

B 5.1 Überblick

- B 5.1.1 Arten und Verwendungszweck pyrotechnischer Mittel
- B 5.1.2 Organisationsstruktur der Herstellung pyrotechnischer Mittel

Unter pyrotechnischen Mitteln werden Mittel verstanden, die in Form von Leuchtsätzen, Knall- und Pfeifsätzen, Nebel- und

Rauchstoffen sowie Brandstoffen zum Einsatz gekommen sind.

B 5.1.1 Arten und Verwendungszweck pyrotechnischer Mittel

Die militärische Anwendung pyrotechnischer Stoffe diente folgenden Zwecken:

- Tarnung

Hierzu wurden Nebelstoffe und Rauchstoffe eingesetzt mit der Funktion, die eigenen Stellungen bzw.

Truppenbewegungen oder Produktionsanlagen gegenüber dem Gegner zu verbergen.

- Beleuchtung

Die hierzu eingesetzten Leuchtmittel dienten dazu, gegnerische Stellungen und Angriffsziele in der Dunkelheit sichtbar

zu machen.

- Markierung

Zu diesem Zweck wurden Leuchtgeschosse eingesetzt, um die Flugbahn und Treffgenauigkeit eigener Geschosse

sichtbar zu machen (Leuchtspurnmunition). Bei Bombenabwürfen dienten Leuchtmittel dazu, Angriffsziele zu markieren

und zugleich sichtbar zu machen. Zur Markierung bei Tageslicht wurde auch farbiger Rauch verwendet, um Flugbahn

und Aufschlagstelle von Geschossen sichtbar zu machen.

- Signalgebung

Leuchtstoffe können auch zur Nachrichtenübermittlung eingesetzt werden, wobei bestimmte Farben bestimmte

Informationsinhalte bezeichnen. Hierzu wurden u. a. auch Nebelstoffe eingesetzt, die durch Zusatz von Farbmitteln

unterschiedlich gefärbten Rauch bilden.

- Simulation

Leuchtwirkung, Rauch- und Schallwirkung (Knall z. B.) können dazu dienen, für Übungszwecke die Wirkung von

Geschossen und Bomben zu simulieren oder im Kriegsfall den Gegner irrezuführen.

- Zerstörung durch Inbrandsetzen

Brandstoffe werden eingesetzt, um Gegner, gegnerische Waffen und Stellungen in Brand zu setzen. Zum Teil wird die

Brandwirkung mit der Markierungsfunktion kombiniert.

In den für diese Zwecke eingesetzten pyrotechnischen Mitteln kommen Stoffgemische als sogenannte "Sätze" der

folgenden Art zum Einsatz

- Leuchtsätze, Farbleuchtsätze;
- Knallsätze, Pfeifsätze;
- Nebelsätze, Rauchsätze, Farbrauchsätze;
- Brandsätze.

Bei der Anwendung dieser Sätze in entsprechender Munition werden darüber hinaus folgende Komponenten benötigt:

- Zündsätze und Zündverzögerungssätze zur Initiierung des pyrotechnischen Satzes und
- Treibsätze.

Nach einer Quelle mit aktuellem Bezug (1978) wurden in pyrotechnischen Mischungen über die in folgenden

angegebenen eigentlichen Satzkomponenten hinaus Katalysatoren zugesetzt, um das

Abbrandverhalten und die

Abbrandgeschwindigkeit zu modifizieren. Die größte Bedeutung haben diese Zusätze bei Chloraten und Perchloraten.

Es handelt sich durchweg um Schwermetallsalze oder -oxide (Kupfer, Chrom, Mangan, Eisen, Nickel, Blei, Titan). Sie

entfalten ihre katalytische Wirkung bei Konzentration von 0,001 bis 0,1 Prozent (MENKE 1978).

Ob und in welcher

Konzentration diese Katalysatoren auch in pyrotechnischen Sätzen des 1. und 2. Weltkriegs verwendet wurden, konnte

nicht ermittelt werden.

B 5.1.2 Organisationsstruktur der Herstellung pyrotechnischer Mittel

Pyrotechnische Fabriken

Im Zweiten Weltkrieg wurden in pyrotechnischen Fabriken ein Teil der Leuchtspurmuniten, die übrigen Leuchtmittel,

Knall- und Pfeifmittel, Farbrauchmittel sowie ein Teil der weißen Nebel und dunklen Rauch erzeugenden Mittel auf

Basis von Hexachlorethan hergestellt, nicht jedoch Nebelsäure und sonstige nebelerzeugende Flüssigkeiten und

Brandstoffe.

Daneben wurden in pyrotechnischen Fabriken auch folgende Mittel hergestellt, die in normaler Munition mit

Zerstörungsfunktion zum Einsatz kamen:

- Pyrotechnische Zündsätze und Zündverzögerungssätze

Diese wurden im Rahmen dieses Kapitels nur dann berücksichtigt, wenn ihre Fertigung und ihre Verwendung in engem

Zusammenhang mit pyrotechnischen Sätzen steht. Ansonsten wird auf Kap. B 4 verwiesen.

- Treibmittel für Raketen

Diese werden im Rahmen des Kap. B 2 behandelt.

Der Herstellungsprozeß in pyrotechnischen Fabriken umfaßt in der Regel das Aufbereiten und Mischen der meist aus

der Chemischen Industrie bezogenen Satzkomponenten, das Verfestigen der fertigen Mischungen sowie das Laborieren

der pyrotechnischen Mittel.

Das bedeutendste Unternehmen auf dem Gebiet der pyrotechnischen Mittel waren die Deutschen Pyrotechnischen

Fabriken AG (DEPYFAG) im Besitz der Dynamit AG (DAG) und der IG Farben mit mehreren Produktionsstätten.

Diese Fabriken waren alle ähnlich organisiert, die Masse der Produkte wurde jedoch im bestausgestatteten Werk in

Cleeborn, das ca. 600 Beschäftigte aufwies, hergestellt (BIOS 461, BIOS 477).

Entwicklungs- und Erprobungseinrichtungen

Mit der Forschung und Entwicklung pyrotechnischer Mittel waren folgende Betriebe befaßt:

- J. W. Berckholtz, Hamburg,

- Deutsche Leucht- und Signalmittelwerke (DLSW), Schönhagen,

- DEPYFAG, Kremmen,

- J. F. Eisfeld, Silberhütte.

Neben den Erprobungs- und Prüfgeländen der pyrotechnischen Fabriken erfolgte die Erprobung neuer Produkte auch

auf den Versuchsgeländen der verschiedenen Truppengattungen:

- Kriegsmarine: Meppen, Unterlüss sowie Travemünde für Marineflugzeuge.

- Heer: Kammersdorf sowie Hillersleben für Artillerie,

- Luftwaffe: Rechlin

In Rechlin war eine Forschungsstelle der Luftwaffe angesiedelt, die eine eigene Abteilung ausschließlich für pyrotechnische Mittel unterhielt. Eine kleinere Abteilung in Travemünde war mit der Erprobung pyrotechnischer Mittel für Marineflugzeuge befaßt (BIOS 460).
Herstellung von Leuchtspurmunitie und Leuchtgranaten
Leuchtsätze für Leuchtspurmunitie und Leuchtgranaten bzw. Sätze für Brandspurmunitie wurden zum Teil in pyrotechnischen Fabriken, zum Teil jedoch auch in Munitions- und Sprengstoffabriken hergestellt (CIOS XXXII-38, CIOS XXXII-20). Für die Entwicklung von Leuchtspurmunitie gab es keine zentrale Stelle. Diese Aufgabe wurde von den einzelnen Produktionsunternehmen übernommen (CIOS XXXII-20).
Herstellung von Nebelsäure und sonstige Nebelmischungen
In pyrotechnischen Fabriken wurden Farbrauchsätze und Berger-Mischungen hergestellt und in Handrauchzeichen bzw. Nebelkerzen verfüllt.
Nebelsäure wurde in verschiedenen Produktionsstätten der IG Farben hergestellt und in Füllstellen in Granaten und Bomben gefüllt. Zum Zweck der Tarnung von Industriebetrieben wurde Nebelsäure mittels Preßluft oder in Nebelapparaten in Verbindung mit gebranntem Kalk eingesetzt.
Die zum gleichen Zweck eingesetzten pulverförmigen Ammoniumchloridmischungen wurden ebenfalls von den IG Farben bezogen und vor Ort durch einfache Maßnahmen aufbereitet und vermischt (Zerkleinern durch Handarbeit, Betonmischer) und unter Verwendung geeigneter Zündmittel eingesetzt.
Das als Nebenflüssigkeit eingesetzte Oleum - eine Lösung von Schwefeltrioxid in konzentrierter Schwefelsäure - wurde von der Chemischen Industrie sowie in Sprengstoffabriken aus Schwefelkies oder in Spaltanlagen hergestellt (CIOS XXXII-38).
Herstellung von Brandstoffen
Brandstoffe wurden zum großen Teil von der Chemischen Industrie hergestellt und in Füllstellen, Sprengstoff- sowie Munitionsabriken und Pyrotechnischen Fabriken in Handgranaten, Geschosse und Bomben verfüllt. Sätze für Brandspurmunitie wurden in der Regel in Verbindung mit Sätzen für Leuchtspurmunitie hergestellt.

B 5.2 Verwendung und Zusammensetzung pyrotechnischer Mittel

- B 5.2.1 Leuchtspurmunitie
 - B 5.2.1.1 Arten, Verwendungszweck und Verwendungszeitraum
 - B 5.2.1.2 Mengenmäßige Bedeutung
 - B 5.2.1.3 Produktkomponenten
 - B 5.2.1.3.1 Leuchtspursätze
 - B 5.2.1.3.2 Zündsätze
 - B 5.2.2 Leuchtmittel für Signal- und Markierungszwecke
 - B 5.2.2.1 Verwendungszweck und Verwendungszeitraum
 - B 5.2.2.2 Mengenmäßige Bedeutung
 - B 5.2.2.3 Produktkomponenten
 - B 5.2.2.3.1 Leuchtsätze
 - B 5.2.2.3.2 Zündsätze

- B 5.2.2.3.3 Zündverzögerungssätze
- B 5.2.3 Leuchtmittel für Beleuchtungszwecke
- B 5.2.3.1 Arten, Verwendungszweck und Verwendungszeitraum
- B 5.2.3.2 Mengenmäßige Bedeutung
- B 5.2.3.3 Produktkomponenten
- B 5.2.3.3.1 Leuchtsätze
- B 5.2.3.3.2 Züandsätze
- B 5.2.3.3.3 Zündverzögerungssätze
- B 5.2.4 Knallmittel
- B 5.2.4.1 Arten, Verwendungszweck und Verwendungszeitraum
- B 5.2.4.2 Mengenmäßige Bedeutung
- B 5.3.4.3 Produktkomponenten
- B 5.2.5 Pfeifmittel
- B 5.2.5.1 Arten, Verwendungszweck und Verwendungszeitraum
- B 5.2.5.2 Mengenmäßige Bedeutung
- B 5.2.5.3 Produktkomponenten
- B 5.2.5.3.1 Pfeifsätze
- B 5.2.5.3.2 Züandsätze
- B 5.2.6 Mittel für weißen Nebel und dunklen Rauch
- B 5.2.6.1 Arten, Verwendungszweck und Verwendungszeitraum
- B 5.2.6.2 Mengenmäßige Bedeutung
- B 5.2.6.3 Produktkomponenten
- B 5.2.6.3.1 Rauch- und Nebelmischungen
- B 5.2.6.3.2 Züandsätze
- B 5.2.7 Farbrauchmittel
- B 5.2.7.1 Arten, Verwendungszweck und Verwendungszeitraum
- B 5.2.7.2 Mengenmäßige Bedeutung
- B 5.2.7.3 Produktkomponenten
- B 5.2.7.3.1 Farbrauchsätze
- B 5.2.7.3.2 Züandsätze
- B 5.2.8 Brandmittel
- B 5.2.8.1 Arten, Verwendungszweck und Verwendungszeitraum
- B 5.2.8.2 Mengenmäßige Bedeutung
- B 5.2.8.3 Produktkomponenten
- B 5.2.8.3.1 Brandsätze
- B 5.2.8.3.2 Zündmittel

Vorbemerkungen

Prozentangaben

Hinsichtlich Prozentangaben werden in der Literatur nur zum Teil Aussagen gegeben, ob es sich um Volumen-% oder

Gewichts-% handelt. Soweit entsprechende Hinweise vorliegen, wurden diese wiedergegeben. Bei fehlender Aussage

kann i. d. R. davon ausgegangen werden, daß es sich um Gewichts-% handelt.

Satzrelationen

Für die verschiedenen pyrotechnischen Mittel wurden - soweit bekannt - die Gewichtsrelationen zwischen Leucht-,

Nebel- und Brandsätzen einerseits sowie Züandsätzen andererseits genannt (im folgenden Text auch als "Relationen"

bezeichnet). Diese Angabe ermöglicht eine Einschätzung der mengenmäßigen Bedeutung in den Züandsätzen enthaltener

problematischer Stoffe.

B 5.2.1 Leuchtspurmunition

B 5.2.1.1 Arten, Verwendungszweck und Verwendungszeitraum

Mit dem Einsatz von Flugzeugen im 1. Weltkrieg wurde die Verwendung von Leuchtspurgeschossen sinnvoll, da hier im Gegensatz zu Bodenzielen die Zielgenauigkeit von Fehlschüssen nicht anhand der Einschläge kontrolliert werden konnte. Fehlende Darstellungen in der für diesen Bezugszeitraum ausgewerteten Literatur sowie der Hinweis, daß zum Kenntlichmachen von Geschößflugbahnen Leuchtsterne verwendet wurden, machen deutlich, daß Leuchtspurmunition im 1. Weltkrieg noch keine wesentliche Bedeutung hatte. In einer Quelle werden "Rauch- und Leuchtspurgeschosse" erwähnt. Dabei handelte es sich um Leuchtsätze, die in Verbindung mit Rauchentwicklern zur Kennzeichnung von Geschößflugbahnen eingesetzt wurden (KAST 1921). Im 2. Weltkrieg wurde Leuchtspurmunition mit weißer, roter, oranger, gelber sowie - jedoch nur kurzzeitig - grüner Farbwirkung eingesetzt (CIOS XXXII-20). Leuchtspurmunition wurde in verschiedenen Helligkeitsstufen hergestellt - hellere für den Gebrauch bei Tageslicht, weniger helle als sogenannte "Glimmspur" oder aber "Dunkelspur" für den Gebrauch bei Dunkelheit. Die verschiedenen Helligkeitsstufen wurden durch Verwendung unterschiedlicher Zündsätze oder durch Verwendung spezieller Glimmspursätze sowie Dunkelspursätze erreicht. Für den Einsatz von Glimmspursätzen waren darauf abgestimmte Glimmspurzündsätze erforderlich. Dunkelspursätze wurden ohne Zündsätze verwendet. Die Zündung erfolgte hier unmittelbar durch das brennende Treibmittel. Für spezielle Zwecke eingesetzte Leuchtspurmunition war mit einem Verzögerungssatz versehen, der sogenannten "Dunkelzündung". Es handelte sich um einen Glimmzündsatz, der die Leuchtspur erst dann entzündete, wenn das Geschöß bereits einen Teil der Flugbahn zurückgelegt hatte. Damit sollte eine Blendwirkung des Schützen vermieden und zugleich die Lokalisierung des Abschußpunktes für den Gegner erschwert werden. Mit dem Einsatz von Leuchtgeschossen kann auch ein Inbrandsetzen von Zielen, z. B. Flugzeug-Treibstofftanks beabsichtigt werden. Dementsprechend kann die Munition - als "Leuchtspur" mehr auf die Leuchtfunktion oder - als "Brandspur" - mehr auf die Brandfunktion (vgl. auch Kap. B 5.2.8.1) ausgelegt sein (CIOS XXXII-20).

B 5.2.1.2 Mengenmäßige Bedeutung

Im 2. Weltkrieg wurde Leuchtspurmunition in großen Mengen verwendet. Zum Beispiel war es üblich, bei Maschinengewehren auf vier Schuß Normalmunition einen Schuß Leuchtspur einzusetzen (HOGG 1989).

B 5.2.1.3 Produktkomponenten

Die Ausführungen zu diesem Punkt beziehen sich ausschließlich auf Leuchtspurmunition, die im 2. Weltkrieg eingesetzt wurde. Für die Herstellung von Leuchtspursätzen gab es keine zentrale Regelung. Jeder Hersteller verwendete eigene Rezepturen, die individuell entwickelt wurden. Die gewichtsmäßigen Relationen zwischen Leuchtspursätzen und Zündsätzen lagen für helle

Leuchtspur zwischen 5 zu 1 und 5 zu 4 (ermittelt aus CIOS XXXII-20).

B 5.2.1.3.1 Leuchtpursätze

Im 2. Weltkrieg wurden Leuchtpursätze der folgenden Farbgebung hergestellt.

Weißer Leuchtpursätze

Leuchtspurmassen dieser Farbgebung wiesen Bariumnitrat (52 %) und Magnesium (40 %) als Hauptkomponenten auf.

Als Bindemittel wurde Acetaldehydharz zugesetzt. Als weitere Nebenkomponente war Kaliumoxalat enthalten.

Rote Leuchtpursätze

Hauptkomponenten waren Magnesium und Strontiumnitrat als farbgebende Komponenten. Neben Strontiumnitrat

waren zum Teil in geringeren Anteilen auch andere Strontiumverbindungen - Strontiumperoxid und Strontiumfluorid -

enthalten. Als Bindemittel wurde Phenolharz oder Acetaldehydharz hinzugefügt. Die meisten dieser Sätze enthielten

außerdem PVC (als "Igelit" bezeichnet). Als weitere chlorierte Verbindung war in einem Leuchtsatz Calciumdichlorphthalat enthalten.

Orangefarbene Leuchtpursätze

Hauptkomponenten waren ebenfalls Strontiumnitrat (60 %) und Magnesium (20 %). Als gelbfärbende Komponente

wurde Natriumoxalat eingesetzt. Als Bindemittel diente Acetaldehydharz.

Gelbe Leuchtpursätze

Hauptkomponenten waren Bariumnitrat und Magnesium. Als Bindemittel dienten Phenolharz und Acetaldehydharz.

PVC war in einem Leuchtsatz der Kriegsmarine enthalten.

Glimmpursätze

Glimmpursätze enthielten als Hauptkomponenten Bariumnitrat und Bariumperoxid. Als Bindemittel wurde Phenolharz

eingesetzt. Weitere Nebenkomponenten waren Natriumoxalat und Calciumsilicid.

Dunkelpursätze

Dunkelpursätze enthielten als mengenmäßig wichtigste Komponente in Anteilen von 66 % bzw. 53 %

Bariumperoxid. Bei geringerem Bariumperoxidanteil war als weitere Bariumverbindung Bariumsulfat enthalten. Als

Bindemittel diente Phenolharz. Weitere Nebenkomponenten waren u. a. Kaliumnitrat, Strontiumoxalat,

Strontiumperoxid sowie in einem Leuchtsatz PVC.

B 5.2.1.3.2 Zündsätze

Hauptkomponente für alle Zündsätze war Bariumperoxid. Magnesium war in Zündsätzen für helle Leuchtpursätze in

Anteilen von 13 bis 20 %; in Glimmpursätzen in Anteilen von meist 9 % enthalten. Als Bindemittel in Zündsätzen für

helle Leuchtspur wurde Phenolharz oder Acetaldehydharz, in solchen für Glimmspur und Dunkelspur nur Phenolharz

eingesetzt. In einem Zündsatz für helle Leuchtspur war als Nebenkomponente Bleioxid mit einem Anteil von 10,6 %

enthalten.

In der Deutschen Waffen Munitionsfabrik (DWM) in Schlutup wurden wenige Jahre vor Kriegsende Zündsätze

hergestellt, die Strontiumpikrat enthielten. Wegen mehrerer Explosionsfälle beim Trocknen und Sieben dieser

Mischungen wurde die Verwendung von Strontiumpikrat aufgegeben (CIOS XXXII-20).

B 5.2.2 Leuchtmittel für Signal- und Markierungszwecke

B 5.2.2.1 Verwendungszweck und Verwendungszeitraum

1. Weltkrieg

Verwendet wurden mittels Standard-Leuchtpistole (Kaliber 26 mm) abzuschießende

Leuchtsignalpatronen, mit denen

jeweils einzelne weiße oder farbige Leuchtsterne sowie Doppelsterne freigesetzt werden konnten

(ULLMANN

"Feuerwerkerei" 1917, 1930 sowie LANGHANS 1922). Für Signalsterne wurden Sätze mit weißer, roter, grüner und

gelber Farbgebung verwendet. Neben der Leuchtpistole wurden die Signalsterne mittels

Geschossen, Raketen und

Bomben eingesetzt (KAST 1921).

2. Weltkrieg

Zur Übermittlung von Leuchtsignalen wurden mit der Standard-Leuchtpistole, seltener mittels

Gewehr abzuschießende

Leuchtsignalpatronen verwendet. Je nach Farbgebung einzelner Sterne und der Farbkombination

und Farbabfolge

mehrerer Sterne konnten verschiedene Signale übermittelt werden. Eingesetzt wurden

Einzelsternpatronen,

Mehrsternpatronen bzw. sogenannte Sternbündel sowie die Kombination von Leuchtspur mit

Sternen als sogenannte

Signalpatronen mit Vorsignal.

Größere an Fallschirmen befestigte Leuchtsatzbehälter oder Leuchtkerzenbündel wurden mittels

Granaten, Raketen und

Bomben eingesetzt.

Raketen-Leuchtsätze wurden u. a. dazu verwendet, Zielmarkierungen der alliierten Luftstreitkräfte vorzutäuschen, um

so Bombenabwürfe in unempfindliche Gebiete zu lenken. Diese Raketen mit einem Kaliber von 15 cm wurden als

"Raketen-Schein-schußgerät (RSSG)" bzw. in der verbesserten Version als "Raketen-Leuchtgerät-

Scheingeschoß (RLSG)" bezeichnet. Sie wurden jedoch auch für andere Zwecke eingesetzt, z. B.

zur Anzeige der

Anflugrichtung und des Umfangs alliierter Bombenverbände sowie zur Anzeige von Landeplätzen

für eigene Piloten bei

stärkerem Nebel. Für Nachteinsätze wurden diese Raketen mit Signalleuchtsatzbehältern oder frei

fallenden

Signalsternen, für Tageseinsätze mit Nebelsatzbehältern oder Nebelkerzen ausgerüstet. Die Raketen

waren entweder mit

einem Verzögerungszünder (V 22) oder einem elektrischen Verzögerungszünder ausgestattet.

Zur Simulation alliierter Zielmarkierungen wurde die Leuchtmarkierungsbombe "Mark 50

Kaskade", von eigenen

Flugzeugen abgeworfen. Gegen Ende des Krieges wurde diese Bombe auch auf dem Boden plaziert und

gezündet (CIOS XXXII-56).

B 5.2.2.2 Mengenmäßige Bedeutung

Im Werk Cleeborn der Depyfag wurden in den Jahren 1940, 1942 und 1944 jeweils 9 bis 9,7

Millionen

Leuchtsignalpatronen hergestellt. Dabei handelte es sich etwa je zur Hälfte um solche roter oder

grüner

Farbgebung (BIOS 477).

Unter Annahme von 9 Millionen hergestellten Signalpatronen mit einer durchschnittlichen

Leuchtsatzmenge von

12 g (vgl. Kap. B 5.2.2.3) ergibt sich eine jährliche Produktionsmenge von 108 t Leuchtsatz. Blaue Signalleuchtsätze hatten im Vergleich zu den übrigen Farbgebungen mengenmäßig nur geringe Bedeutung (CIOS XXXII-9).

Produktionsangaben für farbige Leuchtkerzen liegen für die Deutschen Leucht- und Signalmittel Werke (DLSW) in

Schönhagen vor. Hier wurden monatlich 285.000 verschiedenfarbige Leuchtkerzen hergestellt, die sich wie folgt in

verschiedene Größen untergliederten:

- 200.000 Stück im Kaliber 40 mm,
- 30.000 Stück im Kaliber 60 mm,
- 50.000 Stück im Kaliber 80 mm,
- 5.000 Stück im Kaliber 100 mm.

40 mm Leuchtkerzen weisen eine Länge von 35 cm, 80 mm Leuchtkerzen eine solche von 25 bis 30 cm auf (BIOS 460).

Unter Annahme eines spezifischen Gewichtes des Leuchtsatzes von ca. 1,8 g/cm³ (berechnet aus den in Kap. B 5.2.2.3

enthaltenen Angaben über die "Kaskade Leuchtkerzen") sowie einer durchschnittlichen Länge der Leuchtkerzen von

30 cm ergibt sich eine Menge von ca. 340 t für die monatliche Produktion von Leuchtkerzen.

B 5.2.2.3 Produktkomponenten

Die im 2. Weltkrieg eingesetzten Signalpatronen enthielten 8 bis 14 g Leuchtsatz, 1 bis 2 g Anzündemittel sowie 1 g

Zündübertragungsmittel. Damit ergibt sich als Verhältnis von Leuchtsatz zu Zündsatz eine Gewichtsrelation von ca. 5

zu 1. Die für Artilleriebeobachtungszwecke eingesetzte "M-Patrone" enthielt 22 g Leuchtsatz, 2 g Primärzündmittel,

0,5 g Anzündemittel (Relation Leuchtsatz/Zündsatz ca. 5/1) (CIOS XXXII-9).

Bei Verwendung von Leuchtsatzbehältern in RSSG-Raketen wurden folgende Mengen eingesetzt:

- Leuchtsatz 6 bis 7 kg (je nach Farbwirkung),
- Primärzündmittel 1,5 g,
- Zündübertragungsmittel 1,5 g,
- Anzündemittel 17 g.

(Relation Leuchtsatz/Zündsatz ca. 325/1)

Weiterhin konnten in diesen Raketen Einzelsternpatronen oder sogenannte Kaskade-Leuchtkerzen eingesetzt werden.

Einzelsternpatronen enthielten 9 bis 10 g Leuchtsatz, 1,5 g Zündmittel sowie 1 g

Zündübertragungsmittel (Relation

Leuchtsatz/Zündsatz ca. 4/1). Kaskade-Leuchtkerzen mit einem Durchmesser von ca. 3,8 cm und einer Länge von ca.

15,2 cm, die mit roter oder grüner Farbgebung hergestellt wurden, enthielten 300 bis 320 g Leuchtsatz, 5 bis 7,5 g

Zündübertragungsmittel sowie 5 g Anzündmittel (Relation Leuchtsatz/Zündsatz ca. 10/1) (CIOS XXXII-56).

B 5.2.2.3.1 Leuchtsätze

Die verschiedenen Farbgebungen wurden durch folgende Elemente bzw. ihre Verbindungen erzeugt:

- Natrium für gelbes Licht,
- Strontium, Calcium für rotes Licht,
- Barium für grünes Licht,
- Kupfer für blaues Licht.

Die Mischfarben Orange und Violett wurden durch Kombinationen der Farbgebungen rot/gelb bzw. rot/blau erzielt (HENKEL 1928).

1. Weltkrieg

Abweichend von sonstigen in der Literatur angegebenen Rezepturen wurde nach KAST in der Kriegsproduktion auf die

Verwendung schwer erhältlicher bzw. knapper Stoffe wie z. B. Quecksilberchlorid und Milchezucker (Laktose)

verzichtet. Schellack wurde durch synthetische Produkte wie z. B. Bakelit - einem aus Phenol und Formaldehyd

hergestellten Kunstharz - ersetzt. KAST weist darauf hin, daß die Zusammensetzung der Sätze nicht verbindlich

vorgegeben war, so daß in Einzelfällen auch erhebliche Abweichungen von der üblichen Rezeptur vorliegen

konnten (KAST 1921).

Weißer Leuchtsätze

Im Feuerwerkslaboratorium Siegburg wurden für Kriegszwecke weiße Leuchtsätze der folgenden Zusammensetzung

hergestellt:

- Weißer Aluminiumleuchtsatz: 64 % Bariumnitrat, 20 % Aluminium, 16 % Schwefel;

- Weißer Magnesiumleuchtsatz: 70 % Bariumnitrat, 24 % Magnesium, 6 % Schellack.

KAST gibt eine mit dem genannten Aluminiumleuchtsatz weitgehend übereinstimmende Zusammensetzung an.

Allerdings ist bei dieser der Schwefel zu einem geringen Anteil (2,5 %) durch Harz oder Schellackersatz (u. a. Bakelit)

ersetzt (KAST 1921).

Die als Bindemittel zugesetzte Lösung von Schellack in Ethylalkohol wurde im Laufe des 1. Weltkriegs nach

LANGHANS auch durch sogenanntes "Albertol" ersetzt (LANGHANS 1922). Dabei handelte es sich um ein

modifiziertes Phenolharz (ULLMANN "Phenolharz" 1962).

Rote Leuchtsätze

Im Feuerwerkslaboratorium Siegburg wurden für rote Leuchtsterne in Signalpatronen Leuchtsätze folgender

Zusammensetzung hergestellt: 62 % Kaliumchlorat und 24 % Strontiumoxalat als Hauptkomponenten sowie jeweils

7 % Laktose und Kohle als Nebenkomponten (LANGHANS 1922).

KAST gibt damit weitgehend übereinstimmende Anteile der Hauptkomponenten von 65 % bzw. 26% sowie als

Nebenkompontente 9 % Harz oder Schellackersatz (u. a. Bakelit) an (KAST 1921).

Grüne Leuchtsätze

Im Feuerwerkslaboratorium Siegburg wurden für grüne Leuchtsterne in Signalpatronen Leuchtsätze der folgenden

Zusammensetzung hergestellt: 86 % Bariumchlorat als Hauptkomponente, 14 % Schellack als Nebenkompontente (LANGHANS 1922). KAST gibt identische Komponenten und Anteile an

(KAST 1921).

Gelbe Leuchtsätze

Kast gibt folgende Rezeptur an: 42,2 % Magnesiumpulver, jeweils 28,2 % Kaliumnitrat und Natriumoxalat sowie 1,4 %

Harz oder Schellackersatz (u. a. Bakelit) (KAST 1921).

2. Weltkrieg

Weißer Leuchtsätze

Nach CIOS XXXII-9 können mit folgender Rahmenrezeptur praktisch alle verwendeten weißen Leuchtsätze beschrieben werden.

- Bariumnitrat 54 - 76 %,
- Kaliumnitrat bis 10 %,
- Aluminium oder Aluminium-/Magnesium-Legierung 15 - 18 %,
- Vaseline oder Wachs 2 - 20 %,
- Bariumfluorid bis 6 %,
- Schwefel 4 - 12 %.

Abweichend von diesen Angaben wiesen die Leuchtpursätze der Sternbündelpatrone weiß mit weißem Vorsignal einen

Aluminiumanteil von 30 % und der zur Artillerieerkundung verwendeten M-Patrone einen Aluminiumanteil von 32 %

auf. In der Rezeptur für die Sternbündelpatrone weiß mit weißem Vorsignal ist als weitere Komponente mit einem

Anteil von 12 % Tetranitrocarbazol, das auch als "Gelbmehl" bezeichnet wird, angegeben (CIOS XXXII-9).

Rote Leuchtsätze

Rote Leuchtsätze bestanden fast durchweg aus Strontiumnitrat, Magnesium und Polyvinylchlorid (PVC). Zum Teil

waren Wachs oder verschiedene organische Substanzen beigemischt. Mit der folgenden Rahmenrezeptur können nach

CIOS XXXII-9 praktisch alle im Zeitraum von 1940 bis 1945 eingesetzten roten Leuchtsätze beschrieben werden:

- Strontiumnitrat 50 bis 61 %,
- Magnesium 17 - 35 %,
- PVC oder chloriertes PVC 14 - 28 %,
- I. G. Wachs oder Vaseline 1 - 5 %.

"I. G. Wachs" bezeichnet ein synthetisches Hartwachs auf Basis von Montanwachs. Montanwachse wurden durch

Extraktion mittels Ether aus Braunkohle gewonnen.

Abweichend von dieser Rahmenrezeptur war das Magnesium in einigen Sätzen ganz oder teilweise durch

Magnesium/Aluminium-Legierung ersetzt worden (CIOS XXXII-9).

In den RSSG-Raketen wurden rote Leuchtsätze verwendet, die mit 65 % bzw. 46 % etwas höhere bzw. niedrigere

Anteile Strontiumnitrat enthielten als in der Rahmenrezeptur angegeben. Hervorzuheben ist, daß in diesen Leuchtsätzen

mit 15 bis 16 % zu einem erheblichen Anteil chloriertes PVC (Chlorgehalt 63 %) eingesetzt wurde (CIOS XXXII-56).

Gegen Ende des Krieges wurden unter Verwendung von Monostyrol als Bindemittel handgepreßte rote Leuchtsätze für

Markierungsbomben hergestellt. Als Katalysator für die Polymerisation des Monostyrols diente in Benzol gelöstes

Zinntetrachlorid (CIOS XXXII-9).

Grüne Leuchtsätze

Die Entwicklung eines brauchbaren grünen Leuchtsatzes stellte Probleme, weil die Anforderungen an kräftige

Farbgebung und zugleich hohe Leuchtintensität nur schwer zu vereinbaren waren. Das spiegelt sich in den zahlreichen

und innerhalb kurzer Abstände geänderten Rezepturen wieder. Die folgende Rahmenrezeptur mit

Bariumnitrat als

Hauptkomponente ist nach EPPIG repräsentativ für die meisten hergestellten grünen Leuchtsätze.

Da daneben jedoch

auch grüne Leuchtsätze mit Bariumchlorat als Hauptkomponente verwendet wurden, soll im folgenden zwischen

Mischungen des Bariumnitrat-Typs und des Bariumchlorat-Typs unterschieden werden.

- Bariumnitrat-Typ -

In CIOS XXXII-9 wird folgende Rahmenrezeptur angegeben:

- Bariumnitrat 54 - 61 %,

- Magnesium 11 - 30 %,

- PVC oder chloriertes PVC 18 - 25 %,

- I. G. Wachs oder Vaseline 0,5 - 4 %.

Ende 1944 waren Leuchtsätze in Gebrauch, die als Nebenkomponten - bei geringerem Magnesiumanteil von 5 bis

8 % - Silicon und Resorcyssäure enthielten (CIOS XXXII-9, BIOS 477). In den Raketen RSSG sowie RLSG wurden

grüne Leuchtsätze verwendet, die 28,5 % PVC sowie anstelle von Magnesium eine

Magnesium/Aluminium-

Legierung (50/50) enthielten (CIOS XXXII-56).

Gegen Kriegsende wurden für Markierungsbomben grüne Leuchtsätze eingesetzt, die unter Verwendung von Styrol als

Bindemittel ohne den Einsatz von Pressen verfestigten. Bei einem Anteil von 51 % bzw. 58 % Bariumnitrat als

Hauptkomponente waren in diesen Leuchtsätzen unter anderem folgende Nebenkomponten enthalten:

- Magnesium 20 bzw. 25 %,

- Styrol 6,9 bzw. 10 %,

- PVC 3 bzw. 7 %,

- Bariumchlorid 5 bzw. 9 %,

- Zinntetrachlorid 1 %,

- Benzoylperoxid 0,1 %.

In Benzol gelöstes Zinntetrachlorid oder Benzoylperoxid wurden in diesem Leuchtsatz als Katalysatoren für die

Polymerisation des Monostyrols verwendet (CIOS XXXII-9) (vgl. auch Kap. B 5.3.1.2.3).

- Bariumchlorat-Typ -

1940 wurden grüne Leuchtsätze mit Bariumchlorat als Hauptkomponente (64 %) sowie Schellack und

Kaliumchlorat (jeweils 18 %) als Nebenkomponten entwickelt. Vor dem Pressen wurden diese Sätze mittels eines

Alkohol-Wasser-Gemisches (50/50) angefeuchtet.

Wegen des zunehmenden Mangels an Schellack wurden diese Leuchtsätze später durch Sätze folgender

Zusammensetzung ersetzt:

- Bariumchlorat 79 bzw. 80 %,

- Anthrazen 10,5 bzw. 11,5 %,

- Laktose 1,7 bzw. 3,5 %,

- Dextrin (gelb) 2 %

oder

- Methylcellulose 2,3 %.

Diese Sätze wurden vor dem Pressen mit Wasser angefeuchtet (CIOS XXXII-9, BIOS 477).

Gelbe Leuchtsätze

Die meisten der verwendeten gelben Leuchtsätze können nach EPPIG mit folgender

Rahmenrezeptur beschrieben

werden (CIOS XXXII-9):

- Natriumnitrat 23 - 56 %,
- Magnesium, Aluminium oder insg. 20 - 55 %, Magnesium-Aluminium-Legierung
- Vaseline, Wachs oder Holzmehl insg. 3 - 25 %,
- Calciumoxalat oder Calciumcarbonat bis 10 %.

Gelbe Leuchtpursätze in Leuchtpatronen mit Vorsignal enthielten als Wachskomponente I. G. Wachs (Typ L) oder

Montanwachs (CIOS XXXII-9, CIOS XXXII-56). In einer Rezeptur für gelbe Sterne wurde bei verringertem

Magnesiumanteil (17 %) als weitere Komponente PVC angegeben (27,5 %). In

Markierungsbomben wurden gegen

Kriegsende Leuchtsätze eingesetzt, die Styrol mit dem Katalysator Benzoylperoxid als Verfestigungsmittel sowie als

weitere Nebenkomponekte Natriumoxalat enthielten (CIOS XXXII-9).

Blaue Leuchtsätze

Die Entwicklung blauer Leuchtsätze mit befriedigenden Eigenschaften sowohl hinsichtlich kräftiger Farbgebung und

zugleich hoher Leuchtintensität stellte noch größere Probleme als die Entwicklung zufriedenstellender grüner

Leuchtsätze. Blaue Leuchtsätze wurden nur in wenigen Pilotchargen hergestellt. Die in Einzelsternen und

Mehrsternpatronen verwendeten Sätze enthielten als Hauptkomponenten:

- Kaliumchlorat oder Kaliumnitrat;
- Kupfer(II)acetatarsenit ("Schweinfurter Grün", "Pariser Grün") oder sogenanntes Kupferprodukt B
- das Kupfersalz einer chlororganischen Verbindung - als blaufärbende Kupferkomponente in Anteilen von 31 % bzw. 45 %.

Als Nebenkomponekte waren entweder Anthrazen, Laktose und Methylcellulose oder Magnesium und Bariumnitrat

enthalten (CIOS XXXII-9).

In der Kriegsmarine wurden blaue Leuchtsätze verwendet, die anstelle von Kupferverbindungen Bleiperoxid

enthielten (BIOS 461).

Eine Signalstoffmischung, mit der blauer Rauch für die Anwendung bei Tageslicht und zugleich blaues Licht für die

Anwendung bei Dunkelheit erzeugt werden konnte, enthielt u. a. folgende Komponenten (BIOS 477):

- Kaliumchlorat 45 %,
- Kupfer(II)acetatarsenit 15 %,
- Schellack 4 %,
- Laktose 3 %,
- Dextrin (gelb) 1 %.

B 5.2.2.3.2 Zündsätze

1. Weltkrieg

Zum Zünden der Leuchtsätze wurden folgende Zündmittel verwendet:

- Schwarzpulver aus 75 % Kaliumnitrat, 10 % Schwefel und 15 % Holzkohle sowie Sätze mit den gleichen

Komponenten jedoch in anderen Anteilen (z. B. sogenannter "Brandsatz" sowie "Neues Gewehrpulver 71").

- Nitrocellulose in Form von Schießbaumwolle-Zündschnüren und nitriertem Löschpapier

(Nitropapier).

- Rauchloses Pulver in Streifenform.

- Zündschnüre aus Baumwollfäden, die mit einer Paste aus Schwarzpulvermehl, Spiritus und z. T. auch

Gummiarabicumlösung - einem pflanzlichen Schleim - bestrichen waren (sogenannte "Stoppinen").

- Lunten aus geflochtenen Baumwollstricken, die mit heißer Bleinitrat- oder Bleiacetat- oder Kaliumchromatlösung

getränkt waren.

- Zündsätze aus Bariumnitrat (30 %), Kaliumnitrat (30 %), Magnesium (26 %), Holzkohle (26 %) sowie

Schellack (1 %) (KAST 1921).

2. Weltkrieg

Primärzündsätze

Als Primärzündsätze wurden meist geringe Mengen Schwarzpulver verwendet. Für die Zündung der Leuchtsätze in

Sternpatronen mit Vorsignal sowie M-Patronen wurde auch ein Primärzündsatz aus Zirkonium (52 %) und

Kaliumnitrat (48 %) eingesetzt. Ein weiterer in Sternpatronen mit Vorsignal verwendeter

Primärzündsatz bestand aus

75 % Schwarzpulver, 13 % Zirkonium und 12 % Kaliumnitrat.

Sekundärzündsätze

Die verwendeten Sekundärzündsätze (Zündübertragungssätze) können nach CIOS XXXII-9 weitgehend drei

Grundtypen zugeordnet werden, die durch folgende Zusammensetzung gekennzeichnet sind:

Typ I II III

Kaliumnitrat 16 46 40

Aluminium 10 11 30

Schwarzpulver (gemahlen) 50 29 -

Schwefel 8 11 -

Tetranitrocarbazol - - 30

Bariumnitrat 16 - -

Zirkonium - 3 -

Mehrere Beispiele von Sekundärzündsätzen des Typs I wiesen einen deutlich höheren

Bariumnitratgehalt auf als in der

angegebenen Rahmenrezeptur.

Zunächst waren Sekundärzündsätze der Typen I und II in Gebrauch. Von Beginn 1945 an wurde der Typ III in großen

Mengen verwendet.

Neben den genannten Typen wurden auch Zündsätze mit Bariumperoxid als Hauptkomponente in Anteilen von 40 %

bzw. 80 % verwendet.

Tertiärzündsätze

Über Primär- und Sekundärzündsätzen hinaus wurden zur Zündung der in M-Patronen sowie in den Raketen RSSG

sowie RLSG verwendeten Leuchtsätze Tertiärzündsätze eingesetzt; die u. a. folgende Komponenten enthielten (CIOS

XXXII-9, CIO XXXII-56):

- RSSG/RLSG -

- Strontiumnitrat oder Bariumnitrat als Hauptkomponente (jeweils ca. 60 %)

- PVC (20 - 24 %)

- Magnesium oder Aluminium (15 - 22 %)

- Natriumoxalat* (16,2 %)

- und Bariumfluorid* (6 %)
- (* in Zündsätzen mit Bariumnitrat als Hauptkomponente).
- M-Patrone -
- Bariumperoxid (40 %)
- Aluminium (26 %)
- Bariumnitrat (34 %).

B 5.2.2.3.3 Zündverzögerungssätze

1. Weltkrieg

Als Zündverzögerungsmittel wurden mit "Brandsatz" (vgl. Kap. B 5.2.2.3.2) gefüllte Hülsen sowie stark gepreßte

Schwarzpulverkörner verwendet (KAST 1921).

2. Weltkrieg

In der RSSG-Rakete wurde eine Zündverzögerungseinheit bestehend aus Hitzeübertragungssatz (0,45 g),

Verzögerungssatz (2,7 g) und Anzündersatz (0,45 g) verwendet.

Verzögerungssatz und Hitzeübertragungssatz enthielten als Hauptkomponenten Strontiumnitrat (60,1 bzw. 55,1 %) und

Magnesium (20,4 bzw. 17,5 %) sowie als Nebenkomponente Strontiumcarbonat (12,0 bzw. 5,0 %) und Phenol-

Formaldehydharz (10,0 bzw. 6,0 %). Im Verzögerungssatz war als weitere Komponente chloriertes PVC (63 % Cl) in

einem Anteil von 9,3 % enthalten.

Hauptkomponenten des Anzündersatzes waren Bariumnitrat (36,6 %) und Magnesium (29,0 %). Als Nebenkomponenten waren Phenol-Formaldehydharz (10,7 %) sowie Strontiumpikrat (16,4 %) und Strontiumfluorid (7,3 %) enthalten (CIOS XXXII-56).

B 5.2.3 Leuchtmittel für Beleuchtungszwecke

B 5.2.3.1 Arten, Verwendungszweck und Verwendungszeitraum

1. Weltkrieg

Verwendet wurden Leuchtpatronen, die mittels Standard-Leuchtpistole, Granaten, Raketen oder Bomben abgeschossen

bzw. eingesetzt werden konnten und Leuchtsterne bildeten. Die weißes Licht abgebenden

Leuchtsterne dienten zur

kurzzeitigen Beleuchtung kleinerer Geländeabschnitte. Für die Beleuchtung über längere Zeiträume und größerer Areale

wurden Scheinwerfer eingesetzt (ULLMANN "Feuerwerkerei" 1917, ULLMANN "Feuerwerkerei" 1930). Nach einer

anderen Quelle wurden für diesen Zweck auch Leuchtfackeln verwendet. Diese bestanden aus Zinkblechhülsen, in die

der Satz schichtenweise eingepreßt oder in Form eines in Papier gefüllten Preßzylinders eingesetzt wurde (KAST

1921).

2. Weltkrieg

Verwendet wurden Leuchtpatronen, die mittels der Standard-Leuchtpistole oder mittels Gewehr abgeschossen werden

konnten. Größere Leuchtsatzmengen wurden mittels Leuchtgranaten oder Leuchtraketen eingesetzt.

Von der

Kriegsmarine wurde eine Leuchtrakete mit Schwarzpulver als Treibmittel verwendet (Raketen-Leucht-Geschoß

RLG) (CIOS XXXII-10). Granaten konnten bis zu 3,5 kg Leuchtsatz enthalten. Besitzen die am Fallschirm hängenden

Leuchtkörper eine hohe Lichtleistung und lange Brenndauer, so spricht man von "Vorfeldbeleuchtung" (ULLMANN

"Pyrotechnik" 1980). Mit Leuchtsatz gefüllte Bomben dienten zur Beleuchtung und Markierung von Bombenzielen.

Hier liegen nähere Angaben für die Leuchtbombe LC 50 F/K vor.

Von September 1944 bis Kriegsende wurden in großen Mengen sogenannte "Bodenleuchten" eingesetzt. Diese dienten

zur Beleuchtung der Erdoberfläche, sodaß die Silhouetten alliierter Bombenflugzeuge für höher fliegende deutsche

Jagdflugzeuge besser zu erkennen waren. In der Regel enthielt die Bodenleuchte einen gelben Leuchtsatz, teilweise

wurde sie jedoch auch mit weißem Leuchtsatz eingesetzt (CIOS XXXII-10).

B 5.2.3.2 Mengenmäßige Bedeutung

1. Weltkrieg

Es liegen keine Produktionsangaben vor. Die Tatsache, daß neben Leuchtfackeln nur mit der Leuchtpistole

abzuschießende Leuchtpatronen eingesetzt wurden, deutet auf eine geringere Bedeutung der für Beleuchtungszwecke

verwendeten Leuchtsätze als im 2. Weltkrieg hin.

2. Weltkrieg

Im Werk Cleeborn der Depyfab wurden in den Jahren 1940, 1942 und 1944 3,8/3,9 sowie 5,2 Millionen

Leuchtpatronen hergestellt (BIOS 477). Unter Annahme einer durchschnittlichen Leuchtsatzmenge von 33 g je

Leuchtpatrone (vgl. Kap. B 5.2.3.3) ergibt sich damit für 1944 eine Jahresproduktion von ca. 172 t Leuchtsatz. Gegen

Kriegsende wurden in sehr großen Mengen Bodenleuchten eingesetzt (CIOS XXXII-10).

B 5.2.3.3 Produktkomponenten

Angaben hinsichtlich der Gewichtsrelation von Leuchtsätzen und Zündsätzen liegen nur für im 2. Weltkrieg eingesetzte

Leuchtpatronen vor. Diese enthielten 30 bis 36 g Leuchtsatz, 1 g Primärzündsatz, 2 g

Zündübertragungssatz sowie 1 g

Anzündsatz (Relation Leuchtsatz/Zündsatz ca. 9/1) (CIOS XXXII-10).

B 5.2.3.3.1 Leuchtsätze

1. Weltkrieg

Verwendet wurden weiße Leuchtsätze, deren Zusammensetzung mit der von weißen Leuchtsätzen für Signal- und

Markierungszwecke übereinstimmt (vgl. Kap. B 5.2.2.3.1) (KAST 1921).

2. Weltkrieg

Gelbe Leuchtsätze

- Natriumnitrat-Typ -

Die Zusammensetzung dieser Sätze entspricht weitgehend der für Signal- und Markierungszwecke verwendeten gelben

Leuchtsätze. Als Nebenkomponten waren außerdem z. T. Magnesiumstearat und Strontiumnitrat enthalten.

- Calciumsulfat-Typ -

Gegen Kriegsende wurden in Bodenleuchten und Schwimbleuchten gelbe Leuchtsätze mit Calciumsulfat und

Magnesium oder Magnesium-Aluminium-Legierung (50/50) (jeweils ca. 40 %) als

Hauptkomponenten eingesetzt.

Nebenkomponten waren Natriumnitrat (11 - 13 %) sowie zum Teil Calciumcarbonat (15 %).

Durch Zusatz von

Wasser wurde ein Abbindevorgang bewirkt, so daß eine ausreichende Verfestigung des Leuchtsatzes ohne den Einsatz

von Pressen zu erreichen war.

- Verwendung gelber Leuchtsätze in der Bodenleuchte P -

Die Bodenleuchte P wurde ab September 1944 in großen Mengen eingesetzt. Sie enthielt zunächst mit mechanischen

Pressen zu verfestigende Sätze des Natriumnitrat-Typs, gegen Kriegsende solche des Calciumsulfat-Types.

Zwischenzeitlich wurde ein Gemisch aus Natriumnitrat (50 %) und Magnesium (35 %) als Hauptkomponenten sowie

Holzmehl als Nebenkomponente eingesetzt, das in zeitlicher Folge mit folgenden Bindemitteln verfestigt

wurde (Polymerisations-Typ) (vgl. auch Kap. B 5.3.1.2.3) (CIOS XXXII-10, BIOS 1233).

- Nitroharzlösung;

- Styrol mit zunächst Benzoylperoxid, später in Benzol gelöstem Zinntetrachlorid als Katalysator (vgl. auch Bild 5-1);

- CSB-Bindemittel (2-Cyano-hexadi(2,4)en-1-Carbonsäure-Butylester), zunächst mit Butylamin, später mit

Magnesiumoxid als Katalysator.

Weißer Leuchtsätze

Weißer Leuchtsätze enthielten Bariumnitrat (ca. 60 %) als mengenmäßig wichtigste Komponente.

Daneben waren

Magnesium, Aluminium oder Magnesium-Aluminium-Legierung (50/50) sowie Schwefel als mengenmäßig bedeutende

Komponenten enthalten (CIOS XXXII-10, BIOS 1233).

B 5.2.3.3.2 Zündsätze

1. Weltkrieg

Für Leuchtsterne wurden die bereits in Kap. B 5.2.2.3.2 genannten Zündsätze verwendet.

Leuchtfackeln enthielten eine

Zündschicht aus nicht verdichtetem Schwarzpulvermehl und Leuchtsatz (KAST 1921).

2. Weltkrieg

Primärzündsätze

Zur Primärzündung wurde vorwiegend reines Schwarzpulver verwendet. In Leuchtpatronen wurden zum Teil auch bis

zu 50 % Beimischungen von Bariumnitrat und Schwefel eingesetzt.

Sekundärzündsätze

Für Leuchtpatronen wurden bis 1943 Sekundärzündsätze des Grundtyps I (vgl. Kap. B 5.2.2.3.2), der einen

Tertiärzündsatz erforderte, und ab 1944 solche des Grundtyps III eingesetzt. Für Leuchtgranaten wurden

Sekundärzündsätze des Grundtyps II jedoch ohne Zirkonium verwendet. Für die Leuchtbombe LC 50 F/K wurde ein

Sekundärzündsatz aus Schwarzpulver, Aluminium, Schwefel und Bariumnitrat eingesetzt.

Tertiärzündsätze

Der Tertiärzündsatz für Leuchtpatronen bestand aus Bariumnitrat (67 %) und Aluminium (33 %).

Tertiärzündsätze für

die Leuchtbombe LC 50 F/K enthielten als weitere Komponente Schwefel, Tertiärzündsätze für Leuchtgranaten als

weitere Komponenten Schwefel und Bariumfluorid.

Zusätze für Zündsätze der Leuchtbombe LC 50 F/K

Zur besseren Entzündbarkeit wurden den Zündsätzen der Leuchtbombe LC 50 F/K zum Teil Kaliumnitrat,

Natriumnitrat oder Bariumfluorid in geringen Anteilen hinzugefügt (CIOS XXXII-10).

B 5.2.3.3.3 Zündverzögerungssätze

In Leuchtpatronen wurde im 2. Weltkrieg ein Zündverzögerungssatz aus Nitrocellulose, Schwefel, Kaliumnitrat sowie Antimonsulfid verwendet. Dieser Satz wurde mit einem Primärzündsatz aus Schwarzpulver, Antimonsulfid und Kaliumnitrat gezündet. Nach Abbrennen des (sekundären) Verzögerungssatzes entzündete dieser einen tertiären Satz aus Schwarzpulver, mit dessen Flamme der Leuchtsatz gezündet wurde (CIOS XXXII-10).

B 5.2.4 Knallmittel

B 5.2.4.1 Arten, Verwendungszweck und Verwendungszeitraum

1. Weltkrieg

Für Manöverzwecke wurden zur Simulation von Granateinschlägen Kanonenschläge in Verbindung mit

Rauchentwicklern (vgl. Kap. B 5.2.6) verwendet.

2. Weltkrieg

Für Übungs- und Manöverzwecke wurden Knallkörper eingesetzt, die im Aufbau den in der Zivilfeuerwerkerei

gebräuchlichen Kanonenschlägen und Blitzschlägen ähnelten, jedoch meist einen Abreißzünder oder einen elektrischen

Zünder besaßen. Die Knallkörper wurden zur Markierung von Geschützabfeuerungen oder Granatenschlägen sowie als

Übungshandgranaten benutzt (ULLMANN "Pyrotechnik" 1963). Blitzschläge weisen sehr hohe Explosionstemperaturen auf, so daß neben der Knallwirkung auch eine blitzartige Lichtwirkung eintritt (ULLMANN

"Pyrotechnik" 1963).

B 5.2.4.2 Mengenmäßige Bedeutung

Mengenangaben liegen nicht vor. Die mengenmäßige Bedeutung wird sowohl im 1. Weltkrieg als auch im 2. Weltkrieg

als gering eingeschätzt.

B 5.3.4.3 Produktkomponenten

1. Weltkrieg

Zur Herstellung von Kanonenschlägen für Manöverzwecke wurde meist Schwarzpulver, seltener rauchschwaches

Pulver, (vgl. Kap. B 2) verwendet (BERL/LUNGE 1932).

2. Weltkrieg

Für zivile Zwecke waren folgende Feuerwerkssätze, die im Aufbau den Mitteln für militärische Zwecke ähnelten,

gebräuchlich (ULLMANN "Pyrotechnik" 1963):

- Kanonenschläge enthielten Knallsätze aus Bariumnitrat (60 %), Aluminiumschliff (25 %) und als Nebenkomponente

Schwarzpulver,

- Blitzschläge enthielten Sätze aus Kaliumperchlorat (72 %) und Aluminiumschliff (28 %).

B 5.2.5 Pfeifmittel

B 5.2.5.1 Arten, Verwendungszweck und Verwendungszeitraum

Im 2. Weltkrieg wurden sogenannte Pfeifpatronen verwendet, die für Signalzwecke mittels Standard-Leuchtpistole

abgeschossen werden konnten. Diese Patronen waren je zur Hälfte mit Leuchtsatz und Pfeifsatz gefüllt (CIOS XXXII-9,

BIOS 477).

B 5.2.5.2 Mengenmäßige Bedeutung

Mengenangaben liegen nicht vor. Die mengenmäßige Bedeutung der Pfeifpatronen wird vom Verfasser als gering eingeschätzt.

B 5.2.5.3 Produktkomponenten

Die Relation zwischen Pfeifsatz und Anzündsatz betrug in den Pfeifpatronen ca. 30/1 (CIOS XXXII-9).

B 5.2.5.3.1 Pfeifsätze

1. Weltkrieg

Zur Herstellung sogenannten "Pfeifsandes", der zur Herstellung "pfeifender Schwärmer" diente, wurden Kaliumpikrat,

Magnesiumpikrat sowie Natriumnitrat als Komponenten verwendet (KAST 1921).

2. Weltkrieg

Im 2. Weltkrieg enthielten Pfeifpatronen Sätze aus Kaliumchlorat (68 - 70 %) und Gallussäure (Anhydrid) (25 - 30 %)

als Hauptkomponenten. Später wurde die Gallussäure wegen des medizinischen Bedarfs durch Resorcylnsäure

ersetzt (CIOS XXXII-9, BIOS 477).

Von MENKE werden für Pfeifsätze, die seit Ende des vergangenen Jahrhunderts bekannt sind und bis in die 50er Jahre

gebräuchlich waren, folgende Zusammensetzungen angegeben (MENKE 1978):

- Kaliumchlorat 70 bzw. 30 %,

- Aluminium 30 bzw. 40 %,

- Bariumnitrat 30 %.

B 5.2.5.3.2 Zündsätze

Als Anzündsatz wurde in Pfeifpatronen Schwarzpulver verwendet (CIOS XXXII-9).

B 5.2.6 Mittel für weißen Nebel und dunklen Rauch

In der Physik werden Verbrennungsprodukte als Rauch bezeichnet, wenn es sich um feste Partikel handelt, während

Nebel aus schwebenden Flüssigkeitströpfchen gebildet werden. Davon abweichend werden im militärischen

Sprachgebrauch - dieser liegt den folgenden Bezeichnungen zugrunde - beide Begriffe für beide Sachverhalte

verwendet.

B 5.2.6.1 Arten, Verwendungszweck und Verwendungszeitraum

1. Weltkrieg

Sowohl von deutscher als auch von alliierter Seite wurden im 1. Weltkrieg oft Nebelstoffe in Verbindung mit

chemischen Kampfstoffen eingesetzt. Die Nebelstoffe dienten u. a. dazu, einen "Gasangriff" vorzutäuschen und den

Gegner zum Aufsetzen bzw. Aufbehalten der Gasmasken zu veranlassen. Da diese beim Nahkampf hinderlich waren,

konnte so der Angreifer Vorteile erlangen (MÜLLER-KIEL 1943).

In auf Land und See eingesetzten Nebelgranaten wurde Schwefeltrioxid, Oleum, Chlorsulfonsäure sowie ein Gemisch

von Chlorsulfonsäure und Schwefeltrioxid (später als "Nebelsäure" bezeichnet) eingesetzt. Diese Geräte in Form von

Nebeltröpfchen, Nebeltrommeln und Nebelkästen waren so konstruiert, daß die nebelerzeugende Flüssigkeit auf

gebrannten Kalk tropfte, womit die nebelerzeugende Wirkung erheblich verstärkt wurde. In Nebelsprüngeräten erfolgte

eine Zerstäubung der Flüssigkeit mittels Düsen und Preßluft (MEYER 1938, HANSLIAN 1927, PRENTISS 1937). Zur

Erzeugung von dunklem Rauch wurden sogenannte "Anthrazenpfannen" verwendet (HANSLIAN 1927).

In kleineren Raucherzeugern, auch als "Nebelkerzen" bezeichnet, wurden sogenannte "Berger-

Mischungen" mit den Hauptkomponenten Tetrachlormethan und Zinkstaub verwendet (HANSLIAN 1937). Ab 1917 wurden Nebelgranaten eingesetzt. Diese Granaten enthielten im Oberteil des Geschosses den Sprengstoff. Das als Nebelstoff dienende Schwefeltrioxid war im Unterteil in einem in Zement gebetteten Bleibehälter untergebracht. Aufgrund der ausgeglichenen Gewichtsrelation von Sprengstoff zu Nebelstoff können diese Granaten als Nebelbrisanzgranaten bezeichnet werden (MÜLLER-KIEL 1943, HANSLIAN 1927). Nach HANSLIAN wurden Nebelgranaten dieser Bauart mit den Kalibern 7,7 cm, 10,5 cm sowie 15 cm verwendet (HANSLIAN 1927). Die 7,7 cm Granate 16N enthielt als Nebelfüllung Schwefelsäure (Typ "schwarzes N") oder eine Mischung aus Calciumsulfat und Schwefelsäure (Typ "weißes N"). In diesen Granaten war eine erheblich größere Menge Nebelstoff als Sprengstoff enthalten (675 - 700 g bzw. 900 g Nebelfüllung gegenüber 35 bzw. 180 g Sprengladung). Die 10 cm Granate 15 enthielt einen Brandnebelkörper. Dabei handelte es sich um einen in Zement gebetteten Eisenblechzylinder mit einer Füllung aus Magnesium, Calciumsulfat und Schwefelsäure (SCHMIDT-TAPKEN 1984). In mittels Granatwerfern eingesetzten Nebelminen wurde Oleum verwendet. Nebelhandgranaten enthielten als Nebelstoff Chlorsulfonsäure (HANSLIAN 1937).

Für Feldartillerieschosse wurden vor Beginn des 1. Weltkriegs Rauchentwickler eingeführt. Dabei handelte es sich um Phosphor-Paraffin-Mischungen in Papphülsen (KAST 1921). Sie dienten, als gepreßte Körper in die Sprengladung eingebettet, zur Feststellung der Einschlagstellen oder - in einer besonderen Kammer des Geschosses eingebracht - in Verbindung mit Leuchtsätzen zur Kennzeichnung der Geschößflugbahn. Für Übungszwecke wurden Rauchentwickler in Verbindung mit Knallsätzen zur Simulation des Geschützfeuers verwendet. Im 1. Weltkrieg wurden in einem Teil der verwendeten Sprenggranaten als Rauchentwickler dienende Hülsen eingesetzt, die eine Phosphor-Arsentrioxid-Mischung oder eine Mischung aus Phosphor, Arsentrioxid und Paraffin enthielten (SCHMIDT-TAPKEN 1984).

2. Weltkrieg

Im Jahre 1929 wurde die sogenannte "Nebeltruppe" aufgestellt mit dem Auftrag, die Entwicklung von Nebelmitteln und Nebelgeräten aufzunehmen und diese zu erproben. Als weitere Kampfmittel der Nebeltruppe kamen später über Nebelmunition hinaus Sprengmunition, Brandmunition und chemische Kampfstoffe hinzu. Die Bezeichnung "Nebeltruppe" wurde zunächst jedoch aus Tarnungsgründen beibehalten. Zum Einsatz der Kampfmittel wurde die Nebeltruppe zunächst mit Granatwerfern ausgerüstet. Von 1940 an wurden die Granatwerfer durch Raketenwerfer ersetzt. Aus Tarnungsgründen wurden die Werfer als "Nebelwerfer" bezeichnet, obwohl mit ihnen auch Sprengmunition

und Brandmunition abgefeuert werden konnte. 1941 wurde die Bezeichnung "Nebeltruppe" durch die zutreffendere Bezeichnung "Werfertruppe" ersetzt. Eingesetzt wurden Granatwerfer bzw. später Raketenwerfer unterschiedlichen Kalibers. Nebelgranaten konnten jedoch nur mit den 10 cm Granatwerfern bzw. mit den 15 cm Raketenwerfern abgefeuert werden (RIELAU 1966).

In Nebelgranaten wurde Oleum (HOGG 1989), Schwefeltrioxid (BA/MA RW19/2566) sowie Nebelsäure (RIELAU 1966) eingesetzt. Nebelhandgranaten enthielten eine Füllung aus Berger-Mischung (RIELAU 1966).

Daneben wurden folgende Nebelkerzen verwendet:

- Nebelkerze 34 mit einer Mischung mit Hexachlorethan als Hauptkomponente;
- Langnebelkerzen, die eine Füllung aus Berger-Mischung enthielten;
- Schnellnebelkerzen, die zur Selbstvernebelung von Panzern dienten.

Für die Entwicklung von dunklem Rauch wurden sog. Raucherzeuger benutzt.

In den RSSG/RLGS-Raketen (vgl. Kap. B 5.2.2.1) wurden neben Leuchtsätzen für den Einsatz bei Tageslicht auch

Nebel- und Rauchmittel eingesetzt: Zur Erzeugung von weißem Nebel wurde die Patrone mit 3 Nebelkerzen 39 B

gefüllt. Zur Erzeugung von dunklem Rauch wurde die Patrone der Rakete mit ca. 300 hülsenlosen Rauchsatz-Tabletten

gefüllt, die mittels jeweils auf Kopf- und Bodenfläche aufgetragenen Zündsatzschichten gezündet wurden (CIOS XXXII-56).

Vom Herbst 1941 ab wurden erhebliche Mengen von Nebelstoffen zur Vernebelung wichtiger Produktionsbetriebe als

Schutz vor alliierten Luftangriffen eingesetzt. In erster Linie wurde dazu Nebelsäure verwendet, die mittels Druckluft

zerstäubt oder aber auf gebrannten Kalk geleitet wurde (Faßnebelzerstäuber). Bei älteren Geräten wurde eine

sogenannte Druckmittelsäure verwendet. Dabei handelte es sich um ein Gemisch aus gleichen Anteilen Ameisensäure

und Ameisensäuremethylester. Zusammen mit der Nebelsäure bildete das Druckmittel Kohlendioxid, das die

Nebelsäure aus dem Nebelgerät herauspreßte und zerstäubte (ANONYMUS 1943). In anderen Mischungen wurde

Ammoniumchlorid (Salmiak) als Hauptkomponente eingesetzt. Weil die mittels dieser Komponenten erzeugten weißen

Nebel zu auffällig waren, wurden auch Mischungen verwendet, die einen grauen Rauch bildeten, dessen Farbgebung

besser mit der Farbe der natürlichen Wolkendecke übereinstimmte (BAK R3/1955, BAK R3/1957 sowie ULLMANN

"Schwefel und Schwefelverbindungen" 1964). Für diesen Zweck wurde u. a. eine sogenannte "Stuttgarter Mischung"

verwendet, die Ammoniumchlorid als nebelerzeugende Komponente und Hartpech als dunklen Rauch entwickelnde

Komponente enthielt. In anderen Mischungen auf Ammoniumchloridbasis war Steinkohlenstaub enthalten (BAK

R3/1955).

Andere Mischungen zur Erzeugung von dunklem Rauch enthielten Anthrazen als Hauptkomponente.

Als weitere Nebelstoffe wurden die flüssigen Tetrachloride des Zinns, Titans und des Siliciums meist in Verbindung mit

Ammoniak oder Phosphor eingesetzt. Der Einsatz von Titantetrachlorid ("F-Stoff") sowie Siliciumtetrachlorid

beschränkte sich wahrscheinlich auf Sonderzwecke. Die Verwendung von Zinntetrachlorid als Nebelstoff hatte nur

untergeordnete Bedeutung (MÜLLER-KIEL 1943, ANONYMUS 1943).

Auch im 2. Weltkrieg wurden Granaten eingesetzt, die Kapseln mit speziellen Rauchentwicklern enthielten. Dabei

handelte es sich um roten Phosphor, der mit ca. 10 % Paraffin phlegmatisiert war (CIOS XXXII-58).

In Übungsbomben wurde Nebelsäure eingesetzt, um eine Beobachtung der Einschlagstellen aus der Luft zu erleichtern.

Sogenannte Rauchballpatronen wurden als Signalmittel eingesetzt.

B 5.2.6.2 Mengenmäßige Bedeutung

1. Weltkrieg

Produktionsangaben liegen nicht vor. Nach ULLMANN wurde Nebelsäure "in breitem Maße zur Erzeugung von

künstlichem Nebel zur See und zu Land benutzt" (ULLMANN "Chlorsulfonsäure" 1932).

2. Weltkrieg

Für 1944 wird eine Produktionsmenge von 7.000 t Hexachlorethan angegeben. Nach ULLMANN wurde der größte Teil

davon für die Erzeugung von künstlichem Nebel verwendet (ULLMANN

"Chlorkohlenwasserstoffe" 1954).

Die Produktion von Nebelsäure in Deutschland wurde von ca. 500 t im Januar 1942 kontinuierlich bis auf 6.500 t im

Juni 1944 gesteigert. Für den Zeitraum danach liegen lediglich Schätzungen vor, die von einer Produktionssteigerung

bis auf 16.800 t im Februar 1945 ausgehen (BAK R3/1730, BAK R3/1857).

Zur Vernebelung von Produktionsanlagen war für eine nachhaltige Wirkung der Einsatz von 60 kg Nebelsäure je Stunde

und Nebelstelle erforderlich (BAK R3/1955). Bei Verwendung von Ammoniumchloridsätzen wurde ein Bedarf von ca.

1.000 kg pro km² und Stunde bei mittleren Windgeschwindigkeiten und mittlerer Luftfeuchtigkeit angegeben (BAK

R3/1955).

Eine Einschätzung der mengenmäßigen Bedeutung von Nebelgranaten ermöglicht folgender Hinweis: Eine

Werferabteilung, die mit 15 cm Raketenwerfern ausgerüstet war (vgl. Kap. B 5.2.6.1), wurde mit 80 % Sprenggranaten

und 20 % Nebelgranaten ausgestattet (Gebirgsnebelwerferabteilung: 60 % Sprenggranaten, 40 % Nebelgranaten) (RIELAU 1966).

Die Verwendung von Zinn-, Titan- und Siliciumtetrachlorid hatte mengenmäßig wahrscheinlich nur untergeordnete

Bedeutung.

B 5.2.6.3 Produktkomponenten

B 5.2.6.3.1 Rauch- und Nebelmischungen

1. Weltkrieg

Bei der eingesetzten Nebelsäure handelte es sich um ein Gemisch aus 70 % Schwefeltrioxid und 30 %

Chlorsulfonsäure.

Zur Zusammensetzung der im 1. Weltkrieg auf deutscher Seite eingesetzten Berger-Mischungen

liegen keine Angaben

vor. Es ist jedoch wahrscheinlich, daß die folgenden Rezepturen im 1. Weltkrieg verwendete Mischungen bezeichnen

(DER GROSSE BROCKHAUS 1929, ULLMANN "Kampfstoffe, chemische" 1930):

- 50 % Tetrachlormethan,
- 25 % Zinkstaub,
- 20 % Zinkoxid,
- 5 % Kieselgur

oder

- 40,8 % Tetrachlormethan,
- 34,6 % Zinkstaub,
- 9,3 % Natriumchlorat,
- 8,3 % Magnesiumcarbonat,
- 7,0 % Ammoniumchlorid.

Die Verwendung von sogenannten "Anthrazenpfannen" deutet darauf hin, daß auch Mischungen mit Anthrazen zur

Erzeugung von dunklem Rauch eingesetzt wurden.

2. Weltkrieg

Nebelsäure

Je nach der Jahreszeit wurde für die Vernebelung von Industrieanlagen Nebelsäure folgender Zusammensetzung

eingesetzt (BAK R3/1957):

- Sommersäure: 60 % Chlorsulfonsäure, 40 % Schwefeltrioxid;
- Wintersäure: 50 % Chlorsulfonsäure, 50 % Schwefeltrioxid.

Ammoniumchlorid-Mischungen

Diese neben der Nebelsäure zur Vernebelung von Industrieanlagen verwendeten Mischungen enthielten 45 - 55 %

Ammoniumchlorid, 30 - 40 % Kaliumchlorat sowie entweder 10 - 12 % Steinkohlenpech und 3 - 5 % kristallisiertes

Natriumsulfat (sogenannte "Stuttgarter Mischung") oder 10 % Steinkohlenstaub und 5 % Wasser (BAK R3/1955 sowie

CIOS XXXII-58).

Mischungen auf Basis chlororganischer Verbindungen

Für die u. a. in Nebelkerzen und Nebelhandgranaten verwendete Berger-Mischung kann eine allgemeingültige Rezeptur

nicht angegeben werden. Die Zusammensetzung der Mischungen wurde je nach

Verwendungszweck und

Beschaffenheit der Vorprodukte variiert. Als generelle Richtlinie kann gelten, daß auf zwei Gewichtsanteile

Tetrachlormethan ein Gewichtsteil Zinkstaub entfiel. Daneben waren Stoffe enthalten, die als Saugmaterialien dienten.

Vorwiegend wurden als solche Zinkoxid, Magnesiumoxid, Kieselgur sowie Mischungen dieser Stoffe eingesetzt.

Zusätze von Ammoniumchlorid oder Schwefel dienten zur Beeinflussung des Abbrandverhaltens (MÜLLER-KIEL

1943). Nach ULLMANN werden als weitere Komponenten Aluminiumstaub und Magnesiumstaub genannt

(ULLMANN "Chlorkohlenwasser-stoffe" 1954). In einer Quelle von 1935 wird folgende

Zusammensetzung der Berger-

Mischung angegeben (MEYER 1935):

- Tetrachlormethan 50 %,
- Zinkstaub 25 %,

- Zinkoxid 20 %,
- Magnesiumoxid 5 %.

Als weitere chlororganische Verbindung wurde in Nebelstoffmischungen Hexachlorethan (HC-Mischung) eingesetzt.

Diese Mischungen wurden z. T. auch als "Berger-Mischung" oder als "verbesserte Berger-Mischung" bezeichnet. Nach

KLIMMEK setzen sich HC-Mischungen aus jeweils 45 % Hexachlorethan und Zinkoxid sowie bis zu 10 % gekörntem

Aluminium zusammen. (KLIMMEK/SZINICZ et al. 1983).

In der Nebelkerze 39 B wurde zunächst eine Mischung aus 57 % Hexachlorethan, 42 % Zinkstaub sowie 1 %

Magnesiumpulver verwendet. Später wurde anstelle von Magnesiumpulver Bariumnitrat eingesetzt (CIOS XXXII-58).

Für die in den Raketen RSSG/RLSG eingesetzten Nebelkerzen - ebenfalls mit 39 B bezeichnet - wird von der obigen

Rezeptur abweichend folgende Zusammensetzung angegeben:

- Zinkstaub 50 %,
- Hexachlorethan 40 %,
- Bariumnitrat 10 %.

Mittels dieser Raketen eingesetzte dunkle Rauchsätze enthielten folgende Komponenten (CIOS XXXII-56):

- Hexachlorethan 61,5 %,
- Magnesium 18,5 %,
- Naphthalin 12,0 %,
- Anthrazen 8,0 %.

Schwarzpulver/Zinkstaub-Mischungen

In der "Rauchballpatrone Weiß" wurde eine Mischung aus 60 % Schwarzpulvermehl und 40 % Zinkstaub

eingesetzt (CIOS XXXII-58).

Anthrazen-Mischungen

In Raucherzeugern wurden schwarzen Rauch entwickelnde Mischungen folgender Zusammensetzung verwendet (CIOS

XXXII-58):

- Anthrazen 60 %,
- Kaliumchlorat 38 %,
- Kieselgur 2 %

B 5.2.6.3.2 Zündsätze

Als Zündmittel für Nebelkerzen wurde eine Mischung aus Eisenpulver und Kaliumpermanganat ("Ignit") verwendet.

Dabei handelte es sich um einen Brennsatz, der zugleich das Aufschmelzen des Deckels sowie das Zustandekommen

der Reaktionen in der Nebelstoffmischung bewirkte (MÜLLER-KIEL 1943).

Für die in den Raketen RSSG/RLSG eingesetzten dunklen HC-Rauch erzeugenden Tabletten wurde in der

Zündsatzschicht als Primärzündsatz Schwarzpulver und als Sekundärsatz folgende Mischung verwendet (CIOS XXXII-56):

- Kaliumnitrat 24,0 %,
- Hexachlorethan 24,6 %,
- Tetranitrocarbazol 18,0 %,
- Aluminiumpulver 18,0 %,
- Magnesiumpulver 7,4 %

- Anthrazen 5,6 %,
- Naphthalin 2,4 %.

Die zur Entzündung der Ammoniumchlorid-Nebelmischungen verwendeten Zündkerzen enthielten folgende

Komponenten (BAK R3/1955):

- Kaliumchlorat 30 %,
- Kohlenstaub 30 %,
- Füllmittel (z. B. Kreide) 30 %,
- Sulfitablauge (30 %ige)
als Bindemittel 10 %

B 5.2.7 Farbrauchmittel

B 5.2.7.1 Arten, Verwendungszweck und Verwendungszeitraum

Farbrauch wird zum Zweck der Signalgebung bei Tageslicht verwendet. In Deutschland wurden die Entwicklungsarbeiten für Farbnebel während des 1. Weltkriegs aufgenommen, jedoch wegen ausbleibender brauchbarer

Resultate wieder eingestellt.

Im 2. Weltkrieg wurden ab 1942 Farbrauchsätze in sogenannten "Rauch-Sichtzeichen" oder Rauchballpatronen

eingesetzt (CIOS XXVII-84). Neben pulverförmigen Farbrauchsätzen, die z. B. in den Handrauchzeichen mit Hand

eingedrückt, in anderen Mitteln mit Handpressen und anderen Pressen in Behältern verfestigt wurden, wurden auch

Farbrauchsätze in Form gepreßter Tabletten sowie in granulierter Form verwendet. Der Einsatz von Granulat anstelle

gepreßter Sätze wurde dann bevorzugt, wenn starke Rauchentwicklung bei kurzen Brennzeiten gewünscht wurde (CIOS

XXXII-58).

Als kombiniertes Farbleucht-/Farbrauch-Signalzeichen wurde ein Signalsatz, der blauen Rauch für die Signalgebung bei

Tageslicht und blaues Licht für die Signalgebung bei Dunkelheit erzeugte, eingesetzt (vgl. Kap. B 5.2.2.3.1).

Ab 1943 wurden in Handgranaten, Granaten und Bomben farbgebende flüssige Brennstoffe verwendet. Über die

Zusammensetzung dieser Flüssigkeiten liegen keine Informationen vor (CIOS XXVII-84).

B 5.2.7.2 Mengenmäßige Bedeutung

Mengenangaben liegen nicht vor. Nach CIOS XXVII-84 erreichte weder die Produktion der (festen) Farbrauchsätze

noch die der flüssigen farbgebenden Brennstoffe eine beträchtliche Größenordnung.

B 5.2.7.3 Produktkomponenten

B 5.2.7.3.1 Farbrauchsätze

Nicht farbgebende Komponenten

In der Regel waren Farbrauchsätze aus Kaliumchlorat und Laktose als Hauptkomponenten, verschiedenen

Nebenkomponenten sowie den farbgebenden Komponenten - dabei handelte es sich in der Regel um organische

Farbstoffe - zusammengesetzt. Im letzten Jahr des 2. Weltkriegs, als die Bereitstellung von Laktose problematisch

wurde, ist diese zum Teil durch Holzmehl ersetzt worden. Als Nebenkomponenten waren

Methylcellulose sowie in

tablettierte Sätzen Talkum, in pulverförmigen und granulierten Sätzen Kieselgur vertreten.

In einzelnen Rezepturbeispielen waren folgende weitere nichtfarbgebende Komponenten enthalten:

- Stearinsäure im gelben Rauchspursatz der "Meldebüchse Land";

- Nitrocellulose (12 % N) mit einem Anteil von 6 % bzw. 12 % in den Farbrauchsätzen der "Rauchbündelpatrone Blau" bzw. "Rauchbündelpatrone Rot". In diesen Fällen war zugleich mit 15 % ein erheblich größerer Kieselguranteil zu verzeichnen als in den übrigen Farbrauchsätzen;

- Kaliumchlorid u. a. in violetten Farbrauchsätzen.

Organische farbgebende Komponenten

In den Farbrauchsätzen wurden in der Regel organische Stoffe als farbgebende Komponenten eingesetzt, die meist über das Zwischenprodukt Anthrachinon hergestellt wurden.

- Blauer Farbrauch

Als erster brauchbarer Farbstoff für blauen Rauch wurde zunächst in Handrauchzeichen das Anthrachinonderivat "Sudanblau G" eingesetzt. Dabei handelt es sich um 1-Methylamino-4-m-toluidinanthrachinon. In einzelnen Rezepturen wird als farbgebende Komponente "Sudanblau" angegeben. In verschiedenen Rezepturen war als weitere farbgebende Komponente in geringeren Anteilen Indigo vertreten.

Die kombinierten blauen Farbrauch-/Farbleucht-Sätze enthielten als farbgebende Komponente mit einem Anteil von 15 % Kupfer(II)acetatarsenit ("Schweinfurter Grün" oder "Pariser Grün").

- Grüner Farbrauch

Grüne Farbrauchsätze enthielten gelbfärbende und blaufärbende Komponenten. Als blaufärbende Komponente wurde Sudanblau G verwendet. Als gelbfärbende Komponente verwendete man Auramin bzw. Auramin O (CIOS XXXII-58).

Auramin ist einer der ersten und in großem Umfang in der Technik verwendeter synthetischer Farbstoffe, der als

Azomethin-Farbstoff zur Gruppe der Ketimine gehört. Auramin O ist ein Diamino-Diphenylmethan-Farbstoff, der ebenfalls zur Gruppe der Ketimine gehört (ULLMANN "Azomethin-Farbstoffe" 1953).

- Violetter Farbrauch

Für violette Farbrauchsätze wurden in Anteilen von jeweils 44 % die Farbstoffe Rhodamin, und Rhodamin B, in geringeren Anteilen die Farbstoffe Rhodamin Base sowie Rhodamin Base B Extra verwendet (CIOS XXXII-58).

Rhodamine, die zur Gruppe der Xanthenfarbstoffe gehören, waren gebräuchliche Farbstoffe in der Textil- und

Papierfärberei. (ULLMANN "Xanthenfarbstoffe" 1967). Bei Rhodamin B handelt es sich um eine saure Verbindung mit

einem pH-Wert von annähernd zwei. Um der Gefahr einer Selbstentzündung von Kaliumchlorid und Rhodamin B

enthaltenden Sätzen vorzubeugen, wurde Rhodamin B durch schwachbasisches Rhodamin Base B Extra ersetzt, mit

allerdings schlechteren Ergebnissen hinsichtlich der Farbgebung. In Sätzen für violetten Farbrauch war z. T. in geringen

Anteilen außerdem Sudanblau G enthalten.

- Roter Farbrauch

Als farbgebende Komponente wurde im wesentlichen Sudanrot G verwendet. Dabei handelt es sich um einen

Azofarbstoff, der durch Synthese von o-Anisidin mit Beta-Naphthol hergestellt wird. In einem Teil der Sätze sind als

weitere farbgebende Komponenten Rhodamin sowie Paratoner B, das durch Synthese von p-Nitroanilin mit Beta-Naphthol hergestellt wird, enthalten.

- Oranger Farbrauch

In orangem Farbrauch wurden als farbgebende Komponenten Rauchorange, Sudanorange R, Orange 1584 sowie

Rauchgelb eingesetzt. Bei Orange 1584 handelt es sich um Phthaloperinon. Die Formel von Rauchorange ist nicht

bekannt. Es existiert eine Formel (1-Aminoanthrachinon) für einen als Rauchorange G bezeichneten Stoff. Bei

Sudanorange R (auch als Sudanorange RLEW bezeichnet) handelt es sich um einen Azofarbstoff, der durch Synthese

von Anilin mit Beta-Naphthol hergestellt wird. Bei Rauchgelb handelt es sich um 9, 10-Dianilidoanthrazen.

- Gelber Farbrauch

Für gelben Farbrauch wurden als organische Stoffe Auramin, Auramin O, Auramin II sowie Sudangelb R verwendet. In

CIOS XXXII-84 wird eine Formel für einen Farbstoff "Sudangelb GG" angegeben. Dabei handelt es sich um

Dimethylaminoazobenzol. Als weitere farbgebende Komponenten waren z. T. Chrysoidin sowie in geringen Anteilen

Rhodamin B enthalten (CIOS XXVII-84, CIO XXXII-58).

Rauchballpatrone Gelb

Während es sich bei den farbgebenden Komponenten bei allen übrigen Farbrauchsätzen um organische Farbstoffe

handelte, wurde die Farbgebung in der "Rauchballpatrone Gelb" durch anorganisches Cadmiumsulfid hervorgerufen.

Der in der "Rauchballpatrone Gelb" verwendete Farbrauchsatz wies folgende Zusammensetzung auf (CIOS XXXII-58):

- Bariumnitrat 28,8 %,
- Cadmiumsulfid 20,1 %,
- Cadmium (metallisch) 19,3 %,
- Zirkonium 16,5 %,
- Kaliumperchlorat 7,3 %,
- Aluminium 4,0 %,
- Syntheschwarz 4,0 %.

B 5.2.7.3.2 Zündsätze

Als Zündmittel für Rauchsichtzeichen wurden Zündschnüre aus gemahlenem Schwarzpulver und Holzkohle oder aber

ein Gemisch aus Schwarzpulver und Bariumsulfat verwendet. In der Fallschirmpatrone Violett wurde ein Zündsatz

verwendet, der ebenfalls Schwarzpulver als Hauptkomponente, daneben als weitere Komponenten Kaliumnitrat,

Bariumnitrat, Schwefel und Glutofix - einen wasserlöslichen Leim - enthielt.

Der Zündsatz für das "Landungsrauchzeichen" enthielt 67,5 % Bariumnitrat als Hauptkomponente, 15 %

Schwarzpulver sowie als weitere Nebenkomponten Schwefel, Holzkohle und Methylcellulose (CIOS XXXII-58).

B 5.2.8 Brandmittel

B 5.2.8.1 Arten, Verwendungszweck und Verwendungszeitraum

1. Weltkrieg

Im 1. Weltkrieg wurden Brandsätze bzw. Brandflüssigkeiten in Brandgeschossen, Brandbomben,

sogenannten

"Brandröhren" sowie Flammenwerfern eingesetzt.

Brandgeschosse

Es wurden Brandgeschosse verwendet, die den Brandstoff in zylindrischen Körpern aus Celluloid enthielten - einem aus

Nitrocellulose und Campher als Weichmacher hergestellten Kunststoff (KAST 1921). Als

Brandstoffe wurden Phosphor

sowie Natrium eingesetzt (PRENTISS 1937). Mittels Minenwerfern wurden Gasminen verschossen, die neben

chemischen Kampfstoffen auch Füllungen aus gelbem Phosphor - teilweise auch als weißer Phosphor bezeichnet -

Natrium oder Lösungen von Phosphor in Schwefelkohlenstoff (sogenannte "Brandminen") enthalten

konnten (WIRTH/MUNTSCH 1940).

Brandbomben

Brandbomben enthielten Thermit in einer Celluloidumhüllung oder flüssigen Brennstoff (Benzin, Petroleum, Benzol) in

einer Metallumhüllung, der durch mit Braunstein (Mangan(IV)oxid) versetztes Thermit unter Zerstörung der

Umhüllung zum Ausfließen und Entzünden gebracht wurde (ULLMANN "Aluminiumthermie" 1928, PRENTISS

1937). Später wurde das Benzol durch Naphthalin ersetzt (KAST 1921). Anfänglich wurden in Brandbomben auch

Mischungen aus Braunstein sowie Magnesium als Brandstoff eingesetzt (PRENTISS 1937).

Brandröhren

Dabei handelt es sich um eine mit Brandsatz aus 80 % Schwarzpulvermehl und 20 % Schwefel gefüllte Raketenhülse,

die nach Betätigung des Zünders geworfen oder "an einer langen Stange vorgebracht werden konnte" (ULLMANN

"Feuerwerkerei" 1930).

Flammenwerfer

Flammenwerfer schleuderten brennende Massen, meist durch eine Zündvorrichtung in Brand gesetzte Flüssigkeiten, in

die feindlichen Stellungen. Als Brandflüssigkeiten wurden leichtentzündliche Kohlenwasserstoffe, Lösungen von

Phosphor in Schwefelkohlenstoff und Lösungen von Schießbaumwolle in Ether verwendet (ULLMANN

"Feuerwerkerei" 1930).

2. Weltkrieg

Brandsätze bzw. Brandflüssigkeiten wurden in Brandgeschossen, Brandhandgranaten, Brandbomben und

Flammenwerfern eingesetzt.

Brandgeschosse

Brandgeschosse wurden in erster Linie in Flugzeugbordwaffen verwendet, um die Treibstofftanks gegnerischer

Flugzeuge in Brand zu schießen. In Brandgranaten wurden Brandsätze aus gelbem Phosphor oder einem Gemisch aus

gelbem Phosphor (71,4 %) und Naphthalin (28,6 %) eingesetzt (BIOS 1233).

Die Wirkung eines Brandgeschosses war auch durch Leuchtspurgeschosse zu erzielen, die variabel sowohl mehr auf die

Leucht- als auch mehr auf die Brandfunktion, als sogenannte "Brandspur", ausgelegt werden konnten. In

Brandspurgeschossen wurde roter Leuchtpursatz bzw. heller gelber Leuchtpursatz in Mischung mit Zündsatz verwendet (CIOS XXXII-20).

Mit den Raketenwerfern der Werfertruppe (vgl. Kap. B 5.2.6.1) konnten neben Spreng- und Nebelgranaten auch

Granaten mit Flammölfüllung (vgl. Flammenwerfer) abgefeuert werden (RIELAU 1966).

Brandbomben

Die von deutscher Seite eingesetzten Brandbomben enthielten Thermit sowie Brandflüssigkeiten als Brandstoffe. Die

Elektronbombe enthielt eine Thermitfüllung in einer Hülle aus Elektron, einer Metallegierung, die bei der entstehenden

Hitze von ca. 3.000 °C ebenfalls verbrannte (WIRTH/MUNTSCHE 1940). Für das verwendete Elektron wird eine

Zusammensetzung aus 60% Aluminium und 40% Magnesium genannt. Als Bindemittel für die Thermitfüllung wurde

nach MEYER Natriumsilikat verwendet. Als weitere Stoffe wurden der Füllung Celluloid, Pech, Harze und Öle

zugemischt (MEYER 1935). Die Brandbombe B 4 war in einer zentralen Röhre entlang der Längsachse mit Thermit

sowie im Hohlraum zwischen Bombenhülle und Röhre mit Naphthalin gefüllt (BIOS 1233). Die Brandbombe NC 50 A

enthielt 15 l Brandflüssigkeit, die sich u. a. aus Benzin (86 %), Gummizusatz (4 %) und Phosphor (4 %)

zusammensetzte (LUSAR 1971). Stabbrandbomben enthielten Thermit in einer Umhüllung aus Magnesium

(ULLMANN "Aluminothermie" 1953).

Flammenwerfer

In Flammenwerfern wurde sogenanntes Flammöl verwendet, das mittels Kohlensäure herausgedrückt wurde. Als

Flammöl dienten schwere Petrolöle in Mischung mit Methanol und Ether (LUSAR 1971).

B 5.2.8.2 Mengenmäßige Bedeutung

1. Weltkrieg

Produktionsmengenangaben liegen nicht vor. Nach MEYER haben die Brandmittel im 1. Weltkrieg nur eine

untergeordnete Rolle gespielt. Die durchgeführten Einsätze von Brandbomben seien eher als Versuchseinsätze zu

bewerten (MEYER 1935).

2. Weltkrieg

Brandmittel bekamen im Verlauf des 2. Weltkriegs eine sehr große Bedeutung. Bei den von den englischen und

amerikanischen Luftstreitkräften abgeworfenen Bomben handelte es sich zu ca. 50 % um Brandbomben. Die Tatsache,

daß die Zerstörungen in Coventry vorwiegend durch Brandbomben verursacht wurden, macht deutlich, daß auch auf

deutscher Seite dem Einsatz von Brandbomben eine große Bedeutung eingeräumt wurde (AMMEDICK 1988).

B 5.2.8.3 Produktkomponenten

B 5.2.8.3.1 Brandsätze

Thermit

Für Brandbomben wurden nach MEYER Thermitmischungen mit Eisen(III)oxid (66 bis 75 Gewichts-%) und

Aluminium (25 - 33 Gewichts-%) verwendet (MEYER 1935).

Damit übereinstimmend wird in einer Quelle von 1983 eine Zusammensetzung des Thermits aus ca. 73 %

Eisen(III)oxid und ca. 27 % pulverisiertes oder granuliertes Aluminium angegeben (KLIMMEK/SZINICZ et al. 1983).

Brandsätze in Brandspurgeschossen

In Brandspurgeschossen wurde roter Leuchtsatz mit den Hauptkomponenten Strontiumnitrat und Magnesium oder

heller gelber Leuchtsatz mit den Hauptkomponenten Bariumnitrat und Magnesium zusammen mit einem Zündsatz, der

als Hauptkomponenten Bariumperoxid und Magnesium enthielt, verwendet. Die Gewichtsrelationen zwischen

Leuchtsatz und Zündsatz betragen 75/25 (rot) bzw. 61,5/38,5 (gelb) (CIOS XXXII-20).

B 5.2.8.3.2 Zündmittel

1. Weltkrieg

Zur Zündung von Brandgeschossen diente zunächst gelber Phosphor, mit dem in den Brandgeschossen enthaltene

zylindrische Körper aus Celluloid in Brand gesetzt wurden. Später erhielten diese Körper einen Überzug aus einem

träge brennenden Schwarzpulversatz, der zur Anzündung diente (KAST 1921). Natrium in Brandgranaten sowie

flüssige Brandstoffe in Bomben wurden mittels Thermit gezündet (PRENTISS 1937).

Thermitmischungen wurden

durch einen Satz aus Bariumperoxid und Magnesium oder Aluminium gezündet (KAST 1921).

2. Weltkrieg

Nach einer MEYER war zur Zündung des Thermits ein Zwischenbrandsatz erforderlich. Dafür sind sauerstoffreiche

Stoffe wie Kaliumchlorat geeignet (MEYER 1935).

B 5.3 Produktionsverfahren

- B 5.3.1 Leuchtsätze sowie Knall- und Pfeifsätze
- B 5.3.1.1 1. Weltkrieg
- B 5.3.1.1.1 Vorbehandeln
- B 5.3.1.1.2 Mischen
- B 5.3.1.1.3 Füllen und Verfestigen
- B 5.3.1.1.4 Laborieren
- B 5.3.1.2 2. Weltkrieg
- B 5.3.1.2.1 Vorbehandeln
- B 5.3.1.2.2 Mischen
- B 5.3.1.2.3 Füllen und Verfestigen
- B 5.3.1.2.4 Laborieren
- B 5.3.2 Nebel- und Rauchstoffe
- B 5.3.2.1 Berger-Mischung
- B 5.3.2.2 Hexachlorethan
- B 5.3.2.3 Nebelsäure
- B 5.3.2.4 Ammoniumchlorid-Mischungen
- B 5.3.2.5 Farbrauchsätze
- B 5.3.2.5.1 Mischen
- B 5.3.2.5.2 Granulieren
- B 5.3.2.5.3 Füllen und Pressen
- B 5.3.3 Brandstoffe
- B 5.3.3.1 Laborieren von Brandgranaten und -bomben

B 5.3.1 Leuchtsätze sowie Knall- und Pfeifsätze

B 5.3.1.1 1. Weltkrieg

B 5.3.1.1.1 Vorbehandeln

Die verschiedenen Bestandteile von Feuerwerkssätzen, außer Schwarzpulver, das in fertiger Form bezogen wurde, wurden getrennt in Kugelmühlen gemahlen (KAST 1921).

B 5.3.1.1.2 Mischen

Trockenmischverfahren

Zunächst wurden die ungefährlichen Komponenten in großen Chargen und die gefährlichen Satzkomponenten - wie Aluminiumpulver, Magnesiumpulver, Chlorate - in kleinen Chargen vorgemischt und erst in einem zweiten Schritt miteinander vermischt.

Folgendes Beispiel verdeutlicht den Chargenumfang und die Zusammensetzung der beiden Vormischungen:

- 50 kg Vormischung aus Bariumnitrat und Schwefel in einer großen Mischtrommel als ungefährlicher Satz.

- 5 kg "scharfer" Leuchtsatz aus Bariumnitrit, Aluminium und Schwefel in kleineren Bronzetrommeln (LANGHANS 1921).

Zum Vermischen wurden Mischtrommeln verschiedener Konstruktion und Siebe verwendet. Zum Teil erfolgte das

Vermischen auch mit den Händen bzw. mittels eines Spatels (KAST 1921).

Diese Trommeln waren zum Teil so eingerichtet, daß sie durch Umkehrung der Laufrichtung ihren Inhalt selbsttätig in

untergestellte Behälter entleerten. Damit waren die Arbeiter nicht der Staubentwicklung ausgesetzt, wie dies beim

Entleeren der Trommeln per Hand der Fall war.

Neben Trommeln mit waagerechter Drehachse wurden auch Trommeln mit schrägliegender Drehachse, mit Kopf-über-

Kopf-Rotation sowie Schwenkzylinder verwendet (LANGHANS 1921, LANGHANS 1922).

Feuchtmischverfahren

Bei sehr explosionsgefährlichen Sätzen wurde ein Feuchtmischverfahren verwendet, weil die Empfindlichkeit der

meisten explosiven Sätze im feuchten Zustand vermindert ist. Bei Sätzen mit Aluminium- oder Magnesiumpulver

müssen andere Lösungsmittel als Wasser verwendet werden, weil diese Komponenten mit Wasser exotherm reagieren

können.

Im 1. Weltkrieg wurden für grüne und rote Leuchtsätze zunächst Lösungen von Schellack, das als Bindemittel diente, in

Ethylalkohol verwendet. Später wurde Albertol als Bindemittel eingesetzt.

Die fertige Mischung wurde getrocknet und anschließend gebrochen und gemahlen (LANGHANS 1922).

B 5.3.1.1.3 Füllen und Verfestigen

Die weitere Verarbeitung der Sätze erfolgte durch "Einschlagen" in die Hülsen mit Hilfe von Bronze- oder

Holzstempeln und Bronzehämmern oder durch Einpressen mit Hilfe von Handspindeln oder hydraulischen Pressen.

Sätze für Leucht- und Signalsterne wurden in alkoholfuchtem Zustand verpreßt (KAST 1921).

Sätze für weiße Leuchtpatronen wurden mittels eines Preßstocks in eine Zinkhülse gefüllt. Danach wurden die Sätze

mittels hydraulischer Pressen stark komprimiert. Signalsterne mit rotem oder grünem Leuchtsatz konnten ohne Hülse

gepreßt werden, weil diese Sätze Schellack enthielten, das als Bindemittel wirkte (LANGHANS 1922).

B 5.3.1.1.4 Laborieren

Zur Herstellung von Leuchtpatronen wurden Zinkhülsen mit den Leuchtsätzen in die Patronenhülsen eingesetzt. Die Zinkhülsen wurden anschließend oben mit Kork- und Pappeplättchen abgedichtet. Die Pappeplättchen wurden mit Schellacklack abgegossen, um die Patronen gegen Feuchtigkeit zu sichern. Die Profile der roten und grünen Leuchtsternsätze enthielten zwei Längsrillen, die zur Fixierung eines um den Leuchtsatz gewickelten Messingdrahtes dienten. Der Messingdraht war mit in Bleiacetat getränkten Baumwollfäden umwickelt, die zur besseren Anzündung dienten. Später wurde der Messingdraht durch in Bleiacetat getränkte Baumwollfäden ersetzt und die Längsrillen durch eine teigige Anfeuerungsmasse ausgeschmiert, die aus mit Ethylalkohol angefeuchtetem Schwarzpulver bestand. Nach dem Trocknen wurden die Sätze in die Patronenhülsen eingelegt (LANGHANS 1922).

B 5.3.1.2 2. Weltkrieg

B 5.3.1.2.1 Vorbehandeln

Um ein intensives Durchmischen zu gewährleisten, wurden sauerstoffliefernde Komponenten (z. B. Strontiumnitrat, Bariumperoxid für Leuchtspur) vor dem Mischen sehr sorgfältig (mindestens 85 Stunden) in einer Kugelmühle gemahlen. (CIOS XXXII-20).

Vor dem Mischen wurden alle Bestandteile durch Sieben gereinigt und in geheizten Räumen gelagert, um eine

Wasseraufnahme zu verhindern (BIOS 477). Die Trockenhaltung der hygroskopischen Natriumnitratkörner wurde u. a.

durch Aufbringen eines Vaselinefilms erreicht. Natriumnitrat und Vaseline wurden dabei auf 130 °C erhitzt und

gemischt, oder aber das Natriumnitrat wurde erhitzt und in heißem Zustand mit der beigefügten Vaseline

vermischt (CIOS XXXII-10).

B 5.3.1.2.2 Mischen

Grundsätzlich kann zwischen dem Vermischen der Komponenten im trockenen Zustand und in feuchtem Zustand

unterschieden werden.

Trockenmischverfahren

Zum Mischen wurden Siebe oder Mischtrommeln eingesetzt. Beim Vermischen mittels Sieben wurden alle

Komponenten durch getrenntes Sieben gereinigt und auf anforderungsgemäße Korngröße gebracht. Anschließend

wurden die Komponenten durch mehrmaliges Passieren eines Siebes groberer Maschenweite als beim Reinigen

gemischt. Dazu wurden mechanische Siebvorrichtungen eingesetzt. Zum Teil wurde das Sieben jedoch auch per Hand

durchgeführt.

Beim Vermischen mittels Trommeln ist zu unterscheiden zwischen dem einphasigen und dem zweiphasigen

Mischverfahren.

Einphasiges Verfahren

Bei diesem Verfahren wurden alle Komponenten in kleinen Chargen (ca. 10 kg) in Mischtrommeln gefüllt und vermischt. Ein Vormischen erfolgte dabei lediglich per Hand als grobe Durchmischung (BIOS 477).

Zweiphasiges Verfahren

Bei diesem Verfahren wurden zunächst die ungefährlichen Satzkomponenten durch Sieben per Hand oder Mischen in

ca. 10 kg fassenden Mischtrommeln vorgemischt. Die fertige Vormischung wurde in kleine Mischtrommeln (ca. 5 bis

10 kg Fassungsvermögen) gefüllt bzw. umgeladen und anschließend die gefährlichen Satzkomponenten (z. B.

Aluminiumpulver, Magnesiumpulver) zugemischt (BIOS 477, CIOS XXXII-20).

Feuchtmischverfahren

Im 2. Weltkrieg wurden grüne und zum Teil blaue Leuchtsätze mit Wasser oder - falls Aluminium- oder

Magnesiumpulver enthalten waren - mit Alkohol angefeuchtet.

Die fertige Mischung wurde getrocknet und anschließend gebrochen und gemahlen (CIOS XXXII-9).

Kombiniertes Trocken-/Feuchtmischverfahren

Im 2. Weltkrieg wurde dieses Verfahren für Sätze mit synthetischen Harzen verwendet. Zunächst wurden alle

Komponenten mit Ausnahme der Harze in kleinen Mischtrommeln trocken vorgemischt. Die Harze wurden in Aceton

oder Alkohol gelöst. Anschließend wurden trockene Vormischung und feuchte Harzlösung in einem Teigmischer mit

einem Fassungsvermögen von 4 kg gemischt. Die fertige Mischung wurde in dünne Schichten gegossen, getrocknet und

anschließend gebrochen sowie mechanisch gesiebt (CIOS XXXII-56, CIOS XXXII-20).

B 5.3.1.2.3 Füllen und Verfestigen

Pressen

Zum Pressen der Leuchtsätze wurden halbautomatische Rotationsmaschinen mit einer Kapazität von 7.000 bis 8.000

Sätzen pro Schicht, Mehrfachpressen für 3 bis 10 Leuchtsternsätze in einem Preßvorgang, aber auch handbediente

Einzelpressen eingesetzt. Als Gleitmittel wurden dabei Talg, Vaseline, Rizinusöl oder in Anteilen von ca. 5 % PVC

beigefügt, um ein leichtes Herauslösen der Sätze aus den Formen zu gewährleisten.

Das Pressen der Leuchtsätze in Leuchtkerzen erfolgte normalerweise mit einem Druck von ca. 2,3 t pro cm² (BIOS

460). Vor allem zum Pressen von Leuchtsätzen in Bomben waren wegen der großen

Satzdurchmesser hohe Preßkräfte

erforderlich, die den Einsatz schwerer Maschinen und Formen erforderlich machten. Zum Pressen der Sätze für die

Leuchtbombe LC 50 war bei einem Satzdurchmesser von ca. 20 cm eine Kraft von 190 Tonnen erforderlich (BIOS 477,

CIOS XXXII-10, CIOS XXXII-20).

Verfestigen mittels Bindemitteln

Im Verlauf des 2. Weltkriegs wurden Verfahren entwickelt, mit denen eine Verfestigung der Sätze durch

polymerisierende Komponenten bzw. Abbinden wasseraufnehmender Komponenten erreicht wurde. Diese Sätze

wurden per Hand in die Hülse gepreßt, so daß auf den Einsatz von Pressen verzichtet werden konnte.

Als Bindemittel wurde zunächst eine Lösung von Wachs in Monostyrol verwendet, dessen Polymerisation durch als Katalysator wirkendes in Benzol gelöstes Zinntetrachlorid unterstützt wurde. Bei der im BIOS-Report 461 als "Nibranwachs" bezeichneten Komponente handelt es sich wahrscheinlich um "Nibrenwachs". Nibrenwachs ist ein Produkt, das aus einem Gemisch verschiedener Polychlornaphthaline besteht (ULLMANN "Chlorkohlenwasserstoffe" 1954). Aus dem in Bild 5-1 wiedergegebenen Rezepturbeispiel sind die mengenmäßigen Relationen der verschiedenen Komponenten ersichtlich. Wegen der Schrumpfungstendenz auf diese Weise hergestellter Sätze wurde später als Katalysator Benzoylperoxid verwendet. Anschließend wurde CSB-Bindemittel (2-Cyano-hexadi(2,4)en-1-Carbonsäure-Butylester) eingesetzt unter Verwendung von Butylamin, später Magnesiumoxid als Katalysator. Mit CSB-Bindemittel verfestigte Sätze aller Farbgebungen wurden in Leuchtsätzen für Granaten und Leuchtkerzen für Markierungsbomben bis zu einem Durchmesser von 80 mm eingesetzt, nicht jedoch - nach Kenntnis des Leiters der Deutschen Leucht- und Signalmittelwerke Schönhagen - in Signalpatronen (BIOS 460). In der Bodenleuchte P wurde zunächst Nitroharzlösung als Verfestigungsmittel mit folgender Zusammensetzung verwendet:

- Nitrocellulose 10 %,
- Harz 25 %,
- Trikresylphosphat 3 %,
- Lösungsmittel 62 %.

Als Lösungsmittel kommen die in Kap. B 5.3.1.2.4 genannten Lösungsmittel für Nitrocellulose in Betracht. Unmittelbar vor dem Füllen wurde die Innenseite des Leuchtsatzbehälters mit Nitroharzlösung bestrichen. Nach dem Einfüllen des Leuchtsatzes brauchte dieser nur per Hand angepreßt zu werden, um eine ausreichende Verfestigung zu erreichen. Später wurde für diese Leuchten ebenfalls Monostyrol als Verfestigungsmittel unter Verwendung von Zinntetrachlorid in Benzol bzw. Benzoylperoxid als Katalysatoren eingesetzt. Anschließend wurde CSB-Bindemittel verwendet. Gegen Kriegsende wurde eine Calciumsulfat als Hauptkomponente enthaltende Mischung eingesetzt, die eine weitgehende Einsparung des Natriumnitrats im Leuchtsatz ermöglichte. In dieser Mischung wurde eine Verfestigung durch Abbinden des Calciumsulfats mit zugesetztem Wasser erreicht, so daß keine weiteren Verfestigungsmittel erforderlich waren (CIOS XXXII-10).

.i. Bild 5-1: Komponentenanteile für grünen Leuchtsatz;
B 5.3.1.2.4 Laborieren

Zur Herstellung von Leuchtspurmunition wurde der Leuchtsatz in Form von gepreßten Tabletten oder lose mit anschließendem Pressen in eine Hülse gefüllt. Der fertige Leuchtsatz wurde zunächst durch Aluminiumfolie vor Feuchtigkeit geschützt. Später wurde für größere Kaliber stattdessen auch Stahlblech verwendet.

Wegen zunehmenden

Rohstoffmangels wurde schließlich lediglich eine Lackversiegelung vorgenommen. Verwendet wurde

Nitrocelluloselack, der auf mechanischem Wege unter Verwendung eines Rotationstisches aufgesprüht wurde (CIOS XXXII-20).

Für Nitrocelluloselacke wurden in der Regel Lösungsmittelgemische aus den für diesen Zweck gebräuchlichen Estern,

Ketonen, Glycolthern sowie Ethylalkohol und Ether verwendet. Meist wurden Alkohole sowie Aromaten und Benzin

zugemischt. Weiterhin sind in Nitrocelluloselacken Butanol, Isopropanol, Ethanol und Methanol enthalten, die als

Anfeuchtungsmittel für die eingesetzte Nitrocellulose dienen (ULLMANN "Lacke" 1960).

Zur Herstellung von Leuchtpatronen wurden die fertigen Leuchtsätze meist zusammen mit Fallschirmen in

Aluminiumhülsen eingelegt, die anschließend mittels Hartpapierscheiben abgedichtet wurden. Die Aluminiumhülsen

wurden dann in die das Treibmittel enthaltenden oben offenen Stahlzylinder eingesetzt. Die Fugen zwischen

Aluminiumhülse und Stahlzylinder wurden mittels Nitrocelluloselack abgedichtet (CIOS XXXII-10).

Leuchtkerzen für RSSG-Raketen sowie MARK-50-Kaskade-Bomben wurden ohne Hülse in Form von Zylindern

gepreßt. Nach dem Pressen wurden die Leuchtsätze mit Papier umwickelt, das mittels Wasserleim verklebt

wurde (CIOS XXXII-56).

B 5.3.2 Nebel- und Rauchstoffe

B 5.3.2.1 Berger-Mischung

Flüssiges Tetrachlormethan wird mit Zinkstaub und Saugmaterial vermischt. Es wird soviel Saugmaterial hinzugegeben,

bis sich eine brotartigartige nicht mehr entmischende Paste bildet (MÜLLER-KIEL 1943).

B 5.3.2.2 Hexachlorethan

Der weitaus größte Teil des Hexachlorethans wurde im 2. Weltkrieg aus Tetrachlorethen (Perchlorethylen) hergestellt, in

das bei 100 bis 140 °C in verbleiten Kesseln Chlor eingeleitet wird. Mit diesem Verfahren wurde das reinste Produkt

erhalten. Es wurde mit wenig Eisenchlorid (FeCl_3) als Katalysator, ggf. auch unter Druck gearbeitet. Die Chlorierung

wurde beendet, wenn sich 60 % Hexachlorethan gebildet hatten. Die Lösung wurde mit heißer verdünnter Natronlauge

verrührt, von dieser abgetrennt und in Kristallisierwannen abgelassen. Die farblosen Kristalle wurden zentrifugiert und

an der Luft getrocknet. Die Mutterlauge wurde erneut der Chlorierung zugeführt (vgl. Bild 5-2).

Hexachlorethan läßt sich aber auch aus allen niederen aliphatischen n-Kohlenwasserstoffen und Chlorkohlenwasserstoffen gewinnen, wenn diese mit einem Überschuß an Chlor über Katalysatoren

bei Temperaturen

über 200 °C geleitet werden. Als Katalysator eignet sich besonders Aktivkohle mit Metallchloriden.

Außerdem tritt Hexachlorethan bei allen Chlorierungsprozessen der Ethane und Ethene, die bei höherer Temperatur

durchgeführt werden, als Nebenprodukt auf (ULLMANN "Chlorkohlenwasserstoffe" 1954).

.i. Bild 5-2: Hexachlorethan-Herstellung aus Perchlorethylen;

B 5.3.2.3 Nebelsäure

Nebelsäure wird hergestellt durch Mischen von Chlorsulfonsäure mit Schwefeltrioxid.

Herstellung von Chlorsulfonsäure

1. Weltkrieg

Im 1. Weltkrieg wurde Chlorsulfonsäure durch Einwirkung von Salzsäuregas auf festes Schwefeltrioxid hergestellt.

Zur Behandlung mit Salzsäuregas wurden 300 kg des in Stücke geschlagenen Schwefeltrioxids in gußeisernen Kessel eingefüllt. Anschließend wurde trockener Chlorwasserstoff eingeleitet. Beide Komponenten vereinigten sich unter starker Wärmeabgabe, so daß in kurzer Zeit das gesamte Schwefeltrioxid geschmolzen war und das Zuleitungsrohr des Chlorwasserstoffs in die Flüssigkeit eingetaucht werden konnte. Man stellte eine Anzahl solcher Absorptionskessel hintereinander auf und ließ das Salzsäuregas hindurchströmen. Nach vollendeter Salzsäureabsorption, erkennbar an der eingetretenen Abkühlung der Apparate, wurde die Chlorsulfonsäure mittels Druckluft in Vorratsbehälter befördert. Ein Teil der Chlorsulfonsäure wurde in den Absorptionskesseln zurückbehalten, um bei neuer Beschickung ein schnelleres Auflösen der Schwefeltrioxid-Stücke zu erreichen (ULLMANN "Benzoessäuresulfimid" 1928).

2. Weltkrieg

Der größte Teil der im 2. Weltkrieg für die Herstellung von Nebelsäure benötigten Chlorsulfonsäure wurde mittels des Hoechst-Verfahrens aus Kontaktgas - einem Zwischenprodukt bei der Schwefelsäureherstellung nach dem sogenannten Kontaktverfahren - und trockenem Chlorwasserstoff hergestellt. Bei diesem Verfahren läßt man das heiße, aus den Kontakten austretende Gas (mit 6 - 7 % SO₃) mit einem Überschuß von trockenem Chlorwasserstoff in ausgemauerten Türmen bei 200 - 250 °C reagieren. Die aus diesen Türmen austretenden Gase werden in einem Querstromkühler aus Aluminium schnell abgeschreckt. Dabei verflüssigt sich der größte Teil der Chlorsulfonsäure. Die kalten Gase werden anschließend in einem mit Chlorsulfonsäure besetzten Kühl- und Waschturm gewaschen und, bevor sie in den Kamin gehen, mit 98 %iger Schwefelsäure behandelt. Diese absorbiert noch vorhandenes Schwefeltrioxid und spaltet den Rest von Chlorsulfonsäuregas in Schwefelsäure und Chlorwasserstoff. Die Hauptmenge des Chlorwasserstoffs entweicht mit den im Kontaktgas enthaltenen inerten Gasen. Geringe, in der 98 %igen Säure gelöste Mengen, werden mit Luft ausgeblasen (ULLMANN "Schwefel und Schwefelverbindungen" 1964).

Bei den IG Farben-Ludwigshafen wurde Schwefeltrioxid eingesetzt, das in hochkonzentrierter Form durch Destillation von Oleum gewonnen wurde (CIOS XXVII-84).

B 5.3.2.4 Ammoniumchlorid-Mischungen

Zur Herstellung der sogenannten "Stuttgarter Mischung" wurde wie folgt vorgegangen: Die Ausgangsstoffe

Ammoniumchlorid und Kaliumchlorat wurden gesiebt und der Rückstand mittels Handarbeit durch Stampfen oder

Walzen zerkleinert. In einem Betonmischer wurden in Chargen von 500 kg zunächst

Ammoniumchlorid und Kohlenstaub bzw. Hartpech vermischt und anschließend Kaliumchlorat und Wasser zugemischt. Das fertige Produkt wurde in wasserdichte Papiertüten mit einem Fassungsvermögen von ca. 25 kg eingestampft (BAK R3/1955).

B 5.3.2.5 Farbrauchsätze

B 5.3.2.5.1 Mischen

Die verschiedenen Komponenten wurden trocken oder nach Anfeuchten mit Wasser oder einem Wasser-Alkohol-Gemisch vermischt.

B 5.3.2.5.2 Granulieren

Die Herstellung eines Granulats beinhaltet ein Vermischen in Gegenwart von Flüssigkeiten, in der Regel Wasser. Als

Bindemittel wurde eine geringe Menge Methylcellulose oder Wasserleim (Glutofix) hinzugefügt.

Nach dem Mischen

wurden aus der noch feuchten Mischung durch Passieren einer Lochscheibe Stränge hergestellt, die bei 30 bis 35 °C

getrocknet wurden. Verbunden mit diesem Trocknungsprozeß zerfielen die Stränge in Körner mit

ca. 4 mm Querschnitt

und ca. 8 mm Länge.

Weil gelbe Rauchsätze mit den Komponenten Kaliumchlorat, Laktose und Auramin bei Gegenwart von Feuchtigkeit zu

exothermen Reaktionen und Selbstentzündung neigen, ging man dazu über, zunächst eine

Vormischung von Laktose

und Auramin herzustellen. Diese lagerte über annähernd eine Woche, um die exotherme Reaktion bis zum Zumischen

des Kaliumchlorats abklingen zu lassen.

Zum Granulieren der Sätze für "Abwurfrauchzeichen" wurde eine Wasser-Alkohol-Mischung verwendet. Die Sätze für

die "Rauchspurpatrone, Rot" wurden unter Zusatz von Zaponbindemittel gemischt und granuliert (CIOS XXXII-58).

Bei Zaponbindemittel handelt es sich wahrscheinlich um ein Zaponlack enthaltendes Mittel.

Zaponlacke sind

Nitrocelluloselacke, die vorwiegend zur Beschichtung von Metalloberflächen verwendet wurden.

Als Lösungsmittel

werden für Zaponlacke u. a. Benzin, Ethylalkohol und Butanol eingesetzt. Als Verschneidemittel wird häufig

ausschließlich Benzin verwendet (ULLMANN "Lacke" 1960).

B 5.3.2.5.3 Füllen und Pressen

Die Rauchsätze wurden durch Pressen in Rauchsatzbehälter gedrückt, oder in Form von gepreßten Tabletten oder

Granulat in der Regel per Hand eingefüllt. In Handrauchzeichen wurden die Farbrauchsätze lediglich durch Eindrücken

per Hand in die Raucherzeuger eingebracht.

In den "Abwurfrauchzeichen" verwendetes Granulat wurde nicht lose eingefüllt, sondern mittels einer Kraft von

1.000 kg gepreßt.

Zum Einpressen der pulvrigen Sätze in die Rauchsatzbehälter wurden Pressen mit Preßkräften von 500 bis 5.000 kg

eingesetzt. Tabletten wurden mittels automatischer Tablettierpressen mit einer Preßkraft von 25.000 kg gepreßt.

Beigefügtes Talkum übernahm dabei die Funktion eines Gleitmittels (CIOS XXXII-58).

B 5.3.3 Brandstoffe

Hinsichtlich der Herstellung der in Brandspurgeschossen verwendeten Sätze wird auf Kap. B 5.3.1.2 verwiesen. Bei den

übrigen Brandstoffen handelte es sich um Produkte, die primär für zivile Zwecke verwendet und in der chemischen

Industrie bzw. Mineralölverarbeitung hergestellt wurden.

Gelber Phosphor besitzt die Eigenschaft, sich bereits bei Zimmertemperatur entzünden zu können, deshalb mußte seine

Lagerung ebenso wie die Verarbeitung - z. B. Schmelzen und Umgießen - unter Wasser erfolgen (MÜLLERKIEL 1943).

B 5.3.3.1 Laborieren von Brandgranaten und -bomben

Zum Füllen von Phosphorgranaten wurde die Geschobhülse zunächst mit Baumwolle gefüllt, mittels einer

Vakuumpumpe leergesaugt und mittels einer Verschlusskappe verschlossen. Anschließend wurde die Granate in ein Bad

mit erhitztem gelbem Phosphor getaucht, der nach Entfernen der Verschlusskappe in die Granate läuft und von der

Baumwolle aufgesaugt wird. Nach dem Wiederanbringen der Verschlusskappe konnte die gefüllte Granate aus dem Bad

herausgenommen werden. Der gelbe Phosphor wurde zum Teil durch das billigere Naphthalin ersetzt, dieses mußte vor

dem Tauchbad in die Granate gefüllt werden (BIOS 1233).

Es wird angenommen, daß auch für Brandbomben die o.g. Vorgehensweise galt.

B 5.4 Kontaminationsrelevante Vorgänge

• B 5.4.1 Herstellung von Leuchtmitteln und g eräuscherzeugenden Mitteln

• B 5.4.1.1 Staubemissionen und Handhabungsverluste fester Stoffe

• B 5.4.1.2 Leckagen und Abtropfverluste

• B 5.4.1.3 Abfälle

• B 5.4.1.4 Abwasser

• B 5.4.1.5 Brände und Explosionen

• B 5.4.1.6 Vernichtungs- und Abbrandplatz

• B 5.4.1.7 Erprobungs- und Prüfgelände

• B 5.4.2 Herstellung und Einsatz von Nebelmitteln

• B 5.4.2.1 Herstellung von Nebelsäure

• B 5.4.2.2 Herstellung von Berger-Mischungen

• B 5.4.2.3 Herstellung von Hexachlorethan und Hexachlorethan-Mischungen

• B 5.4.2.4 Herstellung von Farbrauchmitteln

• B 5.4.2.5 Einsatz von Nebelmitteln zur Vernebelung von Industrieanlagen

• B 5.4.3 Herstellung von Brandmitteln

Hinsichtlich der in diesem Kapitel enthaltenen Aussagen über umwelt- und gesundheitsgefährdende Eigenschaften von

Stoffen wird auf das folgende Kap. B 5.5 - Einschätzung der Umweltrelevanz - verwiesen.

B 5.4.1 Herstellung von Leuchtmitteln und geräuscherzeugenden Mitteln

B 5.4.1.1 Staubemissionen und Handhabungsverluste fester Stoffe

Die Handhabung der vorwiegend pulverförmigen Satzkomponenten war mit einer unkontrollierten Stoffausbreitung

durch Staubemissionen verbunden. Das gilt vor allem für die im Rahmen der Vorbehandlung durchgeführten Sieb- und

Trockenmischverfahren.

B 5.4.1.2 Leckagen und Abtropfverluste

Bei der Laborierung im 1. Weltkrieg hergestellter Signalpatronen kann von Abtropfverlusten des

zum Tränken von Baumwollfäden verwendeten Bleiacetats sowie der zur Versiegelung verwendeten Lacke ausgegangen werden. Bei Umschlag, Lagerung und Umfüllen des Bleiacetats und der für die Lacke verwendeten Lösemittel können Leckagen und Handhabungsverluste erfolgt sein.

Im 2. Weltkrieg kommen als Kontaminationsquellen Sprüh- und Abtropfverluste der bei der Laborierung von Signalpatronen eingesetzten Nitrocelluloselacke bzw. Nitroharzlösung in Betracht sowie Leckagen und Handhabungsverluste der für diese Lacke und Harze sowie für Bindemittel zur Satzverfestigung verwendeten Lösemittel.

Beim Einsatz von Pressen zur Verfestigung der Sätze ist mit dem Verlust von Schmier- und Hydrauliköl zu rechnen. Das gilt vor allem für das Pressen von Füllungen mit großem Durchmesser (z. B. Leuchtbomben), für die beträchtliche Preßkräfte und dementsprechend schwere Einrichtungen erforderlich waren.

B 5.4.1.3 Abfälle

Als feste Abfälle kommen vor allem in Betracht:

- Gebäudekehricht, bei dem es sich im wesentlichen um Staubablagerungen handelte.
- In Behältern und Mischgefäßen haftende Satzreste. Diese Quelle ist vor allem bei Anwendung von Feuchtmischverfahren von Bedeutung.

- Fehlchargen, die aufgrund der komplexen Funktionsanforderungen an Leuchtsätze und geräuscherzeugende Sätze

relativ häufig vorkamen. Es muß damit gerechnet werden, daß insbesondere gegen Ende des 2. Weltkrieges

Fehlchargen, aber auch Produkte verschiedener Fertigungsstufen, vergraben worden sind.

B 5.4.1.4 Abwasser

Eine Kontamination des Abwassers kann vor allem durch Gebäudereinigungswasser (Staubablagerungen) sowie durch

Waschwässer aus der Reinigung von Mischgefäßen und anderen Apparaten und Behältern verursacht worden sein.

Neben einer Verunreinigung von Oberflächengewässern können durch undichte Abwasserleitungen und Speicherbecken

Untergrundverunreinigungen erfolgt sein. Es muß damit gerechnet werden, daß kontaminiertes Abwasser auch durch

absichtliches Versickern in den Untergrund gelangte.

B 5.4.1.5 Brände und Explosionen

Im Zusammenhang mit Bränden und Explosionen sowie Kriegseinwirkungen kann es zur unkontrollierten flächenhaften

Ausbreitung staubförmiger Stoffe und dem Eindringen von Flüssigkeiten in den Untergrund gekommen sein.

Das Brand- und Explosionsrisiko wurde durch die Verwendung von Stoffen und Vormischungen mit explosionsgefährlichen und brandfördernden Eigenschaften erhöht. Explosionsunfälle bzw. explosionsgefährliche

Eigenschaften werden in Verbindung mit folgenden Stoffen erwähnt: Schwarzpulver, Calciumsilicid, Strontiumpikrat,

Tetranitrocarbazol, Nitrocellulose (vgl. auch Kap. B 5.5.1.8).

Die Gefahr von Selbstentzündung war z. B. gegeben, wenn Aluminium- oder Magnesiumpulver mit oxidierenden

Mitteln, z. B. Chloraten und Nitraten, vermischt wird und sich aufgrund der durch

Feuchtigkeitsaufnahme eingeleiteten
Zersetzung Wärme entwickelt (LANGHANS 1922). LANGHANS berichtet von einer Explosion,
die sich durch

Entzündung von Leuchtsatzrückständen in einem im Freien aufgestellten Abfallbehälter ereignete.
In diesem Fall

reagierten Bariumnitrat und Aluminiumpulver in feuchtem Zustand unter starke
Wärmeentwicklung, wobei sich

Ammoniak entwickelte (LANGHANS 1921).

Im Brandfall muß mit der Bildung thermischer Umwandlungsprodukte mit umwelt- und
gesundheitsgefährdenden

Eigenschaften gerechnet werden. Das gilt z. B. hinsichtlich der Bildung von polychlorierten
Dibenzodioxinen (PCDD)

und Dibenzofuranen (PCDF) durch Verbrennung von PVC und Polychlornaphthaline enthaltenden
Sätzen.

B 5.4.1.6 Vernichtungs- und Abbrandplatz

Auf diesem Platz wurden Fehlchargen und nicht mehr verwendbare Satzreste vernichtet. Hier ist in
besonderem Maße

die Bildung thermischer Umwandlungsprodukte mit umwelt- und gesundheitsgefährdenden
Eigenschaften möglich.

B 5.4.1.7 Erprobungs- und Prüfgelände

Pyrotechnische Fabriken verfügten meist über ein Prüf- und Erprobungsgelände zur
Funktionskontrolle der Produkte.

Diese Plätze waren i. d. R. nicht versiegelt, sodaß mit einem Eintrag von Satzresten sowie
Abbrandprodukten in den

Untergrund gerechnet werden muß.

B 5.4.2 Herstellung und Einsatz von Nebelmitteln

B 5.4.2.1 Herstellung von Nebelsäure

Untergrundverunreinigungen können durch Leckagen der in Tanks, Leitungen, Produktionsanlagen
enthaltenen

Chlorsulfonsäure und Schwefelsäure sowie durch Verluste beim Umschlag dieser Flüssigkeiten
verursacht worden sein.

Emissionen der als Ausgangsstoffe eingesetzten Gase, Kontaktgas und Chlorwasserstoff, können
zum Niederschlag von

Schwefelsäure und Salzsäure im Umkreis geführt haben. Sie liegen dann heute im Boden als Sulfat-
bzw. Chlorid-Ionen

vor.

Mit der Zerkleinerung des im 1. Weltkrieg als Ausgangsstoff eingesetzten stückigen

Schwefeltrioxids war

Staubentwicklung und Staubbiederschlag im Umkreis verbunden. Durch Reaktion mit Feuchtigkeit
liegen heutzutage

im Boden vermutlich nur noch Sulfat-Ionen vor.

B 5.4.2.2 Herstellung von Berger-Mischungen

Untergrundverunreinigungen können vor allem durch Ausbreitung staubförmiger Komponenten (u.
a. Zinkstaub) sowie

Handhabungsverlusten und Leckagen des flüssigen Tetrachlormethans beim Umschlag, beim
Lagern, beim Umfüllen

und beim Mischvorgang verursacht worden sein.

Verluste von Tetrachlormethan haben aufgrund seines hohen Permeationsvermögens durch
herkömmliche

Baumaterialien mit hoher Wahrscheinlichkeit zu Untergrundverunreinigungen geführt.

Als Abfälle fallen vor allem Satzreste beim Reinigen der Mischbehälter sowie Fehlchargen an.

Verunreinigte Abwässer können bei der Reinigung von Mischbehältern entstanden sein.

Bei der Anwendung von Berger-Mischungen auf Erprobungs- und Versuchsgeländen, bei der Verbrennung von Fehlgeladen auf Abbrandplätzen sowie auf von Bränden betroffenen Flächen des Betriebsgeländes bildete sich als Verbrennungsprodukt giftiges und ätzendes Zinkchlorid. Daneben muß mit dem Vorkommen nicht umgesetzter Anteile von Tetrachlormethan gerechnet werden. Das Brandrisiko bei der Herstellung und Lagerung von Berger-Mischungen wird durch ihre Eigenschaft erhöht, sich beim Zutritt von Feuchtigkeit entzünden zu können.

B 5.4.2.3 Herstellung von Hexachlorethan und Hexachlorethan-Mischungen

Bodenverunreinigungen können durch Leckagen der in Tanks, Leitungen und Produktionsanlagen enthaltenen Chlorkohlenwasserstoffgemische und Natronlauge verursacht worden sein. Es muß damit gerechnet werden, daß der mit Chlorkohlenwasserstoffen verunreinigte (Koch-)Salzschlamm als Abfall abgelagert worden oder in Oberflächengewässer eingeleitet worden ist. Das beim Zentrifugieren angefallene Abwasser war ebenfalls durch einen hohen Salzgehalt sowie Chlorkohlenwasserstoffe verunreinigt. Untergrundverunreinigungen durch Chlorkohlenwasserstoffe sind wegen des meist ausgeprägten Permeationsvermögens dieser Stoffe durch herkömmliche Baumaterialien wahrscheinlich. Auf Versuchs- und Erprobungsplätzen, auf Abbrandplätzen sowie auf von Bränden betroffenen Teilen des Betriebsgeländes bildete sich als Verbrennungsprodukt giftiges und ätzendes Zinkchlorid. Hexachlorethan-Mischungen (HC-Mischungen) können sich unter Umständen beim Zutritt von Luftfeuchtigkeit entzünden (MENKE 1978). Das gilt vor allem für HC-Mischungen, in denen gegen Ende des 2. Weltkriegs das knappe Magnesiumpulver durch Bariumnitrat ersetzt wurde. Berichtet wird vom Brand eines Lagergebäudes, der durch Eindringen von Niederschlägen in die Sätze der dort gelagerten Nebelkerzen ausgelöst wurde (CIOS XXXII-58). HCMischungen wiesen zudem häufig leicht entzündliche Komponenten (z. B. Magnesiumpulver) auf.

B 5.4.2.4 Herstellung von Farbrauchmitteln

Als Verlustquellen kommen vor allem Staubemissionen beim Mischen pulverförmiger Komponenten sowie Handhabungsverluste und Leckagen der für Zaponbindemittel verwendeten Lösungsmittel in Betracht. In Verbindung mit dem Einsatz von Pressen zur Verfestigung der Sätze ist mit Leckagen von Schmier- und Hydrauliköl zu rechnen. Als Abfälle fielen vor allem Satzreste aus Mischbehältern und Transportgefäßen, Fehlgeladen sowie im wesentlichen Staubablagerungen enthaltender Gebäudekehricht an. Eine Kontamination des Abwassers kann vor allem durch Gebäudereinigungswasser (Staubablagerungen) sowie durch Waschwässer aus der Reinigung von Misch- und Transportgefäßen verursacht worden sein. Auf Erprobungs- und Versuchsflächen, Abbrandplätzen sowie von Bränden betroffenen Teilen der Betriebsfläche können sich gesundheits- und umweltgefährdende Abbrandprodukte, insbesondere Umwandlungsprodukte der als farbgebende Komponenten eingesetzten Anthrachinonderivate, gebildet haben. Das Brandrisiko wurde durch die Selbstentzündungstendenz eines Teils der produzierten

Rauchsätze erhöht.

B 5.4.2.5 Einsatz von Nebelmitteln zur Vernebelung von Industrieanlagen

Bei der Zerstäubung kondensierte ein Teil der Nebelsäure und setzte sich in der Umgebung in Form von Säuretropfen

auf Pflanzen und Boden ab. Der Ausnutzungsgrad der Nebelsäure wird bei diesem häufig angewendeten Verfahren mit

bestenfalls 85 % angegeben (BAK R3/1955).

Bei Verwendung von Ammoniumchlorid war der Ausnutzungsgrad deutlich geringer. In der Stuttgarter Mischung wurde

die neblerzeugende Komponente Ammoniumchlorid nur etwa zur Hälfte ausgenutzt (BAK R3/1955). Wahrscheinlich

verblieben erhebliche Mengen Ammoniumchlorid im Verbrennungsrückstand.

Die Herstellung der Mischung vor Ort durch Zerkleinern von Hand und Mischen in Betonmischern war mit

beträchtlicher Staubentwicklung und mit Handhabungsverlusten beim Umladen und Verfüllen in die Papiersäcke

verbunden.

B 5.4.3 Herstellung von Brandmitteln

Bodenverunreinigungen können vor allem durch Leckagen und Handhabungsverluste beim Umschlag und bei der

Lagerung von Brandflüssigkeiten sowie beim Füllen der Munitionskörper erfolgt sein. Bedingt durch den

Anwendungszweck der hergestellten Mittel war das Brandrisiko in Brandmittel herstellenden Betrieben hoch. Eine

Gefahrenquelle stellte insbesondere der unter Umständen bereits bei Umgebungstemperatur selbstentzündliche gelbe

Phosphor dar, wenn durch betriebliche Störungen oder Kriegseinwirkungen ein Luftkontakt nicht verhindert werden

konnte. Es ist davon auszugehen, daß das zur Lagerung und bei der Verarbeitung von gelbem Phosphor verwendete -

Luftkontakt verhindernde - Wasser mit Phosphor kontaminiert wurde. Es ist damit zu rechnen, daß dieses Wasser ohne

weitere Behandlung entweder im Boden versickerte oder in die Kanalisation bzw. in Oberflächengewässer eingeleitet

wurde.

B 5.5 Einschätzung der Umweltrelevanz

- B 5.5.1 Leuchtmittel und geräuscherzeugende Mittel

- B 5.5.1.1 Bodenverunreinigungen

- B 5.5.1.2 Pflanzen

- B 5.5.1.3 Bioakkumulation

- B 5.5.1.4 Grundwasser und Oberflächengewässer

- B 5.5.1.5 Bodenluft

- B 5.5.1.6 Gesundheitsgefährdende Eigenschaften

- B 5.5.1.7 Brandgefahr

- B 5.5.1.8 Explosionsgefahr

- B 5.5.2 Rauch und Nebelmittel

- B 5.5.2.1 Bodenverunreinigungen

- B 5.5.2.2 Pflanzen

- B 5.5.2.3 Bioakkumulation

- B 5.5.2.4 Grundwasser und Oberflächengewässer

- B 5.5.2.5 Bodenluft

- B 5.5.2.6 Gesundheitsgefährdende Eigenschaften

- B 5.5.2.7 Brandgefahr
- B 5.5.2.8 Explosionsgefahr
- B 5.5.3 Brandmittel
- B 5.5.3.1 Bodenverunreinigungen
- B 5.5.3.2 Bioakkumulation
- B 5.5.3.3 Grundwasser und Oberflächengewässer
- B 5.5.3.4 Bodenluft
- B 5.5.3.5 Gesundheitsgefährdende Eigenschaften
- B 5.5.3.6 Brandgefahr
- B 5.5.3.7 Explosionsgefahr
- B 5.5.4 Sonstige Hinweise auf umwelt- und gesundheitsgefährdende Eigenschaften

Vorbemerkung:

Für Aussagen zur mengenmäßigen Bedeutung von Stoffen wurde folgende Skala begrifflicher Differenzierungen

zugrundegelegt:

- große mengenmäßige Bedeutung,
- erhebliche mengenmäßige Bedeutung,
- geringe mengenmäßige Bedeutung,
- sehr geringe mengenmäßige Bedeutung.

Sie beruht auf der Einschätzung von Prozentanteilen in Satzgemischen, der Einsatzhäufigkeit und Einsatzdauer

beteiligter Stoffe aufgrund der vorliegenden Datenlage.

B 5.5.1 Leuchtmittel und geräuscherzeugende Mittel

B 5.5.1.1 Bodenverunreinigungen

2. Weltkrieg

In Leuchtsätzen und geräuscherzeugenden Sätzen sowie Zündsätzen waren gemäß LAGA-Liste folgende

bodenverunreinigenen Stoffe enthalten (LAGA 1991):

- In mengenmäßig erheblichem Umfang Calciumchlorophthalat und Strontiumfluorid.
- Geringere mengenmäßige Bedeutung hatten: Bariumfluorid, Bleioxid, Bleiperoxid, Kupfer(II)acetatarzenit,

Kupferprodukt B, Antimonsulfid, Polychlornaphthaline, Benzol sowie Resorcyssäure.

Weiterhin wird den als Komponenten von Nitroharzlösungsmitteln bei der Laborierung eingesetzten Stoffen Toluol und

Xylol erhebliche mengenmäßige Bedeutung zuerkannt.

Säuren werden in der LAGA-Liste generell als bodenverunreinigende Stoffe eingestuft. Als Begründung wird neben

ätzenden Eigenschaften angegeben, daß diese Stoffe das Verhalten anderer Stoffe beeinflussen. Eine durch Säureeintrag

bewirkte Senkung des pH-Wertes im Boden kann z. B. eine Mobilisierung von Schwermetallen verursachen. Die

gleiche Wirkung kann mit einem Eintrag von Sulfaten, Sulfiden, Chloraten und Chloriden verbunden sein, die in vielen

Leuchtsätzen in hohen Anteilen enthalten sind. Entsprechendes gilt für sulfatbildenden, elementaren Schwefel.

Beim Verbrennen von Leuchtsätzen ist mit der Bildung von PAK aus den darin enthaltenen Wachsen und Harzen zu

rechnen. Bei der Verbrennung der in großen Mengen eingesetzten Stoffe PVC und chloriertes PVC sowie von

Polychlornaphthalinen können bodenverunreinigende PCDD/PCDF entstanden sein. Als

bodenverunreinigend

eingestuftes Phenol kann sich durch Zersetzung der in großen Mengen verwendeten Phenolharze

gebildet haben.

Die insbesondere mit dem Einsatz von Pressen verbundenen Verluste von Schmier- und Hydrauliköl sind in ihrer

Eigenschaft als Mineralölabkömmlinge als bodenverunreinigend einzustufen.

1. Weltkrieg

Neben Schmier- und Hydrauliköl ist als bodenverunreinigend gemäß LAGA-Liste das bei der Laborierung und in

Zündmitteln verwendete Bleiacetat eingestuft (LAGA 1991). Weiterhin gilt das für die in Zündmitteln verwendeten

Stoffe Bleinitrat und Kaliumchromat. Diesen Stoffen kommt nur eine geringe mengenmäßige Bedeutung zu.

Entsprechend den bereits im vorausgehenden Abschnitt "2. Weltkrieg" gemachten Ausführungen ist bei den in

erheblichen Mengen eingesetzten Chloraten und elementarem Schwefel von einer verstärkenden Wirkung auf die

Mobilität von Schwermetallen im Boden auszugehen. Aufgrund von Zersetzungsprozessen der verwendeten Kunstharze

Albertol und Bakelit im Boden muß mit der Bildung von Phenolen gerechnet werden. Bei Verbrennung dieser Harze

und anderer organischer Komponenten können PAK entstehen.

B 5.5.1.2 Pflanzen

2. Weltkrieg

Von den in Leuchtsätzen und Sätzen geräuscherzeugender Mittel sowie in Zündsätzen eingesetzten Stoffen sind

folgende als pflanzenrelevant eingestuft (LAGA 1991): Kupfer(II)acetat, -arsenit, Kupferprodukt B, Resorcylnsäure.

Diese Stoffe haben nur geringe mengenmäßige Bedeutung. Weiterhin können die bereits in Kap. B 5.5.1.1 genannten

Sulfate, Sulfide, Chlorate, Chloride sowie Schwefel durch Beeinflussung des Bodenmilieus Pflanzenschädigungen

bewirken sowie zu einer Anreicherung von Schwermetallen in Nutzpflanzen beitragen.

1. Weltkrieg

Entsprechend den Ausführungen im vorausgehenden Abschnitt "2. Weltkrieg" sind Bodeneinträge der in erheblichen

Mengen eingesetzten Chlorate sowie des elementaren Schwefels als pflanzenrelevant zu bewerten.

B 5.5.1.3 Bioakkumulation

2. Weltkrieg

Folgende in Leuchtsätzen und geräuscherzeugenden Sätzen verwendeten Stoffe weisen gemäß LAGA-Liste ein hohes

Bioakkumulationspotential auf (LAGA 1991): Anthrazen, Polychlornaphthaline, Calciumdichlorphthalat. Von diesen

Stoffen ist Calciumdichlorphthalat in erheblichen Mengen in Leuchtsätzen enthalten, während die beiden übrigen Stoffe

nur geringe mengenmäßige Bedeutung haben.

Ein hohes Bioakkumulationspotential weisen außerdem PAK und PCDD/PCDF auf, die sich durch Verbrennung von

Leuchtsatzkomponenten gebildet haben können bzw. als Verunreinigungen der eingesetzten Stoffe vorliegen (vgl. auch

Kap. B 5.5.1.1 sowie B 5.5.1.6).

Von den Komponenten der für Nitrocellulose eingesetzten Lösungsmittel weist Xylol ein hohes Bioakkumulationspotential auf.

1. Weltkrieg

Ein hohes Bioakkumulationspotential weisen PAK auf, die sich durch Verbrennung der in erheblichen Mengen eingesetzten Kunstharze und sonstiger organischer Komponenten gebildet haben können.

B 5.5.1.4 Grundwasser und Oberflächengewässer

2. Weltkrieg

Folgende Stoffe in Leuchtsätzen und geräuscherzeugenden Sätzen sowie Zündsätzen sind in der LAGA-Liste als

relevant für den Wasserpfad eingestuft (LAGA 1991): Calciumdichlorphthalat, Strontiumfluorid, Bariumfluorid,

Bleioxid, Bleiperoxid, Antimonsulfid, Benzol, Resorcylnsäure. Unter diesen Stoffen haben lediglich Calciumdichlorphthalat und Strontiumfluorid eine beträchtliche mengenmäßige Bedeutung. Aus den in großen Mengen

eingesetzten Phenolharzen kann sich durch Abbauvorgänge Phenol gebildet haben, das ebenso wie die in

Lösungsmitteln für Nitro(cellulose)harze enthaltenen Komponenten Toluol und Xylol als wasserpfadrelevant

gekennzeichnet ist.

Ausgehend vom KATALOG WASSERGEFÄHRDENDER STOFFE wird das Gefährdungspotential maßgeblich durch

die in großen Mengen verwendeten Barium-, Kalium- und Natriumsalze bestimmt. Von den als wassergefährdend

eingestuften Stoffen haben Bariumchlorat, Kaliumchlorat sowie möglicherweise Phenol als Abbauprodukt der in großen

Mengen eingesetzten Phenolharze erhebliche mengenmäßige Bedeutung. Ebenfalls als wassergefährdend ist Styrol

eingestuft (LAGA 1991). Zur Lagerung wird Styrol mit Stabilisatoren versetzt, um die Bildung von Peroxiden, die die

Polymerisation einleiten, zu hemmen. Dieser Stoff liegt im fertigen Produkt weitgehend in Form von Polystyrol vor, das

keine wassergefährdende Eigenschaft aufweist.

Große mengenmäßige Bedeutung kommt folgenden als schwach wassergefährdend eingestuften Stoffen zu:

Bariumfluorid, Bariumnitrat, Bariumperoxid, Kaliumnitrat (u. a. als Schwarzpulverkomponente), Kaliumperchlorat,

Natriumoxalat, Natriumcarbonat.

Folgende mengenmäßig weniger bedeutende Stoffe sind stark wassergefährdend -

Kupfer(II)acetatarzenit, Benzol,

Polychlornaphthaline - bzw. wassergefährdend - Benzoylperoxid, Butylamin, Antimonsulfid.

In den in Pressen verwendeten Schmier- und Hydraulikölen hatten Additive wahrscheinlich noch keine große

Bedeutung, so daß diese Öle dem als schwach wassergefährdend bewerteten Stoffgemisch unlegierte Grundöle

zugeordnet werden können.

1. Weltkrieg

Gemäß LAGA-Liste sind neben den Schmier- und Hydraulikölen die in Zündmitteln verwendeten Stoffe Bleiacetat,

Bleinitrat und Kaliumchromat als wasserpfadrelevant eingestuft. Entsprechendes gilt für Phenol, das sich durch

Zersetzungsprozesse im Boden aus Bakelit und Albertol gebildet haben kann.

Im KATALOG WASSERGEFÄHRDENDER STOFFE sind die in großen Mengen eingesetzten Stoffe

Kaliumnitrat (u. a. in Schwarzpulver enthalten) sowie Bariumnitrat als schwach wassergefährdend

eingestuft.

Erhebliche mengenmäßige Bedeutung haben die als wassergefährdend eingestuft Stoffe Bariumchlorat und

Kaliumchlorat sowie das als schwach wassergefährdend eingestufte Natriumoxalat.

Nur geringe mengenmäßige Bedeutung haben das als stark wassergefährdend eingestufte Kaliumchromat sowie die als

wassergefährdend eingestuft Stoffe Bleinitrat und Bleiacetat. Phenol wird ebenfalls als wassergefährdend eingestuft.

B 5.5.1.5 Bodenluft

Folgende im 2. Weltkrieg in Leuchsätzen und Zündsätzen eingesetzten Stoffe sind in der LAGA-Liste als relevant im

Hinblick auf den Luftpfad eingestuft (LAGA 1991): Polychlornaphthaline, Antimonsulfid, Benzol, Kupfer(II)acetatarsenit, Resorcyclsäure. Diesen Stoffen kommt durchweg nur geringe mengenmäßige Bedeutung zu.

Größere mengenmäßige Bedeutung haben die bei der Laborierung verwendeten

Lösungsmittelkomponenten Toluol und

Xylol. Eine Ausbreitung über die Gasphase kommt darüberhinaus auch für leichtflüchtige Komponenten in Schmierund

Hydraulikölen in Frage.

B 5.5.1.6 Gesundheitsgefährdende Eigenschaften

2. Weltkrieg

Akute Toxizität

Von den in Leuchsätzen und geräuscherzeugenden Sätzen sowie in Zündsätzen eingesetzten Stoffen sind gemäß

LAGA-Liste folgende Stoffe als giftig eingestuft (LAGA 1991): Strontiumfluorid, Bariumfluorid, Benzol,

Kupfer(II)acetatarsenit. Kupfer(II)acetatarsenit wird von ULLMANN als "außerordentlich giftig" bezeichnet.

(ULLMANN "Pyrotechnik" 1963).

Antimonverbindungen (hier: Antimonsulfid) werden als giftig/mindergiftig eingestuft.

Als mindergiftig sind Bleioxid, Bleiperoxid und Kupferprodukt B eingestuft. Bei der Laborierung wurden weiterhin die

mindergiftigen Stoffe Toluol und Xylol als Lösungsmittel von Nitroharzen verwendet. Nach der Liste gefährlicher

Stoffe - Gefahrstoffverordnung sind darüber hinaus Bariumchlorat, Bariumnitrat, Bariumperoxid, Kaliumchlorat,

Kaliumperchlorat, Resorcin sowie Trikresylphosphat mindergiftige Stoffe

(GEFAHRSTOFFVERORDNUNG 1986).

Nach ULLMANN können Polychlornaphthaline (Nibrenwachs) Chlorakne verursachen. Sie weisen eine

"außerordentlich stark leberdegenerierende Wirkung auf, die nach Inhalation von Dämpfen zu akuter gelber

Leberatropie" führen kann. Bei den höher chlorierten Chlornaphthalinen handelt es sich um "die bei weitem toxischsten

Chlorkohlenwasserstoffe" (ULLMANN "Chlorkohlenwasserstoffe" 1954).

Als Ursache für die toxische Wirkung wurden Verunreinigungen mit PCDD und PCDF - unter anderem auch TCDD -

ermittelt (Sachstand Dioxine 1985). PCDD/PCDF können jedoch auch durch Verbrennung von dem in großen Mengen

eingesetzten PVC sowie von Polychlornaphthalinen entstanden sein. Durch Abbauvorgänge des ebenfalls in großen

Mengen verwendeten Phenolharzes kann nach LAGA-Liste als giftig eingestuftes Phenol

entstanden sein.

Zusammenfassend kann die akute Toxizität der in Leuchtmitteln und geräuscherzeugenden Mitteln eingesetzten Stoffe

wie folgt beurteilt werden:

- Mit Strontiumfluorid wurde ein giftiger Stoff mit erheblicher mengenmäßiger Bedeutung eingesetzt. Entsprechendes

gilt u. U. für das durch Abbauprozesse gebildete giftige Phenol.

- Darüber hinaus wurden mehrere mindergiftige Stoffe mit zum Teil großer oder erheblicher mengenmäßiger Bedeutung

verwendet.

- Bei Polychlornaphthalinen (einschließlich PCDD/PCDF-Verunreinigungen) und Kupfer(II)acetatarsenit handelt es

sich um sehr giftige Stoffe. Diese wurden zwar jeweils nur in geringen Mengen eingesetzt, im Einzelfall können sie

jedoch ein bedeutendes Gefährdungspotential darstellen.

Ätzende und reizende Eigenschaften

Die folgenden in Verbindung mit der Herstellung von Leuchtmitteln und geräuscherzeugenden Mitteln verwendeten

Stoffe weisen nach LAGA-Liste bzw. Liste gefährlicher Stoffe - Gefahrstoffverordnung - ätzende oder reizende

Eigenschaften auf (GEFAHRSTOFFVERORDNUNG 1986, LAGA 1991):

- Fluoride, Phenol (als Abbauprodukt von Phenolharz) und Resorcylnsäure wirken ätzend.

- Benzol, Butylamin, Styrol, Naphthalin wirken reizend.

Styrol liegt im fertigen Produkt weitgehend als Polystyrol vor, das keine reizenden Eigenschaften aufweist.

Das in Leuchtsätzen eingesetzte CSB-Bindemittel verursachte Hautkrankheiten, so daß der Gebrauch von

Gummihandschuhen beim Mischen und Umladen der Satzmischungen erforderlich war (CIOS XXXII-10).

Hautresorption

Nach LAGA-Liste besteht für Benzol, Polychlornaphthaline, Phenol und das bei der Laborierung als

Lösungsmittelkomponente eingesetzte Xylol die Möglichkeit der Hautresorption. Über die Haut kann auch flüssiges

(Mono-)Styrol aufgenommen werden (OFFHAUS/GENEST 1978).

Krebsrisiko und Langzeitrisiko

Für folgende Stoffe liegt in der LAGA-Liste eine quantitative Angabe des Krebsrisikos oder des Langzeitrisikos

vor (Nennung nur der jeweilig höheren Einstufung) (LAGA 1991).

- PAK [7]

- Kupfer(II)acetatarsenit [6]

- Anthrazen [4]

- Benzol [4]

- Bleioxid, Bleiperoxid [4]

- Antimonsulfid [4]

- Naphthalin [1 - 4]

- Xylol [3]

- Kupferprodukt B [2]

- Phenol [2]

- Strontiumfluorid, Bariumfluorid [2]

- Calciumdichlorphthalat [0 - 2]

- Toluol [1]

Ein beträchtliches Gefährdungspotential stellen vor allem die als Abbrandprodukte mengenmäßig bedeutenden und in der Gefährdungsskala hoch eingestuften PAK dar.

Erhebliche mengenmäßige Bedeutung weisen Xylol, Phenol, Strontiumfluorid, Calciumdichlorophthalat sowie Toluol

auf. Die übrigen genannten Stoffe haben mengenmäßig geringe Bedeutung, das schließt im Einzelfall ein erhebliches

Gefährdungspotential - z. B. durch Kupfer(II)acetatarsenit - nicht aus.

1. Weltkrieg

Akute Toxizität

Geringere mengenmäßige Bedeutung weisen das gemäß LAGA-Liste als giftig gekennzeichnete Kaliumchromat sowie

die als mindergiftig gekennzeichneten Stoffe Bleiacetat und Bleinitrat auf. Phenol, das sich durch Zersetzung von

Albertol und Bakelit gebildet haben kann, wird in der LAGA-Liste als giftig eingestuft (LAGA 1991).

Gemäß Liste gefährlicher Stoffe - Gefahrstoffverordnung - sind Bariumnitrat, Bariumchlorat sowie Kaliumchlorat

mindergiftige Stoffe (GEFAHRSTOFFVERORDNUNG 1986). Unter diesen kommt Bariumnitrat große, den übrigen

erhebliche mengenmäßige Bedeutung zu.

Ätzende und reizende Eigenschaften

Phenol (als Abbauprodukt aus Albertol und Bakelit) ist nach LAGA-Liste ein ätzender Stoff.

Kaliumchromat ist in der

Liste gefährlicher Stoffe - Gefahrstoffverordnung - als reizender Stoff verzeichnet.

Hautresorption

In der LAGA-Liste ist Phenol, das als Zersetzungsprodukt aus Bakelit und Albertol entstehen kann, als Stoff

gekennzeichnet, bei dem das Risiko der Aufnahme über die Haut besteht.

Krebsrisiko und Langzeitrisiko

Für folgende Stoffe liegt in der LAGA-Liste eine quantitative Bewertung des Krebsrisikos oder des Langzeitrisikos

vor (Nennung nur der jeweils höheren Einstufung) (LAGA 1991).

- PAK [7]

- Bleiacetat, Bleinitrat [4]

- Kaliumchromat [3] inhalativ [7]

- Phenol [2]

Aufgrund der hohen Einstufung in der Gefährdungsskala und der erheblichen mengenmäßigen Bedeutung stellen die

PAK das größte Gefährdungspotential hinsichtlich des Krebs- und Langzeitrisikos dar. Die übrigen Stoffe haben geringe

mengenmäßige Bedeutung, das schließt ein erhebliches Gefährdungspotential im Einzelfall - z. B. bei inhalativer

Aufnahme von staubförmigen Kaliumchromat - nicht aus.

B 5.5.1.7 Brandgefahr

2. Weltkrieg

Von den in Leuchtsätzen verwendeten Stoffen sind folgende in der Liste gefährlicher Stoffe - Gefahrstoffverordnung als

leicht entzündlich gekennzeichnet (GEFAHRSTOFFVERORDNUNG 1986): Benzol, Butylamin, Magnesiumpulverphlegmatisiert

sowie Magnesiumpulver-nicht stabilisiert, Aluminiumpulver-nicht stabilisiert, Zirkoniumpulver-nicht

stabilisiert.

Als brandfördernd sind folgende Stoffe gekennzeichnet: Bariumchlorat, Bariumperoxid, Kaliumchlorat und Kaliumperchlorat.

Die Polymerisation von Styrol kann explosionsartig verlaufen. Auch bei Anwesenheit von Hemmstoffen kann es zur Polymerisation kommen, wenn die Temperatur der Lösung auf ca. 50 °C ansteigt. Es besteht Entzündungsgefahr, weil diese Reaktion stark exotherm verläuft (OFFHAUS/GENEST 1978).

Von den genannten Stoffen haben Aluminiumpulver und Magnesiumpulver sowie Bariumperoxid große, Bariumchlorat und Kaliumchlorat erhebliche mengenmäßige Bedeutung.

Nach HOMMEL erhöht Strontiumperoxid die Brennbarkeit aller anderen brennbaren Stoffe erheblich (HOMMEL 1993).

1. Weltkrieg

Folgende Stoffe sind in der Liste gefährlicher Stoffe - Gefahrstoffverordnung als leicht entzündlich gekennzeichnet

(GEFAHRSTOFFVERORDNUNG 1986): Magnesiumpulver-phlegmatisiert, Magnesiumpulver-nicht stabilisiert,

Aluminiumpulver-nicht stabilisiert. Als brandfördernd sind Kaliumchlorat und Bariumchlorat eingestuft. Alle genannten Stoffe haben erhebliche mengenmäßige Bedeutung.

B 5.5.1.8 Explosionsgefahr

2. Weltkrieg

Als explosionsgefährlicher Stoff mit großer mengenmäßiger Bedeutung ist vor allem das bei der Herstellung

pyrotechnischer Zünder verwendete Schwarzpulver zu nennen (vgl. auch Kap. B 2).

Bei Vermischung von Aluminium- oder Magnesiumpulver mit Chloraten oder Nitraten können unter

Feuchtigkeitsaufnahme exotherme Reaktionen stattfinden, die Explosionen zur Folge haben können (vgl. Kap. B

5.4.1.5). Sowohl Aluminium- und Magnesiumpulver als auch den Chloraten und Nitraten kommt große mengenmäßige Bedeutung zu.

Bei Mischung des große mengenmäßige Bedeutung aufweisenden Bariumperoxids mit brennbaren, organischen oder

leicht oxidierbaren Stoffen besteht Explosionsgefahr. Bei Anfeuchtung dieser Mischungen mit geringen Mengen Wasser

kann eine Zündung schon durch Stoß oder Reibung erfolgen (HOMMEL 1993).

Erhebliche mengenmäßige Bedeutung haben Calciumsilicid und Strontiumperoxid, die ebenfalls explosionsgefährliche

Eigenschaften aufweisen. Beim Mahlen von Calciumsilicid findet eine heftige Reaktion mit Luftsauerstoff statt, die in

einigen Fällen zu Explosionen führte (CICHOWICZ 1983).

Nach HOMMEL ist Calciumsilicid in trockenem Zustand ungefährlich. Beim Feuchtwerden durch Niederschläge oder

hohe Luftfeuchtigkeit entwickelt sich jedoch leicht entzündliches Wasserstoffgas, das im Gemisch mit Luft Knallgas

bildet. Bei Kontakt oder Mischung von Strontiumperoxid mit brennbarem, organischem oder leicht oxidierbarem

Material entstehen explosionsfähige Mischungen, die durch Reibung, Stoß oder Kontakt bei

Anwesenheit geringer

Mengen Wasser leicht entzündet werden können (HOMMEL 1993).

Bei Verdunstung des ebenfalls mengenmäßig erhebliche Bedeutung aufweisenden Styrols bilden sich explosible

Gemische, die durch heiße Oberflächen, Funken oder offene Flammen entzündet werden können (OFFHAUS/GENEST 1978).

Geringere mengenmäßige Bedeutung haben die in Zündsätzen verwendeten Stoffe

Tetranitrocarbazol und

Strontiumpikrat. Strontiumpikrat wurde wegen mehrerer Explosionsunfälle nur vorübergehend in Zündsätzen für

Leuchtspurmunition eingesetzt. Tetranitrocarbazol weist eine zwischen TNT und DNT einzuordnende Brisanz auf. Aus

diesem Grund war für den Transport eine Zumischung von 10 % Wasser vorgeschrieben. Die angegebenen

Eigenschaften "nichthygroskopisch" und "nicht korrosiv" können als Hinweise auf eine (ansonsten) große Stabilität

gewertet werden (CIOS XXXII-10).

1. Weltkrieg

Hinsichtlich der explosionsgefährlichen Eigenschaften der im folgenden genannten Stoffe sei auf den vorausgehenden

Abschnitt "2. Weltkrieg" verwiesen.

Erhebliche mengenmäßige Bedeutung hatten Schwarzpulver, Aluminium- und Magnesiumpulver sowie Chlorate und

Nitrate. Strontiumpikrat hatte als Komponente in Pfeifmitteln nur geringe mengenmäßige Bedeutung.

B 5.5.2 Rauch und Nebelmittel

B 5.5.2.1 Bodenverunreinigungen

2. Weltkrieg

Als bodenverunreinigende Stoffe sind gemäß LAGA-Liste Schwefelsäure, Chlorsulfonsäure, Ammoniumchlorid,

Tetrachlormethan, Zinkstaub, Zinkoxid, Anthrazen sowie Naphthalin eingestuft (LAGA 1991).

Diese Bewertung gilt

auch für Ruß und Pech, weil es sich dabei um PAK-Gemische handelt. Ebenfalls als bodenverunreinigender Stoff ist

Schwefeltrioxid anzusehen, weil es durch Aufnahme von Umgebungsfeuchtigkeit Schwefelsäure bildet. Alle genannten

Stoffe sind in großen Mengen eingesetzt worden. Geringe mengenmäßige Bedeutung hatten die folgenden ebenfalls als

bodenverunreinigend eingestuften Stoffe: Stearinsäure, Cadmium, Cadmiumsulfid, Kupfer(II)acetatarsenit.

1. Weltkrieg

In großen Mengen wurde die gemäß LAGA-Liste bodenverunreinigende Chlorsulfonsäure sowie das entsprechend

einzustufende Schwefeltrioxid eingesetzt. Bodenverunreinigend sind weiterhin die in erheblichen Mengen eingesetzten

Stoffe Schwefelsäure, Tetrachlormethan, Zinkstaub, Zinkoxid, Ammoniumchlorid, Anthrazen sowie Arsenitoxid (Rauchentwickler).

Herstellung von Chlorsulfonsäure und Hexachlorethan

Die zur Herstellung von Chlorsulfonsäure verwendeten Ausgangsstoffe Salzsäure und Schwefeltrioxid sind ebenso wie

das zur Herstellung von Hexachlorethan verwendete Tetrachlorethan als bodenverunreinigende

Stoffe eingestuft bzw. zu bewerten.

B 5.5.2.2 Pflanzen

2. Weltkrieg

Von den gemäß LAGA-Liste als pflanzenrelevant eingestuften Stoffen weisen folgende große mengenmäßige

Bedeutung auf (LAGA 1991): Schwefelsäure, Chlorsulfonsäure, Zinkstaub, Zinkoxid. Eine entsprechende Einstufung

gilt für Schwefeltrioxid, das mit Luft- oder Bodenfeuchtigkeit Schwefelsäure bildet. Als weitere pflanzenrelevante

Stoffe, denen mengenmäßig geringere Bedeutung zukommt, sind zu nennen: Cadmium, Cadmiumsulfid, Stearinsäure, Kupfer(II)acetatarsenit.

1. Weltkrieg

Als pflanzenrelevant gemäß LAGA-Liste eingestuft bzw. einzustufen sind die in großen Mengen eingesetzten Stoffe

Chlorsulfonsäure und Schwefeltrioxid sowie die in erheblichen Mengen eingesetzten Stoffe

Zinkstaub, Zinkoxid sowie

Arsentrioxid (Rauchentwickler).

B 5.5.2.3 Bioakkumulation

Gemäß LAGA-Liste weist das im 2. Weltkrieg in großen Mengen - im 1. Weltkrieg wahrscheinlich in beträchtlichen

Mengen - eingesetzte Anthrazen ein hohes Bioakkumulationspotential auf. Bei den übrigen zur Dunkelfärbung von

Nebel eingesetzten Stoffen handelt es sich um Gemische aus verschiedenen PAK. Diese sind ebenfalls als Stoffe mit

hohem Bioakkumulationspotential eingestuft (LAGA 1991).

B 5.5.2.4 Grundwasser und Oberflächengewässer

2. Weltkrieg

In der LAGA-Liste sind folgende Stoffe von großer mengenmäßiger Bedeutung als relevant im Hinblick auf den

Wasserpfad eingestuft (LAGA 1991): Ammoniumchlorid, Naphthalin, Schwefelsäure bzw. Schwefeltrioxid,

Chlorsulfonsäure, Tetrachlormethan. Geringe mengenmäßige Bedeutung haben Stearinsäure, Cadmium, Cadmiumsulfid

und Kupfer(II)acetatarsenit.

Im KATALOG WASSERGEFÄHRDENDER STOFFE werden Tetrachlormethan als Stoff mit großer mengenmäßiger

Bedeutung und Kupfer(II)acetatarsenit als Stoff mit geringer mengenmäßiger Bedeutung als stark wassergefährdend

eingestuft. Tetrachlormethan weist im Grundwasser eine große Persistenz auf

(BORGSMANN/GERDTS et al. 1988).

Große mengenmäßige Bedeutung haben die als wassergefährdend eingestuften Stoffe

Chlorsulfonsäure, Oleum und

Schwefeltrioxid sowie die als schwach wassergefährdend eingestuften Stoffe Ammoniumchlorid und Schwefelsäure.

1. Weltkrieg

Gemäß LAGA-Liste sind Chlorsulfonsäure und Schwefeltrioxid als Stoffe mit großer, Tetrachlormethan und

Schwefelsäure als Stoffe mit erheblicher sowie Ammoniumchlorid als Stoff mit geringer mengenmäßiger Bedeutung als

wasserpfadrelevant eingestuft bzw. einzustufen (LAGA 1991).

Im KATALOG WASSERGEFÄHRDENDER STOFFE werden Tetrachlormethan sowie das in Rauchentwicklern in erheblichen Mengen eingesetzte Arsentrioxid als stark wassergefährdend, Chlorsulfonsäure, Schwefeltrioxid sowie Schwefelsäure und Ammoniumchlorid werden als schwach wassergefährdend bewertet. Als weitere Stoffe sind dort das mengenmäßig erhebliche Bedeutung aufweisende Oleum sowie das mengenmäßig geringere Bedeutung aufweisende Natriumchlorat als schwach wassergefährdend eingestuft. Herstellung von Chlorsulfonsäure und Hexachlorethan Bei der Herstellung von Chlorsulfonsäure wurde in großen Mengen wassergefährdende Salzsäure eingesetzt. Bei der Herstellung von Hexachlorethan wurde in großen Mengen stark wassergefährdendes Tetrachlorethen, wassergefährdendes Chlor sowie schwach wassergefährdende Natronlauge verwendet.

B 5.5.2.5 Bodenluft

2. Weltkrieg

Folgende in großen Mengen eingesetzten Stoffe sind nach der LAGA-Liste als relevant im Hinblick auf den Luftpfad gekennzeichnet (LAGA 1991): Ammoniumchlorid, Naphthalin, Tetrachlormethan, Chlorsulfonsäure, Schwefeläure, Oleum. Eine entsprechende Einstufung ergibt sich für Schwefeltrioxid wegen seiner Tendenz zur Bildung von Schwefelsäure.

MUNTSCH weist auf die Gefahr des Entweichens von Tetrachlormethan aus Bergermischungen hin, wenn diese in undichten Behältern in geschlossenen Räume gelagert werden. Dabei könne sich zudem Phosgen bilden (MUNTSCH 1939).

1. Weltkrieg

In der LAGA-Liste sind die in großen Mengen verwendete Chlorsulfonsäure, die in erheblichen Mengen verwendeten Stoffe Tetrachlormethan, Arsentrioxid, Schwefelsäure sowie das mengenmäßig gering bedeutende Ammoniumchlorid als relevant im Hinblick auf den Luftpfad gekennzeichnet. Herstellung von Chlorsulfonsäure und Hexachlorethan Die bei der Herstellung von Chlorsulfonsäure und Hexachlorethan eingesetzten Ausgangsstoffe und Zwischenprodukte Salzsäure bzw. Tetrachlorethen sind als relevant im Hinblick auf den Luftpfad eingestuft.

B 5.5.2.6 Gesundheitsgefährdende Eigenschaften

2. Weltkrieg

Akute Toxizität

In der LAGA-Liste ist Tetrachlormethan als sehr giftig, Naphthalin und Kupfer(II)acetatarsenit sind als giftig, Cadmium und Cadmiumsulfid als mindergiftig/giftig und Bariumnitrat, Kaliumchlorat, Kaliumperchlorat, Ammoniumchlorid und Kaliumpermanganat als mindergiftig eingestuft (LAGA 1991). Ein großes Gefährdungspotential stellt vor allem das in großen Mengen eingesetzte sehr giftige Tetrachlormethan dar. In zweiter Linie ist das ebenfalls in großen Mengen eingesetzte giftige Naphthalin zu nennen. Geringe mengenmäßige Bedeutung haben Cadmium und Cadmiumsulfid, die Verwendung von Kupfer(II)acetatarsenit hatte

mengenmäßig sehr
geringe Bedeutung.

Das zur Herstellung von Hexachlorethan als Ausgangsstoff eingesetzte Tetrachlorethen ist in der
Liste gefährlicher

Stoffe - Gefahrstoffverordnung - als mindergiftiger Stoff eingestuft
(GEFAHRSTOFFVERORDNUNG 1986).

Ätzende und reizende Eigenschaften

Die in großen Mengen eingesetzten flüssigen Nebelstoffe Chlorsulfonsäure, Schwefelsäure, Oleum
sowie

Titantetrachlorid sind nach der Liste gefährlicher Stoffe - Gefahrstoffverordnung ätzend. Gemäß
LAGA-Liste sind auch

Zinkstaub und Zinkchlorid ätzende Stoffe. Naphthalin ist ein reizender Stoff (LAGA 1991).

Nach HOMMEL sind die mengenmäßig geringe Bedeutung aufweisenden Stoffe Zinntetrachlorid,
Siliciumtetrachlorid

und Titantetrachlorid ätzende Flüssigkeiten, die bei Einwirkung von Luft ätzende Dämpfe bilden,
die im Falle Zinnund

Titantetrachlorid schwerer als Luft sind und am Boden entlangkriechen. Mit Wasser reagieren die
genannten Stoffe

unter Erhitzung und Bildung von ätzendem Chlorwasserstoffgas.

Beim Anwenden bzw. Verbrennen von Hexachlorethan- und Tetrachlormethan-Mischungen entsteht
schwach ätzendes

Zinkchlorid als Staub. Bei Aufwirbelung des Staubes bilden sich ätzende Staub-/Luft-Gemische.

Zinkchlorid löst sich

vollständig in Wasser. Bei Auflösung bildet sich eine saure Lösung, die auch verdünnt noch ätzend
wirkt

(HOMMEL 1993).

Hautresorption

Nach LAGA-Liste besteht bei dem in großen Mengen eingesetzten sehr giftigen Tetrachlormethan
die Möglichkeit einer

Aufnahme über die Haut. Für Hexachlorethan nennen ROTH/DAUNDERER als besonderes
Kennzeichen die Gefahr

der Hautresorption.

Krebsrisiko und Langzeitrisiko

Für folgende Stoffe liegt in der LAGA-Liste eine quantitative Bewertung des Krebsrisikos oder des
Langzeitrisikos

vor (Nennung nur jeweils der höheren Einstufung).

- PAK [7]

- Kupfer(II)acetatarzenit [6]

- Tetrachlormethan [5]

- Cadmium, Cadmiumsulfid [4] inhalativ [7]

- Anthrazen [4]

- Zinkstaub, Zinkoxid, Zinkchlorid [1] inhalativ [3]

Im Tierversuch hat sich Hexachlorethan als karcinogen erwiesen (CICHOWICZ 1983).

Bei den in Farbnebeln eingesetzten organischen Farbstoffen handelt es sich zum Teil um
substituierte Anthrachinone,

die nach KIRK/OTHMER als krebserzeugend einzustufen sind (KIRK/OTHMER "Pyrotechnics"
1968). Soweit es sich

um Azofarbstoffe handelt, können diese bei Verbrennung krebserzeugende Aminoverbindungen
gebildet

haben (LOHS 1992).

Ein großes Gefährdungspotential stellen in erster Linie die in großen Mengen eingesetzten Stoffe
Tetrachlormethan,

Hexachlorethan und Anthrazen sowie die im Steinkohlenpech enthaltenen und als Abbrandprodukt entstandenen PAK
dar. Im Hinblick auf Staubemissionen gilt das auch für die in großen Mengen eingesetzten Stoffe Zinkstaub und Zinkoxid und für das als Abbrandprodukt gebildete Zinkchlorid. Cadmium und Cadmiumsulfid sowie Kupfer(II)acetatarsenit haben mengenmäßig nur geringe bzw. sehr geringe Bedeutung. Das schließt ein erhebliches Gefährdungspotential im Einzelfall nicht aus.

1. Weltkrieg

Akute Toxizität

In der LAGA-Liste ist das in beträchtlichen Mengen eingesetzte Tetrachlormethan als sehr giftig sowie das in erheblichen Mengen eingesetzte Arsentrioxid als giftig gekennzeichnet. Das mengenmäßig weniger bedeutende

Ammoniumchlorid ist als mindergiftig eingestuft (LAGA 1991).

Ätzende und reizende Eigenschaften

Die in großen Mengen verwendeten Stoffe Chlorsulfonsäure und Oleum sind in der Liste gefährliche Stoffe -

Gefährstoffverordnung - als ätzend gekennzeichnet. Eine entsprechende Einstufung gilt für das ebenfalls in großen

Mengen eingesetzte Schwefeltrioxid, das mit Luft- und Bodenfeuchtigkeit zu Schwefelsäure reagiert. Gemäß LAGAListe

sind die in erheblichen Mengen verwendeten Stoffe Zinkstaub und Zinkoxid sowie das bei Verbrennung

entstehende Zinkchlorid ebenfalls als ätzend einzustufen.

Hautresorption

Gemäß LAGA-Liste besteht bei dem in beträchtlichen Mengen eingesetzten sehr giftigen Tetrachlormethan die Gefahr

einer Aufnahme über die Haut.

Krebsrisiko und Langzeitrisiko

Gemäß LAGA-Liste liegt für folgende Stoffe eine Bewertung des Krebsrisikos oder des Langzeitrisikos vor (Nennung

nur jeweils der höheren Einstufung) (LAGA 1991):

- Arsentrioxid [6]
- Tetrachlormethan [5]
- Anthrazen [4]
- Zinkstaub, Zinkoxid [1] inhalativ [3]

Für das bei Verbrennung von Berger-Mischungen entstehende Zinkchlorid gilt eine Zinkstaub entsprechende

Bewertung.

Auch hier wird das Gefährdungspotential maßgeblich durch Tetrachlormethan, daneben jedoch auch durch das in

Rauchentwicklern verwendete Arsentrioxid bestimmt. Insbesondere bei der Möglichkeit einer inhalativen Aufnahme

können jedoch auch Zinkstaub sowie die genannten Zinkverbindungen ein gravierendes Gefährdungspotential

darstellen.

Herstellung von Hexachlorethan und Chlorsulfonsäure

Neben den Endprodukten sind die bei der Herstellung von Hexachlorethan eingesetzten Stoffe Chlor und Natronlauge

sowie die für die Herstellung von Chlorsulfonsäure eingesetzte Salzsäure in der Liste gefährlicher

Stoffe -

Gefahrstoffverordnung - als ätzende Stoffe gekennzeichnet (GEFAHRSTOFFVERORDNUNG 1986).

Das bei der Herstellung von Hexachlorethan als Ausgangsstoff eingesetzte Tetrachlorethen wird in der LAGA-Liste

hinsichtlich des Krebsrisikos mit [4] bewertet (LAGA 1991).

B 5.5.2.7 Brandgefahr

In der Liste gefährliche Stoffe - Gefahrstoffverordnung sind folgende im 2. Weltkrieg verwendeten Stoffe als leicht

entzündlich gekennzeichnet: Magnesiumpulver-phlegmatisiert, Magnesiumpulver-nicht stabilisiert, Aluminiumpulvernicht

stabilisiert. Als brandfördernd sind Kaliumchlorat und Kaliumpermanganat eingestuft.

Berger-Mischungen sowie Hexachlorethan-Mischungen können sich u. U. bei Zutritt von Feuchtigkeit selbst

entzünden (vgl. Kap. B 5.4.2.3). Beim Verbrennen von HC- und Berger-Mischungen bildet sich als Verbrennungsprodukt ätzender Zinkchloridstaub (vgl. Kap. B 5.5.2.6). Aus dem in Berger-Mischungen enthaltenen

Tetrachlormethan kann sich bei Verbrennung das in der Liste gefährlicher Stoffe -

Gefahrstoffverordnung als giftig

eingestufte Phosgen bilden (vgl. auch Kap. B 5.5.2.5) (GEFAHRSTOFFVERORDNUNG 1986).

Bis auf Kaliumpermanganat hatten alle genannten Stoffe und Stoffgemische im 2. Weltkrieg große mengenmäßige

Bedeutung. Im 1. Weltkrieg hatten Berger-Mischungen erhebliche mengenmäßige Bedeutung.

B 5.5.2.8 Explosionsgefahr

Im 2. Weltkrieg wurden zum Teil in Zündsätzen für dunklen Rauch entwickelnde Sätze explosionsgefährliches

Tetranitrocarbazol und in Farbrauchsätzen Nitrocellulose (vgl. Kap. B 2) eingesetzt. Beiden Stoffen kommt (für diesen

Verwendungszweck) nur geringe mengenmäßige Bedeutung zu.

Mit Alkali-, Erdalkalimetallen und einigen sonstigen Leichtmetallen bildet Tetrachlormethan explosive Gemische, die

durch Schlagauslösung explodieren können (OFFHAUS/GENEST 1978).

B 5.5.3 Brandmittel

B 5.5.3.1 Bodenverunreinigungen

2. Weltkrieg

In der LAGA-Liste als bodenverunreinigend sind die u. a. in Brandsätzen von Bomben in großen Mengen verwendeten

Stoffe Benzin und Naphthalin eingestuft (LAGA 1991). Ebenfalls als bodenverunreinigender Stoff einzustufen ist das in

großen Mengen als Bindemittel für Thermitfüllungen eingesetzte Pech, das ein Gemisch verschiedener PAK darstellt.

Bei Verbrennung von Benzin, Naphthalin, Celluloid sowie der als Bindemittel verwendeten Harze und Öle ist davon

auszugehen, daß ein großer Teil der Verbrennungsprodukte in Form von PAK vorliegen.

Geringere mengenmäßige Bedeutung kommt den in Flammenwerfern eingesetzten Petrolölen (LAGA-Liste

"Mineralöl") zu.

Als bodenverunreinigend ist weiterhin Phenol eingestuft, das sich durch Zersetzung von Phenolharzen gebildet haben

kann.

1. Weltkrieg

Als bodenverunreinigend gemäß LAGA-Liste sind die Brandflüssigkeiten Benzin, Benzol,

Naphthalin eingestuft

(LAGA 1991). Eine entsprechende Einstufung ergibt sich für Petroleum sowie für die in Flammölen eingesetzten

leichtentzündlichen Kohlenwasserstoffe als Mineralölkomponenten. Bei Verbrennung von Mineralölprodukten, Harzen und Ölen können PAK entstehen. Alle genannten Stoffe hatten nur geringe mengenmäßige Bedeutung.

B 5.5.3.2 Bioakkumulation

2. Weltkrieg

In der LAGA-Liste werden PAK als Stoffe mit hohem Bioakkumulationspotential eingestuft (LAGA 1991). Bei dem als

Bindemittel für Thermit eingesetzten Pech handelt es sich um ein Gemisch verschiedener PAK. Weiterhin können PAK

bei der Verbrennung von Naphthalin, Petrolölen und Benzin entstehen, sodaß ihnen eine große mengenmäßige

Bedeutung zuzumessen ist.

1. Weltkrieg

Durch Verbrennung der verwendeten Brandflüssigkeiten, Kunstharze, Wachse sowie leichtentzündlichen

Kohlenwasserstoffe können sich PAK als Stoffe mit hohem Bioakkumulationspotential gebildet haben. Insgesamt kam

den Brandmitteln im 1. Weltkrieg allerdings nur geringe mengenmäßige Bedeutung zu.

B 5.5.3.3 Grundwasser und Oberflächengewässer

2. Weltkrieg

In der LAGA-Liste sind die große mengenmäßige Bedeutung aufweisenden Stoffe Benzin und Naphthalin als relevant

im Hinblick auf den Wasserpfad gekennzeichnet.

Im KATALOG WASSERGEFÄHRDENDER STOFFE ist Benzin als wassergefährdend eingestuft. Erhebliche

mengenmäßige Bedeutung haben die in Brandspargeschossen eingesetzten schwach wassergefährdenden Stoffe

Bariumnitrat und Bariumperoxid.

Geringe mengenmäßige Bedeutung haben die in Flammenwerfern eingesetzten schwach wassergefährdenden Stoffe

Methanol und Ether sowie schwere Petrolöle, die als Mineralölkomponenten als wassergefährdend einzustufen sind.

Durch Abbauvorgänge des in geringeren Anteilen eingesetzten Phenolharzes können wassergefährdend eingestufte

Phenole entstehen.

Nach KNÖCHEL wird Wasser durch darin lagernden gelben Phosphor vergiftet. Ursächlich dafür sei die Bildung

niederer Phosphorverbindungen unter Sauerstoffmangel. Dabei handele es sich durchweg um stark giftige

Verbindungen, die darüber hinaus giftigen Phosphorwasserstoff abspalten können (KNÖCHEL 1984).

1. Weltkrieg

In der LAGA-Liste sind die Brandflüssigkeiten Benzin, Benzol und Naphthalin als wasserpfadrelevant eingestuft.

Entsprechendes ergibt sich für die in Flammenwerfern eingesetzten leichtentzündlichen Kohlenwasserstoffe als

Komponenten von Mineralöl.

Im KATALOG WASSERGEFÄHRDENDER STOFFE wird Benzol als stark wassergefährdend,

Benzin und

Schwefelkohlenstoff werden als wassergefährdend sowie Petroleum, Ether und Kaliumnitrat (als Schwarzpulverkomponente) als schwach wassergefährdend bewertet. Hinsichtlich Phosphor sei auf die im

vorausgehenden Abschnitt (2. Weltkrieg) wiedergegebene Literaturaussage verwiesen. Alle genannten Stoffe haben nur geringe mengenmäßige Bedeutung.

B 5.5.3.4 Bodenluft

2. Weltkrieg

Von den in Brandmitteln eingesetzten Komponenten sind die mengenmäßig bedeutenden Stoffe Benzin und Naphthalin

gemäß LAGA-Liste als für den Luftpfad relevant eingestuft (LAGA 1991). Gelber Phosphor ist relativ flüchtig und

kann giftige Dämpfe entwickeln, wenn er nicht unter Wasser aufbewahrt wird (ULLMANN "Phosphor" 1962).

1. Weltkrieg

Gemäß LAGA-Liste sind folgende in Brandmitteln verwendeten Stoffe als relevant im Hinblick auf den Luftpfad

gekennzeichnet (LAGA 1991): Benzin, Benzol und Naphthalin. Diesen Stoffen kommt jeweils nur geringe

mengenmäßige Bedeutung zu. Weiterhin ist gelber Phosphor zu nennen (vgl. 2. Weltkrieg)

B 5.5.3.5 Gesundheitsgefährdende Eigenschaften

2. Weltkrieg

Akute Toxizität

In der LAGA-Liste sind Phenol (Abbauprodukt von Phenolharzen) und Naphthalin als giftige Stoffe sowie Benzin als

mindergiftiger Stoff eingestuft (LAGA 1991). Gelber Phosphor ist gemäß Liste gefährlicher Stoffe - Gefahrstoffverordnung ein giftiger Stoff (vgl. Kap. B 5.5.3.4), Kaliumchlorat, Bariumperoxid und Bariumnitrat sind

danach mindergiftige Stoffe (GEFAHRSTOFFVERORDNUNG 1986).

Ein Gefährdungspotential stellen insbesondere die in großen Mengen verwendeten giftigen Stoffe gelber Phosphor und

Naphthalin dar.

Ätzende und reizende Eigenschaften

In der LAGA-Liste ist Naphthalin als reizend gekennzeichnet.

Krebsrisiko und Langzeitrisiko

Hinsichtlich des Krebsrisikos werden die in Pech enthaltenen und als Abbrandprodukte aus schweren Petrolölen

entstehenden PAK in der LAGA-Liste mit [7] eingestuft. Naphthalin wird hinsichtlich des Langzeitrisikos mit [1 - 4]

bewertet. Bei schweren Petrolölen handelt es sich um Mineralölkomponenten. Für Mineralöl ist es gemäß

Kennzeichnung in dieser Liste umstritten, ob ein krebserzeugendes Potential besteht.

Ein beträchtliches Gefährdungspotential stellen vor allem die in großen Mengen eingesetzten bzw. im Brandfall

gebildeten PAK dar.

1. Weltkrieg

Akute Toxizität

In der Liste gefährlicher Stoffe - Gefahrstoffverordnung ist Schwefelkohlenstoff als giftig gekennzeichnet. Weiterhin ist

gelber Phosphor als giftig eingestuft (GEFAHRSTOFFVERORDNUNG 1986). Es ist jedoch nicht bekannt, ob es sich

bei dem in Brandgeschossen und Flammenwerfern verwendeten Phosphor um gelben oder roten Phosphor handelte.

Ätzende und reizende Eigenschaften

Natrium ist in der Liste gefährlicher Stoffe - Gefahrstoffverordnung als ätzend, Naphthalin in der LAGA-Liste als reizend gekennzeichnet.

Hautresorption

Gemäß LAGA-Liste besteht für Benzol die Gefahr einer Aufnahme über die Haut.

Krebsrisiko und Langzeitrisiko

Für folgende Stoffe wird in der LAGA-Liste eine quantitative Bewertung des Krebs- oder Langzeitrisikos

gegeben (jeweils nur Nennung der höheren Einstufung) (LAGA 1991):

- PAK [7]

- Benzol [4]

- Naphthalin [1 - 4]

PAK können als Abbrandprodukte entstanden sein.

Alle genannten Stoffe haben geringe mengenmäßige Bedeutung.

B 5.5.3.6 Brandgefahr

2. Weltkrieg

In der Liste gefährliche Stoffe - Gefahrstoffverordnung werden folgende in Brandmitteln verwendete Stoffe als leicht

entzündlich eingestuft: Magnesium und Aluminium in der bereits im Kap. B 5.5.1.7 bezeichneten Form sowie

Methanol, Ether, gelber Phosphor, roter Phosphor.

Gelber Phosphor mußte wegen seiner Tendenz zur Selbstentzündung unter Wasser oder in wässrigen Lösungen

aufbewahrt und gehandhabt werden. In fein verteiltem Zustand entzündet sich gelber Phosphor schon bei

Raumtemperatur, in kompakter Form oberhalb von 50 °C (KLIMMEK/SZINICZ et al. 1983). Bis auf Methanol und

Ether hatten alle genannten Stoffe große mengenmäßige Bedeutung.

1. Weltkrieg

Über die bereits im Rahmen "2. Weltkrieg" genannten Stoffe hinaus wurden im 1. Weltkrieg die in der Liste gefährliche

Stoffe - Gefahrstoffverordnung als leicht entzündlich gekennzeichneten Stoffe Schwefelkohlenstoff und Natrium

verwendet. Die im 1. Weltkrieg eingesetzten Brandstoffe hatten nur geringe mengenmäßige Bedeutung.

B 5.5.3.7 Explosionsgefahr

Im 1. Weltkrieg wurden mit Schießbaumwolle und Schwarzpulver (vgl. Kap. B 2) in Brandmitteln explosionsgefährliche Stoffe eingesetzt.

B 5.5.4 Sonstige Hinweise auf umwelt- und gesundheitsgefährdende Eigenschaften

Für Tetranitrocarbazol liegen keine Angaben zu gesundheits- und umweltgefährdenden Eigenschaften vor. Die Tatsache,

daß dieser Stoff als Insektenvernichtungsmittel "Nitrosan" im Handel war (ULLMANN "Carbazol" 1954), kann jedoch

als Hinweis auf mögliche gesundheits- und umweltgefährdende Eigenschaften gewertet werden.

Bei dem in blauen Leuchtsätzen des 2. Weltkriegs eingesetzten Stoff Kupferprodukt B handelte es sich um eine von der

I. G. Farben entwickelte chlororganische Verbindung. Diese Stoffstruktur kann als Hinweis auf mögliche gravierendere

umwelt- und gesundheitsgefährdende Eigenschaften gewertet werden, als diese sich gemäß der

Einstufung lediglich als Kupferverbindung in den herangezogenen Listen ergeben. Als weitere chlororganische Verbindung ist in diesem Zusammenhang Calciumdichlorophthalat zu nennen.

B 5.6 Literatur

AMMEDICK 1988

Ammedick, E.: Militärchemie - eine Einführung

Leipzig, 1988

ANONYMUS 1943

Anonymus: Vorschrift Kampfstoffverletzungen: Ausgabe vom 01.01.1943

Oberkommando der Wehrmacht

BA/MA RW19/2566

Bundesarchiv/Militärarchiv Freiburg: OKW/WiRüAmt/Wehrwirtschafts- und Rüstungsamt: Allg.

PSK, Entgiftungsst.,

Nebelst. 1937 - 1943

Akte RW19/2566 (1937)

BAK R3/1730

Bundesarchiv Koblenz: Produktionsplanung für Nebelsäure

Akte R3/1730

BAK R3/1857

Bundesarchiv Koblenz: Nebelsäure - Produktion, Stand 20.6.1945

Akte R3/1857

BAK R3/1955

Bundesarchiv Koblenz: Unterlagen für Behelfsnebelmaßnahmen der Werke des chemischen Erzeugungsplans

Akte R3/1955, F 1-6

BAK R3/1957

Bundesarchiv Koblenz: Produktionsplanung für September 1944 - Nebelsäure

Akte R3/1957

BERL/LUNGE 1932

Berl, E.; Lunge, F.: Chemisch-technische Untersuchungsmethoden

8. Auflage, Bd. III, 1932

BIOS 1233

BIOS Final-Report No. 1233: German Pyrotechnic Factories

London, 1947

BIOS 460

BIOS Final-Report No. 460: Pyrotechnics with Special Reference to Marker Bombs - Interrogation of Dr. Feistel

London, 1946

BIOS 461

BIOS Final-Report No. 461: German Pyrotechnic Industry - some factories visited

London, 1946

BIOS 477

BIOS Final-Report No. 477: German Pyrotechnic Factories

London, ohne Jahr

BORGMANN/GERDTS et al. 1988

Borgmann, A.; Gerdts, D.; Hahn, R.: Altlasttypische Schadstoffe - Ein Leitfaden für Bürgerinitiativen und

Kommunalpolitik

BUND Umwelt Forschungsinstitut, Ratingen, 1988

CICHOWICZ 1983

Cichowicz, J.: Programmatic Life Cycle Environmental Assessment For Smoke/Obscurants,

Volume 4: HC Smoke
(US-Army - Chemical Research & Development Center), 1983
CIOS XXVII-84
CIOS-Report No. XXVII-84: I. G. Farbenindustrie A. G. Ludwigshafen and Oppau Wehrmacht
Items
London, ohne Jahr
CIOS XXXII-9
CIOS-Report No. XXXII-9: The Chemical Compositions of German Pyrotechnic Colored Signal
Items
London, 1946
CIOS XXXII-10
CIOS-Report No. XXXII-10: German Illuminating Flares
London, 1945
CIOS XXXII-20
CIOS-Report No. XXXII-20: German Tracer Compositions
London, 1945
CIOS XXXII-38
CIOS-Report No. XXXII-38: Explosives - Summary of Capacity and Production in Germany
London, 1946
CIOS XXXII-56
CIOS-Report No. XXXII-56: Pyrotechnic Anti-Pathfinder Devices
London, 1946
CIOS XXXII-58
CIOS-Report No. XXXII-58: The Chemical Compositions of German Pyrotechnic Smoke Signals
ohne Ort, 1945
DER GROSSE BROCKHAUS 1929
Der Große Brockhaus: "Berger-Mischung"
15. Aufl., Bd. 2, Leipzig, 1929
GEFAHRSTOFFVERORDNUNG 1986
Verordnung über gefährliche Stoffe (Gefahrstoffverordnung) vom 26.08.1986
HANSLIAN 1927
Hanslian, R.: Der chemische Krieg
2. Aufl., Berlin, 1927
HANSLIAN 1937
Hanslian, R.: Der chemische Krieg
3. Aufl., Bd. 1 (Militärischer Teil), Berlin, 1937
HENKEL 1928
Henkel, H.: Farbige Leuchtsätze
Zeitschrift für das gesamte Schieß- und Sprengstoffwesen, 23, (11), 1928
HOGG 1989
Hogg, I. V.: Munition für Leichtwaffen, Mörser und Artillerie
Stuttgart, 1989
HOMMEL 1993
Hommel, G.: Handbuch der gefährlichen Güter
Springer Verlag, Berlin - Heidelberg - New York, 1993
KAST 1921
Kast, H.: Spreng- und Zündstoffe
Braunschweig, 1921
KATALOG WASSERGEFÄHRDENDER STOFFE
Allgemeine Verwaltungsvorschrift über die nähere Bestimmung wassergefährdender Stoffe und ihre
Einstufung
entsprechend ihrer Gefährlichkeit - VwV wassergefährdende Stoffe - vom 09.03.1990

KIRK/OTHMER

Kirk-Othmer: Encyclopedia of Chemical Technology

2. Aufl., (22. Bd.), New York, 1963 - 1970

KLIMMEK/SZINICZ et al. 1983

Klimmek, R.; Szinicz, L.; Weger, N.: Chemische Gifte und Kampfstoffe - Wirkung und Therapie

Hippokrates-Verlag, Stuttgart, 1983

KNÖCHEL 1984

Knöchel, H.: Umweltgefährdung durch Munition

In: Polizei, Verkehr und Technik, (11), 1984.

LAGA 1991

LAGA (Länderarbeitsgemeinschaft Abfall) (Hrsg.): LAGA Informationsschrift Altablagerungen und Altlasten

In: Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Bd. 37, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 1991

LANGHANS 1921

Langhans, A.: Bericht über Explosionen, die sich während des Krieges im Feuerwerkslaboratorium Siegburg ereigneten

Zeitschrift für das gesamte Schieß- und Sprengstoffwesen, 16, 2. Septemberheft, 1921

LANGHANS 1922

Langhans, A.: Leuchtsätze

Zeitschrift für das gesamte Schieß- und Sprengstoffwesen, 17, (5), 1922

LOHS 1992

Lohs, K.: Möglichkeiten und Grenzen der Entsorgung von militärischen Altlasten

Entsorgungspraxis, (3), 1992

LUSAR 1971

Lusar, R.: Die deutschen Waffen und Geheimwaffen des Zweiten Weltkriegs und ihre Weiterentwicklung

6. Aufl., Lehmanns Verlag, München, 1971

MENKE 1978

Menke, K.: Die Chemie der Feuerwerkskörper

Chemie in unserer Zeit, 12, (1), 1978

MEYER 1935

Meyer, J.: Die Grundlagen des Luftschutzes

Leipzig, 1935

MEYER 1938

Meyer, J.: Der Gaskampf und die chemischen Kampfstoffe

Verlag S. Hirzel, Leipzig, 1938

MÜLLER-KIEL 1943

Müller-Kiel, U.: Die chemische Waffe

Berlin, 1943

MUNTSCH 1939

Muntsch, O.: Leitfaden der Pathologie und Therapie der Kampfstoffkrankungen

5. Aufl., Leipzig, 1939

OFFHAUS/GENEST 1978

Offhaus, E./Genest, W.: Handbuch gefährlicher Stoffe in Sonderabfällen

Umweltbundesamt - Materialien 5/87, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 1978

PRENTISS 1937

Prentiss, A.: Chemicals in War - A Treatise on Chemical Warfare

New York - London, 1937

RIELAU 1966

Rielau, H.: Geschichte der Nebeltruppe

(Geleitworte 1965, 1966, erstellt an der ABC- und Selbstschuttschule) ohne Ort, ca. 1966

ROTH/DAUNDERER

Roth, L.; Dauderer, M.: Giftliste
München, Ecomed Verlag - Loseblattausgabe
SACHSTAND DIOXINE 1985
Sachstand Dioxine - Stand November 1984
Umweltbundesamt-Berichte 5/85, Erich Schmidt Verlag, Berlin, 1985
SCHMIDT-TAPKEN 1984
Schmidt-Tapken, J.: Deutsche Artillerie- und Minenwerfer Munition 1914 - 1918
Verlag Karl-Heinz Dissberger, Düsseldorf, 1984
ULLMANN "Aluminiumthermie" 1928
Ullmann, F. (Hrsg.): Encyclopädie der Technischen Chemie
2. Auflage, Bd. 1, Urban & Schwarzberg, Berlin - Wien, 1928
ULLMANN "Aluminothermie" 1953
Foerst, W. (Hrsg.): Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie
3. Auflage, Bd. 3, Urban & Schwarzberg Verlag, München, 1953
ULLMANN "Azomethin-Farbstoffe" 1953
Foerst, W. (Hrsg.): Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie
3. Auflage, Bd. 4, Urban & Schwarzberg Verlag, München, 1953
ULLMANN "Benzoessäuresulfimid" 1928
Ullmann, F. (Hrsg.): Encyclopädie der Technischen Chemie
2. Auflage, Bd. 2, Urban & Schwarzberg, Berlin - Wien, 1928
ULLMANN "Carbazol" 1954
Foerst, W. (Hrsg.): Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie
3. Auflage, Bd. 5, Urban & Schwarzberg Verlag, München, 1954
ULLMANN "Chlorkohlenwasserstoffe" 1954
Foerst, W. (Hrsg.): Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie
3. Auflage, Bd. 5, Urban & Schwarzberg Verlag, München, 1954
ULLMANN "Chlorsulfonsäure" 1932
Ullmann, F. (Hrsg.): Encyclopädie der Technischen Chemie
2. Auflage, Bd. 3, Urban & Schwarzberg, Berlin - Wien, 1932
ULLMANN "Feuerwerkerei" 1917
Ullmann, F. (Hrsg.): Encyclopädie der Technischen Chemie
1. Auflage, Bd. 5, Urban & Schwarzberg, Berlin - Wien, 1917
ULLMANN "Feuerwerkerei" 1930
Ullmann, F. (Hrsg.): Encyclopädie der Technischen Chemie
2. Auflage, Bd. 5, Urban & Schwarzberg, Berlin - Wien, 1930
ULLMANN "Kampfstoffe, chemische" 1930
Ullmann, F. (Hrsg.): Encyclopädie der Technischen Chemie
2. Auflage, Bd. 6, Urban & Schwarzberg, Berlin - Wien, 1930
ULLMANN "Lacke" 1960
Foerst, W. (Hrsg.): Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie
3. Auflage, Bd. 11, Urban & Schwarzberg Verlag, München, 1960
ULLMANN "Phenolharz" 1962
Foerst, W. (Hrsg.): Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie
3. Auflage, Bd. 13, Urban & Schwarzberg Verlag, München, 1962
ULLMANN "Phosphor" 1962
Foerst, W. (Hrsg.): Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie
3. Auflage, Bd. 13, Urban & Schwarzberg Verlag, München, 1962
ULLMANN "Pyrotechnik" 1963
Foerst, W. (Hrsg.): Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie
3. Auflage, Bd. 14, Urban & Schwarzberg Verlag, München, 1963
ULLMANN "Pyrotechnik" 1980
Bartholomé, E. (Hrsg.): Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie

4. Auflage, Bd. 19, Verlag Chemie, Weinheim, 1980
ULLMANN "Schwefel und Schwefelverbindungen" 1964
Foerst, W. (Hrsg.): Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie
3. Auflage, Bd. 16, Urban & Schwarzberg Verlag, München, 1964
ULLMANN "Xanthenfarbstoffe" 1967
Foerst, W. (Hrsg.): Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie
3. Auflage, Bd. 18, Urban & Schwarzberg Verlag, München, 1967
WIRTH/MUNTSCH 1940
Wirth, F.; Muntsch, O.: Die Gefahren der Luft und ihre Bekämpfung
3. Aufl., Berlin, 1940