

Hummig, Wolf-Ingo:

LEHRBUCH ZUM STAATLICH ANERKANNTEN BÜHNENPYROTECHNIKERLEHRGANG

Bühnenpyrotechnik; Know-How, Praxis, Vorschriften und gesetzliche Regelungen.

Mit ausführlicher Erläuterung der Theater- und Studiopraxis.

Der Inhalt entspricht dem staatlich vorgeschriebenen Lehrplan.

Im Lehrgang werden etwa 140 Experimente und Abbrennversuche durchgeführt, somit ist dies der umfangreichste Pyrotechnikerlehrgang in Deutschland.

Die Angaben basieren auf dem Stand der Gesetze und Vorschriften wie sie im Januar 2009 gültig waren. Nachdruck, insbesondere für Lehr- und Unterrichtszwecke, auch auszugsweise, nicht gestattet.

Danksagung

unserem Herrn Jesus Christus, dem der gesamte Erfolg der Firma HUMMIG EFFECTS zu verdanken ist. Während den monatelangen Arbeiten für dieses Buch sorgte der Herr für eine Auftragslage, die uns noch genügend Zeit lies, aber auch ausreichend finanzielle Mittel brachte, um dieses Buch zu schreiben.

Die Hummig's:

Wolf-Ingo, Franziska, Lucas, Philipp, Moritz und Mebel Hummig und Aleksander Großmann

3. erweiterte und veränderte Auflage, 2009

ISBN-Nr.: 978-3-931360-13-9

Preis: 80,- EUR

© 2009 HUMMIG EFFECTS e. K., D-82378 Peißenberg

Postfach 52, Bergwerkstraße 9-11

Telefon +49 (0) 8803 6369-0 Telefax +49 (0) 8803 6369-190

Druck, Satz, Bindung: HUMMIG EFFECTS e. K.

- Printed in Germany -

Titelbild: Echte Theaterpyrotechnik, Briefbombe bestehend aus Blitz-, Knall-, Lycopodiumladung, Zündgerät und Blutspritze



Vom Verlag Hummig Effects sind folgende Lehrbücher (4 Bände) erschienen:

- ❶ Lehrbuch zum staatl. anerkannten Bühnenpyrotechnikerlehrgang ISBN 978-3-931360-13-9
- ❷ Lehrbuch zum staatl. anerkannten Sonderlehrgang Pyrotechnik ISBN 978-3-931360-22-1
- ❸ Lehrbuch zum staatl. anerkannten Großfeuerwerkerlehrgang ISBN 978-3-931360-32-0
- ❹ Lehrbuch zum Lehrgang „Mechanische Spezialeffekte & Pyrotechnik“ .. ISBN 978-3-931360-46-7

Lehrplan / Inhaltsverzeichnis

(lt. 1. SprengV Anlage 10.1)

Grundlehrgang für den Umgang - ausgenommen das Herstellen und das Wiedergewinnen - mit pyrotechnischen Gegenständen und pyrotechnischen Sätzen in Theatern und vergleichbaren Einrichtungen. (nach §32 Abs. 2, Nr. 4 der 1. SprengV)

<i>Lehrplan / Inhaltsverzeichnis</i>	3
0 Einführung	7
0.1 Spezialeffektelehrgang	7
0.2 Hummig Effects e. K. Firmenportrait	9
0.3 Vorwort	10
0.4 Organisatorisches zum Lehrgang	12
0.5 Geschichtliche Entwicklung: Pyrotechnik als künstlerisches Ausdrucksmittel	14
1 Pyrotechnische Sätze, Gegenstände und Anzündmittel	17
1.1 Allgemeine Begriffsbestimmungen in der Pyrotechnik	17
1.2 Pyrotechnische Sätze, Aufbau, Wirkungsweise, Eigenschaften, die gebräuchlichsten Satzarten, Schwarzpulver	21
1.3 Pyrotechnische Gegenstände, Aufbau, Wirkungsweise, Verwendung, die gebräuchlichsten pyrotechnischen Gegenstände, pyrotechnische Munition, Kartuschenmunition, pyrotechnische Gegenstände, die für die Verwendung noch hergerichtet werden müssen.	40
1.4 Pyrotechnische Anzündmittel	120
2 Rechtsvorschriften	145
2.1 Rechtsvorschriften über das Bearbeiten, das Verarbeiten, das Aufbewahren, das Vernichten sowie die Beförderung, das Erwerben sowie das Überlassen und die Empfangnahme von explosionsgefährlichen Stoffen innerhalb der Betriebsstätten und an Dritte außerhalb des Betriebes SprengG; 1. SprengV; 2. SprengV; GGVS	145
2.1.1 Zulassung	145
2.1.2 Erlaubnis	146
2.1.3 Befähigungsschein	151

2.1.4 Anzeigepflichten	152
2.1.5 Schutzvorschriften, Verbote	153
2.1.6 Lärmschutzvorschriften	155
2.1.7 Kennzeichnungs- und Verpackungsvorschriften	156
2.1.8 Aufbewahrungsvorschriften	160
2.1.9 Beförderungsvorschriften für Güter der Klasse 1, begrenzte Mengen	163
2.2 Rechtsgrundlagen	166
2.2.1 Sprengstoffgesetz (SprengG)	166
2.2.2 Erste Verordnung zum Sprengstoffgesetz (1. SprengV)	182
2.2.3 Zweite Verordnung zum Sprengstoffgesetz (2. SprengV)	198
Anlage 6 und 6a zur 2. SprengV	207
2.2.4 Gefahrgutverordnung Straße (GGVS / ADR) und andere Beförderungsvorschriften	208
2.2.5 Waffengesetz (WaffG) und dritte Verordnung zum Waffengesetz - neu	219
2.2.6 Kriegswaffenkontrollgesetz (KWKG), Merkblätter über das Unbrauchbarmachen von Kriegswaffen	238
2.2.7 Strafgesetzbuch, fahrlässige Tötung (§ 222), fahrlässige Körperverletzung (§230), fahrlässige Brandstiftung (§ 309), Herbeiführung einer Sprengstoffexplosion (§ 311)	251
2.2.8 Bußgeldvorschriften (§ 41 SprengG, § 46 der 1. SprengV, § 7 der 2. SprengV, § 4 der 3. SprengV, §§ 9, 30, 36 und 130 OWiG)	254
2.2.9 Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Sprengstoffgesetz (SprengVwV)	258
2.2.10 Versammlungsstättenverordnung der Länder (VStättVO)	263
3 Umgang mit zugelassenen pyrotechnischen Sätzen, Gegenständen, Anzündmitteln und Schwarzpulver	267
3.1 Bearbeiten, Verarbeiten, Verwenden	267
3.1.1 Geeignete Räume	270
3.1.2 Feuerschutz- und Löscheinrichtungen, Heizung	272
3.1.3 Geräte, Werkzeuge, Hilfsmittel, Personenschutz	274
3.1.4 Arbeitsvorgänge, z. B. Mischen, Trocknen, Laborieren und weitere Fertigarbeiten, Experimentalvortrag	275
3.1.5 Satzmengen am Arbeitsplatz, Abfälle	277
3.2 Vernichten, Art und Ort der Vernichtung, Mengenbeschränkung, Gefahren	278

3.3 Abstellen und Aufbewahren (Beispiele aus der Praxis), Lager- und Verträglichkeitsgruppen, Mengen, Abstände, Kleinmengenregelung, Kennzeichnung	281
3.4 Verwenden	293
3.4.1 Sicherheitsabstände	293
3.4.2 Sicherheitsmaßnahmen	294
3.4.3 Sicherheitsmaßnahmen für das Abbrennen von pyrotechnischen Gegenständen der Klassen III und IV	298
3.4.4 Sicherheitsmaßnahmen für das Abschießen pyrotechnischer Munition (PMI und PMII)	303
3.5 Ersatz pyrotechnischer Mittel durch andere, weniger gefährliche Vorrichtungen	307
4 Berufsgenossenschaftliche Bestimmungen	322
4.1 Unfallverhütungsvorschrift Explosivstoffe und Gegenstände mit Explosivstoff - allgemeine Vorschrift BGV B5 und BGV D43	325
4.1.1 Merkblatt Nitrocellulose - ZH 1/380	337
4.1.2 Merkblatt GUV-I 812	339
4.1.3 Checkliste "Sicherheit"	367
4.2 UVV Bühnen und Studios GUV-V C1 / GUV-I 810	368
4.3 Richtlinien für das Vernichten von Explosivstoffen	384
5 Praktische Übungen	391
5.1 Vorbereitete Experimente, von denen etwa 140 ausgewählt werden.	392
5.2 Aufbau und Kontrolle von Zündkreisen	401
5.3 Handhabung von pyrotechnischer Kartuschenmunition	420
5.4 Erforderliche Sicherheitsabstände auf Bühnen	421
6 Besprechung von Unfällen	423
7 Aussprache	431
8 Lehrgangsdauer und Teilnehmerzahl	432
9 Lehrkräfte	433
10 Prüfung	434
11 Zeitvorgabe	436

12 Anhang	437
13 Quellenverzeichnis	453
14 Bildnachweis	454
15 Index	455

0 Einführung

0.1 Spezialeffektelehrgang

Was bisher den Studenten der Hochschule für Film und Fernsehen, Fachrichtung Szenografie und den Requisiteuren im Rahmen ihrer Berufsausbildung an der Fachhochschule Rosenheim vorbehalten war, kann in der Pyrotechnikerschule jeder, ohne Zulassungsvoraussetzungen, erlernen.

Im Lehrgang "Mechanische Spezialeffekte und Pyrotechnik", erfährt man, was es über Spezialeffekte im Theater und Studio aber auch im Film, außerhalb des Gebietes der Pyrotechnik nach dem Sprengstoffgesetz, zu wissen gibt. Ohne Geheimniskrämerei erklärt der Autor Wolf-Ingo Hummig, anhand seines Buches „Lehrbuch zum Lehrgang 'Mechanische Spezialeffekte und Pyrotechnik'“ (ISBN 978-3-931360-46-7), sowie vielen Experimenten, Videovorführungen und Overheadfolien, das Know-How der Spezialeffektetechnik und lässt keine Fragen offen.

Hier ein Auszug über die Themen: Attrappen, Blitze, Blutmesser, Brandpasten, Brennende Requisiten, Bühnenvulkan, Crashglas, Dampfvorrichtungen, Explosionsdarstellungen für Bühnen, Fackeln ferngesteuert, Feuerschalen, Flammenwerfer für Bühnen, Gasfeuereffekte, Illusionen für Theater, Innenraumfeuer, Lycopodiumfeuereffekte, Maschinenpistolen, Nebelgeneratoren, Pyrotechnik, Regeneffekte, Schneeeffekte, Sicherheitshandfackeln, Trickwaffen, Trockeneisnebel, UV-Lichteffekte, Windmaschinen, Zündgeräte und vieles mehr. Dazu auch eine Einführung in die Rechtskunde, die den Einsatz dieser Effekte betrifft.



Abb. 1: Spezialeffektelehrgang in der Fachhochschule Rosenheim

0.2 Hummig Effects e. K. Firmenportrait

Das 1967 in Dresden gegründete Unternehmen ist weltweit kompetenter Spezialeffektpartner großer Opernhäuser, sowie Film- und Fernsehstudios. Mit einem hohen technischen Niveau und einem weiten Arbeitsgebiet, das von der Geräteherstellung bis hin zum Versandhandel mit ungewöhnlichen Produkten reicht, hat sich der Hummig Effects e. K. auf die Zusammenarbeit mit Bühnenbildnern und Regisseuren spezialisiert. Seit vielen Jahren verlässt man sich auf den persönlichen und engagierten Einsatz des Familienbetriebes. 1991 wurde der Hummig Effects e. K. in das Verlagsregister des deutschen Buchhandels aufgenommen, 1995 der Geschäftsbereich Pyrotechnikerschule gegründet und als staatlich anerkannter Lehrgangsträger zugelassen. Die Lehrgänge der Pyrotechnikerschule sind:

Bühnenpyrotechnikerlehrgang

Sonderlehrgang Pyrotechnik

Großfeuerwerkerlehrgang

Verlängerungs-/Wiederholungslehrgang

Lehrgang "Mechan. Spezialeffekte & Pyrotechnik"

Das Unternehmen ist über eine gebührenfreie Rufnummer zu erreichen: 0800-HUMMIGDE. Die Buchstaben entsprechen dabei der Internet-Adresse www.hummig.de und stehen für die Ziffern 48664433. Außerhalb Deutschlands gilt die Rufnummer +49(0)8803 6369-0.

0.3 Vorwort

Bei der Erarbeitung dieses Buches wurde größter Wert auf einfaches Erlernen der im Theater und Studio erforderlichen Fachkunde gelegt.

Um die gesetzlichen Zusammenhänge übersichtlich und verständlich zu gestalten, ist es unvermeidbar, dass sich einzelne, wichtige Zusammenhänge an mehreren Stellen unter verschiedenen Gesichtspunkten wiederholen.

Die Gliederung des Buches richtet sich exakt nach dem in der 1. SprengV vorgeschriebenen Lehrplan.

Durch einen Index am Ende des Buches wird Ihnen das schnelle Auffinden einzelner Vorschriften erleichtert. Durch die Komplexität dieses Stoffes bedingt, ist die vorliegende Ausgabe ein Abdruck, der jährlich, nach der Durchführung der Lehrgänge, immer wieder aktualisiert wird. Für ergänzende Hinweise sind wir sehr dankbar.

Beim Durchlesen und Beantworten unserer 300 Prüfungsfragen im Lehrgang, wird der wichtigste behandelte Stoff nochmals komplett ins Gedächtnis gerufen und dadurch besonders eingepägt. Zur Prüfung werden jeweils 50 Fragen ausgewählt und ähnlich der Führerscheinprüfung beantwortet.

Der Prüfungsfragenkatalog wird für den Lehrgang zum Lesen zur Verfügung gestellt, kann aber auch vorab beim Verlag oder im Buchhandel mit der ISBN 978-3-931360-19-1 bestellt werden.



Erster Theaterpyrotechnikerlehrgang der Pyrotechnikerschule, Mai 1996; alle Teilnehmer bestanden die Prüfung erfolgreich

0.4 Organisatorisches zum Lehrgang

Grundlehrgang für den Umgang - ausgenommen das Herstellen und das Wiedergewinnen - mit pyrotechnischen Gegenständen und pyrotechnischen Sätzen in Theatern und vergleichbaren Einrichtungen.

Dieser Lehrgang mit abschließender Prüfung dient dem Nachweis der Fachkunde i. S. § 8 SprengG, um eine Erlaubnis nach § 7 oder § 27 SprengG oder den Befähigungsschein nach § 20 SprengG erhalten zu können. Die Erlaubnis oder der Befähigungsschein mit einer Erlaubnis berechtigt u. a. zum Erwerb von pyrotechnischen Gegenständen der Klassen II, III, IV, T₁ und T₂, pyrotechnischen Sätzen (auch Schwarzpulver), Anzündmitteln und zu deren Verwendung.

Zur Teilnahme am Lehrgang benötigen Sie:

1. Ein Mindestalter von 21 Jahren.
2. Eine Unbedenklichkeitsbescheinigung als Nachweis der Zuverlässigkeit.
3. Eine Erklärung, dass Sie weder körperliche noch geistige Gebrechen haben.
4. Einen Ausbildungsnachweis als Veranstaltungstechniker, Requisiteur, Waffenmeister, Bühnen- oder Beleuchtungsmeister oder Nachweise über Kenntnisse und Fertigkeiten über eine vergleichbare Tätigkeit.

alternativ zu 4.:

- Bescheinigung des Arbeitgebers über eine mindestens einjährige Tätigkeit in Theatern oder vergleichbaren Einrichtungen (Mehrzweckhallen, Variétés, Kabarett, Bars, Discos, Veranstaltungsbetriebe, Musikbands, Kirchen, Schulen, Laientheater)

ter, Eventagenturen, PA- und Beleuchtungsverleih Firmen), sowie über die Mitwirkung beim Erzeugen einer für die Ausbildung genügenden Anzahl pyrotechnischer Effekte (15 Effekte) oder nur den Nachweis der Helfertätigkeit bei mindestens 15 pyrotechnischen Effekten und ausreichender Tätigkeit bei Veranstaltungen. Ein Heft mit über 250 Beispielen pyrotechnischer Effekte kann angefordert werden (Formular auch per Internet abrufbar).

5. Eine schriftliche Zulassung vom Lehrgangsträger.

Die Lehrgangsdauer beträgt 5 Tage. Sie umfasst 36 Pflichtstunden und 5 zusätzliche, freiwillige Unterrichtsstunden. Der Lehrgang schließt mit einer theoretischen und praktischen Prüfung ab.



Abb. 2: Interessanter, praxisnaher Unterricht, über 140 Experimente

Pyroschnur, -papier, -watte, -flocken und -chips

Diese Materialien eignen sich für kurzzeitige Feuereffekte. Sie verbrennen, ohne glimmende Rückstände zu hinterlassen, rasch, vollständig, mit heller, gelb leuchtender, rauchloser Flamme. An der Brandstelle bleiben braune Schmauchspuren zurück.

Pyroschnur kann hängend unten angezündet werden, dann verbrennt sie am schnellsten, deshalb ist sie zum Beispiel für eine "Bombenzündschnur" nicht geeignet. Hierfür verwendet man besser eine Schwarzpulverschnur wie z. B. Anzündlitze. Wird die Pyroschnur auf unbrennbare Kleidung aufgenäht, kann die Flamme schnell von unten nach oben oder auch langsam von oben nach unten bzw. quer laufen. Somit kann man eine kurzzeitig brennende Person darstellen, wie zum Beispiel die Königin der Nacht, in der Zauberflöte beim Sonnenaufgang. Hier wurden viele senkrechte, mit Stofffarbe gefärbte Pyroschnüre auf die unbrennbare Kleidung aufgenäht. Waagrecht in einer versenkten Blechrinne am Fußboden verlegt, ergibt eine dreifache Pyroschnur ein etwa 15 Zentimeter hohes, langsam laufendes Feuer. Pyroschnur um einen Stab gewickelt, lodert kurzzeitig stark auf. Soll der Stab länger brennen, so empfiehlt es sich, eine getränkte Keramikfaserschnur zu verwenden. Eine zehnfach verdrillte Pyroschnur in zwei reißverschlussähnlich verbundenen Spiralen, im Vorhang (Glasfaserstoff!) versteckt, wurde als aufsteigende Flamme, die den Vorhang durchtrennt, im Bremer Theater eingesetzt (Skizze unten). Als kleiner Knallsatz lässt sich Pyroschnur besser dosieren als Pyrowatte.

Pyropapier verwendeten wir bisher als verbrennender Brief, brennende Zeitung, brennender Fächer, brennender Blätterbaum, als beklebte, brennende Postkutsche. Auch brennende Fahnen sowie ein brennendes Hausdach wurden aus Pyropapier,

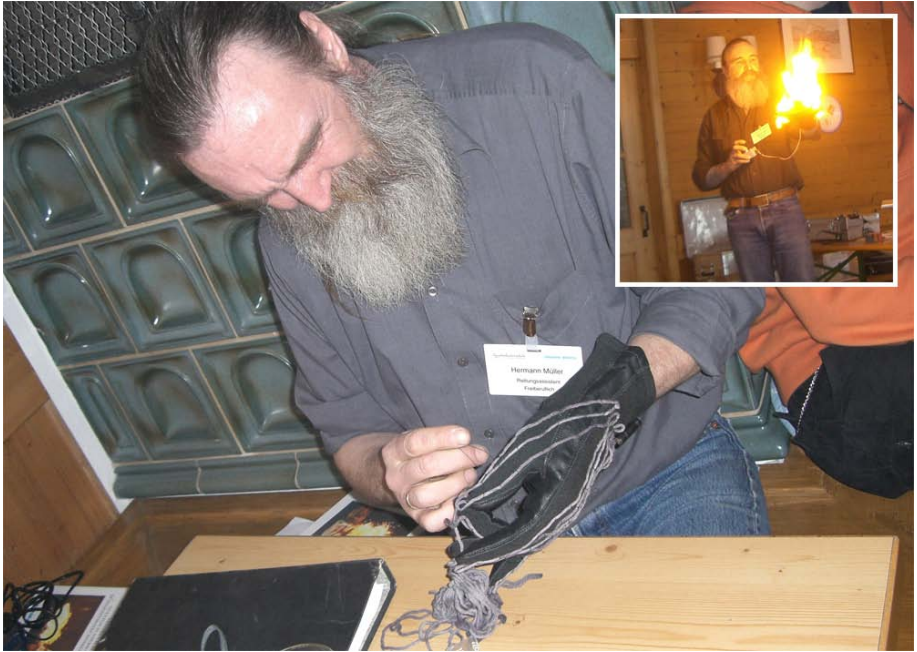


Abb. 8: Lehrgangsexperiment: Brennende Hand mit Pyroschnur

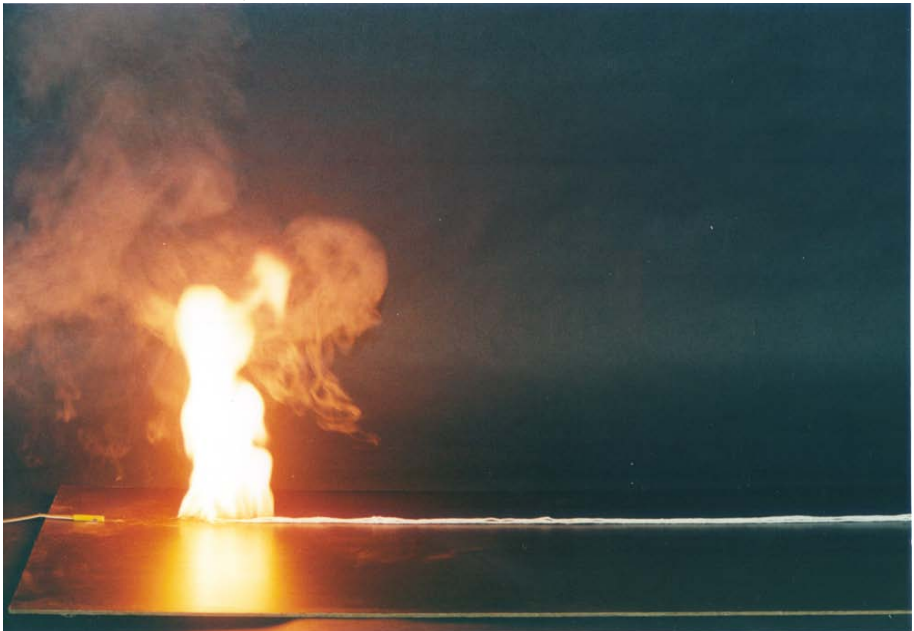


Abb. 9: 140 Dreifache Pyroschnur als laufendes Feuer

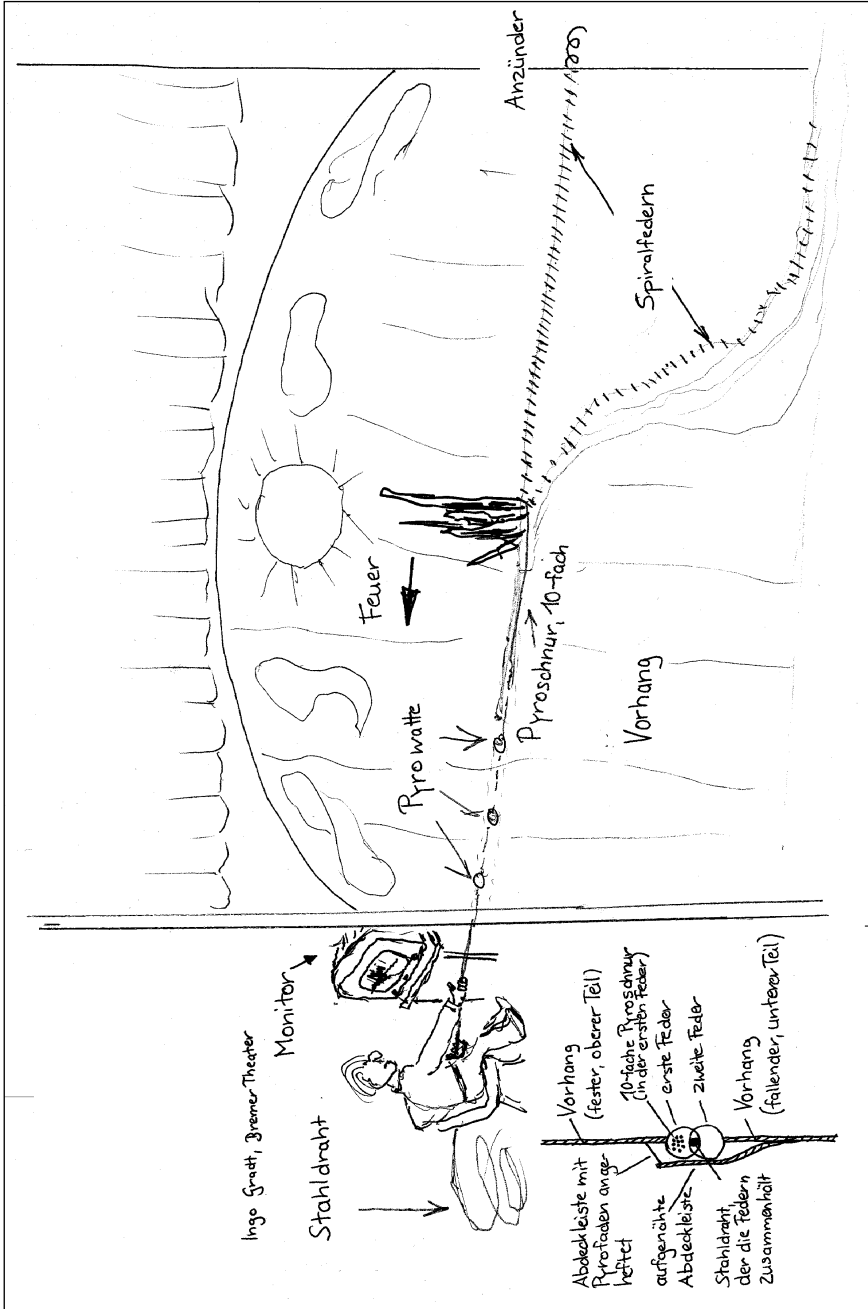


Abb. 10: Zehnfache Pyroschnur für Effekt "sich zerteilender Vorhang"



Abb. 11: Lehrgangsexperiment: Mephisto-Becher (Pyroflocken)



Abb. 12: Pyrochips in einer U-Schiene als kurzzeitig brennende Feuerwand

welches zu großen Flächen mit Pyrokleber zusammengeklebt war, hergestellt.

Pyrowatte brennt am schnellsten ab und ist geeignet für blitz-ähnliche, gelb leuchtende Feuererscheinungen, schnelles Lauffeuer, kleine Treibladungen sowie als Knallsatz. Sie ist als Bühnenblitz besser geeignet, als die üblichen, elektrisch angezündeten, Blitzkapseln. Bühnenblitze mit Pyrowatte sind leicht gelblich, blenden nicht so stark und sind rauchfrei.

Pyroflocken sind ein billiger Ersatz für Pyrowatte. Sie brennen etwas langsamer, mit gelb leuchtender Flamme ab.

Pyrochips bestehen aus gelöstem und wieder eingetrockneten Kollodium (Pyrowatte). Sie brennen langsamer als Pyroflocken ab; sie leuchten weißlich und sehr hell und eignen sich für 40 bis 70 cm hohe, stehende oder laufende Feuer. Leider ist eine geringe, jedoch ungefährliche Funkenentwicklung nicht zu vermeiden.

Xylokoll ist ein grau bis graugelbes, feinkörniges, rieselfähiges Produkt, welches aus Nitrozellulose und Stabilisatoren (1 %) hergestellt wird. Es brennt langsam und mit gleichmäßiger Flamme ab.

Alle sechs Materialien haben aus chemischer Sicht die gleiche Zusammensetzung und ähnliches Verhalten. Sie bestehen aus Nitrozellulose und dürfen höchstens 12,6 % Stickstoff enthalten. Bei Verwendung begrenzter Mengen (Pyrowatte max. 50 g, Pyropapier, -schnur max. 100 g - Trockensubstanz) dieser Stoffe, entsprechend 8.6 des Merkblattes GUV-I 812 "Pyrotechnik in Veranstaltungs- und Produktionsstätten" dürfen diese Materialien nach Zustimmung der örtlichen Feuerwehr und der zuständigen Aufsichtsbehörde, im Theater verwendet werden. Beim Umgang mit diesen Materialien ist Vorsicht geboten, da sie erstens rasch verbrennen und zweitens in verdämmter Anordnung auch einen sehr kräftigen Druckaufbau erzeugen. Da nur zuge-

lassene pyrotechnische Sätze und Gegenstände zur Verwendung erlaubt sind, sollte man bei den üblicherweise nicht zugelassenen Pyromaterialien solche mit BAM-Zulassung bevorzugen. Alle sechs Materialien müssen feucht, mit mindestens 25 % Anfeuchtungsmittel (am besten mit Alkohol) aufbewahrt werden und sind vor Gebrauch gründlich zu trocknen. Je trockener die Materialien sind, desto schneller brennen sie ab. Eine Trocknungsmethode wäre, ähnlich dem Wäschetrocknen auf einer Leine oder einem hölzernen Trockengestell in einem maximal 50 °C warmen Raum. Eine Heizung zum Trocknen darf nicht verwendet werden. Keinesfalls einen Föhn verwenden. Achtung: Niemand in den Trocknungsraum lassen! Warnschilder anbringen! Getrocknetes, nicht verwendetes Material kann wieder mit Wasser befeuchtet und gelagert werden. Ein dichtes Verschließen der feuchten Pyromaterialien ist erforderlich, um ein gefährliches



Abb. 13: 140 Lehrgangsexperimente; Pyropapier als brennender Schirm

Austrocknen zu vermeiden.

Anmerkung: Manche Lieferanten befeuchten die Pyromaterialien, wegen der einfacheren Trocknung von vornherein mit Alkohol. Deswegen sind solche Vorratsgefäße gegen Funken und Reibung zu schützen. Die durch Verdunstung oder Trocknung entstehenden Gase können explosionsgefährlich sein. Die so befeuchteten Pyromaterialien können sehr leicht ungewollt trocknen. Sie sind außerdem im befeuchteten Zustand leichtentzündlich. Deshalb sind wasserbefeuchtete Pyromaterialien sicherer. Ab 35 % Wassergehalt stellen diese Materialien noch vor einigen Jahren keinen Gefahrstoff mehr dar.



Abb. 14: Praxisbeispiel: Ein mit Pyropapier verhülltes Fahrrad wird mit Mini-funkenblitzen frei gelegt – 6-Tage-Rennen München, Thomas Jorhann

Pappkartuschen mit Schwarzpulver

Für Schusseffekte im Theater füllen wir Pappröhrchen, Durchmesser bis 10 mm oder Anzünder mit Hülse für Beiladungen, mit 0,5 bis 1 g Schwarzpulver.

Schwarzpulver gibt es in verschieden großen Körnungen. Hier ist das feinst körnige mit einer Korngröße 0,1 - 0,3 mm am geeignetsten. An einem Ende des Röhrchens ist ein Elektroanzünder eingeklebt. Das andere Ende wird ausschließlich mit Klebefilm verschlossen, so dass außer Klebefilmresten keine Verdämmungsmaterialien beim Schuss herumfliegen können. Das Schwarzpulver enthält eine geringe, variable Beimischung von Aluminiumpulver. Es ist für die Blitzwirkung des Mündungsfeuers wichtig. Mit der Ladungsmenge und dem Anteil an Aluminiumpulver kann man die Lautstärke und die Blitzwirkung gut variieren.

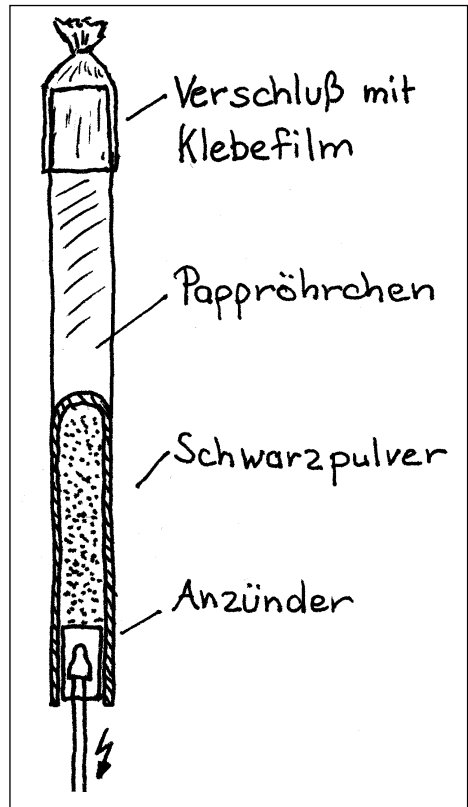


Abb. 15: Selbstgefertigte Schwarzpulverkartusche für Gewehre und Pistolen



Abb. 16: Verschiedene Knallkörper mit elektrischer Anzündung



Abb. 17: Praktische Prüfung: Schwarzpulverkartuschen in Maschinenpistole

Dies ist bei handelsüblichen Platzpatronen nicht möglich. Beispiele von der Wirkung verschieden starker Beimischungen von Aluminiumpulver bei Schusseffekten sind auf den umseitigen Abbildungen zu sehen.

Bei Platzpatronen besteht zudem die erhebliche Gefahr, dass Teile des Crimprandes abgerissen und verschossen werden. Wenn mit Pappkartuschen oder mit Anzündern mit Pulverbeiladung "geschossen" wird, kann man sich in etwa 1 bis 3 Meter, je nach Ladungsstärke, vor der Mündungsöffnung aufhalten, da hier kein starker Gasstrahl, wie bei Platzpatronen, entsteht.

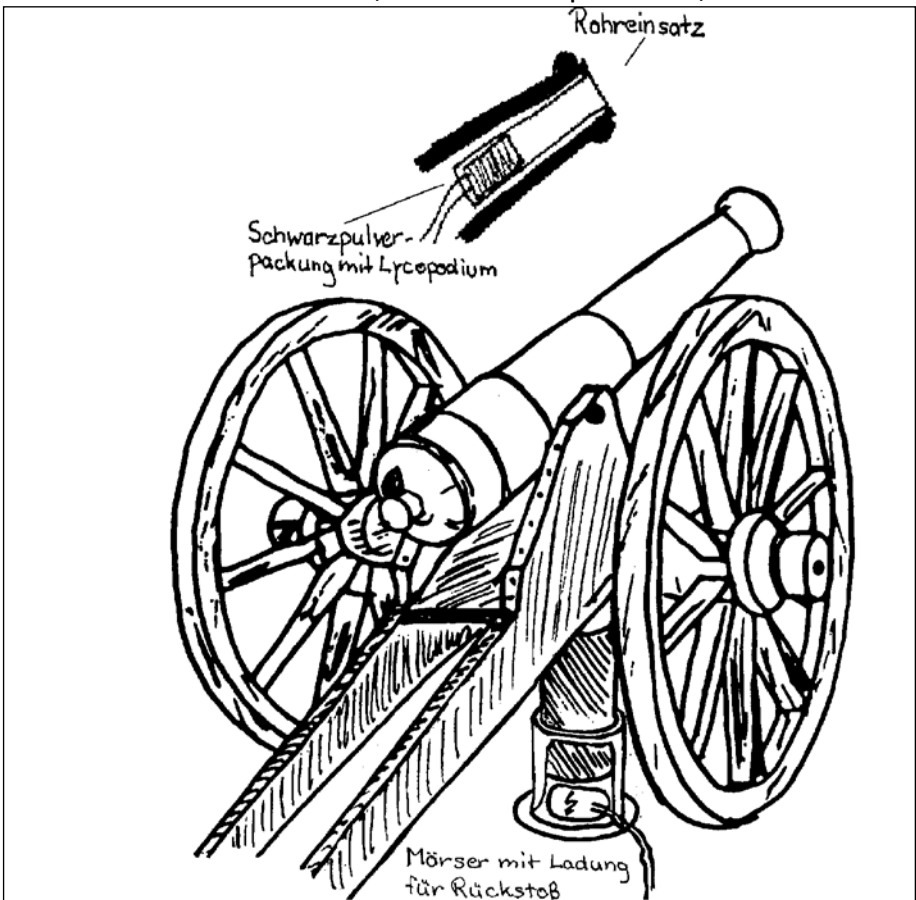


Abb. 18: Position der Ladung bei historischer Kanone

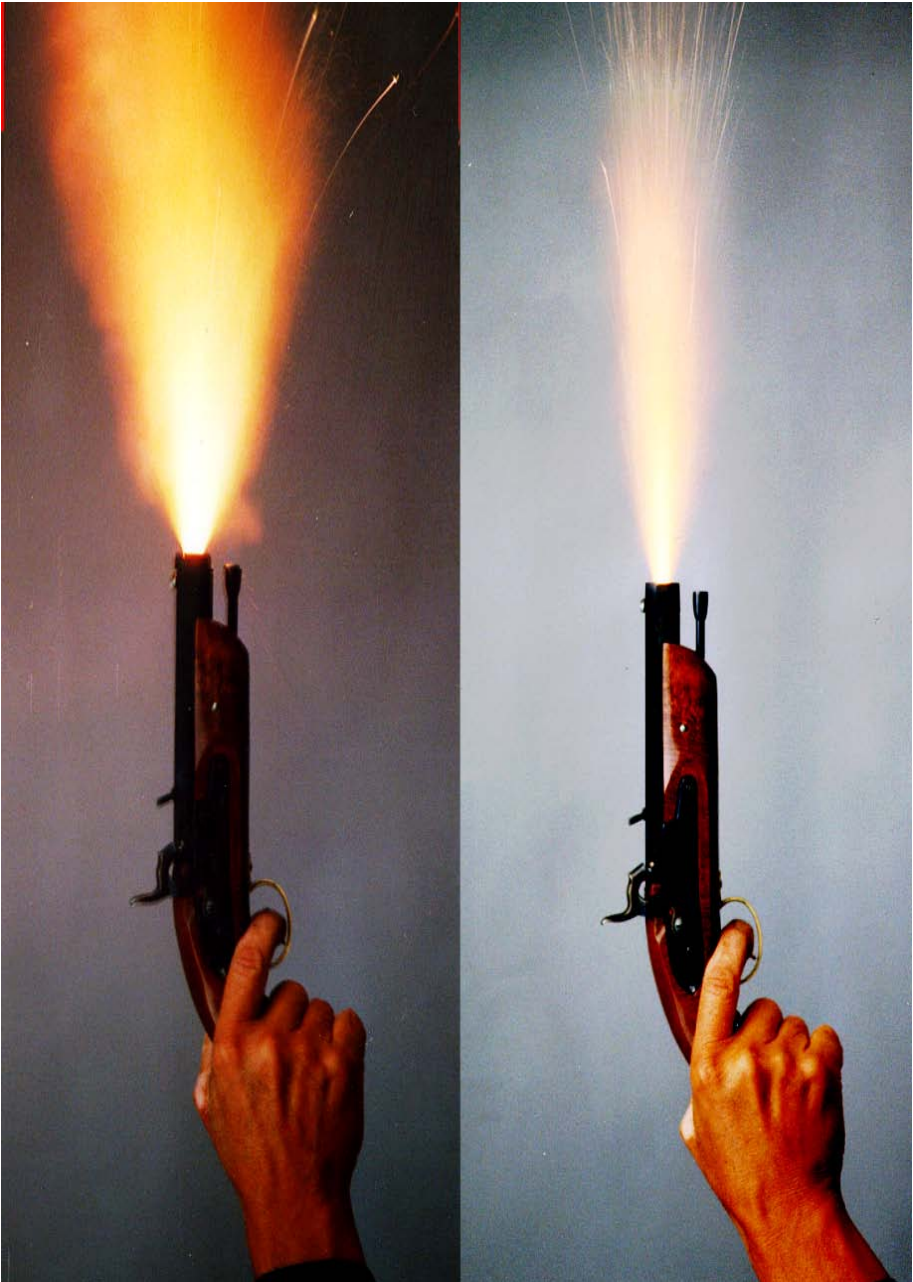


Abb. 19: 140 Lehrgangsexperimente; hier: Vorderladerpistolen, verschieden geladen mit Pappröhrchen mit Schwarzpulver

NC-Pulver für rauchlose Explosionseffekte

Für rauchlose Schusseffekte oder kleine Explosionen, wie z. B. bei Miniatursprengeungen, verwendet man Nitrozellulose. Sie kann als rauchloses NC-Pulver für Pistolenschützen von einem Pyrotechniker mit Schein erworben werden. Dieses Pulver soll für Theaterzwecke nicht in Metallhülsen angezündet werden, da diese auch bei geringer Verdämmung, wegen des rasanten Druckaufbaus des NC-Pulvers, zerreißen können. Andererseits kann auch Pyrowatte für solche Zwecke verwendet werden.



Abb. 20: 140 Lehrgangsexperimente; hier: Darstellung eines Kugeleinschlages in Stein; NC-Pulver verwendet

Zweikomponentensätze für Blitze und Fontänen

Wer bei Blitzeffekten mit dem langsam brennenden Lycopodium oder mit der schnelleren Blitzwatte (Pyrowatte) nicht arbeiten möchte, kann das noch schneller und heller brennende Blitzpulver verwenden. Dazu ist besonders das Zweikomponenten-Blitzpulver geeignet. Dieses gehört teilweise in die Klasse T_2 . Fertige Blitze gehören meist zur Klasse T_1 . Das Zweikomponentenpulver kann vor dem Mischen ganz einfach und ungefährlich gelagert und transportiert werden. Es wird erst bei Bedarf gemischt und somit erst dann ein explosionsgefährliches Material. Mit diesem Pulver kann man Blitzladungen, wie unten abgebildet, in jeder beliebigen Stärke selbst, mit Hilfe eines Anzünders und einer geeigneten Folie herstellen. Man verwendet für Blitze, die man selbst anmischt, auch "Abbrenntöpfe", wie auf der nächsten Skizze dargestellt. Bei diesen Abbrenntöpfen wird die gewünschte Menge Blitzpulver eingefüllt, ein Elektroanzünder angeschlossen und schon kann man die Blitzerscheinung auf Stichwort anzünden.

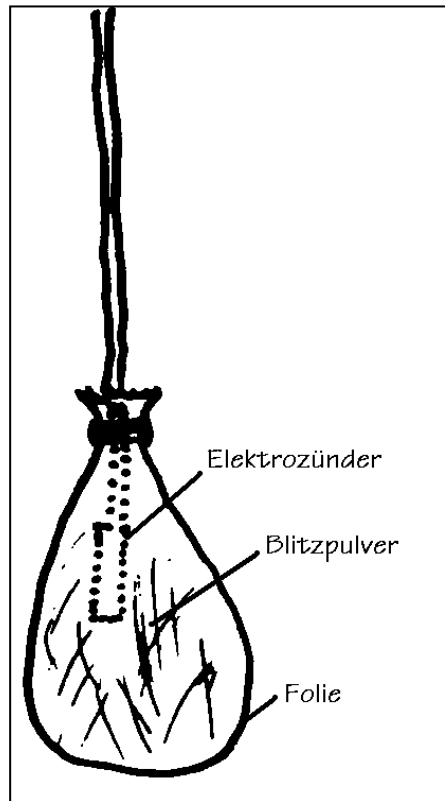


Abb. 21: Selbstgefertigter Blitzbeutel mit Folie oder Pyropapier

Es gibt verschiedene zugelassene Zweikomponenten- Sätze, so zum Beispiel:

- Fotoblitz weiß
- Fotoblitz rot
- Blitz raucharm
- Funkenblitz
- Fontänenpulver
- Fotoblitz grün
- Blitzpulver gold
- Höhenblitz
- Höhenfunkenblitz
- Knallsatz

Blitzeffekte dürfen lt. Merkblatt GUV-I 812 nur elektrisch angezündet werden.

Anmerkung: Unter Fotoblitz versteht man einen kurzen, schnellen Blitz.

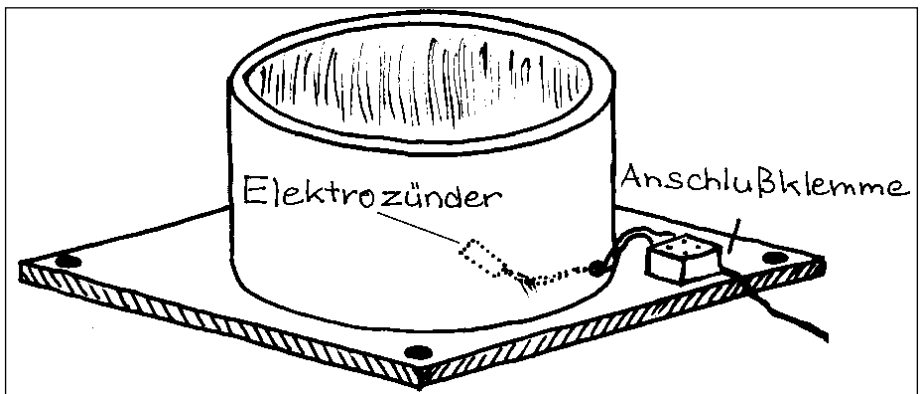


Abb. 22: Abschusstopf für Zweikomponenten-Blitzsätze

Blitzkapseln

Als fertige, elektrisch anzündbare Blitzkapseln mit Drahtenden oder Steckerstiften kann man folgende Blitztypen empfehlen:

Blitz-Rauchwolken-Ø		Anmerkungen
50	cm	ohne Funken
50	cm	mit Funken (Funken Ø 1 m)
1	m	weiß
1	m	rot
1	m	grün
1,5 länglich	m	ohne Funken
1,5 länglich	m	mit Funken
2,5 länglich	m	ohne Funken
3,5 länglich	m	ohne Funken
4,0 länglich	m	ohne Funken
4,0 länglich	m	mit Funken
4,0 kugelförmig	m	groß, mit Knall
5,0 kugelförmig	m	mit Funken, Klasse IV

Es ist zu beachten, dass die angeführten pyrotechnischen Blitze immer mehr oder weniger Rauch erzeugen, der nicht zum Inhalieren geeignet ist. Deshalb ist auf ausreichende Lüftung entsprechend der Anzahl und Größe der Ladungen zu achten! Blitze sollten, der starken Blendung wegen, gegen direkten Blickkontakt zum Publikum hin, abgeschirmt werden.

Abbrennkästen ermöglichen eine wesentliche Verringerung der Sicherheitsabstände. Zur Darstellung von Zickzack-Blitzen (Naturblitzen) und ähnlichen Blitzeffekten können Einweg-Blitzschläuche geeignet sein. Die Zündung erfolgt detonativ, begleitet von einem lauten Knall mit extrem kurzer Leuchtdauer.



Abb. 23: 140 Experimente im Lehrgang: Minifunkenblitz mit Lycopodium

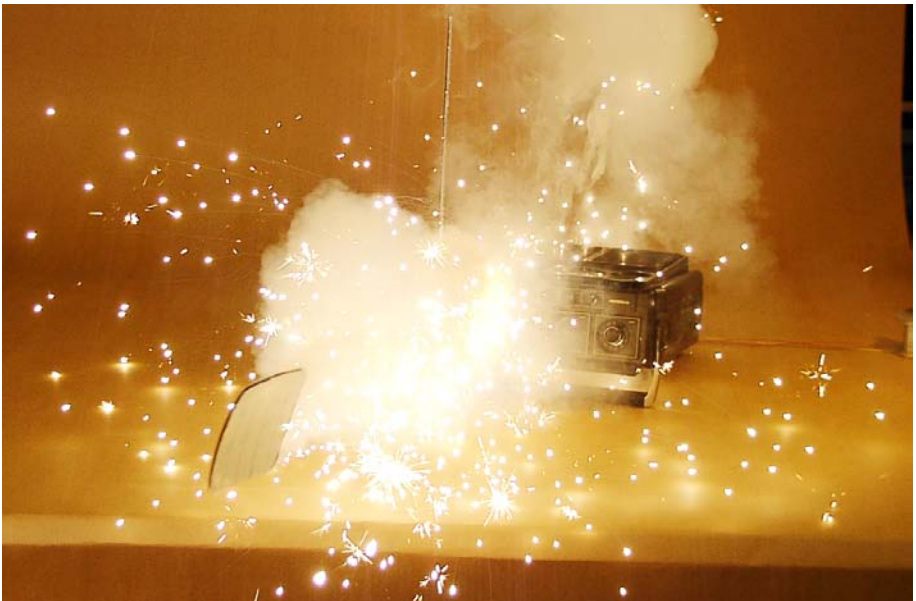


Abb. 24: 140 Experimente im Lehrgang: Minifunkenblitz mit Lycopodium als explodierender Fernseher



Abb. 25: 140 Experimente im Lehrgang: Minifunkenblitz am Stativ



Abb. 26: 140 Experimente im Lehrgang: Schiffskanonen-Attrappe mit Blitz und Lycopodiumbeiladung



Abb. 27: Blitzschlauch im Einsatz



Abb. 28: Blitzschlauch rot aus den USA

Bühnenfontänen, auch rauchlose

Die elektrisch anzündbaren Bühnenfontänen der Klasse T₁ kann man bei entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen auf der Bühne und im Studio problemlos einsetzen. Mit kleinen Fontänen lassen sich auch Feuerwerksbilder und -schriften erzeugen. Als elektrisch anzündbare Fontänen mit Drahtenden möchten wir die Typen der nachfolgenden Tabelle empfehlen. Farbige Fontänen, z. B. gold, sind heißer und entwickeln mehr Rauch als rein silberne Fontänen. Fontänen der Klasse II werden von Hand angezündet, meist können nachträglich elektrische Anzünder mit Klebeband o. ä. angebracht werden. Um ein Nachbrennen von Anzünder-Fixierkappen aus Plastik auszuschließen, können diese seitlich eingeschnitten werden, damit diese leichter wegfliegen. Abbrennkästen nach Konrad Hoffmann eignen sich auch sehr gut zum Abbrennen von Fontänen und Sonnenrädern im Innenraum. Diese Kästen werden hinter einem Tüllvorhang von einem Zug in die gewünschte Höhe gebracht und ermöglichen ein

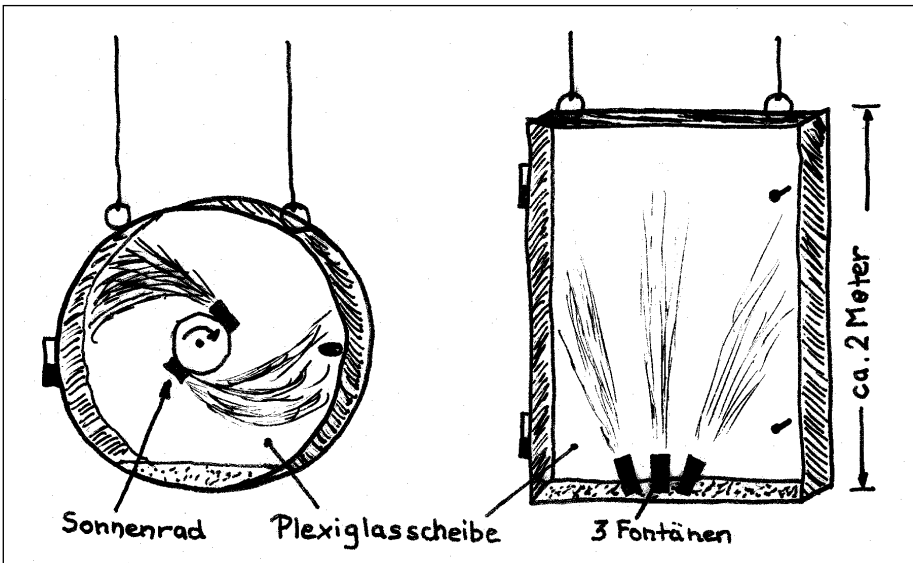


Abb. 29: Abbrennkästen für Feuerwerk nach Konrad Hoffmann



Abb. 30: oben: Eisfontänen, elektrisch angezündet, wie sie zum Aufbau von Feuerwerksbildern verwendet werden; unten: Bühnenfontäne, raucharm, elektrisch Angezündet

glaubhaftes Feuerwerk. Das einfache Prinzip ist ein gut belüfteter, runder oder eckiger Blechkasten mit einer zu öffnenden Vorderseite aus Plexiglas, die bis zu einer Größe von etwa 2 Meter auf 1,5 Meter reichen kann. Das Plexiglas muss jedes Mal gereinigt werden.

Elektrisch anzündbare Bühnenfontänen:

Brennzeit		Effekthöhe		Anmerkungen
1	sec.	5	m	silber
1,5	sec.	3,5	m	silber
6	sec.	3,5	m	silber
6	sec.	3,5	m	silber / raucharm
7	sec.	2	m	
8	sec.	8,0	m	T ₂
10	sec.	3,0	m	silber
15	sec.	2,5	m	silber
15	sec.	3,0	m	gold / raucharm
20	sec.	2,5	m	gold
20	sec.	3,5	m	silber
25	sec.	4,0	m	silber, T ₂
30	sec.	0,15	m	P I
30	sec.	3,5	m	T ₂
40	sec.	1,0	m	silber, P II
45	sec.	0,7	m	gold, P II
60	sec.	0,2	m	P II
150	sec.	0,8	m	silber, P II

Alle Fontänen müssen schräg oder senkrecht nach oben sprühen. Die zwei markierten Typen sind für senkrechten Betrieb nach unten geeignet (Wasserfall).

Fontänen, Wasserfälle, Flammensäulen und Blitze werden häufig für Innenraumfeuerwerke und Showzwecke verwendet.



Abb. 31: Lehrgangsexperimente; hier: Eisfontänen



Abb. 32: Lehrgangsexperimente: Kurzzeitfontäne aus der Hand geschossen



Abb. 33: 140 Lehrgangsexperimente; hier: T_1 -Überkopf-Fontäne (Wasserfall), raucharm, Körper und Kleidung ohne Gefahr im Funkenregen

Flammensäulen, Flammenprojektoren

Flammensäulen und Flammenprojektoren sind elektrisch anzündbare Stichflammen mit Größen von 0,5 bis 5 m Länge. Diese Stichflammen, auch Flameprojectors genannt, dürfen nur nach oben gerichtet eingesetzt werden, da sich in ihnen lockerer, pulverförmiger pyrotechnischer Satz befindet. Deshalb sind sie für darzustellende startende Raketen leider nicht geeignet. Auch für feuerspeiende Drachen sind sie wenig geeignet.

Handelsübliche Größen dieser Flammensäulen sind:

Brenndauer	Effekthöhe	Anmerkungen
1 sec.	1 m	schmal
1 sec.	2 m	voluminös
1 sec.	3 m	voluminös
2 sec.	5 m	voluminös
3 sec.	1,6 m	schmal
3 sec.	2 m	schmal
4 sec.	2,2 m	voluminös

Für Showeffekte sind diese Flammensäulen gut geeignet und sehr beliebt. Hervorzuheben ist die geringe Rauchentwicklung. Der Effekt ist etwas blasser und wesentlich schmaler als eine Lycopodium-Stichflamme mit Druckluft. Er lässt sich aber mit einem einfachen Pyrotechniker-Zündgerät betreiben.

Es ist auch loses Pulver zum Selbstladen erhältlich, um die Effektgröße in Zwischenabstufungen zu verwirklichen. Das Selbstladen erlaubt Effekthöhen bis 5 Meter, jedoch erlischt beim Selbstladen die BAM-Zulassung. Abhilfe schafft hier die Deklaration des selbstgeladenen Flameprojectors als "Vorrichtung zum Abbrennen von Nitrocellulosesatz". Dadurch ist man nur auf die BAM-Zulassung des Pulvers angewiesen, wenn die Aufsichtsbehörde einverstanden ist.



Abb. 34: Verschiedene Flameprojectors (Stichflammen); von links nach rechts: 5 m Flammenhöhe, 2 m Höhe, 2 m Höhe, 1 m Höhe



Abb. 35: Flammensäule, 1,2 Meter, 2 Sekunden

Schwarzpulver für Explosionen

Schwarzpulver, in den verschiedenen Körnungen, ist das Universalmittel für Explosionseffekte. Da es mit ca. 400 Meter je Sekunde verhältnismäßig langsam "explodiert", ist es für Spezialeffekte besonders gut geeignet. Die sonst üblichen Sprengstoffe haben mit bis zu 7.000 Meter je Sekunde eine viel höhere "Explosionsgeschwindigkeit". Dadurch sind sie wesentlich gefährlicher und zerstörender als Schwarzpulver. Es brennt, ohne Einschluss in einer Hülle, nur rasch und sehr heiß ab. Wird das Pulver aber verdämmt, z. B. in festes Papier oder in Pappe eingewickelt, so explodiert diese Packung umso heftiger, je mehr sie mit Klebeband bandagiert ist. Es können durchaus 2 bis 20 Lagen Klebeband um eine Packung gewunden werden. Für kleinere Explosionen auf der Bühne und im Studio verwendet man oft die "kubischen Kanonenschläge". Das sind kleine Pappwürfel, die mit einem Paketseil umwickelt und verklebt sind. Sie enthalten bis max. 6 g Schwarzpulver. Deren Anzündschnur darf der Pyrotechniker herausziehen und gegen einen Elektroanzünder austauschen. Wenn diese Ladungen zu schwach sind, verwendet man im Innenraum, jedoch nicht im Theater, bis höchstens 50 Gramm Schwarzpulver in einem fest bandagierten Pappbehälter. Für Bühnen- und Studioexplosionen kann man vorteilhaft zur pyro-

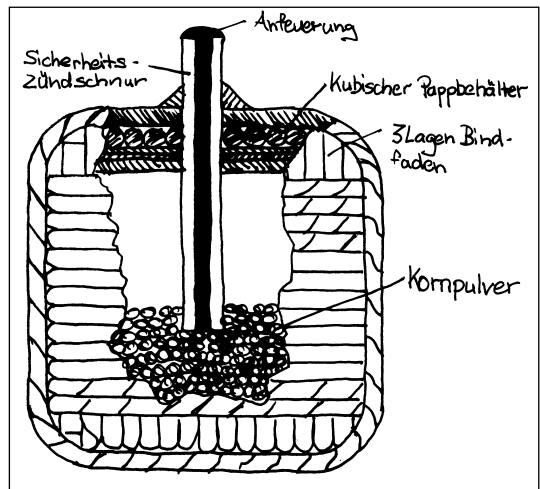


Abb. 36: Kubischer Kanonenschlag mit Anzündschnur

technischen Darstellung zusätzlich eine mechanische Unterstützung geben. Nur dadurch kann man die mechanische Explosionswirkung in Richtung und Stärke gut dosieren. Als mechanische Unterstützung eignen sich besonders gut Fallgewichte, wobei ein solches auf eine Wippe fällt und dabei noch zusätzlich eine Blitzladung auslösen kann. Auf der anderen Seite der Wippe steht der präparierte, "explodierende" Gegenstand, der hoch geschleudert oder zerstört werden soll. Wird bei einer solchen simulierten Explosion zusätzlich das Herumfliegen von Staub, Korkstücken oder Steinattrappen gewünscht, so ist dies mit einem Druckluftwerfer, wie unten skizziert, zu realisieren. Über einen Spezial-Druckluftbehälter wird, über ein angeschlossenes 2" Rohr, die Luft schlagartig in einen, mit Ballast gefüllten Trichter (Mörser) freigegeben.

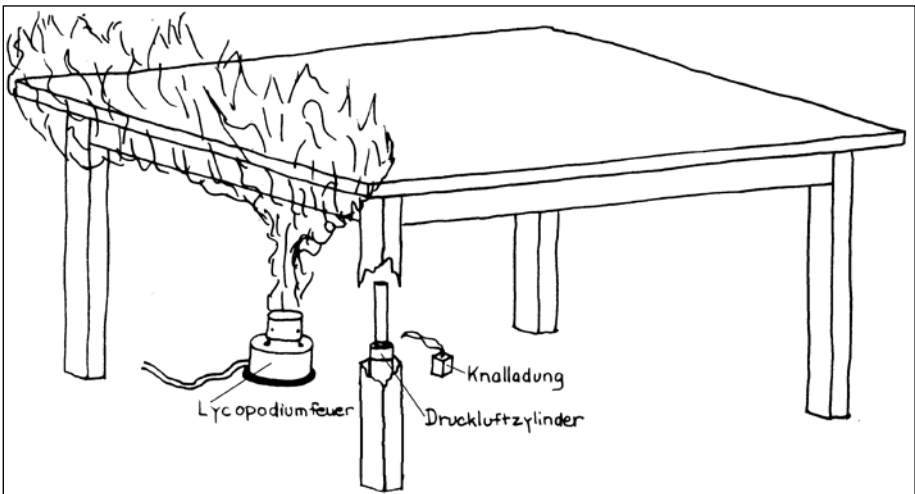


Abb. 37: "Sicherheits"-Explosion unter einem Tisch mit Lycopodiumfeuer

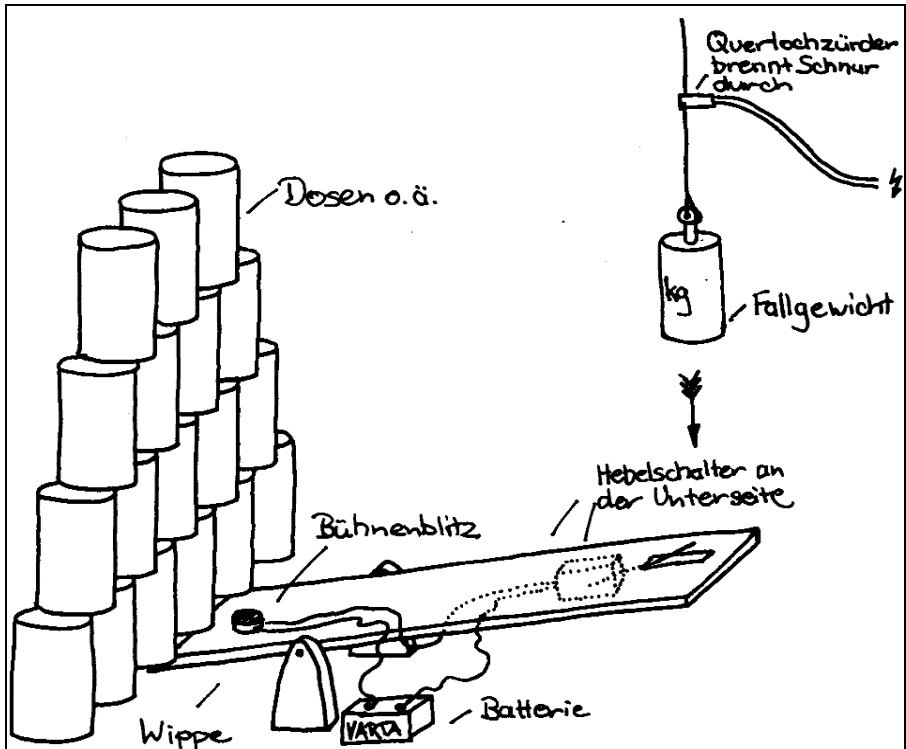


Abb. 38: "Sicherheits"-Explosion in einem Stapel Dosen

Dieser Behälter muss mindestens einen $1\frac{1}{2}$ " Anschluss für ein ebenso großes Elektroventil besitzen und sollte mindestens 15 bis 25 Liter Volumen haben. Ein gewöhnlicher Kompressor aus dem Heimwerkermarkt ist ungeeignet, da er eine zu kleine Auslassöffnung hat. Druckluftwerfer mit digitaler Zeitsteuerung (ab $5/100$ sec.) erlauben eine exakt reproduzierbare Wurfweite. Für Explosionen im Freien sind auch Schwarzpulverpackungen bis 250 Gramm und mehr üblich, um mit einem zylindrischen oder konischen Mörser Explosionsdarstellungen zu zeigen. Je nach Form der Mörser gestaltet sich die Explosionsform und damit der Abstand der Darsteller zu den Explosionen. Die Mörser werden ebenfalls mit ungefährlichen, leichten und weichen Teilen aus Gummi, Styropor, Kork und Staub gefüllt, um so

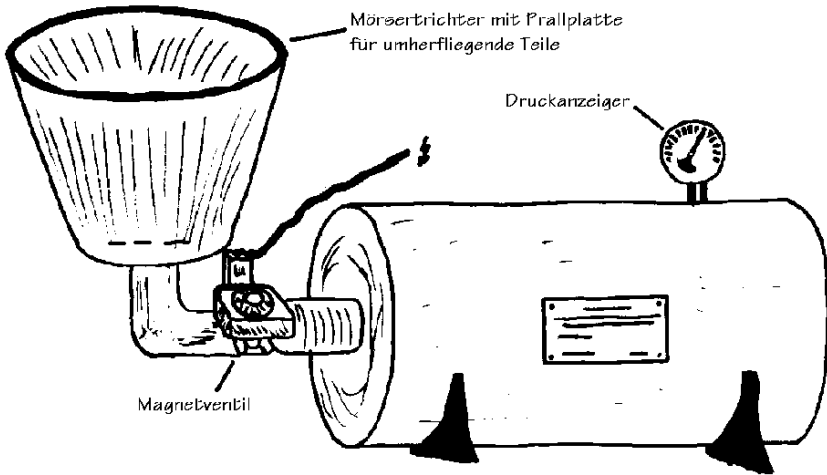


Abb. 39: Druckluftwerfer, fernbedienbar (Druckbehälter-VO beachten!)

Granateinschläge und Explosionen zu zeigen. Für große Explosionsdarstellungen und Effekte im Freien mit Mehl, Staub, Benzin usw. möchten wir auf den Sonderlehrgang Pyrotechnik mit seinem separaten Lehrbuch verweisen.

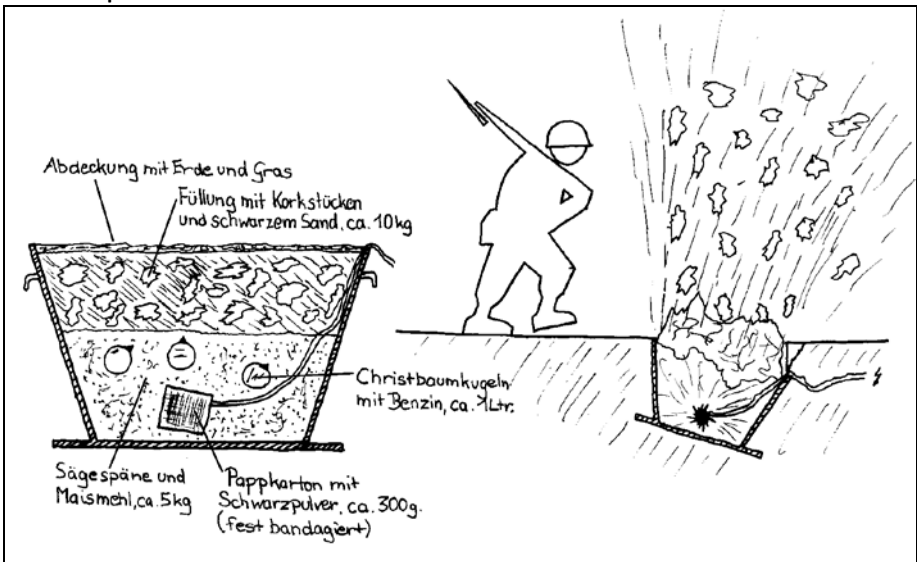


Abb. 40: Mörserfüllung und Einsatzbeispiel



Abb. 41: Mörser mit 50 g Schwarzpulver und 300 g Lycopodium

Bei Explosionsdarstellungen mit Darstellern verwendet man zur Erhöhung der dramatischen Wirkung Flammenpulver wie Lycopodium und Lycopodiumersatz, als Beiladungen im Mörser. Für Explosionsdarstellungen ohne Darsteller und Feuerexplosionen im Freien werden Benzinbeiladungen, in Form von dünnen Glaskugeln (Christbaumkugeln) oder Plastikbeuteln, auf der verdämmten Schwarzpulverladung platziert. Sollen die Explosionen noch gewaltiger werden, so wird der Mörser noch mit Flampulverbeiladungen bis 10 kg oder mehr geladen. Bei Unterwasserexplosionen muss die Schwarzpulverladung wasserdicht verpackt, 40 bis 50 cm unterhalb der Wasseroberfläche angezündet werden. Bei Filmaufnahmen von Explosionen ist eine 2 bis 4fache Filmgeschwindigkeit sehr empfehlenswert. Eine höhere Filmgeschwindigkeit als 8-fach ist oft nicht nötig. Eine, für Filmzwecke oft eingesetzte "Schwarzpulver-Zündschnur", um eine Sprengung zu zünden, ist als Anzündlitze

in zwei Brenngeschwindigkeiten erhältlich. Die schnell brennende Anzündlitze benötigt für einen Meter 10 Sekunden, die langsam brennende 23 Sekunden Brennzeit. Eine englische Anzündschnur gibt es auch mit der sehr brauchbaren Brenngeschwindigkeit von 33 Sekunden für einen Meter. Im Freien kann man loses Schwarzpulver auch zur Erzeugung von großen Rauchpilzen, ähnlich einer Atombombenexplosion, einsetzen. Im Innenraum muss wegen des giftigen Rauches vom Einsatz größerer Mengen abgeraten werden. Bevor man Explosionssimulationen mit Schauspielern durchführt, müssen diese Effektanordnungen an sicherer Stelle mehrfach erprobt werden.



Abb. 42: Abschussvorrichtung für Theaterknallkörper (bomb-tank)



Abb. 43: Mörser mit Schwarzpulver und 15 kg Mehlstaub im Bühnenlehrgang



Abb. 44: Mörserexpl. mit Schwarzpulver-Benzinladung im Sonderlehrgang

Explosionen mit Lycopodiummörser

Sollen Feuerexplosionen mit sichtbarer „Sprengwirkung“ in Anwesenheit von Darstellern gezeigt werden, verwendet man sinnvollerweise Lycopodiummörser. Das sind Abschussgeräte für Flammpulver. Das Flammpulver wird durch eine langsame Anzünd- und Treibladung aus dem Mörser brennend in eine Höhe von bis zu 10 Metern ausgetrieben. Als Anzünd- und Antriebsladung für bis zu 1 kg Flammpulver reicht



Abb. 45: Lycopodium-Abschusstrichter

reicht eine mittelgroße Le Maître-Blitzkapsel. Hierbei ist jedoch darauf hinzuweisen, dass größere Beiladungen dazu führen, dass genau genommen, die Blitzkapsel nicht bestimmungsgemäß verwendet wird. Solche Explosionsdarstellungen müssen von Fall zu Fall beurteilt werden, ob wegen der Sicherheit keine Bedenken bestehen und eine Verwendung erlaubt werden kann. Sicherlich ist eine Beiladung bis 35 g Flammpulver bei einer maximal erlaubten Blitzsatzmenge von 15 g, was zusammen die Höchstsatzmenge für Gegenstände der Klasse II ergibt, akzeptabel. Dazu

kommt noch, dass Lycopodium kein pyrotechnischer Satz ist und in kleinen Mengen, richtig angeordnet (breit und flach) fast keine Verdämmung bewirkt.

Wenn man das Lycopodium bis 235 g erhöht, würde nach der Gesamtmenge immer noch die Klassifizierung zur Klasse III zutreffen, die ja mit dem Pyrotechnikerschein verwendet werden darf. Bei größeren Ladungen, also mehr als 250 g bis etwa 1 kg sind Feuerexplosionen bis 10 Meter und höher genauso gut möglich, wie mit entsprechenden Benzinbeiladungen. Jedoch ist diese Anwendung viel ungefährlicher als Schwarzpulver und Benzin. Festzustellen bleibt, dass auch die Verwendung von 1 kg Lycopodiumpulver mit dem Pyrotechnikerschein abgedeckt ist, da das Lycopodium kein pyrotechnischer Satz ist und eine Verdämmung im eigentlichen Sinne nicht stattfindet und vor allem nicht beabsichtigt ist.



Abb. 46: Lyco-Mörser für bis zu 1 kg Lycopodium



Abb. 47: 140 Lehrgangsexperimente; hier: Lycopodiummörser in unmittelbarer Nähe von Personen

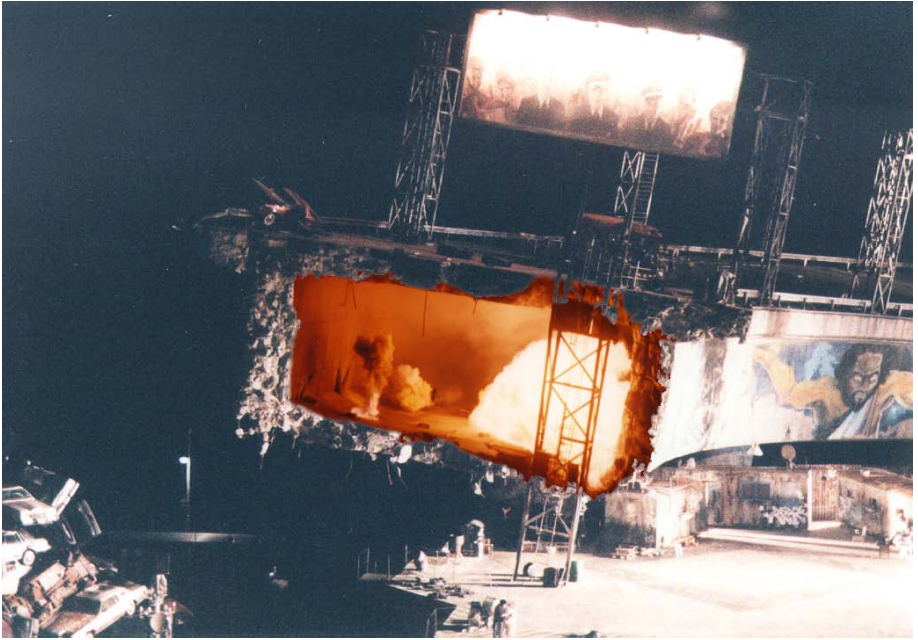


Abb. 48: Lycopodiumfeuerexplosion Bregenzer Festspiele: "Porgy and Bess"



Abb. 49: Lycopodium-Stichflammen; Don Giovanni, Grand Theatre Geneve



Abb. 50: Explodierender Ofen: Der explodierende Ofen ist ein typischer Theatereffekt der aus mehreren einzelnen Komponenten besteht. Zuerst wird eine Rauchtablette mit Schnellanzündschicht gezündet, danach wird ein kleiner Lycopodiummörser mit Mini-Theaterblitz gezündet, wodurch die Flamme entsteht und die Tür aufgesprengt wird. Zusätzlich ist im Ofenrohr eine Pyrowatte-Ladung in einem Papprohr untergebracht, welches mit schwarzem Schnee (Asche) gefüllt ist, um die fliegenden Rußpartikel darzustellen. Dieser Effekt wird als Prüfungsaufgabe im Lehrgang durchgeführt.

Filmeffektzünder, Detonatoren, Squibs

Filmeffektzünder ermöglichen scharfe Miniaturexplosionen und Einschusseffekte, in Kleidung, Stein-, Holz-, Glas- und Porzellan-gegenständen sowie in Miniaturmodellen. Nur mit Filmeffektzündern entstehen realistische Einschüsse ohne Rauch und ohne Flamme. Es handelt sich dabei um elektrische Zünder mit einigen Milligramm Initialexplosivstoff. Diese haben eine BAM-Zulassung und sind als Klasse T₂ eingestuft. Unten abgebildeter Squib wird für einen Körpereinschlag mit zwei Streifen Gewebband auf der Metallscheibe befestigt. Das Blutkissen wird mit Klebeband befestigt. Der gesamte Aufbau wird unter der Kleidung des Schauspielers angebracht und der darüber liegende Stoff mit Doppelklebeband auf dem Kissen fixiert. Weitere Einsatzbeispiele finden Sie im Lehrbuch zum Sonderlehrgang Pyrotechnik (Filmpyrotechnikerlehrgang).

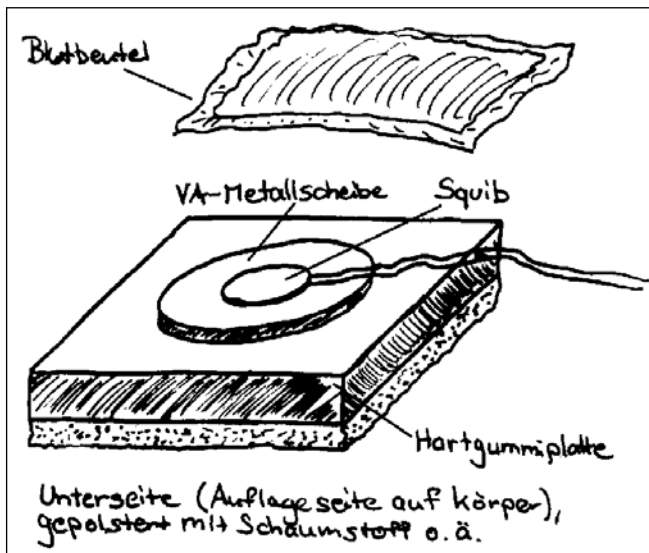


Abb. 51: Körpereinschlag, Aufbau



Abb. 52: 140 Lehrgangsexperimente; hier: Kugeleinschläge mit Filmeffektziinder



Abb. 53: 140 Experimente im Lehrgang: Filmeffektzünder in Flasche



Abb. 54: 140 Experimente im Lehrgang: Körpereinschuss mit Squib

Pyrotechnische Raucherzeuger

Pyrotechnische Raucherzeuger können im Theater und Studio nur für kleine Effekte eingesetzt werden, da diese meist toxischen Rauch erzeugen. Für den Bühnengebrauch sind vor allem die kleinen elektrisch anzündbaren Rauchpatronen von Le Maître zu nennen, die etwa 7 bzw. 30 Sekunden rauchen ohne toxische Gase zu erzeugen. Sie sind in allen Farben erhältlich. Allerdings haben diese keine BAM-Zulassung erhalten. Einen ebenfalls nicht toxischen Rauch erzeugen Rauchtabletten mit einer Schnellanzündschicht, die sich mit einem Elektroanzünder entzünden lassen. Für kleinste Rauchmengen möchten wir noch auf Rauchdochte, Rauchstreifen, Rauchpapier und Miniaturrauchmaschinen hinweisen. Wenn blauer Dunst, also Tabakrauch benötigt wird, kann man eine Imkerrauchmaschine mit etwa 100 g Tabakfüllung verwenden. Für Außenaufnahmen können auch loses Rauchpulver für grauen und schwarzen Rauch, Ökorauchpulver für Innen-Außenanwendung sowie elektrisch anzündbare, große Farbrauchpatronen verwendet werden. Wenn es möglich ist, sollte man immer eine Nebelmaschine mit Nebelfluid bevorzugen. Es gibt unschädliche Nebelfluids mit Unbedenklichkeitsbescheinigung. Militärische und schwarze Rauchmittel sind im Innenraum verboten.

Rauchkörper dürfen nicht ins Feuer geworfen werden, sie verbrennen hier mit offener Flamme und geben keinen Raucheffekt. Zur Rauchverstärkung bei einem Lagerfeuer z.B., gräbt man den Rauchkörper am Rand des Feuers ein (mit Folie gegen Nässe schützen). Um Rauchpulver zu entzünden reicht die Anzündflamme eines elektrischen Brückenanzünders nicht aus. Dazu muss ein Stück ungedeckte Stoppine an den Anzünder angebracht werden. Der so präparierte Anzünder ist in das Pulver einzulegen.



Abb. 55: Theaterpyrotechnik: Eine auf Knopfdruck rauchende Zigarre; unten: Ansicht der Zündereinheit mit Testeinrichtung und Scharfschalter



Abb. 56: Lehrgangsexperiment: Rauchender Fernseher kurz vor der Explosion



Abb. 57: Lehrgangsexperiment: Rauchtablette mit Schnellanzündschicht und etwas dunkelblauem Rauch im Waffeleisen und im Bügeleisen



Abb. 58: Lehrgangsexperiment: Schwarzes Rauchpulver für außen

Achtung: Keine geballten Ladungen aus Rauchkörpern herstellen, da leicht die Gefahr einer Flammenbildung besteht und dabei dann kein Rauch mehr erscheint. Aus dem gleichen Grund sollen Rauchkörper nicht in Behältnissen abgebrannt werden (Unfall Recyclinghof Miesbach).

Bei der Darstellung von Kanonenschüssen gibt man, wenn es die Rohrbeschaffenheit zulässt, einen Kanonenschlag oder eine Schwarzpulverladung in die Abschussvorrichtung im Rohr und umgibt die Ladung mit Rauchpulver.

Der Öko-Rauch riecht angenehm, ist reizarm und gut verträglich. Man kann damit in begrenzten Mengen im Innenraum arbeiten und in großen Mengen, z. B. 450 kg bei einer Wald-Seelandschaft, herrliche großflächige Effekte erreichen. Im Innenraum kann man eine leichte bis mittlere Lufttrübung als verträgliche Konzentration ansehen.

Rauchfackeln, äußerlich wie bengalische Zylinderflammen aussehend, eignen sich nur für Außenanwendungen, wenn nicht so viel Rauch benötigt wird.

Theaterfeuer, Bengalf Feuer, Bengalische Zylinderflammen

Theaterfeuer ist ein langsam, mit heißer Flamme (1.600 °C) abbrennendes Pulver. Das Flammenbild ist blendend und hellrot, hellgrün oder gelb leuchtend. Die Flamme wirkt exotisch, rußt und raucht fast nicht. Deshalb ist das Pulver für Innenanwendungen in begründeten Fällen durchaus geeignet. Es sollte auf einer unbrennbaren Fläche oder in einer flachen Schale abgebrannt werden. Das Pulver wird im Theater nur selten eingesetzt, da sich der Brennprozess nicht per Knopfdruck abbrechen lässt. Bengalische Zylinderflammen werden ausschließlich im Freien verwendet und ermöglichen eine helle pyrotechnische Beleuchtung für größere Kulissen und Flächen. Deren Form ist

zylindrisch und stabförmig, daher die Bezeichnung. Sie sollten nicht in der Hand gehalten werden, da glühende Oxidschlacke abtropft. Die Rauchentwicklung ist beträchtlich; der Rauch kann nicht eingeatmet werden. Zum Abbrennen gibt es spezielle Abbrennvorrichtungen, die jedoch nicht vorgeschrieben sind. Auf jeden Fall sollte aber eine Sichtblende verwendet werden, die die Blendwirkung vermeidet und so die Beleuchtungswirkung wesentlich erhöht. Die Lichtwirkung kommt nur durch angestrahlte Objekte richtig zur Geltung.

Theaterfeuer rot kann man orange färben, wenn man 2 bis 3 % Kochsalz zugibt. Durch eine bzw. mehrere Abbrennproben kann das Mengenverhältnis getestet werden (mischen mit Holzstäbchen).

Zylinderflammen im Freien sollte man mit Aluminiumfolie umwickeln um sie gegen Feuchtigkeit, wie Tau oder Regen zu



Abb. 59: 140 Lehrgangsexperimente: hier Magnesiumfackel (links) und Bengalische Zylinderflamme (rechts)

schützen. Das Aluminium stört die Flamme nicht. Normale Magnesiumfackeln eignen sich für Unterwasserbrand nicht. Dazu sind Sonderanfertigungen erforderlich.

Um Theaterfeuer und Bengalsatz sicher elektrisch zu entzünden, ist es erforderlich, den Anzünder mit ungedeckter Stoppine zu verstärken und in den Satz fest einzulegen.

Pyrotechnische Luftschlangen- und Konfettiwerfer und Effektbomben

Effektbomben sind pyrotechnische Gegenstände, die mit einer Knallwirkung eine Ausstoßladung von Konfetti, Luftschlangen, Flitter oder kleinen weichen Gegenständen (nicht brennbar), zielgerichtet herausschleudern. Die Ladung wird unter hohem Druck bis etwa 6 Meter hoch verschossen und kann bei direktem Beschuss Verletzungen hervorrufen. Mit einer Brandgefahr



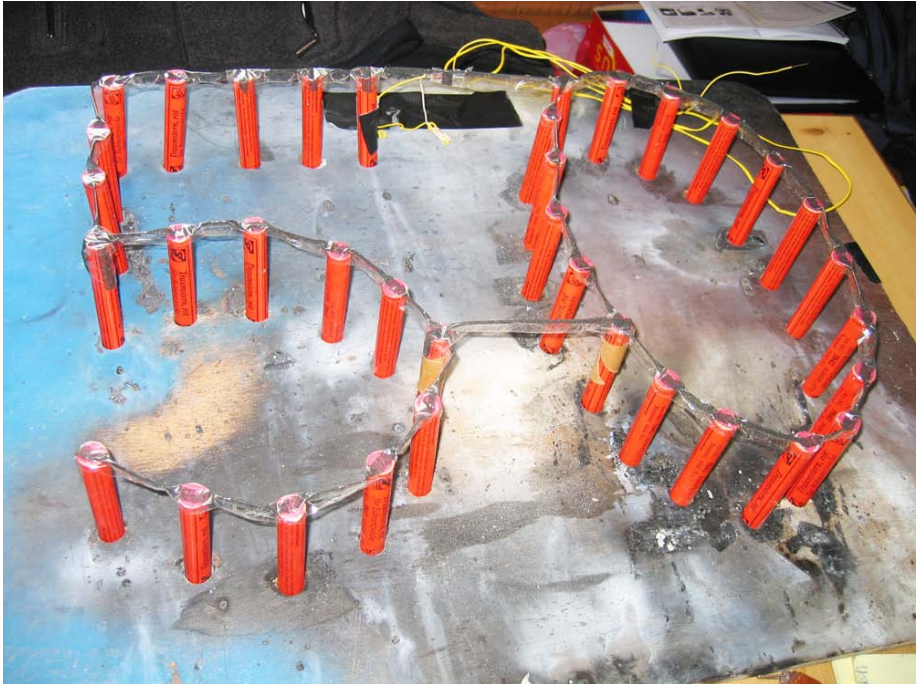
Abb. 60: Lehrgangsexperiment: Pyrotechnischer Konfettiwerfer

ist nicht zu rechnen, jedoch sei erwähnt, dass gleiche Effekte mit druckluftbetriebenen Abschussrampen besser und billiger zu erreichen sind. Ein Einsatz bei mit Speisen und Getränken gedecktem Tisch ist nicht zu empfehlen.

Pyrotechnische Gegenstände, die für die Verwendung noch hergerichtet werden müssen

Ein klassisches Beispiel für das Herrichten pyrotechnischer Gegenstände ist die Gestaltung von Feuerwerksbildern mit Eisfontänen, Traumsternen, Lanzen, Anzündlichtern und Coloursprühern. Diese kann man über Schwarzpulveranzündband, gedeckte Stoppine oder wenn die Rauchentwicklung stört, mit Pyroschnur untereinander verbinden, um eine möglichst gleichzeitig

Abb. G1: Lehrgangsexperiment: Pyrotechnische Gegenstände zum Herrichten von Feuerwerksbildern, Figuren und ähnlichem



Anzündung zu erreichen. Soll sich das Feuerwerksbild langsam entfalten, verwendet man dazu mehrere Stränge Anzündlitze. Um Feuerwerksbilder, Logos oder Displays zu gestalten, werden die pyrotechnischen Gegenstände auf einer entsprechend geformten Unterlage montiert. Für Außenanwendung verwendet man eher die Lanzen, das sind kleine bengalische zylinderförmige Gegenstände mit einem Durchmesser von ca. 8 mm oder auch Anzündlichter wenn eine besonders lange Brenndauer erwünscht ist.

Präzisionspyrotechnik für Indoor-Feuerwerk

Indoorfeuerwerkskörper, das sind die bisher besprochenen pyrotechnischen Effekte, sind teurer und in der Wirkung oft gerin-



Abb. 62: Lehrgangsexperiment: Lichterbild mit Eisfontänen
ger als Feuerwerkskörper für Sylvester. Dafür sind sie meist raucharm und brennen nicht so heiß ab. Besonders die Effekte mit silbernen Funken sind so kalt, dass man schon in geringem Abstand die Hand hineinhalten kann, ohne Schaden zu nehmen. Um gute Effektbilder zu erreichen, sollte man bei gut gestalteten Bildern, wie einem aus Fontänen bestehendem Kronleuchter, nur bewährte Präzisionspyrotechnik verwenden. Verwendet man normale T₁ oder T₂ Artikel, so brennen diese nicht exakt gleich lange. Einige Fontänen sind dann auf dem Kronleuchter schon ausgebrannt, während die anderen noch voll in Aktion sind. Der Effekt des Kronleuchters aber ist, dass er erlischt, als ob man gerade das Licht ausschalten würde. Führende Produkte

dieser Art, die regelmäßig auf Zeitkonstanz geprüft werden, kommen von Pyropak und neuerdings auch einzelne von anderen Herstellern.

Dabei sollte man sich nur auf mehrfach selbst erprobte Gegenstände verlassen. Laufende Flammen werden oft mit Pyrowatte und Pyroschnur gestaltet, sprühende Pendel mit kleinen Fontänen.

Bei Kombinationen mit einer Lasershow wird oft der Laserstrahl benutzt, um scheinbar etwas anzuzünden oder auszulösen.

Eine Auswahl bewährter pyrotechnischer Gegenstände, die mit großer Zeitkonstanz und gleich bleibendem Effektbild arbeiten:

Bühnensonne	31 sec.	2,5 m	rot und silber, T ₂
Bühnenkrossett		20 m	silber, T ₂ (außen)
Bühnenfeuertopf		20 m	rot/grün, T ₂ (außen)
Bühnenwasserfall	15 sec.	3 m	silber, T ₁
Bühnenwasserfall	30 sec.	3,5 m	silber/gold, T ₂



Abb. 63: Präzisionspyrotechnik: Taktgenaues Verlöschen einer Fontäne



Abb. 64: Präzisionspyrotechnik: Gleichzeitiges Verlöschen aller Fontänen



Abb. 65: Praktisches Beispiel bei der Musikgruppe "Heaven": Bühnenfontänen



Abb. 66: Präzisionspyrotechnik: Silverjet-Fontäne 1 Sekunde

Silvesterfeuerwerk

Bei den nur zum Jahresende frei erhältlichen Kleinf Feuerwerkskörpern dürfen die Satzgewichte max. 50 g betragen. Bei zusammengesetzten pyrotechnischen Gegenständen sind 200 g und bei Raketen nur 20 g Gesamtgewicht erlaubt.

Mit einer Erlaubnis dürfen diese pyrotechnischen Gegenstände auch ganzjährig erworben, verwendet und bearbeitet werden. Die Ausnahmegenehmigung entsprechend GUV-I 810 für Klasse T₁ und P II betrifft die Erwerbsberechtigung von Anwendern ohne Erlaubnis.

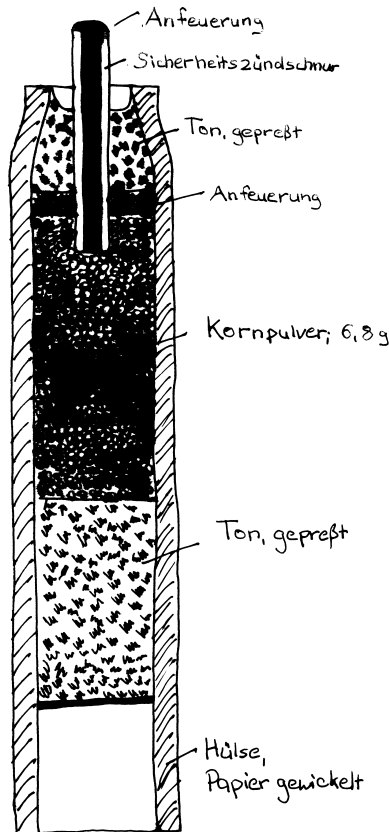


Abb. 67: Silvesterfeuerwerk: Aufbau eines zylindrischen Kanonenschlags

Gegenstände der Klasse III und IV

sind Feuerwerkskörper für Mittelfeuerwerk, früher als Gartenfeuerwerk bezeichnet. Ihr Aufbau und die Wirkungsweise entsprechen denen der Gegenstände der Klasse II. Die Satzgewichte dürfen hier jedoch bis 250 g betragen.

Nachdem im Unterricht auf Gegenstände der Klasse II, III und IV eingegangen wird und entsprechende Abbrennversuche durchgeführt werden, kann der Lehrgangsteilnehmer auch die Klasse III ohne weiteren Fachkundenachweis für seine Erlaubnis beantragen.

Zur Zeit gibt es nur noch wenige Hersteller für pyrotechnische Gegenstände der Klasse III, da diese Klassifizierung eine aufwendige Zulassung durch die BAM voraussetzt. Für die Hersteller ist es einfacher, für Feuerwerkskörper die Klasse IV anzugeben, da ja für diese Klasse keine Zulassung erforderlich ist und ein "echter Feuerwerker" immer die Erlaubnis (Großfeuerwerkerlehrgang) für die Klasse IV hat. Nebenstehend ist der Aufbau einer Rakete der Klasse II/III zu sehen.

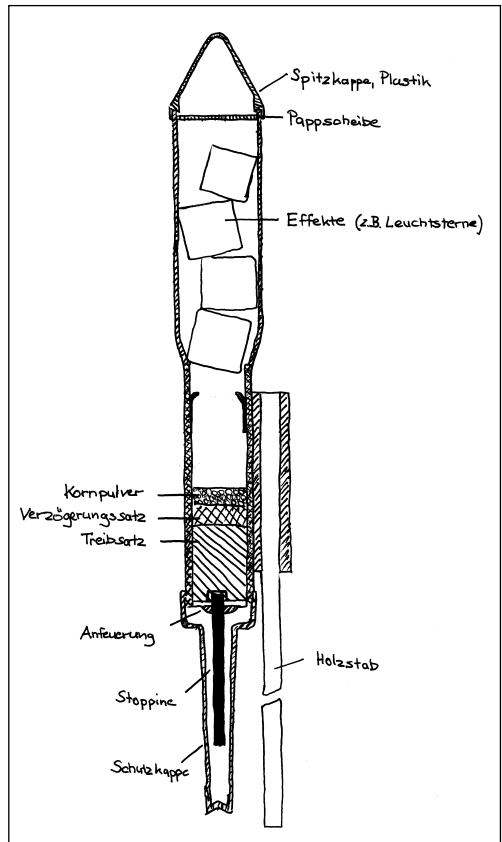


Abb. 68: Aufbau einer Rakete der Klasse II/III



Abb. 69: 140 Lehrgangsexperimente: Abschuss von Raketen der Klasse III

Feuerwerkskörper, die selten im Theater oder Studio eingesetzt werden

Schnurraketen werden nach dem Rückstoßprinzip durch einen Raketenmotor angetrieben. Der Rückstoß entsteht durch die Verbrennungsgase, die durch eine Düse abströmen. Der Raketentreibsatz besteht aus gepresstem Schwarzpulver. Es dürfen sich weder brennbare Materialien noch Menschen in der Flugbahn befinden. Der Mindestabstand einer Pyropak-Schnurrakete "Grid Rocket" beträgt zum Publikum 4,5 Meter. Der Mindestabstand zu Akteuren, vorausgesetzt diese haben Kenntnis von dem Effekt, beträgt 1,5 Meter. Zur Befestigung der Rakete und Festlegung der Flugbahn wird ein Stahlseil gespannt. Es sollte eine Länge zwischen 15 und 90 Meter haben. Der Durchmesser des Stahlseiles kann zwischen 1,5 und 4,5 mm lie-



Abb. 70: 140 Lehrgangsexperimente: Abschuss von einer Schnurrakete

gen. Die Rakete wird an einem Führungsröhrchen, welches auf dem Drahtseil gleitet, durch Klebeband oder Kabelbinder befestigt. Der Anzünder muss in die Zündöffnung gesteckt werden. Die Rakete kann eine Geschwindigkeit von ca. 50 km/h erreichen. Für das Ende der Flugbahn ist eine kleine Auffangkiste empfehlenswert. Hier kann dann eine Einschlagsimulation angesteuert werden. Dazu eignet sich besonders ein Lycopodiummörser, Bühnenblitz oder ähnliches.

Römische Lichter bestehen aus einem einseitig verschlossenen Papprohr. Im Inneren sind übereinander viele Leuchtsterne mit Anfeuerungs- und Ausstoßladungen angebracht. Die Anzündung erfolgt von einer Schicht zur nächsten. Die Leuchtsterne erreichen Höhen von 2 bis 40 Meter.

Feuertöpfe gibt es für Klein- als auch für Großfeuerwerke. Sie unterscheiden sich in den verschiedenen Klassen nur durch die Größe und Menge an pyrotechnischem Satz. Feuertöpfe werden wie die Bomben aus Pappmörsern oder GFK-Mörsern verschossen. Die, aus Leuchtsternen bestehende Effektladung ist in einer Papierhülle eingefüllt, die über der Treibladung angebracht ist. Die Treibladung besteht aus einer Pappdose, gefüllt mit Schwarzpulver. Durch einseitig zur Effektladung angebrachte Zündlöcher wird die Zündung zur

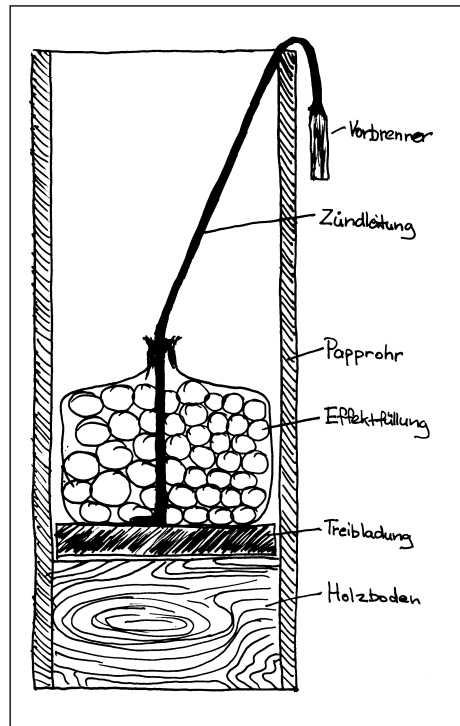


Abb. 71: Prinzipieller Aufbau eines Feuertopfes

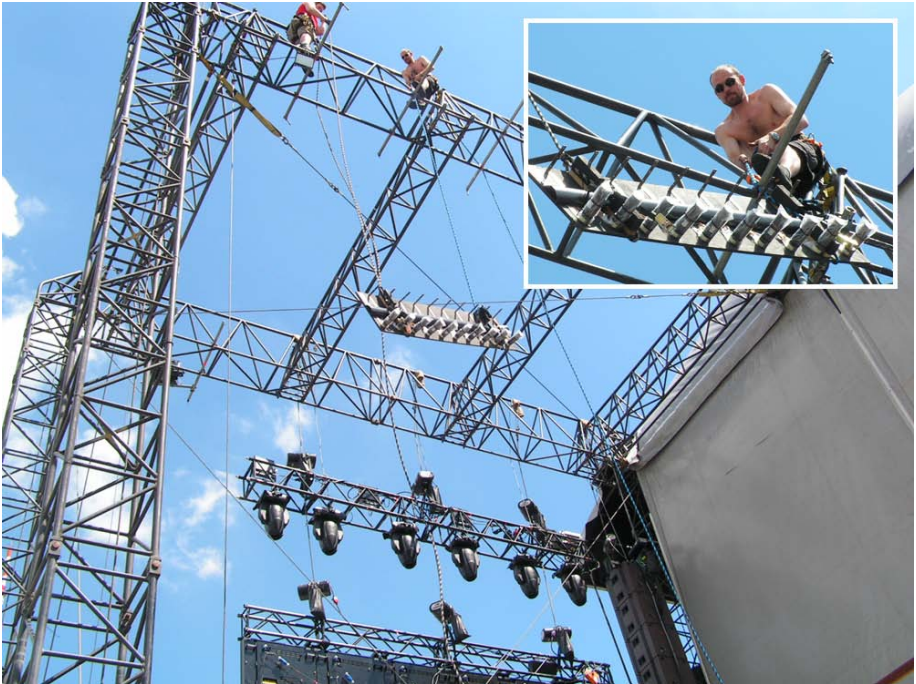


Abb. 72: Montage von 60 Feuertöpfen die gleichzeitig gezündet werden
Effektladung durch die Ausstoßladung übertragen. Der Effekt wird also gleichzeitig mit der Ausstoßladung gezündet.

Sonnen enthalten einen Treibsatz mit Leuchtwirkung. Der Treib-
Leuchtsatz versetzt die Sonne in Rotation und die im Satz ent-
haltenen Aluminiumspäne erzeugen einen Feuerschweif. Es
können aber auch Sonnen angefertigt werden, in dem man
Wasserfallfontänen auf eine drehbare Unterlage so montiert,
dass die Ausstoßladung diese zum Drehen bringt.

Kronen sind sehr leicht gebaute Feuerräder, die horizontal und
vertikal wirkende Treibsätze enthalten. Diese können im Nahbe-
reich an einem Seil aufsteigen.

Vulkane sind kegelförmige Papphülsen mit einem meist sehr
heißen Silbersprühsatz. Das Effektbild ist der Fontäne sehr ähn-
lich und zwei bis sechs Meter hoch und mit fortschreitender
Brennzeit höher und größer werdend.



Abb. 73: Praxisbeispiel Feuertöpfe mit 5 Meter Abstand zu den Personen

Tischfeuerwerkskörper enthalten nur geringe Mengen pyrotechnischer Ladungen. Tischbomben verschießen mit einer Pyrowattelladung die eingefüllten Scherzartikel.

Bengalartikel enthalten Bengalsätze, die rot, grün oder orange abbrennen. Bengalhölzer oder Bengalfackeln bestehen aus mit Bengalsatz beschichteten Holzstäben. Wird der Bengalsatz in Pappröhren gepresst, so spricht man von kleinen Lanzen oder großen bengalischen Zylinderflammen. Sie haben Satzgewichte von 100 bis 1.000 g und eine Brenndauer von 1 bis 10 Minuten.

Bengalfeuer ist ein loser bengalischer Satz. Theaterfeuer ist ein rauchloser Bengalsatz auf Schellackbasis.

Darstellungs- und Übungsmittel sind pyrotechnische Gegenstände, die scharfe Munition und scharfes militärisches Gerät simulieren sollen, so z. B. Atomexplosionen, Granateinschläge, Kanonenabschüsse, Maschinengewehrfeuer.



Abb. 74: Lehrgangsexperiment: Lichterbild mit Lanzen

Leinenwurfgeräte dienen üblicherweise der Herstellung von Leinenverbindungen in Unglücksfällen, sowie beim Freileitungs-, Seilbahn- und Brückenbau. Diese Geräte verschießen eine Rakete, die eine bis zu 400 Meter lange Leine mitzieht. Der Durchmesser der Leine ist ca. 3 bis 4 mm und die Zugfestigkeit beträgt ca. 150 kg. Diese Abschussvorrichtung gibt es auch in Pistolenform.

Bomben (Kugelbomben oder Zylinderbomben) werden bei Großfeuerwerken eingesetzt. Sie werden mit einer Schwarzpulver-Treibladung aus Papp-, Stahl- oder GFK Mörsern verschossen.

Ein Anzündverzögerer für die Zerlegerladung wird beim Abschuss mit angezündet. Sie sind für den Theaterpyrotechniker kaum gebräuchlich. Die Kaliber reichen oft bis 300 mm.



Abb. 75: Bühnenpyros in Kisten zum schnellen Aufbau auf dem Rasen im Fußballstadion; Foto:

Pyrotechnische Munition

Pyrotechnische Munition wird im Theater und Studio selten eingesetzt. Da aber diese Thematik für den privaten Bereich interessant und nützlich sein kann, und im gesetzlich festgelegten Lehrplan vorgeschrieben ist, sollen hier die technischen Grundkenntnisse dargelegt werden. Die gesetzlichen Bestimmungen und Regelungen sind im WaffG enthalten und unter dieser Überschrift in diesem Buch zu finden.

Der wesentliche technische Unterschied zwischen pyrotechnischer Munition und pyrotechnischen Gegenständen ist die Tatsache, dass die Munition normalerweise aus Schusswaffen oder ihnen gleichgestellten Geräten verschossen wird. Als den Waffen gleichgestellte Geräte gelten solche, die dazu bestimmt sind, von einer Person getragen und bis zur Schussauslösung in der Hand gehalten zu werden, so zum Beispiel Signalstifte. Ausnahme: Wenn die Geräte nur zum einmaligen Abschießen von pyrotechnischen Gegenständen im Sinne des SprengG bestimmt sind, so z. B. Signalaraketen, dann unterliegen sie dem SprengG.

Pyrotechnische Munition gliedert sich, wie umseitig dargestellt, in verschiedene Munitionsarten.

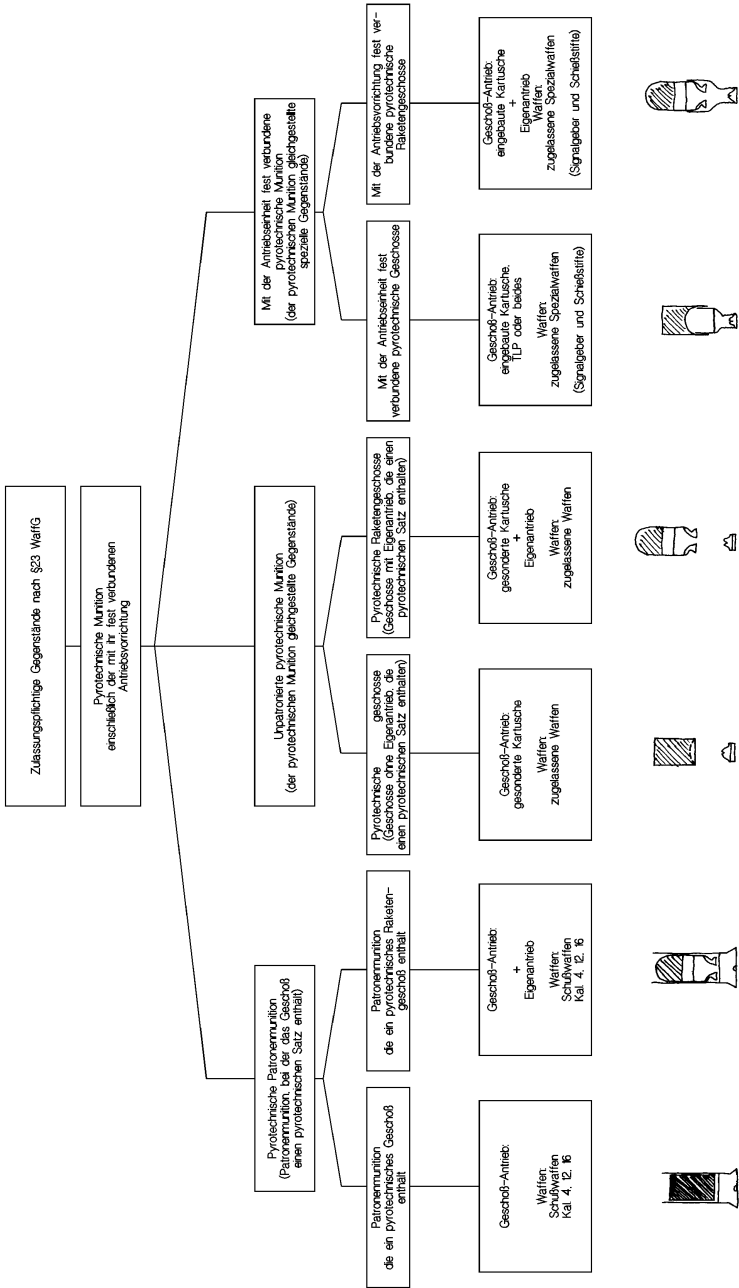


Abb. 76: Arten pyrotechnischer Munition

Vom Effekt her wären folgende Munitionssorten besonders zu erwähnen:

Kaliber 9/15 für freie Waffen (PM I)	Kaliber 12/16 für Jagdflinten mit WBK (PM II)
Leuchtsterne Signalsterne Feuerwerkssterne Geschosse mit Lichtspur Knatterpatronen Pfeilpatronen Wechselsterne Blinksterne Sterne mit Pfiff Knattersirenen Raketen-Pfeifgeschosse Raketen-Leuchtsterne Raketen-Knallgeschosse (PM II) Knallgeschosse (PM II)	Leuchtpatronen Signalpatronen, farbig Effektpatronen Salutpatronen Böllerpatronen
	Kaliber 26,5/40 mm für Signalpistolen mit WBK, PM II
	Rauchpatronen Rauchstrichpatronen Knallpatronen Signalpatronen 1 - 6 Sterne Fallschirmsignalpatronen Fallschirmleuchtpatronen Blitzknallpatronen

Die frei erhältlichen Feuerwerkspatronen (unpatronierte pyrotechnische Munition für freie Waffen) eignen sich zur Gestaltung von kleinen bis mittleren Feuerwerkseffekten. Feuerwerker mit Erlaubnis für Klasse IV verschießen solche Patronen in größeren Stückzahlen, gebündelt mit Schwarzpulverladungen, aus Abschussrohren und erzeugen damit vielfältige, wirkungsvolle und preisgünstige Effekte (nicht bestimmungsgemäßer Gebrauch, ggf. Aufschriften entfernen, damit es Klasse IV wird).

Die besonderen Eigenschaften und damit auch die Gefährlichkeit dieser Munition sind, wie bei den pyrotechnischen Gegenständen, durch den jeweiligen Effekt bedingt. Deshalb ist auch eine ähnliche Klasseneinteilung mit ähnlichen Satzgewichten, siehe nachfolgende Tabelle, vorgenommen worden.

	Pyrotechnische Gegenstände für		Pyrotechnische Munition
	Vergnügungszwecke	Technische Zwecke	
Kleinstfeuerwerk	P I	P T ₁	PM I
Kleinfeuerwerk	P II		
Mittelfeuerwerk	P III	P T ₂	PM II
Großfeuerwerk	P IV		

Zu den verschiedenen Typen pyrotechnischer Munition, wie sie in der vorherigen Skizze gegliedert sind, wären folgende grundsätzliche Anmerkungen zu machen:

1. Pyrotechnische Patronenmunition ist vor allem in den Kalibern 26,5 mm (Kaliber 4) und 40 mm als Signal-, Fallschirmsignal- und Fallschirmleuchtpatronen, sowie in den Jagdfintenkalibern 12 mm und 16 mm erhältlich. Dazu ist eine WBK bzw. ein Munitionserwerbsschein erforderlich. Die pyrotechnische Patronenmunition unterscheidet zwischen:
 - a) Patronenmunition mit pyrotechnischem Geschoss ohne Eigenantrieb. Der zum Abschießen der Geschosse erforderliche Druck wird durch das Treibladungspulver innerhalb der Patrone aufgebaut, z. B. Signalpatronen.
 - b) Patronenmunition, bei der ein pyrotechnisches Raketengeschoss, welches nach dem Abschuss durch das Treibladungspulver und durch eine mitgeführte Ladung zusätzlich angetrieben wird, z. B. Signalpatrone mit Raketengeschoss.

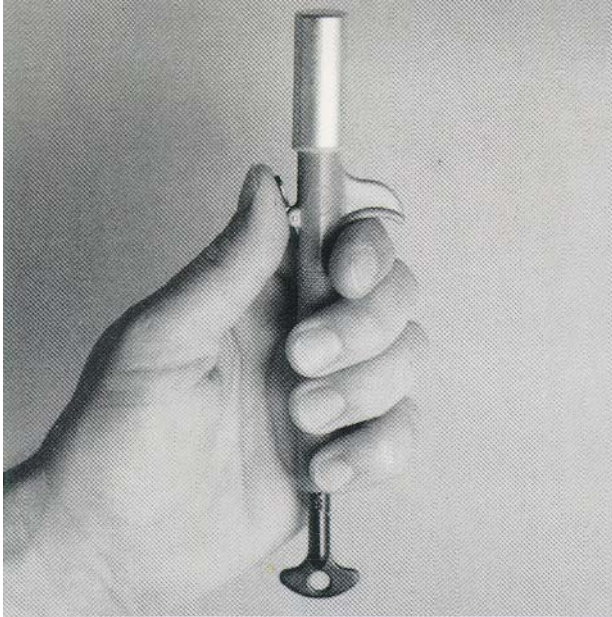
2. Unpatronierte pyrotechnische Munition ist im Kaliber 15 mm mit einer Vielzahl von Effekten erhältlich und wird hauptsächlich aus frei zu erwerbenden Waffen, aus dem Lauf oder einer aufgeschraubten Hülse verschossen. Diese Waffen müssen das Zeichen PTB im Kreis tragen.



Hier sind die Geschosse mit ihrem pyrotechnischen Satz nicht in Patronenhülsen untergebracht.

Der zum Abschießen der Geschosse erforderliche Druck wird durch den sich *innerhalb der Waffe* aufbauenden Druck einer Platzpatrone erzeugt. Erlaubte Platzpatronenkaliber sind 6 mm und 8 mm. Zur Gruppe dieser Munition zählen folgende Munitionsarten:

- a) Pyrotechnische Geschosse (ohne Eigenantrieb) wie Leucht-, Signal- und Feuerwerkssterne mit und ohne Leuchtspur; Feuerwerks- und Knallgeschosse mit und ohne Leuchtspur.
 - b) Pyrotechnische Raketengeschosse die nach dem Abschuss durch eine mitgeführte Ladung angetrieben werden (Eigenantrieb), wie Raketentpfeifgeschosse, Raketknallgeschosse (Vogelschreck) usw.
3. Mit der Antriebsvorrichtung fest verbundene pyrotechnische Munition. Hierunter sind pyrotechnische Geschosse zu verstehen, die mit einer Vorrichtung verbunden sind, die eine nur einmal zu verwendende Antriebsladung für das Geschoss enthält. Diese Vorrichtung (Hülse mit Gewinde) ermöglicht durch ihre Bauform die Befestigung des Gegenstandes in oder



- Abb. 77: Signalstift (Comet) - Mit der Antriebseinheit fest verbunden auf dem Abschussgerät. Beim Abschuss wird das Geschoss von der Vorrichtung abgetrennt, die selbst am Abschussgerät verbleibt. Der zum Abschuss des Geschosses erforderliche Druck baut sich innerhalb des Gegenstandes selbst auf und zwar durch eine eingebaute Platzpatrone oder durch Treibladungspulver. Auch hier unterscheidet man wieder zwischen:
- Geschosse ohne Eigenantrieb, wie Rauch-, Stern- und Knallpatronen, Größe M9/15 mm oder RD 13/16,6 mm sowie
 - Raketengeschosse mit Eigenantrieb wie Signalpatronen mit Raketenpfeifgeschoss.

Zu der angeführten Typenvielfalt der pyrotechnischen Munition sei noch darauf hingewiesen, dass weit über 200 Munitionssorten von der BAM zugelassen wurden.

Zulassung pyrotechnischer Munition:

Pyrotechnische Munition ist, wie auch pyrotechnische Gegenstände, zulassungspflichtig. Dafür ist ebenfalls die BAM in Berlin zuständig. Das Zulassungszeichen erscheint im Achteck nach folgendem Muster:



Alle Zulassungen der Klasse PM I sind mit der Auflage versehen, die Munition bzw. deren kleinste Verpackungseinheit mit folgendem Hinweis zu beschriften:

"Das Verschießen dieser Munition zu Vergnügungszwecken außerhalb des befriedeten Besitztums ist verboten".

Diese Regelung gilt natürlich auch zu Silvester. Hier wird dies von den Behörden zwar nicht verfolgt, jedoch ist es bei Schadensereignissen schon zu Strafverfolgungen wegen unerlaubtem Waffengebrauch außerhalb des Besitztums gekommen.

Ansonsten sind die Zulassungspflichten, Prüfmethode und die chemischen Zusammensetzungen die gleichen wie bei pyrotechnischen Gegenständen, ebenso die beabsichtigten Leucht- und Geräuscheffekte. Der Umfang der Effekte ist meist kleiner als bei den pyrotechnischen Gegenständen.

Da aber die Bestimmungen über die Abgabe und den Erwerb und die Erlaubnis für die Verwendung abweichend von denen der pyrotechnischen Gegenstände sind, ist eine eindeutige Kennzeichnung zwecks Einordnung wichtig. Die Hülse jeder Patrone und jedes Geschosses muss zu ihrer Kennzeichnung dauerhaft und deutlich sichtbar folgende Angaben tragen:

1. das Herstellerzeichen
2. die Bezeichnung der Munition
3. das Zulassungszeichen
4. bei PM II: die Verbrauchsdauer

Das gilt nicht für pyrotechnische Munition für Bundeswehr, Bundesgrenzschutz usw. Auch in diesem Bereich gibt es für den Pyrotechniker interessante Effekte, wie Fallschirmleuchtpatronen zur Gefechtsfeldbeleuchtung usw.

Wichtig: Für den Einsatz einer Waffe außerhalb eines "befriedeten Besitztums" ist immer eine Erlaubnis des Ordnungsamtes erforderlich, gleichgültig ob frei zu erwerbende Munition PM I oder Munitionserwerbsschein- oder WBK-pflichtige Munition der Klasse PM II eingesetzt wird. Ausgenommen davon sind Notfall- und Rettungsübungen.

Hinweise zur Verwendung pyrotechnischer Munition

Die gesetzlichen Regelungen finden Sie unter der Überschrift "Waffengesetz" weiter hinten.

Die Steighöhe pyrotechnischer Munition der niedrigen Gefahrenklasse PM I beträgt üblicherweise 20 bis 40 Meter, darf aber bis 100 Meter erreichen. Die Klasse PM I des WaffG ist mit der Gefahrenklasse P II und P T₁ des SprengG zu vergleichen. Für den sicheren Umgang gelten die "Regeln für den sicheren Umgang mit pyrotechnischen Gegenständen" sinngemäß. Das Lesen der Gebrauchsanleitung vor dem Verschießen und die Beachtung der darin enthaltenen Hinweise ist unbedingt erforderlich. Sicherheitsmaßnahmen für das Abschießen pyrotechnischer Munition finden Sie weiter hinten unter der Überschrift „Sicherheitsmaßnahmen“

Anmerkung: Es gibt auch T₂-Signalraketen und Rauchsignale, die

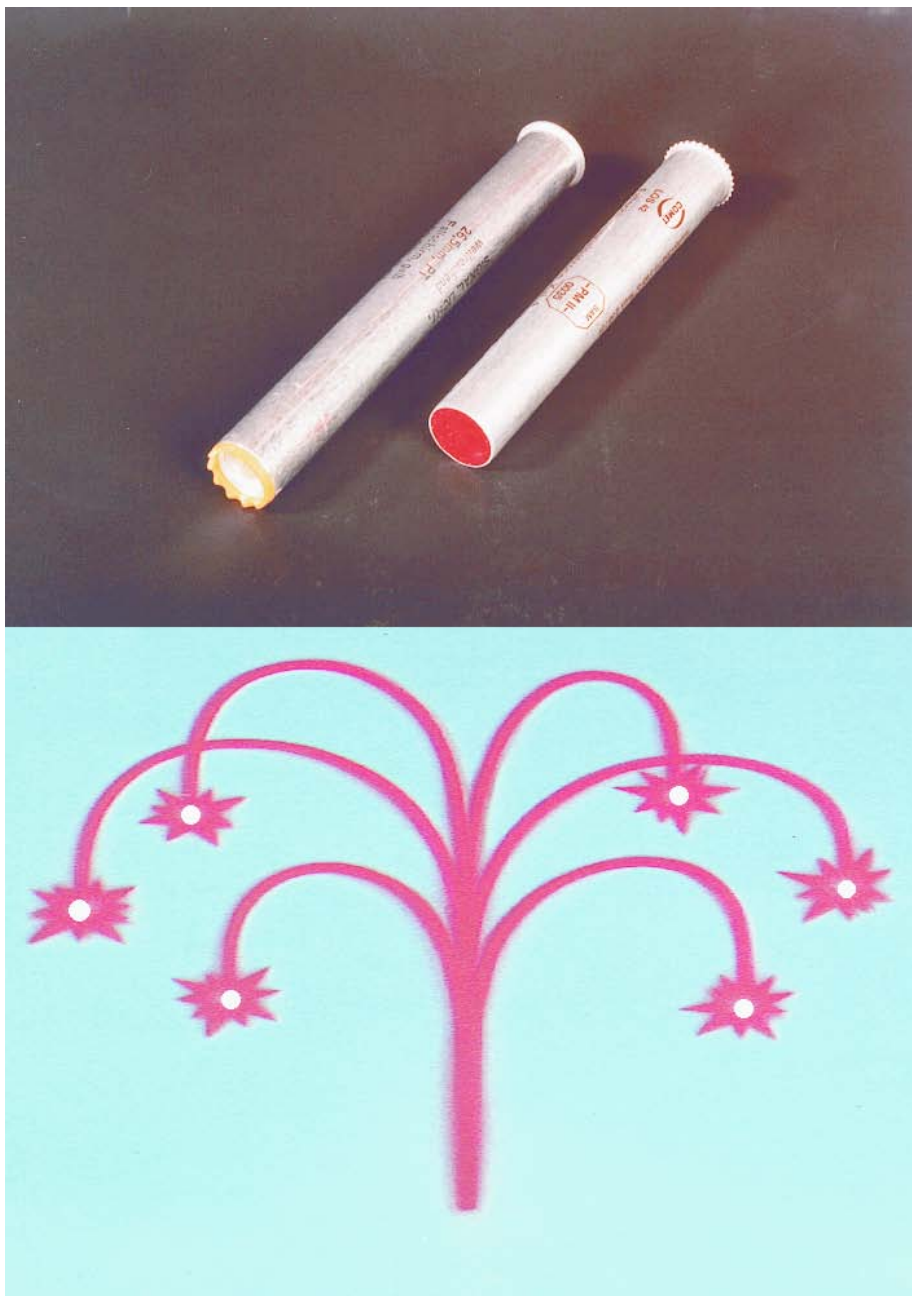


Abb. 78: Pyrotechnische Patronenmunition PM II

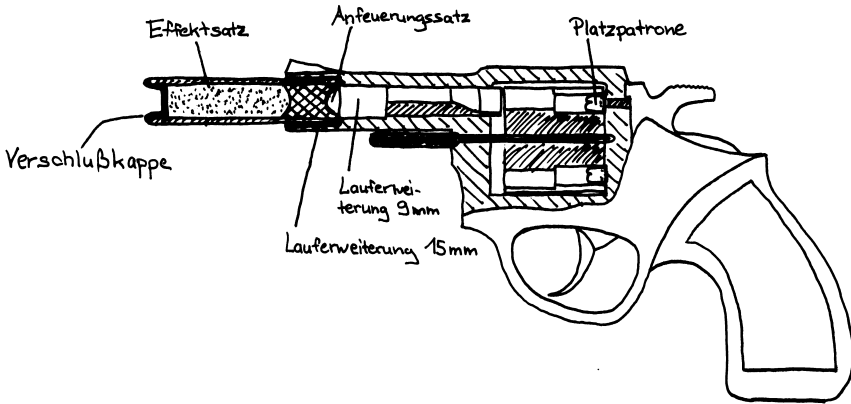


Abb. 79: Aufbau einer PM I-fähigen Schreckschusspistole

ohne Pistole und Signalstift abgeschossen werden können, diese fallen dann aber unter das SprengG.

Abschließend zu diesem Thema soll noch die am häufigsten gebrauchte Waffenart, eine frei erwerbbaare Schreckschusswaffe mit Lauterweiterung für pyrotechnische Munition, anhand obiger Skizze näher erläutert werden. Außerdem soll auch der Aufbau einer passenden Munition gezeigt werden. Den prinzipiellen Aufbau der Signalmunition zeigen die nachfolgenden Abbildungen. Die Signalpatrone besteht aus einer Aluminiumhülse in deren festen Boden ein Anzündhütchen (meist eine kleine Platzpatrone) eingesetzt ist. Die Treibladung ist in einer Ladungskapsel am Boden angebracht. Darüber ist eine Lochscheibe montiert, die die Anzündung des darüber befindlichen Anzündsatzes und Übertragungssatzes zum Leuchtsatz ermöglicht. Der Leuchtsatz ist im Signalkörper, einer kleinen Aluminiumhülse mit einer Öffnung im Boden, zusammen mit dem Anzünd- und Übertragungssatz eingepresst. Am oberen Ende ist der Signalkörper verschlossen. Darüber befindet sich ein Füllstück aus Kunststoff, je nach Größe des Signalkopfes. Diese Patronenart ist eine Einzel-

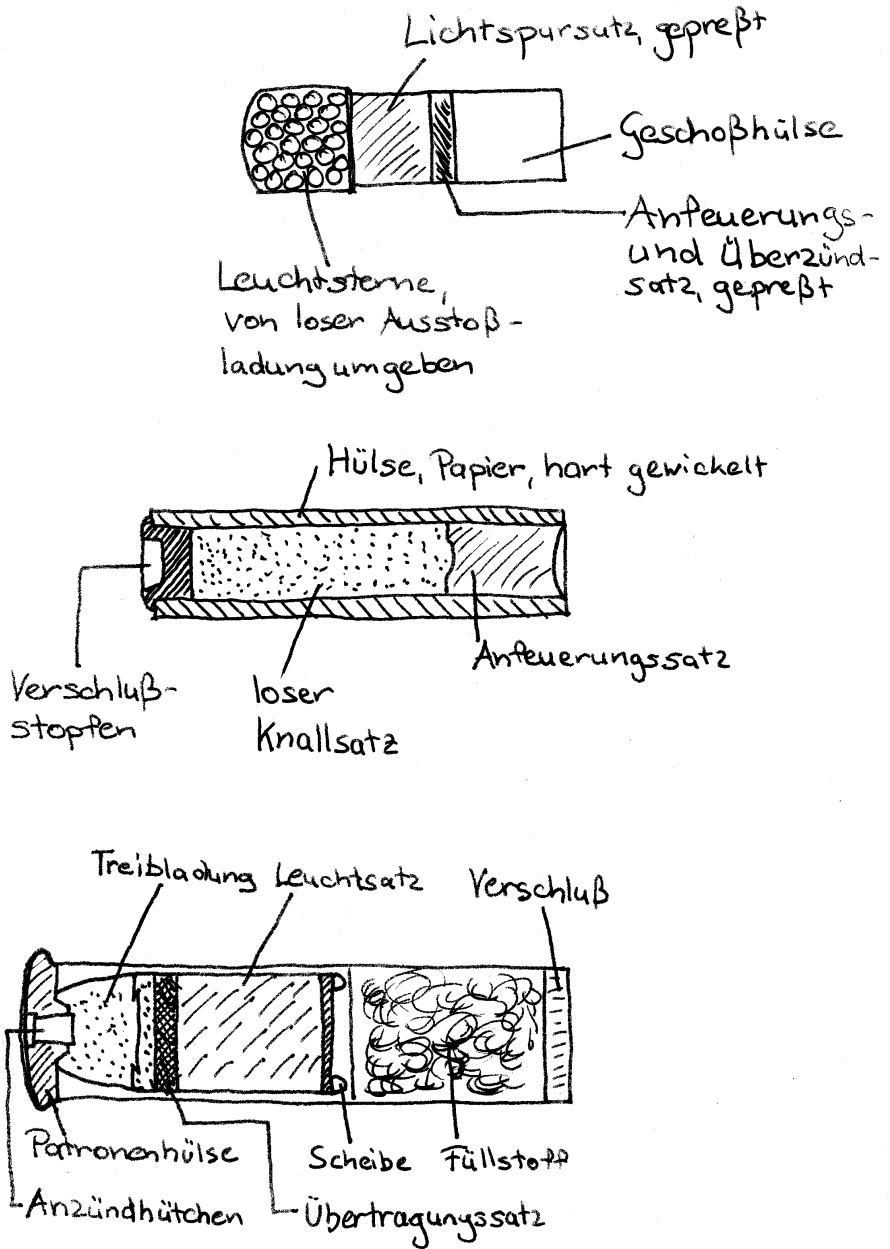


Abb. 80: Pyrotechnische Munition, Oben: Geschoss mit Lichtspur und Leuchternen; Mitte: Knallgeschoss; Unten: Signalpatrone

sternpatrone. Die Leuchtfarben weiß, rot, grün und gelb sind gebräuchlich. Wenn der Signalkörper mehrere Leuchtsterne enthält, handelt es sich um eine Mehrsternpatrone. Diese Leuchtsterne werden durch eine Schwarzpulverausstoßladung aus der Signalkörperhülse brennend ausgestoßen.

Wird aus der Patrone ein Signalkörper mit Rauchsatz verschossen, so handelt es sich um Rauchstrichpatronen (Rauchfarbe rot, grün, orange und violett). Um die Sichtbarkeit der Signale zu erhöhen, werden kleine Fallschirme eingesetzt, an denen der Signalkörper brennend hängt. Haben die, an dem Fallschirm hängenden Leuchtkörper eine hohe Lichtleistung und eine lange Brenndauer, so heißt der Effekt Vorfeldbeleuchtung. Dieser Effekt ist als Notbeleuchtung für Freilichtveranstaltungen sehr empfehlenswert und wird meist als ausreichender Bedürfnisnachweis für die Waffenbesitzkarte, in Verbindung mit dem Lehrgangszeugnis, anerkannt.



Abb. 81: Sortiment von PM I Munition

Anzünder und Zündgeräte

sind im nachfolgenden Abschnitt "Pyrotechnische Anzündmittel" ausführlich beschrieben.

Folgende Zündsysteme werden im Lehrgang verwendet:

- Pyropak von Luna Tech
- Pyroflash von Le Maître
- Pyrocon von Flash Art
- SAFEX, Pyroassistent und Funkzündgerät
- Pyrotec von Galaxis
- Funkzündgerät Explo
- Spezialzündgeräte von Hummig Effects



Abb. 82: Experimente mit Zündgeräten im Lehrgang; hier: 100 Kanal-Funk

1.4 Pyrotechnische Anzündmittel

Elektrische Anzünder und Zündgeräte

Der am häufigsten verwendete pyrotechnische Artikel im Theater und Studio ist der Elektroanzünder, auch Satzauslöser oder Brückenanzünder genannt. Dieser löst ohne Verzögerung aus und wird fachlich richtig elektrischer Anzünder genannt. Diese Bezeichnung sagt gleichzeitig aus, dass kein Explosivstoff enthalten ist. Diese Anzünder gibt es in verschiedenen Ausführungen (siehe nächste Abbildung, untere Reihe).

Die Bezeichnung "Satzauslöser A" bzw. "Brückenanzünder A" bedeutet, dass der Anzünder, zu der empfindlichen Klasse gehört (es gibt auch U=unempfindlich und HU=besonders unempfindlich gegen Streuströme). Die Vorschrift besagt, dass dieser bis zu einem Stromdurchfluss von 180 mA nicht losgehen darf. Da man im Theater kaum so große Streuströme hat, werden dort überwiegend A-Anzünder verwendet. Verschiedentlich werden jedoch U-Anzünder angeboten, die bis 0,45 A nicht auslösen dürfen.

Anzündertyp	darf nicht auslösen bis	muss auslösen bei
Typ „A“	0,18 A	0,6 A 10 ms
Typ „U“	0,45 A	1,3 A 10 ms
Typ „HU“	4 A	25 A

Die verwendeten A-Anzünder gibt es in vielen Ausführungen. So zum Beispiel:

1. Brückenanzünder ohne PVC-Hülle zum Anzünden von Pulvern und dergleichen,
2. Brückenanzünder mit PVC-Hülle für fast alle Zwecke, besonders wo der Anzünder in ein Röhrchen gesteckt werden soll. Es ist zu beachten, dass je nach Hersteller ein unterschiedliches Abbrenngeräusch verursacht wird. Wir verwenden übli-

- cherweise nur leise abbrennende Anzündpillen,
3. Brückenanzünder mit PVC-Hülle und Querlochbohrung zum Anzünden von Pyroschnur, die durch die Querlochbohrung gefädelt wird. Bei Anzündlitze dient die Querlochbohrung zur Druckentlastung. Nur diese Methode gewährleistet eine sichere Anzündung. Sie sind auch für "mechanische Auslösungen" verwendbar; so z. B. zum Aktivieren von Löscheinrichtungen, oder zum Auslösen eines, an einem Perlonfaden aufgehängten, Gegenstandes. Eine eingefädelte Perlonschnur brennt durch und der Gegenstand fällt;
 4. Anzünder mit verschieden großen Hülsen aus Aluminium, Messing und Kunststoff für eine mehr oder weniger große Pulverbeiladung,
 5. Filmeffektzünder mit Explosivstoff,
 6. Pulveranzünder mit Schwarzpulverbeiladung.

In allen Anzündern erhitzt sich beim Anschluss an eine Spannungsquelle ein kleiner Glühdraht, der zwischen zwei Stiften als "Glühbrücke" (deshalb auch der Name Brückenanzünder) befestigt ist. Dadurch erfolgt eine sofortige Anzündung der ihn umgebenden Anzündpille, ähnlich einem Streichholzkopf.

Elektroanzünder haben einen Widerstand von ein bis zwei Ohm und lassen sich schon mit einer 3 V Lithiumbatterie, Typ Mignon AA, die einen Stromfluss von ca. 0,8 Ampere erzeugt, sicher auslösen. Mit diesen Anzündern können die meisten pyrotechnischen Sätze und leicht entzündlichen Gegenstände sicher entzündet werden. Sie sind nach dem jetzigen Sprengstoffgesetz ohne Pyrotechnikerschein erhältlich (1. SprengV § 4 Abs. 2). Andererseits gibt es auch pyrotechnische Gegenstände der Klasse T₁ (also ohne Pyrotechnikerschein erhältlich), bei denen die benötigten Anzünder lose beigelegt sind. Diese "sollen" dann aber nur für diesen Zweck verwendet werden, obwohl sie auch für jeden anderen Zweck geeignet sind. Fernzündung über Funk

oder Draht ist allgemein üblich. Als einfachstes Zündgerät genügt schon das, unter Zündsysteme von Hummig Effects, am Ende des Lehrbuches abgebildete Gerät mit Testeinrichtung, welches nur 6 x 6 x 2 cm groß ist. Ein Funkzündgerät ist einige Seiten weiter hinten abgebildet. Es werden im Fachhandel etliche, mehr oder weniger aufwendige Zündgeräte angeboten, die mit überflüssigen Zündtransformatoren, unnötigen Zündkondensatoren und mit weniger geeigneten U-Anzündern arbeiten. Die im Theaterbereich überflüssige Technik soll sicherheitstechnisch scheinbar überlegen sein, bewirkt jedoch oft das Gegenteil und zeugt von einer falschen Auffassung über Streuströme und Sicherheit in der Bühnenpyrotechnik. In unserer 40-jährigen Bühnenerfahrung hat sich bestätigt, dass im Theater und Studio die beste Lösung durchaus die einfachste sein kann. Es genügt, die Anzünder mit 6 bis 24 Volt über einen Schlüsselschalter und einen Taster, der gegen unbeabsichtigte Betätigung geschützt ist, mit einer Batterie auszulösen. Für ein bis zwei Anzünder gleichzeitig, genügt auch schon eine 3 bis 6 V Lithiumbatterie. Wichtig ist noch eine Testeinrichtung, bei der der Zündstromkreis mit einer Leuchtdiode und/oder einem elektronischen Summer mit Vorwiderstand, auf Durchgang geprüft wird. Die Prüfung erfolgt bei etwa 10 mA Prüfstrom, bis 25 mA sind erlaubt, bis 180 mA darf kein Anzünder auslösen. Ein professionelles Zündgerät für Bühnenpyrotechniker sollte folgende Kennzeichen haben:

- Testeinrichtung wie beschrieben,
- Einzelfeuer,
- Serienfeuer in variabler Geschwindigkeit für Maschinengewehrfeuer und -einschläge,
- Steppeinrichtung,
- Wahlweise Batterie-/Netzbetrieb,
- bis 50 Kanäle einzeln ansteuerbar,
- Pro Kanal jeweils 10 Anzünder in Reihe anschließbar.



Abb. 83: Verschiedene Elektroanzünder (unten); Filmeffektzünder (oben)

Im Theater genügen meist einfachere Zündgeräte da Pyrotechnik dort nur in geringem Umfang eingesetzt wird. Im Theater, wo Inszenierungen über Jahre und Jahrzehnte hinweg spielen, sind eher Zündgeräte gefragt, die

- einfach sind (10 Kanäle genügen meist),
- mechanisch robust und staubunempfindlich sind,
- netzunabhängig und dabei wartungsfrei sind (10 Jahre haltbare Batterieladung).

Das unten abgebildete, allgemein bekannte Zündgerät, wie es früher in der Sprengtechnik verwendet wurde, wird in der Pyrotechnik, im Theater und Studio, entgegen filmischen Darstellungen, nicht verwendet.

Bei diesen Hochspannungszündgeräten wird ein Dynamo stoßartig in Drehung versetzt (Stoßzündmaschine), um dann eine große Anzahl in Reihe und parallel geschalteter Zünder oder Anzündler auszulösen. Bei wiederum anderen Geräten wird durch



Abb. 84: Zahnstangen-Zündgerät aus der Sprengtechnik / Großfeuerwerkerei; Typ WASAG, heute nicht mehr gebräuchlich

kurbeln ein Kondensator mit 2000 bis 3000 V aufgeladen.

Hier ist es wichtig, dass der Gesamtwiderstand R_{ges} exakt gemessen wird, weil er den Grenzwiderstand R_g der Zündgeräte nicht überschreiten darf. Eine Zündfolge bzw. ein Maschinengewehrfeuer wird bei diesen Zündgeräten so erreicht, indem alle Zünder gleichzeitig gezündet werden aber durch eingebauten Zündverzögerer geht jeder Zünder entsprechend seiner Verzögerungsstufe um 20, 50 oder mehr Millisekunden später los.

An dieser Stelle sei auch noch auf elektronische Zünder mit eingebautem Chip für die Zündverzögerung hingewiesen. Diese werden bis jetzt noch nicht in der Pyrotechnik eingesetzt, sie erfordern ein aufwendiges Zünd- und Programmiergerät.

Wenn mit einem einfachen bühnentechnischen Zündgerät im Theater oder Studio eine größere Anzahl von Effekten ausgelöst

werden sollen, so kann man an einem Zündstromkreis mehrere Anzünder anschließen. Die Gerätehersteller geben meistens an, wie viele Anzünder in Reihe und parallel angeschlossen werden dürfen. Diese Angabe sollte der Effektsicherheit wegen unbedingt eingehalten werden.

Wenn diese Angaben nicht eingehalten werden, kann es vorkommen, dass bei Reihenschaltung nur ein Teil der Anzünder losgeht oder dass bei Parallelschaltung die Anzünder zeitlich versetzt auslösen.

Werden verschiedene Widerstandsgruppen von Brückenanzündern in einer Schaltung verwendet (z. B. gemeinsames Anzünden verschiedener Effekte) ist die Reihenschaltung zu vermeiden, da durch die unterschiedliche Lastverteilung der Stromkreis durch zuerst losgehende Anzünder geöffnet wird, wodurch die noch nicht losgegangenen Anzünder nicht mehr auslösen können.

Für selbstgebaute Zündgeräte möchten wir folgende Mindestwerte zur Berechnung empfehlen:

- erforderliche Spannung je A/U-Anzünder = 2 Volt
- erforderlicher kurzzeitiger Strom je A-Anzünder = 0,6 Ampere (ein A-Anzünder darf bei 180 mA Stromfluss bei 5 Minuten Dauer nicht losgehen, soll aber bei 0,6 A in 10 ms auslösen). In der Praxis gehen A-Anzünder etwa bei 0,3 A los; 0,5 A sollten aber bei Einzelanzündung fließen; 0,8 A bei Reihenschaltung.
- erforderlicher kurzzeitiger Strom je U- Anzünder = 1,3 Ampere
- zu beachtender Widerstand je A-Anzünder = 2 Ω
- zu beachtender Widerstand je U-Anzünder = 1 Ω

Das bedeutet also, dass ein Klingeltransformator mit 12 Volt / 1

Ampere mindestens 6 Anzünder in Reihe anzünden kann. Da der Transformator kurzzeitig mit etwa 100 % überlastet werden kann, kann von einem Strom von 2 Ampere ausgegangen werden, so dass also 2 Anzündkreise von jeweils mindestens 6 Anzündern parallel geschaltet werden können. Bei einem 12 V Bleiakku, der je nach Größe um einen vielfach höheren Strom belastet werden kann, können ebenso vielfach mehr Anzündkreise von jeweils bis zu 6 in Reihe geschalteten Anzündern, parallel geschaltet werden. Für Parallelschaltungen sind entsprechend starke Zuleitungen und Schalter erforderlich. Verwendet man für die Anzündkreisleitungen einen Drahtquerschnitt von etwa $0,75 \text{ mm}^2$ Kupfer, so brauchen Leitungslängen bis etwa 50 Meter nicht besonders berücksichtigt werden, insbesondere dann nicht, wenn Elektroanzünder mit Kupferanschlussdrähten verwendet werden. Üblicherweise werden aus Kostengründen Anschlussdrähte aus verzinneten Eisendrähten verwendet, die einen erheblichen Widerstand haben, der in der Sprengtechnik sich nur wenig auswirkt, da mit mehreren tausend Volt gezündet wird.

Man achte also auf Anzünder mit Kupferzuleitung, um eine hohe Anzahl gleichzeitig anzündbarer Effekte zu erhalten. Werden Anzünder in Reihe geschaltet, so addieren sich die benötigten Zündspannungen von jeweils 2 Volt. Reihenschaltung hat den Vorteil, dass eine Anzündkreisunterbrechung über ein Test-LED (Leuchtdiode) erkannt wird, was bei Parallelschaltung nur mit einer genauen Widerstandsmessung möglich ist. Parallelschaltung, z. B. bei niedriger Spannung und starkem Strom hat den Vorteil, dass eine Anzünderunterbrechung sich nur auf den jeweiligen Anzünder auswirkt.

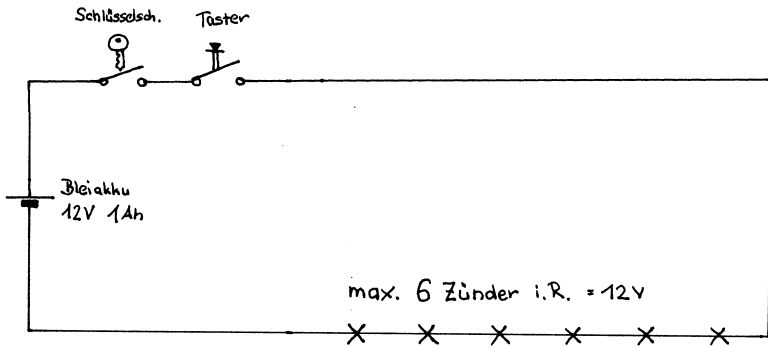


Abb. 85: Reihenschaltung 12 V, z. B. Bleiakku. Werden Anzündler in Reihe geschaltet, so addieren sich deren Zündspannungen von ca. je 2 V.

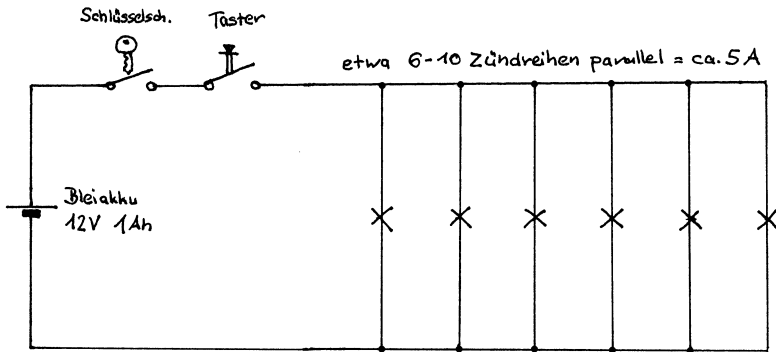


Abb. 86: Parallelschaltung 12 V, z. B. Bleiakku. Werden Anzündler parallel geschaltet, so addieren sich deren Zündströme von ca. je 1 A

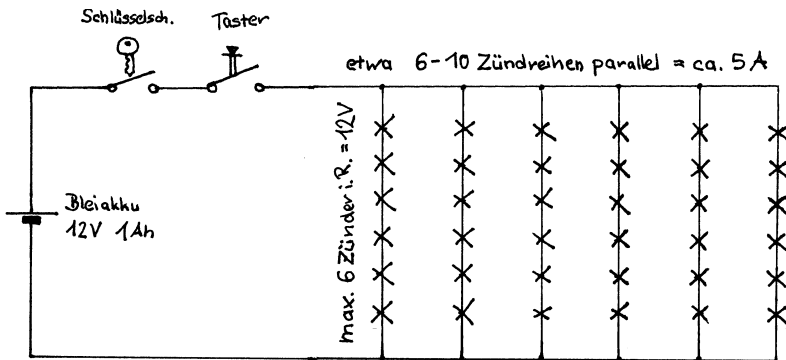


Abb. 87: Parallelschaltung 12 V, z. B. Bleiakku. Werden Anzündler parallel geschaltet, so addieren sich deren Zündströme von ca. je 1 A

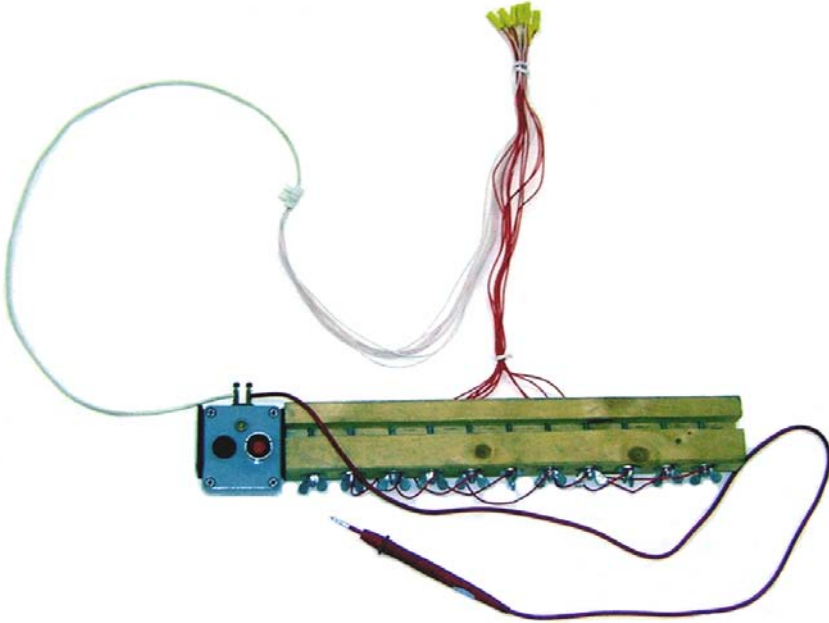


Abb. 88: Komfortables Nagelbrett mit Zündgerät und Testeinrichtung

Man kann also mit einer einfachen Motorradbatterie viele Anzündern gleichzeitig anzünden. Hat man z. B. ein Zündgerät mit 10 Tasten, kann die vorseitig skizzierte Schaltung von 36 Anzündern an jedem Zündstromkreis angeschlossen werden, wenn diese nicht gleichzeitig, sondern etwa im Abstand von 0,01 Sekunden betätigt werden. Das bedeutet, dass 10 mal 36 Anzündern in gemischter Schaltung angezündet werden könnten. Solche Anzündmethoden dürfen in der Sprengtechnik nicht angewendet werden. Hier werden, wie bereits erwähnt, mit sehr hohen Spannungen alle Zünder (z. B. eine Bohrlochreihe) gleichzeitig gezündet. Die hohe Spannung ist erforderlich, um eine geforderte Zündzeit von 5 Millisekunden zu erreichen, damit genaueste Zeitabläufe mit Abstufungen von etwa 20 Millisekunden eingehalten werden, um bestimmte Sprengergebnisse zu

erreichen. Solche Sprengergebnisse sind zum Beispiel bei Bohrlochsprengungen in Gestein, die erwünschte Größe des entstehenden Haufwerks. Da aber in der Bühnenpyrotechnik auftretende Zündverzögerungen, durch niedrige Zündspannung, im Bereich von 100 bis 200 Millisekunden unerheblich sind, kann hier mit niedrigen Spannungen gearbeitet werden. Dies erfordert nur einfache Zündgeräte, die zudem nicht zulassungspflichtig sind und selbst hergestellt werden dürfen. Es werden aber vom Merkblatt GUV-I 812 folgende verbindliche Forderungen an Zündgeräte gestellt: Für die elektrische Anzündung dürfen nur geeignete Zündgeräte verwendet werden, die den elektrischen Regeln entsprechen (siehe Merkblatt GUV-I 810). Die Anzündung durch Anschluss an sonstige Stromquellen z. B. durch direkten Netzanschluss oder Anschluss an eine Autobatterie ist verboten. Zündgeräte sind insbesondere geeignet, wenn sie mit Schutzkleinspannung von 42~/60- V betrieben werden. Eine unbefugte und unbeabsichtigte Auslösung muss ausgeschlossen sein. Dies wird z. B. erreicht durch Verwendung eines Schlüsselschalters. Die Auslösung selbst erfolgt über zwei Schaltelemente, wovon mindestens eines ein Taster sein muss. Bei ungefährlichen Effekten darf mit nur einem Taster angezündet werden, wenn der Taster gegen unbeabsichtigtes Auslösen gesichert ist.

In der Feuerwerkerei, also beim Abbrennen von Großfeuerwerken, werden Zündgeräte mit bis zu 500 oder mehr Stromkreisen eingesetzt. Sehr oft wird aber auch von Hand die Anzündschnur mit einem Anzündlicht angezündet.

Durch die einfache Auslösung mit etwa 2 Volt je Anzünder ist es nun in der Bühnenpyrotechnik möglich geworden, komfortable Zündgeräte zu entwickeln, mit denen vielfältige Anzündeffekte möglich geworden sind. Ein weit verbreitetes Zündgerät ist das Nagelbrett. Mit einem selbst gebauten Nagelbrett kann man

umfangreiche Anzünderanordnungen wie mit einer Ablauf-



Abb. 89: Experimente im Lehrgang mit 50-Kanal Nagelbrett

steuerung, mit fast beliebigem Tempo auslösen. Dadurch sind Lauffeffekte und besonders Maschinengewehreffekte mit variabler Geschwindigkeit möglich. Auch in Hollywood, sowie beim deutschen Film, wird vielfach auf diese Weise gearbeitet.

Einen ähnlichen Effekt, aber nur mit etwa 10 bis maximal 23 Schuss in einer Sequenz, erreicht man bei Verwendung eines hand- oder motorbetätigten Stufenschalters. Der dabei verwendete Motor sollte in seiner Umdrehungsgeschwindigkeit regelbar sein. Der Vorteil gegenüber dem Nagelbrett ist ein gleichmäßigerer Ablauf der Anzündungen z. B. bei eng aufeinander folgenden Mehrfachsprengereffekten wie für Miniaturmodelle für Film- und Fernsehaufnahmen.

Für den Einsatz im Showbereich sind Zündgeräte mit zusätzlicher Steppereinrichtung für etwa 20 bis 150 Zündkreise im Einsatz.

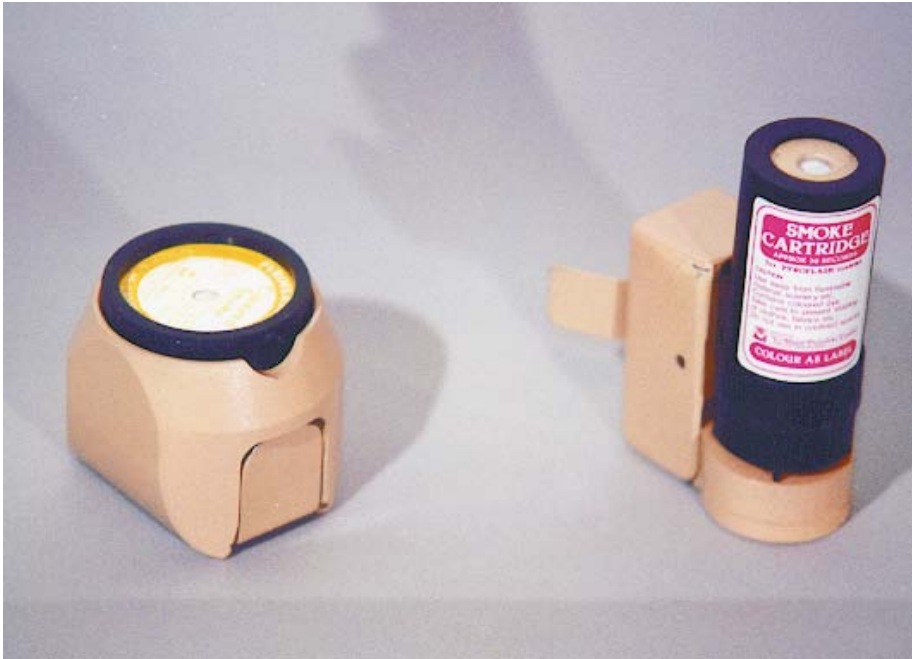


Abb. 90: Abschussvorrichtung für Rauch-, Blitz- und Fontänenkartuschen mit integriertem Batteriezündgerät für Effekte aus der Hand

Hier werden je nach Erfordernis je Kanal 1 bis ca. 20 Anzünder angeklemt. Über einen einzigen Taster wird hier von einem auf den nächsten Kanal weitergeschaltet; der aktuelle Schritt wird über ein Zählwerk angezeigt. Dadurch wird erreicht, dass man sich nicht mehr auf die nächsten zu betätigenden Taster konzentrieren muss, sondern lediglich auf das nächste Stichwort wartet und daraufhin jedes Mal auf denselben Taster drückt. Besonders hilfreich zeigt sich dies bei mehrfacher Aufführung einer Produktion.

Ein außergewöhnliches Zündgerät ist das auch bei uns erhältliche Funkzündgerät "Pyrotec" mit 1000 Kanälen. Es überbrückt Entfernungen bis 800 Meter. Durch codierte Übertragung ist eine Fehlauslösung undenkbar. Der Sender hat eine Steppfunktion, das bedeutet bei jeder Betätigung der Feuertaste wird ein

Fr. Sobbe G. m. b. H.		Fabrik elektr. Zünder
Dortmund		Fabrik Dortmund - Derne
So/U/O/So 7	100 Stück	
„Ebbos“-Brennmomentzünder		
(Satzauslöser)		
Brückenzünder A		
mit Kunststoffmontagegehäuse <i>Bechertülse 292x163</i>		
an 0.50	m	mipolamisolierten Stahldrähten <i>cu</i>
durchschnittlicher Widerstand		
der Brücke 1.50	Ohm	Gesamt 1.80 <i>1.80</i> Ohm
Revidiert am 16. Okt. 2006	durch	<i>Schm</i>

nicht schlagwettersicher

Abb. 91: Packzettel für Anzündler mit den vorgeschriebenen Angaben

Kanal weiter geschaltet.

Auf der Empfängerseite gibt es für Bühnenpyrotechnik und Großfeuerwerke eine Ausführung mit 3 Kanälen und eine Ausführung mit 10 Kanälen. Jeder dieser Ausgänge kann auf einen gewünschten Zündkanal programmiert werden. Auch ein Maschinengewehreffekt ist möglich.

Es können unbegrenzt viele Effekte synchron angezündet werden, da beliebig viele Empfänger eingesetzt werden können. Jeder Empfängerausgang kann bis zu 20 Anzündler gleichzeitig anzünden. Mit einer Reichweitenfunktion und einer Funktion zum Messen von Störfeldern wird die Betriebssicherheit wesentlich erhöht. Die Anlage ist mit einer Akkuladung etwa 40 Stunden betriebsbereit. Ein entscheidender Vorteil dieses Zündgerätes liegt darin, dass jeder Empfänger einen Hochleistungsakku besitzt und stets direkt am Effekt eingesetzt werden kann, so dass Verluste durch lange Leitungswege völlig ausgeschlossen werden. Die Zündverzögerung ist im Vergleich zu anderen Anlagen mit 0,05 sec. extrem kurz.

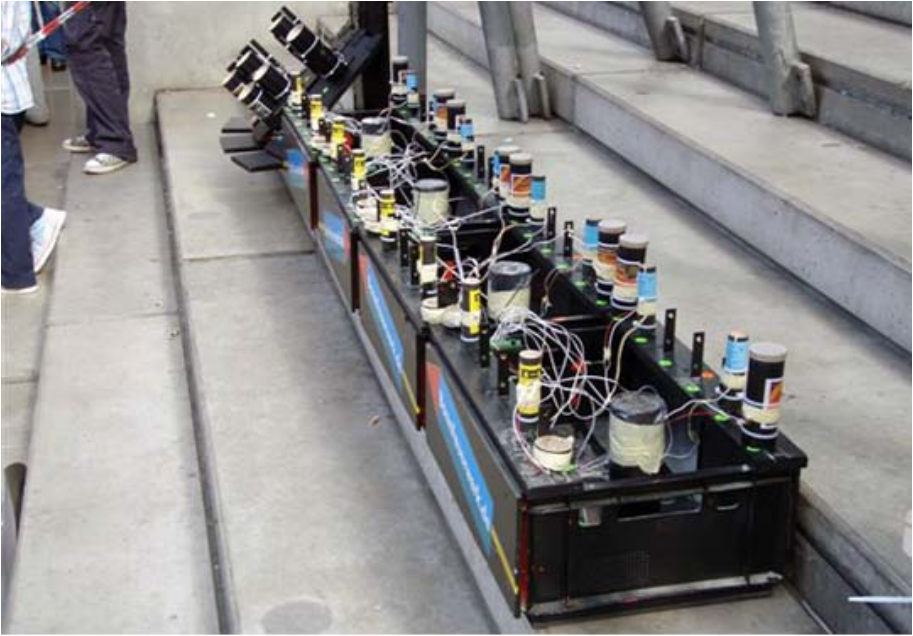


Abb. 92: oben: Abschusskästen; unten: Preisgünstige chinesische Funkzündanlage, für Anfänger bedingt geeignet



Abb. 93: Funkzündsystem: 1000-Kanal-Sender, Typ Galaxis



Abb. 94: Funkzündsystem: 3-Kanal-Empfänger und 10-Kanal-Empfänger mit Maschinengewehrautomatik

Für Anwendungen im Theater- und Spezialeffektbereich gibt es einen kleinen Empfänger mit 5 frei programmierbaren Ausgängen und einem beleuchtetem Display mit 3 Textzeilen. Die Abmessungen sind mit 65mm x 133mm x 27mm gut geeignet, um den Empfänger am Körper tragen zu können. Die Stromversorgung erfolgt über 2 Mignonzellen. Mit dieser geringen Batteriespannung werden intern 30 Volt erzeugt. Diese Spannung wird mit Kondensatoren gepuffert und zur Anzündung verwendet.

Dabei besitzt jeder Ausgang einen separaten Kondensator. Die Betriebszeit mit Alkalizellen beträgt mehr als 24 Stunden. Ein eingebautes Mikrofon ermöglicht die Auslösung durch Schall, wobei die Freigabe kurz zuvor per Funk erfolgt.

Zwei Sonderfunktionen machen ihn für akustisch auszulösende Körper einschüsse unverzichtbar.

1. Jeder der fünf Kanäle kann einzeln per Funk freigeschaltet werden und wird erst über ein eingebautes Mikrofon per Schall (Schuss-, Explosions- oder Fallgeräusch) mit einstellbarer Empfindlichkeit ausgelöst.

2. Alle fünf Kanäle können gleichzeitig freigeschaltet werden und jedes Schussge-

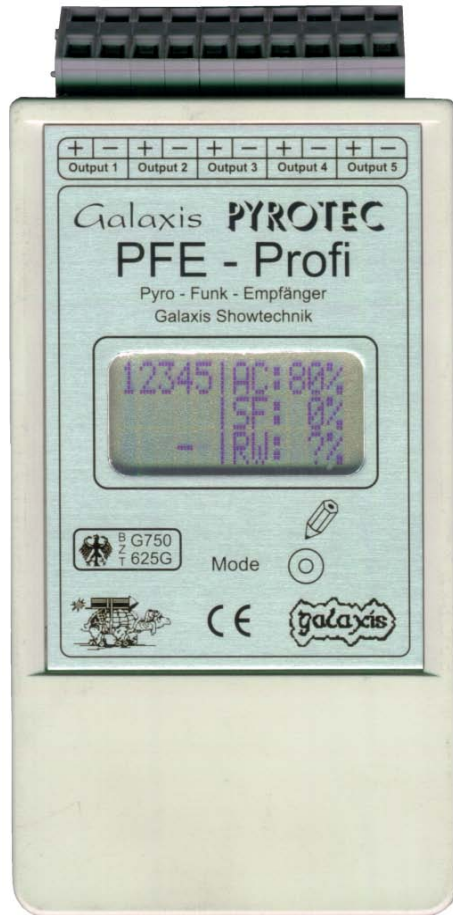


Abb. 95: Mini-Funkempfänger mit 5 Kanälen und Mikrofonauslösung

räusch, z. B. MP-Feuer, schaltet ein Kanal weiter.

So kann z. B. ein Pistolenschuss einen Körpereinschuss mit Squib auslösen, ohne dass man merkt, dass es zwei Geräusche sind. Beides, der Schuss und der daraufhin gezündete Squib erscheinen als ein Schallereignis.

Ein weiteres Funkzündgerät von der Firma Explo hat ähnliche Eigenschaften, ist nicht ganz so komfortabel, kostet aber nur etwa die Hälfte. Dadurch ist es leichter möglich viele Empfänger und einen Ersatzsender zu kaufen. Auch für diese Geräte sind wir Händler.



Abb. 96: Funkzündsystem: 1400 Kanäle, Typ EXPLO

Weitere Anzündmittel

Anzündlichter haben einen Reibkopf, brennen 1-5 Minuten und werden verwendet, um Stoppinen, Luntten oder Anzündlitzen anzuzünden.

Stoppinen sind aus Baumwollgarn hergestellte und mit Schwarzpulverbrei "beklebte" Schnüre (ungedeckte Stoppine). Gedeckte Stoppine ist mit einem papierähnlichen Schlauch umgeben und brennt durch diese Verdämmung erheblich schneller ab. Sie werden zur Übertragung von Anzündflammen eingesetzt.

Anzündlitze besteht aus einem Kupferdraht (verbrennt nicht, ist aber für die Brenngeschwindigkeit wichtig), der mit Schwarzpulver und Wollfäden umgeben ist. Sie ist außen mit Leim bestrichen. Sie wird zur zeitlich verzögerten Übertragung von Anzündflammen verwendet.

Luntten sind mit Salpeter oder anderen Sauerstoff abgebenden Chemikalien getränkte Schnüre, die nach dem Anzünden langsam vor sich hin glimmen. Sie werden zur Anzündung pyrotechnischer Sätze und zum Abfeuern von Luntenschlosswaffen benutzt.

Anzündschnüre bestehen aus einem Textilschlauch, der mit Schwarzpulver gefüllt und mit Kunststoff überzogen ist. Die vorgeschriebene Brennzeit ist 120 Sekunden je Meter. Sie sind in wasserdichter Ausführung (Farbe schwarz) und in normaler Ausführung (Farbe gelb) erhältlich.

Reißanzünder sind kleine mechanische Anzünder, die an einem Faden oder Draht gezogen, eine kleine Anzündflamme ergeben. Sie werden in der Bühnenpyrotechnik kaum eingesetzt.

Anzünd- und Anfeuerungssätze sind leicht entzündliche Sätze, die zum Anzünden von schwer zu entzündenden Sätzen eingesetzt werden.

Ignitin besteht aus zwei Chemikalien, die bei gegenseitiger Be-

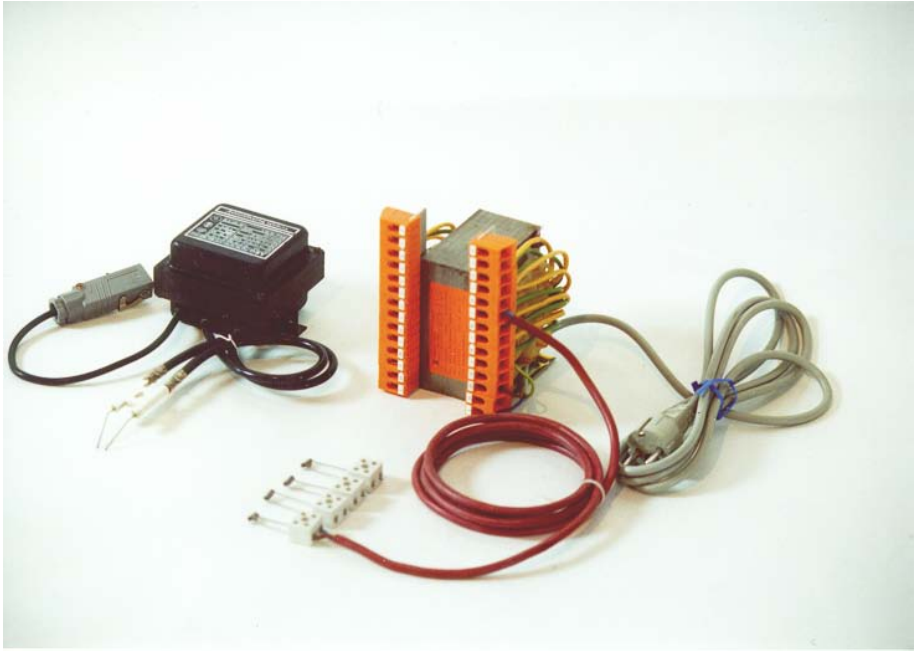


Abb. 97: Hochspannungszündeinrichtung und Glühzündeinrichtung
rührung innerhalb einiger Sekunden Feuer entwickeln. Es wird verwendet zum Anzünden von Papier, Pyromaterialien, Zigaretten u. ä.

Frühzündgefahren

Frühzündgefahren können entstehen durch:

- Unbeabsichtigte oder fahrlässige Betätigung des Zündgerätes, Abhilfe: Zündschlüssel immer abziehen,
- Fremdströme, Abhilfe: Fremdstromvermeidung durch ordnungsgemäße Installation, induktionsarme und gut isolierte Verlegung der Zündkreise, Verwendung von U-Anzündern.

Die viel zitierten Streuströme zur Rechtfertigung von Zündkondensatoren, Zündtransformatoren und sonstigen, meist unnötig teuren, Merkmalen, wie U-Anzünder usw. sind im Bühnenbetrieb kaum vorhanden.

Fremdströme verschiedener Art, Größe und Herkunft können Anzünder gefährden oder im Extremfall vorzeitig auslösen. Diese verschiedenen Gefährdungen bezeichnet man allgemein als Frühzündgefahr. Bei Fremdstromgefahr geht es um meist schwer erkennbare elektrische Energien, die elektrische Anzünder auslösen können, wenn nicht die entsprechenden Regeln beachtet werden. Ein sorgloser Umgang mit dem Fremdstromproblem wäre genauso falsch wie übertriebene Angst. Zuerst nun die Arten der Fremdstromgefahren:

Streuströme

Streuströme sind Ströme, die außerhalb der zur Stromführung bestimmten Leiter fließen. Sie fließen über die Erde, Gebäudeteile und Eisenkonstruktionen. Sicherstes Mittel zur Vermeidung von Streuströmen ist eine ordnungsgemäße Wartung der elekt-



Abb. 98: Im Lehrgang wird der Umgang mit dem Nagelbrett ausgiebig geübt

rischen Anlagen im Theater bzw. Studio, denn sie sind die Folgen unsachgemäßer Installationen und zeugen von Installationsmängeln. Sie können nur durch Nebenschlüsse, also durch blanke Leitungsteile in den Zündstromkreis gelangen. Somit ist die Isolation eines Zündkreises die dominierende Schutzmaßnahme gegen Streuströme.

Induktionsströme

Induktionsströme resultieren aus wechselnden Magnetfeldern mit Einfluss auf eine ruhende Leiterschleife, in diesem Fall auf den Zündkreis. Mögliche Fremdstromquellen, die in geschlossenen Zündkreisen einen Induktionsstrom in den Anzündern hervorrufen können, sind:

Hochfrequente elektromagnetische Sender-Wellen,
elektromagnetische Felder von Wechselstromleitungen und -anlagen wie z. B. Starkstromleitungen, Transformatoren und starke Motoren,
elektromagnetische Felder bei Kurzschlüssen.

Entscheidend dabei ist, dass Induktion durch wechselnde magnetische Felder, die sich über die Luft ausbreiten, bewirkt wird. Eine Isolation des Zündkreises bewirkt nichts. Grundsätzlich muss gesagt werden: Je größer eine Leiterschleife ist, die sich im wechselnden Magnetfeld befindet, umso mehr Magnetfeldlinien werden "umfasst" bzw. geschnitten, desto höher ist die induzierte Leistung. Deshalb ist eine induktionsarme Verlegung des Zündstromkreises empfehlenswert. Ein Induktionsstrom kann sich nur im geschlossenen Zündkreis bilden. Grundsätzlich sind Zündkreise mit paralleler Lage zur Induktionsquelle immer gefährdeter als bei rechtwinkliger Anordnung.

Gewitterelektrizität

Bei Freilichtveranstaltungen ist Frühzündung durch Gewitterelektrizität durchaus ein beachtenswerter Faktor. Gewitterelekt-

rizität ist z. B. in der Sprengtechnik der gefürchtetste Fremdstromverursacher. Evtl. Einsatz von U-Brücken-Anzündern. Faustregel: Zeitabstand Blitz-Donner ca. 10 sec. entspricht 3 km Entfernung und bringt Gefahr.

Zusammenfassung

Da elektrische Anlagen im Theater und Studio regelmäßig überprüft werden, mit FI-Schutzschaltern ausgerüstet und alle Metallteile am Potentialausgleich angeschlossen sind, sind kaum Streuströme zu erwarten. Ungünstigstenfalls ist mit Induktionsströmen durch Starkstromkabel und Sendeanlagen zu rechnen. Aus den zuvor beschriebenen Ausführungen resultieren folgende Schutzmaßnahmen, die grundsätzlich eingehalten werden sollten:

- ordnungsgemäßer Zustand der, die Zündanlage umgebenden Hauselektrik sicherstellen,
- gute Isolation des Zündkreises,
- geringe Induktionsfläche des Zündkreises,
- wenn mehrere Anzünder gleichzeitig ausgelöst werden sollen, möglichst Reihenschaltung anwenden, Voraussetzung ist allerdings gleiche Widerstandsgruppe der Anzünder,
- Abstand zu Starkstromkabeln, Transformatoren, Motoren und Funkgeräten halten (empfohlener Abstand aus der Praxis, 2 Meter),
- bei Gewitterelektrizität keine gefährlichen Effektanordnungen im Freien aufbauen,
- bei begründeter Fremdstromgefahr, Verwendung von Brückenanzündern U.

Wenn ein Fremdstrom in einem Zündkreis mehr als 180 mA beträgt, könnte eine Frühzündung ausgelöst werden.

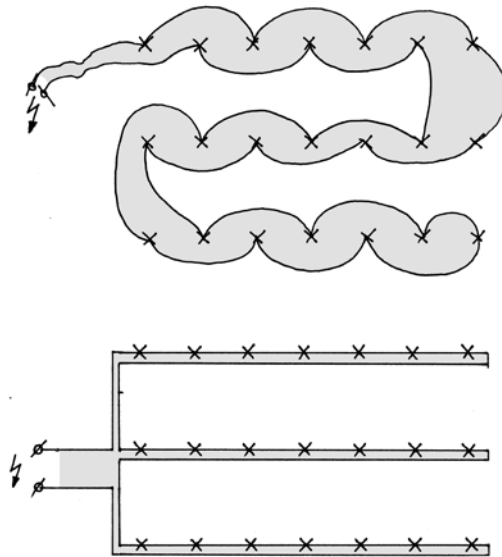


Abb. 99: Zündleitungsverlegung mit großer und kleiner Induktionsfläche

Anzündversager

Anzündversager können entstehen durch:

- Mit Feuchtigkeit oder Brennflüssigkeit benetzte Anzündpille,
Abhilfe: Bei Anzündung von Brennflüssigkeiten und Brennpasten soll die Anzündpille mit Silikonkautschuk abgedichtet werden,
- eingeklemmte Isolierung,
Abhilfe: Mit Testeinrichtung oder Ohmmeter vor der Anzündung feststellbar,
- schlecht kontaktierte Glühbrücke im Anzünder (Herstellungsfehler),
Abhilfe: Mit Ohmmeter oder z. T. mit Testeinrichtung vor der Anzündung feststellbar,
- zu viele Anzünder in Reihe oder parallel geschaltet
Abhilfe: Die für das Zündgerät angegebene Anzünderzahl in Reihe und parallel nicht überschreiten,
- Spannungsquelle zu schwach oder entladen,
Abhilfe: vor jedem Einsatz laden und Lasttest durchführen,
- zu viele unempfindliche Anzünder (U-Anzünder)
Abhilfe: Entsprechend starkes Zündgerät einsetzen,
- Verwendung von Anzündern unterschiedlicher Widerstandsgruppen (verschiedene Effekte)
Abhilfe: Parallelschaltung anwenden.

Zündkreisberechnungen und anschließende Vergleiche durch Messen sind in der Bühnenpyrotechnik nicht sehr verbreitet.

Anzündversager gelten erst nach angemessener Wartezeit als handhabungssicher, bei Verwendung von Anzündlitzen, Stoppinen und Anzündschnüren beträgt die Wartezeit 15 Minuten.