrieb zu erleben. So hat man eine klare Vorstellung, was welches Gerät leisten kann. Nachfolgend sind einige Flammeneffektgerätetypen und deren Funktion aufgelistet. Diese Liste ist nicht abschliessend.



Gasbetriebenes Lagerfeuer für die Bühne. Hier werden gasführende Leitungen mit entsprechenden Öffnungen in eine unbrennbare Konstruktion hinein verlegt. Versehen mit Sicherheitseinrichtungen wie Totmannschalter usw. die die Gaszufuhr auf Knopfdruck ein- und ausschalten.

Diese Lagerfeuer sind eher teure Spezialanfertigungen aber machbar.



Feuerwand. Diese besteht aus einzelnen Modulen, welche sich zu einer ganzen Flammenwand zusammenstecken lassen.

Die Lagerfeuer und Flammenwände werden in der Regel mit Gas in gasförmigen Zustand betrieben.

Flammeneffektgeräte mit fixer Flammrichtung

Mit solchen Flammeneffektgeräten sind der Erzeugung von musiksynchronen Flammensäulen und Feuerbällen keine Grenzen gesetzt. Bei dieser Bauart lassen sich die Flammeffekte durch variieren der Auströmzeit des Gases und der Düsenart verändern. Die meisten Flammeneffektgeräte können mit Flüssigphase oder mit Gasphase betrieben werden.

Da bei einer Show die Düsen nicht einfach gewechselt werden können, sind diese Projektoren vor der Show "raumgerecht" mit den geeigneten Düsen auszustatten!

Flammenkugel

Die Höhe und die Grösse hängen von der Ventilöffnungszeit, vom vorhandenen Druck und der eingesetzten Düse ab. (Sehr kurze Ventilöffnungszeit und damit auch eine kurze Ausströmzeit des Gases)



Stehende Flammensäule

Flammensäulen werden durch längeres Öffnen des Ventils am Gasprojektor erzeugt. Diese können fast beliebig lange in der Luft bleiben, abhängig vom vorhandenen Gasvorrat.

Die Höhe und Dimensionen der Flammen sind abhängig von der Düsendicke und des vorhandenen Drucks.



Extrem Flammensäulen

Sehr **grosse Flammensäulen**, bis zu 20m, lassen sich mit speziellen Projektoren betreiben, welche das flüssige Gas in einem separaten Tank zusätzlich unter Druck setzen.

Höhe, Durchmesser und Intensität lassen sich durch Druck und Düse sowie Ausströmzeit regulieren.

Die Dauer ist begrenzt auf das Fassungsvermögen des zusätzlichen Druckgefässes.



2.6. Düsen

Neben Druck und Ausströmzeit ist die Düse ein massgebendes Teil für die Art, wie die Flamme ihre Form, Höhe und Flammfarbe (Gasblau oder Naturgelb) haben wird. Je nach Hersteller und Gerät gibt es verschiedene Düsen und Auf- und Einsätze.

2.6.1. Düsen Typen:



Indoordüse mit Reduktion



Outdoordüse mit Sauerstoffreduktionsmantel



Outdoordüse



einfache Flamme

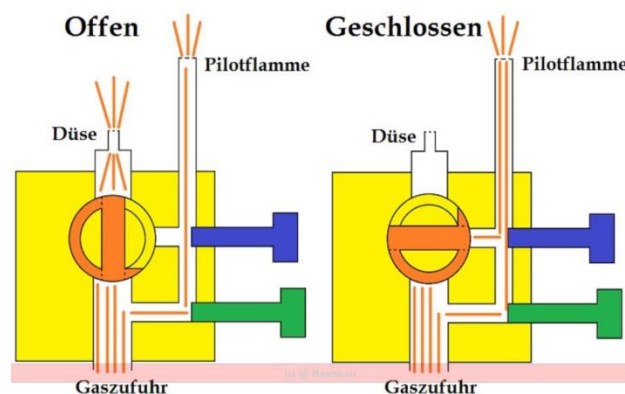
2.7. Zündung

Die Zündung des Gasas ob flüssig oder gasförmig erfolgt in der Regel auf zwei Arten.

1. Pilotflamme

Bei dieser Zündart ist eine permanente Flamme am Brennen in der Nähe der Düse.

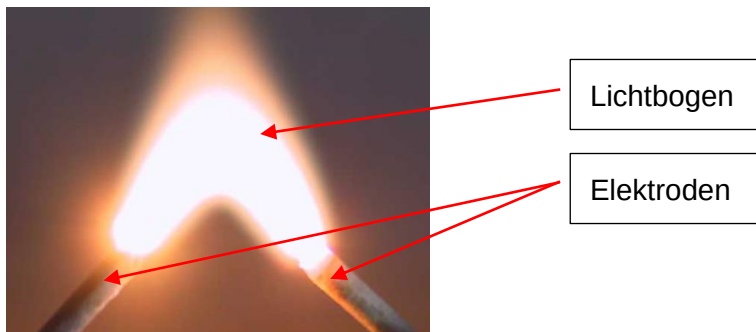
Sobald Gas ausströmt wird dieses an der Pilotflamme gezündet und brennt unmittelbar ab.



2. Elektrische Zündung

Bei der elektrischen Zündung wird mittels Transformator eine sehr grosse Spannung an zwei Elektroden erzeugt. Die Elektroden befinden sich in unmittelbarer Nähe der Düse. Diese Spannung ist so gross, dass ein Lichtbogen zwischen den Elektroden entsteht. Der Lichtbogen zündet nun das Gas.

Diese Zündart hat den Vorteil, dass nicht dauernd eine Pilotflamme vorhanden ist (Feuergefahr, unerwünschter Feuerschein) und das die Zündung erst später, das heisst, bereits nach dem ausströmen des Gases gezündet werden kann. So können weitere Variationen des Flammenbildes gesteuert werden.



2.8. Vorschriften Lagerung

2.8.1. Lagerung von Gas

Das Lagern von Gas wird in der Brandschutzrichtlinie des VKF unter «Gefährliche Stoffe» detailliert beschrieben:

- ➔ Gasflaschen sind vor übermässiger Erwärmung, mechanischer Beschädigung und Umfallen zu schützen. Sie dürfen nicht zusammen mit leichtbrennbaren oder selbstentzündlichen Stoffen gelagert werden.
- ➔ In Fluchtwegen dürfen Gasflaschen weder angeschlossen noch gelagert werden.
- ➔ Räume, in denen Gasflaschen angeschlossen oder gelagert werden, sind ausreichend zu lüften.
- ➔ Gasflaschen ab einer Lagermenge von 200 l Flaschenvolumen sind im Freien oder in einem separaten Brandabschnitt ohne zusätzliche Brandlasten oder in Schränken nach SN EN 14470-2:2006 mit mindestens dem geforderten Feuerwiderstand des Brandabschnittes zu lagern.
- ➔ Flüssiggas darf nicht in Untergeschossen gelagert werden.
- ➔ Für die Lagerung und Verwendung von Flüssiggas gelten spezielle Anforderungen. (Siehe VKF Normen)



2.9. Transport

Gas gilt für den Transport als Gefahrgut. Gas muss nach den Bestimmungen des ADR/SDR befördert werden.

Die dazu nötigen Unterlagen finden Sie im Kapitel 03 Beförderung.

3. Mit brennbaren Flüssigkeiten betriebene Projektoren

Flüssigkeiten, welche für die Flammeneffektgeräte verwendet werden, haben verschiedene physikalische und zum Teil toxische Eigenschaften. Bei verantwortungsvollem und bewusstem Umgang sowie dem nötigen Fachwissen stellen diese Produkte aber keine grösseren Gefahren dar, wie wenn mit Gas gearbeitet wird. Einige mit Flüssigkeit betriebene Projektoren haben andere Features, als solche welche mit Gas betrieben werden.

Auch hier ein kleiner Exkurs in die Physik und Chemie der Grundstoffe, welche mit diesen Projektoren verwendet werden.

3.1. Grundlagen Flüssigbrennstoff

Die verwendeten Flüssigkeiten haben etwas andere Eigenschaften als Gas. Grundsätzlich werden Flüssigkeiten eingesetzt, welche aber auch einen tiefen Siedepunkt haben und somit bei Zimmertemperatur sofort verdampfen.

Bei fast allen Geräten kommen folgende Brennstoffe oder deren Gemische zum Einsatz:

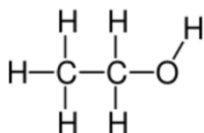
- Ethanol
- Bioethanol
- Isopropanol
- Butanol



Der Einfachheit halber fassen wir diese Stoffe als Alkohole zusammen. Diese Alkohole haben alle die Eigenschaft schon bei Zimmertemperatur sehr schnell zu verdampfen. Die Dämpfe sind hoch entzündlich. Bei entsprechender Konzentration (z.B. Ethanol) liegt die Explosionsgrenze, also das ein explosionsfähiges Gemisch zusammen mit Luft entsteht, zwischen 3 und 28 Volumenprozent. Nachfolgend ein paar Stoffe und ihre Eigenschaften. Die Aufzählung ist nicht vollständig. Grundsätzlich sollen nur die vom Hersteller der Flammeneffektgeräte angegebenen Stoffe verwendet werden.

3.1.1. Ethanol

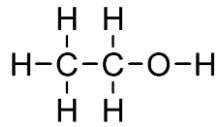
Das Ethanol oder der Ethylalkohol, auch Äthanol oder Äthylalkohol, in der Umgangssprache auch einfach (gewöhnlicher) Alkohol genannt, ist ein aliphatischer, einwertiger Alkohol mit der Summenformel C_2H_6O .



Die reine Substanz ist eine bei Raumtemperatur farblose, leicht entzündliche Flüssigkeit mit einem brennenden Geschmack und einem charakteristischen, würzigen (süsslichen) Geruch. Die als Lebergift eingestufte Droge wird bei der Herstellung von Genussmitteln und alkoholischen Getränken wie Wein, Bier und Spirituosen aus kohlenhydrathaltigem Material durch eine von Hefen ausgelöste Gärung in grossem Massstab produziert.

Die Vergärung von Zucker zu Ethanol ist eine der ältesten bekannten biochemischen Reaktionen. Seit dem 19. Jahrhundert wird Ethanol für industrielle Zwecke aus Ethen hergestellt. Ethanol hat eine weite Verbreitung als Lösungsmittel für Stoffe, die für medizinische oder kosmetische Zwecke eingesetzt werden, wie Duftstoffe, Aromen, Farbstoffe oder Medikamente sowie als Desinfektionsmittel. Die chemische Industrie verwendet es sowohl als Lösungsmittel als auch als Ausgangsstoff für die Synthese weiterer Produkte.

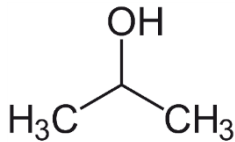
3.1.2. Bioethanol



Als Bioethanol (auch Agro-Ethanol) bezeichnet man Ethanol, das ausschliesslich aus Biomasse oder den biologisch abbaubaren Anteilen von Abfällen hergestellt wurde und für die Verwendung als Biokraftstoff bestimmt ist. Wird das Ethanol aus pflanzlichen Abfällen, Holz, Stroh oder ganzen Pflanzen hergestellt, bezeichnet man es auch als Cellulose-Ethanol.

Die Eigenschaften von Bioethanol entsprechen denen von normalem Ethanol.

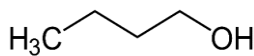
3.1.3. Isopropanol



Isopropanol ist eine farblose, leicht flüchtige und brennbare Flüssigkeit, die einen leicht süsslichen, stechenden Geruch besitzt – dieser ist charakteristisch und erinnert an Krankenhäuser und Arztpraxen, da Isopropanol Bestandteil vieler Desinfektionsmittel ist. Bei $-88\text{ }^{\circ}\text{C}$ erstarrt die Flüssigkeit zu einem farblosen Feststoff. Der Siedepunkt unter Normaldruck liegt bei $82\text{ }^{\circ}\text{C}$. Isopropanol ist mit Wasser in jedem Verhältnis homogen mischbar.

3.1.4. N-Butanol

N-Butanol kommt von Natur aus in vielen Nahrungsmitteln vor und entsteht beim mikrobiologischen Abbau von Kohlenhydraten. Es entsteht auch im Zuge des Abbaus von Kohlenhydraten bei der Herstellung alkoholischer Getränke. Nachgewiesen wurde dieser Alkohol ausserdem in Früchten wie Melonen und Äpfeln sowie verschiedenen Nahrungsmitteln wie Käse, erhitzter Milch und gekochtem Reis sowie bei der Popcornbereitung.



N-Butanol ist eine farblose Flüssigkeit mit charakteristischem Geruch, der als „weinartig“ beschrieben wird, aber auch als „herb fuselähnlich mit Bananenaroma“ sowie als „süsslich ranzig“. Man kann N-Butanol mit allen gebräuchlichen Lösungsmitteln, wie zum Beispiel Ether, Glycol, Alkoholen, Ketonen und Aldehyden beliebig mischen. In Wasser ist N-Butanol jedoch nur begrenzt lösbar.

3.2. Funktion / Prinzip von Flammeneffektgeräten mit brennbaren Flüssigkeiten

Die Flammeneffektgeräte, welche mit brennbaren Flüssigkeiten betrieben werden, funktionieren ähnlich wie die mit Gas betriebenen. Es gibt einen Vorratsbehälter für die flüssigen Brennstoffe, es gibt Leitungen und Düsen sowie ein Zündsystem.

Grosser Unterschied besteht aber darin, wie die brennbare Flüssigkeit unter Druck gesetzt wird. Beim Gas haben wir einen natürlichen Druck des Gases bei Raumtemperatur. Bei brennbaren Flüssigkeiten muss dieser Druck entweder durch ein Gas, z.B. Stickstoff, erzeugt werden. Auch gibt es Systeme, wobei ein eingebauter Kompressor Umgebungsluft verwendet, diese komprimiert und so die brennbare Flüssigkeit unter Druck setzt.

Es gibt einige Systeme, da wird dieser Druck durch eingebaute Pumpen, welche direkt die brennbare Flüssigkeit unter Druck setzen, erzeugt.

3.2.1. Behälter

Je nach System haben die mit Flüssigkeiten betriebenen Flammeneffektgeräte einen fest eingebauten Tank oder aber eine Aussparung für einen Kunststofftank.



mit Kunststofftank



mit fest eingebautem Tank

Bei Flammeneffektgeräten mit fest eingebautem Tank ist es wichtig, dass geeignete Reservekanister und Einfülltrichter vorhanden sind. Beim Einfüllen in das Gerät sollte nichts verschüttet werden. Reste, welche verschüttet werden, können sich im Gerät sammeln und später anfangen zu brennen. Beim Umfüllen muss auch auf den Untergrund geachtet werden. Es gibt Bodenbeläge, die die verwendeten Fluids nicht vertragen und Schäden hinterlassen.



Bei Flammeneffektgeräten mit entnehmbarem Tank ist das Nachfüllen etwas einfacher. Auch hier soll aber darauf geachtet werden, dass eine geeignete Unterlage als Schutz für den Bodenbelag vorhanden ist.

3.2.2. Düsen

Analog der mit Gas betriebenen Flammeneffektgeräte ist auch hier die Düse ein massgebendes Teil für die Art, wie die Flamme ihre Form haben wird. Je nach Hersteller und Gerät gibt es verschiedene Düsen.

Der Düsendurchlass und der vorhandene Druck ergeben ein magereres oder volleres Flammenbild mit entsprechender Höhe (Ausdehnung).



Düse mit Bohrung



stehende Flammen

Da das Fluid nicht ganz so schnell verdampft wie Gas und somit die Flüssigkeit ähnlich einer Wassersäule im Raum steht. Sind die Flammeneffekte eher zylindrischer Art.

3.3. Flammensystem mit Moving-Head- Technologie

Es gibt Geräte, da lassen sich die Düsenköpfe radial bewegen. Das bedeutet, dass man durch Drehen des Düsenkopfes verschiedene Winkel der Flammensäule einstellen kann. Mit entsprechender Zündung wird das Gerät so vielseitiger einsetzbar.



Achtung:

Ein schwenkbarer Kopf, ermöglicht sehr schnelle und präzise Flammenstöße bis zu einer Weite von 10 Metern und mit einem Radius von 210°. Bei seitlichen Effekten muss besonders darauf geachtet werden, dass keine Schauspieler oder brennbare Objekte im Bereich des Flammeneffekts stehen. Dies ist umso wichtiger, weil Darsteller nicht zwingend damit rechnen, dass Flammeneffektgeräte im Normalfall seitlich Flammen schiessen.



Da Radian über 190° möglich sind, muss je nach Position beachtet werden, dass aus Sicherheitsgründen eine mechanische Winkelbegrenzung vorgenommen werden muss.

3.4. Farbige Flammen

Es gibt die Möglichkeit die Flammen in verschiedenen Farben zu erzeugen. Dazu werden den Fluiden Metall-Salzverbindungen beigemischt. Diese Chemikalien erzeugen je nach Zusammensetzung die entsprechenden Flammenfarben.

- ➔ Lithiumchlorid-Lösung erzeugt eine karminrote Flamme
- ➔ Strontiumchlorid-Lösung erzeugt eine rote Flamme
- ➔ Natriumchlorid-Lösung erzeugt eine orange-gelbe Flamme
- ➔ Methanol-Borsäure erzeugt eine grüne Flamme
- ➔ Zinkchlorid-Lösung erzeugt eine blaue Flamme



Es ist darauf zu verzichten, selber Mischungen zu erstellen und auszuprobieren.

Einerseits ist es als Laie schwierig die Folgen der Zusammensetzung der verwendeten Chemikalien abzuschätzen. Insbesondere mögliche gesundheitliche Schäden von Darsteller oder Besucher bei einer Vorführung sind nicht auszuschliessen.

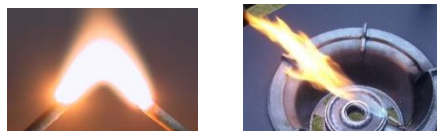
Andererseits erlischt die Garantie des Flammenprojektors, wenn nicht die vom Hersteller vorgeschriebenen Fluide verwendet werden.

Generell ist beim Einsatz von Fluiden, welche farbige Flammen erzeugen, darauf zu achten, dass nach Gebrauch der Flammeneffektgeräte diese sehr gut gereinigt werden. Die verwendeten salzhaltigen, chemischen Verbindungen sind sehr aggressiv und können die Behältnisse, Pumpen und Düsen zu vorzeitiger Korrosion anregen.



3.4.1. Zündung von brennbaren Flüssigkeiten

Die Zündung von brennbaren Flüssigkeiten funktioniert analog wie bei Gas betriebenen Flammeneffektgeräte mittels elektrischer Zündung, in seltenen Fällen auch mit Pilotflamme



3.5. Vorschriften Lagerung und Transport

3.5.1. Lagerung von Flüssigkeiten

Das Lagern von brennbaren Flüssigkeiten wird in der Brandschutzrichtlinie des VKF unter «Gefährliche Stoffe» detailliert beschrieben:

- ➔ Die Ausbreitung von ausfliessenden brennbaren Flüssigkeiten muss verhindert werden.
- ➔ Dämpfe von brennbaren Flüssigkeiten dürfen nicht in tieferliegende Räume wie Keller, Kanalisationen, Schächte oder Gruben gelangen können.
- ➔ Lagerräume, die nicht ausreichend natürlich gelüftet werden können, z. B. Unterflurräume und gefangene Räume, sind künstlich zu entlüften
- ➔ Anforderung an den Brandabschnitt in Abhängigkeit von der Lagermenge



Lagermenge	Brennbare Flüssigkeiten mit Flammpunkt $\leq 60\text{ °C}$	Brennbare Flüssigkeiten mit Flammpunkt $> 60\text{ °C}$
bis 25 l	Raum beliebiger Bauart	Raum beliebiger Bauart
26 – 100 l	Schrank RF1, mit Auffangwanne und Kennzeichnung	Schrank RF1, mit Auffangwanne und Kennzeichnung
101 – 450 l	Raum EI 30, mit geringem Brandrisiko	Schrank RF1, mit Auffangwanne und Kennzeichnung

Diese Aufzählung ist nicht abschliessend. Die exakten Bestimmungen und Vorschriften ist den einschlägigen Normen und Richtlinien zu entnehmen. Siehe dazu Anhang a).

3.5.2. Transport von Fluiden

Brennbare Flüssigkeiten gelten für den Transport als Gefahrgut. Gefahrgut muss nach den Bestimmungen des ADR/SDR befördert werden.

Die dazu nötigen Unterlagen finden Sie im Kapitel 03 Beförderung.

4. Feststoff betriebene Projektoren

4.1. Grundlagen

Unter mit Feststoffen betriebenen Projektoren versteht man Geräte, welche weder mit Gas noch mit Fluiden funktionieren. Diese Geräte werden mit Stoffen wie Lykpodium oder Titanzirkoniumgemischen oder sogar mit Nitrocellulose betrieben.

Die verwendeten Stoffe werden in die Luft befördert und gezündet. Je nach Feststoff geschieht dies in unterschiedlicher Weise.

4.2. Funktion / Prinzip

4.2.1. Lykpodium

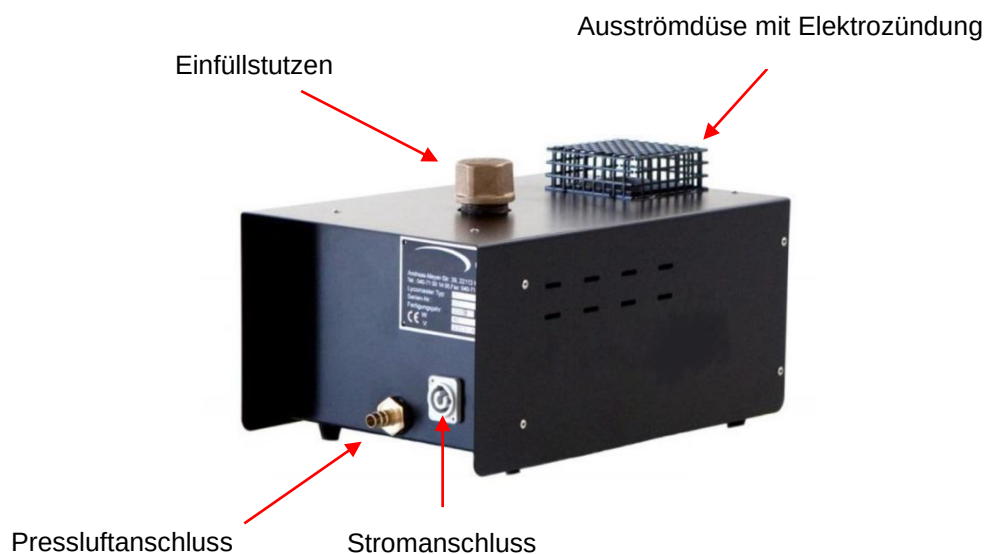


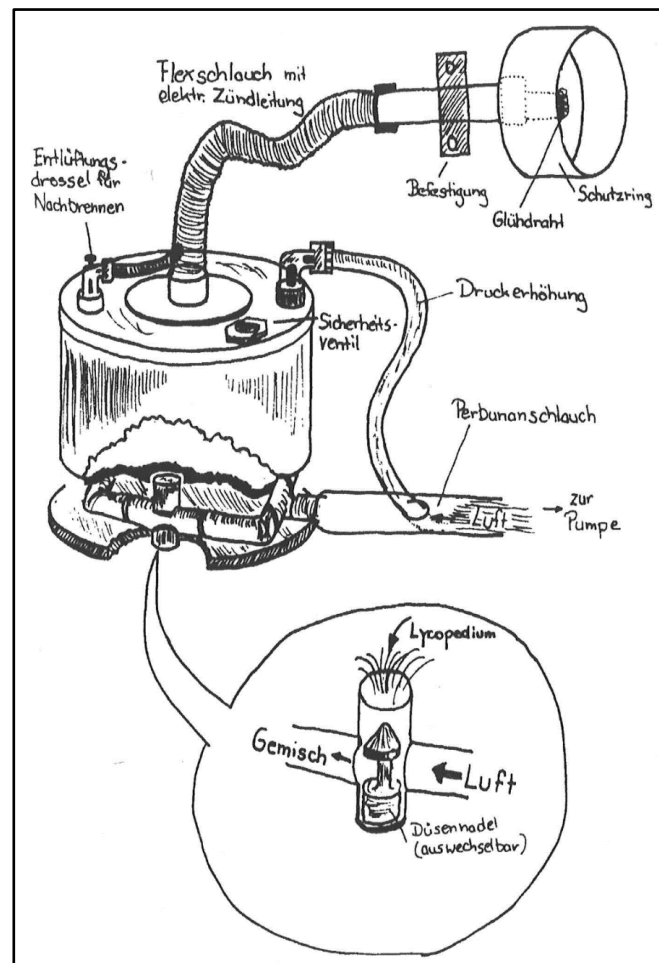
Flammeneffektgeräte, welche mit Lykpodium betrieben werden, sind relativ einfach aufgebaut.

In einem Vorratsbehälter, gefüllt mit Lykpodium, wird über einen Bypass das Lykpodium angesaugt und mit diesem Luftstrom über eine Düse mit grosser Öffnung ausgeblasen. Bei der Düsenöffnung ist eine Pilotflamme (oder elektrische Zündung) angebracht, welche das Lykpodium zündet. Mit diesem System können sehr sichere Flammeneffekte erzeugt werden. Lykpodium ist ein Naturprodukt und kann somit bedenkenlos eingesetzt werden.

Lycopodium, Bärlappsporen, werden im Kapitel 12 Alternative Produkte genauer erklärt.

Lykpodium Flammenprojektor





Detailskizze Aufbau Flammenprojektor mit Lycopodium

4.2.2. Metallpigment Projektoren (Titanzirkonium)

Projektoren, auch «Cold Sparkler» genannt, welche mit der chemischen Mischung von Titanpulver und Zirkonium funktionieren, (beides Metallähnliche Pulver in Granulatform) sind folgendermassen aufgebaut:

Aus einem Vorratsbehälter innerhalb des Flammenprojektors wird das Granulat mit Hilfe einer Förderschnecke (gewindeförmiger Stab) in die Brennkammer befördert. Die keramische Brennkammer wird mit sehr heisser Luft, welche unter relativ grossem Druck steht, durchströmt und zündet durch die Hitze die Metallpigmente. Aufgrund des Luftstromes wird das gezündete Gemisch über die Ausströmöffnung ausgeblasen und in die gewünschte Richtung befördert.

Viele Flammeneffektgeräte mit diesem Funktionsprinzip werden als «**kaltes Feuer**» (Cold Sparkler) betitelt. Dies ist natürlich Unsinn! Ähnlich eines Traumsternes findet auch bei diesem Projektor eine Verbrennung statt (Verbrennen des Zirkonium/Titangemischs, gezündet durch die sehr heisse Luft in der Brennkammer). Jede Verbrennung erzeugt Hitze. Das heisst, auch bei diesen Projektoren ist entsprechende Vorsicht geboten!



Titan/Zirkoniumgranulat



Hersteller Packung

Es gibt verschiedene Granulate, je nachdem welche Funkendichte und Höhe erreicht werden soll. Wichtig ist, dass nur die vom Hersteller vorgeschlagenen Granulate verwendet werden.

Ausströmöffnung

Einfüllstutzen für Granulat



Einsatz von 6 "Cold Sparklers"

4.3. Vorschriften

Beim Verwenden dieser Geräte sind grundsätzlich die vom Hersteller vorgeschriebenen Sicherheitsabstände und Vorschriften anzuwenden. Beim Zünden entstehen Flammen und Hitze, welche entsprechen zu berücksichtigen sind.

Für die Lagerung der Verbrauchsstoffe sind keine speziellen Anforderungen gegeben.

5. Steuerung Flammprojektoren

Viele Geräte in der Showtechnik sind DMX gesteuert. Siehe Kapitel 16 Elektrische Anzündung. DMX ist eine gute Sache, doch liegt die Tücke im Detail. Wenn bei einer Steuerung ein falscher Befehl eine Lampe zu hell oder zu dunkel schaltet, ist dies ein kleines Problem. Passiert dies aber bei einem Flammenprojektor, kann dies fatale Folgen haben. Wenn ein Darsteller sich im Flammenbereich befindet, sind die Folgen nicht auszudenken!

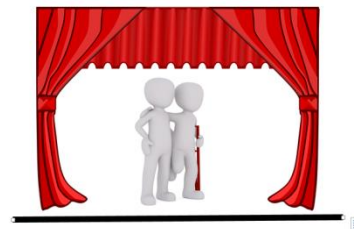


Aus diesem Grund sind nachfolgende Regeln für die Ansteuerung von Flammeneffektgeräten unbedingt einzuhalten.

- ➔ Separates Steuerpult das durch den Pyrotechniker bedient und überwacht wird.



- ➔ Der Pyrotechniker muss **uneingeschränkte** Sicht auf die Szenenfläche haben.



- ➔ Ein Notausschalter (Taster) sollte vorhanden sein, der bei Betätigung sofort die Stromzufuhr unterbricht. Damit bei allen Geräten sofort die Brennstoffzufuhr unterbunden wird.



- ➔ Ist es unabdingbar in ein automatisch gesteuertes Showprogramm Flammeneffektgeräte ein zu programmieren, wird eine zusätzliche Schaltmöglichkeit empfohlen. Dieser hat den Zweck, dass der Pyrotechniker kurz vor dem Einsatz der Flammeneffektgeräte diese einschalten („scharf stellen“) kann und nach Gebrauch wieder ausschaltet ohne den Ablauf des Showprogramms zu stören.



6. Anhang

Anhang a

Nachfolgend die Links, Adressen der zuständigen Stellen, Normen und Richtlinien.
Insbesondere Erlasse und Publikationen der „Stand der Technik Papiere“.

VKF

Vereinigung kantonaler Feuerversicherungen

Postfach

3001 Bern

www.praever.ch/de/bs/vs

➔ [Brandschutzrichtlinie „gefährliche Stoffe“](#)

SVGW

Schweizerischer Vereins des Gas- und Wasserfaches

Grütlistrasse 44

Postfach

8027 Zürich

Tel. +41 (0)44 288 33 43

www.svgw.ch

EKAS

Eidgenössische Koordinationskommission für Arbeitssicherheit

Fluhmattstrasse 1

6002 Luzern

www.ekas.ch

➔ Richtlinie Flüssiggas 6517

Verordnung über die Unfallverhütung VUV

www.admin.ch

➔ Art. 32 Flüssiggas

14 AB

Planung



Version: 27.01.2022 pj

Inhaltsverzeichnis

Planung

1. Einleitung.....	2
2. Planung.....	2
2.1 Abbrennplatz.....	2
2.2 Wichtige Abklärungen am Abbrennplatz.....	3
2.3 Wichtige Abklärungen mit Auftraggeber	3
2.3.1 Absagevereinbarung	3
3. Feuerwerk Programmgestaltung.....	4
3.1 Aufbau und Zündplan.....	4
4. Bewilligungen	4
5. Versicherung	5
6. Materialvorbereitung	5
7. Helfer	5
8. Transport	5
9. Checkliste Projektorganisation Grossfeuerwerk	6
10. Situationsplan Abbrennplatz	7
11. Material Liste zum Aufbauen von Grossfeuerwerken	8

Planung des Feuerwerks

1. Einleitung

Die sichere und erfolgreiche Durchführung eines Feuerwerks stellt hohe Anforderungen an den ausführenden und verantwortlichen Feuerwerker. Bereits im Vorfeld gilt es, wichtige Fragen zu klären, damit das Ereignis zu einem ungetrübten Erfolg wird. Der systematischen Planung und Organisation kommen daher grosse Bedeutung zu. Sowohl bei der Auswahl des Abschussplatzes, als auch bei der Zusammenstellung des Feuerwerkprogramms ist der Einbezug der gesetzlichen Bestimmungen, insbesondere was die Sicherheitsabstände anbelangt, unerlässlich.

2. Planung

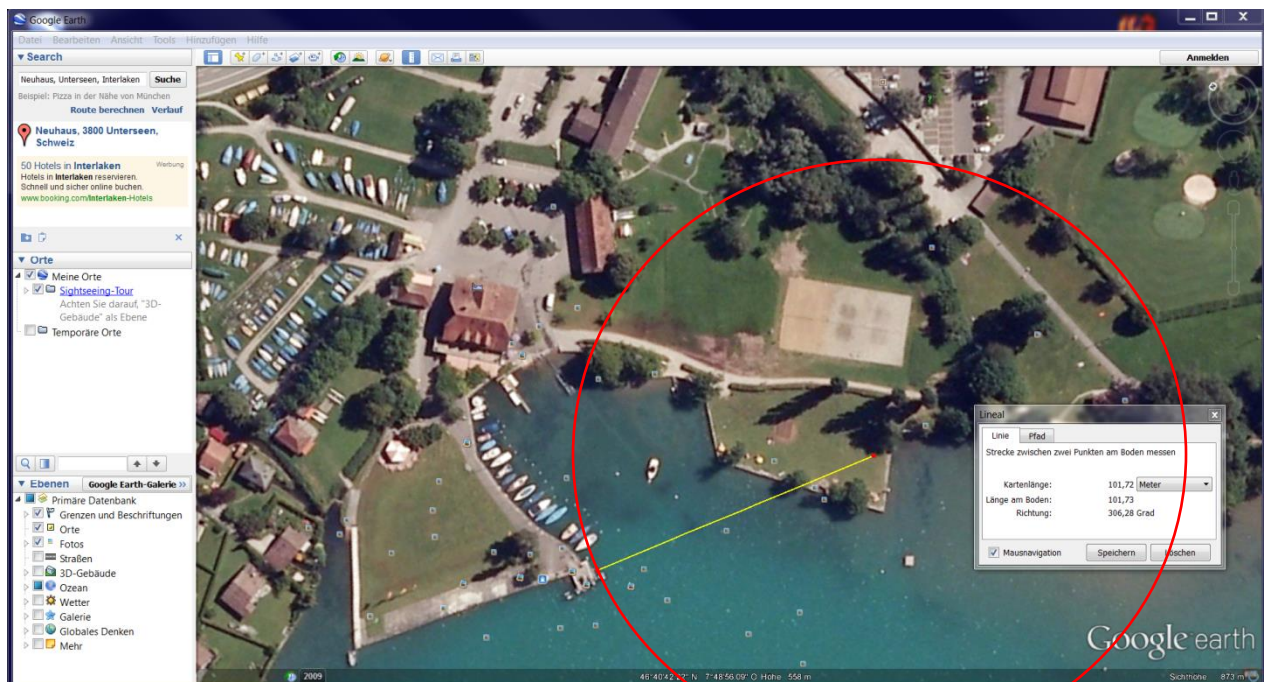
2.1 Abbrennplatz

Die Wahl des Abbrennplatzes ist für die Planung des Feuerwerks von entscheidender Bedeutung.

Seine Gegebenheiten beeinflussen die Programmgestaltung und die Auswahl der pyrotechnischen Gegenstände ganz entscheidend. Die Einhaltung der vorgeschriebenen Sicherheitsabstände für die pyrotechnischen Gegenstände ist unbedingt sicherzustellen.

Für eine erste Grobanalyse der Gegebenheiten eignen sich elektronische Karten, wie z.B. [Google Earth pro](#) oder des Bundes unter <https://map.geo.admin.ch>. Die Swisstopo Karten sind die besten und aktuellsten, die es in der Schweiz gibt. Diese ermöglichen auch erste sicherheitsrelevante Distanzvermessungen, zudem können auch Sendeanlagen, Flugplätze oder für Feuerwerke in Bergregionen Wildruhezonen eingeblendet werden. Es empfiehlt sich sehr, den Abbrennplatz vorgängig auch persönlich zu besichtigen, um sich mit den tatsächlichen und aktuellen Verhältnissen vor Ort vertraut zu machen (Standort der Zuschauer, gefährdete Objekte, Topografie etc.).

Wichtig! Lassen Sie sich vom Auftraggeber NIE dazu verleiten, Wünsche zu berücksichtigen, die mit den Sicherheitsvorschriften nicht in Einklang zu bringen sind!



2.2 Wichtige Abklärungen am Abbrennplatz

Es ist sehr wichtig, am Abbrennplatz wichtige Punkte abzuklären und diese auf einer Checkliste abzuhaken damit auch wirklich nichts vergessen wird!

- Wo und in welcher Entfernung befinden sich die Zuschauer. Wo ist der Grossteil der Zuschauer zu erwarten? (Ausrichtung des Feuerwerks)
- Sind Gebäude, befahrene Strassen oder Parkplätze in der Nähe? (Brandgefahr, Funkenflug, Lackschäden)
- Sind feuersensible Einrichtungen in der Nähe? (Tankstelle, Tanklager, Gasleitung)
- Wohin können herunterfallende Teile oder Funkenflug durch die Hauptwindrichtung abgetrieben werden?
- Müssen lärmempfindliche Einrichtungen wie Krankenhäuser mit einer Lärmbelästigung rechnen?
- Ist ein Flugplatz in der Nähe oder sind im Zusammenhang mit fliegerischen Aktivitäten besondere Einschränkungen zu erwarten?

Link:

<https://www.bazl.admin.ch/bazl/de/home/sicherheit/infrastruktur/flugplaetze.html>



- Verläuft ein Eisenbahn- oder Tramgeleise im Nahbereich des Abbrennplatzes? Evtl. Abbrenntermin mit Fahrplan abstimmen.
- Besteht die Möglichkeit, ein Gewässer (Fluss, See) in den Abbrennplatz miteinzubeziehen oder kann gar das ganze Feuerwerk auf dem Wasser abgebrannt werden?
- Können optisch besonders reizvolle Gebäude wie Ruinen oder Brücken in der Nähe durch bengalische Beleuchtung gefahrlos in die Darbietung einbezogen werden?
- Wie ist die Bodenbeschaffenheit? Sind Grabungsarbeiten möglich? Ist der Untergrund trocken, feucht oder steinig?
- Kann der Abbrennplatz mit einem Fahrzeug erreicht werden oder müssen andere Transportmittel wie Helikopter etc. organisiert werden?

Hinweis: Diese Aufzählung ist nicht abschliessend, ev. müssen Sie weitere Punkte abklären siehe Checkliste Projektorganisation Seite:6!

2.3 Wichtige Abklärungen mit Auftraggeber

Ebenfalls sehr wichtig ist die Absprache mit Ihrem Auftraggeber bezüglich der Zuständigkeiten. Lassen Sie sich den Vertrag mit entsprechenden Vereinbarungen und Checkliste (einschliesslich Doppel) vom Auftraggeber unterzeichnen oder per E-Mail bestätigen, um unangenehmen Überraschungen und Diskussionen während der Veranstaltung zuvorzukommen!

Klären Sie mit dem Veranstalter möglichst alle relevanten Punkte wie die Platzbeleuchtung und deren Abschaltung während des Feuerwerks, Stromversorgung, Abfallentsorgung, Lärmbelästigung und die Information der Nachbarschaft und der Behörden ab! Denken sie auch an die Zuständigkeit und den Ort der Verpflegung der Mannschaft!

2.3.1 Absagevereinbarung

Wie alle Veranstaltungen unterliegt auch ein Feuerwerk dem Risiko eines zwangsläufigen Verzichtes. Beispielsweise wegen Trockenheit und Brandgefahr, starker Wind (ab 40 km/h), drohendem Unwetter oder dichtem Nebel, unvorhergesehene Ereignisse in unmittelbarer Nähe des Abbrennplatzes, aber auch Ablauf des bewilligten Zeitfensters, oder ausstehender Bewilligung.

Tipp: Machen Sie Ihren Auftraggeber auf diese Restrisiken aufmerksam und versuchen Sie, die Rahmenbedingungen für eine allfällige Absage und die finanziellen Konsequenzen für den Auftraggeber vertraglich zu regeln. Vorzugsweise vor Beginn der Vorbereitungen für den Anlass!

3. Feuerwerk Programmgestaltung

Zur Festlegung der Dauer und Bestückung eines Feuerwerks, bedarf es der vorgängigen Analyse des zur Verfügung stehenden Budgets. Von diesem Betrag sind die Kosten für die Programmgestaltung, Hin- und Rücktransporte, Montage, Abbau und sämtliche Nebenkosten abzuziehen. Der Restbetrag steht damit für die Beschaffung von Feuerwerk zur Verfügung. Nicht vergessen darf man, sich nach allfälligen besonderen Wünschen des Auftraggebers zu erkundigen. Soll es ein besonders geräuscharmes Feuerwerk (Barockfeuerwerk) werden?

Die Kombination allfälliger Auflagen mit den Gegebenheiten des Abbrennplatzes und seinen Limiten, ermöglichen die Auswahl geeigneter pyrotechnischer Gegenstände und deren Einsatz. Weil der Schutz von Leib und Gut Dritter zu den primären Pflichten eines jeden Feuerwerkes zählt, kommt bei der Auswahl der pyrotechnischen Gegenstände, der Beachtung von Sicherheitsabständen besondere Bedeutung zu. Die Risiken denen Dritte ausgesetzt werden, sind mit vorbeugenden Massnahmen auf das kleinstmögliche Minimum zu beschränken. Ein absolutes Nullrisiko ist auch bei grösster Um- und Vorsicht in der Regel nicht erreichbar. Die Restrisikominimierung beinhaltet verschiedene spezifische Faktoren und kann so von Veranstaltung zu Veranstaltung unterschiedlich sein. Verbindlich aber sind in jedem Fall die unter Kapitel 6. „Sicherheit“ aufgeführten **Mindestsicherheitsabstände**.

Nach sorgsamer Abklärung aller finanziellen und sicherheitstechnischen Aspekte, sind bei der Auswahl und Abbrennfolge der pyrotechnischen Gegenstände der Fantasie kaum Grenzen gesetzt.

Vergessen Sie nicht, vorgängig Wappen, Flaggen oder Logos zu beschaffen, nach deren Vorlage Lanzenbilder, Feuerschriften, Feuerbilder hergestellt werden können. Besondere Aufmerksamkeit ist dabei den UN-geprüften Transportverpackungen von Lanzenbildern zu schenken.

Denken Sie auch daran, dass für jeden pyrotechnischen Gegenstand eine geeignete Abschussvorrichtung oder Befestigung vorhanden sein muss.

Wichtig: Arbeiten Sie unbedingt mit einer Material-Checkliste! Damit lassen sich unerfreuliche Überraschungen auf dem Platz am ehesten vermeiden.

Muster siehe Seite:6 und 8

3.1 Aufbau und Zündplan

Sind die zum Einsatz kommenden pyrotechnischen Gegenstände bestimmt, ist deren genaue Anordnung auf dem Abbrennplatz und die Reihenfolge sowie Art der Zündung festzulegen. Ein Aufbau- und Zündplan sichert eine pannenlose Montage. Diese Pläne sollten in genügender Stückzahl auch den Helfern zur Verfügung stehen. Und sie eignen sich nach Abschluss des Aufbaus auch gut zur Material- und Zündkreis-Kontrolle.

Siehe Beispiel Anhang 12

Wichtig: Eine gründliche Aufbau- und Zündkreis-Überprüfung kostet wenig Zeit und verhindert peinliche Misserfolge und böse Überraschungen beim Zünden!

Tipp: Der nächste Regen kommt bestimmt! Schützen Sie ihre Pläne und Unterlagen durch plastifizieren oder laminieren!

4. Bewilligungen

Das Abbrennen von Feuerwerken ist kantonal oder kommunal geregelt. Entsprechend unterschiedlich können die Vorschriften sein. Deshalb ist eine vorgängige Kontaktierung von Gemeindevertretern oder Polizeiorganen unumgänglich. Ist eine schriftliche Bewilligung erforderlich, kann die „Abbrandbewilligung für pyrotechnische Gegenstände“ der fedpol (welche auch als Erwerbsschein gilt) verwendet werden. (*Siehe: Anhang 20*)

Wichtig: Zusätzlich zur behördlichen Bewilligung ist für das Abbrennen von Feuerwerk auch das Einverständnis des Grundstückeigentümers erforderlich.

Hinweis: Für den Erwerb von pyrotechnischen Gegenständen zu gewerblichen Zwecken der Kategorien T2, P2 und Feuerwerkskörper der Kategorie F4 ist ein Erwerbsschein (*Siehe: Anhang 20*), oder eine vom Kanton oder von der Gemeinde ausgestellte „fedpol konforme“ Bewilligung zum

Abbrennen (Abbrandbewilligung) von pyrotechnischen Gegenständen zu gewerblichen Zwecken der Kategorie T2 und Feuerwerkskörper der Kategorie F4 erforderlich.

5. Versicherung

Wenn Privatpersonen ein Feuerwerk abbrennen, müssen Sie über eine Privathaftpflicht verfügen, welche allfällige Schäden an Dritten deckt. Wenn Sie Feuerwerk im Auftrag und gegen Entgelt abbrennen, so reicht eine Privathaftpflichtversicherung nicht mehr aus. Je nach Auftragsverhältnis ist die entsprechende Versicherungsform zu wählen. Klären Sie dies mit einem entsprechenden Versicherungsfachmann ab.

6. Materialvorbereitung

Eine gründliche Vorbereitung der benötigten Materialien erleichtert eine speditive Montage auf dem Abbrennplatz und sichert eine pannenfreie Durchführung. Die für einen Anlass mitzuführenden Materialien sind daher vorteilhafterweise lückenlos aufzulisten und frühzeitig vorzubereiten. Wesentliche Aspekte sind dabei:

- Abschussgestelle und Befestigungsmaterialien (Dachlatten, Rundholz)
- Benötigtes Werkzeug (z.B. Schaufel, Spaten, Pickel, Hammer, Beisszange)
- Anzündmaterialien
- Beleuchtung (Scheinwerfer, Stirn- oder Taschenlampe)
- Abdeckmaterial gegen Regen
- Feuerlöschmittel
- Papiere (Bewilligung, Transportpapiere)
- Hilfsmittel, Klebeband, Draht, Schrauben, Nägel
- Verbandskasten erste Hilfe mit Brandwundmittel!

Hinweis: Damit auf dem Abbrennplatz wirklich alles Nötige und Nützliche vorhanden ist, sollte auch in diesem Arbeitsbereich eine Material-Checkliste zum Einsatz kommen. (Siehe Seite: 8)

7. Helfer

Helfer müssen vom verantwortlichen Feuerwerker unterwiesen und für ihre Aufgabe richtig ausgerüstet sein. Ihre Arbeit ist zu kontrollieren. Werden beim Aufbau, beim Verladen oder beim Hantieren mit pyrotechnischen Gegenständen Helfer ohne Ausbildung miteinbezogen, ist sicherzustellen, dass diese volljährig sind. Das für den Aufbau benötigte Personal, ist für einen reibungslosen Ablauf, auf ein notwendiges Minimum zu beschränken.

Die Verantwortung für die sichere Durchführung des Feuerwerks und auch die Haftung für alle Beteiligten, liegt beim verantwortlichen Feuerwerker mit Ausweis.

8. Transport

Der Transport der pyrotechnischen Gegenstände zum Abbrennplatz hat gemäss den gesetzlichen Vorgaben (ADR / SDR) zu erfolgen. Insbesondere ist sicherzustellen, dass die pyrotechnischen Gegenstände korrekt verpackt und bezettelt sind, sowie die notwendige Dokumentation (Beförderungspapier) vorliegt.

9. Checkliste Projektorganisation Grossfeuerwerk

Feuerwerksprojekt / Kunde:	Veranstaltungsdatum:	Ort:
Gewünschte Abbrennzeit:	Max. Bewilligte Abbrennzeit:	Dauer:
Aufgenommen durch:	Zu Händen Auftraggeber:	Datum:

☐	In welcher Entfernung sind die Zuschauer und wo ist ihre Hauptansammlung zu erwarten?	m
☐	Sind Gebäude, Verkehrsstrassen oder Parkplätze in der Nähe? (Brandgefahr, Funkenflug, Lackschäden)	☐ Ja ☐ Nein
☐	Sind feuergefährliche Einrichtungen in der Nähe (z.B. Tankstellen, Tanklager etc.)?	☐ Ja ☐ Nein
☐	Ist das Gelände so einsehbar, dass auch Bodenfeuerwerk zu sehen ist, oder kommt nur Hochfeuerwerk in Frage?	☐ übersichtlich ☐ nur Hochfeuerw.
☐	In welcher Richtung können Rauch und Funken oder herabfallende Überreste windbedingt abgetrieben werden?	Richtung:
☐	Ist mit einer Lärmbelastung für nahegelegene Spitäler o.ä. zu rechnen?	☐ Ja ☐ Nein
☐	Wird ein Gewässer (Fluss, See) in den Abbrennplatz einbezogen oder kann gar das ganze Feuerwerk auf dem Wasser abgebrannt werden?	☐ Ja ☐ Nein ☐ alles auf dem Wasser
☐	Können optisch reizvolle Gebäude oder Brücken durch bengalische Beleuchtung gefahrlos in die Darbietung einbezogen werden?	☐ Ja ☐ Nein
☐	Ist ein Flugplatz in der Nähe oder ist mit aviatischen Aktivitäten und diesbezüglichen Einschränkungen zu rechnen?	☐ Ja ☐ Nein
☐	Liegen Eisenbahnlinien im gefährlichen Bereich des Feuerwerksplatzes? Evtl. Abbrenntermin mit Fahrplanlücke abstimmen	☐ Ja ☐ Nein ☐ Zeit:
☐	Müssen evtl. Strassen und Wege gesperrt werden?	☐ Ja ☐ Nein
☐	Beschaffenheit des Platzes, kann im Boden gegraben werden? Art des Untergrundes? ☐ trocken ☐ feucht ☐ steinig ☐	☐ Ja ☐ Nein
☐	Kann der Platz mit Lastwagen angefahren werden, oder muss auf andere Transportmittel zurückgegriffen werden?	☐ LKW möglich ☐
☐	Hilfsmittel: ☐ Sand ☐ Baugerüst	☐ Kunde ☐ FW
☐	Befestigungen: Pflöcke, Armierstäbe, usw. vorhanden	☐ Ja ☐ Nein
☐	Welche Möglichkeiten der Beleuchtung für Auf und Abbau bestehen? Beleuchtung durch FW nötig:	☐ 230 Vorhanden ☐ Ja ☐ Nein
☐	Organisation der Absperrung durch:	☐ Kunde ☐ FW
☐	Einholen der Bewilligung durch:	☐ Kunde ☐ FW
☐	Ausschalten der Beleuchtung während Feuerwerk:	☐ Kunde ☐ FW
☐	Musikanlage /Beschallung	☐ Kunde ☐ FW
☐	Abfall Entsorgung Container Grösse:	☐ Kunde ☐ FW
☐	Verpflegung Anzahl Personen	☐ Kunde ☐ FW
☐	Information folgender Behörden notwendig: ☐ Feuerwehr ☐ Gebäudeversicherung ☐ Gemeinde ☐ Polizei ☐ ☐	☐ Kunde ☐ FW
☐	Verantwortliche Person Veranstalter:	Handy:

Bemerkung:

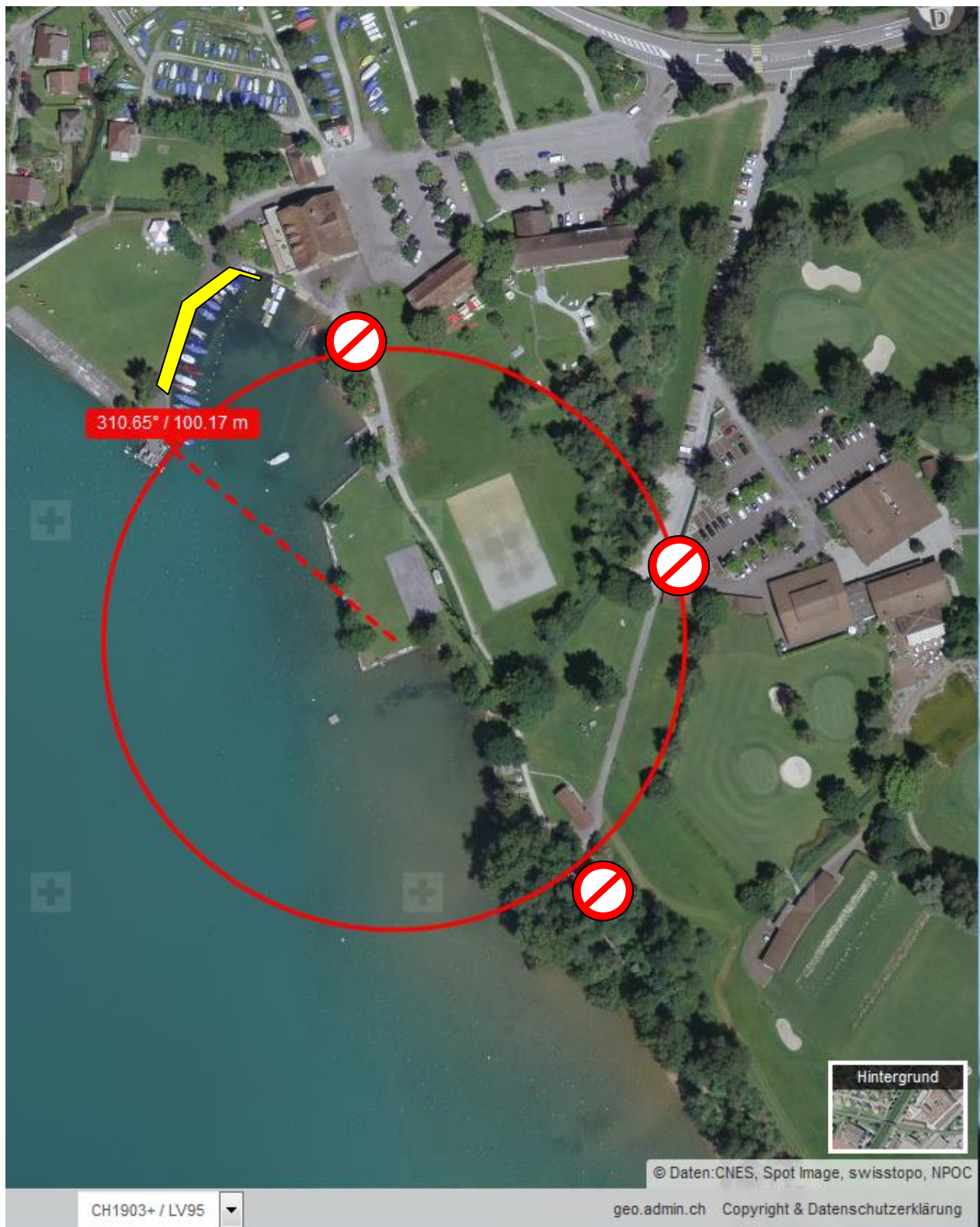
10. Situationsplan Abbrennplatz



= Absperren / Wache



= Zuschauer



map.geo.admin.ch

11. Material Liste zum Aufbauen von Grossfeuerwerken

Material	Bemerkungen	X
Abschussvorrichtungen	Separate Liste erstellen	
Absperrband		
Akku-Bohrschrauber		
Anzündlitzen		
Dachlatten, Bretter (Holz)		
Draht		
Elektrische Anzünder		
Elektrische Ladegeräte		
Elektrischer Generator		
Erste Hilfe Koffer mit Brandwundmittel		
Feuerlöscher / Löschdecke		
Feuerwerksartikel	Lieferschein	
Flutlicht		
Funkgeräte		
Gehörschutz		
Helm mit Visier		
Holzpflöcke / Holzpfähle		
Holzschrauben		
Kabelbinder		
Kabelrolle 230 V		
Kehrichtsäcke		
Klebeband		
Lampen		
Nägel		
Ohmmeter / Durchgangsprüfer		
Regenschutzmaterial		
Sandsäcke		
Schaufeln		
Schwimmwesten		
Scotchlock, Stecker		
Stirnlampe		
Stoppinenleitungen (gedeckte Stoppine)		
Vorbrenner		
Vorschlaghammer		
Werkzeugkiste	Liste Inhalt Werkzeugkiste	
Zeltunterstand Regenschutz		
Zündgeräte		
Zündkabel		
Zündlichter / Sturmstreichhölzer		

14 BF

AVOR

Arbeitsvorbereitung



Inhaltsverzeichnis

AVOR

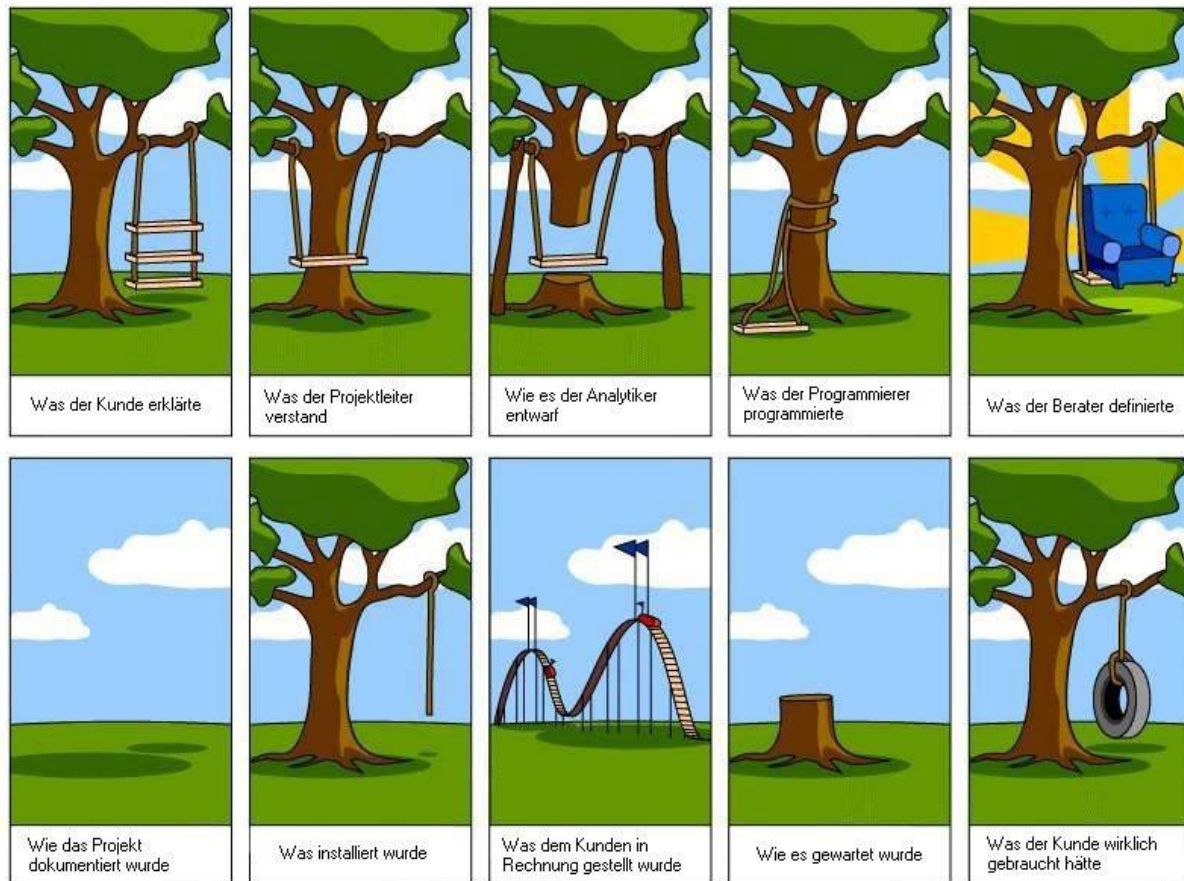
1	Arbeitsvorbereitung	2
1.1	Beispiel Auftrags Ausführung	2
2	Organisieren	3
2.1	Kundenwunsch / Idee.....	3
2.2	Rahmenbedingungen / Skizze	4
2.3	Abklärungen vor Ort / Rekognoszieren	4
2.4	Vorbereitungen / Konzeption.....	5
2.5	Auftragsklärung.....	5
2.6	Durchführung	5
2.7	Reflexion / Fazit	5

1 Arbeitsvorbereitung

Arbeitsvorbereitung, in Fachkreisen auch AV, in der Schweiz AVOR genannt, umfasst sämtliche Massnahmen zur Vorbereitung der Abfertigung von Erzeugnissen. Dies beinhaltet auch Aufgaben wie die Erstellung von Stücklisten, Planung des Bedarfes sowie der Terminierung und der Bereitstellung von Material, Maschinen und Personal.

1.1 Beispiel Auftrags Ausführung

Auf diesen Bildern wird eine nicht optimale Ausführung eines Auftrages dokumentiert. Die Klärung und Organisation ist sehr wichtig für eine gute Durchführung.



"gut organisiert, ist halb gearbeitet"

Dieses Sprichwort trifft überall zu. Tagtäglich passieren Leerläufe, weil Leute in allen Positionen nicht vorausdenken. Dies verursacht für die Unternehmung nicht nur unnötige Kosten, sondern belastet auch das Arbeitsklima. Mitarbeiter spüren sofort, ob ihre Vorgesetzten zielstrebige, fachkompetente Leiter sind oder stets improvisieren, wie es ihnen gerade in den Sinn kommt.

2 Organisieren

Arbeitsvorbereitung (AVOR) bedeutet, sich die Arbeit zum Voraus vorzustellen. Also vorausdenken und zu organisieren. Dies bedingt, dass der AVOR-Betreibende das nötige Fachwissen besitzt.



2.1 Kundenwunsch / Idee

Was stellt sich der Kunde (Regisseur) vor (Effekt)

- Feuer (Feuerschale, Lagerfeuer, Brandausbruch, Feuerkanal, usw.)
- Rauch (Aschenbecher, kochende Pfanne, usw.)
- Explosion (Feuerpilz, Kurzschluss-Effekt, Bombenattrappe)
- Schusseffekt
- Indoor-Feuerwerk als Show-Element
- Effekt zur Livemusik
- Produkte-Präsentation (CD-Taufe, usw.)
- usw.

2.2 Rahmenbedingungen / Skizze

Wie ist der Ablauf der Show? (Theater)

- Festinstallation?
- Mobile Installation?
- Aufbau vor Beginn?
- Kurze Aufbauzeit?
- Wer macht den Effekt (Auslösen)
- Wer sind die verantwortlichen Personen?
- Wann ist der pyrotechnische Effekt?
- Können Sicherheitsabstände eingehalten werden?
- Was sind es für Gäste?
- Wird bei der Veranstaltung gegessen?

2.3 Abklärungen vor Ort / Rekognoszieren

Abklärungen vor Ort:

- Gefährdungsbeurteilung
- Wer ist der Verantwortliche vor Ort? (Hallenwart, Bühnenmeister, Sicherheitsverantwortlicher, usw.)
- Ist der Eigentümer einverstanden?
- Was sind die Hausregeln?
- Wie sind die Räume beschaffen? (Holz, Glas, Beton, usw.)
- Raumgrösse / Höhe?
- Sind Grundrisspläne vorhanden?
- Aus was für Material besteht der Boden?
- Gibt es Risse und Spalten im Boden?
- Entsprechen die Kulissen den entsprechenden Vorschriften?
- Was für technische Sicherheitsanlagen bestehen? (Rauchmelder, Sprinkler, stellt die Lüftung bei Rauchentwicklung ab, usw.)
- Was passiert mit der Brandmeldeanlage? (Ausschalten, Brandwache usw.)
- Was für eine Lüftung besteht? (Zuluft, Abluft, Rauchklappe, Dachfenster, Fenster, Türen, usw.)
- Entsprechen die Festinstallationen (Vorhänge, usw.) den entsprechenden Sicherheitsnormen? (Kontrolle)
- Wie ist das Bühnenhaus beschaffen? (Schmutzablagerungen, usw.)
- Gibt es freie Aufzüge die verwendet werden können?
- Gibt es diverse Befestigungsmöglichkeiten?
- Was sind die bestehenden Löschmöglichkeiten?
- Wo befinden sich die Notausgänge?
- Gibt es einen separaten Raum für die Vorbereitungen
- Wie erfolgt die Anlieferung?
- Welche Behörden sind zu orientieren?

2.4 Vorbereitungen / Konzeption

Vorbereitungen:

- Konzept erarbeiten
- Sicherheitsdispositiv erarbeiten
- Versicherung
- Verantwortung
- Bewilligung einholen

Antrag an die entsprechenden Behörden:

- Produkteliste mit Angaben von Effekten, Brenndauer, Effekt-Höhe, Sicherheitsabstände, Produkte-Klasse (T1 / T2)
- Bühnenplan
- Versicherungsnachweis
- Pyrotechniker-Ausweis

Nach Erhalt der Bewilligung gilt es die entsprechenden Auflagen zu erfüllen.

- Plan erarbeiten
- Effekte bestimmen
- Zündplan schreiben
- Zündgeräte bestimmen
- Abschussvorrichtungen bestimmen
- Effektgeräte bestimmen
- Feuerwerk programmieren
- Effekte bestellen
- Helfer reservieren
- Material vorbereiten
- Geeignete Löschmittel vorbereiten

2.5 Auftragsklärung

Vor dem Anlass den ganzen Ablauf und Effekte mit den Verantwortlichen nochmals besprechen. Wir können somit die letzten Unklarheiten klären und allfällige Missverständnisse aus der Welt schaffen.

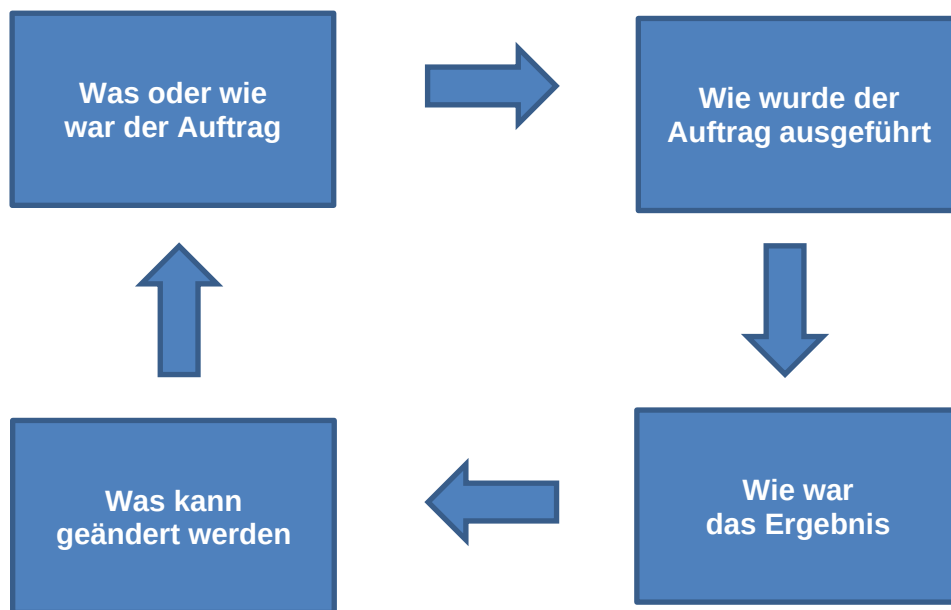
2.6 Durchführung

- mit dem Kunden Kontakt aufnehmen und den Ablauf mit ihm besprechen
- bei der verantwortlichen Person (Bühnenmeister / Hauswart, etc.) vor Ort anmelden
- Ort für die Vorbereitung markieren
- vor der Show mit allen Beteiligten den Ablauf besprechen

2.7 Reflexion / Fazit

- Feedback Kunde
- Feedback Zuschauer
- Feedback Künstler
- Feedback Mitarbeiter
- eigene Beobachtungen

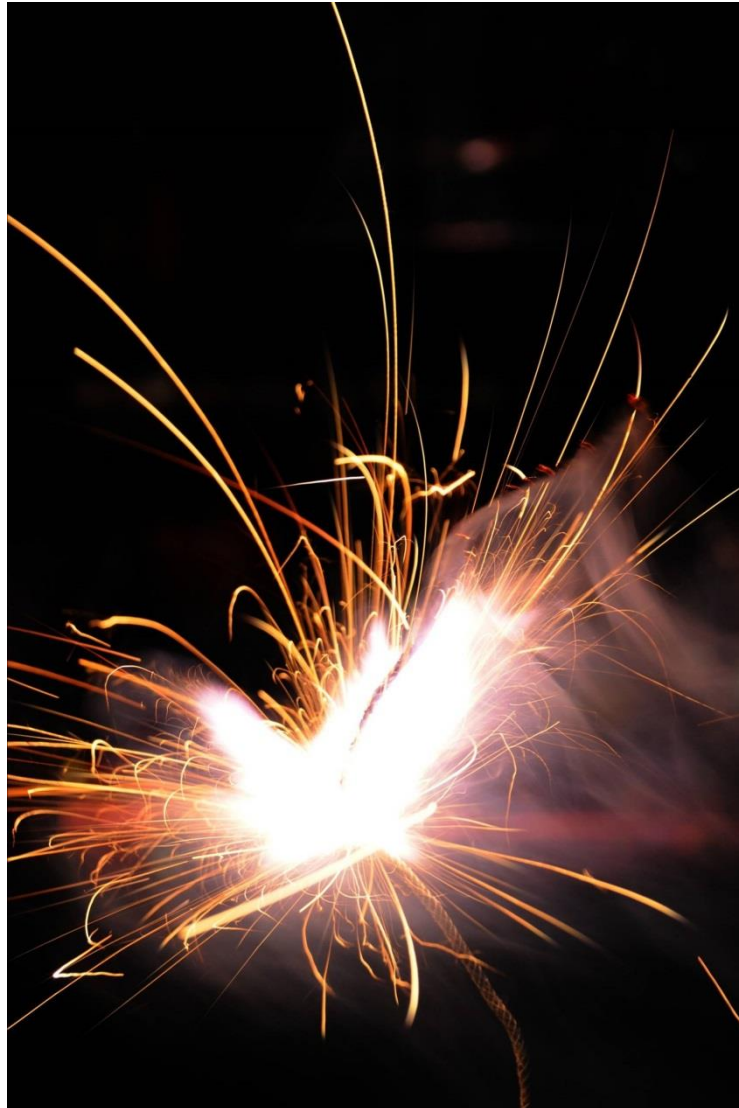
Für ein gutes Feedback muss man die richtigen Fragen stellen, dieser Feedbackkreislauf kann als Gedankenstütze helfen.



Wir müssen die nötigen Schlüsse aus diesen Beobachtungen ziehen und allfällige Verbesserungen in die Wege leiten.

15 AB BF

Pyrotechnische Anzündung



Inhaltsverzeichnis

Pyrotechnische Anzündung

1. Einleitung.....	2
2. Pyrotechnische Gegenstände, welche in der Schweiz als Anzündmittel gelten (siehe SprstV; Anhang 1)	3
2.1 Anzündlicht	3
2.2 Sturmzündholz	4
2.3 Mechanische Anzünder.....	4
2.4 Ungedeckte Stoppinen (Blackmatch)	5
2.5 Anzündlitze	5
2.6 Anzündschnur für pyrotechnische Zwecke (Green Fuse)	6
2.7 Zündband (Tapematch, Matchtape)	6
2.8 Pyroschnur (Pyroxilschnur)	7
3. Gegenstandstypen, welche in der Schweiz als pyrotechnische Gegenstände gelten ..	8
3.1 Gedeckte Stoppinen (Anzündleitung, Quickmatch)	8
3.2 Sicherheitsanzündschnur für pyrotechnische Zwecke (Zeitanzündschnur).....	9
3.3 Vorbrenner (Pyrotechnische Verzögerung nur FWB)	10
3.3.1 Traditioneller Vorbrenner	10
3.3.2 Modulares Vorbrenner Stecksystem (steckbare Vorbrenner).....	11



1. Einleitung

Pyrotechnische Gegenstände werden pyrotechnisch oder elektrisch angezündet, wozu Anzündmittel Anwendung finden. Die pyrotechnischen Anzündmittel können im Feuerwerk zu verschiedenen Zwecken eingesetzt werden:

- Sicherstellung einer bestimmungsgemässen Anzündung eines pyrotechnischen Gegenstandes oder eines pyrotechnischen Satzes.
- Pyrotechnische Verbindung zur Anzündung mehrerer pyrotechnischen Gegenstände oder zur Gewährleistung einer Abfolge an pyrotechnischen Effekten.
- Anzündverstärkung bei elektrischer Anzündung.

Allen pyrotechnischen Anzündmitteln ist gemeinsam, dass sie auf dem Abbrand pyrotechnischer Sätze basieren und meist mit einer Flammenentwicklung verbunden sind. Einmal angezündet oder aktiviert können sie ohne äussere Einwirkungen nicht mehr gestoppt werden. Die Funktionsweise und die Empfindlichkeit gegenüber äusseren Einflüssen sind dabei sehr unterschiedlich. Der korrekten Auswahl der Anzündungselemente kommt daher im Feuerwerk im Rahmen der Gewährleistung der vorgesehenen Funktionen eine sehr grosse Bedeutung zu.

Auch Anzündmittel fallen in der Schweiz in den Geltungsbereich der Sprengstoffgesetzgebung. Gestützt auf die EU-Richtlinie 2013/29/EU sowie die entsprechende Norm SN EN 16265 «Pyrotechnische Gegenstände – Sonstige pyrotechnische Gegenstände – Anzündmittel» werden diese den Kategorien **P1** oder **P2** zugewiesen. Gemäss SprstV Anhang 1 gelten jedoch gewisse Anzündmittel in der SprstV nicht als pyrotechnische Gegenstände.

Die Zentralstelle Explosivstoffe ZSE (vormals ZSP) hat in ihrem Rundschreiben vom 01. September 2016 (siehe Anhang 20) diese Anzündmittel bezeichnet.



Als Anzündmittel gelten insbesondere: Anzündlitzen, ungedeckte Stoppinen (Blackmatch), Anzündschnüre für pyrotechnische Zwecke (Green Fuse), elektrische und mechanische Anzünder, Zündlichter, Zündband (Tapematch), Pyroxilschnur, Streichhölzer.

Die genannten Anzündmittel (Aufzählung abschliessend) benötigen weder eine Bewilligung für den Import bzw. sind nicht der Erwerbsscheinpflcht (siehe Kapitel 2) unterstellt. Für die Bereitstellung auf dem Markt ist keine Verkaufsbewilligung notwendig. Ebenfalls fallen Anzündmittel nicht unter die Buchführungspflicht.

Die folgenden Gegenstandstypen gelten als pyrotechnische Gegenstände und werden dem Nachweis der EU-Konformität unterstellt (siehe Kapitel 3).

Es handelt sich dabei insbesondere um:

Anzündketten, Anzündverzögerungsmittel (Verzögerer, Vorbrenner), gedeckte Stoppinen (Quickmatch), Sicherheitsanzündschnüre für pyrotechnische Zwecke, Squibs, Zündpapier und Anzündhütchen.

Die genannten Gegenstandstypen benötigen eine Bewilligung für den Import bzw. sind der **Erwerbsscheinpflcht (wenn P2) unterstellt**. Für die Bereitstellung auf dem Markt ist eine Verkaufsbewilligung notwendig. Ebenfalls unterliegen sie der Buchführungspflicht.

Die nachfolgenden Beschreibungen von pyrotechnischen Anzündmitteln / Gegenstandstypen mit Relevanz für das Feuerwerk werden entsprechend dieser Unterteilung gegliedert.

2. Pyrotechnische Gegenstände, welche in der Schweiz als Anzündmittel gelten (siehe SprstV; Anhang 1)

Zur sicheren und raschen Auslösung (Anzündung) pyrotechnischer Anzündstellen haben sich unter Grossfeuerwerksbedingungen die folgenden Systeme bewährt:

2.1 Anzündlicht

Das Anzündlicht besteht aus einem 150 – 300 mm langen einseitig verschlossenen Papprohr (Durchmesser ca. 7 – 10 mm). Im Innern befindet sich ein pyrotechnischer Satz und am offenen Ende eine Anzündstelle.

Beim Anzünden des Anzündlichts entsteht während 1 – 2 Sekunden eine mehrere Zentimeter lange Funkengarbe. Erst nachher bildet sich die eigentliche, kleinere Anzündlichtflamme aus. Die Brenndauer beträgt im Allgemeinen 2 bis 4 Minuten. Mit Anzündlichtern können auch schwer entzündbare Anzündstellen sicher angezündet werden.



Vorsicht: Die Temperatur der Flamme beträgt ca. 1'600 Grad.

Vorsicht:

- Das Anzündlicht nicht gegen Personen oder Gefahrenzonen richten.
- Während des Abbrennens kann flüssige Schlacke auslaufen, Gefahr schwerer Brandverletzungen oder Brandschäden an Kleidung.
- Ein brennendes Anzündlicht nur auf einen nicht brennbaren Untergrund ablegen.
- Niemals einen Feuerwerkskörper transportieren, während man gleichzeitig ein brennendes Anzündlicht hält.
- Nie ein Reserve-Anzündlicht in der Hosentasche mitführen.



2.2 Sturmzündholz

Das Sturmzündholz ähnelt einem herkömmlichen Streichholz, verfügt aber neben dem anzureibenden Zündkopf über einen weiteren pyrotechnischen Satz, welcher auch bei starkem Wind für einige Sekunden eine heisse Anzündflamme erzeugt. Damit lassen sich pyrotechnische Anzündstellen auch unter erschwerten Wetterbedingungen (Wind, Regen) zuverlässig zünden, solange die Reibfläche und der Zündkopf der einzusetzenden Sturmzündholzer nicht nass oder feucht sind.

Im Handel sind auch wasserfeste, mit Wachs behandelte Sturmzündhölzer erhältlich.



2.3 Mechanische Anzünder

Mechanische Anzünder enthalten einen empfindlichen pyrotechnischen Anzündsatz der durch rein mechanischen Einfluss (Schlag oder Reibung) ausgelöst wird. Mit der entstehenden Anzündungsflamme können nachgeschaltete pyrotechnische Anzündketten aktiviert werden. Mechanische Anzünder werden üblicherweise direkt in die pyrotechnischen Gegenstände verbaut (z.B. Seenotsignale, Rauchwurfkörper). Mechanische Anzünder werden im Grossfeuerwerk in der Regel nicht verwendet.



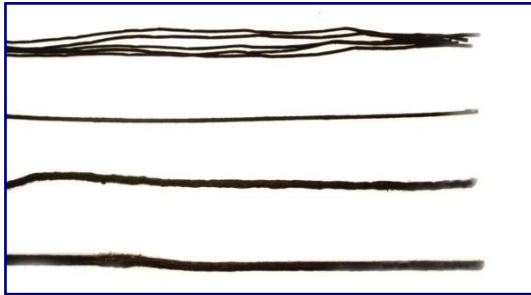
Reisszünder als Beispiel eines mechanischen Anzünders

Hinweis: **Niemals** gedeckte Stoppine mit Reisszünder anzünden!

2.4 Ungedeckte Stoppinen (Blackmatch)

Die Stoppinen dienen der Übertragung der Anzündung. Sie bestehen aus mehreren dünnen, textilen Trägerfäden die mit Schwarzpulverbrei beschichtet ist. Sie brennen mit einer offenen Flamme, sind sehr leicht entzündbar und hoch empfindlich gegenüber Funkenwurf! An freier Luft beträgt die Brenngeschwindigkeit etwa 1 – 4 cm/s. Mechanisch verletzte Stoppinen (z.B. Pulverbrei abgebröckelt) können abweichende Eigenschaften beim Abbrand (schneller oder wesentlich langsamer bis hin zum Glimmen) aufweisen!

Stoppinen werden im Feuerwerk meist als leichtentzündbares Element zur **Anzündverstärkung** eingesetzt.



Achtung: Sobald die Oberfläche einer herkömmlichen ungedeckten Stoppinen nicht mehr vollständig frei liegt (vollständige oder teilweise Umhüllung – «Verdämmung»), kann sich die Brenngeschwindigkeit stark, bis hin zum explosionsartigen Abbrand, erhöhen. Zum Beispiel beim Abkleben mit Klebestreifen in der Absicht die Stoppinen gegen Feuchtigkeit zu schützen oder wenn Stoppinen zur vermeintlich zuverlässigeren Anzündübertragung gebündelt werden!

2.5 Anzündlitze

Die etwa 3 mm dicke Anzündlitze besteht aus einer feinkörnigen trägen Schwarzpulverseele mit Zellwollfäden, umhüllt von einer Lage Kunststoffolie und feinen Kunstseidefäden. Ein dünner Metalldraht in der Mitte verleiht die notwendige Festigkeit und ermöglicht ein einfaches Verdrillen. Biegesteifigkeit und Lagestabilität lassen eine bequeme Verlegung zu. Die Anzündlitze ist nicht wasserfest. Es gibt zwei Typen der Anzündlitze, die sich durch Farbe und Brenndauer unterscheiden: rote Litze (**8 – 12 cm/s**) und gelbe Litze (**4 - 5 cm/s**). Anzündlitzen brennen mit einer offenen Flamme ab. Offene, nicht abgedeckte Enden sind sehr funkenempfindlich.

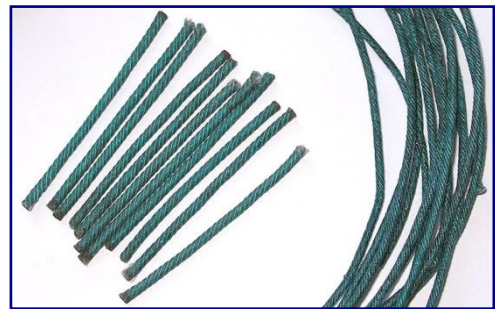
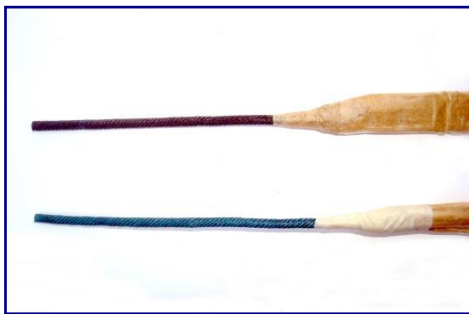
Anzündlitzen können zum Verbinden und Verzögern einzelner Feuerwerkskörper untereinander (z.B. Raketen, Vulkane) aber auch zur Anzündverstärkung wie Stoppinen und für alternative Produkte wie Feuerbilder verwendet werden.



2.6 Anzündschnur für pyrotechnische Zwecke (Green Fuse)

Green Fuse ist die am häufigsten bei Feuerwerkartikeln im Detailhandel verwendete Anzündschnur. Es ist eine nur ca. 2 - 3 mm dicke Anzündschnur mit einer sehr feinen Pulverseele. Durch ihren äusseren Lacküberzug ist sie wasserabweisend und kurzfristig gegen Feuchtigkeit geschützt. Sie weist eine gute Sicherheit gegen Funkenschlag auf, kann aber durch starke Quellen (z.B. Anzündlicht) von aussen gezündet werden. Die sehr konstante Brenngeschwindigkeit beträgt ca. 1 - 1,5 cm/s und gewährleistet für einzeln abzuschliessende Feuerwerkskörper eine zuverlässige Verzögerungsfunktion. Durch den offenen, funkensprühenden Abbrand hat sie eine gute Zündübertragung.

Green Fuse wird in der Regel bei handelsüblichen gebrauchsfertigen Grossfeuerwerkskörpern (z.B. bei Feuerwerksbatterien) als Verzögerungselement vorgeschaltet.



„Green“ Fuse kann auch schwarz, gelb, rot, usw. gefärbt sein!

2.7 Zündband (Tapematch, Matchtape)

Zündband besteht aus einem einseitigen Klebeband, welches in der Mitte mit aufgestreutem feinem Kornschwarzpulver beschichtet wird. Es dient wie gedeckte Stoppinen der Anzündübertragung und weist ein ähnliches Abbrandverhalten auf. Die Empfindlichkeit gegenüber Flammeneinwirkungen von aussen ist jedoch mit (ungedeckten) Stoppinen vergleichbar. Die Verwendung von Zündband erleichtert das Verbinden vieler einzelner Anzündstellen (z.B. bei Zimmerfontänen). Die Anzündleistung von Zündband ist beschränkt, für eine sichere Übertragung kann die Anzündstelle zusätzlich mit Stoppinen versehen werden.



2.8 Pyroschnur (Pyroxilschnur)

Pyroschnur ist ein nitrierter Baumwollfaden in einer Stärke von 2 - 5 mm. Die Pyroschnur brennt sehr schnell, nahezu rauchlos und fast geruchsfrei ab. Trotz ihrer geringen Dicke und Leichtigkeit ist sie erstaunlich reissfest, daher ist sie auch geeignet zum Abwerfen von mit ihr aufgehängten Gegenständen.

Anwendungen

Da sie rückstandslos verbrennt kann sie auch zum Anzünden von kleinen Effekten wie z.B. F1 Fontänen untereinander, sowie für in der Luft laufende Feuer (um Draht gewickelt) verwendet werden. Pyroschnur eignet sich auch zur Darstellung von laufenden Flammen, z.B. entlang der Kanten eines Bildes. Zauberkünstler verwenden die NC-Schnur häufig als Blendeeffekt um Dinge erscheinen oder verschwinden zu lassen.

Lagerung und Transport

Pyroschnur ist im trockenen Zustand hochentzündlich! Zur Sicherheit wird die Pyroschnur im Verkauf mit destilliertem Wasser angefeuchtet geliefert. Unmittelbar vor Gebrauch muss sie fern von Funken und Zündquellen geschützt, an einem warmen Ort getrocknet werden.

Die Lagerung und der Transport müssen zur Sicherheit auch angefeuchtet in der verschlossenen Originalverpackung erfolgen.



3. Gegenstandstypen, welche in der Schweiz als pyrotechnische Gegenstände gelten

3.1 Gedeckte Stoppinen (Anzündleitung, Quickmatch)

Werden Stoppinen in Papier- oder Kunststoffumhüllungen eingezogen, brennen sie explosionsartig ab. Die Verbrennungsgeschwindigkeit liegt je nach Umhüllung zwischen 300 – 1000 cm/s. Gedeckte Stoppinen weisen damit für sich allein keinerlei Verzögerungsfunktion auf.

Gedeckte Stoppinen dienen im Grossfeuerwerk der raschen Übertragung einer Anzündungsflamme von der Anzündstelle zum eigentlichen Feuerwerkskörper oder zu einer weiteren Anzündstelle.

Sie werden auch als sichere Übertragung einer elektrischen Anzündung auf eine Green Fuse Anzündstelle z.B. F4 Batterie verwendet.



Vorsicht: Gedeckte Stoppine brennt bis **1000x** schneller ab als offene Stoppine!

Niemals gedeckte Stoppine von Hand anzünden!

Beim explosionsartigen Abbrand werden oftmals brennende oder glimmende Teile der Papier Umhüllung umher geschleudert, welche ungeschützte Stoppinen oder empfindliche Anzündstellen entzünden können!

Achtung: Wenn herkömmliche Stoppinen zum Schutz gegen Feuchtigkeit mit Klebestreifen abgeklebt werden, kann der gleiche explosionsartige Abbrennvorgang auftreten!

3.2 Sicherheitsanzündschnur für pyrotechnische Zwecke (Zeitanzündschnur)

Die Sicherheitsanzündschnur für pyrotechnische Zwecke besteht aus einer sehr feinkörnigen Schwarzpulverseele in einem etwa 5 mm dicken Textil-Gewebeslauch, der zusätzlich mit einer dichten Bitumenmasse imprägniert und/oder mit Kunststoff verschiedener Einfärbung überzogen sein kann (feuchtigkeitsunempfindliche und wasserdichte Ausführung). Die Sicherheitsanzündschnur für pyrotechnische Zwecke brennt ohne sichtbaren Funkenaustritt nur in der Seele ab. Durch die gute Ummantelung ist sie funkenschlagsicher. Die Abbrenngeschwindigkeit liegt im Bereich von 0,5 bis 1 cm/s. Der technische Aufbau und die Eigenschaften der Anzündschnur für pyrotechnische Zwecke sind der, ausschliesslich für Sprengarbeiten vorbehaltenen, Sicherheitsanzündschnur ähnlich!

Sicherheitsanzündschnüre zu Sprengzwecken dürfen nicht im Bereich Pyrotechnik eingesetzt werden (SprstG; Artikel 15).

Die Sicherheitsanzündschnur für pyrotechnische Zwecke wird vor allem zur Herstellung von Aufstiegs-Verzögerungen in Bomben und Bombetten, so wie auch für besonders lange Verzögerungszeiten gebraucht.



Oben: Sichtbare Flamme kurz nach Zündung
Unten: Leichter Gasausstoss während Abbrand (keine sichtbare Flamme!)

Der Import von Sicherheitsanzündschnur für pyrotechnische Zwecke ist in der Schweiz nur unter gewissen Bedingungen möglich.

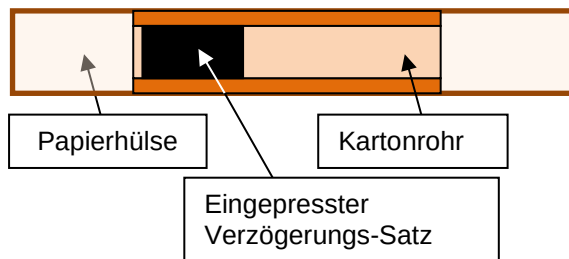
3.3 Vorbrenner (Pyrotechnische Verzögerung nur FWB)

Vorbrenner werden zur Erzeugung kurzer Verzögerungsintervalle (typisch 1 - 6 s) eingesetzt. Meist dienen diese der Festlegung der Abschussfolge von mehreren Feuerwerkskörpern innerhalb einer einzelnen pyrotechnischen Anzündkette.

3.3.1 Traditioneller Vorbrenner

Traditionelle Vorbrenner bestehen aus einer, in ein Kartonröhrchen eingepressten, massiven Schwarzpulversäule. Diese brennt bei Anzündung mit einer definierten Geschwindigkeit ab und erzeugt so die gewünschte, von der Säulenlänge abhängige, Zeitverzögerung.

Solche Vorbrenner erzeugen beim Abbrand eine lange Flammensäule mit hoher Anzündleistung und auch einen leichten „Schub“. Sie müssen entsprechend mechanisch fixiert werden. Bei der Montage ist darauf zu achten, dass der starke Flammenaustritt nicht zur unbeabsichtigten Anzündung von anderen pyrotechnischen Elementen führen kann.



Üblicherweise werden mehrere Vorbrenner mittels gedeckten Stoppinen untereinander verbunden, wobei nach dem einzelnen Vorbrenner jeweils eine zusätzliche gedeckte Stoppinenleitung zum auszulösenden Feuerwerkskörper geführt wird.

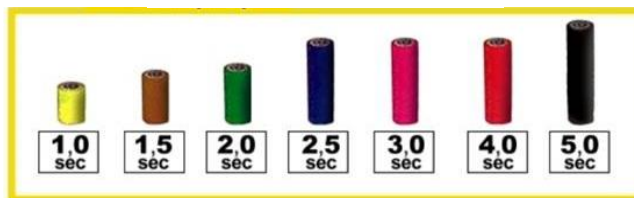


3.3.2 Modulares Vorbrenner Stecksystem (steckbare Vorbrenner)

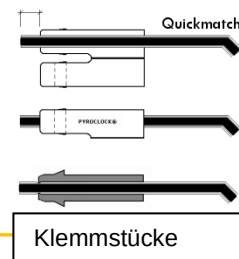
Auf dem Markt sind diverse einfach zu handhabende modulare Stecksysteme mit Verzögerungszeiten zwischen 1 und 5 Sekunden erhältlich.

Modulare Stecksysteme basieren auf einer präzisen speziellen Zeitanzündschnur, die in einem wasserresistenten Kunststoffteil eingepresst sind. Die Herstellung einer Verzögerungskette wird mit solchen Steckelementen verglichen mit traditionellen Vorbrennern wesentlich erleichtert.

Verzögerungszeiten



Die Farbcodierungen können von Hersteller zu Hersteller variieren!



Diverse Fabrikate



16 AB BF

Elektrische Anzündung



Inhaltsverzeichnis

Elektrische Anzündung

1	Einleitung.....	2
2	Funktion eines elektrischen Anzünders.....	2
3	Brückenwiderstand und Empfindlichkeit.....	3
3.1	A- Anzünder (Normalempfindlich)	3
3.2	FA- Anzünder.....	3
3.3	U (F-FIDUZ) Anzünder (Unempfindlich)	3
3.4	Vergleichstabelle	3
4	Grundbegriffe der Elektrizität	4
4.1	Geschichte	4
4.2	Elektrischer Strom	4
4.3	Elektrische Spannung.....	4
4.4	Elektrischer Widerstand.....	5
4.5	Ohmsches Gesetz	5
5	Grundlagen der elektrischen Zündung	6
6	Grundschaltungen	7
6.1	Die Zündkreis Serienschaltung (Reihenschaltung)	7
6.1.1	Vor und Nachteile der Serieschaltung:.....	7
6.2	Reihenschaltung (Serieschaltung).....	8
6.3	Parallelschaltung	9
6.4	Die Zündkreis Parallelschaltung	10
6.4.1	Vor- und Nachteile der Parallelschaltung:	10
6.5	Die Zündkreis Serienparallelschaltung (Gruppenschaltung)	11
6.5.1	Vor- und Nachteile der Serienparallelschaltung:	11
7	Zünddrahtverbindung	12
7.1	Beispiele sicherer Verbindungen:.....	12
8	Verlegen der Zündleitungen	13
9	Sicherheit in der Nähe von Sendeanlagen oder Starkstromleitungen.....	14
9.1	Guter und schlechter Zündleitungsaufbau.....	14
10	Rundfunk und Mobilfunkanlagen in der Schweiz	14
11	Zündkreis Prüfung	16
12	Zündgeräte / Zündsysteme	17
12.1	Blockschaltbild Zündgerät.....	17
12.2	Einfacher Aufbau und Zündplan	19
12.3	Elektromechanische Zündanlage	20
12.4	Zündcomputer.....	20
12.4.1	Kabelgebundene Zündverteilung	20
12.4.2	Funkzündung.....	21
13	Synchronisierung mit FSK Zündsignalen (nur FWB / BF).....	22
14	Synchronisierung mit Zeitcode (Timecode) (nur FWB / BF)	23
14.1	SMPTE-Timecode	23
14.2	PD-Timecode	23
14.2.1	Timecode Signal Erzeugung	24
14.3	Beispiel Multimedia Show.....	25
15	DMX Steuerung (Lichttechnik) (nur FWB / BF)	26
15.1	Aufbau der Signalübertragung (Bus)	26
15.2	Aufbau und Verkabelung	26
15.3	Elektrische Spezifikationen und Kabel	27
15.4	Geräte Adresse.....	27
15.5	Nachteile der seriellen DMX Ansteuerung.....	27
15.6	Software DMX Steuerung	28

Elektrische Anzündtechnik

1 Einleitung

Wie bei allen technischen Errungenschaften ist auch die elektrische Zündung durch langjährige Entwicklungsarbeit auf ihren derzeitigen hohen Stand gebracht worden.

Die elektrische „Zündung“, fachlich jedoch richtige Bezeichnung **Anzündung** von pyrotechnischen Effekten, bringt für die Bühnentechnik neben zahlreichen anwendungstechnischen auch grosse **sicherheitstechnische Vorteile**.

Für den Feuerwerker wird mit modernen Zündanlagen die grösst mögliche Sicherheit geboten, da die Zündung von einem sicheren überschaubaren Standort aus erfolgt. Durch die Verwendung von unempfindlichen (U)-Anzündern kann die Gefahr durch Streuströme und statische Entladungen ausgeschaltet werden, so dass auch Zündungen in der Nähe von elektrischen Anlagen gefahrlos durchgeführt werden können.

In der Vergangenheit wurden sehr verschiedenartige elektrische Anzünder und Zündmaschinen verwendet. Zur heutigen Zeit werden nur noch Brückenzünder vom Typ A, FA und U verwendet. Als Zündstromquelle werden ausschliesslich Kondensator-Zündgeräte verwendet. Die nachfolgenden Ausführungen befassen sich daher nur mit dieser Anzünderart und den dazugehörigen elektrischen und elektronischen Zündgeräten.

Hinweis: Unter Anzünden versteht man das Auslösen eines Abbrandes.

Unter Zünden hingegen das Auslösen einer Detonation.

2 Funktion eines elektrischen Anzünders

Typische elektrische Anzünder (Abb.1) bestehen aus einem mit zwei Zuleitungsdrähten versehenen Zünderköpfchen. Es besteht aus zwei in Kunststoff eingegossenen und voneinander isolierten Kontaktlamellen. An einem Ende der Lamellen ist der Glühbrückendraht befestigt. Die Glühbrücke ist von einer kugelförmigen Zündpille umgeben. Eine antistatische Lackschicht schützt das Köpfchen gegen Feuchtigkeit und bildet durch eine hochohmige elektrische Verbindung mit den Anschlusslamellen einen Faradayschen Käfig, als Schutz gegen statische Spannungsausgleiche.

Wenn durch die Glühbrücke ein genügend starker Strom geschickt wird, glüht sie auf und entzündet die Zündpille. Die dabei entstehende Flamme wird direkt zur Anzündung pyrotechnischer Sätze oder Anzündschnüre benutzt. (Wegen seiner Glühbrücke wird dieser Anzündertyp auch Brückenanzünder bezeichnet).

Hinweis: Brückenanzünder sind nicht sprengkräftig, dies unterscheidet einen Anzünder von einem Sprengzünder.

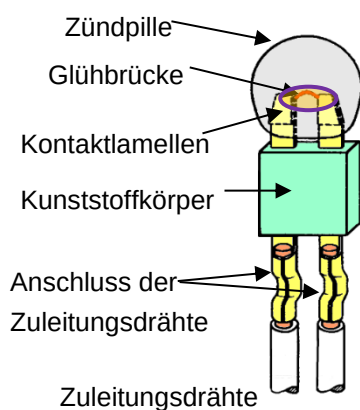
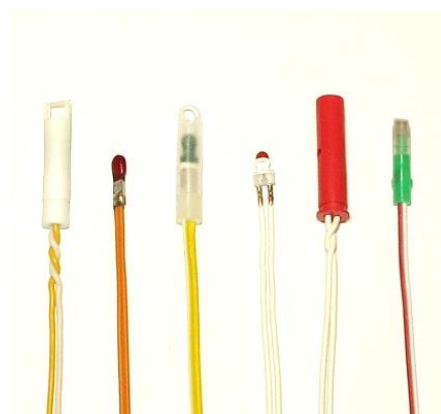
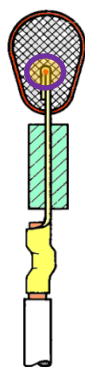


Abb.1



Diverse Anzünder Fabrikate

3 Brückenwiderstand und Empfindlichkeit

Derzeit werden für pyrotechnische Zwecke vorwiegend elektrische Anzünder mit drei verschiedenen Empfindlichkeiten verwendet: **A**, **FA** und **U (F)**.

Hinweis: U-Anzünder werden vorwiegend für technische Produkte (T1, T2) verwendet.

3.1 A- Anzünder (Normalempfindlich)

In der Schweiz, der Bundesrepublik Deutschland und in Österreich werden Brückenanzünder A nur in der Pyrotechnik verwendet.

Kennfarben: Beide Anzünderdrähte sind meistens gleichfarbig: weiss-weiss, orange-orange, schwarz-schwarz usw.

3.2 FA- Anzünder

Der FA Brückenanzünder ist ein guter Kompromiss zwischen A- und U-Anzündern. Er weist eine dreimal grössere Auslöseenergie-Sicherheit gegenüber dem A-Anzünder aus, benötigt aber dreimal weniger Zündenergie gegenüber einem U-Anzünder (weniger Zündgerät-Belastung).

Kennfarben: Diverse Kabelfarben je nach Hersteller und Länge der Anzünderdrähte.

3.3 U (F-FIDUZ) Anzünder (Unempfindlich)

Die Streustromsicherheit der U-Anzünder ist mindestens dreimal so hoch wie bei Brückenanzündern A. Die U-Anzünder benötigen zu ihrer sicheren Zündung einen etwa **fünfmal grösseren Zündimpuls** als A-Anzünder.

Kennfarben: Die Zuleitungsdrähte sind in der Regel gelb / weiss.

3.4 Vergleichstabelle

Typische elektrische Daten für A-, FA- und U-Anzünder

Anzünder Typ	Widerstand Ohm Inkl. 1m Cu. Drahtlänge	Keine Zündung bis Amp. Dauerstrom	Sichere Zündung ab Amp. Seriezündstrom	Keine Zündung bis mWs/Ω	Sichere Zündung ab mWs/Ω	Drahtfarben (in der Regel)
A	1.3 – 1.5 - 1.8	≤ 0.18	0.8	≤ 0.8	≥ 3	weiss / weiss
FA	0.8 – 0.85 - 0.9	≤ 0.28	1.1	≤ 2.5	≥ 5.5	
U (F)	0.4 – 0.6 – 0.8	≤ 0.45	1.5	≤ 8	≥ 16	gelb / weiss

Hinweis: Tabelle zeigt typische Werte eines europäischen Anzündpillen Herstellers



Elektrische Anzünder müssen vor Schlag, Stoss, Scherung, HF und elektrostatischer Ladung geschützt werden!



4 Grundbegriffe der Elektrizität

4.1 Geschichte

Die technische Nutzung des elektrischen Stromes begann in der Mitte des 19. Jahrhunderts mit der Telegrafie und der Galvanik. Für beide Anwendungen reichte zunächst die Leistung von Batterien aus. Um 1866 fand Werner von Siemens das dynamoelektrische Prinzip und nutzte es bei der Entwicklung des ersten elektrischen Generators, den er als **Zündmaschine** für die Zündung von **Sprengladungen** vermarkten konnte.

4.2 Elektrischer Strom

Elektrischer Strom fliesst nur im geschlossenen Stromkreis. Der Stromkreis (Bild 1) besteht aus dem Erzeuger (Batterie), dem Verbraucher (Glühlampe) und der Leitung zwischen Erzeuger und Verbraucher. Mit dem Schalter kann man den Stromkreis öffnen und schliessen.

Das Formelzeichen für die elektrische Stromstärke ist **I** .
Gemessen wird die Stromstärke in **Ampere [A]**.

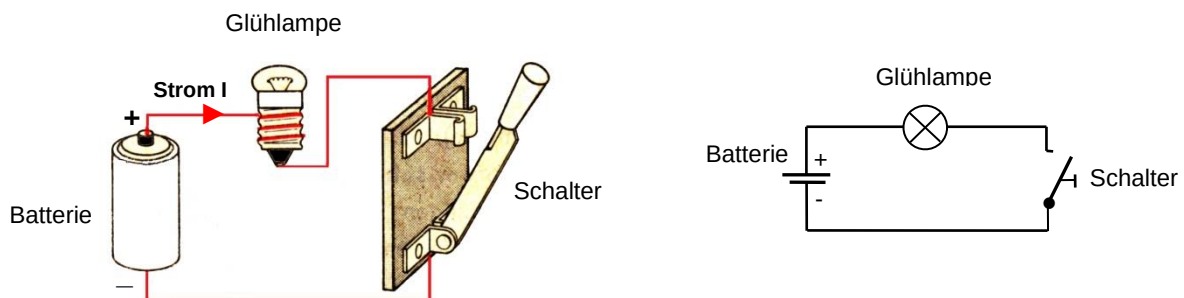


Bild: 1

4.3 Elektrische Spannung

Die **elektrische Spannung** ist eine physikalische Grösse. Das Erzeugen von Spannungen beruht auf dem Trennen von Ladungen. Spannung ist potentielle Energie.

Auf „natürliche“ Weise entsteht elektrische Spannung bei Gewittern und zum Beispiel durch Reibung. Zur technischen Nutzung werden Spannungen meistens durch elektromagnetische Induktion sowie durch Elektrochemie (Batterie) erzeugt.

Das Formelzeichen der Spannung ist **U** .
Die Einheit ist das **Volt [V]**.

4.4 Elektrischer Widerstand

Der **elektrische Widerstand** ist in der Elektrotechnik ein Mass dafür, welche elektrische Spannung erforderlich ist, um einen bestimmten elektrischen Strom durch einen elektrischen Widerstand (Leiter) fliessen zu lassen.

Als Formelzeichen für den elektrischen Widerstand wird in der Regel **R** verwendet. Der Widerstand hat die Einheit **Ohm [Ω]**. Der elektrische Widerstand wird mit einem Widerstandsmessgerät, auch **Ohmmeter** genannt gemessen.

Einheiten: Ohm → Kilo-Ohm (1'000 Ω) → Mega-Ohm. (1'000'000 Ω)

Die Proportionalität zwischen Spannung und Stromstärke wird durch das von Georg Simon Ohm, (Deutscher Physiker), formulierte und nach ihm benannte ohmsche Gesetz beschrieben.

4.5 Ohmsches Gesetz

Der Strom hängt von der Spannung und vom Widerstand ab. Den Zusammenhang von Strom, Spannung und Widerstand drückt das Ohmsche Gesetz aus.

$$U = R * I \quad (\text{Eselsbrücke} \rightarrow \text{Denken Sie an den Kanton URI})$$

Mit Hilfe des Dreiecks ist die Formel leicht umzustellen. Nehmen sie die gesuchte Grösse nach Vorne oder decken sie diese mit dem Daumen ab!

Beispiel: **R**

$$\frac{U}{R * I} \quad R = \frac{U}{I}$$

Beispiel: **I**

Welcher Strom (**I**) fliesst durch einen 1,5 Ohm Anzünder (**R**), der an eine 4,5 Volt Batterie (**U**) angeschlossen wird?

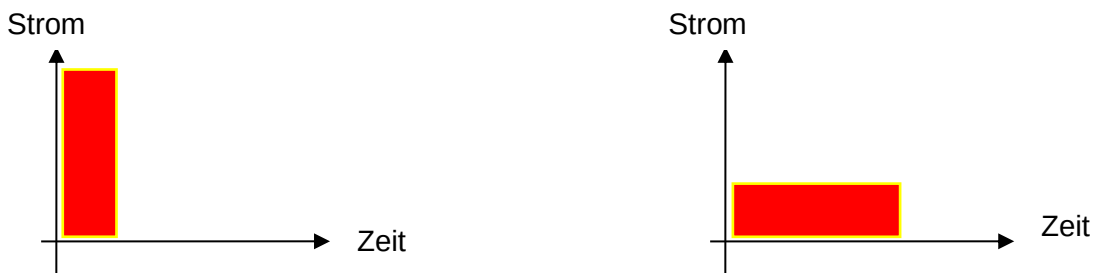
Lösung:

$$\frac{U}{R * I} \quad I = \frac{U}{R} \quad I = \frac{4.5 V}{1.5 \Omega} = 3. \text{ Ampère}$$

5 Grundlagen der elektrischen Zündung

Der zur Entzündung des Brückenanzünders erforderliche Strom wird von einem an den Zündstromkreis angeschlossenen Zündgerät geliefert.

Zur ausreichenden Erhitzung der Glühbrücke ist bei einer bestimmten Stromstärke eine bestimmte Zeitdauer des Stromflusses erforderlich. Ist der Strom stärker, so erhitzt er die Glühbrücke schneller. Ein schwächerer Strom braucht dagegen mehr Zeit, um die Glühbrücke soweit zu erhitzen, dass sie den Anzündsatz entzündet. Die Zeit, die eine Glühbrücke vom Beginn des Stromflusses bis zum Durchbrennen benötigt, heisst Reaktionszeit.



Hinweis:

Reaktionszeit (Auslösen innerhalb von 10 ms) A-Anzünder 0,6A U-Anzünder 1,3 A

Die Glühbrücke des elektrischen Anzünders benötigt zum Aufheizen eine gewisse Energie, um den Anzündsatz der Zündpille entflammen zu können. Die Energie wird in Wattsekunden = Joule gemessen. Die von einem Zündstromkreis aufgenommene elektrische Energie E in Wattsekunden (=Joule) errechnet sich als Produkt aus der angelegten Spannung U in Volt, dem Strom I in Ampere und der Stromflusszeit t in Sekunden.

Joule (Wattsekunden) = Volt • Ampere • Sekunden / Joule = V • A • s

$$E = U \cdot I \cdot t$$

Da die Wärmewirkung des elektrischen Stromes von der Stromstärke abhängt, wird nach dem Ohm'schen Gesetz U durch das Produkt $I \cdot R$ ersetzt, so dass die Formel wie folgt lautet:

$$E = I^2 \cdot R \cdot t \quad (\text{Ws, Joule})$$

Bei den verhältnismässig geringen Energiemengen in der Zündtechnik ist es üblich, die Stromflusszeit t in Millisekunden (ms) einzusetzen, so dass die Energie in Milliwattsekunden (mWs) ausgedrückt wird.

Hinweis:

Der grösste Teil der Zündenergie wird verbraucht, um den Widerstand der Zuleitung und der Verbindungsleitung der Anzünder zu überwinden. Nur ein sehr geringer Teil wird für das Erwärmen der Glühbrücken bzw. zur Entzündung des Anzündsatzes der Zündpillen aufgewendet.

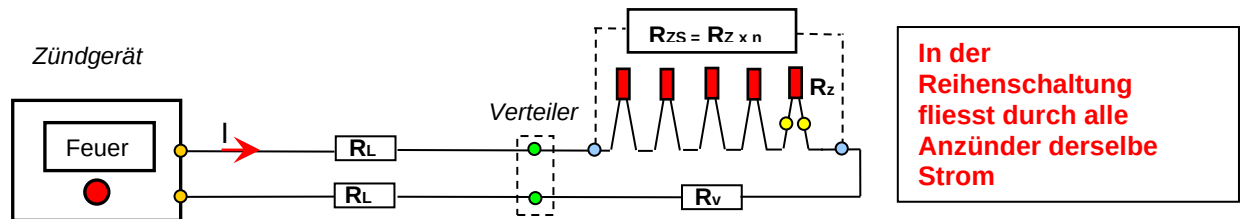
Vorsicht!

*Ein zu hoher Prüfstrom (grösser 25 mA) kann über lange Prüfzeit auch zu einer Auslösung führen!
Siehe Kapitel 11*

6 Grundsaltungen

6.1 Die Zündkreis Serienschaltung (Reihenschaltung)

Die Serieschaltung ist die einfachste und übersichtlichste Methode, einen Zündkreis zu bilden. Bei der Reihenschaltung sind die einzelnen Anzünder hintereinander geschaltet. Die einzelnen Anzünder werden miteinander verbunden, der erste und der letzte Anzünder je mit einem Zünddraht an einen Pol der Zündleitung.



RL = Zuleitungswiderstand (z.B. Multicore-kabel)
Rv = Verlängerungsdrähte
Rzs = Gesamtwiderstand aller Brückenanzünder → Ersatzwiderstand
Rzg = Zündkreis Gesamtwiderstand

Bei der Serieschaltung ist der Gesamtwiderstand **Rzg** des Zündkreises gleich der Summe der einzelnen Anzünderwiderstände **Rzs** (Einzelwiderstand eines Anzünders mit der Anzahl (n) der Anzünder multipliziert), dem Widerstand der Zuleitung **RL** und dem Widerstand der Verlängerungsdrähte **Rv**!

Beispiel:

Ein Zündkreis besteht aus 5 Anzündern à 1,5 Ohm, einer 25m langen Verkabelung mit Verlängerungsdraht Cu 0,5 mm Ø (10,0 Ω / 100 m) und 100 m Zuleitung 0.5 mm² (4 Ω / 100 m)

Lösung: $R_{zg} = 5 \times 1.5 = 7.5 \Omega$ und $R_v = 25 \times 10 / 100 = 2.5 \Omega$ und $R_L = 200 \times 4 / 100 = 8 \Omega$
Rzg (Zündkreis Gesamtwiderstand) = 18 Ω

6.1.1 Vor- und Nachteile der Serienschaltung:

Vorteil:

- Übersichtlich im Aufbau!
- Bei Kurzschluss eines Anzünders, zünden die restlichen Anzünder trotzdem!
- Einfache Zündkreiskontrolle: Unterbruch mit Ohmmeter oder Durchgangsprüfer feststellbar! (Kein Durchgang)!
- Gesamtwiderstand kann einfach berechnet und gemessen werden. (Keine Nullkomma-Ohm)!
- Nur kleiner, minimal auslösender Zündstrom erforderlich! (A-Anzünder 0,8 Amp.)
- Defekt in Zündkreis einfach zu finden!

Nachteil:

- Mit kleinen Zündspannungen können nur wenige Anzünder gezündet werden. (~1 Volt pro 10 Ohm Zündleitung)
- Wenn der Zündstrom zu schwach ist (knapp am Typen-Limit), kann ein Teil der Anzünder bereits durchbrennen und dadurch den Stromkreis unterbrechen, bevor die restlichen Anzünder genügend Energie erhalten haben.
- Unterschiedliche Anzünder dürfen **nie** in Serie verbunden werden!



6.2 Reihenschaltung (Serienschaltung)

Bei der Reihenschaltung sind die einzelnen Widerstände hintereinander geschaltet.

1. In einem geschlossenen Stromkreis werden alle Widerstände vom gleichen Strom durchflossen, da keine Verzweigung vorhanden ist!

In der Reihenschaltung fließt überall derselbe Strom

$$I = U_G / R_G$$

2. Bei der Reihenschaltung liegt an jedem Widerstand nur eine Teilspannung. Die Gesamtspannung teilt sich auf die einzelnen Widerstände (Proportional) auf.

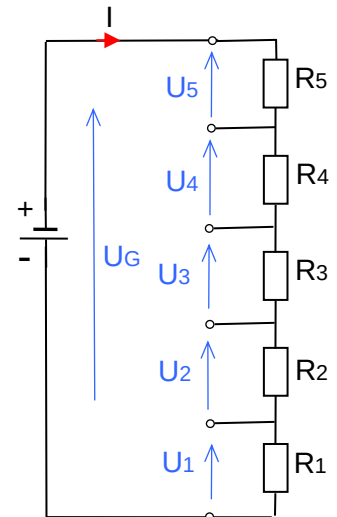
Bei der Reihenschaltung ist die Summe der Teilspannungen gleich der angelegten Gesamtspannung.

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + U_4 \dots$$

3. Der Gesamtwiderstand einer Reihenschaltung nimmt mit jedem weiteren Widerstand (Verbraucher) zu. Der Gesamtwiderstand ist also stets grösser als der grösste Einzelwiderstand.

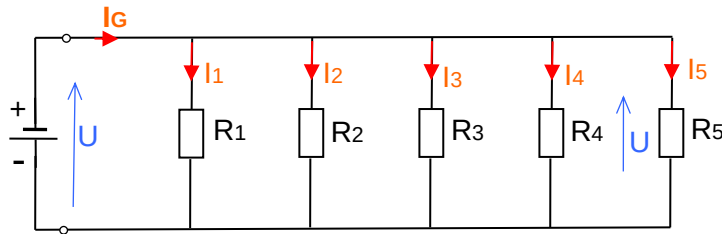
Bei der Reihenschaltung ist der Gesamtwiderstand der Schaltung so gross wie die Summe der Einzelwiderstände

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \dots$$



6.3 Parallelschaltung

Bei der Parallelschaltung sind alle Widerstände über beide Anschlüsse mit der Spannungsquelle verbunden. An allen Elementen einer Parallelschaltung liegt die gleiche Spannung.



Bei der Parallelschaltung liegt an allen Widerständen dieselbe Spannung

Der Gesamtwiderstand einer Parallelschaltung nimmt mit jedem weiteren Verbraucher ab.

Bei der Parallelschaltung ist der Gesamtwiderstand stets kleiner als der kleinste Einzelwiderstand

Der Gesamtwiderstand von N parallel geschalteten Widerständen mit dem gleichen Widerstandswert errechnet sich durch:

$$R_{ges} = \frac{R}{N}$$

Bei der Parallelschaltung ist der Gesamtstrom gleich der Summe der Teilströme

$$I_G = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + \dots I_x$$

Durch den kleinsten Widerstand fließt der stärkste Strom, durch den grössten Widerstand der kleinste Strom!

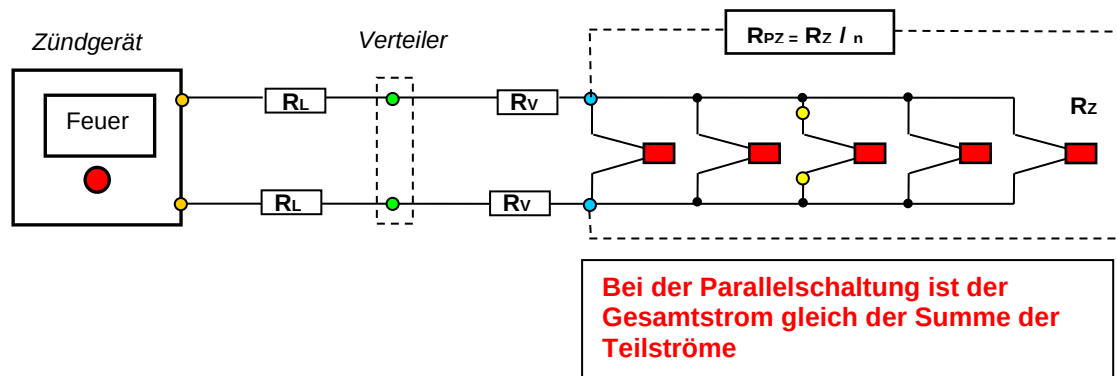
$$I = U / R$$

In der Parallelschaltung können einzelne Elemente hinzugefügt oder entfernt werden (z. B. *durchbrennen*), ohne dass die anderen Elemente ausfallen.

Ein typisches Beispiel ist die Netzspannungsversorgung (im Haushalt 230 V). Alle Geräte werden unabhängig von deren Leistungsaufnahme - für diese Spannung ausgelegt und am Hausnetz parallel angeschlossen!

6.4 Die Zündkreis Parallelschaltung

Bei der Parallelschaltung ist jeder Anzünder direkt mit der Schiessleitung verbunden.



RL = Zuleitungswiderstand
RV = Verlängerungsdrähte
RPZ = Gesamtwiderstand aller Brückenanzünder → Ersatzwiderstand
RZG = Zündkreis Gesamtwiderstand

Zur Errechnung des Gesamtwiderstandes **RZG** eines Zündkreises von parallel geschalteten Anzündern, ist der Widerstand eines einzelnen Anzünders **RZ** durch die Anzahl (n) der Anzünder zu dividieren. Zu diesem Widerstand **RPZ** muss der Zuleitungswiderstand **RL** und der Widerstand der Verlängerungsdrähte **RV** addiert werden.

6.4.1 Vor- und Nachteile der Parallelschaltung:

Vorteil:

- Einfach zum Verteilen
- Bei einem unterbrochenen Anzünder, zünden die restlichen Anzünder trotzdem!
- Kleine Zündspannung erforderlich!
- Unterschiedliche Anzünder können gezündet werden!

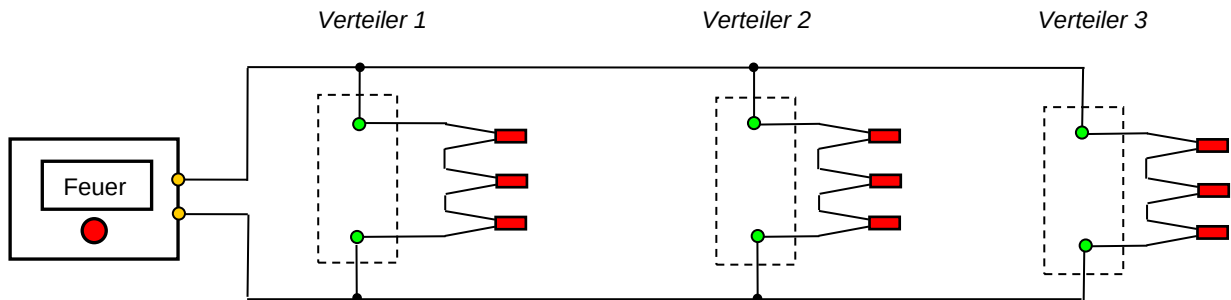
Nachteil:

- Beschädigte Anzünder mit Unterbruch schwer zu erkennen!
- Anzünder oder Verbindungs Kurzschluss kaum erkennbar!
- Ein Kurzschluss bei einem Anzünder, führt zu einem **totalen Zündversagen!**
- Braucht Zündgeräte mit kleinem Innenwiderstand und eine niederohmige Zündleitung!
- Zündgerät muss hohen Strom liefern können.
- Gesamtwiderstand kann einfach berechnet aber mit handelsüblichen Testgeräten nicht verifiziert werden! (**0,0x Ohm**)!

6.5 Die Zündkreis Serienparallelschaltung (Gruppenschaltung)

Die Serienparallelschaltung ist eine der meist gebräuchlichen und benutzten Zündkreisverkabelung, die bei vielen bekannten Bühnen- und Grossfeuerwerkzündanlagen angewendet wird.

Mit dieser Beschaltungsart können gleichzeitige Zündungen an mehreren auseinanderliegenden Standorten sehr einfach realisiert und verkabelt werden.



Wichtig: jeder Zündkreis muss bei nicht angeschlossenem Verteiler separat geprüft werden!

6.5.1 Vor- und Nachteile der Serienparallelschaltung:

Vorteil:

- Einfache Verkabelung
- Einfache Zündkreiskontrolle am Verteiler, Unterbruch mit Ohmmeter oder Durchgangsprüfer feststellbar!
- Zündstrom und Zündspannung liegen in einem guten Verhältnis!

Nachteil:

- Gesamtwiderstand kann **nicht** einfach berechnet werden.
- Kurzschluss über einen Verteiler kann ein **totales Zündversagen verursachen!**

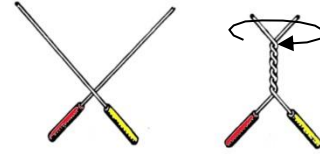
7 Zünddrahtverbindung

Zu den elementarsten Voraussetzungen für eine sichere Zündung zählen stabile und gut leitende Drahtverbindungen zwischen den Anzündern und den Verbindungsleitungen. Für stabile Verbindungen bedarf es vollkommen blanker Drahtenden (keine Oxydation!).

7.1 Beispiele sicherer Verbindungen:

Verdrillen

1. Zum Zusammenschluss von zwei gleich starken Drähten geeignet



Blanke Drahtenden kreuzen und sechs- bis achtmal verdrillen.

2. Verbinden von ungleich starken Drähten

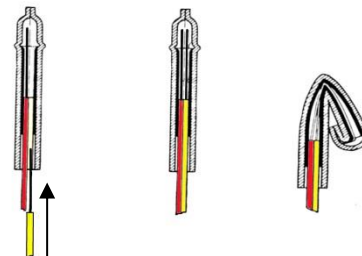


Die beiden zu verbindenden Drähte werden nebeneinandergelegt; zu einer Schlinge gebogen und vier bis fünfmal kräftig zusammengedreht.

Um Erd- oder Kurzschlüsse zu vermeiden, sind die blanken Verbindungsstellen der Zündverkabelung stets zu überkleben oder mit einer Isolierhülse aus PVC abzudecken und umzuknicken.

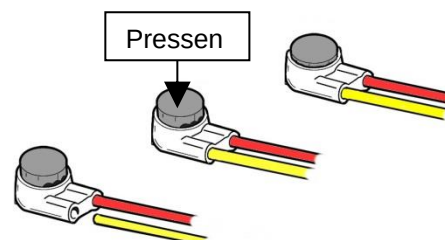
Schnellverbinder

Aussenisolierte Schnellverbinder oder Pressverbinder sind sehr empfehlenswert, weil sie einwandfreie elektrische (metallische) Verbindung garantieren und gleichzeitig sicher isolieren!



Nach Einführen der blanken Drähte in das fettgefüllte Aluminiumröhrchen gut abknicken.

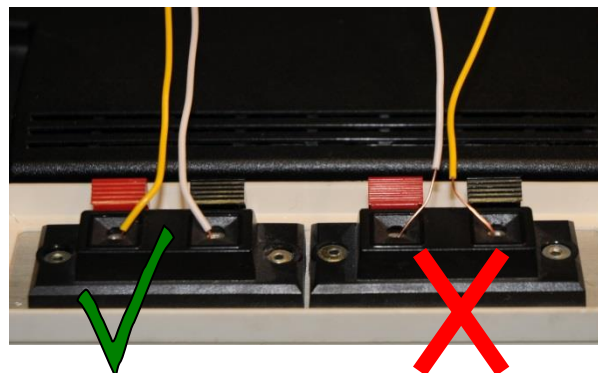
Pressverbinder



Nicht abisolierte Drähte bis zum Anschlag einführen und Pressverbinder mit einer speziellen Crimpzange gut zusammenpressen.

8 Verlegen der Zündleitungen

- ❖ Bei komplexen Aufbauten, wenn immer möglich einen **Aufbauplan** erstellen! Damit hat jeder mitwirkende Pyrotechniker die volle „Übersicht“ über die Zündstellen!
- ❖ Zündleitungen und Kabel müssen fachkundig verlegt werden! Stolperfallen wie Schlingen sind zu vermeiden! Auf Durchgängen müssen die Zündleitungen und Drähte mit Klebeband „sauber“ abgeklebt und gesichert werden. Alle Leitungen sollten zugentlastet werden. Dafür eignen sich z.B. Kabelbinder!
- ❖ Es lohnt sich, beim Verlegen von Zündleitungen konzentriert zu arbeiten und sich nicht ablenken zu lassen. Um Verwechslungen zu verhindern, sollten Zündboxen, Verteiler und Leitungen beschriftet (klar gekennzeichnet) werden!
- ❖ Viele Zündversager werden durch ausgezogene Steckverbindungen oder durch abgetrennte Anzünderdrähte verursacht!
- ❖ Stecker vollständig einstecken und ev. verschrauben. Anzünderdrähte richtig verbinden und gut sichern.
- ❖ Achten sie beim Anschliessen an Dreh- und Schraubklemmen, dass nur die blanken Drähte und nicht die Isolierung eingeklemmt werden! Die Drahtisolierung muss mindestens 1mm Abstand zur Klemme aufweisen!
- ❖ Pressverbinder nur mit speziell dafür geeigneter Crimpzange verpressen! Unsachgemässe Verpressung kann zu schlechter oder keiner Kontaktierung führen
- ❖ Bei Steckklemmen muss der Draht nach dem Einstecken mit etwas Kraft wieder zurück (nach Aussen) gezogen werden. Die Isolation sollte ca. 1-2 mm nach der Klemme beginnen (weder zu lang noch zu kurz)!



9 Sicherheit in der Nähe von Sendeanlagen oder Starkstromleitungen

Sprengstoffverordnung SprstV (SR 941.411)

Art. 99 Sicherheitsabstände zu elektrischen Energieanlagen

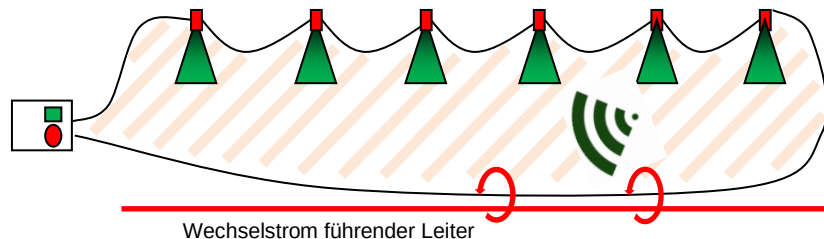
Bei elektrischer Zündung sind die vom Hersteller angegebenen minimalen Sicherheitsabstände zu elektrischen Energieanlagen (wie Sende-, Radar- und stromführende Anlagen) einzuhalten.

Spezifische Regelungen im Hinblick auf das Einhalten von Mindestabständen zwischen elektrischen Anzündern und Geräten die hochfrequente Felder erzeugen, findet man in der Sprengstoffverordnung nicht.

9.1 Guter und schlechter Zündleitungsaufbau

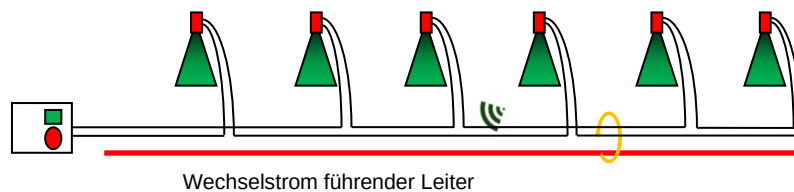
Hochstrom führende Wechselstromleitungen oder Hochfrequenzstrahlung in der Nähe von Sendeanlagen, können durch ihre Magnetfelder Induktionsströme in Induktionsschleifen erzeugen. Zündleitungen sollten darum möglichst mit einer geringen Induktionsfläche verkabelt werden!

Beispiel Verkabelung einer „Vulkanwand“ mit 6 Vulkanen in Serie, mit grosser und geringer Induktionsschleifen Verkabelung.



Einzeldraht Verkabelung mit grosse Induktionsfläche, dadurch Energie-Einkopplung möglich!

Abbildung7



Zweiadriger Elektrodraht mit praktisch keiner Induktionsfläche und sehr geringer Energie-Einkopplung

10 Rundfunk und Mobilfunkanlagen in der Schweiz

Auf dem Internetportal map.geo.admin.ch können alle Funksender der Schweiz mit Objekt und Zusatzinformationen eingesehen werden.



Link: <https://map.geo.admin.ch>



Sicherheitsempfehlung

Die Wahrscheinlichkeit einer vorzeitigen Zündung von elektrischen Anzündern durch elektromagnetische Strahlung ist gering – im Bereich der Schweiz ist keine vorzeitige Zündung durch elektromagnetische Strahlung bisher bekannt geworden. Unter ganz bestimmten Voraussetzungen, ist jedoch eine Gefährdung nicht auszuschliessen. Bei Beachtung der folgenden Punkte, sind auch bei ungünstigen Voraussetzungen, ungewollte Frühzündungen durch elektromagnetische Strahlung auszuschliessen.

1. Zu lange Zünderanschlussdrähte sollten nur **zusammengefoldet** und nicht **aufgerollt** werden, da Spulen eine ideale Induktionsschleife für elektromagnetisch transiente Vorgänge bilden.
2. Personen, die mit elektrischen Anzündern hantieren bzw. einen Zündkreis fertig stellen, sollten in unmittelbarer Nähe kein Mobiltelefon oder Funkgeräte bedienen.
3. Im Bereich von Sendeanlagen oder Hochstrom führenden Leitungen nur verdrehte oder parallel verbundene Zündleitungen verwenden. Diese sollten möglichst am Boden geführt werden.
4. Keine Flächenverkabelung / Induktionsschleifen verkabeln. *Siehe Seite:14*
5. Keine offenen Zündleitungsenden auf dem Boden herum liegen lassen.
6. Auf intakte Isolation der Zündleitung achten, keine Erdschlüsse!
7. Sicherheitsdistanzen zu Sendeanlagen wie zum Publikum einhalten!
8. Antennendaten wie Frequenzen, zugeführte Leistung PTx, ERP resp. EIRP, oder Antennengewinnfaktor G und Strahlungsdiagramm bei den zuständigen Betreibern anfordern.
9. Unempfindlichere FA- oder U- Anzünder benutzen!
10. Im Zweifelsfall ein Sachverständiger beiziehen!

Wichtig

Zündleitungen sollten so aufgebaut werden, dass sie eine schlechte Antennenwirkung im Bereich naheliegender Sender in Bezug zur abgestrahlten Frequenz aufweisen.

Achtung!

Sind elektromagnetische Strahlen in einer kritischen Grösse für Anzünder vorhanden, muss auch eine **Gefährdung der Mitarbeiter** in Betracht gezogen werden! Starke hochfrequente Strahlung kann Schäden an Organen verursachen!

11 Zündkreis Prüfung

Nach dem Aufbau eines Zündkreises muss unbedingt eine Zündleitungsprüfung mit einem Durchgangsprüfer, oder besser, mit einem Ohmmeter erfolgen. Eine Durchgangsprüfung gibt einen ersten Anhaltspunkt dafür, ob ein Zündkreis angeschlossen ist und einen Durchgangswert aufweist. Kurzschlüsse werden mit dieser Testmethode nicht erkannt: Dafür benötigt man ein Ohmmeter. Ohmmeter sind in handelsüblichen Multifunktionsmessgeräten vorhanden. Achten Sie darauf, dass die Anzeige im kleinsten Messbereich im Minimum 0,1 Ohm resp. auf eine Kommastelle genau ist. Zum Beispiel 12.6 Ohm!



Eine seriöse Zündkreisüberprüfung nimmt nur wenig Zeit in Anspruch und vermeidet Misserfolge und böse Überraschungen beim Zünden!

Vorsicht!

Der Zündkreis-Prüfstrom darf **maximal 25 mA** betragen!

Keine elektromechanischen Durchgangsprüfer (Summer) verwenden!



Anzeige optisch/akustisch	+/-
Prüfstrom	75 µA
Widerstandsmessung	0...1 MΩ
Spannungsfestigkeit	...500 VAC
Batterien	1 x 6LR61/9 V
Beschreibung	Durchgangsprüfer



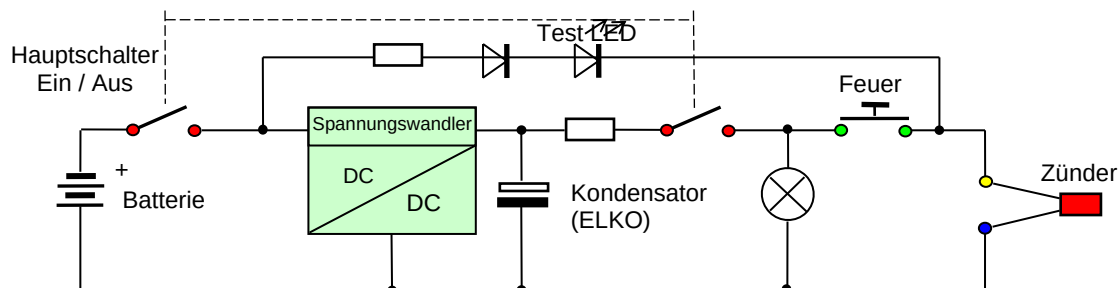
Anzeige optisch/akustisch	+/-
Prüfstrom	200 mA
Widerstandsmessung	0...10 Ω, 0...200 kΩ
Spannungsfestigkeit	-
Batterien	3 x LR6/AA
Beschreibung	Durchgangsprüfer

12 Zündgeräte / Zündsysteme

Die Zündanlagen der Feuerwerkerei werden fast ausschliesslich im Prinzip der Kondensator-Zündmaschinen betrieben (ähnlich einem Fotoblitzgerät). Der Zündkondensator wird entweder durch ein Netzladegerät oder mittels einer autarken Batterie durch einen Spannungswandler innerhalb Sekunden geladen. Die Ladespannung liegt je nach Zündgerät mehrheitlich zwischen 12 und 200 Volt. Beim Zünden entlädt sich der Kondensator und kann dank seinem kleinen Innenwiderstand (im mOhm Bereich) in kurzer Zeit sehr viel Energie abgeben. Wegen ihres hohen Innenwiderstandes sind die meisten Batterien nicht in der Lage, in kurzer Zeit eine vergleichbare Leistung zu liefern!

Auf Bühnen im Freien, muss bei aufziehendem Gewitter sofort jeder Aufbau eingestellt werden, da Blitzeinschläge elektrische Anzünder auslösen können!

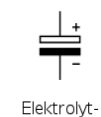
12.1 Blockschaltbild Zündgerät



Kondensator („Verdichter“, von lat.: *condensus*: „dichtgedrängt“, bezogen auf die elektrischen Ladungen) ist ein passives elektrisches Bauelement mit der Fähigkeit, elektrische Ladung zu speichern. Kondensatoren werden in vielen Anlagen der Elektrik und in nahezu jedem elektronischen Gerät eingesetzt. Wie oben erwähnt, werden sie beispielsweise als elektrische Energiespeicher eingesetzt.



Kondensator



Elektrolyt-kondensator



Der Einsatz und der Anschluss der Zündleitung an das Zündgerät, hat gemäss den Herstellerangaben zu erfolgen.

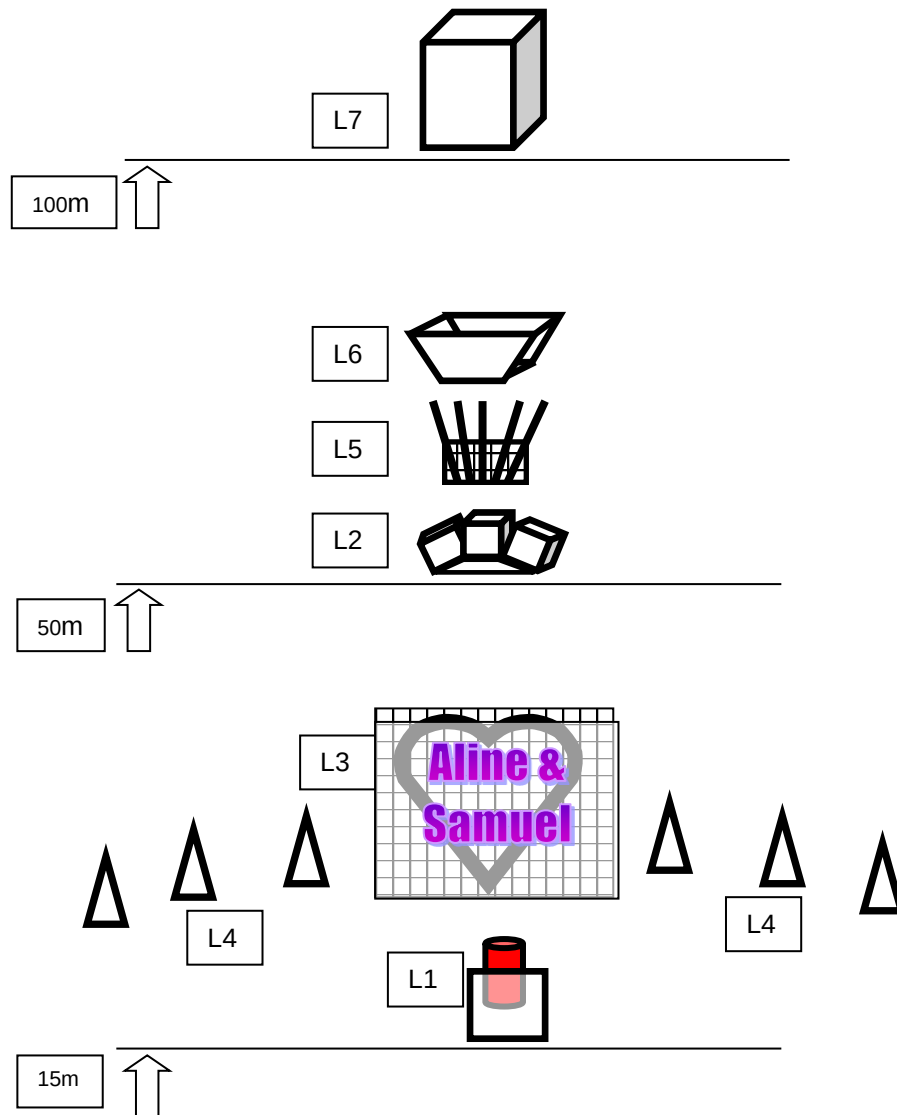


Bei aufziehendem Gewitter muss sofort jeder Aufbau eingestellt werden, da Blitzeinschläge elektrische Anzünder auslösen können!

12.2 Einfacher Aufbau und Zündplan

Hochzeitsüberraschung für Aline & Samuel

Leitung	Zünder	Menge	Artikel	Beschreibung
1	1	1	Bengale rot 30 sec.	Beleuchtung Aline & Samuel
2	3	3	Seenachtfestbatterie	30 mm 49 Schuss
3	8	1	Feuerbild Herz	Verbrennt Abdeckung A. & S.
4	6	6	Vulkan 120 sec.	Rechts und links neben Herz
5	5	5	Römische Kerze 30 mm gold blau	Auf Gitter gefächert montiert
6	1	1	Batterie gefächert silber bunt	40 mm 100 Schuss
7	1	1	Batterie 75 mm Bomben bunt	75 mm Chrys. 25 Schuss 50sec.



In der Praxis gibt es zwei Typen von Zündanlagen:

12.3 Elektromechanische Zündanlage

Diese Zündgeräte sind sehr einfach zu bedienen. Die elektrischen Anzünder werden via Verteilboxen und Multicorekabel direkt, oder über eine zweiadrige Zündleitung mit der Zündmaschine verbunden. Jede Zündlinie wird durch Knopfdruck auf einen Schalter elektromechanisch ausgelöst.



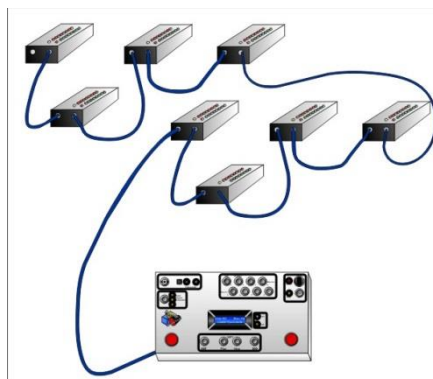
12.4 Zündcomputer

Die Zündlinien werden elektronisch aktiviert. Dabei sind komplexe Abläufe und präzise Zeitvorgaben im Bereich von Zehntelsekunden möglich. Modernste Anlagen arbeiten nach Programmen, die an einem PC erarbeitet wurden. Vor allem bei musiksynchronen Shows ist die moderne Technik unverzichtbar.

Dabei kommen zwei unterschiedliche Zündtechniken zur Anwendung:

12.4.1 Kabelgebundene Zündverteilung

Bei dieser Zündtechnik werden die Zündverteilmodule (Satelliten) über Multicore- oder Datenkabel mit dem Hauptzündgerät verbunden. Die Stromversorgung der Zündmodule erfolgt autark oder parallel zur Datenleitung.



12.4.2 Funkzündung

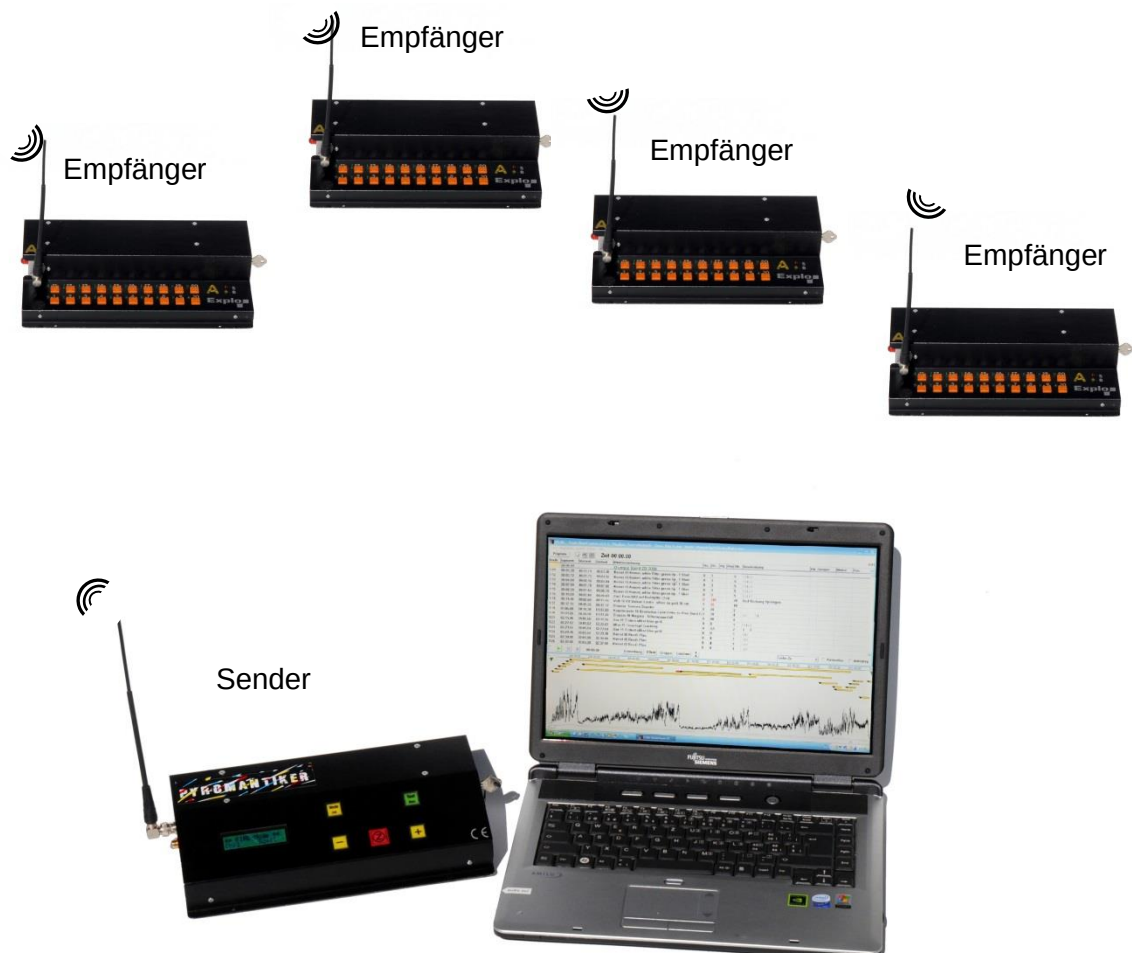
Bei der Funkzündung dagegen werden die Zündsignale per Funksignal an die Funkmodulempfänger gesendet. Professionelle Anlagen sichern die Funksignale mit zahlreichen Kontrollinformationen (40-Bit-CRC oder höher). Diese Zündungstechnik garantiert höchste Sicherheit: Fehlauslösungen sind ausgeschlossen. Wenn es bei den Funksignalübertragungen auch nur zu einer geringfügigen Störung kommt, wird die Zündung verhindert.

Vorteile: Grosse räumliche Entfernungen sind einfach zu überbrücken. Sehr kleiner Verkabelungsaufwand und keine störenden Zündkabel. Feuerwerkskörper können sowohl auf mobilen Plattformen und Fahrzeugen, als auch auf beweglichen Teilen wie beispielsweise Räder gezündet werden. Dank Mini-Funkempfänger können auch Einschuss- Simulation bei Schauspielen sicher ausgelöst werden (Galaxy Miniaturempfänger PFE Profi 5).

Auch die Auslösung von schwebenden oder schwimmenden Feuerwerkskörper ist sehr einfach.

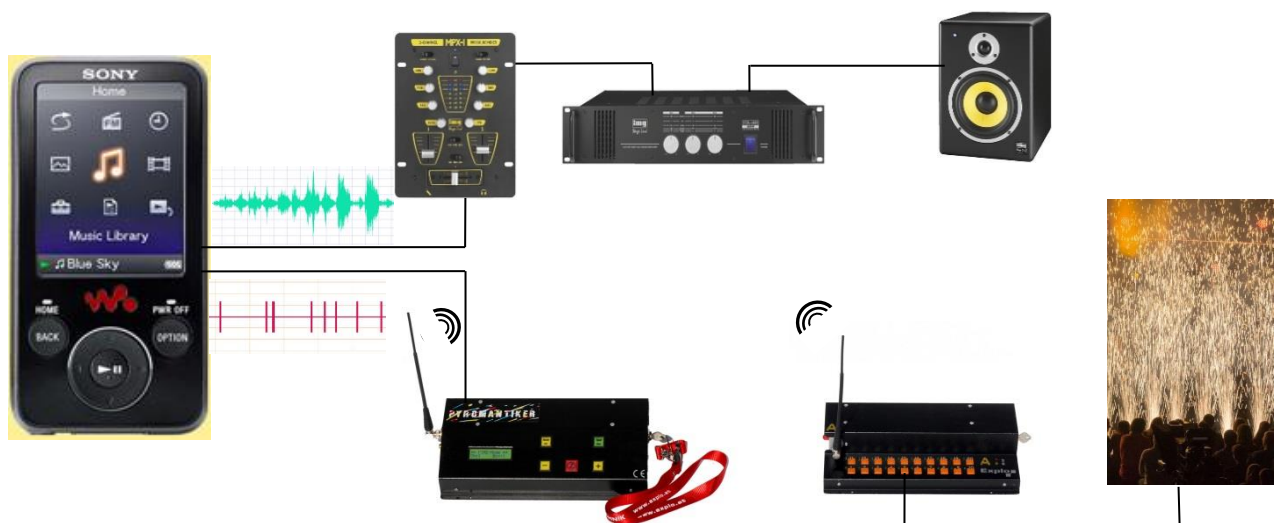
Nachteil: Grössere Investitionen und mögliche Funkstörungen!

Bei professionellen Anlagen verursachen Funkstörungen in keinem Fall Fehlzündungen, schlimmstenfalls erfolgt eine verzögerte oder keine Zündung!



13 Synchronisierung mit FSK Zündsignalen (nur FWB / BF)

Bei modernen „21century“ Zündanlagen können die Zündimpulse als FSK Ton „Frequenzumtastung“ (englisch **Frequency Shift Keying**) verschlüsselt und gemeinsam mit Musik oder Geräuschen auf dem gleichen Tonträger gespeichert werden. Der Tonträger kann ein einfacher MP3- oder CD-Player sein. Auf einem der beiden Stereo-Kanäle, wird die Musik (mono) und auf dem andern Kanal werden die Zündimpulse aufgespielt. Der Musikkanal wird über das Mischpult mit dem Verstärker verbunden und der Zündimpulskanal mit dem Zündgerät. Die Übertragung eines einzelnen Zündimpuls- Codewort ist sehr einfach, es besteht meistens aus nur wenigen Bits (Empfänger und Kanal Nummer). Diese Zeit- Synchronisierung ist sehr einfach, da keine Zeitabläufe oder Zündzeiten ins Zündgerät übertragen werden müssen. Das Verfahren eignet sich besonders um Wiederholungs-Shows zu steuern. Der Zündimpuls kann natürlich auch auf einem Kanal einer Multikanal Anlage, beispielsweise Fostex gespeichert werden. Das erlaubt z.B. die Synchronisation von Ton, Video und Feuer.



Der Vorteil dieses Konzeptes ist die hohe Zuverlässigkeit, da für die Zündung der pyrotechnischen Effekte und das Abspielen der Musik kein PC oder Notebook nötig ist.

14 Synchronisierung mit Zeitcode (Timecode) (nur FWB / BF)

Um Multi-Medien Shows wie Wasserspiele, Licht- und Lasereffekte mit dem Feuerwerk zu synchronisieren, braucht es ein „**Master**“-Zeitsignal, das mit allen Steuerungen, -oft von verschiedenen Herstellern- verbunden wird. In jeder Steuerung sind die auszuführenden Aktionen jeweils zeitlich exakt definiert. Die Steuerungsprozessoren lösen bei Übereinstimmung mit dem externen Master- Zeitsignal die programmierte Aktion aus. Zur Sicherheit werden kurze Unterbrüche im Zeitsignal von der internen Uhr überbrückt. Es gibt verschiedene Varianten von Timecodes.

14.1 SMPTE-Timecode

Der SMPTE-Timecode ist der meistverwendete Zeitcode. Er wurde von der **Society of Motion Picture and Television Engineers** (SMPTE) eingeführt und ermöglicht die absolut synchrone Wiedergabe von beispielsweise Film, Musik- und Geräuschen. Er beinhaltet stets einen *Master*, der die Zeitsignale an die untergeordneten *Slaves* (Sklaven) abgibt.

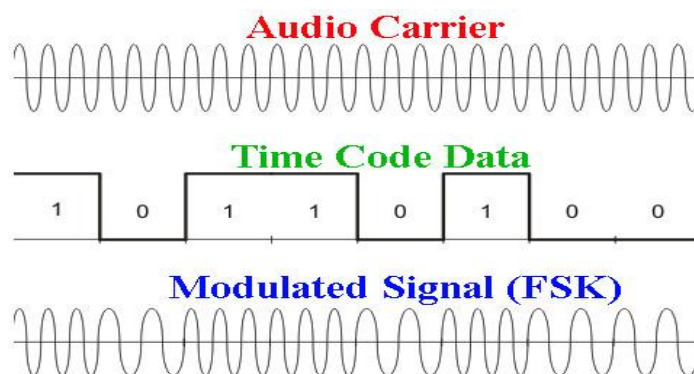
Beim SMPTE-Timecode handelt es sich um digitale Informationsdaten, die jedem Video Vollbild in Form eines Datenwortes mit insgesamt 80 Bit zugeordnet werden. 32 Bit davon werden für die so genannten Anwender-Daten (engl.: User-Bits) verwendet. Damit können Informationen, wie etwa Datum und Kassettensnummer, aufgezeichnet werden.

Der eigentliche Timecode wird mit 26 Bits (Zeit-Bits) für die fortlaufende Nummerierung der Vollbilder im Format **HH:MM:SS:FF** für Stunden:Minuten:Sekunden:Frames aufgezeichnet. Frames werden in fps angegeben und bedeuten Bilder pro Sekunde „frames per second“. Eine Sekunde wird meistens in 25 oder 30 Frames unterteilt.

14.2 PD-Timecode

In der Pyrotechnik wird aber oft der „PyroDigital“ **PD FSK Timecode** verwendet.

Pyrodigital entwickelte einen eigenen Timecode, der speziell an die Bedürfnisse in der Pyrotechnik angepasst wurde. Der PD-Code ist viel einfacher als der SMPTE-Timecode und damit auch weniger stör anfällig! (Wichtig in der Pyrotechnik)! Pyrodigital Time Code is unique, different, and much more powerful than traditional FSK Timecode. Der PD Timecode besteht aus einer fortlaufend aufsteigenden Zahl, die die Zeit auf 1/10 Sekunde genau beinhaltet. Dies bedeutet, dass jede PD Codezahl eine eindeutige Zeit wiedergibt. Zur Sicherheit werden im PD Protokoll auch noch Paritätenbits zur Fehlererkennung übertragen. Der PD Timecode ist sehr einfach als zwei Ton FSK (Frequency Shift Keying) Signal definiert. Das zwei Ton FSK Signal, liefert auch noch aus einem sehr schlechten Signal (Sprach-Bandbreite) zuverlässige Daten.

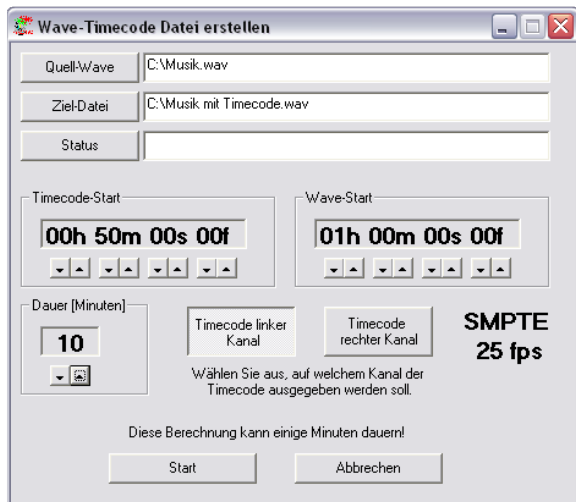


14.2.1 Timecode Signal Erzeugung

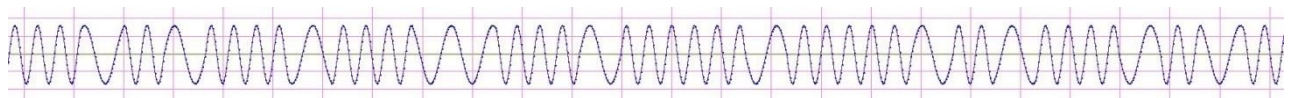
Timecode Signale werden in einem speziellen Timecode-Generator oder im PC mit einem Software Programm erzeugt. Die meisten Profiprogramme zur Erzeugung von Musikfeuerwerken verfügen über Timecode-Generator Module. Der Timecode wird meist wie ein Musikstück als Audio Wave-Datei (*.wav) erzeugt und über eine Audioleitung zu den Steuergeräten übertragen.

Beispiele:

GALAXIS PYROTEC COMPOSER



Explo ShowCreator



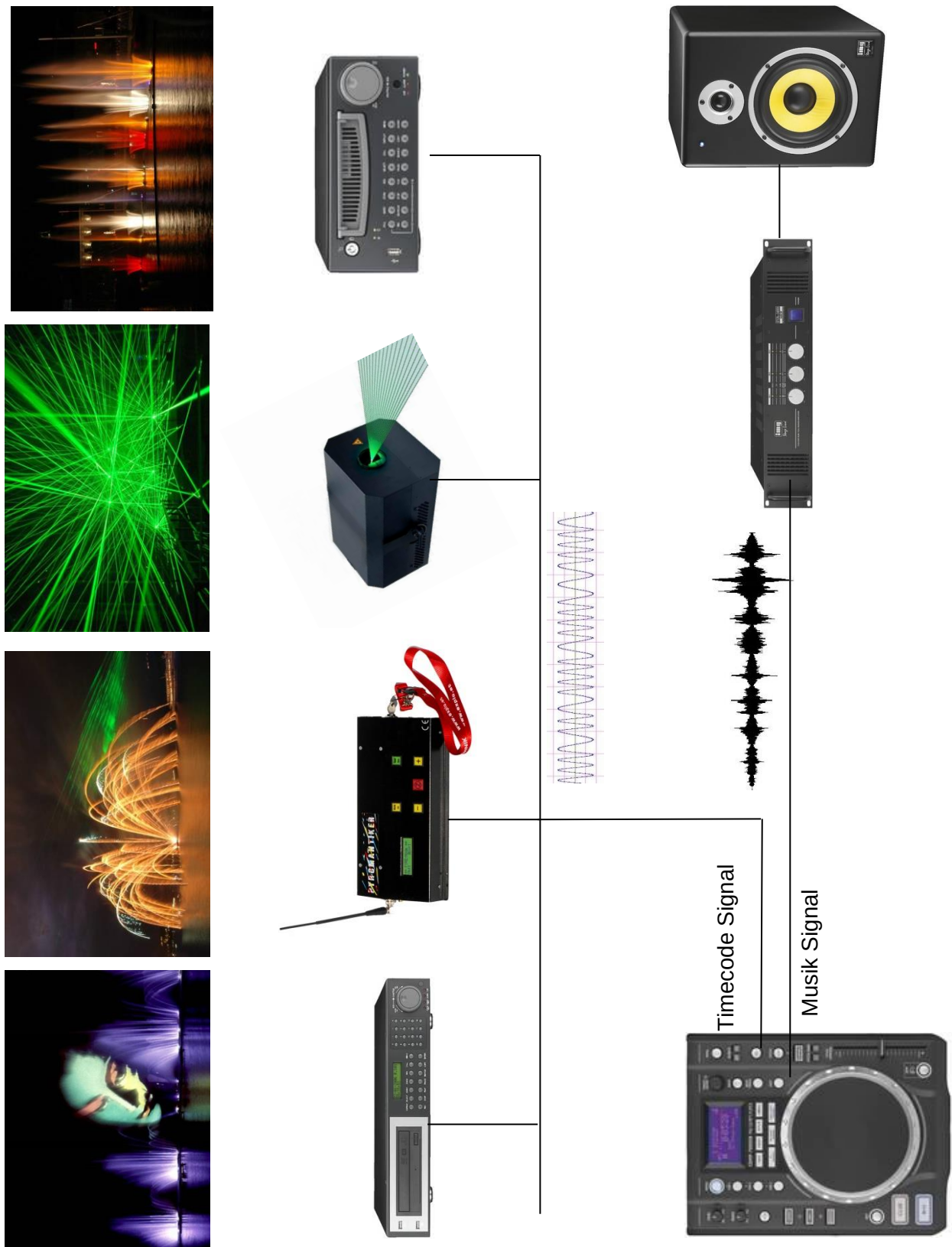
Eine Audio Wave-Editor Software ermöglicht die Herstellung einer Stereo Wave-Datei die auf einer Spur die Musik und auf der anderen Spur den Timecode beinhaltet.

Diese Methode stellt sicher, dass Musikinformation und Synchronisationsinformation (Timecode) gleichzeitig ausgegeben werden und verhindert einen zeitlichen Versatz, ungeachtet der Länge der Show.

Es ist zu beachten, dass die Musik erst nach einigen Minuten Timecode Vorlauf gestartet wird, damit alle Beteiligten überprüfen können, ob die Synchronisierung gut funktioniert. Die Qualität der Synchronisation wird nach kurzer Zeit an den Steuergeräten angezeigt! Damit besteht die Möglichkeit eines Abbruchs, ohne den Ablauf der Veranstaltung durch einen verpatzten Anfang zu stören.

Achtung! Beim Abspielen einer Wave-Datei, die Musik und Timecode enthält, ist der Balance-Regler vollständig auf den Kanal zu stellen, der die Musik enthält. Denn der Timecode gibt ein sehr lästiges Signalgeräusch ab!

14.3 Beispiel Multimedia Show



15 DMX Steuerung (Lichttechnik) (nur FWB / BF)

DMX (aktuelle Version **DMX-512-A**) ist ein digitales Steuerprotokoll, das in der Bühnen- und Veranstaltungstechnik zur Steuerung von „intelligenten“ Scheinwerfern, Dimmern, Moving Heads und neu auch für pyrotechnische Effektgeräte verwendet wird. Die Abkürzung **DMX** steht für **D**igital **M**ultiplex.

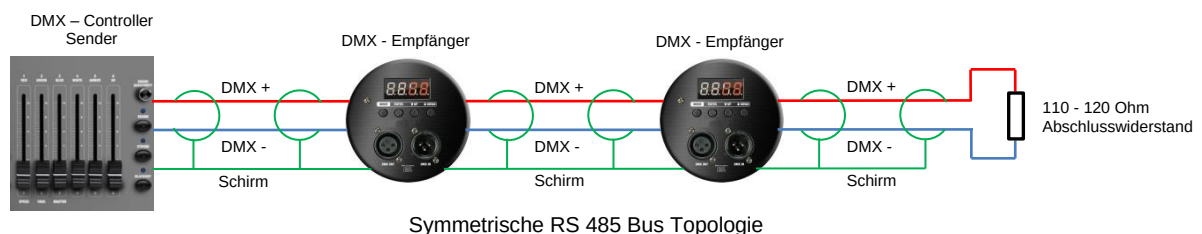
Das einfachste Setup zur DMX-Steuerung besteht somit aus einem Sender (DMX-Controller) mit DMX-Ausgang und einem Effektgerät (z.B. Scheinwerfer mit DMX-Eingang).



15.1 Aufbau der Signalübertragung (Bus)

DMX-Steuersignale sind digitale Signale, die repetierend über eine serielle RS485-Schnittstelle übertragen werden. Über eine einzelne DMX-Leitung werden maximal **512 Kanäle** mit **8 Datenbits** Information pro Kanal gesendet (daher: DMX512). Die Übertragungszeit für alle 512 Kanäle beträgt 22,7ms. Ein Kanal kann somit 44-mal pro Sekunde neue Informationen erhalten.

Die 8 Datenbits ermöglichen 256 (2^8) Stufen pro Kanal, damit kann z.B. die Information von einem Schieberegler (0 – 100%) an einen Empfänger übertragen werden. Bei einer LED-Leuchte kann der Kanal 1 Schieberegler für das Einstellen der Licht Helligkeit und der Kanal 2 für die Farbeinstellung benutzt werden, oder bei einem Gasprojektor die Flammenhöhe und Flammendauer eingestellt werden.



An einen Sender können bis zu **32 Empfänger** angeschlossen werden, danach ist ein **Repeater** erforderlich. Für Verzweigungen müssen Splitter eingesetzt werden. Jede Kette muss am Ende, um Signal-Reflexionen zu verhindern, mit einem 110 – 120 Ohm **Abschlusswiderstand** (auch Terminator genannt) abgeschlossen werden.

15.2 Aufbau und Verkabelung

Der Aufbau eines DMX-Netzes ist sehr einfach. Da es sich bei der DMX Signalübertragung um ein serielles Protokoll handelt, müssen diese auch seriell verkabelt werden. Das bedeutet, dass der Ausgang des DMX-Steuercontrollers mit dem Eingang des ersten Geräts bzw. Empfängers verbunden wird. Von dessen DMX-Ausgang geht es weiter zum DMX-Eingang des nächsten Geräts, usw.



15.3 Elektrische Spezifikationen und Kabel

Zur Verbindung sind fünfpolige XLR Stecker vorgeschrieben. Häufig wird jedoch aufgrund des geringeren Preises die dreipolige Variante verwendet. Das freie Kontaktpaar (Pol 4 und 5) ist für andere Aufgaben vorgesehen, die in der DMX512-A Norm näher spezifiziert werden.

Pin	5 polig	3 polig international
1	Masse (Abschirmung)	Masse (Abschirmung)
2	Signal invertiert (DMX-, „Cold“)	Signal invertiert (DMX-, „Cold“)
3	Signal (DMX+, „Hot“)	Signal (DMX+, „Hot“)
4	Data -	
5	Data +	



3-Pin und 5-Pin XLR Stecker / Buchse

Da die digitale Signalübertragung sehr hohe Frequenzen enthält (Grenzfrequenz ~2,5 MHz), müssen gemäss Spezifikation abgeschirmte Kabel mit 110 Ω Impedanz verwendet werden. Vorzugsweise kommt ein Twisted Pair-Kabel zum Einsatz. Es sind auch spezielle Mikrofonkabel auf dem Markt, die sich für DMX-Übertragungen eignen.

15.4 Geräte Adresse

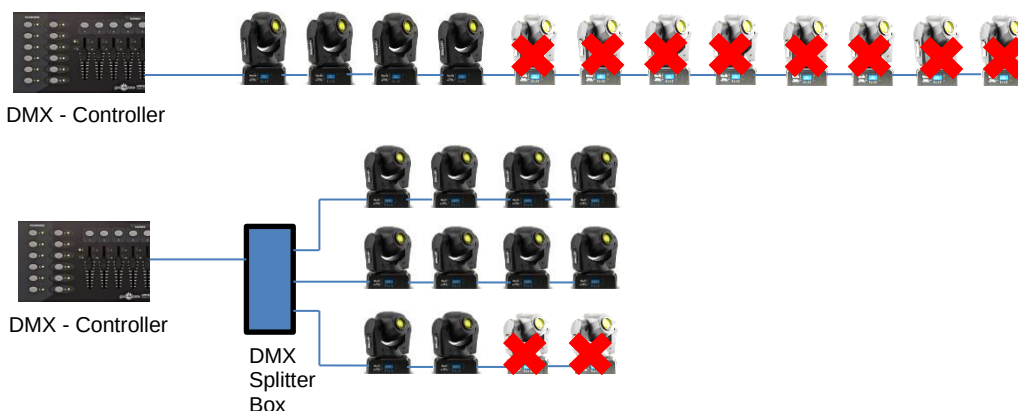
An jedem Gerät muss die Busadresse (DMX Kanal) eingestellt werden. Die Einstellung wird in der Regel über Funktionstaster oder DIP- Schalter eingestellt. Bei Geräten, die mehrere Kanäle empfangen, ist die erste eingestellte Adresse die Startadresse. Eine 6 kanalige Farb-LED Leuchte mit der Startadresse 25 empfängt also die Kanäle 25 bis 30. Achtung: Eine falsche Adressierung der Geräte führt meist zu unerwünschtem Verhalten, da sie auf die adressierten Steuerdaten reagieren, die nicht für sie bestimmt sind. Andererseits ist es durchaus möglich, zwei Geräte absichtlich gleich zu adressieren, etwa, wenn insgesamt zu wenige Kanäle zur Verfügung stehen, oder um die Programmierung der Show zu vereinfachen. Identisch adressierte Geräte mit gleicher Kanalbelegung verhalten sich dabei komplett identisch.

Wenn man mehr als 32 Geräte einsetzen möchte, oder die 512 DMX-Kanäle nicht ausreichen, muss ein zweites DMX-Universum eingesetzt werden. Als Universum wird eine DMX-Linie mit 512 Kanälen bezeichnet. DMX-Controller, die mehrere Universen ausgeben können, verfügen über mehrere separate DMX-Ausgänge.

15.5 Nachteile der seriellen DMX Ansteuerung

Beim Ausfall einer Kabelverbindung oder eines Gerätes fällt die ganze nachfolgende Kette aus, da ab diesem Punkt keine Datenübertragung mehr stattfinden kann. Um das Ausfallrisiko zu minimieren, kann nach dem Controller eine Splitter Box eingesetzt werden.

An einer Splitter Box können mehrere parallele Stränge angeschlossen werden. Damit minimiert man das Ausfallrisiko gegenüber langen Ketten. Ein DMX-Splitter wird auch als Booster (Verstärker) zum Auffrischen der Signalqualität eingesetzt.



15.6 Software DMX Steuerung

Software DMX Steuerungen sind komplette Steuerlösungen für Computer oder Pads mit USB- oder Wi-Fi Anschluss

Durch ein USB oder Wi-Fi DMX-Interface werden die Befehle einer Steuerungssoftware in den DMX-Standard umgewandelt. Damit kann auf ein Hardware DMX Controller verzichtet werden. Ausserdem können mit einigen Interfaces zusätzlich DMX-Daten in den PC eingelesen und dort weiterverarbeitet werden.

USB-DMX-Steuerungen lassen sich in zwei Kategorien einteilen:

1. **Klassische Lichtpulte**, die über einen USB-Port mit einem PC oder Notebook verbunden werden, auf dem eine DMX-Software läuft. Mit der Software kann ein Pult funktional erweitert und gesteuert werden.
Der Vorteil dieser Systeme: Hardware Tasten und Fader am Pult sind physisch vorhanden und erlauben einen schnellen und präzisen Zugriff auf die Funktionen.
2. **PC-Software / App**, auf PC, Notebook oder Tablett das die Signale direkt an ein USB- oder Wi-Fi-Interface weitergibt und damit ohne klassisches Pult auskommt.
Der Vorteil dieser Systeme liegt in der nahezu unbegrenzten Funktionsvielfalt von Softwares und günstigen Preisen, da keine Pult Hardware benötigt wird.
Häufig werden Software Steuerungen und klassische Lichtpulte miteinander eingesetzt, weil die Hardware Controller über echte haptische Schieberegler und Tasten verfügen, die eine schnellere und direktere Kontrolle erlauben.



DMX – Wi-Fi App Controller Software für Tablett



DMX – USB PC Software Controller

Sicherheitsempfehlung

DMX Ansteuerung für pyrotechnische Geräte

Von den führenden Herstellern, die pyrotechnische Effektgeräte mit DMX Ansteuerung anbieten, wird **dringend** empfohlen, eigene separate DMX Universum- Controller zur Ansteuerung der Pyro-Effektgeräte zu benutzen. (Licht und Pyro-Projektoren trennen!)

Not-Aus-Schalter

Es wird grundsätzlich empfohlen die Pyro-Effektgeräte / Projektoren mit einer separaten Stromversorgung zu betreiben, die mit einem **Not-Aus-Schalter** ausgerüstet ist, um die Projektoren im Notfall jederzeit ausschalten zu können.

17 AB

Montage / Installation / Zündung



Inhaltsverzeichnis

Montage / Installation / Zündung

1	Einführung	2
2	Grundlegende Sicherheitshinweise	2
3	Abbrennplatz	2
4	Aufbau von pyrotechnischen Gegenständen	3
4.1	Allgemeine Bedingungen für die Montage	3
4.2	Bengalfeuer	4
4.3	Herstellung von Figuren mithilfe von Bengallanzen	4
4.4	Frontstücke	5
4.4.1	Fontänen	5
4.4.2	Vulkane	5
4.4.3	Wasserfallfontänen	6
4.5	Feuertöpfe	6
4.5.1	Montage von gebrauchsfertigen Feuertöpfen	6
4.5.2	Verladen und Montage von losen Feuertöpfen in Kugel oder Zylinderform, die einen Mörser benötigen (nur FWB)	7
4.6	Bombe (nur FWB)	7
4.6.1	Auswahl und Befüllung der Abschussrohre (Mörser)	7
4.6.2	Abmessungen von Mörsern (Abschussrohren) gemäss der Norm für Kugelbomben	8
4.6.3	Rohrkrepiere	9
4.6.4	Befestigung einzelner Mörser	10
4.6.5	Montage von Mörserbatterien	12
4.6.6	Schutz vor Regen	14
4.6.7	Schutz vor Funkenflug	14
4.7	Single Shot	15
4.8	Römisches Licht, Römische Kerze, Bombenrohr	16
4.9	Feuerwerksbatterien	17
4.10	Nautische Effekte (nur FWB)	18
4.11	Rotierende pyrotechnische Gegenstände	19
4.11.1	Sonnen und Rotierende Frontstücke	19
4.11.2	Steigende Kronen	19
4.12	Raketen	20
5	Montage von pyrotechnischen und elektrischen Anzündungen	21
5.1	Übertragung der elektrischen Zündung durch Green Fuse	22
5.2	Anbringen eines elektrischen Anzünders an einer gedeckten Stoppine	23
5.3	Elektrische Anzündung eines Vulkans	24
5.4	Römische Kerzen mit einem elektrischen Anzünder ausstatten	25
5.5	Montage einer pyrotechnischen Verzögerung an Bombenbatterien (nur FWB)	26
5.5.1	Vorbereitung der Bomben	26
5.5.2	Herstellung einer Verzögerungskette (pyrotechnische Verzögerung) mit traditionellen Vorbrennern	27
5.5.3	Herstellung einer Verzögerungskette mit steckbaren Vorbrennern	28
6	Letzte Vorbereitungen	29
6.1	Schutzausrüstung	29
6.2	Zündungsausrüstung	30
7	Abschiessen des Feuerwerks	30
7.1	Letzte Überprüfung vor dem Anzünden	30
7.2	Zündung	30
8	Nach dem Abbrennen	31

Aufbau und Abfeuern von Feuerwerkskörpern

1 Einführung

Die fachgerechte Montage von Feuerwerkskörpern ist entscheidend für deren sichere Funktion, sie beugt Unfällen vor und erleichtert ein reibungsloses Abbrennen. Eine saubere und korrekte Montage der Feuerwerkskörper, sowie ein gut angelegter und aufgeräumter Abbrennplatz unterstreichen zudem die Professionalität des verantwortlichen Feuerwerkers.

2 Grundlegende Sicherheitshinweise

Die folgenden Regeln sollten auf dem Abbrennplatz sowie beim Umgang mit pyrotechnischen Gegenständen beachtet werden:

- ➔ Der Abbrennplatz darf nie unbeaufsichtigt bleiben. Wenn das für das Feuerwerk zuständige Personal nicht vor Ort ist, muss die Bewachung des Geländes einem speziell instruierten Wachpersonal anvertraut werden;
- ➔ während den Vorbereitungen für das Feuerwerk ist **das Rauchen strengstens verboten**;
- ➔ Drittpersonen oder Minderjährigen muss der Zugang zum Abbrennplatz verwehrt werden, es sei denn, der verantwortliche Feuerwerker erteilt eine Sondergenehmigung;
- ➔ dass das für die Montage benötigte Personal auf das für einen reibungslosen Ablauf notwendige Minimum beschränkt werden muss.

Pyrotechnische Gegenstände müssen vor Schlägen, Erschütterungen und Feuchtigkeit geschützt werden.

**Kein Alkohol!
Rauchen verboten!**

3 Abbrennplatz

Der verantwortliche Feuerwerker erkundet zunächst den Abbrennplatz. Dieser muss den festgelegten Bestimmungen entsprechen. Es muss sichergestellt werden, dass zwischenzeitlich keine Veränderungen (Bau, Installation usw.) am vorgesehenen Abbrennplatz vorgenommen wurden. Im Falle einer Änderung muss die Installation der Feuerwerksstücke angepasst werden. Die empfohlenen Sicherheitsabstände zu den Zuschauern sind in jedem Fall einzuhalten. Darüber hinaus muss sich der verantwortliche Feuerwerker über die am Tag der Veranstaltung zu erwartenden Wetterbedingungen informieren, insbesondere über Windrichtung und Windstärke. Wettervorhersagen können z. B. auf einer Vielzahl von Websites abgerufen werden:

<http://www.meteoschweiz.admin.ch/web/fr/meteo.html>

<https://meteotest.ch/wetter/wind>

(nur auf Deutsch)

Der Abbrennplatz muss von Beginn des Aufbaus bis zum Ende des Abbaus durch geeignete Markierungen wie Warnschilder, Absperrbänder, Schranken oder andere Mittel abgesperrt werden (kein Zugang für Drittpersonen). Trockenes Gras und Gestrüpp muss in und um den Abbrennplatz herum entfernt oder bewässert werden.



Ein Ordnungsdienst kann unter Umständen erforderlich sein, dieser sollte mehrere Stunden vor Beginn des Feuerwerks vor Ort sein. Seine Aufgabe ist es, dafür zu sorgen, dass sich die Zuschauer nur in den für sie vorgesehenen Bereichen aufhalten. Falls nötig, räumt er auf Anweisung des verantwortlichen Feuerwerkers die nicht für die Zuschauer bestimmten Bereiche, in denen Personen stören oder gefährdet werden können. Vor dem Abbrennen des Feuerwerks wird am Abbrennplatz eine Brandwache platziert. Unter bestimmten Umständen kann eine Zusammenarbeit mit der Feuerwehr sinnvoll sein, um eine sichere Durchführung des Feuerwerks zu gewährleisten. In solchen Fällen wird der Einsatzleiter der Feuerwehr gemeinsam mit dem verantwortlichen Feuerwerker den Abbrennplatz erkunden und die Sicherheitsvorkehrungen festlegen. So können sie gemeinsam die kritischen Punkte identifizieren und eventuell notwendige Massnahmen ergreifen.

4 Aufbau von pyrotechnischen Gegenständen

4.1 Allgemeine Bedingungen für die Montage

- ➔ Der Aufbau des Feuerwerks muss früh genug beginnen, damit die Arbeiten abgeschlossen sind, bevor es dunkel wird. Der Abbrandplatz muss zunächst abgesperrt werden, dann wird das Gelände gemäss dem Installationsplan aufgeteilt.
- ➔ Der Aufbau und die Ausrichtung von pyrotechnischen Gegenständen muss gemäss dem Abschussplan erfolgen. In diesem Zusammenhang ist der Windeinfluss zu berücksichtigen.
- ➔ Generell gilt, dass alle Feuerwerkskörper, die dazu bestimmt sind, in die Höhe zu steigen, in dem, dem Publikum abgewandten Luftraum abgebrannt werden müssen. Es muss sichergestellt werden, dass keine Reste (brennende Rückstände, Asche oder Reste von Feuerwerkskörpern) auf fremdes Eigentum fallen und dieses beschädigen. Es können sonst Schadensersatzansprüche drohen.
- ➔ Beim Aufbau von Feuerwerkskörpern müssen die empfohlenen Sicherheitsabstände des Herstellers unbedingt eingehalten werden.
- ➔ Pyrotechnische Gegenstände / Feuerwerkskörper, die Mängel aufweisen, müssen markiert und als Blindgänger behandelt werden.
- ➔ Wenn mit Niederschlägen zu rechnen ist, müssen die montierten pyrotechnischen Gegenstände / Feuerwerkskörper mit Plastikfolien oder Planen vor Feuchtigkeit geschützt werden.
- ➔ Ein kurzer Regenschauer beeinträchtigt in der Regel die Funktionalität von Feuerwerkskörpern nicht, solange diese nicht durchnässt werden.

Stabilität

Alle Abschussvorrichtungen müssen so am Boden befestigt sein, dass sie während des Abbrennens des Feuerwerks nicht herunterfallen oder umkippen können.

Nicht richtig montierte oder befestigte pyrotechnische Gegenstände / Feuerwerkskörper können sehr gefährlich werden. Die Einhaltung der empfohlenen Sicherheitsabstände ist die Voraussetzung für eine fachgerechte Montage!

4.2 Bengalfeuer

Bengalflammen sollten normalerweise hinter Schirmen, Büschen oder ähnlichen Objekten so platziert werden, dass die Zuschauer die Flamme nicht direkt sehen, sondern nur die Lichtreflektion. Montage: Befestigen Sie die Bengalflammen an einem Pfosten. Richten Sie die Flammenseite auf das zu beleuchtende Objekt und montieren Sie auf der Zuschauerseite einen ca. 50 x 50 cm grossen Blendschutz. Beim Abbrennen von Bengalflammen wird extrem heisse Schlacke ausgestossen. Zierrasen, Asphalt oder andere empfindliche Oberflächen müssen mit geeigneten Schutzvorrichtungen vor Brandschäden geschützt werden. (Feuerschutzdecke, Aluminium oder eine andere nicht brennbare Unterlage).

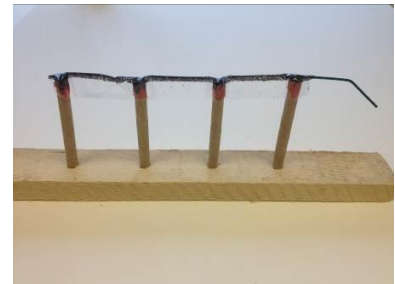
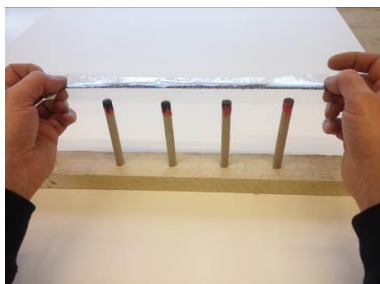


4.3 Herstellung von Figuren mithilfe von Bengallanzen

Vor der Herstellung der Figuren und Schriften sollte man sich Gedanken über den Transport und die Montagemöglichkeiten der, mit den Figurenlichtern hergestellten, Figurenbilder machen! Um diese Figurenbilder herzustellen, werden die Figurenlichter oft in ein Brett mit Löchern gesteckt und eingeklebt. Da die Figurenlichter mechanisch sehr empfindlich und zerbrechlich sind, müssen die gefertigten Figurenbilder entsprechend verpackt und für den Transport geschützt werden.

Das Verkleben der Figurenlichter mit Heisskleber oder Silikonpaste ist ein einfaches und bewährtes Montageverfahren, das gute Transportmöglichkeiten bietet. Figurenlichter, die in liegender Position über die gesamte Länge befestigt sind, können ebenso wie stehend angeordnete Figurenlichter einfach pyrotechnisch gezündet werden, indem sie mit einem Zündband miteinander verbunden werden.

Für eine sichere Zündung des Zündbandes sollte ein Stück Stoppine mit einem elektrischen Anzünder verwendet werden, oder eine ausreichend lange Green Fuse, wenn es sich um einen manuellen Anzündpunkt handelt. Bei grossen, komplexen Figurenbildern sollten mehrere elektrische Anzünder eingebaut werden, um eine sichere und schnelle Zündung zu gewährleisten.



4.4 Frontstücke

4.4.1 Fontänen

Auf dem Markt gibt es eine ganze Reihe von professionellen Halterungen für Fontänen. Fontänen können jedoch auch einfach mit Draht oder stabilen Kabelbindern an stabilen Holzpfosten oder -ständern montiert werden.

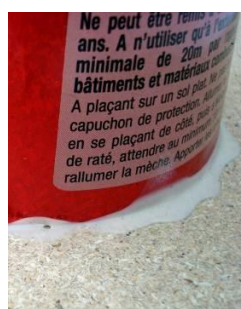


4.4.2 Vulkane

Die meisten Vulkane stossen Schlacke aus, die unerwünschte Spuren auf dem Gelände hinterlassen können. Deshalb sollte auf Zierrasen, Asphalt oder anderen zu schützenden Flächen immer ein Brett, ein Blech oder eine kleine Steinplatten unter die Vulkane gelegt werden!

Beim Abbrennen verursachen Vulkane einen Rückstoss und können bei instabilen Standorten oder mangelhafter Befestigung umfallen!

Wir empfehlen daher, professionelle Befestigungsmittel zu verwenden oder den Vulkan auf einen Untergrund zu kleben, z. B. mit Holzleim oder Heisskleber (siehe Abbildung).



4.4.3 Wasserfallfontänen

Wasserfallbränder werden oft vormontiert verkauft. Es ist jedoch auch möglich, sie selbst einzeln an Latten oder Seilen zu montieren. Planen Sie genügend Zeit für die Montage ein. Der Aufwand für die Selbstmontage wird oft unterschätzt!

Achtung!

Um Brandschäden zu vermeiden, dürfen Wasserfälle nur mit ausreichendem Sicherheitsabstand zu Gebäudefassaden oder anderen hitzeempfindlichen Objekten abgebrannt werden. Sie dürfen nicht auf Dächern, in der Nähe von Fassaden mit Glasfenstern oder in der Nähe von leicht brennbaren Materialien wie Holzelementen entzündet werden. Der Sicherheitsabstand zu Zuschauern, brennbaren Gegenständen oder Materialien beträgt mindestens **20 Meter**.

Bei feuchtem Wetter sollten die Wasserfälle nach Möglichkeit mit einer Kunststoffolie abgedeckt werden. Die dünnen Schrumpffolien müssen vor dem Anzünden nicht entfernt werden.



Vorgefertigte Wasserfälle



Beispiel für eine Baugruppe

4.5 Feuertöpfe

4.5.1 Montage von gebrauchsfertigen Feuertöpfen

Gebrauchsfertige Feuertöpfe sollten auf einem stabilen Boden oder, wenn der Boden Unebenheiten aufweist, auf einem Holzbrett (Rückstoss) stehen. Ausserdem sollte ein Pfosten fest in den Boden gerammt und der Feuertopf mit Draht oder einem Kabelbinder daran befestigt werden. Auf hartem Boden kann das Rohr des Feuertopfes auch mit einer ausreichenden Menge Sand oder Sandsäcken gesichert und fixiert werden.



Achtung! Achten Sie darauf, dass Ihre Körperteile während der Montage immer ausserhalb der Schussbahnen bleiben.

4.5.2 Verladen und Montage von losen Feuertöpfen in Kugel oder Zylinderform, die einen Mörser benötigen (nur FWB)

Lose zylindrische oder kugelförmige Feuertöpfe (Minen) müssen geladen und dann, wie Bomben in einzelnen Mörsern oder geeigneten Mörserbatterien abgefeuert werden.

Die Mörserrohre und die Mörserbatterien müssen sicher befestigt werden. Auf weichem oder unebenem Boden muss unter dem Mörser eine ausreichend stabile Unterlage vorhanden sein! Die aus den Feuertöpfen herausgeschleuderten Sterne brennen oft bis zum Boden. Schützen Sie daher benachbarte Feuerwerkskörper vor Funkenflug.



Achtung! Wegen des starken Funkenflugs sollten Feuertöpfe möglichst immer mit elektrischen Anzündern angezündet werden!

Wenn das Anzünden von Hand unvermeidlich ist, muss auf einen ausreichend grossen Sicherheitsabstand zwischen dem anzündenden Feuerwerker und dem Feuertopf geachtet werden!

Hinweis: Bei Musikfeuerwerken werden die Feuertöpfe oft taktgenau gezündet. Achten Sie deshalb darauf, dass alle Feuertöpfe mit möglichst einheitlich kurzer, gedeckter Stoppinenleitung zwischen elektrischem Anzünder und Ausstossladung angefeuert werden!

4.6 Bombe (nur FWB)

4.6.1 Auswahl und Befüllung der Abschussrohre (Mörser)

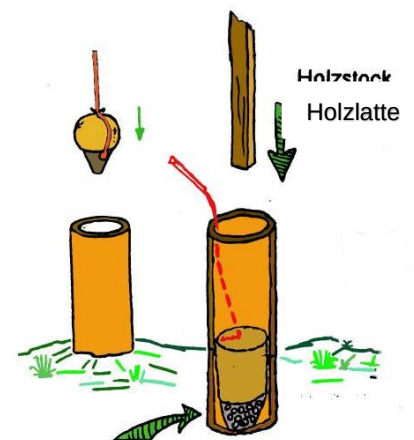
Die sichere Funktion einer Feuerwerksbombe hängt entscheidend von der Wahl des Mörsers ab. Diese Wahl bezieht sich zum einen auf die Abmessungen des Rohres (siehe 4.6.2) und zum anderen auf das Baumaterial.

Der Mörser muss in Durchmesser und Länge an die Bombe angepasst sein. Die Bombe muss so im Mörser platziert werden, dass sie mit der Ausstossladung auf dem Boden des Rohrs aufliegt. Wenn die Bombe verkehrt herum mit der Ausstossladung nach oben platziert wird, ist mit einem gefährlichen Rohrkrepiere zu rechnen! (siehe Kapitel 4.6.3). Wenn die Bombe zu viel Platz im Mörser hat, steigt sie weniger hoch und könnte im schlimmsten Fall in Bodennähe oder sogar am Boden umsetzen!

Ein zu kurzer Mörser (d. h. eine Länge, die weniger als das Vierfache des Kalibers beträgt) verhindert ebenfalls, dass die Bombe auf ihre normale Höhe steigt. Solche Mörser sollten daher nicht in Betracht gezogen werden.

Das Verhaken oder vollständige Blockieren der Bombe im Mörser verhindert ein korrektes Laden und kann zu einer Beschädigung des Feuerwerkskörpers und in der Folge zu einem Rohrkrepiere führen. Vermeiden Sie auf jeden Fall, eine Bombe in einen zu engen Mörser zu zwingen!

Verwenden Sie nur trockene Rohre mit sauberem Innenraum, der von Abbrennresten befreit ist. Bomben, deren Abschussladung nicht sauber am Boden aufliegt, erreichen nur eine verminderte und ungenügende Höhe bei der Zerlegung! Nasse oder feuchte Innenrohre - vor allem ein Problem bei Kunststoffrohren -, können Abschussladungen und Stoppinenleitungen beschädigen und Fehlfunktion verursachen!



4.6.2 Abmessungen von Mörsern (Abschussrohren) gemäss der Norm für Kugelbomben

Durchmesser der Mörser / Durchmesser der Bomben

Die Norm SN EN 16261-3 definiert die folgenden Parameter für das Spiel, das eine Kugelbombe in einem Mörser in Abhängigkeit von ihrer Aufstiegshöhe haben kann:

$$0,9 \leq (d_a^2 / d_i^2) \leq 0,98$$

mit:

d_a = Aussendurchmesser der Bombe einschliesslich des Anzündschnur der Abschussladung

d_i = Innendurchmesser des Mörsers

Bei Kugelbomben mit einem Durchmesser ≤ 100 mm ist es möglich, ein grösseres Spiel zu tolerieren:

$$0,83 \leq (d_a^2 / d_i^2) \leq 0,98$$

Länge der Mörser

Das Testverfahren für die Länge von Mörsern, die zum Abschiessen von kugelförmigen Feuerwerkskörpern verwendet werden, ist in derselben Norm festgelegt, in der es heisst:

$$4 \times d_n + 120 \leq l_M \leq 6 \times d_n + 70$$

mit:

d_n = Nenngrosse in mm

l_M = Innenlänge des Mörsers in mm

Nenngrosse (d_n , d_i) [mm]	Zulässiger Bereich beim Durchmesser der Bomben d_a [mm]	Zulässiger Bereich bei der Mörserlänge l_M [mm]
50	Von 45.6 bis 49.5	Von 320 bis 370
50.8 (2 Zoll, 2")	Von 46.3 bis 50.3	Von 323 bis 375
75	Von 68.3 bis 74.2	Von 420 bis 520
76.2 (3 Zoll, 3")	Von 69.4 bis 75.4	Von 425 bis 527
100	Von 91.1 bis 99.0	Von 520 bis 670
101.6 (4 Zoll, 4")	Von 92.6 bis 100.6	Von 526 bis 680
125	Von 118.6 bis 123.7	Von 620 bis 820
127 (5 Zoll, 5")	Von 120.5 bis 125.7	Von 628 bis 832
150	Von 142.3 bis 148.5	Von 720 bis 970
152.4 (6 Zoll, 6")	Von 144.6 bis 150.9	Von 730 bis 984
175	Von 166.0 bis 173.2	Von 820 bis 1120
177.8 (7 Zoll, 7")	Von 168.7 bis 176.0	Von 831 bis 1137
200	Von 189.7 bis 198.0	Von 920 bis 1270
203.2 (8 Zoll, 8")	Von 192.8 bis 201.2	Von 933 bis 1289
250	Von 237.2 bis 247.5	Von 1120 bis 1570
254 (10 Zoll, 10")	Von 241.0 bis 251.4	Von 1136 bis 1594
300	Von 284.6 bis 297.0	Von 1320 bis 1870
304.8 /12 Zoll, 12")	Von 289.2 bis 301.7	Von 1339 bis 1899

Mörserabmessungen/Bombendurchmesser nach SN EN 16261-3 für den Test von Kugelbomben

4.6.3 Rohrkrepiere

Beim Abschuss von Feuerwerksbomben können Rohrkrepiere wegen Fehlmanipulationen oder einer Fehlfunktion nie ganz ausgeschlossen werden. Bei der Verwendung von Metallabschussrohren entsteht bei einem Rohrkrepiere zusätzliche grosse Verletzungsgefahr durch sehr weit fliegende Metallsplinter. Der verantwortliche Feuerwerker hat somit alle erdenklichen Vorkehrungen zu treffen, um Verletzungen und Sachschäden durch Splitterwurf zu vermeiden.

Empfohlene Sicherheitsmassnahmen:

- ➔ Wenn möglich, sollten Mörser aus nichtmetallischen Materialien (z. B. Karton, HDPE oder glasfaserverstärktem Kunststoff) verwendet werden. Diese Vorsichtsmassnahme gilt insbesondere für Bomben, die Detonationsladungen / Knallsätze enthalten;
- ➔ Metallabschussrohre jeglicher Art dürfen gemäss amtlicher Weisung grundsätzlich nur für den Abschuss von Feuerwerksbomben verwendet werden, **für die es kein geeignetes, nicht-metallisches Rohr mit ausreichender Festigkeit gibt!**
- ➔ bei der Verwendung von Metallmörsern jeglicher Art sollte ein ausreichender Schutz gegen Splitter vorgesehen werden, z. B. durch vollständiges Eingraben oder Einsanden der Rohre.



Beispiele: Zerstörung durch einen Rohrkrepiere

Das Bersten eines Mörsers kann nicht nur gefährliche Splitter erzeugen, sondern auch ganze Bombenbatterien zerstören und andere isolierte Mörser bewegen oder umkippen lassen. Wenn dann die Bomben, die diese Batterien oder Mörser enthielten, gezündet werden, erhöht sich das Risiko von Personen- und Sachschäden um das Zehnfache.

Daher sollten Bomben mit einem hohen Zerstörungspotenzial, wie z. B. Knallbomben, nach Möglichkeit immer in grösserer Entfernung von Effektbombenbatterien platziert werden.

Hinweis: Eine stabile Montage und grosszügige Abstände zwischen den Mörsern verringern den Schaden, der durch einen Rohrkrepiere verursacht werden kann!

4.6.4 Befestigung einzelner Mörser

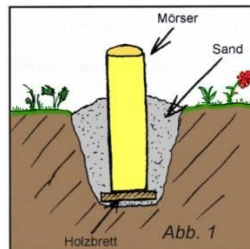
Mörserrohre müssen so befestigt werden, dass sie beim Abschuss oder durch den Druck und die Splitter von benachbarten Feuerwerkskörpern nicht umkippen können. Wenn der Boden locker oder uneben ist, muss der Mörser auf einer ausreichend festen Unterlage stehen, z. B. auf einem Holzbrett, einer Steinplatte oder einer Metallplatte!

Einige Möglichkeiten für die sichere Befestigungen:

1. Vergraben Sie den Mörser mindestens bis zur Hälfte (Abbildung 1), stellen Sie bei lockerem Boden eine geeignete Stütze auf und füllen Sie rundherum Sand oder Erde auf, sodass das Rohr sicher befestigt ist.



Metallmörser für
Zylinderbombe

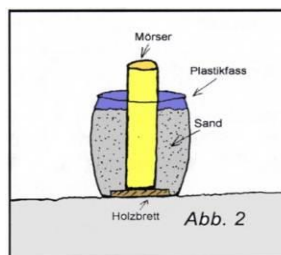


Metallmörser mit
Brettauflage



Metallmörser zu 2/3
vergraben

2. Platzieren Sie den Mörser in einem festen, stabilen Behälter und füllen Sie ihn mit Sand (Abbildung 2). Das Rohr muss mindestens bis zur Hälfte im Sand stecken!

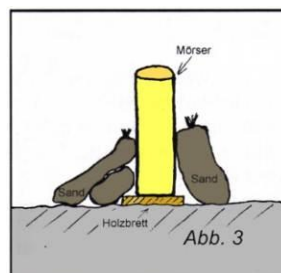


Mörser aus Metall in
einer Tonne
(Splitterschutz)



Mörser aus Metall, der
in einem Container
versendet ist

3. Auf hartem Untergrund den Mörser auf eine feste Unterlage stellen und mit Sandsäcken rundherum sichern (Abbildung 3), so dass er stabil steht und nicht umfallen kann!



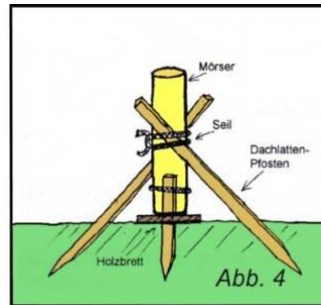
Mit Sandsäcken
stabilisierter Mörtel



Mit Sandsäcken
stabilisierter Mörtel

4. Wenn keine der oben genannten Methoden in Frage kommt, müssen die Mörser mit Hilfe von Dachlatten, Pfosten usw. fest auf dem Boden abgestützt oder verankert werden. Eine seitliche Verstrebung sorgt für eine gute Stabilität (Abbildung 4). Eine Befestigung an Zäunen oder Palettenverbindungen ist ebenfalls möglich.

Die Befestigung kann mit Nägeln, Schrauben oder Draht erfolgen. **Beachten Sie jedoch, dass die Nägel oder Schrauben die Rohre nicht durchbohren dürfen!**



Wenn möglich, sollte die Montage der Mörser immer vor der Platzierung der Bomben in den Abschussrohren erfolgen. Wenn die Mörser während der Montage bereits geladen sind, darf niemals ein Körperteil über die Öffnung der Mörser gehalten werden.

Beispiel von Bombenmörsern, deren Boden ausgeschlagen wurde, weil sie auf weichem Boden nicht ausreichend unterlegt waren!



4.6.5 Montage von Mörserbatterien

Mörserbatterien müssen fest und stabil mit dem Boden verankert sein, damit sie unter keinen Umständen während des Abschusses umkippen können! Beim Ausstoss erzeugen die Bomben nämlich eine enorme Rückstosskraft!

Wenn die Batteriestrukturen über keine besonderen mechanischen Befestigungssysteme verfügen, müssen sie mithilfe von Dachlatten, Pfosten usw. sicher befestigt werden (Abbildung 2). Die Befestigung kann mit Nägeln, Schrauben oder Draht erfolgen.

Hinweis: Denken Sie beim Zusammenbau bereits an den Abbau. Sie können die Nägel leichter herausziehen, wenn sie nicht ganz eingeschlagen sind!



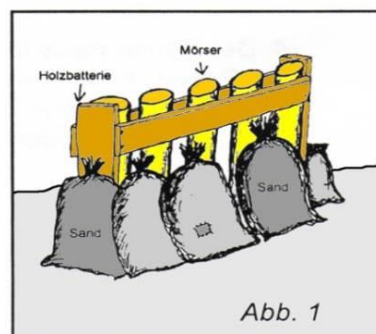
Mörserbatterien müssen vertikal oder seitlich ausgerichtet sein, dürfen aber niemals in Richtung des Publikums geneigt sein.

Einige Möglichkeiten für sichere Befestigungen:

Montage auf hartem Boden

Stellen Sie die Mörserbatterie auf einen ebenen, festen Untergrund. Sichern Sie die Mörserbatterie mit Sandsäcken (Abbildung 1) oder verstreben Sie die Mörserbatterien so, dass ein Umkippen einzelner Mörser ausgeschlossen ist! Die Mörserbatterien können auch komplett eingesandet oder mit vorgefertigten Befestigungssystemen fixiert werden.

Beispiele:

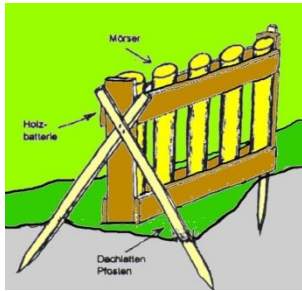


Montage auf weichem Untergrund:

Stellen Sie die Mörserbatterie auf einen ebenen Boden. Legen Sie ggf. unter die aufgefächerte Batterie Dachlatten oder Sand. Befestigen Sie die Batteriekonstruktion mit Pfosten oder Dachlatten fest im Boden und fixiere Sie diese seitlich so, dass sie nicht umkippen kann.

Wichtig: Achten Sie darauf, dass die Batterien auf ihrer gesamten Länge richtig aufliegen. Wenn die Auflage nicht ausreicht, können die Verankerungen durch die sehr hohen Kräfte beim Ausstoss beschädigt oder zerstört werden!

Beispiele:



Achtung: Achten Sie darauf, dass beim Zusammenbau keine Nägel oder Schrauben durch das Rohr geschlagen oder gebohrt werden.

4.6.6 Schutz vor Regen

Bei nasser Witterung während der Montage, müssen die Mörser vor dem Eindringen von Feuchtigkeit geschützt werden. Legen Sie die Mörserrohre bis zum Beladen mit dem Boden nach oben (Öffnungen zum Boden) in die Abschussvorrichtung. Füllen Sie die Bomben unter einem Regenschutz oder einem Zelt ab. Um die abschussbereiten Bomben und die Zündsysteme vor Feuchtigkeit zu schützen, decken Sie diese mit einer Plastikplane oder Plastikfolie ab. Plastikfolien müssen vor dem Anzünden nicht entfernt werden. Die Bomben durchdringen sie problemlos.



4.6.7 Schutz vor Funkenflug

Schützen Sie die Bomben in den Mörsern vor Funkenflug. Besonders empfindlich sind Bomben mit Palmaufstieg wegen ihren aufgeklebten Kometen!

Die Mörser können mit starker Aluminiumfolie oder - noch besser - mit Karton abgedeckt werden.

Hinweis: Haushaltsübliche Alufolie erfüllt die Anforderungen nicht. Sie ist mechanisch nicht stark genug und bietet kaum Schutz vor herabfallenden Bombenteilen und heissen Funken!



Kugelbombe mit
Palmaufstieg



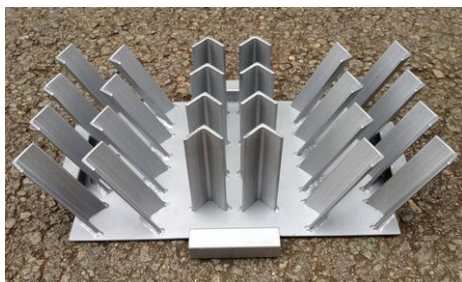
4.7 Single Shot

Gebrauchsfertige Single Shots müssen sicher befestigt werden, so dass sie beim Abschuss oder durch den Druck und die Splitter benachbarter Feuerwerkskörper nicht umkippen können.

Wenn der Boden weich oder uneben ist, sollte der Single Shot auf einer ausreichend festen Unterlage stehen, z. B. auf einem Holzbrett, einer Steinplatte oder einer Metallplatte!

Auf dem Markt gibt es eine Vielzahl an bewährten Abschussvorrichtungen für spezifische Anwendungen.

Beispiele für Unterstützung:



4.8 Römisches Licht, Römische Kerze, Bombenrohr

Die römischen Kerzen müssen fest verankert sein, damit sie alle Abschüsse ohne Positionsänderung überstehen! Wenn keine spezielle Abschussvorrichtung zur Verfügung steht, können die Rohre an Pfählen, Geländern, Gittern oder Holzplatten montiert werden. Um dem Rückstoss standzuhalten, ist es wichtig, dass alle Rohre auf dem Boden stehen! Je nach Grösse müssen die Rohre zwei- oder dreimal gesichert werden. Verwende dazu ein bewährtes Drahtbefestigungssystem oder **sehr starke, qualitativ hochwertige Kabelbinder!**

Achtung! Kabelbinder aus Kunststoff werden im Winter oder bei niedrigen Temperaturen brüchig! Es empfiehlt sich eine zusätzliche Befestigung mit einer Drahtsicherung! Befestigungsmaterialien wie Gitter, Holzplatten etc. sollten auf der Zuschauerseite angebracht werden, damit durch Rohrkrepiere beschädigte Rohre nicht in Richtung der Zuschauer schiessen!

Achtung! Die Rohre dürfen beim Befestigen nicht gequetscht oder beschädigt werden! Die Kometen und Bombetten müssen sich beim Abschiessen im Rohr frei bewegen können! **Eine Verengung des Rohres führt zu einem gefährlichen Rohrkrepiere!**



Beispiele für die Montage auf weichem Grasboden



Beispiele für die Montage auf hartem Boden



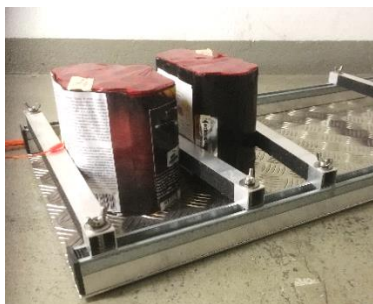
Folgen eines Rohrkrepiers

4.9 Feuerwerksbatterien

(Batterien, Töpfe, Cakes, Cake Box etc.).

Die Feuerwerksbatterien sind auf einen ebenen und stabilen Boden zu stellen. Wenn der Boden uneben oder instabil ist, verwendet man eine Holzpalette oder eine Montageplatte als Unterlage. Um das Risiko zu vermeiden, dass die Feuerwerksbatterien umkippen oder sich verschieben, sind sie zusätzlich zu sichern. Feuerwerksbatterien, die auf einem harten Untergrund wie Asphalt oder Beton aufgestellt werden, müssen seitlich mit Sandsäcken oder losem Sand gesichert werden.

Achtung! Auf unebenem Untergrund können Batterien ohne Unterlage auseinanderbrechen und unberechenbare Querschläger auslösen!



Grosse Batterien, die in einer Schachtel mit Deckel geliefert werden, sollten in der Verpackung belassen werden. Die Deckel müssen abgeschnitten oder zur Seite geklappt und mit Klebeband befestigt werden. Je nach Grösse der Batterie sollte diese mit einem, zwei, drei oder vier Pflöcken fest im Boden verankert und mit Draht oder Gurten stabil gesichert werden. Die Pfosten dürfen das Schiessen nicht behindern!



Bei Fächerbatterien müssen die Seitenwände der Box eventuell auch gekürzt werden, damit die Fächereffekte nicht behindert werden. Die Papierabdeckung über den Effekten sollte nicht entfernt werden, da die Effekte problemlos durch sie hindurchgehen! Aus Umweltschutzgründen empfiehlt es sich, die Aluminiumfolie zu entfernen.

4.10 Nautische Effekte (nur FWB)

Nautische Effekte sind als Batterien (Abbildungen 3 und 4) oder als einzelne Bomben erhältlich, die selber in Mörser verladen werden (Abbildungen 1 und 2). Schwimmende Feuerwerkskörper werden üblicherweise in einem Winkel zwischen 45° und 60° abgeschossen.

Die Abschussvorrichtungen und Batterien müssen gut verankert und gegen den Rückstoss gesichert werden. Achten Sie auf einen ausreichend grossen Abstand zum Ufer! Bei Einzelbomben empfiehlt sich vorgängig ein Testschuss, um die von den Rohren und deren Neigungen beeinflusste Reichweite festzustellen.



Abb. 1



Abb. 2



Abb. 3



Abb. 4

4.11 Rotierende pyrotechnische Gegenstände

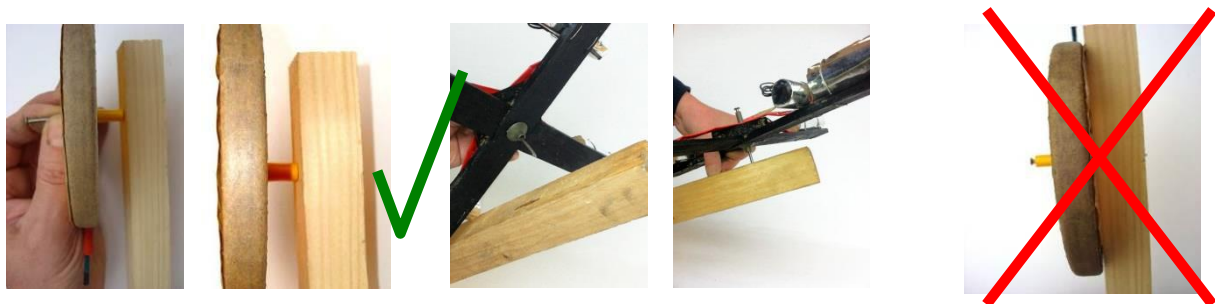
4.11.1 Sonnen und Rotierende Frontstücke

Die Sonne muss mit einem Nagel oder einer Schraube so befestigt werden, dass sie sich leicht drehen kann. Der Nagel oder die Schraube muss so stabil gesetzt werden, dass sie den Vibrationen des sich schnell drehenden Feuerwerkskörpers standhalten kann. Es ist darauf zu achten, dass die Sonne genügend Abstand zur Befestigungskörper hat und dass sie nichts berührt (siehe Fotos)!

Hinweis: Verwenden Sie zum Anzünden nur Stoppinen oder gedeckte Stoppinen mit Elektrozünder! Die Sonnenräder müssen sich nach dem Anzünden frei drehen können! Die Drähte von elektrischen Anzündern können die Drehung der Sonnen behindern oder verhindern, wenn sie nicht richtig montiert sind.

Gefahr! Starker Funkenflug kann benachbarte Feuerwerkskörper entzünden! Es müssen auf beiden Seiten ausreichende Schutzzonen vorhanden sein! Auch benachbarte Feuerwerkskörper müssen geschützt werden!

Sonnenkörper können sich nach dem Abbrennen entzünden und vollständig verbrennen.



4.11.2 Steigende Kronen

Die Abschussbasis dieses Feuerwerkskörpers ist von grosser Bedeutung. Sie muss so konstruiert sein, dass sie eine gute Führung bietet und ein horizontales Abheben (Kippen) verhindert. Wegen des weitreichenden Funkenflugs müssen die umliegenden Feuerwerkskörper gut gegen Funkenflug geschützt sein.

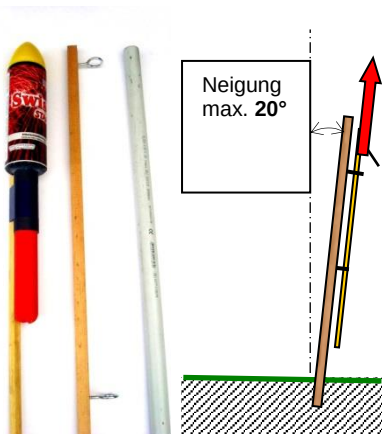
Wichtig: Es ist auf eine einwandfreie Zündung zu achten, da der elektrische Zünder und die Zündleitung die Rotation nicht verhindern dürfen.

Achtung! Halten Sie genügend Abstand zu den Zuschauern, damit diese nicht durch den Fallout verletzt werden!



4.12 Raketen

Raketen dürfen nur in stabilen Abschussvorrichtungen mit guter Leitstabführung abgeschossen werden. Zur Führung der Raketenstäbe eignen sich zwei Ringschrauben (oder gekreuzte Nägel) die mit ca. 30 cm Abstand zueinander in einen stabil verankerten Pfahl geschraubt sind. Ebenfalls geeignet ist ein genügend langes und weites Rohr, das in die Erde geschlagen wird. Damit der Aufstieg der Raketen nicht behindert wird, müssen die Leitstäbe gut in der Führung gleiten. Die Abschussrichtung muss gerade (senkrecht) oder vom Publikum leicht weggeneigt erfolgen.



Anzünden mit der Hand:
die Green Fuse zum
Anzünden biegen

Achtung!

Herunterfallende Raketenreste sind teilweise schwer oder glühen noch aus. Im Bereich der zu erwartenden Flugbahn der Raketen dürfen sich deshalb weder Zuschauer aufhalten noch trockene Vegetation oder leicht entzündliche Objekte befinden. Allenfalls müssen entsprechende Vorsorgemaßnahmen ergriffen werden, wie Feuerwache, Bereitstellung von Löschmaterial usw. Bei Regenwetter müssen die Raketen mit Plastikfolie vor Nässe geschützt werden. Gestelle mit Plastikregenschutz sind windanfällig! Sie sind deshalb bei Wind seitlich zu verankern. (Dachlatten, Draht, Schnur etc.). Plastikregenschutz muss kurz vor dem Zünden entfernt werden. Die Abschussrichtung muss gänzlich hindernisfrei sein. Weder darf an elektrischen Leitungen vorbei, noch zwischen Bäume oder Sträucher hindurch geschossen werden. Zudem ist die herrschende Windrichtung und Windstärke zu beachten. Bei starkem Wind dürfen die Raketen nicht gezündet werden!

Achtung: Raketen fliegen immer in und damit gegen den Wind. Leitstäbe von Raketen können vom Wind bis zu 200 m weit getragen werden!

Zünden Sie niemals eine Rakete mit einem gebrochenen oder beschädigten Leitstab!
Raketen dürfen beim Start unter keinen Umständen in die Erde gesteckt oder in der Hand gehalten werden.

5 Montage von pyrotechnischen und elektrischen Anzündungen

Pyrotechnische Gegenstände werden mithilfe von elektrischen Anzündern, pyrotechnischer Anzündung oder einer Kombination aus beiden Techniken gezündet. Die richtige Wahl der Anzündtechnik und die fachmännische Montage der Systeme garantieren den Erfolg eines Feuerwerks. Eine falsche Montage hingegen führt zu Zündversagern und Ausfällen, die von den Zuschauern negativ wahrgenommen werden!

Zu den häufigsten Ursachen von Zündversagen zählen:

- ❖ Abgerissene elektrische Anzünder aufgrund einer schlecht ausgeführten Zugentlastung;
- ❖ Überkreuzte elektrische oder pyrotechnische Leitungen, die durch abfliegende Feuerwerkskörper mit- oder abgerissen werden;
- ❖ Ungenügend abgedeckte Anzündungen mit offenliegenden „blanken“ Stoppinen, die zu ungewollten Anzündungen führen;
- ❖ schlecht gesicherte pyrotechnische Verzögerungen, die von den abgefeuerten Bomben weggerissen werden;
- ❖ Feuerstrahl von Vorbrennern entzündet / beschädigt unsachgemäss verlegte gedeckte Stoppinen (Anzündleitung) oder Zündleitungen / Kabel;
- ❖ Versager aufgrund eines nassen pyrotechnischen Gegenstandes (unzureichender Schutz vor Feuchtigkeit und Wasser);
- ❖ Anzündschnüre oder elektrische Anzünder mit ungenügender Anzündimpulsenergie für die Anzündstelle! (ungeeignete Anzündkette);
- ❖ Verwendung falscher Anzündschnüre oder schlechte elektrische Verkabelung bei rotierenden Feuerwerkskörpern;
- ❖ Verwendung von elektrischen Anzündern unterschiedlicher Typen am selben Zündkreis in Reihe;
- ❖ Bei der Montage beschädigte elektrische Anzünder! (Vermeidbar durch Funktionskontrolle mit Ohmmeter nach der Montage).

Wichtige Prinzipien:

- ➔ Pyrotechnische Gegenstände, die mit elektrischen Zündern ausgestattet sind, einschliesslich solcher, deren pyrotechnische Zündung durch einen elektrischen Zünder ersetzt wurde, dürfen unter keinen Umständen von Hand mit pyrotechnischen Mitteln gezündet werden!
- ➔ Pyrotechnische Gegenstände mit elektrischen Zündern oder pyrotechnischen Anzündern, die nicht zünden, müssen als Blindgänger behandelt werden. Es sollte eine Wartezeit von mindestens 15 Minuten eingehalten werden, bevor sie abgebaut werden.

5.1 Übertragung der elektrischen Zündung durch Green Fuse

Die folgenden Abbildungen beschreiben eine bewährte Methode, um elektrische Anzünder an einem vorhandenen Feuerwerkskörper mit einer Green Fuse zu befestigen:



1. Pyrotechnische Anzündung lösen.



2. Führen Sie ein Stück gedeckte Stoppine ein.



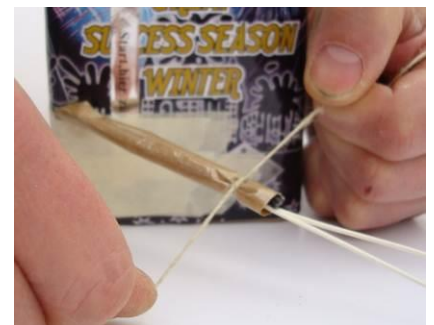
3. Befestigen Sie die gedeckte Stoppine mit Draht, Schnur oder einem Kabelbinder.



4. Bringen Sie ein Klebeband an der Verbindung an.



5. Den elektrischen Anzünder in 3-4 cm Abstand einführen.



6. Befestigen Sie den Anzünder mit Draht, Schnur oder einem Kabelbinder.



7. Schützen Sie das Ende mit Klebeband vor Feuchtigkeit und Funkenflug.

Achtung!

Elektrische Anzünder sind mechanisch empfindlich und müssen vorsichtig gehandhabt werden.

5.2 Anbringen eines elektrischen Anzünders an einer gedeckten Stoppine

Die Montage eines elektrischen Anzünders an einem Feuerwerkskörper mit einer pyrotechnischen Anzündung durch eine gedeckte Stoppine ist sehr einfach.

Achtung! Achten Sie bei der Montage immer darauf, dass sich keine Körperteile über dem Schussbereich befinden!



Schneiden Sie ggf. die Verzögerung an der Anzündschnur ab.



Führen Sie den Elektrozünder vorsichtig bis etwa 5 cm tief in die Mitte der gedeckten Stoppine ein. Achte darauf, dass der Elektrozünder direkten Kontakt mit der gedeckten Stoppine hat und nicht zwischen zwei Lagen Papier gesteckt wird!



Der elektrische Anzünder muss fest mit der gedeckten Stoppine verbunden sein! Verwenden Sie einen Draht, Schnur, einen Kabelbinder oder machen Sie eine Knotenschleife aus dem Draht des Anzünders.



Die Verbindung muss perfekt mit Klebeband abgedeckt sein, um sie vor Funken zu schützen.

Achtung! Durchschneiden Sie niemals eine gedeckte Stoppine, die mit einem elektrischen Anzünder verbunden ist. Elektrozünder können beim Durchschneiden augenblicklich zünden!

5.3 Elektrische Anzündung eines Vulkans

Damit mehrere Vulkane gleichzeitig gezündet werden können, müssen diese mit elektrischen Anzündern ausgestattet sein. Eine bewährte Methode ist es, eine 6 bis 10 cm lange gedeckte Stoppine zu verwenden und einen elektrischen Anzünder hineinzustecken.

Je nach Grösse des Vulkankopfes kann der elektrische Anzünder auch direkt unter der Schutzkappe platziert werden, wobei ein kurzer Abschnitt der gedeckten Stoppine frei liegen soll. Dabei ist darauf zu achten, dass der Anzünder bei der Montage der Schutzkappe nicht beschädigt wird!



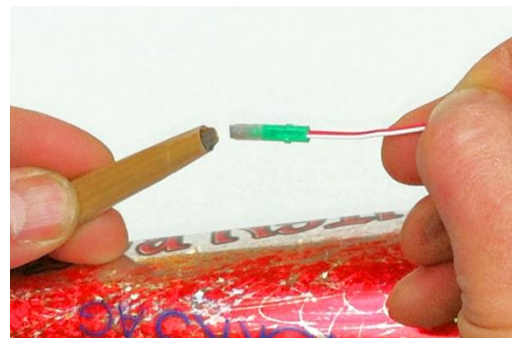
1. Schieben Sie die Green Fuse unter die gedeckte Stoppine



2. Bedecken Sie die Verbindung mit Klebeband.



3. Mit der Schutzkappe abdecken und mit Klebeband befestigen.



4. Führen Sie den elektrischen Anzünder ca. 3 cm in in die gedeckte Stoppine.



5. Befestigen Sie den Anzünder mit Draht oder Kabelbinder



6. Befestigen Sie die gedeckte Stoppine mit Klebeband.



7. Zünddrähte mit einem Nagel gegen Zug sichern.

5.4 Römische Kerzen mit einem elektrischen Anzünder ausstatten

Wenn die römische Kerze mit einer gedeckten Stoppine ausgestattet ist, kann man sie mithilfe der in Abschnitt 5.2 beschriebenen Methode mit einem elektrischen Zünder ausstatten.

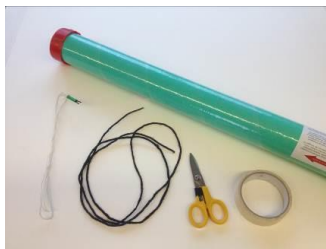
Andernfalls können römische Kerzen mithilfe der folgenden bewährten Methode mit einem elektrischen Anzünder ausgestattet werden:

Schneiden Sie etwa 10-20 Stücke Blackmatch mit einer Länge von etwa 1 cm ab und legen Sie sie in die römische Kerze.

Platzieren Sie ein oder zwei Stücke Blackmatch zwischen der Schutzhülle und dem Kopf des elektrischen Anzünders und führen Sie den vorbereiteten Anzünder bis zur oberen Abschussebene ein, wo sich die Blackmatch Stücke befinden. Wichtig: Der elektrische Anzünder muss auf den Blackmatch Stücken liegen!

Sichern Sie die Anschlussdrähte mit einer Zugsentlastung und verschliessen Sie das Rohr mit dem Deckel. Sichern Sie den Deckel mit einem Klebeband.

Achtung! Falls Sie die römischen Kerzen mit einer Plastikfolie vor Regen schützen müssen, darf diese NICHT über den Deckel der Röhre gelegt werden. Stattdessen sollte der Deckel auf die Folie gedrückt werden. Verwenden Sie am besten eine straffe Schutzfolie, um das Rohr vor Regen zu schützen!



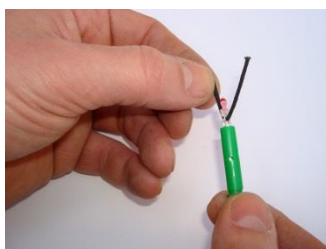
Benötigte Materialien:
Blackmatch, Anzünder,
Schere, Klebeband.



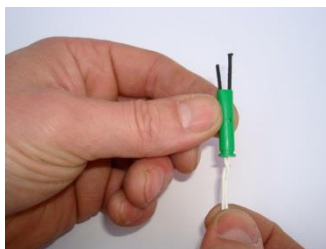
Schneiden Sie
Blackmatch Stücke ab.



Stecken Sie die
Blackmatch Stücke in die
Röhre.



Elektrischen Anzünder
und Blackmatch koppeln.



Klappen Sie die
Schutzhülle nach unten.



Führen Sie den
elektrischen Anzünder mit
den Blackmatch Stücken
ein.



Befestigen Sie die
Anschlussdrähte.



Befestigen Sie den Deckel
mit Klebeband.

5.5 Montage einer pyrotechnischen Verzögerung an Bombenbatterien (nur FWB)

5.5.1 Vorbereitung der Bomben

Für die Herstellung von pyrotechnischen Verzögerungsketten werden folgende Materialien benötigt: (Abbildung 1) Bombenbatterie mit passenden, sauberen und trockenen Abschussrohren (im gleichen Kaliber wie die Bomben), gedeckte Stoppine, pyrotechnische Verzögerung, Stoppine/Blackmatch, Bomben, Schere und Bindfaden oder Kabelbinder.

Grundsätzlich müssen die Abschussrohre zunächst mit den vorgesehenen Bomben bestückt werden. Es ist auch möglich, die Bombenbündel auf einem Tisch vorzubereiten.

Wichtig: Die Ausstossladung muss nach unten gerichtet sein und auf dem Boden des Rohrs aufliegen (Abbildungen 2 und 3).



Abb. 1



Abb. 2



Abb. 3

Schneiden Sie anschliessend alle gedeckten Stoppinen, mit ca. 10 bis 20 cm Überlänge gemessen ab der Halterungsvorrichtung für die Vorbrenner ab. (Abbildung 4).

Hinweis: Bomben werden oft auch mit einer Green Fuse geliefert, die am Anfang der gedeckten Stoppine angebracht ist. Die Green Fuse muss abgeschnitten werden, um lästige Verzögerungen von bis zu 10 Sekunden zu vermeiden!

Legen Sie durch Zurückschneiden der Stoppinenabdeckung, 1 - 2 cm Stoppine frei. (Abbildungen 5 und 6).

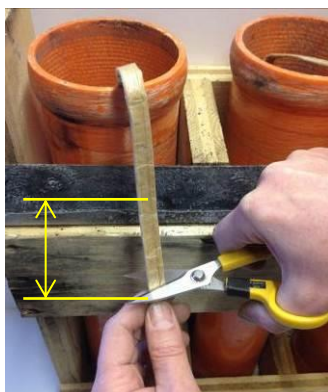


Abb. 4



Abb. 5



Abb. 6

5.5.2 Herstellung einer Verzögerungskette (pyrotechnische Verzögerung) mit traditionellen Vorbrennern

Für die elektrische Zündung der Verzögerungskette benötigen Sie eine etwa 5 bis 10 cm lange gedeckte Stoppine, dessen Ende 1 cm frei liegt (Abbildung 7).

Führen Sie die Stoppinenleitung der Anfeuerung (mit dem freigelegten Stoppinenstück voran) zusammen mit der Stoppinenleitung der ersten Bombe gemeinsam in den Vorbrenner ein. Achten Sie darauf, dass die beiden gedeckten Stoppinen in jenes Ende des Vorbrenners eingeführt werden, in der der Verzögerungssatz des Vorbrenners bündig mit dem Kartonrohr erkennbar ist. (Abbildung 8)

Schnüren sie den Vorbrenner mit den beiden gedeckten Stoppinen mit Schnur (Webeleinstek / Feuerwerkerknoten) oder einem Kabelbinder gut ab: (Abbildung 9).



Abb. 7



Abb. 8



Abb. 9

Legen Sie in das andere Ende des Vorbrenners eine Stoppine ein, die 1 - 2 cm länger als die Abdeckung ist. (Abbildung 10)

Verdrillen Sie die Papierhülse und nehmen Sie die Leitung der zweiten Bombe zur Hand. (Abbildungen 11 und 12).

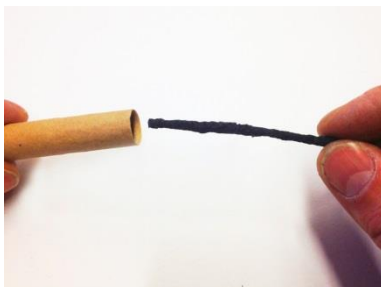


Abb. 10



Abb. 11



Abb. 12

Führen Sie die Stoppinenleitung der zweiten Bombe und den Ausgang vom ersten Verzögerer gemeinsam in den zweiten Vorbrenner ein. (Abbildung 13)

Verdrillen Sie die Papierhülse und verknoten Sie die Verbindung mit Schnur oder Kabelbinder. (Abbildungen 14 und 15).

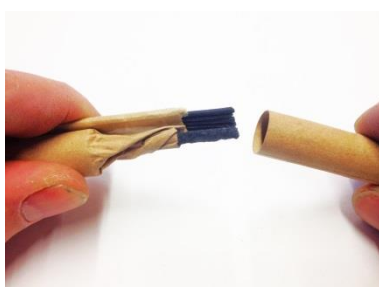


Abb. 13



Abb. 14



Abb. 15

Beim letzten Vorbrennerende wird nur noch die gedeckte Stoppine der letzten Bombe eingeführt und gut verknüpft. Siehe gesamte Vorbrenner Kette. (Abbildung 16).

Schliesslich wird der elektrische Anzünder, wie unter 5.3 beschrieben, an der Anfeuerungs-Stoppine montiert. (Abbildung 17).

Wichtig: Achten Sie darauf, dass nirgendwo eine offene Stoppine sichtbar ist!

Hinweis: Für eine pyrotechnische Weiterleitung zu einer Folgebatterie, kann am Schluss der Vorbrennerkette zusammen mit der letzten Bombe, ein weiterer Vorbrenner mit zusätzlicher abgehender Stoppinenleitung angeschlossen werden. Diese abgehende Stoppinenleitung kann bei der Feldmontage, an den Eingang der Vorbrennerkette (anstelle eines elektrischen Anzünders) der nächsten Batterie angeschlossen werden.

Nach dem Beladen der Bomben in die Mörserbatterie, müssen die Vorbrenner sehr gut fixiert werden, um zu vermeiden, dass beim Abschuss der Bomben nicht die ganze Verzögerungskette mitgerissen wird!



Abb. 16



Abb. 17



Abb. 18

5.5.3 Herstellung einer Verzögerungskette mit steckbaren Vorbrennern

Mithilfe der steckbaren Verzögerungen lässt sich eine Verzögerungskette sowohl schnell als auch einfach herstellen. Ein Beispiel für einen solchen Aufbau ist in den Abbildungen 19 und 20 dargestellt.

Wichtig: Die Montage von Stecksystemen variiert je nach Hersteller und Modell! Lesen Sie dazu die Montageanleitung des Herstellers oder Verkäufers.



Abb. 19



Abb. 20

6 Letzte Vorbereitungen

Die letzte halbe Stunde vor dem Abbrennen des Feuerwerks sollte für letzte Überprüfungen genutzt werden und dazu sich noch einmal die Handgriffe, während des Abbrennens vor Augen zu halten.

- ➔ Kontrollieren Sie ein letztes Mal, ob sich die pyrotechnischen Gegenstände an der richtigen Stelle befinden, ob sie sicher befestigt sind und ob ihre geplante Flugbahn nicht auf Hindernisse stösst.
- ➔ Überprüfen Sie ein letztes Mal die Zündleitungen, die Zündanlage oder die Anzündstellen für die pyrotechnische Zündung, sowie die dafür notwendigen pyrotechnischen Zündmittel (Zündlanzen, bengalische Streichhölzer).
- ➔ Entfernen Sie ggf. Schutzvorrichtungen (Folien und Planen, die vor Feuchtigkeit und Regen schützen).
- ➔ Lesen Sie den Abschussplan noch einmal sorgfältig durch.

6.1 Schutzausrüstung

Feuerwerke sollten wenn immer möglich aus sicherer Entfernung (Einhaltung der Sicherheitsabstände) und damit von ausserhalb der Gefahrenzone elektrisch gezündet werden. Ist dies nicht möglich, ist für alle Personen, die sich beim Abbrennen des Feuerwerks innerhalb der Gefahrenzone aufhalten müssen, das Tragen einer Schutzausrüstung dringend empfohlen. Die Anzahl der Personen innerhalb der Gefahrenzone ist auf das notwendige Minimum zu beschränken. Nicht zwingend für das Abbrennen des Feuerwerks benötigte Personen, dürfen sich nicht in der Gefahrenzone aufhalten. Eine entsprechende, vollständige Schutzausrüstung umfasst folgende Elemente:

1. **Schutz des Körpers:** Sinnvoll ist eine Arbeitskleidung aus schwer entflammbarem Material, die sämtliche Körperbereiche zuverlässig abdeckt.
2. **Schutz der Augen, Hände und Füsse:** Gegen Funkenwurf von zu früh zündenden, fehlerhaften pyrotechnischen Gegenständen / Feuerwerkskörpern und herunterfallenden Bombenteile (Fallout) muss ein Schutzhelm mit Visier getragen werden (Schutzbrille reicht nicht)! Schützen Sie die Hände gegen Feuer mit guten, griffigen, feuerfesten Lederhandschuhen. Tragen Sie gutes, stabiles Schuhwerk mit rutschfesten Sohlen (Verstauchungsgefahr bei unebenem Boden).
3. **Gehörschutz:** Tragen Sie immer einen Gehörschutz! Der Abschussknall eines grossen pyrotechnischen Gegenstandes / Feuerwerkskörpers kann einen bleibenden Gehörschaden (Tinnitus) verursachen!



6.2 Zündungsausrüstung

Für pyrotechnische Anzündung: Kopflampe oder Taschenlampe, Helm mit Visier, Gehörschutz, Handschuhe, den Körper vollständig bedeckende, schwer entflammbare Kleidung, Handfeuerlöscher, evtl. Feuerdecke, gute Anzündhilfen wie, Sturmstreichhölzer, Anzündlicht, Bengalholz; allenfalls auch Streichhölzer, Feuerzeug oder Bunsenbrenner

Für elektrischer Zündung: Zündgerät, evtl. Notzündgerät, Reservezündkabel, Reserveverteilboxen, Prüfgerät (Ohmmeter) Abisolierzange, Seitenschneider, Isolierband, Pressverbinder und Zange.

7 Abschiessen des Feuerwerks

7.1 Letzte Überprüfung vor dem Anzünden

- ✓ Alle Personen, die nicht am Abfeuern des Feuerwerks beteiligt sind, müssen die Gefahrenzone verlassen. Es dürfen sich keine Tiere in der Gefahrenzone befinden.
- ✓ Alle Kontrollposten, inklusive für das Abbrennen in der Gefahrenzone positionierte Personen, haben Freigabe signalisiert!

7.2 Zündung

Der verantwortliche Feuerwerker muss methodisch vorgehen und seine Aufgaben sowohl zügig als auch ruhig ausführen.

Bei pyrotechnischer Anzündung sind die Anzündstellen erst unmittelbar vor Zündung freizulegen. Nach erfolgter pyrotechnischer Anzündung am äussersten Ende der Anzündschnur hat sich der Feuerwerker sofort aus dem unmittelbaren Gefahrenbereich zu entfernen. Der verantwortliche Feuerwerker muss zu jedem Zeitpunkt auf Unvorhergesehenes, dass den Ablauf des Feuerwerks und die allgemeine Sicherheit beeinträchtigen könnte, gefasst sein und dementsprechend reagieren. Bei einem Zwischenfall muss der verantwortliche Feuerwerker das Ausmass des Zwischenfalls beurteilen. Handelt es sich um einen kleinen Zwischenfall (z. B. Probleme mit einer Zündschnur), sollte der verantwortliche Feuerwerker das Feuerwerk, wenn die Sicherheit gewahrt bleibt, fortsetzen.

Handelt es sich um einen schweren Zwischenfall (z. B. Explosion einer Feuerwerksbatterie), kann der verantwortliche Feuerwerker das Abbrennen unterbrechen, um das Ausmass der Schäden und mögliche Gefahren zu beurteilen.

Treten während eines Feuerwerks im Bereich des Abbrennplatzes Brände auf, sind diese umgehend mit nötiger Vorsicht zu löschen, sofern sie ein Gefahrenpotential darstellen. Brennende, ausgeschossene pyrotechnische Gegenstände / Feuerwerkskörper, können wenn nötig nach Beendigung des Feuerwerks gelöscht werden.

Achtung!!! Aktive Pyrotechnik darf niemals gelöscht werden!

8 Nach dem Abbrennen

Auch nach dem Abbrennen des Feuerwerks ist innerhalb des Abbrennplatzes das Einhalten grundlegender Sicherheitsregeln notwendig. Dies hauptsächlich wegen einer möglichen Gefährdung durch Versager und Blindgänger. Bei Versagern sind üblicherweise die Anzündkette innerhalb des pyrotechnischen Gegenstandes / Feuerwerkskörpers unterbrochen oder aber die Anzündung hat nicht funktioniert (Blindgänger). Einzelne Elemente innerhalb unterbrochener Anzündketten können sehr lange nachglühen; während dieser Zeit ist eine Übertragung auf den pyrotechnischen Gegenstand / Feuerwerkskörper und damit eine unerwartete Zündung jederzeit möglich.

Die Einhaltung ausreichend langer Wartezeiten ist für die Sicherheit von entscheidender Bedeutung!

Gegenüber Versagern und Blindgängern ist die grösste Vorsicht und Wachsamkeit geboten. Von ihnen kann über längere Zeit eine grosse Gefahr, auch für unbeteiligte Dritte, z.B. Kinder, ausgehen. Blindgänger sind einzusammeln! Sie sind als verantwortlicher Feuerwerker für den richtigen Umgang mit Versagern und Blindgängern zuständig. Einschliesslich Abbau und Rücktransport!

In Anbetracht der Gefahr, die von Blindgängern und Versagern ausgeht, sollten Sie nach dem Abbrennen eines Feuerwerks wie folgt vorgehen:

1. Vermeidung ungewollter Zündungen

- ➔ Bei einer elektrischen Zündung schalten Sie das Zündgerät aus und ziehen die Zugleitungen vom Gerät ab.
- ➔ Betreten Sie den Abbrennplatz erst nach mindestens 15 Minuten. Während dieser Zeit den Abbrennplatz genau beobachten, um mögliche Entstehungsbrände zu erkennen. Bekämpfen Sie glühende Rückstände nur, wenn es unbedingt notwendig ist, z. B. wenn sie sich auszubreiten drohen, und halten Sie dabei einen angemessenen Sicherheitsabstand ein und gehen Sie mit der gebotenen Vorsicht vor.

2. Kontrolle der Abschusseinheiten auf Blindgänger und nicht gezündete Feuerwerkskörper (Versager)

- ➔ Nach frühestens 15 Minuten Wartezeit darf nur der verantwortliche Feuerwerker (als Erster) den Abbrennplatz vorsichtig zur Kontrolle betreten!
- ➔ Alle Feuerwerkskörper bzw. Abschusseinheiten aus Distanz auf vollständigen Abbrand überprüfen. Bei dieser Kontrolle niemals Körperteile über Abschussrohre halten! Es ist jederzeit mit einer unerwarteten Zündung von Versagern zu rechnen.

3. Sichern allfälliger Versager in den Abschusseinheiten

- ➔ Bei nicht gezündeten oder nur teilweise abgebrannten pyrotechnischen Gegenständen / Feuerwerkskörper muss während mindestens 15 Minuten eine genügend grosse Sicherheitsdistanz eingehalten werden!
- ➔ Allfällige Helfer über Versager und Blindgänger informieren und von den Abschusseinheiten fernhalten.
- ➔ Wir empfehlen frühestens 30 Minuten nach Beendigung des Feuerwerks den betroffenen Versager resp. die betroffene Abschusseinheit zu demontieren und als Versager zu kennzeichnen!!

4. Kontrolle des Abbrennplatzes auf vermutete abgeschossene Blindgänger (Raketen, Bombetten oder Bomben)

- ➔ Abbrennplatz und Gefahrenzone vorsichtig absuchen.
- ➔ Auf dem Boden liegende Versager markieren und genügend Sicherheitsabstand einhalten!
- ➔ Allfällige Helfer über Blindgänger informieren und vom Gefahrenbereich fernhalten.
- ➔ Frühestens 30 Minuten nach Beendigung des Feuerwerks markierte Blindgänger einsammeln und kennzeichnen!
- ➔ Wird ein vermisster Blindgänger nicht gefunden, so muss die Suche am folgenden Tag bei Tageslicht vom verantwortlichen Feuerwerker fortgesetzt werden. In jedem Fall bleibt der Abbrennplatz so lange abgesperrt, bis das Gelände abschliessend kontrolliert und freigegeben wurde.

5. Rückführung von Blindgängern und Versagern

- ➔ Versager und Blindgänger sind gemäss den ADR-Vorschriften für pyrotechnische Gegenstände / Feuerwerkskörper, dem Lieferanten zu retournieren oder nach Anweisung der Behörde (Fachstellen der Polizei für Sprengstoffe) zu behandeln.

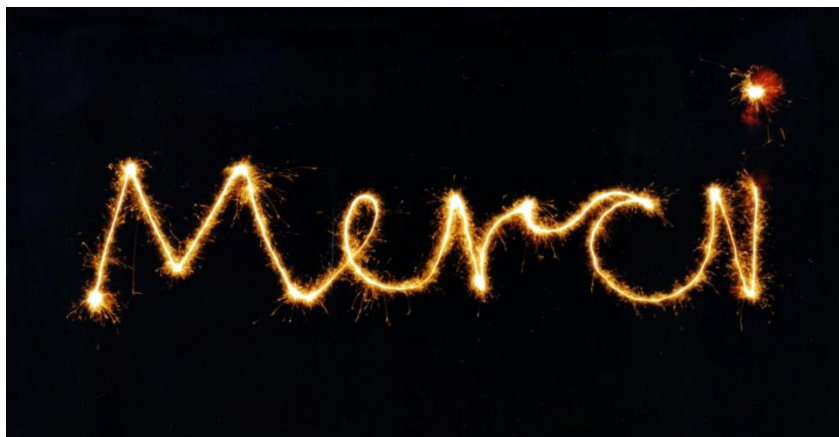
6. Rückgabe und Entsorgung

- ➔ Beim Rücktransport und der Entsorgung der ausgebrannten pyrotechnischen Gegenstände / Feuerwerkskörper muss sichergestellt sein, dass keine noch glimmenden Materialien verladen oder in Container entsorgt werden

7. Reinigung des Abbrennplatzes

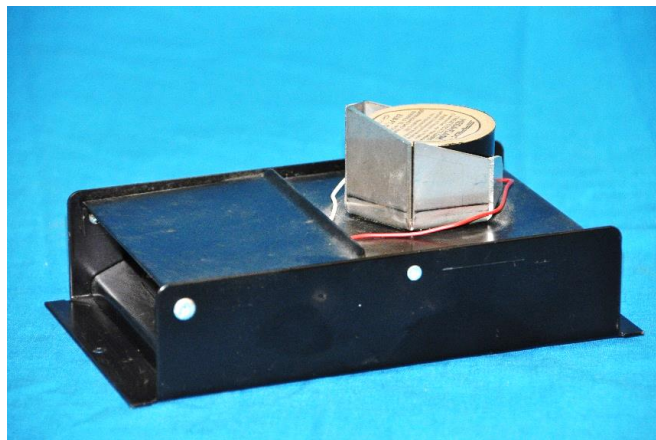
- ➔ Wenn alle pyrotechnischen Gegenstände funktioniert haben oder alle Blindgänger geborgen worden sind, muss der Abbrennplatz unter der Aufsicht des verantwortlichen Feuerwerkers von allen Materialien, die zum Aufbau oder zur Sicherung verwendet wurden, sowie von allen anderen Rückständen geräumt werden. Das Gelände muss gereinigt und in seinen ursprünglichen Zustand zurückversetzt werden. Eine letzte Überprüfung am nächsten Tag bei Tageslicht wird dringend empfohlen!!!

Abbrennplatz immer aufgeräumt und sauber hinterlassen!
Ein sauberer Abbrennplatz wird
Ihnen oder anderen Feuerwerkern viel leichter wieder zur
Verfügung stehen!



17 BF

Montage / Installation / Zündung



Inhaltsverzeichnis

Montage / Installation / Zündung

1	Befestigungsvorrichtung	2
2	Verwendung von pyrotechnischen Gegenständen	3
3	Montage	4
3.1	Theaterblitze und Funkenblitze	5
3.2	Airbursts (Höhen-Funken-Blitz)	5
3.3	Jets und Fontänen	6
3.4	Sonnen	6
3.5	Feuertöpfe / Kometen / Funkenregen	6
3.6	Flammensäulen	7
3.7	Wasserfälle / Wasserfallbränder	7
3.8	Effektwerfer – Effektbomben – Effekt-Airbursts	7
3.9	Rauch	8
3.10	Schurraketen	8
3.11	Knalleffekte	9
3.12	Theaterfeuer, bengalische Feuer oder Flammen, offenes Feuer	10
3.13	Theatersicherheitsfackeln	11
3.14	Herstellung von Figurenbildern mithilfe von Bengallanzern, Figurenlichtern	12
3.15	T2 Produkte	14

1 Befestigungsvorrichtung

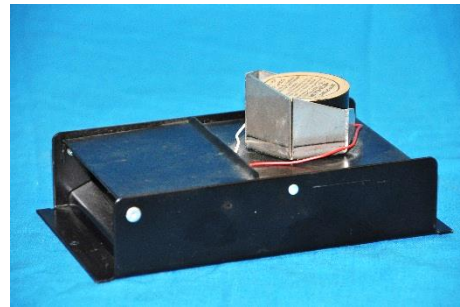
Einige Hersteller bieten in ihren Produktpaletten verschiedene Vorrichtungen an, die das Zünden von pyrotechnischen Gegenständen erleichtern und sicherer machen sollen. Diese Vorrichtungen können zum Teil direkt mit dem elektrischen Zündsystem verbunden werden. Unabhängig davon, ob es sich um ein Markenprodukt oder einen Eigenbau handelt, müssen sie den pyrotechnischen Gegenstand sicher halten und für die Installation geeignet sein.

Es ist wichtig, dass der pyrotechnische Gegenstand stabil in der Abschussvorrichtung montiert werden kann. Gleichzeitig muss sichergestellt sein, dass die Befestigungsvorrichtung selbst ordnungsgemäss aufgestellt und befestigt werden kann.

Abschussvorrichtungen sollten folgende Eigenschaften aufweisen:

- Robuste Konstruktion
- Sichere Montage
- Flamm- und hitzebeständig
- Gute Stabilität

Zündsystem gebundene Abschussvorrichtung:



Eigenproduktionen:



Andere Abschussvorrichtungen :



2 Verwendung von pyrotechnischen Gegenständen

Viele pyrotechnische Gegenstände der Kategorien T1, T2 und P2 werden mit einem vormontierten elektrischen Anzünder geliefert. Bei einigen Produkten werden die elektrischen Anzünder separat geliefert und müssen vom Pyrotechniker montiert werden.

Das heute reichlich vorhandene Angebot bietet viele Möglichkeiten, ein passendes Produkt zu finden.

Der pyrotechnische Gegenstand muss für die Inszenierung und seine vorgesehene Verwendung in der geplanten Umgebung geeignet sein.



Hinweise zu Sicherheitsabständen:

Der Sicherheitsabstand muss den Angaben des Herstellers und dem Kapitel 6 Sicherheit entsprechen.

Der vorgeschriebene Sicherheitsabstand zu den Zuschauern muss immer eingehalten werden!

Anpassen des Sicherheitsabstands:

Zu eingeweihten Artisten, Schauspielern oder auch zu Dekorationen kann der Sicherheitsabstand verringert werden, wenn dies mit den beteiligten Personen abgesprochen und geprobt ist.

Es sind zusätzliche Sicherheitsmassnahmen zu treffen.

Zu Dekorationen kann der Sicherheitsabstand unter bestimmten Umständen ebenfalls reduziert werden. Die Dekorationen müssen aus nicht brennbarem Material bestehen und es sind ebenfalls entsprechende Sicherheitsvorkehrungen zu treffen.

Wird der errechnete Sicherheitsabstand unterschritten, muss eine erhöhte Aufmerksamkeit des Pyrotechnikers dafür sorgen, dass der pyrotechnische Gegenstand nur gezündet wird, wenn alles wie in der Probensituation abläuft. Zudem muss die Erfahrung mit dem pyrotechnischen Gegenstand ausreichend gross sein, damit der erwartete Effekt genau beurteilt werden kann.

3 Montage

Jeder pyrotechnische Gegenstand muss an einer robusten und stabilen Abschussvorrichtung befestigt werden, damit er nicht umkippen kann. Die Verwendung von Heissleim ist bei der Befestigung von pyrotechnischen Gegenständen grundsätzlich nicht zu empfehlen, da sich die Produkte (pG) beim Abbrand stark erhitzen und der Kleber schmelzen könnte.

Für ein breiteres Effektbild, können die pyrotechnischen Gegenstände in einer fächerförmigen Montagevorrichtung installiert werden.

Funkenflug:

Wenn Fontänen dicht nebeneinander aufgestellt und nacheinander angezündet werden, ist es ratsam, sie mit einer Aluminiumfolie abzudecken. Dadurch wird verhindert, dass die Funken der ersten angezündeten Fontäne die nachfolgenden Fontänen nicht in Brand setzen.

Aber Vorsicht! Wenn diese Aluminiumschutzvorrichtungen mit Klebeband befestigt werden, kann es bei der Zündung durch den Verdämmungseffekt zu einem unerwünschten Knall kommen.

Ausserdem muss sichergestellt werden, dass eventuelle Ritzen und Öffnungen im Boden vorher abgedeckt werden. Dadurch wird die Gefahr eines Glimmbrandes vermieden, der durch auf den Boden fallende Funken ausgelöst werden kann. Gaffatape oder Tanzmatten sind hierfür sehr gut geeignet.

Für die meisten pyrotechnischen Gegenstände wird empfohlen, den Boden um die Befestigungsvorrichtung herum mit einer Abdeckung zu versehen. Sie soll den Boden vor Löchern und Schmutz durch herumfliegende Partikel aus der Verbrennung schützen. Die bei der Verbrennung ausgestossenen Partikel, die Sandkörnern ähneln, sind ein weiterer Grund, warum Fontänen niemals über dem Publikum eingesetzt werden sollten.

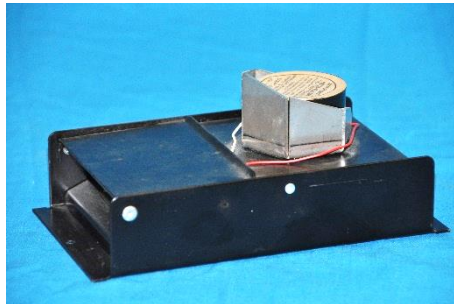
Bei der Montage muss auch der Kabelverlegung besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden (Elektro- und Zündkabel).



3.1 Theaterblitze und Funkenblitze

Auch bei der Montage dieser beiden Arten von pyrotechnischen Gegenständen müssen verschiedene Punkte beachtet werden.

- Theater- und Funkenblitze müssen gemäss den Anweisungen des Herstellers verwendet und montiert werden. Besonders starke Blitze mit Knall setzen eine hohe Energie frei.
- Theaterblitze sollten immer auf nicht oder schwer brennbare Unterlagen (Tanzteppiche, Holzböden, Aluminiumverkleidungen usw.) aufgestellt werden, da sie starke Hitze erzeugen und Rückstände am Boden verursachen.
- Achtung: Benutzen Sie niemals einen Theaterblitz, wenn Sie ihn in der Hand halten oder nah am Körper haben.
- Denken Sie immer daran, dass alle Theaterblitze so konstruiert sind, dass sie eine gewollte Rauchentwicklung erzeugen. Daher ist es wichtig, sich zu vergewissern, wie viel Rauch die Bühne bzw. der Raum verträgt.
- Wenn Theaterblitze an einer Requisite befestigt werden sollen, muss diese aus einem feuerfesten Material (nicht brennbar) bestehen.

**Bemerkung:**

Pyrotechnischer Rauch steigt zuerst immer an die Decke auf. Daher ist es am besten, wenn dort Lüftungsvorrichtungen oder Rauchklappen vorhanden sind, um den Rauch abziehen zu lassen.

Kann dies nicht erfolgen, kühlt der Rauch ab und sinkt nach einigen Minuten wieder auf den Boden, was bei den Zuschauern zu Unannehmlichkeiten (Reizhusten, etc.) führen kann.

3.2 Airbursts (Höhen-Funken-Blitz)

Diese zweikomponenten Produkte wurden früher selbst gefertigt. Der Vorteil war, dass man die Grösse des Effekts selbst bestimmen konnte. Aber auch da gilt, die Sicherheitshinweise der Produzenten sind zu beachten.

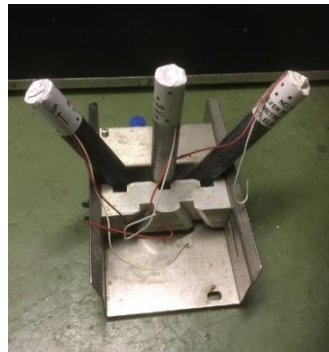
Heute bieten die Hersteller fertige Produkte an, die in verschiedenen Grössen und Farben erhältlich sind. Bei der Montage sind die gleichen Anforderungen zu beachten wie bei Funkenwasserfällen.

Die gleichen Bühnenstrukturen (Aufzug, Truss) können auch für den Einsatz von Funkenwasserfällen und Airbursts verwendet werden. Bei der Verwendung von Wasserfällen und Airbursts als erste Effekte in der Zündreihenfolge, müssen die benachbarten Effekte mit Aluminiumfolie geschützt werden.

3.3 Jets und Fontänen

Jets zeichnen sich durch eine sehr kurze Effektdauer aus. Es ist sehr wichtig, sie sicher zu befestigen und richtig auszurichten, um eine Gefährdung der unmittelbaren Umgebung zu vermeiden.

Fontänen weisen in der Regel eine längere Brenndauer auf und müssen demzufolge für die gesamte Dauer des Effekts sicher gehalten werden. Die Anordnung des Effekts kann gerade, fächerförmig, V-förmig oder anderweitig sein. Der Boden in Ausstossrichtung (Effektbereich Weite) muss gegebenenfalls vor Funkenflug geschützt werden.



3.4 Sonnen

Indoor-Sonnen können als fertiges Produkt geliefert oder mit speziellen Fontänen mittels Antriebsmotoren und speziellen Halterungen selbst gebaut werden.

Es ist wichtig, auf Funken zu achten, die durch die Rotation des Artikels entstehen können. Die Drehbewegung übt ausserdem eine mechanische Belastung auf die Halterung aus. Dieser Umstand sollte bei der Wahl des Befestigungssystems für eine Sonne berücksichtigt werden.



3.5 Feuertöpfe / Kometen / Funkenregen

Wie bei anderen pyrotechnischen Gegenständen, ist auch hier auf eine geeignete Befestigung zu achten. Diese soll ein sicheres Abbrennen garantieren.

Je nach Szenenfläche, Abschussort und Effekt können verschiedene Montagevorrichtungen zum Einsatz kommen. Wichtig ist auch hier, die sichere Befestigung der Abschussvorrichtung.

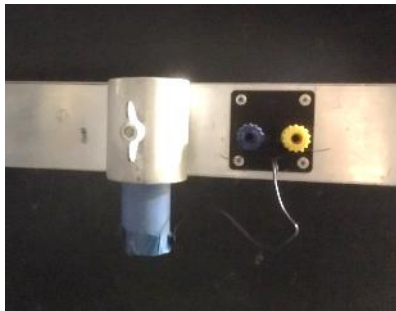


3.6 Flammensäulen

Flammensäulen sind Effekte, die in der Regel eine kurze Dauer und eine hohe Energie haben. Sie müssen auf die gleiche Weise wie Fontänen und Jets befestigt werden. Die Halterung muss der Grösse des Effekts angepasst werden.

3.7 Wasserfälle / Wasserfallbränder

Fontänen, die kopfüber befestigt werden, haben die negative Eigenschaft, dass sie Flammen nach oben abgeben und so einen Brand auslösen können. Aus diesem Grund müssen Kabel, wenn sie in unmittelbarer Nähe der Wasserfallbränder verlegt sind, geschützt werden oder die Kabel sind in ausreichendem Abstand zu den Wasserfällen zu verlegen.



Achtung

Die Kartenhülse des Effekts kann unter Umständen weiterbrennen.

Aus diesem Grund ist es wichtig, bei umgedrehten Fontänen und Wasserfallbrändern einen Kranz aus Aluminiumfolie anzubringen, da die Kartenhülsen nach dem Effektende glimmen und sich auch entzünden können.

Die ideale Halterung ist ein Metallrohr, das mit einer Schelle (Truss Clamp) versehen ist. Wenn die Kartenhülse vollständig in das Metallrohr eingeschoben werden kann, ist die Schutzfolie überflüssig.

Achtung!!! Wenn Sie Aluminiumklebeband zum Schutz verwenden, muss die Klebesubstanz auf Feuerfestigkeit geprüft werden. Die meisten Klebstoffe von Aluminiumklebeband brennen sehr leicht!

Unabhängig von der Höhe eines Effekts kann es immer passieren, dass Funken den Boden erreichen. Eine Montage über dem Publikum ist daher nicht erlaubt. Zudem muss unter Umständen ein Bodenschutz aufgelegt werden.

3.8 Effektwerfer – Effektbomben – Effekt-Airbursts

Diese Produkte gibt es in einer grossen Vielfalt an Modellen. Bei der Montage ist es sehr wichtig, den Effekt in einer massiven Halterung mit Platte zu befestigen, beim Abschuss erzeugen sie einen starken Rückschlag.

Besonders bei der Montage über Publikum ist eine zusätzliche Sicherung gefragt. Wichtig ist auch, dass der Auswurf nicht direkt auf Personen gerichtet wird.

3.9 Rauch



Grundsätzlich ist Nebel aus einem Nebelgerät immer pyrotechnischem Rauch vorzuziehen.

Rauch ist meistens mit negativen Erfahrungen verbunden und löst automatisch Reizhusten, Ekel oder gar Ängste aus. Frei nach dem Motto: "Wo Rauch ist muss auch gehustet werden".

Die Verwendung von pyrotechnischem Rauch in geschlossenen Räumen ist immer ein heikles Thema. Bei den meisten Showeffekten wirkt er sich sogar negativ aus und sollte vermieden werden. Rauchwolken, die durch bestimmte Effekte (z. B. Theaterblitze) entstehen, sind für die Inszenierung erwünscht. Farbiger Rauch ist aufgrund der hinzugefügten Pigmente und Chemikalien noch heikler.

Rauchtabletten und -pulver sind nicht für den Gebrauch in Innenräumen geeignet. Sie sind sehr giftig und erweisen sich als problematisch, wenn zu grosse Mengen eingeatmet werden.

Da bei jedem pyrotechnischen Satz Brandgefahr besteht, müssen Rauchpatronen in einer hitze-resistenten Umgebung platziert werden.

3.10 Schurraketen

Schnur- oder Seilraketen erzeugen einen spektakulären Effekt, da sie teilweise über Publikum verwendet werden dürfen. Sie sind mit oder ohne Funken- oder Flammenstrahl erhältlich.

Damit sie funktionieren, können sie an einem Drahtseil befestigt werden, das durch einen Raum verläuft, oder vertikal von unten nach oben führt.

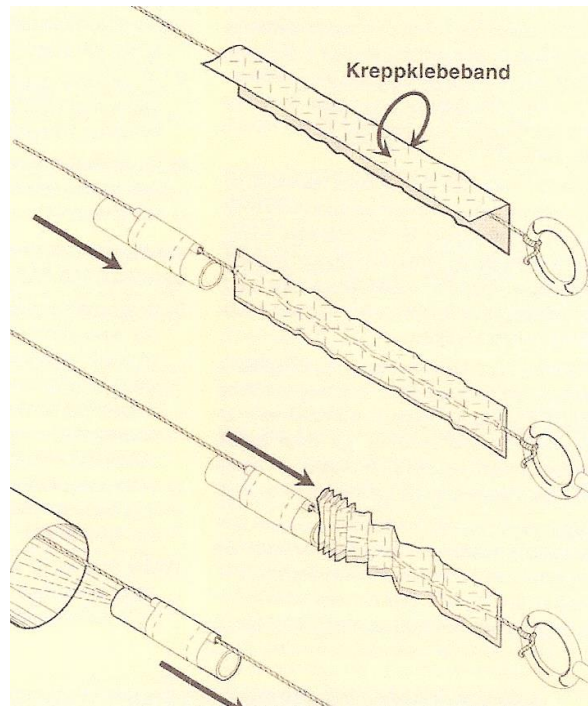
Wichtig ist eine optimale Führungshülse und ein entsprechendes Drahtseil.



Bei der Verwendung von Schnurraketen mit einem starken Flammenstrahl muss das Drahtseil dick genug sein. Wenn das Drahtseil zu dünn ist, kann es durch die Flamme durchtrennt werden.

Wenn der Start an einer Wand erfolgt, muss diese vor Flammenschäden geschützt werden. Um die unmittelbare Umgebung der Befestigungsvorrichtung zu schützen, empfiehlt es sich, die Schnurrakete aus einer Metalldose zu starten.

Um die Schnurrakete am Ende abzubremsen, muss am Seilende eine Bremse angebracht werden. Dadurch wird verhindert, dass sich die Schnurrakete löst und ungehindert weiterfliegt. Die Bremse kann z. B. aus Kreppklebeband bestehen, das ca. 30 cm lang um das Seil gewickelt wird (siehe Abbildung unten).



3.11 Knalleffekte

Knalleffekte sind ein komplexes Thema. Dies führte in einigen Theaterhäusern schon zu grossen Problemen mit Gerichtsfällen.

Die Ausführungen und Bestimmungen in den Kapiteln 6 "Sicherheit" und 8 "Schallmessung" müssen zwingend beachtet und eingehalten werden.

Wenn pyrotechnische Knalleffekte eingesetzt werden, denken Sie an Ihre Eigenverantwortung und an Ihre Haftpflicht. In diesem Bereich ist «weniger mehr».

Da pyrotechnische Knalleffekte meist aus stark komprimierten Satz-Zusammenstellungen bestehen, welche stark verdämmt sind, ist ihre Verwendung nicht ganz ungefährlich. Neben dem Knalleffekt kommt es bei der Zündung auch zum Aufbau eines hohen Drucks.

Daher sollten sie mit Vorsicht verwendet werden. Knalleffekte sollten immer so weit wie möglich vom Publikum entfernt angebracht werden. Auch Personen auf und hinter der Bühne sollten vor der Zündung eines Knalleffekts informiert werden, z. B. durch ein Warnlicht, das hinter der Bühne angebracht wird.

Knalleffekte müssen zwingend vorher getestet werden, um den entstehenden Schalldruckpegel zu überprüfen.

Achtung: Unter unterschiedlichen Bedingungen (Bühne ohne Kulissen, Vorhänge, kein Publikum usw.) kann sich der Schall anders verhalten.

3.12 Theaterfeuer, bengalische Feuer oder Flammen, offenes Feuer

Die Anwendung ist bei allen Flammentypen gleich oder ähnlich. Je nach Produkt müssen natürlich entsprechende Anpassungen vorgenommen werden, jedoch gelten immer dieselben Grundsätze:

- Die Abbrandschale muss hitzebeständig sein.
- Sie muss stabil sein und sicher befestigt werden können, damit sie nicht umkippen kann.
- Aufgrund der Wärmeleitung muss auch der Boden vor Hitze geschützt werden.

Die Verwendung einer feuerfesten Unterlage (Schale) ist unerlässlich. Die Abbrandschale kann ebenfalls heiss werden. Es wird daher empfohlen, auch die unmittelbare Umgebung der Schale vor der Übertragung von Wärme durch Wärmeweiterleitung zu schützen. Die Abbrandschale sollte nach unten wärmeisoliert und standsicher sein.

Theaterfeuer sind speziell für geschlossene Räume konzipiert und erzeugen eine farbige Flamme und wenig Rauch. Theaterfeuer brennen mit einer sehr heissen und extrem hellen Flamme ab. Die Verteilung des Pulvers bestimmt die Brenndauer. Aufgrund der starken Leuchtkraft sollten die Zuschauer nicht direkt in die Flamme schauen.

Theaterfeuer können manuell mit einem Sturmstreichholz oder elektrisch mit einem elektrischen Anzünder und einem kurzen Stück Stoppine oder Anzündlitze angezündet werden.

Bei der Verwendung eines offenen Feuers oder einer Fackel muss ausserdem darauf geachtet werden, dass die Flüssigkeit oder die Brandpaste durch umkippen nicht auslaufen und sich verteilen kann. Flüssigkeiten sollten immer auf ein Trägermaterial aufgetragen werden. Siehe auch die Hinweise in Kapitel 12 "Alternative Produkte und offenes Feuer".



Bei der Verwendung von Feuerelementen müssen immer Löschmittel vorgesehen und bereitgestellt werden. Dabei kann es sich um Deckel, Decken, Wasser, Feuerlöscher usw. handeln. Auch feuerfeste Handschuhe sollten zur Verfügung stehen, um heisse Feuerstellen wegzustellen.

Anzündmöglichkeiten von Feuern:

Die einfachsten Möglichkeiten zum Anzünden von Feuerschalen sind Feuerzeuge, Gasbrenner und Theatersicherheitsfackeln.

Um eine Flammeschale elektrisch zu zünden, kann ein pyrotechnischer Effekt eingesetzt werden oder ein elektrischer Anzünder in Kombination mit einer Stoppine, Anzündlitze, Pyrofaden, Pyrowatte, Nitrocellulosepulver oder Ähnlichem verwendet werden.

Dabei ist darauf zu achten, dass die Anzündhilfen nicht in die Flüssigkeit hineingedrückt werden.

Anzündhilfen brennen nicht ab, wenn sie nass sind.

Wird eine Feuerschale zu einem späteren Zeitpunkt angezündet, muss die Flüssigkeit vor dem Verdampfen geschützt werden. Dieser Schutz kann durch einen Deckel, der vor dem Anzünden entfernt werden muss, oder einfach durch eine Haushaltfolie gewährleistet werden.

Die Schutzfolie wird direkt gegen die Feuerpaste oder die Flüssigkeit gedrückt. Der elektrische Anzünder wird zusammen mit der Anzünd-Verstärkung (Stoppine, Anzündlitze, Pyrofaden, etc.) auf der Folie befestigt (siehe Abbildung).



Bei der Verwendung von Brennflüssigkeiten wird immer ein geeignetes Trägermaterial (Fackelband, Steinwolle usw.) verwendet. Für die elektrische Zündung können die gleichen Mittel wie bei Brandpasten verwendet werden. Um die Verdunstung zu verhindern, sollte ein Deckel oder ein Plastiksack verwendet werden.

Wenn ein Feuerkanal über mehrere Meter mit Feuerpaste gefüllt ist, muss zusätzlich eine Schicht Nitrozellulose (NC-Watte) auf die Paste aufgetragen werden, um die Zündung zu sichern. Dadurch entsteht ein Lauffeuereffekt, der die Paste in Brand setzt. Aus Sicherheitsgründen müssen in unmittelbarer Nähe der Vorrichtungen Löschvorrichtungen (Metalldeckel usw.) bereitgestellt werden.

3.13 Theatersicherheitsfackeln

Theatersicherheitsfackeln sind eine sichere Alternative zu offenen Fackeln.

Wie der Name schon sagt, handelt es sich um Sicherheitsfackeln, die mit echtem Feuer arbeiten. Sobald man jedoch die Fackel loslässt oder sie herunterfällt, schliesst ein Federmechanismus die Fackel, indem er sie nach oben zieht und die Flamme automatisch löscht.

Die Fackeln sind mit brennbaren Flüssigkeiten/Fluiden mit geringer Rauchentwicklung getränkt. Aufgrund der Flüchtigkeit der Flüssigkeit ist die Brenndauer begrenzt. Aus diesem Grund können die Fackeln nicht zu lange im Voraus vorbereitet werden.

Die Verwendung einer ölhaltigen Flüssigkeit/Fluid, kann die Brenndauer und die Vorbereitungszeit verlängern, bedeutet aber auch eine erhöhte Rauchentwicklung. Auch die Anzahl der verwendeten Fackeln kann ein Risiko darstellen.

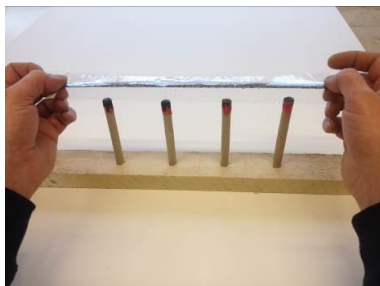


3.14 Herstellung von Figurenbildern mithilfe von Bengallanzen, Figurenlichtern

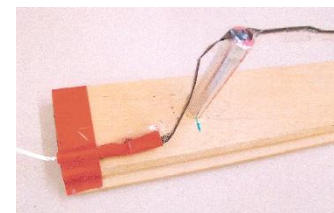
Schon vor der Herstellung von Figurenbildern und Schriften sollte man sich Gedanken über deren Transport und zu den Montagemöglichkeiten machen! Um Figurenbilder herzustellen, werden die Bengallanzen/Figurenlichter oft in ein Brett mit Löchern gesteckt und eingeklebt. Da die Figurenlichter mechanisch sehr empfindlich und zerbrechlich sind, müssen die gefertigten Figurenbilder entsprechend verpackt und für den Transport geschützt werden.

Das Verkleben der Figurenlichter mit Heisskleber/Silikonpaste ist ein einfaches und bewährtes Montageverfahren, das gute Transportmöglichkeiten bietet. Figurenlichter die in liegender Position über die gesamte Länge befestigt sind, können ebenso wie stehend angeordnete Figurenlichter einfach pyrotechnisch gezündet werden, indem sie mit einem Anzündband (Match Tape) miteinander verbunden werden.

Für eine sichere Anzündung des Zündbandes sollte ein Stück Stoppine mit einem elektrischen Anzünder verwendet werden, oder eine ausreichend lange Green Fuse wenn es sich um einen Handanzündstelle handelt. Bei grossen, komplexen Figurenbildern sollten mehrere elektrische Anzünder eingebaut werden, um eine sichere und schnelle Anzündung zu gewährleisten.



Bevor die Figurenlichter mit dem Anzündband untereinander verbunden werden, muss der Kopf des Figurenlichtes so angeritzt werden, dass etwas Pulver herauskommt. Das Anzündband wird dann so über den Kopf des Figurenlichtes gelegt, dass es in der Mitte des Röhrchens vorbeiführt. Das Anzündband wird dann in der Mitte abgeklebt. Über dem Figurenlicht, wird das Anzündband nur auf die verbleibende Kartonfläche geklebt.



Alternative Lösung für die Zündweiterleitung:

Zündbänder (Match Tape) erzeugen eine beträchtliche Menge Rauch, insbesondere bei der Herstellung eines grossen Figurenbildes, bei welchem eine grosse Menge an Zündband verwendet wird. Da Zündbänder aus Kunststoff bestehen, können sie auch glühende Partikel wegschleudern. Diese Partikel können eine Gefahr für den Boden und die unmittelbare Umgebung darstellen. Daher empfiehlt es sich, die Zündübertragung mit einem Nitrozellulosefaden zu realisieren. Dieser wird mit einem Klebeband auf die Oberseite der zu zündenden Figurenlichter geklebt.



Auf dem Markt sind viele verschiedene Vorlagen für Lichterbilder erhältlich. Mit ihnen lassen sich Buchstaben, Zahlen und andere Standardformen einfach herstellen.

Je nach Anwendung, sind eventuell auch Montageanleitungen für unterschiedliche Lichterbilder erhältlich.

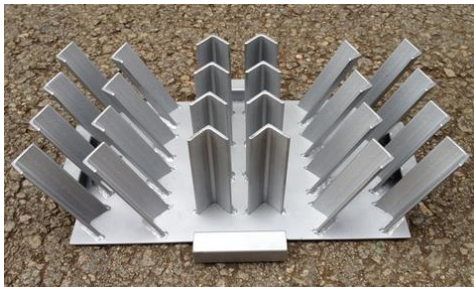
3.15 T2 Produkte

Es gibt eine Vielzahl von Abschussvorrichtungen, für spezifische Anwendungen und Befestigungen an speziellen Orten, wie z.B. Bühnenkonstruktionen und anderen exponierten Stellen.

Die Abschussvorrichtungen müssen nicht nur stabil und feuerfest sein, sondern auch für die Art und Stärke der verwendeten pyrotechnischen Gegenstände geeignet sein.

Die Merkmale eines pyrotechnischen Gegenstandes, wie z. B. ein längeres Abbrennen oder das Auslösen mehrerer Effekte, müssen berücksichtigt werden.

Der grösste Unterschied zwischen pyrotechnischen Gegenständen der Kategorien T1 und T2 liegt in der Stärke ihrer Wirkung. Aus diesem Grund ist es bei pyrotechnischen Gegenständen der Kategorie T2 besonders wichtig, auf eine stabile Verankerung und starke Befestigung zu achten. Dies ist wichtig, um zu verhindern, dass sich die Abschussvorrichtung während des Abbrennens lösen kann, z.B. verursacht durch starke Rückstösse.



Genereller Hinweis:

Achten Sie stets darauf, dass Sie für die eingesetzten pyrotechnischen Gegenstände geeignete Massnahmen treffen, um einen Brand oder Unfall zu vermeiden.

Es ist von entscheidender Bedeutung, mögliche Schadensszenarien vorherzusehen und sich entsprechend vorzubereiten.

- Löschmittel bereitstellen
- Stellen Sie Brandwachen bereit und informieren Sie die beteiligten Personen.

18 BF

Abbau / Instandhaltung



Inhaltsverzeichnis

Abbau / Instandhaltung

1	Abbau / Instandhaltung	2
2	Instandhaltung	2
3	Begriffe.....	2
3.1	Wartung 4.1.2	2
3.2	Inspektion 4.1.3	3
3.3	Instandsetzung 4.1.4	3
3.4	Verbesserung 4.1.5	4
4	Lagerung	4
5	Fehleranalyse	5
6	Anhang.....	6
6.1	Wartungsblatt (Beispiel).....	6
6.2	Wartungsblatt (Vorlage)	7
6.3	Materialliste für Anlass (Vorlage)	8

1 Abbau / Instandhaltung

Nach jedem Einsatz von pyrotechnischen Gegenständen, alternativen Produkten, Flammeffektgeräten, etc. beginnt der professionelle Abbau und die **Instandhaltung** des eingesetzten Materials. Mit einer seriösen und sorgfältigen Durchführung dieser Arbeiten verfolgen wir das einfache Ziel, die Lebensdauer unseres Materials zu verlängern und Ausfallzeiten und Kosten zu minimieren.

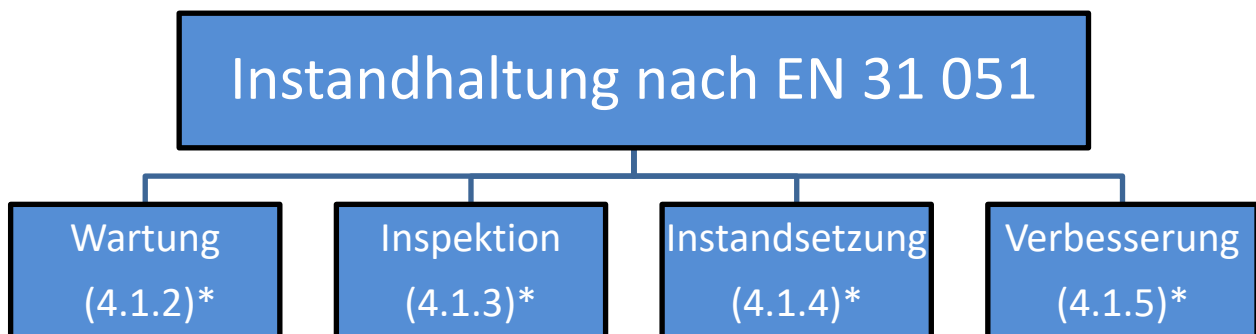
Ganz nach dem Motto:

Nach dem Abbau ist vor dem Aufbau!

2 Instandhaltung

Gemäss der EN 31051 Norm ist die Instandhaltung ein genormter Begriff und umfasst die Kombination aller technischen und administrativen Massnahmen sowie des Managements während des Lebenszyklus eines Gerätes zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes sowie zur Erhaltung des funktionsfähigen Zustandes oder der Rückführung in diesen, so dass das Gerät die geforderte Funktion erfüllen kann.

Es ist der Überbegriff für alle Arbeiten und beinhaltet diverse Arbeitsschritte wie die Wartung, Inspektion und Instandsetzung. Auch Arbeitsschritte wie die Verbesserung und Schwachstellenanalyse gehören dazu.



Zusammenhänge und Unterteilung der Instandhaltung
** Nummerierung gemäss Norm*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach EN 13306

3.1 Wartung 4.1.2

Bei einer Wartung finden Arbeiten am Gerät / Maschine statt. Es wird der Sollzustand wiederhergestellt. Wartungsarbeiten sollen das Fortschreiten der Abnutzung verzögern oder im besten Fall ganz verhindern.

Alle vorgenommenen Massnahmen sollten in einem Protokoll festhalten werden. Regelmässig durchgeführte und dokumentierte Wartungen erhalten den Garantieanspruch und steigern den Wiederverkaufswert eines Geräts oder einer Maschine.

Je nach Herstellervorgaben und Art der zu wartenden Maschine müssen folgende Arbeitsschritte umgesetzt werden:

- Reinigungsarbeiten
- Pflegearbeiten
- Überprüfung von Einstellungen
- Erfassen von Messwerten
- Prüfung, Justierung, Auswechslung (beispielsweise von Batterien nach Ablauf ihrer Nutzungsdauer), Anbringung, Neueinstellung, Schmieren, Reinigung, Konservierung, Abgleichung von Anlagenteilen
- Überprüfung von Füllständen
- Software Updates
- Etc.

Alle wiederkehrenden Arbeiten und Sicherheitsmassnahmen werden im Wartungsplan bzw. -protokoll dokumentiert (siehe Anhang). Nach jeder Wartung sind anschliessend Probeläufe durchzuführen.

3.2 Inspektion 4.1.3

Die Inspektion umfasst die Überprüfung einer Einrichtung. Es wird der Ist-Zustand einer Gerätschaft oder einer Maschine festgestellt und dokumentiert. Dabei werden die Funktionsweise der gesamten Anlage sowie alle Anlagenteile, Einstellungen und Werte überprüft. Ziel ist es herauszufinden, ob sich der Betrachtungsgegenstand in einem ordnungsgemässen, funktionierenden und sicheren Zustand befindet.

Im Detail werden Bauteile, Baugruppen und Betriebsmittel auf Verschleisserscheinungen untersucht. Es finden Sichtprüfungen an Verschleissstellen, eventuelle Verschleissmessungen und Korrosionsprüfungen statt. Das Fortschreiten der Abnutzung wird anschliessend bewertet. Ausserdem werden Ist- mit Soll-Werten verglichen. Schliesslich sind die Gründe für die Abnutzung der Bauteile zu ermitteln. Daraus entstehen dann Konsequenzen für den weiteren Umgang und die Nutzung der Anlage.

Eine erfolgreiche Inspektion sollte durch eine entsprechende Prüfplakette mit der Aufschrift „Nächste Inspektion“ gekennzeichnet werden. Die Plakette symbolisiert ausserdem, wann die nächste Überprüfung stattfinden sollte.

Die Inspektion ist ein Bestandteil der Instandhaltung. Je nach Gerätschaft ist eine Inspektion vom Gerätehersteller in festgelegten Intervallen vorgeschrieben.

3.3 Instandsetzung 4.1.4

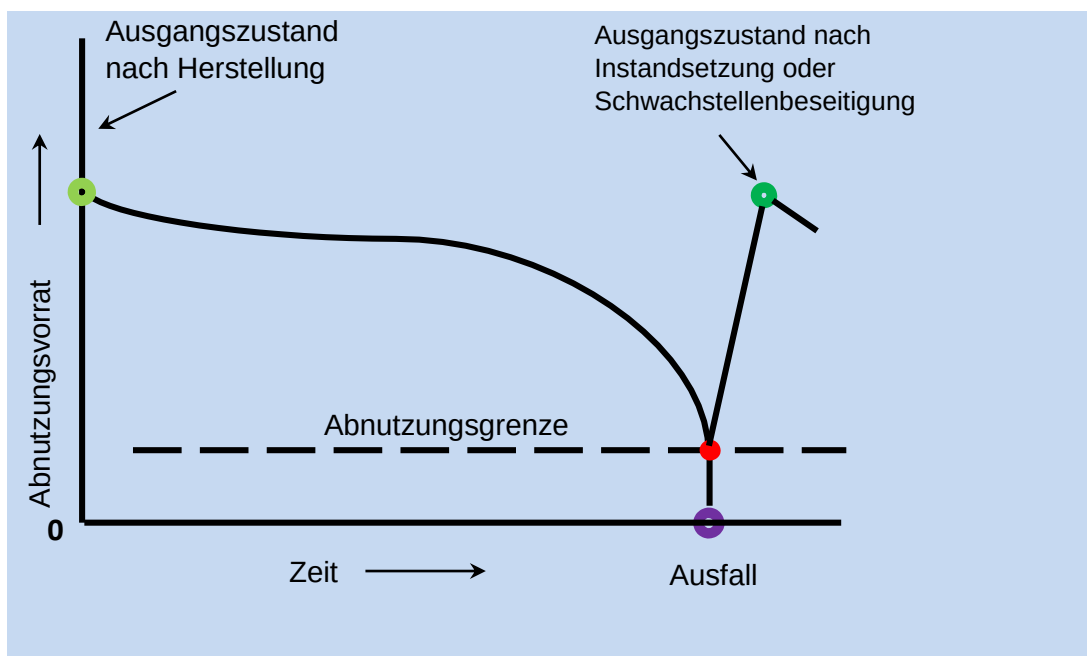
Wird bei Wartungsarbeiten ein defektes Anlagenteil entdeckt und ausgetauscht, handelt es sich um eine Instandsetzungsmassnahme. Es wird der Sollzustand, das heisst ein einwandfreies, funktionsfähiges Betriebsverhalten, wiederhergestellt.

Durch Inspektionen und Wartungen wird die Anlage beobachtet, gepflegt und der Verschleiss gehemmt. Nach einer gewissen Zeit treten jedoch, auch bei bestimmungsgemäsem Einsatz einer Maschine, oftmals abnutzungsbedingte Schäden auf. Die Instandsetzung hat sofort nach dem Feststellen der Schäden stattzufinden. Die defekten Teile werden je nach Sachlage und Kosten entweder repariert oder ausgetauscht. Auch ganze Baugruppen können ersetzt werden. Am Ende müssen die Betriebsfähigkeit sowie die Funktionssicherheit wieder vorhanden sein. Alle Instandsetzungsmassnahmen sind ebenfalls in das Wartungsprotokoll einzutragen.

Mögliche Gründe für defekte Bauteile sind:

- Abnutzung
- Verschleiss
- Reibung
- Korrosion
- Ermüdung
- Versprödung
- Alterung
- Mangelhafte Wartung
- Fehlerhafte Nutzung
- Einwirkung von Gewalt

Die Instandsetzung schliesst, nach der Inspektion und der Wartung, den Instandhaltungskreislauf ab und sichert eine lange Lebensdauer von Maschinen und Anlagen.



Bemerkung: Die Abbaukurve des Abnutzungsvorrates ist nur ein Beispiel der möglichen Verläufe.

3.4 Verbesserung 4.1.5

Massnahmen zur technischen Verbesserung heisst, eine Kombination aller technischen und administrativen Massnahmen zur Steigerung der Zuverlässigkeit, Produktivität und Sicherheit einer Anlage, bei der eine Verbesserung technisch möglich und wirtschaftlich vertretbar ist.

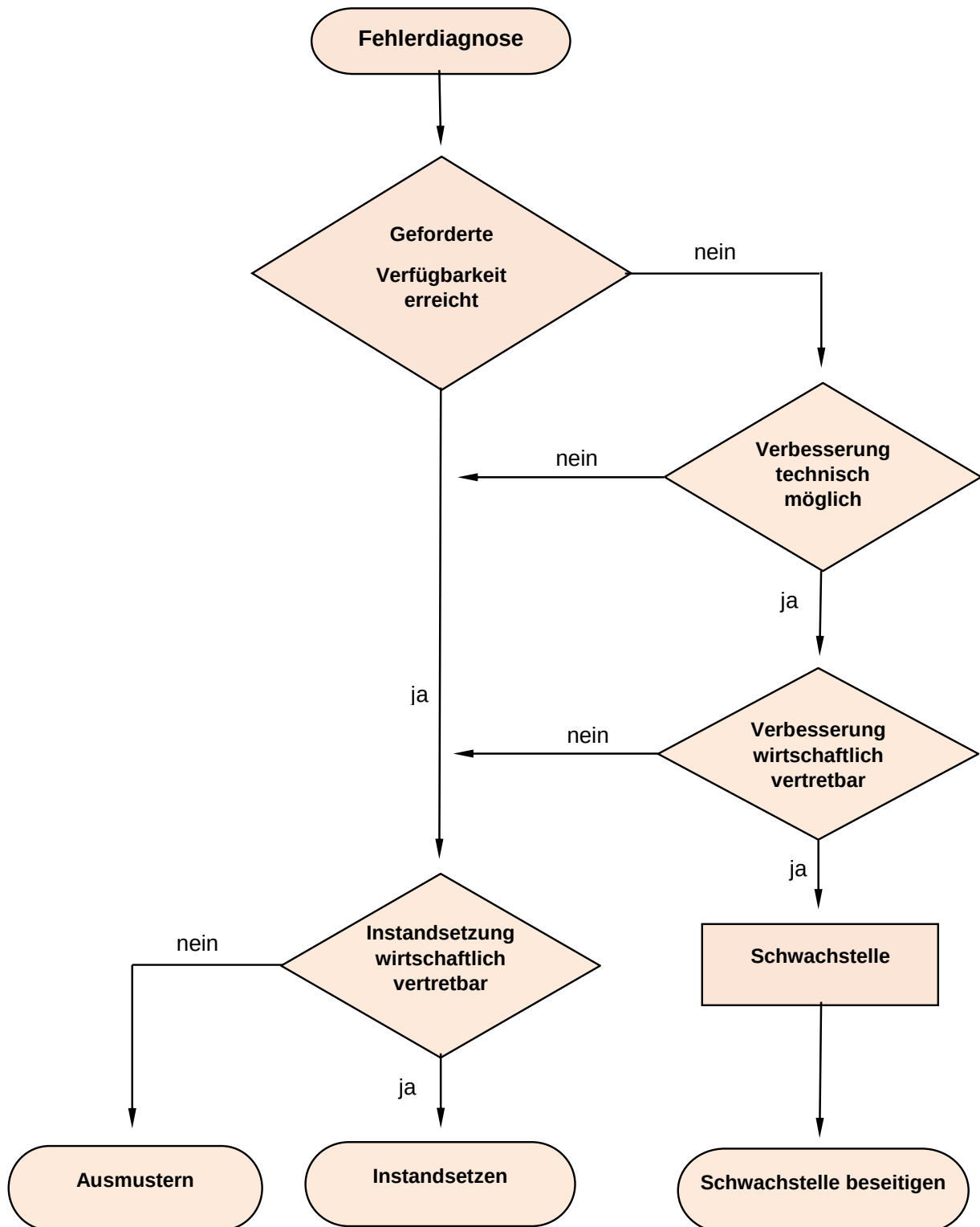
4 Lagerung

Das Fundament für fachmännisches Arbeiten ist eine seriöse Lagerhaltung. Ein aktuelles Inventar erleichtert nicht nur den Überblick über den gesamten Materialverkehr (Ausgangs- und Eingangskontrolle), sondern es dient auch als Planungsgrundlage für die AVOR für einen nächsten Einsatz.

Hilfreich sind entsprechende Materiallisten (siehe Anhang) pro Auftrag, welche auf dem aktuellen Inventar basieren.

Generell gilt zu beachten, dass das Equipment entsprechend den Herstellerangaben gelagert und aufbewahrt wird.

5 Fehleranalyse



6 Anhang

6.1 Wartungsblatt (Beispiel)

Wartungs-und Reparaturblatt für Effektgeräte Schauspielhaus Zürich, Abteilung Requisite

Unique Hazer

Inbetriebnahme	4. August 2016	2
Seriennummer	509857	

Datum	Firma, Ort	Revision/Wartung/Reparatur
-------	------------	----------------------------

15.10.2019	Showlight Frauenfeld	- Batterie ersetzt - Zufuhrschlauch ersetzt - Gesamtreinigung

6.2 Wartungsblatt (Vorlage)**Wartungs-und Reparaturblatt für Effektgeräte**
Firma**Maschinenbezeichnung**

Inbetriebnahme

Seriennummer

Datum

Firma, Ort

Revision/Wartung/Reparatur

6.3 Materialliste für Anlass (Vorlage)

Materialliste für Anlass (Name) vom TT.MM.JJJJ					
Artikel	Artikelnr.	Anfang Best.	Eingänge	Ausgänge	Aktuell Best.
Standard- Material	0	0	0	0	0
nn	1	0	0	0	0
nn	2	0	0	0	0
nn	3	0	0	0	0
nn	4	0	0	0	0
nn	0	0	0	0	0
nn	5	0	0	0	0
nn	6	0	0	0	0
Technisches Equipement	0	0	0	0	0
nn	8	0	0	0	0
nn	9	0	0	0	0
nn	10	0	0	0	0
nn	11	0	0	0	0
nn	12	0	0	0	0
nn	13	0	0	0	0
nn	14	0	0	0	0
Effekt-maschinen	0	0	0	0	0
nn	15	0	0	0	0
nn	16	0	0	0	0
nn	17	0	0	0	0
nn	18	0	0	0	0
nn	19	0	0	0	0
nn	20	0	0	0	0
nn	21	0	0	0	0
Effekte Verbrauch	0	0	0	0	0
nn	22	0	0	0	0
nn	23	0	0	0	0
nn	24	0	0	0	0
nn	25	0	0	0	0
nn	26	0	0	0	0
nn	27	0	0	0	0
nn	28	0	0	0	0
Verbrauchsmaterial Allgemein	0	0	0	0	0
nn	29	0	0	0	0
nn	30	0	0	0	0
nn	31	0	0	0	0
nn	32	0	0	0	0
nn	33	0	0	0	0
nn	34	0	0	0	0
nn	35	0	0	0	0

19 BM

Umwelt und Nachhaltigkeit



Inhaltsverzeichnis

Umwelt und Nachhaltigkeit

1	Definition Nachhaltigkeit.....	2
2	Idee der 3R's	3
3	5R-Modell	3
4	Konkrete Handlungsbeispiele im Bereich Pyrotechnik anhand des 5R-Modells	4
4.1	Refuse (Avoid; Vermeiden) Gibt es Alternativen?	4
4.2	Reduce (Reduzieren) Kann etwas eingespart werden?	4
4.3	Reuse (Wiederverwenden) Welche Teile können mehrmals verwendet werden?	5
4.4	Recycle (Wiederverwerten) Welche Materialien können zurückgeführt werden?	5
4.5	Rethink (Überdenken) Welche Prozesse können optimiert / verbessert werden?	6
5	Ökobilanzen / MIPS	6
6	Pyrotechnik und Umwelt.....	8
6.1	Sphären der Umwelt	8
7	Fazit.....	9
8	Quellen:.....	10

1 Definition Nachhaltigkeit

Kaum ein Begriff wird heutzutage so vielfältig verwendet, wie derjenige der Nachhaltigkeit (Englisch: Sustainability). Der Begriff hat sich in den letzten Jahren stark entwickelt und wird in vielen Lebensbereichen verwendet.

Der **Ursprung des Nachhaltigkeitsgedankens** geht auf den Förster Carlowitz (1645-1718) zurück. Um nachhaltig zu wirtschaften, soll nur soviel Holz aus dem Wald gefördert werden, wie auf natürliche Weise wieder nachwachsen kann. So war das Prinzip des nachhaltigen Handelns geboren.

Die ökologische Definition von Nachhaltigkeit stammt aus dem sogenannten Brundtland-Bericht aus dem Jahre 1987 und beschreibt eine **nachhaltige Entwicklung als eine solche, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt, ohne dabei die Zustände zukünftiger Generationen zu beeinträchtigen.**

Der Gedanke der Nachhaltigkeit ist seit vielen Jahren Leitbild für politisches, wirtschaftliches und ökologisches Handeln. Dieses Prinzip lässt sich auf weitere Lebensbereiche anwenden und so existieren in verschiedenen Bereichen unterschiedliche Interpretationen nachhaltigen Handelns. Weiterentwickelte Modelle der Nachhaltigkeit berücksichtigen noch weitere Lebensbereiche, wie Kultur und Technik in ihrem Modell.

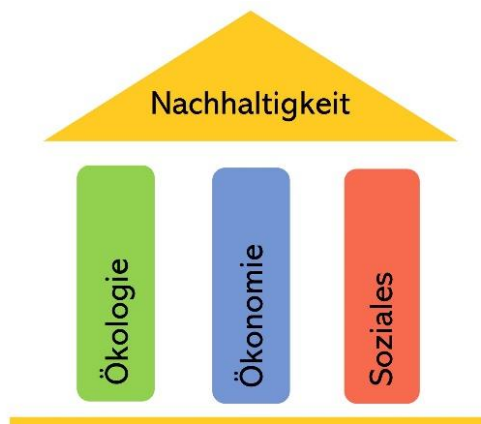


Abbildung 1: 3 Säulen Modell der Nachhaltigkeit

Beim Konzept der Nachhaltigkeit geht es darum, die eigenen Bedürfnisse zu befriedigen, ohne die Möglichkeit zukünftiger Generation, anderer Lebewesen und Einflussgruppen zu beeinflussen, ihre Bedürfnisse befriedigen zu können. Unnötiger Verbrauch zu reduzieren oder zu verhindern, Rücksicht auf die Bedürfnisse Anderer und Ineffizienz bzw. Effizienz sind dabei zentrale Aspekte.

Die moderne Konsumgesellschaft verbraucht viele Ressourcen. Die Menschheit verbraucht heute mehr Ressourcen als langfristig zur Verfügung stehen, daher ist es erforderlich, dass wir den Ressourcenverbrauch reduzieren und Emissionen senken.

Vernünftiges, rücksichtsvolles und sozialverträgliches Handeln sind zentrale Aspekte, um ein gemeinsames Leben mit teilweise unterschiedlichen Vorstellungen und Werten in einer globalen, aber auch lokalen Gesellschaft zu ermöglichen. In der Schweiz ist beispielsweise die Abfalltrennung gesellschaftlich verbreitet und sozial verankert.

Das Prinzip des nachhaltigen Wirtschaftens muss die Feuerwerksbranche berücksichtigen, besonders in der heutigen Zeit, in der eine ökologische Ausrichtung an Bedeutung zunimmt. Ein achtsames Verhalten der Anwender bildet dazu die Grundlage der Handlungsmöglichkeiten jedes Einzelnen.

2 Idee der 3R's

Ein praktisch anwendbares Konzept, um nachhaltiges Handeln auf alltägliche Anwendungsbereiche zu übertragen, bietet uns die 3R-Idee: **Reduce – Reuse – Recycle**

	Reduce: Reduzieren Weniger Rohstoffe einsetzen, weniger schädliche Emissionen ausstossen. Braucht es etwas wirklich oder kann ohne nennenswerten Minderwert darauf verzichtet werden? Reuse: Wiederverwenden Produkte oder Teile davon wieder verwenden, mehrmals einsetzen. Reuse zielt auf Produkte oder Teile davon ab. Recycle: Wiederverwerten - Rezyklieren Rohstoffe wieder einem Kreislauf zuführen anstatt zu entsorgen. Recycling zielt auf Rohstoffe von Produkten ab.
---	---

Der Denkansatz des **3R-Modells** kann auf ein **5R-Modell** erweitert werden.

3 5R-Modell

Diese umfassendere Betrachtung erlaubt auch strategische und planerische Überlegungen einzubeziehen. Sie ermöglicht eine Betrachtung von Prozessabläufen im Sinne einer Kreislaufwirtschaft (Circular Economy). Schliesslich geht es darum, die konkreten wirtschaftlichen Tätigkeiten auf ein nachhaltigeres Handeln auszurichten.



5R-Modell: Refuse/Reduce/Reuse/Recycle/Rethink

Wenn man sich dieses Modell vor Augen hält, kann ökologischeres Handeln praktisch umgesetzt werden. So wird ein konkreter Beitrag an eine nachhaltigere Welt ermöglicht. Dabei geht es neben ökologischem Verhalten auch um wirtschaftliche Effizienz und sozialverträgliche Absichten.

Wie jede andere Branche, kann auch die Feuerwerksbranche sich stetig verbessern und ökologischer werden. Ein Austausch einer „best practice“ ist dabei unter den Feuerwerkern anzustreben. Sie soll jeden anregen, bei seinen Prozessabläufen Verbesserungen auch mit dem Augenmerk Ökologie vorzunehmen. Mit guter Planung und routinierten Abläufen können Arbeitsabläufe im Hinblick auf einen reduzierten Ressourceneinsatz optimiert werden. Dies verbessert die persönliche Umweltbilanz und reduziert somit die Umweltbelastung.

4 Konkrete Handlungsbeispiele im Bereich Pyrotechnik anhand des 5R-Modells

4.1 Refuse (Avoid; Vermeiden) Gibt es Alternativen?



Als verantwortlicher Pyrotechniker kann ich:

- Effektvolle Showinszenierungen mit anderen Technologien (z.B. Beleuchtung, Flammen- und Funkeneffektgeräte, etc.) sinnvoll erzeugen, um dadurch die geplante Pyrotechnik zu ergänzen oder zu reduzieren;
- gezielt schadstoffarme pyrotechnische Gegenstände einkaufen (z.B. Verzicht auf pyrotechnische Gegenstände mit Kunststoffkomponenten oder einen geringeren Verpackungsanteil oder pyrotechnische Gegenstände, die sich durch geringere Emissionen auszeichnen);
- ...

Beispiel Funkeneffektgeräte

Bei Funkeneffektgeräten handelt es sich um elektrisch betriebene Maschinen, welche Metallpulver durch Heissluft erhitzen, anstelle eines pyrotechnischen Satzes. (siehe Kapitel 13 Flammeneffektgeräte)

Dadurch, dass sie einzig die Effektladung austossen und die Hülle als wiederverwendbare Maschine eingesetzt wird, ermöglicht dieses System Effekte, welche das Potential haben, weniger emissionsstark zu sein.

Der Grundgedanke, dass nur die Effektladung verbraucht wird, legt einen ökologischen Betrieb nahe.



4.2 Reduce (Reduzieren) Kann etwas eingespart werden?

Als verantwortlicher Pyrotechniker kann ich:



- Pyrotechnische Gegenstände gezielt auswählen und effektiv inszenieren und dadurch auf überflüssige Effekte ohne Mehrwert für die Zuschauer verzichten;
- Funkfernzündungen einsetzen und dadurch auf dem Einsatz von längeren Kabelleitungen verzichten;
- eine einlagige anstelle einer mehrlagigen Abdeckung als Witterungsschutz verwenden;
- durch eine optimierte Transportplanung (Personal / Material) die Fahrkilometer pro Feuerwerk reduzieren;
- lokale Effekte einkaufen, die einen geringen Transportweg aufweisen oder Importgemeinschaften bilden, um den Transportaufwand zu reduzieren;
- Im Aussenbereich, meterweise Aluminiumfolie als Funkenschutz- Abdeckung durch Karton ersetzen. (ist erst noch effizienter)

4.3 Reuse (Wiederverwenden) Welche Teile können mehrmals verwendet werden?

Als verantwortlicher Pyrotechniker kann ich:



- Produkte eruiieren und verwenden, welche mehrfach benutzt werden können (z.B. wiederverwendbare Abschussvorrichtungen und Befestigungen für Effekte, etc.);
- Lange Kabelleitung mit stabilen und mehrfach verwendbaren Kabeln erstellen (z.B. «multicore» oder andere stabile Kabelleitungen) anstelle von Einwegkabel (Kupferkabel, Verschleissdraht);
- Verpackungen (z.B. spezielle Transportbehälter ADR/SDR) mehrfach verwenden und retournieren;

Qualitativ hochstehende Produkte können meist auch länger verwendet werden. Daher lohnt es sich ökologisch wie auch ökonomisch, Produkte und Techniken einzusetzen, welche langlebig sind und mehrfach verwendet werden können.

Beispiel wiederverwendbare Abschussvorrichtungen

Diese Systeme benötigen keine zusätzlichen Verbrauchsmaterialien für die Befestigung der Effekte. Die Effekte können meist einfach in die Halterung gesteckt und dann verkabelt werden. Einige Hersteller bieten auch Effekte an, welche auf die Befestigung an diesen Systemen ausgelegt ist und bereits eine Verankerung am Effekt aufweisen.

Diese Stecksysteme bieten ausreichend stabile Verankerungen der Effekte und sind ebenso in der Handhabung effizient.



4.4 Recycle (Wiederverwerten) Welche Materialien können zurückgeführt werden?

Als verantwortlicher Pyrotechniker kann ich:



- Durch ein einfaches und praktikables Abfallbewirtschaftungskonzept die Voraussetzungen für eine konsequente Vermeidung, Verminderung und Verwertung der Abfälle schaffen und dieses kontinuierlich optimieren;
- im Rahmen der AVOR die Abfalltrennung konsequent mitberücksichtigen;
- durch gezielte Sensibilisierung und Schulung der Helfer die geplante Abfalltrennung (z. B. Metall, Holz, Kunststoff, Papier, etc.) während der Vorbereitung, dem Aufbau sowie dem Rückbau des Feuerwerkes sicherstellen;
- eine effiziente und möglichst umfassende Sammlung von Reststücken auf dem Abbrandplatz organisieren, so dass nach einem Feuerwerk keine Abfälle in der Natur und im Siedlungsgebiet liegen bleiben.
- ...



Infografik Bundesamt für Umwelt (BAFU) zur Thematik des sorgsamen Umgangs mit Ressourcen.

4.5 Rethink (Überdenken) Welche Prozesse können optimiert / verbessert werden?

Als verantwortlicher Pyrotechniker kann ich:



- Optimierungen ökologischer, ökonomischer und sozialer Art in den praktischen Arbeitsablauf integrieren;
- die eigene Praxis immer wieder überdenken und anpassen;
- mich mit anderen Feuerwerkern über eine „best practice“ austauschen;
- alle Arbeitsabläufe optimieren und auch hinsichtlich ökologischer Kriterien verbessern: die Vorbereitung, den Aufbau, sowie den Rückbau und die Nachbearbeitung eines Feuerwerks;
- das Bestellwesen von pyrotechnischen Gegenständen und Hilfsmaterialien optimieren und eher grössere Mengen ordern und dadurch weniger Transporte verursachen und ebenso den Verpackungsaufwand bewusst reduzieren.

Optimierungsprozesse sind ein fortlaufender Prozess und bilden die Grundlage eines Qualitätsmanagements, welches auch Feuerwerker in ihren Arbeitsablauf integrieren sollen. Die Frage nach Methoden, welche weniger Abfälle verursachen, begleitet diesen Prozess der dauernden Optimierung von Arbeitsabläufen eng.

5 Ökobilanzen / MIPS

Um die Auswirkungen von Produkten und Prozessen auf die Umwelt beurteilen und vergleichen zu können, gibt es unterschiedliche Methoden, die aus der wissenschaftlichen Forschung und der Wirtschaft bekannt sind.

Eine etablierte Methodik, um Umweltauswirkungen zu beurteilen ist die **Ökobilanz**, welche die Umweltbelastungen „von der Wiege bis zur Bahre“ eines Produktes erfasst. Es wird versucht, den ganzen Lebenszyklus abzudecken, um ein möglichst vollständiges Bild der Auswirkungen auf die Umwelt zu erhalten.

Um unterschiedliche Belastungen vergleichen zu können, benötigt man eine Vergleichsgrösse, wozu oft CO₂ verwendet wird. Man stellt die Schädlichkeit eines Stoffes in Vergleich zu CO₂ und kann so die Schädlichkeit verschiedener Stoffe miteinander vergleichen.

Exkurs: Studie von **myclimate** zur Umweltbelastung vom ZüriFäscht 2019

Von der Umweltorganisation myclimate wurde für das *ZüriFäscht* 2019 eine Umweltbilanz erstellt. Dabei stellte sich heraus, dass der Beitrag des Feuerwerks mit rund 23t ein verschwindend geringer Anteil an die CO₂-Bilanz des Festes darstellt. Pro Besucher betrug der Beitrag rund 12g CO₂ / Besucher, was weniger als 0.2% der Gesamtbilanz ausmacht. Diese Menge entspricht etwa einem Computer, der eine Stunde lang läuft. Der grosse Beitrag an die Klimabilanz entstand vor allem durch die Anreise und die Verpflegung der Besucher und Besucherinnen.

Wenn Besucher also mit dem Fahrrad ans ZüriFäscht gefahren sind, haben sie hoffentlich ihren Laptop zu Hause runtergefahren, sonst haben sie doppelt zum CO₂-Ausstoss beigetragen.

Jede Feuerwerksfirma oder Feuerwerker kann seinen Beitrag bei myclimate kompensieren. Immer mehr Anlässe kompensieren ihre Emissionen. Sie als Feuerwerker können dies einzig für Ihr Feuerwerk tun oder in Zusammenarbeit mit den Organisatoren des Anlasses, für welches Ihr Feuerwerk gezündet wird.

<https://www.myclimate.org>



Die Ökobilanz als ganzheitliche Bewertung der Umweltwirkungen betrachtet den gesamten Lebenszyklus eines Produktes (cradle-to-grave). Dieser wird grob in die folgenden 5 Hauptphasen unterteilt: Rohstoffgewinnung, Herstellung, Distribution, Nutzung, Entsorgung. Neben der Produktion werden also weitere, vor- und nachgelagerte Prozessschritte bewertet.

Phasen einer Lebenszyklusanalyse (Englisch: LCA: life cycle analysis):

Phasen einer LCA	Handlungsakteure	Individuelle Handlungsmöglichkeiten jedes Feuerwerkers
Rohstoffgewinnung	Lieferant des Produzenten	Auswahl des Lieferanten / Produzenten
Herstellung	Produzent	Auswahl von Produkten
Distribution	Logistik durch Produzent	Weniger Bestellungen, dafür mehr Material auf einmal bestellen, damit weniger Transportaufwand anfällt.
Nutzung	Feuerwerker	Vorbereitung, Aufbau, Abbrennen und Rückbau optimieren
Entsorgung	Feuerwerker und nachgelagerte Prozesse	Trennen von Bestandteilen (Metall, Plastik, Papier usw)

Das **MIPS-Konzept** wurde vor knapp 30 Jahren als ein Mass für den Naturverbrauch eines Produktes oder einer Dienstleistung entlang des gesamten Lebensweges von der Wiege bis zur Bahre (Gewinnung, Produktion, Nutzung, Entsorgung/Recycling) entwickelt. Die Abkürzung MIPS steht für **Materialinput pro Serviceeinheit**. MIPS eignet sich zur Bewertung und zum Vergleich der Umweltbelastung von Gütern und Dienstleistungen. Über eine Erfassung der Aufwände (inputs), ermöglicht das MIPS-Konzept eine grobe Abschätzung des gesamten Umweltbelastungspotenzials, das sich als ökologischer Rucksack oder auch als Material Footprint darstellen lässt.



Der Grundgedanke eignet sich hierbei sehr gut, um sich zu überlegen, wieviel Aufwand ist erforderlich, um einen Effekt zu nutzen. Es ist absolut unumgänglich, dass die Reduktion von Material nicht auf Kosten der Sicherheit geht, jedoch gibt es Bereiche, welche eingespart werden können oder alternativ umgesetzt werden können und weniger Ressourcen verbrauchen.

Der achtsame Umgang mit Ressourcen und Abfällen ist ein Ausdruck von ökologischem und professionellem Arbeiten.

6 Pyrotechnik und Umwelt

Die Umwelt kann in verschiedene Sphären unterteilt werden. Jede menschliche Aktivität hat einen grösseren oder kleineren Einfluss auf die jeweiligen Bereiche der Umwelt. Mit einem achtsamen Verhalten können diese Emissionen möglichst klein gehalten werden.

Das oberste Schutzziel ist die Erhaltung und Unversehrtheit jedes Umweltbiotops. Feuerwerker haben eine Verpflichtung durch einen sorgsamen Umgang die Belastung der Mitwelt möglichst gering zu halten.

6.1 Sphären der Umwelt

Im Folgenden finden Sie zu den jeweiligen Sphären der Umwelt praktische Verhaltensanweisungen. Die Detaillierung der einzelnen Bereiche ist nur grob beschrieben. Diese Auflistung ist nicht abschliessend und variiert je nach Eigenheit des Abbrandplatzes.



Wasserhülle der Erde. Seen, Flüsse, Meere; Eis, Grundwasser	Gesteinshülle der Erde, ober- flächliche Bodenschichten	Lufthülle der Erde Bodennahe Luftschichten
Augenmerk des Feuerwerkers: • Schutz des Wassers! • Vorbereitung der Effekte mit entsprechender Abdeckung • Möglichst geringen Eintrag von Reststücken in Gewässer verursachen • ...	Augenmerk des Feuerwerkers: • Schutz des Bodens! • Vorbereitung der Effekte mit entsprechender Abdeckung • Abbrandplatz gut säubern • Wegfliegende Reststücke weiträumig aufsammeln • Bodenverdichtung durch unnötiges Befahren des Geländes mit schweren Fahrzeugen vermeiden • ...	Augenmerk des Feuerwerkers: • Auswahl von pyrotechnischen Gegenständen mit möglichst geringen Emissionen • ...



Gesamtheit der Lebewesen der Erde	Der vom Menschen geschaffene Lebensraum
Augenmerk des Feuerwerkers: • Durch gezielte Choreographie / Ablauf können Feuerwerke mit weniger Lärmemissionen und somit tiergerechter gestaltet werden • Information der Tierhalter in der Umgebung über den Ablauf des Feuerwerkes • Abbrandplatz behutsam begehen • Pflegliche Behandlung der Natur • ...	Augenmerk des Feuerwerkers: • Knalleffekte minimieren • Rücksicht auf Anwohner und diese grossräumig informieren • Sicherheitsdistanzen zwingend einhalten • ...

Starten sie niemals mit dem lautesten Feuerwerkskörper. Eine vernünftige und langsame Steigerung ist für Mensch und Tier viel angenehmer und verursacht keine plötzliche Erschreckung.

Eine gegenseitige Rücksichtnahme und Toleranz ist erforderlich.

7 Fazit

Feuerwerk ist ein faszinierendes Erlebnis.

In unserer heutigen Gesellschaft sind Umwelt und Nachhaltigkeit ein zentrales Thema und jeder Pyrotechniker kann einen Beitrag leisten an eine achtsame Verwendung von Ressourcen.

Als zentraler Schritt für eine Verbesserung der persönlichen Umweltbilanz, empfiehlt sich eine **Analyse der persönlichen Prozessabläufe**. Dabei wird jeder Schritt erfasst und auf Verbesserungspotential analysiert. Es wird also die Frage gestellt, ob es eine optimalere Alternative gibt, den beabsichtigten Prozess umzusetzen. Die Optimierung soll dabei alle Aspekte der Nachhaltigkeit umfassen, neben der ökologischen auch die soziale und die ökonomische. Schliesslich sind Einsparungen, die sich für die Umwelt und den Geldbeutel positiv auswirken, eine willkommene Kombination. Tauschen Sie sich dazu mit anderen Praktikern aus, denn gemeinsam kommt man weiter.

In diesem Sinne können Sie als professioneller Feuerwerker dazu beitragen, dass die Umweltbelastung durch Feuerwerk auf ein Minimum reduziert wird und keine unnötigen Belastungen entstehen. Ein professioneller Pyrotechniker muss auch eine ökologische Verantwortung übernehmen.



Verschönern wir die Welt mit viel farbenfrohem Feuerwerk und tragen ebenso dazu bei, dass durch umweltbewusstes Handeln in allen Bereichen der Nachhaltigkeit diese Welt ein lebenswerter Ort bleibt.

8 Quellen:

- BAFU-Studie: Von Arx U. 2014: Feuerwerkskörper. Umweltauswirkungen und Sicherheitsaspekte. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 1423: 139 S
- Bundesamt für Umwelt (BAFU), Sektion Medien BAFU, Der 1. August und die Umwelt; Angaben zu Feuerwerk und Umwelt, (27.07.2021) www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/dossiers/erster-august-umwelt.html
- Bundesamt für Polizei (fedpol), Pyrotechnische Gegenstände (Feuerwerkskörper) und Folgeseiten, www.fedpol.admin.ch/fedpol/de/home/sicherheit/sprengstoff_pyrotechnik/pyrotechnische-gegenstaende.html, (21.05.2021)
- Herstellerangaben:
 - o www.weco.de/WecoDE/nachhaltigkeit/
 - o www.nico-europe.com/feuerwerkundumwelt/
- Verbände:
 - o SKF Schweizerische Koordinationsstelle Feuerwerk www.feuerwerk-skf.ch (2021)
 - o Verband der Pyrotechnischen Industrie Deutschland www.feuerwerk-vpi.de (2021)
 - o Bundesverband Pyrotechnik Deutschland www.bvpk.org/umweltbelastung-feuerwerk (2021)

Checkliste / Verschiedenes

Die Anhänge sind infolge der fortwährenden Aktualisierungen in digitaler Form unter <https://www.swissfire.ch/Interessengemeinschaft-feuerwerk> abrufbar

