

Rudolf Meyer

Explosiv- stoffe

5., überarbeitete und
erweiterte Auflage

Verlag Chemie

Weinheim · Deerfield Beach, Florida · Basel · 1979

Dr. Rudolf Meyer
Trappenberg-Straße 2
D-4300 Essen-Stadtwald

1. Auflage 1932
herausgegeben von der WASAG, Berlin
1. Nachdruck der 1. Auflage 1941
- 2., erweiterte Auflage 1961
herausgegeben von der WASAG-CHEMIE AG, Essen
- 3., neubearbeitete und erweiterte Auflage 1973
(mit Unterstützung des Archivs der WASAG-CHEMIE GmbH)
- 4., verbesserte Auflage 1975
1. Nachdruck, 1976, der 4., verbesserten Auflage 1975
- 5., überarbeitete und erweiterte Auflage 1979

Verlagsredaktion: Dr. Gerd Giesler

Dieses Buch enthält 19 Abbildungen

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Meyer, Rudolf:

Explosivstoffe / Rudolf Meyer. — 5., verb.

u. erw. Aufl. — Weinheim, Deerfield Beach (Florida),

Basel: Verlag Chemie, 1979.

ISBN 3-527-25846-9

© Verlag Chemie, GmbH, D-6940 Weinheim, 1979

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form — durch Fotokopie, Mikrofilm oder irgendein anderes Verfahren — reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsmaschinen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden.

All rights reserved (including those of translation into foreign languages). No part of this book may be reproduced in any form — by photoprint, microfilm, or any other means — nor transmitted or translated into a machine language without written permission from the publishers.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, daß diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie als solche nicht eigens gekennzeichnet sind.

Satz und Druck: Großdruckerei Erich Spandel, D-8500 Nürnberg

Bindung: Georg Kränkl, D-6148 Heppenheim

Printed in West Germany

Vorwort zur 5. Auflage

Die vorliegende 5. Auflage des Buches „Explosivstoffe“ ist eine weitere Neubearbeitung des 1961 von der Wasag-Chemie A. G. herausgegebenen Nachschlagewerks auf den Gebieten der gewerblichen und militärischen Sprengstoffe und der Treibmittel, das seinen Vorläufer in einer von der Wasag-Berlin 1932 herausgegebenen Broschüre gleichen Titels hatte. Sach- und Berichtsumfang wurde in den aufeinanderfolgenden Ausgaben jeweils erheblich vermehrt, insbesondere auch in der in englischer Sprache 1977 erschienenen Ausgabe „Explosives“. Dessen Berichtsumfang wurde in die 5. deutsche Auflage zusätzlich einiger Ergänzungen voll übernommen.

Von jedem Stoff sind die Eigenschaften kurz beschrieben, bei wichtigen Stoffen auch die Herstellungswege und die technischen Verwendungen. Auf die vollständige Angabe von Literaturstellen und Patentschriften wurde bewußt verzichtet, da derartige Zusammenstellungen den Rahmen dieses handlichen Nachschlagewerks sprengen würden. Einzelne gegebene Literaturstellen sollen auf die eingehendere Berichterstattung verweisen. Im Anhang ist eine ausführliche Bibliographie aufgelistet, Spezialwerke auch bei einzelnen Stichworten.

Die Begriffsliste DIN 20 163 „Sprengtechnik“ wurde bereits in der 4. Auflage in Text und Schlagwortverzeichnis eingebaut. Dieses Verzeichnis wurde, der englischen Ausgabe folgend, zu einem Kurz-Lexikon für Synonyma und Buchstabenfolgen (wie z. B. „TNT“) erweitert — vielfach mit Direktinformationen ohne Textbezug; ergänzend sei jedoch auf die ausgezeichnete Zusammenstellung von *W. Kögler*: „Abkürzungen, Deck- und Handelsnamen aus der Sprengstoff- und Schießstoffliteratur“ hingewiesen, die als Broschüre vom Deutsch-Französischen Forschungsinstitut Saint Louis 1968 herausgegeben wurde („D 3/68“).

Zum verwendeten Maßsystem: das c-g-s-System wurde einstweilen beibehalten. Das Buch hat auch im Ausland weite Verbreitung gefunden; dort ist man jedoch noch nicht einhellig dem deutschen Beispiel des Übergangs zum m-k-s-System (Meter-Kilogramm-Sekunden) gefolgt, und für alle Fälle können nach wie vor mit Hilfe der Tabellen auf dem hinteren Vorsatz Umrechnungen ausgeführt werden.

Das Molekulargewicht wurde im allgemeinen mit einer für sprengtechnische Berechnungen ausreichenden Genauigkeit mit einer Stelle hinter dem Komma angegeben. Angaben zur Dichte geschahen nach bestem Wissen, natürlich bei Flüssigkeiten mit mehr

Stellen hinter dem Komma als bei Feststoffen. Die Bestimmung der sprengtechnischen Kennzahlen, wie z. B. Bleiblockausbauchung oder Verpuffungspunkt ist in Stichworttexten beschrieben, in denen Definitionen und Versuchsbedingungen angegeben sind. Alle berechenbaren Größen: Explosionswärme, Normalgasvolumen und spezifische Energie wurden von Dr. F. Volk auf der Rechenanlage des Instituts für Treib- und Explosivstoffe neu berechnet. Die Werte für Explosionswärme beziehen sich nunmehr auf Wasser flüssig als Reaktionsprodukt, sind also mit kalorimetrisch ermittelten Daten direkt vergleichbar, nicht jedoch mit den Zahlen früherer Auflagen. Die in der englischen Ausgabe aufgenommenen thermoanalytischen Daten, die Dr. G. Krien im Bundesinstitut für Chemisch-Technische Untersuchungen erarbeitete, sind auch in diese Auflage übernommen worden, ferner Ausführungen von W. E. Nolle von der Erprobungsstelle 71 der Bundeswehr, Eckernförde, über Unterwasserdetonationen. Für die Tabellen thermodynamischer Werte gilt als Standard-Temperatur $25^{\circ}\text{C} = 299,25\text{ K}$, als Elementarmodifikation für Kohle Graphit (nicht Diamant). Daten für Bildungswärmen sind Bestwerte aus dem umfangreichen Tabellenwerk von F. Volk, H. Bathelt und R. Kuthe: „Thermodynamische Daten von Raketentreibstoffen, Treibladungspulvern sowie deren Komponenten“, Veröffentlichung 1972 des Instituts für Chemie der Treib- und Explosivstoffe, Pfinztal-Berghausen.

Der unsymmetrische Satzspiegel der bisherigen Auflagen und der Einzug der tabellarischen Stichwort-Teile wurde wiederum beibehalten, um Raum für Randnotizen und Ergänzungen für den Benutzer zu lassen. Auch der „Sprachenschlüssel“, die Aufführung der immer wiederkehrenden Begriffe in sechs Sprachen, wurde wieder im vorderen Vorsatz des Buches abgedruckt.

Der Autor hat allen Gönnern und Fachkollegen zu danken, welche diese und die vorhergehenden Auflagen „Explosivstoffe“ zu erstellen halfen. Genannt seien Prof. Dr. E. Büchner (T. U. München), Dr. K. Fabian (Nitrochemie), Dipl.-Ing. H. Grosse (Wasag-Chemie), Dr. E. Haeuseler † (BICT), Dr. M. Held (MBB), Dr. H. Hornberg (ICT), Chem.-Ing. W. Kegler (ISL), Frau Dr. G. Kistner (ICT), Prof. Dr. H. Koenen (BAM), Dr. G. Krien (BICT), Dipl.-Ing. W. E. Nolle (Erprobungsstelle Eckernförde), Dipl.-Ing. J. Prinz (Sprengtechnischer Dienst, Dortmund), Dr. J. F. Roth (DNAG), Dr. E. Richter (Wasag-Chemie), Dr. H. Schubert (ICT), Dr. W. Siebert (BICT), Dr. F. Trimborn (BICT), Dr. H. Vasatko (Nitrochemie), Dr. F. Volk (BICT), Frau Dr. U. Winkler (Wasag-Chemie) und Dr. J. Zierath (BICT). Viele ungenannt Gebliebene mögen sich in gleicher Weise angesprochen fühlen. Besonderer Dank gebührt den Herren RA G. Maibücher und Dr. Karl Meyer †.

Auch weiterhin bleiben Verlag und Autor gerne für Anregungen und Mitteilungen jeder Art offen. Wir hoffen, daß unser Buch von Auflage zu Auflage ein nützliches, handliches und rasch informierendes Nachschlagebuch bleiben wird.

Essen, im September 1979

Rudolf Meyer

Abbrandgeschwindigkeit

burning rate; vitesse de combustion

Die lineare Brenngeschwindigkeit eines Treibmittels ist die Geschwindigkeit, mit welcher die chemische Umsetzung von der Anzündstelle infolge Wärme-Leitung und -Strahlung fortschreitet. Die Schwaden strömen entgegengesetzt zur Fortschreitungsrichtung ab (im Gegensatz hierzu: → Detonation). Die Abbrandgeschwindigkeit bezeichnet den Abbrandfortschritt im Treibmittel; sie ist nicht nur von der Zusammensetzung, dem Druck, der Temperatur, dem physikalischen Zustand des Treibmittels (Porosität; Korngrößenverteilung der Komponenten; Verdichtung) abhängig, sondern auch von der Formgebung (Größe der Pulver-Elemente und ihrer Form als Blättchen, Kugeln, Röhren, Mehrlochröhrchen usw. bis zu den kompliziertesten Formen der Raketen-Treibsätze). In der Raketentechnik bezeichnet „Abbrandgeschwindigkeit“ speziell den stationären Abbrandfortschritt in der Raketenkammer.

Die Charbonnier-sche Gleichung berücksichtigt die Einflüsse auf den Abbrandfortschritt gemäß:

$$\frac{dz}{dt} = A \cdot \varphi(z) \cdot p^\alpha; \text{ es bedeuten:}$$

z: für den jeweiligen Zeitpunkt: das Verhältnis des Volumens des abgebrannten Treibmittels zum ursprünglichen Volumen vor dem Abbrand, und daher

$\frac{dz}{dt}$: die räumliche Abbrandgeschwindigkeit, bzw. multipliziert mit der Dichte ρ des Treibmittels, den Massendurchsatz;

A: den „Lebhaftigkeitsfaktor“;

φ : die Formfunktion, die sich während des Abbrands ändert, also vom Abbrand abhängig ist (z. B. Progressiv-Werden durch Größer-Werden der Kanäle in Mehrlochröhrchen);

p: den Druck; je höher er ist, um so intensiver wird der Wärme-Übergang in der Brenn-Ebene;

α : den Druckexponenten; er ist für hohe Druckbereiche nahe 1, kann jedoch durch besondere Zusätze zum Treibmittel bei niederen Druckbereichen (Raketenabbrände) nahe Null („Plateau-Abbrand“) oder kleiner („Mesa-Abbrand“) werden.

Im geschlossenen Raum (z. B. in der → ballistischen Bombe) wächst der Druck bis zur Erreichung seines Maximal-Werts „ p_{\max} “; in der Waffe sinkt der Druck nach einem Maximalwert wieder ab, da sich durch die Geschosßbewegung der Verbrennungsraum stetig vergrößert.

Bei kontinuierlichem Abströmen der Schwaden, wie z. B. bei einer Rakete, bleibt der Druck während des Abbrandes konstant. Die lineare Brenngeschwindigkeit („burning rate“) und ihre Abhängigkeit von Druck und

Temperatur wird experimentell in der → Crawford-Bombe bestimmt. Als Temperaturkoeffizient der Brenngeschwindigkeit wird die relative Änderung pro Grad Temperaturerhöhung bei konstantem Druck bezeichnet; die Druckabhängigkeit kennzeichnet der Druckexponent (siehe oben).

Näheres über theoretische und praktische Zusammenhänge: *Barrère, Jaumotte, Fraeijs de Veubeke, Vandenkerckhove*, „Raketenantriebe“; Elsevier Publishing Company, Amsterdam 1961. Seite 265 ff.; *Dadieu, Damm, Schmidt*, „Raketentreibstoffe“, Springer, Wien 1968.

Abel-Test

Nach diesem von *Abel* im Jahre 1875 vorgeschlagenen Test wird die Zeit beobachtet, innerhalb welcher die von 1 g Explosivstoff bei 82,2°C entwickelten Gase ein mit Jodkalistärke lösung präpariertes und angefeuchtetes Filtrierpapier blau oder violett färben. Diese Färbung darf z. B. bei gewerblichen Nitroglycerinsprengstoffen erst nach 10 Minuten eintreten. Eine empfindlichere Ausführungsart benutzt Jodzinkstärkepapier.

Während der Abel-Test als Kontrolle bei der Herstellung von Nitrocellulose, Nitroglycerin und Nitroglykol auch heute noch Verwendung findet, wird er zur Stabilitätsprüfung von Treibstoffen kaum noch angewendet.

Abstand

Die Abstände der Gebäude, ihre Bauweise und die Höhe ihrer Belegung mit gefährlichen Stoffen dienen zur Sicherheit in den Sprengstoff herstellenden und verarbeitenden Betrieben und für die Lager der Sprengstoffverbraucher. Sie sind daher behördlich reglementiert durch das Sprengstoffgesetz*), durch die Sprengstofflagerverordnungen der Länder und innerbetrieblich durch die Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie**). Die UVV 46 a definiert:

Abstand (Sicherheitsabstand) der Gebäude untereinander ist die kürzeste Entfernung der einander zugekehrten Begrenzungen (Außenwände). Kleine Anbauten, die nicht dem dauernden Aufenthalt von Personen dienen und die keine Explosivstoffe oder Gegenstände mit Explosivstoff enthalten, bleiben außer Ansatz.

*) *Apel-Keusgen*, Sprengstoffgesetz, 16. Lieferung 1978, Carl Heymanns Verlag, Köln

***) Zitate der UVVen siehe → Literaturverzeichnis, S. 359.

scanned by wantsofnet
<http://kangaroo000.cjb.net/>
<http://internettrash.com/users/aitreal/>

Als Abstand von gefährlichen Plätzen gilt die kürzeste Entfernung der einander zugekehrten Begrenzungen der Explosivstoffe oder Gegenstände mit Explosivstoff.

→ auch: Gefahrgruppen.

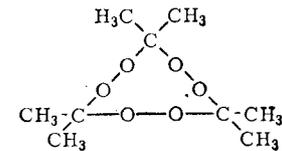
Abstichladungen

— „jet-tapper“ — dienen zum Öffnen von Siemens-Martin-Öfen. Es handelt sich um Hohlchargen, die gegen die Hitze mit Keramikumkleidungen abgeschirmt sind. Durch ihre Sprengung wird der Abstichkanal geschaffen. Andere lanzenförmige Ladungen, die ebenfalls thermisch gut isoliert sind, dienen zum Zerlegen von Hochofensauen; man nennt sie „Ladungen zum Sprengen heißer Massen“.

Acetonperoxid

Tricycloacetonperoxid

tricycloacetoneperoxide; peroxyde de tricycloacétone;



Bruttoformel: $C_9H_{18}O_6$

Mol.-Gew.: 222,1

Sauerstoffwert: - 151,3 %

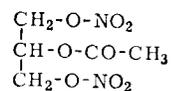
Fp.: 91 °C

Bleiblockausbauchung: 250 cm³/10 g

Schlagempfindlichkeit: 0,03 kp m = 0,3 Nm

Reibempfindlichkeit: bei 0,01 kp Stifbelastung Explosion

bildet sich aus Aceton in schwefelsaurer Lösung durch Einwirkung von 45 % Wasserstoffperoxid. Es hat Initialsprengstoff-Eigenschaften, fand jedoch wegen seiner Neigung zum Sublimieren keinen Eingang in die Praxis.

Acetyldinitroglycerin*Dinitroacetin; Glycerin-acetat-dinitrat*

blaßgelbes Öl

Bruttoformel: $\text{C}_5\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_8$

Mol.-Gew.: 224,1

Sauerstoffwert: $-42,86\%$ Stickstoffgehalt: $12,50\%$ Dichte: $1,412\text{ g/cm}^3$ (15/4)Kp. (15 mm): $147\text{ }^\circ\text{C}$ Bleiblockausbauchung: $200\text{ cm}^3/10\text{ g}$ Verpuffungspunkt: $170\text{--}180\text{ }^\circ\text{C}$

Die Verbindung ist unlöslich in Wasser, leicht löslich in Alkohol, Äther, Aceton, konz. HNO_3 .

Man erhält Acetyldinitroglycerin durch Nitrierung des Acetylgllycerins (Acetins) mit Mischsäure, die sehr viel Salpetersäure enthält.

Acetyldinitroglycerin wurde vorgeschlagen als Zusatz zu Nitroglycerin, um dessen leichte Gefrierbarkeit herabzusetzen. Es wurde in der Praxis nicht eingesetzt.

Acremite

→ Akremit

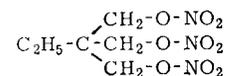
ADR

bedeutet „Accord Européen relatif au transport International des Marchandises Dangereuses par Route“ und betrifft Transport- und Verpackungsvorschriften für den Verkehr mit gefährlichen Stoffen und Gegenständen über die Straße. Sie lehnen sich wesentlich an die für den Bahnversand geltenden Vorschriften des → RID an, die wiederum bis auf einige zusätzliche Erleichterungen identisch sind mit der Anlage C der deutschen Eisenbahnverkehrsordnung (EVO). Vorschriften für den Versand über See sind im → IMCO niedergelegt.

In Anlehnung an das ADR und an das Sprengstoffgesetz wurde 1975 für den innerdeutschen Verkehr das Gesetz über die Beförderung gefährlicher Güter*) erlassen.

Aerozin

ist ein Brennstoff für Flüssig-Raketen-Antriebe, bestehend aus 50% Hydrazin, wasserfrei, und 50% unsymm. Dimethylhydrazin.

Äthrioltrinitrat*trimethylol-ethylmethane trinitrate;**trinitrate de triméthylol-éthyl-méthane;**Trimethyloläthylmethantrinitrat; Trimethylol-propantrinitrat*

farblose Kristalle

Bruttoformel: $\text{C}_6\text{H}_{11}\text{N}_3\text{O}_9$

Mol.-Gew.: 269,1

Bildungsenergie: $-401,0\text{ kcal/kg} = -1678\text{ kJ/kg}$ Bildungsenthalpie: $-426\text{ kcal/kg} = -1783\text{ kJ/kg}$ Sauerstoffwert: $-50,5\%$ Stickstoffgehalt: $15,62\%$ Explosionswärme: $982\text{ kcal/kg} = 4110\text{ kJ/kg}$ Gasvolumen: 1082 l/kg Dichte: $1,5\text{ g/cm}^3$ F.: $51\text{ }^\circ\text{C}$ Bleiblockausbauchung: $415\text{ cm}^3/10\text{ g}$ Detonationsgeschwindigkeit: 6440 m/s bei $\rho = 1,48\text{ g/cm}^3$

Nitrocellulose wird nicht gelatiniert.

Zur Herstellung von Äthrioltrinitrat wird Trimethylolpropan (erhalten durch Kondensation von Formaldehyd mit Butyraldehyd in Gegenwart von Kalk) mit Salpetersäure/Schwefelsäure nitriert, wobei der kristalline Körper unter Rührung nach und nach bei $14\text{--}18\text{ }^\circ\text{C}$

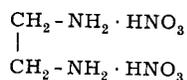
*) Text und Kommentar: *Apel-Keusgen*, Sprengstoffgesetz, 16. Lieferung, Carl Heymanns Verlag, Köln

in das Säuregemisch eingetragen wird. Der Nitrieransatz wird in Eiswasser gegossen, wobei sich der Ester abscheidet; er wird wie üblich neutral gewaschen und schließlich aus Alkohol umkristallisiert. Äthioltrinitrat ist weniger schlagempfindlich als Tetryl.

Wegen seiner mangelnden Gelatinierfähigkeit kann das Produkt nur zusammen mit guten Nitrocellulose-Gelatinatoren, wie z. B. Triglykoltrinitrat, als Komponente in → POL-Pulvern eingesetzt werden.

Äthylendiamindinitrat

ethylene diamine dinitrate; dinitrate d'éthylène diamine; PH-Salz



farblose Kristalle

Bruttoformel: $\text{C}_2\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_6$

Mol.-Gew.: 186,1

Bildungsenergie: $-805,2 \text{ kcal/kg} = -3369 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-837 \text{ kcal/kg} = -3502 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-25,8 \%$

Stickstoffgehalt: $30,11 \%$

Dichte: $1,577 \text{ g/cm}^3$ (20/4)

F.: $188 \text{ }^\circ\text{C}$

Bleiblockausbauchung: 350 cm^3

Detonationsgeschwindigkeit: 6800 m/s

bei $\rho = 1,52 \text{ g/cm}^3$

Explosionswärme: $932 \text{ kcal/kg} = 3905 \text{ kJ/kg}$

Gasvolumen: 1083 l/kg

Verpuffungspunkt: $370\text{--}400 \text{ }^\circ\text{C}$

Schlagempfindlichkeit: $1,0 \text{ kp m} = 10 \text{ Nm}$

Reibempfindlichkeit: bis 36 kp Stiftbelastung

keine Reaktion

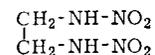
Grenzdurchmesser Stahlhülstentest: 2 mm

Äthylendiamindinitrat ist etwas hygroskopisch und leicht löslich in Wasser. Man erhält Äthylendiamindinitrat durch Sättigung der wäßrigen Lösung von Äthylendiamin mit Salpetersäure.

Es fand Anwendung als Mischkomponente für Ammonsalpeterschmelzen, da es im Gemisch 50/50 mit Ammoniumnitrat ein bei $100 \text{ }^\circ\text{C}$ schmelzendes eutektisches Gemisch bildet.

Äthylendinitramin

ethylenedinitramine; éthylènedinitramine; N,N'-dinitroäthylendiamin Haleite; Halite; EDNA



farblose Kristalle

Bruttoformel: $\text{C}_2\text{H}_6\text{N}_4\text{O}_4$

Mol.-Gew.: 150,1

Bildungsenergie: $-137 \text{ kcal/kg} = -573 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-165 \text{ kcal/kg} = -689 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: -32%

Stickstoffgehalt: $37,33 \%$

Normalgasvolumen 1047 l/kg

Explosionswärme: $1123 \text{ kcal/kg} = 4703 \text{ kJ/kg}$

Dichte: $1,71 \text{ g/cm}^3$

F. (unter Zersetzung): $177 \text{ }^\circ\text{C}$

Bleiblockausbauchung: $410 \text{ cm}^3/10 \text{ g}$

Detonationsgeschwindigkeit: 7570 m/s bei

$\rho = 1,49 \text{ g/cm}^3$

Verpuffungspunkt: $180 \text{ }^\circ\text{C}$

Schlagempfindlichkeit: $0,8 \text{ kp m} = 8 \text{ Nm}$

Äthylendinitramin verhält sich wie eine zweibasige Säure, es bildet neutrale Salze.

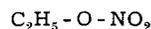
Die Verbindung ist unlöslich in Äther, wenig löslich in Wasser und Alkohol, löslich in Nitrobenzol und Dioxan, nicht hygroskopisch.

Sie besitzt beachtliche Sprengkraft bei hoher chemischer Stabilität und relativ geringer mechanischer Empfindlichkeit.

Zur Herstellung von Äthylendinitramin nitriert man Äthylenharnstoff mit Mischsäure zu Dinitroäthylenharnstoff, welcher durch CO_2 -Abspaltung in Äthylendinitradin übergeht.

Äthylenharnstoff wird aus Äthylendiamin mit Äthylcarbonat unter Druck synthetisiert.

Gießbare Gemische des Äthylendinitramins mit TNT werden in den USA als Ednatol bezeichnet.

Äthylnitrat*ethylnitrate; nitrate d'éthyle*

farblose, flüchtige Flüssigkeit von angenehmem Geruch

Bruttoformel: $\text{C}_2\text{H}_5\text{NO}_3$

Mol.-Gew.: 91,05

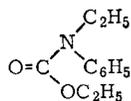
Bildungsenergie: $-470,4 \text{ kcal/kg} = -1968 \text{ kJ/kg}$ Bildungsenthalpie: $-499,5 \text{ kcal/kg} = -2091 \text{ kJ/kg}$ Sauerstoffwert: $-61,5 \%$ Stickstoffgehalt: $15,24 \%$ Normalgasvolumen: 1227 l/kg Explosionswärme: $913 \text{ kcal/kg} = 3823 \text{ kJ/kg}$ Dichte: $1,10 \text{ g/cm}^3$ (20/4)Kp.: $87,7 \text{ }^\circ\text{C}$ F.: $-102 \text{ }^\circ\text{C}$ Bleiblockausbauchung: $420 \text{ cm}^3/10 \text{ g}$ Detonationsgeschwindigkeit: 5800 m/s bei

$$\rho = 1,1 \text{ g/cm}^3$$

Äthylnitrat ist praktisch unlöslich in Wasser, löslich in Alkohol und in den meisten organischen Lösungsmitteln. Die Dämpfe des Äthylnitrats bilden schon bei gewöhnlicher Temperatur mit Luft leicht explosive Gemische mit einer unteren Explosionsgrenze von $3,8 \%$ Äthylnitrat.

Äthylnitrat wird durch Destillation von Äthylalkohol und 65% iger Salpetersäure unter Zusatz von etwas Harnstoff hergestellt.

Äthylnitrat fand früher zusammen mit flüssigem Kalium-Natrium Verwendung in sogen. „chemischen Zündern“, da es bei Berührung mit Alkalimetallen explodiert.

Äthylphenylurethan*ethylphenylurethane; éthylphényluréthane*

farblose Flüssigkeit

Bruttoformel: $\text{C}_{11}\text{H}_{15}\text{NO}_2$

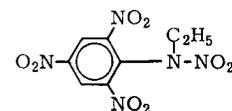
Mol.-Gew.: 193,2

Bildungsenergie: $-545,5 \text{ kcal/kg} = -2282 \text{ kJ/kg}$ Bildungsenthalpie: $-573,5 \text{ kcal/kg} = -2400 \text{ kJ/kg}$ Sauerstoffwert: $-227,7 \%$ Stickstoffgehalt: $7,25 \%$

Äthylphenylurethan ist ein gelatinierender → Stabilisator für Schießpulver, besonders Nitroglycerin-Pulver.

Technische Reinheitsforderungen

Aussehen:	klar, farblos
Dichte 20/4:	$1,042\text{--}1,044 \text{ g/cm}^3$
Refraktion 20/D:	$1,504\text{--}1,507$
Siedeanalyse:	$252\text{--}255 \text{ }^\circ\text{C}$
Säure als HCl:	nicht über $0,004 \%$
Reaktion:	neutral

Äthyltetryl*ethyl-tetryl; 2,4,6-trinitrophényl-ethyl-nitramine; 2,4,6-Trinitrophenyläthylnitramin*Bruttoformel: $\text{C}_8\text{H}_7\text{N}_5\text{O}_8$

Mol.-Gew.: 301,2

Bildungsenergie: $+3,61 \text{ kcal/kg} = +15,1 \text{ kJ/kg}$ Bildungsenthalpie: $-15,9 \text{ kcal/kg} = -66,7 \text{ kJ/kg}$ Sauerstoffwert: $-61,1 \%$ Stickstoffgehalt: $23,25 \%$ Normalgasvolumen: 800 l/kg Explosionswärme: $1010 \text{ kcal/kg} = 4230 \text{ kJ/kg}$ Spezifische Energie: $97,9 \text{ mt/kg} = 960 \text{ kJ/kg}$ Dichte: $1,63 \text{ g/cm}^3$ F.: $94 \text{ }^\circ\text{C}$ Schmelzwärme: $18,7 \text{ kcal/kg} = 78 \text{ kJ/kg}$ Bleiblockausbauchung: $325 \text{ cm}^3/10 \text{ g}$ Schlagempfindlichkeit: $0,5 \text{ kp m} = 5 \text{ Nm}$ Reibempfindlichkeit: bis 36 kp Stiftbelastung
keine Reaktion

Die Verbindung gleicht in ihren Eigenschaften dem Tetryl, man kann sie aus Mono- bzw. Diäthylanilin herstellen.

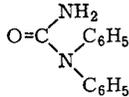
Der gegenüber Tetryl niedrigere Schmelzpunkt erleichtert den Einsatz des Äthyltetryls in energiereichen gießbaren Mischungen.

AGARD

Abkürzungen für Advisory Group for Aeronautical Research and Development bei der NATO.

Akardit I

diphenylurea; diphénylurée; Diphenylharnstoff



Bruttoformel: $C_{13}H_{12}N_2O$

Mol.-Gew.: 212,2

Bildungsenergie: $-104,9 \text{ kcal/kg} = -438,7 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-125,8 \text{ kcal/kg} = -526 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-233,7 \%$

Stickstoffgehalt: $13,21 \%$

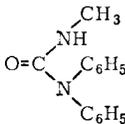
Akardit I dient als \rightarrow Stabilisator für Schießpulver, besonders für Nitroglycerin-Pulver; es geht als Gelatinator in das Pulvergel ein.

Technische Reinheitsforderungen

Schmelzpunkt:	
nicht unter	183 °C
Feuchtigkeit: nicht über	0,2 %
Aschegehalt: nicht über	0,1 %
Chloride als NaCl:	
nicht über	0,02 %
Säure, als Verbrauch von	
n/10 NaOH/100 g: nicht über	2,0 cm ³

Akardit II

methylphenylurea; N-méthyl-N'-diphénylurée; Methylphenylharnstoff



Bruttoformel: $C_{14}H_{14}N_2O$

Mol.-Gew.: 226,3

Bildungsenergie: $-78,1 \text{ kcal/kg} = -326,6 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-100 \text{ kcal/kg} = -418,7 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-240,4 \%$

Stickstoffgehalt: $12,38 \%$

Akardit II ist ein besonders wirksamer \rightarrow Stabilisator für mehrbasige, lösemittelfreie Schießpulver. Sein Stabilisiervermögen beträgt ca. das 3fache des sonst hierfür hauptsächlich verwendeten Centralit I.

Technische Reinheitsforderungen

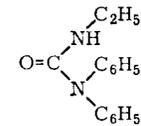
wie für Akardit I, jedoch

Schmelzpunkt:

nicht unter 170 °C

Akardit III

ethylphenylurea; N-éthyl-N'-diphénylurée; Äthylphenylharnstoff



Bruttoformel: $C_{15}H_{16}N_2O$

Mol.-Gew.: 240,3

Bildungsenergie: $-116,0 \text{ kcal/kg} = -485,3 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-139,0 \text{ kcal/kg} = -581 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-264,4 \%$

Stickstoffgehalt: $11,65 \%$

Akardit III wird als \rightarrow Stabilisator und als Gelatinator in mehrbasigen, lösemittelfreien Schießpulvern verwendet.

Technische Reinheitsforderungen

wie für Akardit I, jedoch

Schmelzpunkt:

nicht unter 89 °C

Akremite

Acremite

ist eine ältere amerikanische Bezeichnung für \rightarrow PAC-Sprengstoffe, in neuerer Zeit werden sie mit ANFO bezeichnet.

Alginat

Salze der Alginsäure, die die Fähigkeit besitzen, das 200- bis 300fache ihres Gewichtes an Wasser zu binden. Man setzt sie Sprengstoffmischungen als Quellmittel zu, um deren Wasserfestigkeit, und zu Sprengschlämmen (→ „Slurries“), um die Viskosität zu erhöhen.

Aluminium-Pulver

wird vielfach Sprengstoffen und Treibmitteln zugesetzt, um deren schiebende Wirkung zu verbessern. Durch die außerordentlich hohe Bildungswärme von Aluminiumoxid kann man durch diese Beimischung einen erheblichen Zuwachs an Kalorien erreichen und den Schwaden eine höhere Temperatur erteilen. Die Bildungswärme von Al_2O_3 beträgt 396 kcal/Mol bzw. 3883 kcal/kg. Es ist denkbar, daß das Aluminium in der Primärdetonation nicht vollständig umgesetzt wird, sondern erst im Schwadenbereich restlos reagiert. Man erklärt so die besonders nachhaltig schiebende Wirkung („Nachheizung“). Wird das Sprengstoffgemisch mit Aluminium überlastet, erreicht man eine typische Gasschlagwirkung, da die Sprenggase bei weiterer Untermischung mit Luftsauerstoff einer Nachexplosion fähig sind. → Unterwasserdetonationen.

Bekannte Mischungen von Sprengstoffen mit Aluminiumpulver sind Ammonale, DBX, HBX-1, Hexal, Minex, Minol, Torpex, Trialen 105, Tritonal und Schießwolle 18, Hexotonal.

Auch bei Raketentreibmitteln (Composite Propellants) haben sich gewisse Zusätze von Aluminium als besonders wirkungssteigernd erwiesen. Andere Metallpulver sind für den gleichen Zweck in Erwägung zu ziehen, wie Zinkpulver, Magnesiumpulver, Calciumsilicid u. a.

Die bekannte Wirkungssteigerung durch Aluminiumpulver wurde neuerdings viel in den → Sprengschlämmen („Slurries“) verwendet.

Amatex

ist ein gießbares Gemisch aus Trinitrotoluol, Ammonsalpeter und Hexogen.

Amatole

sind gießbare Gemische aus Ammonsalpeter und Trinitrotoluol, die in weitem Rahmen in der Zusammensetzung variierbar sind (40/60, 50/50, 80/20). Das Gemisch 80/20 läßt sich durch Schneckenpressen verfüllen.

Ammonale

sind preßbare bzw. gießbare Gemische, welche Ammonsalpeter und Aluminiumpulver enthalten. Aus den USA ist eine gießbare Mischung von 67% TNT, 22% NH_4NO_3 und 11% Al-Pulver bekannt, während in Deutschland im ersten Weltkrieg gepreßte Ladungen (30/54/16) eingesetzt wurden.

Im einfachsten Falle sind Ammonale pulverförmige (nicht gepreßte) Gemische aus Ammonsalpeter und Aluminium, wobei etwa 4% Aluminiumzusatz zum Erzielen der Detonierbarkeit schon ausreichen, das Leistungsmaximum aber etwa bei 17% Aluminium erreicht wird.

Ammonex 1

Beschaffenheit: pulverförmig, rot

Schwadenvolumen: 960 l

Sauerstoffbilanz: +0,4 %

Explosionswärme: 937 kcal/kg = 3923 kJ/kg

Spezifische Energie: 100 mt/kg = 980 kJ/kg

Energieniveau: 100 mt/l = 980 kJ/l

Sprengstoffdichte: 1,0 g/cm³

Bleiblockausbauchung nach Trauzl: 330 cm³/10 g

Detonationsgeschwindigkeit unter Einschluß: 4000 m/s

Schlagempfindlichkeit: 4 kp m = 39 Nm

ist ein pulverförmiger, brisanter Gestein-Ammonsalpeter-Sprengstoff ohne Sprengölzusatz, der zur Gruppe der PAC-Sprengstoffe gehört.

Er eignet sich nur für Großbohrloch- und Kammerminensprengungen in übertägigen Betrieben mit Patronendurchmessern von 50 mm an aufwärts. Zum Zünden ist eine besondere Ladung eines brisanten Gesteinssprengstoffes als Schlagpatrone erforderlich, da Sprengkapsel und Sprengschnüre die Detonationseinleitung nicht mit Sicherheit gewährleisten. Infolge seiner geringen Wasserbe-

ständigkeits kommt er nur in paraffinierten Papierhüllen oder in Kunststoffschläuchen zur Anwendung.

Ammon-Gelite 1, 2 und 3

Sprengtechnische Daten	Ammon-Gelit		
	1	2	3
Beschaffenheit	gelatinös rot	gelatinös rot	gelatinös rot
Sauerstoffwert	+ 0,97	+ 1,3	+ 3,62 %
Normalgasvolumen	851	864	807 l/kg
Explosionswärme	1165 = 4878	1134 = 4748	1045 kcal/kg = 4375 k J/kg
Spezif. Energie	118 = 1157	115 = 1128	102 mt/kg = 1000 k J/kg
Energieniveau	177 = 1740	173 = 1695	153 mt/l = 1500 k J/l
Dichte	1,5	1,5	1,5 g/cm ³
Bleiblockausbauchung	430	410	390 cm ³ /10 g
relative weight strenght	89	88	84 %
Detonationsgeschwindigkeit freiliegend	2500	2300	2300 m/s
Detonationsgeschwindigkeit unter Einschluß	6200	5800	5400 m/s
Stauchung nach <i>Kast</i>	5,7	5,0	4,6 mm
Stauchung nach <i>Heß</i>	20	19	18,5 mm
Schlagempfindlichkeit	0,4	0,4	0,5 kp m

Die Ammon-Gelite sind handhabungssichere, gelatinöse Ammonsalpeter-Sprengstoffe mit abgestuftem Gehalt an gelatinisiertem Nitroglykol.

In ihrer Arbeitsleistung sind sie der des Dynamits nahezu gleichwertig. Sie eignen sich zum Sprengen von zähen und harten Gesteinen und Erzen. Die gute Wasserbeständigkeit ermöglicht ihren Einsatz auch bei nassen Bohrlöchern. Die hohe Kältebeständigkeit gestattet ihren Einsatz beim Schachtabteufen nach dem Gefrierverfahren sowie bei anderen Gesteinsarbeiten bei Außentemperaturen bis zu -20 °C. Wegen ihrer guten Detonationsübertragungsfähigkeit sind sie in kleinen Patronendurchmessern bis zu 22 mm verwendbar. Sie besitzen eine große Handhabungssicherheit und sind in der BRD zum Stückgutverkehr auf der Eisenbahn zugelassen.

Ammonite

ammonia dynamites; explosifs nitratés

„Ammonit“ bezeichnet Ammonsalpeter-basierte pulverförmige Gesteinsprengstoffe ohne Nitroglycerin bzw. Nitroglykol, jedoch mit explosionsfähigen aromatischen Nitroverbindungen, im wesentlichen Nitrotoluolen. Sie werden neuerdings gemäß den Durchführungsverordnungen zum Sprengstoffgesetz von 1969 als „PA-Sprengstoffe“ bezeichnet.

Als Ammonite wurden während des Krieges Ersatzsprengstoffe bezeichnet, bei denen der Ammonsalpeter selbst in den Schmelzfluß einging. Als Flußmittel dienten Kalksalpeter mit Kristallwasser, Pentaerythrit, Natronsalpeter und Athylendiamindinitrat. Meistens wurde Hexogen zugesetzt.

Ammonite 1, 3 und W 6

Sprengtechnische Daten	Ammonit		
	1	3	W 6
Beschaffenheit	pulvrig rot	pulvrig grau	pulvrig grau
Sauerstoffwert	+ 0,7	+ 1,15	+ 1,8 %
Normalgasvolumen	897	855	750 l/kg
Explosionswärme	983 = 4116	1123 = 4702	1128 kcal/kg = 4714 k J/kg
Spezifische Energie	105 = 1030	111 = 1089	98 mt/kg = 961 k J/kg
Energieniveau	105 = 1030	106 = 1039	118 mt/l = 1153 k J/l
Dichte	1,0	1,0	1,2 g/cm ³
Bleiblockausbauchung	370	405	390 cm ³ /10 g
relative weight strenght	78	88	87 %
Detonationsgeschwindigkeit freiliegend	3000	3300	3000 m/s
Detonationsgeschwindigkeit unter Einschluß	4200	4400	4300 m/s
Stauchung nach <i>Kast</i>	3,6	4,3	3,6 mm
Stauchung nach <i>Heß</i>	17	19	16 mm
Schlagempfindlichkeit	1,2 = 12	1,2 = 12	2,5 kp m = 25 Nm

Die Ammonite 1, 3 und W 6 sind handhabungssichere, pulverförmige und kapselempfindliche Ammonsalpetersprengstoffe ohne Nitroglykol- und Nitroglycerinzusatz. Sie werden vorzugsweise für

trockene und mäßig feuchte Sprengungen im mittelfesten Gestein verwendet. Ammonit W 6 enthält einen Hydrophobierungszusatz und kann daher auch in feuchteren Großbohrlöchern verwendet werden.

Ammonit 3 wird in Sonderaufmachung (eingeschlaucht) zum Auslösen latenter Lawinen verwendet.

Ammoniumazid

ammonium azide; azoture d'ammonium; stickstoffwasserstoffsaurer Ammonium



wasserhelle Kristalle

Bruttoformel: N_4H_4

Mol.-Gew.: 60,1

Bildungsenergie: $+379,1 \text{ kcal/kg} = +1586 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $+339,4 \text{ kcal/kg} = +1420 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-53,3 \%$

Stickstoffgehalt: $93,23 \%$

Dissoziationsdruck:

Millibar	Temperatur °C
1.3	29.2
7	49.4
13	59.2
27	69.4
54	80.1
80	86.7
135	95.2
260	107.7
530	120.4
1010	138.8

Wegen ihres hohen Dissoziationsdruckes hat die Verbindung noch keine praktische Bedeutung erlangt.

Ammoniumchlorid

ammonium chloride; chlorure d'ammonium



farblose Kristalle

Molekulargewicht: 53,49

Bildungsenergie: $-1368 \text{ kcal/kg} = -5724 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-1401 \text{ kcal/kg} = -5862 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-44,9 \%$

Stickstoffgehalt: $26,19 \%$

Sublimationspunkt: 335 °C

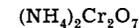
Ammoniumchlorid dient zusammen mit Alkalinitraten als Reaktionspartner in den sog. Salzpaar-Wettersprengstoffen (\rightarrow Wettersprengstoffe).

Technische Reinheitsforderungen

Reingehalt: mindestens	99,5 %
Feuchtigkeit: nicht über	0,04 %
Glührückstand: nicht über	0,5 %
Ca; Fe; SO_4 ; NO_3 : nicht über	Spuren
pH-Wert:	4,6–4,9

Ammoniumdichromat

ammonium dichromate; dichromate d'ammonium



orangerote Kristalle

Mol.-Gew.: 252,1

Sauerstoffwert: ± 0

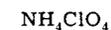
Dichte: $2,15 \text{ g/cm}^3$

Stickstoffgehalt: $11,11 \%$

zersetzt sich beim Erwärmen, ist jedoch kein Sprengstoff. Es findet in pyrotechnischen Sätzen Verwendung und gilt als wirksamer Zusatz bei Treibmitteln auf Ammoniumnitrat-Basis, um die Zerfallreaktion zu katalysieren.

Ammoniumperchlorat

ammonium perchlorate; perchlorate d'ammonium; APC



farblose Kristalle

Mol.-Gew.: 117,5

Bildungsenergie: $-478,0 \text{ kcal/kg} = -2414 \text{ kJ/kg}$
 Bildungsenthalpie: $-602 \text{ kcal/kg} = -2518 \text{ kJ/kg}$
 Sauerstoffwert: $+34,04 \%$
 Dichte: $1,95 \text{ g/cm}^3$
 F.: Zersetzung beim Erhitzen
 Bleiblockausbauchung: 195 cm^3
 Normalgasvolumen: 803 l/kg
 Explosionswärme: $488 \text{ kcal/kg} = 2045 \text{ kJ/kg}$
 Verpuffungspunkt: $350 \text{ }^\circ\text{C}$
 Schlagempfindlichkeit: $1,5 \text{ kpm} = 15 \text{ J}$

Man gewinnt Ammoniumperchlorat durch Neutralisieren von Ammoniak mit Überchlorsäure. Durch Kristallisation wird es gereinigt.

Ammoniumperchlorat dient als wichtigster Sauerstoffträger für Raketenfesttreibstoffe („composite propellants“).

Technische Reinheitsforderungen

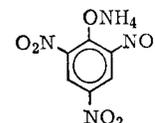
	Grad A	Grad B	Grad C
Reingehalt: mindestens	99,0 %	99,0 %	98,8 %
Wasserunlösliches			
höchstens	0,03 %	0,01 %	0,25 %
Bromate, als NH_4BrO_3 :			
höchstens	0,002 %	0,002 %	0,002 %
Chloride, als NH_4Cl :			
höchstens	0,15 %	0,10 %	0,15 %
Chromate, als K_2CrO_4 :			
höchstens	0,015 %	0,015 %	0,015 %
Eisen als Fe:			
höchstens	0,003 %	0,003 %	0,003 %
Schwefelsäure-Abrauchrückstand:			
höchstens	0,3 %	0,3 %	0,3 %
Feuchtigkeit (H_2O total):			
höchstens	0,08 %en	0,05 %	0,08 %
Oberflächen-Feuchte:			
höchstens	0,020 %	0,015 %	0,020 %
Asche, sulfatiert:			
höchstens	0,25 %	0,15 %	0,45 %
Chlorate, als NH_4ClO_3 :			
höchstens	0,02 %	0,02 %	0,02 %
Na und K: höchstens	0,08 %	0,05 %	0,08 %
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$:			0,15–0,22 %
pH:	4,3–5,3	4,3–5,3	5,5–6,5

Körnungsklassen

Klasse 1: Durchgang durch Siebe 420 und 297 μ ;
 Verbleib auf Sieb 74 μ ;
 Klasse 2: Durchgang durch Sieb 297 μ ;
 Klasse 3: Durchgang durch Sieb 149 μ ;
 Klasse 4: 50–70 % Durchgang durch Sieb 210 μ ;
 Klasse 5: Durchgang durch Sieb 297 μ ;
 Verbleib auf Sieb 105 μ ;
 Klasse 6: 89–97 % Durchgang durch Sieb 297 μ ;
 Klasse 7: 45–65 % Durchgang durch Sieb 420 μ .

Ammoniumpikrat

ammonium picrate; picrate d'ammonium;
Ammonium-2,4,6-trinitrophenolat; explosive „D“



gelbe Kristalle

Bruttoformel: $\text{C}_6\text{H}_6\text{N}_4\text{O}_7$

Bildungsenergie: $-357,4 \text{ kcal/kg} = -1495 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-377,8 \text{ kcal/kg} = 1581 \text{ kJ/kg}$

Mol.-Gew.: 246,1

Sauerstoffwert: $-52,0 \%$

Stickstoffgehalt: $22,77 \%$

Normalgasvolumen: 800 l/kg

Explosionswärme: $706,9 \text{ kcal/kg} = 2954 \text{ kJ/kg}$

Dichte: $1,72 \text{ g/cm}^3$

F. (unter Zersetzung): $265\text{--}271 \text{ }^\circ\text{C}$

Bleiblockausbauchung: $280 \text{ cm}^3/10 \text{ g}$

Detonationsgeschwindigkeit:

7150 m/s bei $\rho = 1,6 \text{ g/cm}^3$

Verpuffungspunkt: $320 \text{ }^\circ\text{C}$

Schlagempfindlichkeit: bis 2 kp keine Reaktion

Löslich in Wasser, Alkohol, Aceton, praktisch unlöslich in Äther. Man gewinnt Ammoniumpikrat durch Sättigen einer wässrigen Lösung von Pikrinsäure mit Ammoniak, wobei zunächst eine „rote Form“ entsteht, die in Gegenwart von Wasserdampf, bei längerer Lagerung oder durch Umkristallisieren aus Wasser in die stabile gelbe Form übergeht.

Ammoniumpikrat wurde als militärischer Sprengstoff für Sprengladungen eingesetzt.

Ammonpulver

Im ersten Weltkrieg wurden unter diesem Namen von deutscher Seite Preßlinge aus Kohlenstaub und Ammonsalpeter als Treibmittel für die Artillerie eingesetzt. Auch im zweiten Weltkrieg wurden in Deutschland Ammonpulver für Artillerie und als Raketentreibmittel entwickelt. Der Ammonsalpeter wurde in POL-Pulvermassen eingearbeitet (→ Schießpulver). Die zuletzt genannten Ammonsalpeter-Treibladungen sind nicht mehr zum Einsatz gekommen.

Ammonsalpeter

ammonium nitrate; nitrate d'ammonium; Ammoniumnitrat; AN



farblose Kristalle

Mol.-Gew.: 80,1

Bildungsenergie: $-1054 \text{ kcal/kg} = -4413 \text{ J/kg}$

Bildungsenthalpie: $-1091 \text{ kcal/kg} = -4563 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $+19,98 \%$

Stickstoffgehalt: $34,98 \%$

Normalgasvolumen: 980 l/kg

Explosionswärme: $627 \text{ kcal/kg} = 2624 \text{ kJ/kg}$

Dichte: $1,72 \text{ g/cm}^3$

F.: $169,6 \text{ }^\circ\text{C}$

Schmelzwärme: $18,2 \text{ kcal/kg} = 76,2 \text{ kJ/kg}$

Bleiblockausbauchung: $180 \text{ cm}^3/10 \text{ g}$

Detonationsgeschwindigkeit je nach Dichte,

Einschluß und Initiierung: 2500 m/s bei $\rho = 1,4 \text{ g/cm}^3$

Verpuffungspunkt: oberhalb des Schmelzpunktes zunehmende Zersetzung, voll bei $210 \text{ }^\circ\text{C}$

Schlagempfindlichkeit: über $5 \text{ kp m} = 49 \text{ Nm}$

Reibempfindlichkeit: bis 36 kp Stiftbelastung

keine Reaktion

Grenzdurchmesser Stahlhülisentest: 1 mm

Damit gehört das Salz zwar nicht zu den → explosionsgefährlichen Stoffen, deren Herstellung, Lagerung und Vertrieb dem Sprengstoffgesetz von 1976 (→ Sprengstoffgesetzgebung) unterliegen, wohl aber zu den „gefährlichen Arbeitsstoffen“, über deren Handhabung von der Bundesanstalt für gefährliche Arbeitsstoffe (AgA) „Technische Regeln für gefährliche Arbeitsstoffe“ *) erlassen worden sind.

*) Carl Heymanns Verlag KG, Köln.

Ammoniumnitrat ist hygroskopisch und sehr leicht löslich in Wasser. Es weist bei $+125,2 \text{ }^\circ\text{C}$, $+84,2 \text{ }^\circ\text{C}$, $+32,3 \text{ }^\circ\text{C}$ und $-16,9 \text{ }^\circ\text{C}$ Umwandlungspunkte seiner Kristallstruktur auf. Der Umwandlungspunkt bei $32 \text{ }^\circ\text{C}$ verstärkt im Sommer die Neigung zum „Zusammenbacken“.

Die Lieferform in porösen Prills hat erheblich zur Verbesserung der Hantierbarkeit von Ammonsalpeter bei Transport und Lagerung beigetragen; für die Verwendung als → PAC-Sprengstoff ist die Porosität der Prills eine notwendige Voraussetzung.

Für die gewerblichen Sprengstoffe ist das Ammoniumnitrat neben Nitroglycerin bzw. Nitroglykol der wichtigste Rohstoff überhaupt (→ Ammonsalpeter-Sprengstoffe). Auch für die Treibmittel, insbesondere Raketentreibstoffe, besitzt Ammonsalpeter Bedeutung als restlos vergasbarer Sauerstoffträger.

Technische Reinheitsforderungen

Reingehalt (z. B. aus N-Bestimmung):

mindestens $98,5 \%$

Glührückstand (nicht sandig!):

höchstens $0,3 \%$

Chloride als NH_4Cl :

höchstens $0,02 \%$

Nitrite: keine

Feuchtigkeit: höchstens $0,15 \%$

Ca; Fe; Mg; nur Spuren

Reaktion: neutral

Abeltest bei $82 \text{ }^\circ\text{C}$:

mindestens 30 min.

pH: $5,9 \pm 0,2$

ätherlösliches: höchstens $0,05 \%$

Säure als HNO_3 : höchstens $0,02 \%$

Zusätzlich für Prills:

Borsäure: $0,14 \pm 0,03 \%$

Schüttdichte: mindestens $0,8 \text{ g/cm}^3$

Dazu muß eine gewisse Mindest-Porosität, aber auch Abriebfestigkeit des Prillkorns verlangt werden.

Ein Maß für die Porosität von Prills, die für PAC-(ANFO-)Sprengstoffe bestimmt sind, läßt sich am einfachsten durch eine „ad hoc“-Methode gewinnen: man sättigt eine bestimmte Einwaage von Prills flachliegend mit der betreffenden Mineralöl-Fraktion, läßt eine bestimmte Zeit, z. B. 10 min abtropfen und bestimmt die Gewichtszunahme. Für poröse Prills beträgt sie dann über 20% , die natürlich auch Oberflächen-Benetzung enthalten; diese kann man allerdings auch durch eine kurze Äther-Behandlung entfernen, um ein

echteres Maß für die Innen-Porosität zu gewinnen; beide Methoden sind natürlich nur relativ und liefern bei genau gleicher Ausführung nur Vergleichszahlen; man läßt sie am besten immer durch den gleichen Laboranten ausführen.

Für die Messung der Abriebfestigkeit („Friabilität“) geben die Houilleres du Bassin de Lorraine, Werk St. Avold, folgende Methode an:

als Friabilität wird der Prozentsatz an Prills definiert, welche bei folgender Versuchsanordnung zerbrechen:

die gesiebten, also trümmer-freien Prills werden mittels Trichter in einen Gummischlauch gefüllt, welcher durch ein Walzenpaar gequetscht wird.

Die Apparatur besteht aus:

zwei Aluminium-Walzen, ϕ 80 mm, Länge 80 mm, auf Kugellager montiert, Walzenabstand 15 mm, auf einem Blechgestell befestigt;

einer Winde mit Getriebemotor, Achse 18 mm ϕ , 16 UpM; die Winde zieht ein Kabel mit einem Haken und ist 80 cm von der Achse der Walzen entfernt;

einem Gummischlauch 17×23 mm, Länge 75 cm, an einem Ende durch eine feste Klammer, an dem anderen Ende durch eine bewegliche Klammer, die mit einem Haken versehen ist, geschlossen. (Der Schlauch wird zweckmäßigerweise alle 3 Monate ausgewechselt.)

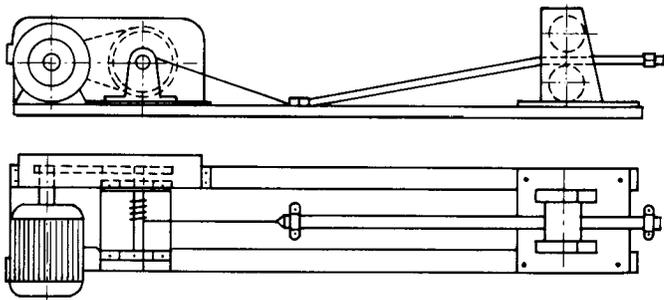


Abb. 1. Bestimmung der Friabilität von Ammonsalpeterprills

Vorgang der Bestimmung:

Prills sieben (Maschenweite 0,5 mm), einwiegen (100 g) und mittels Trichter in den Gummischlauch unter Rütteln (ca. 10 Schläge mit Spatel auf die Schlauchlänge verteilt) einbringen. Die bewegliche Klammer genau an der Stelle schließen, bis zu der der Nitratinhalt im Rohr reicht.

Das Ende des Schlauches zwischen die Walzen legen, das Kabel am Haken befestigen, Motor anstellen, das Rohr durch die Walzen führen.

Nach vollständiger Durchführung durch die Walzen, Schlauch aufklammern, Nitrat sieben, den entstandenen Staub wiegen und als Prozent Sprödigkeit angeben.

Ammonsalpeter-Sprengstoffe

ammonium nitrate explosives; explosifs au nitrate d'ammonium

Ammonsalpeter-Sprengstoffe sind Mischungen, die vorwiegend Ammoniumnitrat neben Kohlenstoffträgern, wie Kohle, Öle oder Holzmehl, teilweise auch Aluminium-Pulver enthalten. Zur Erhöhung der Sprengkraft und Empfindlichkeit werden organische Nitroverbindungen, z. B. Di- oder Trinitrotoluol und Sprengöle, wie Nitroglycerin, Nitroglykol u. a., zugegeben.

Ohne solche Zusätze haben unpatroniert angewendete Gemische aus porösen Ammonsalpeterprills und flüssigen Kohlenwasserstoffen unter der Bezeichnung „PAC-Sprengstoffe“ (ältere bzw. aus dem Ausland stammende Bezeichnungen sind → „Akremite“, „ANFO“, „ANC“) breite Anwendung gefunden.

Bei niedrigem Gehalt an Sprengöl (4–6 %) sind die Ammonsalpetersprengstoffe mit einer Dichte von 0,9 bis 1,0 g/cm³ pulverförmig, dagegen bei hohem Gehalt an Sprengöl (mit Collodiumwolle gelatiniert) mit einer Dichte von 1,5 bis 1,6 von gelatinöser Beschaffenheit. Sie zeichnen sich durch gute Handhabungssicherheit aus. In pulverförmiger Form ist die Beständigkeit gegen Feuchtigkeit gering.

Wasserhaltige Ammonsalpetersprengstoffe, die meistens Aluminium, zuweilen auch TNT als Komponenten enthalten, werden → „Sprengschlämme“ („Slurries“) genannt.

Sofern man den Ammonsalpeter-Sprengstoffen zur Erniedrigung der Explosionstemperatur und zur Verringerung der Flammenbildung inerte Salze, wie Natrium- oder Kaliumchlorid, zusetzt, erhält man einen Typ der sogen. Wettersprengstoffe.

Ammon-Gelite sind gelatinöse Ammonsalpeter-Sprengstoffe, die neben Ammonsalpeter und Nitrotoluolen als Hauptkraftträger in wechselnder Menge vorzugsweise mit Collodiumwolle gelatinisiertes Nitroglykol enthalten.

Amorces

Bezeichnung für Zündplättchen für Kinderspielzeug, die als schlagempfindliches Gemenge Kaliumchlorat und roten Phosphor enthalten. In der französischen Sprache bezeichnet amorce Zünder oder Anzünder.

ANC-Sprengstoffe

→ PAC-Sprengstoffe

Andex 1

Sprengtechnische Daten:

Beschaffenheit: rot, rieselfähig

Sauerstoffwert: $-1,4\%$

Normalgasvolumen: 976 l/kg

Explosionswärme: 904 kcal/kg = 3781 kJ/kg

Spezifische Energie: 103 mt/kg = 1010 kJ/kg

Energieniveau: 92,5 mt/l

Dichte: 0,9 g/cm³

Bleiblockausbauchung: 320 cm³/10 g

relative weight strength: 75 %

Schlagempfindlichkeit: 4 kp m = 39 Nm

ist der Handelsname für den in der BRD vertriebenen → PAC-(= ANFO-)Sprengstoff. Er setzt sich aus Ammonsalpeter in Form poröser Prills und etwa 6 % Kohlenwasserstoffen als → Brennstoff zusammen, ist rieselfähig und rot angefärbt. Er wird unpatroniert in 25 kg fassender Kartonverpackung oder in etwa 900 kg fassenden Behältern geliefert.

Andex 2 ist eine durch Inertstoffzusatz abgeschwächte Zusammensetzung.

ANFO

ist im englischen Sprachgebiet die Kurzbezeichnung für Ammonium Nitrate Fuel Oil, also für Ammonsalpeter-Kohlenwasserstoff-Gemische → PAC-Sprengstoffe.

Anlaufstrecke

Bezeichnung für die Strecke, die bis zur Erreichung der vollen Detonationsgeschwindigkeit des Explosivstoffes notwendig ist. Sie ist bei Initialsprengstoffen besonders klein.

Die Anlaufstrecke wird, insbesondere bei unempfindlicheren Sprengstoffen, stark durch die Beschaffenheit (Dichte) und den Ladungsquerschnitt beeinflusst.

Anzünden

to inflame; inflammer; allumer

Die Art der Zündung beeinflusst die Art der Umsetzung eines Explosivstoffes (→ Deflagration). Eine Flammzündung wirkt anders als die brisante Zündung mit Sprengkapsel oder Verstärkungsladung. Die nicht-brisante Zündung wird daher mit „Anzünden“ bezeichnet.

Die Anzünd-Empfindlichkeit der Explosivstoffe ist sehr verschieden. Für Schwarzpulver genügt oft der Schlagfunken eines Werkzeuges aus funkenreißendem Material, für rauchlose Pulver der kurze Feuerstrahl eines angeschlagenen Anzündhütchens. Dagegen erlischt der Abbrand eines Ammoniumchlorid-haltigen → Wettersprengstoffes wieder, wenn die Anzündquelle entfernt wird.

Anzündstoffe sind nicht-sprengkräftige flammenbildende Explosivstoffe.

→ Initialsprengstoffe reagieren auf Anzündquellen mit voller Detonation.

Anzündhütchen

percussion cap; amorce

dienen zur Anzündung von Treibladungen. Bei den mechanischen Anzündhütchen wird ein reib- bzw. schlagempfindlicher Anzündsatz (Knallquecksilber mit Chloraten oder Bleitritiroresorcinat enthaltende Sinoxidsätze) durch mechanische Betätigung eines Schlagbolzens zur Entzündung gebracht.

Anzündlitze

igniter cord; corde d'allumage

ist eine Schwarzpulverzündschnur, welche schnell (6–30 s/m) mit offener Flamme abbrennt. In einer in der BRD vertriebenen Ausführungsform enthält die Litze in der Seele einen Kupferdraht zur Beschleunigung der Wärmeleitung und gleichzeitig zur Verbesserung der Festigkeit und Hantierbarkeit. Die Anzündlitze kann durch eine offene Flamme oder mittels einer Verbinderhülse mit einer normalen Zündschnur (Leitschnur) entzündet werden. Sie dient dazu, Schwarzpulver-Zündschnüre anzuzünden, die in bestimmter Zeitfolge gezündet werden sollen.

Anzündlitzerverbinder

dienen zur sicheren Übertragung des sprühenden Abbrandes der Anzündlitze in die Pulverseele einer anzuschließenden Schwarzpulverzündschnur. Eine dünne Metallhülse enthält ein Schwarzpulver-Preßkörperchen, welches unmittelbaren Kontakt zu zwei Anzündlitzenden hat, die im Röhrchen festgewürgt sind. Die Hülse hat ein offenes Ende, das zur Aufnahme der anzuschließenden Schwarzpulverzündschnur bestimmt ist; wird dort die Schnur angewürgt, so zündet der Feuerstrahl des Schwarzpulver-Preßkörperchens mit Sicherheit die Schnur.

Aquarium-Test

Prinzip der Methode ist die Messung des Explosionsdruckes von Unterwasser-Explosionen. Man verwendet Blei- oder Kupfermembranen, deren Deformation in Abhängigkeit von Sprengstoffsorte und Abstand zum Sprengherd ein Maß für die Beurteilung ist. Die Meßanordnung, bestehend aus Stempel und Amboß, hat Ähnlichkeit mit der Stauchapparatur nach Kast. Eine modifizierte Abart bedient sich statt eines zylindrischen Stauchkörpers eines Stauchkörpers in Kugelform. Ebenso kann man die Verformung von Diaphragmen oder Kupferscheiben messen, die in einen lufthaltigen Hohlkörper, eine Dose, eingespannt sind.

Neben diesen mechanischen gibt es elektromechanische Meßmethoden, bei denen der Stoßdruck mit Hilfe eines Piezo-Quarzes oszillographisch aufgezeichnet wird.

Die Messungen können in natürlichen Gewässern vorgenommen werden. Ein künstlich angelegtes Bassin aus Stahlbeton und Spundwandstahl besitzt einen Pufferboden aus Styropor. An den Spundwänden wird zur Dämpfung Luft eingeblasen, so daß ein „Luftvorhang“ gebildet wird.

→ auch: Unterwasserdetonationen.

Arbeitsvermögen

strength; force

Die Leistungsfähigkeit eines Sprengstoffes läßt sich nicht mit einer einzigen Kennzahl beschreiben. Sie wird bestimmt durch die Gasmenge, die pro Gewichtseinheit entwickelt wird, von der Energie, die dabei freigesetzt wird (der „Explosionswärme“) und der Geschwindigkeit, mit der sich die Explosion vollzieht („Detonationsgeschwindigkeit“). Wird der Sprengstoff z. B. im Bohrloch angewendet, so wird sein „Arbeitsvermögen“ beansprucht; hierbei ist weniger eine hohe Detonationsgeschwindigkeit maßgebend (obgleich Minimalwerte nicht unterschritten werden sollten, die bei etwa 2500 m/s liegen), als eine möglichst hohe Gasausbeute und eine hohe Explosionswärme. Soll der Sprengstoff dagegen eine starke Zertrümmerungsleistung im unmittelbaren Umgebungsbe- reich aufweisen, stehen die Daten für die Detonationsgeschwindigkeit und die Dichte im Vordergrund (→ auch: Brisanz).

Für die vergleichsweise Leistungsermittlung der Explosivstoffe gibt es eine Reihe konventioneller Teste, und es gibt Berechnungsverfahren. Nur die Ermittlung der Detonationsgeschwindigkeit und der Dichte als definierter physikalischer Größen bedürfen keiner speziellen Konventionen.

Zur vergleichsweisen Ermittlung des Arbeitsvermögens dienen als praktische Teste die Bleiblockausbauchung und der Ausschlag des ballistischen Mörsers. In beiden Fällen werden relativ geringe Mengen Explosivstoff (Größenordnung 10g) durch eine Sprengkapsel gezündet; im Bleiblock wird das Volumen der birnenförmigen Ausbauchung einer Bohrung im Bleiblock bestimmt, in die das Prüfmuster eingeführt wurde; im anderen Fall wird durch Messen des Ausschlagwinkels die Rückstoßkraft eines schweren Stahlgewichtes, das als Pendel aufgehängt ist, bestimmt, nachdem durch die Explosion der Patrone ein „Geschoß“ aus Stahl aus einer Bohrung der Pendelmasse herausgeschossen wurde; man gibt in Prozent die Leistung des zu prüfenden Sprengstoffs zu der von Sprenggelatine als 100% gesetzt an. In beiden Fällen befindet sich der Sprengstoff in einem sehr starken Einschluß; die Prüfungen entsprechen also weitgehend der Zerlegungsarbeit eines Sprengstoffs in einem Bohrloch. Beide Methoden haben den Nachteil, daß die angewendete Sprengstoffmenge mit genau oder annähernd 10g recht klein ist und daher exakte Vergleichszahlen nur

mit den empfindlicheren Sprengstoffen zu erhalten sind; unempfindlichere Sprengstoffe benötigen eine längere → „Anlaufstrecke“, innerhalb derer ein beträchtlicher Teil der angewendeten 10g nicht voll umgesetzt wird. Praktische Leistungsbestimmungsmethoden, bei denen erheblich mehr Sprengstoff (etwa bis 500g) eingesetzt werden kann, sind folgende:

der „Springmörser“; zwei durch geschliffene Flächen genau aufeinandergepaßte Hälften bilden einen Mörser mit Bohrloch. Die eine Halbform liegt in einer Bettung in einem Winkel von 45° so, daß die zweite Halbform durch die Explosion der Sprengladung in der Bohrung wie ein Geschöß abgeschleudert wird; die Wurfweite wird bestimmt. Die Methode leidet darunter, daß bei brisanteren Sprengstoffen die Passung nach jedem Schuß nachgeschliffen werden muß; für die schwächeren Wettersprengstoffe hat sich die Methode sehr bewährt;

der „Tonnenmörser“; er arbeitet nach dem gleichen Prinzip der Wurfweitenbestimmung eines schweren abgeschleuderten Gewichtes. Der Sprengstoff befindet sich in einem starkwandigen Kessel aufgehängt; ein eingepaßtes Verschlößstück des starkwandigen Kessels wird abgeschleudert. Diese Methode ist robuster und gestattet das Abtun von etwa 500 g;

der „Großbleiblock“; die linearen Maße des Normalblocks wurden verdreifacht; er diente nur zur Gewinnung einiger Erkenntnisse über Slurries; für die Praxis ist die Methode zu aufwendig, da pro Schuß über eine Tonne Blei gegossen werden muß. Geeignet sind ferner für Leistungsermittlungen mit größeren Einwagen Aluminiumblöcke anstelle der Bleiblöcke. Sie neigen weniger zur Reißbildung, müssen allerdings fachmännisch gegossen bezogen werden*).

„Krater-Methode“: Volumenvergleich des Ausbruchtrichters von Sprengungen im Erdreich; sie ist nur notfalls für Sprengstoffe mit großem → kritischen Durchmesser anzuwenden, da die Meßungenaugigkeit und Streuung groß sind.

Die rechnerische Ermittlung von Leistungs-Kenngrößen der Explosivstoffe ist unter dem Stichwort „Thermodynamische Berechnung von Explosivstoffen“ behandelt. Für das Arbeitsvermögen der Explosivstoffe (auch: der Treibstoffe) interessiert unter den thermodynamisch errechenbaren Größen in erster Linie die „spezifische Energie“; sie gibt die Energie an, die frei wird, wenn die im Volumen des Explosivstoffs bei Explosionstemperatur komprimiert gedachten Explosionsgase unter Arbeitsleistung entspannt werden. Zur Veranschaulichung der aus den Explosivstoffen erzielbaren Arbeitsleistung wird diese Größe konventionell in Metertonnen, mt, angegeben; wegen der erforderlichen Vereinheitlichung der Dimensionen in tabellarischen Angaben wird in diesem Buch zusätzlich die Größe in Joule (J) aufgeführt.

Die rechnerisch ermittelten Werte der spezifischen Energie gehen mit den mittels experimenteller konventioneller Tests gefundenen Leistungszahlen ausgezeichnet parallel, insbesondere auch bei den oben aufgeführten An-

*) Auskünfte über diese Methode und über Erfahrungen damit: Berggewerkschaftliche Versuchsstrecke, Beylingstraße, 4600 Dortmund-Derne.

ordnungen, welche höhere Einwaagen der Prüflinge erlauben, jedoch nicht überall vorhanden und auch relativ abwendig sind. Abb. 2 zeigt die Relation zwischen der rechnerisch ermittelten spezifischen Energie und den experimentell erhaltenen Bleiblock- — und relative weight-strength-Werten. Die Bezugskurve zu den Bleiblocktestwerten ist nicht linear, da bei größeren Ausbauchungen die verbleibende Bleiwand verhältnismäßig dünner und damit das Fließen der Bleimasse erleichtert wird; die Werte nehmen überproportional zu.

Bei der französischen „c.u.p.“-Methode*) wird diejenige Sprengstoffeinwaage ermittelt, welche die gleiche Ausbauchung erzielt als ein Ver-

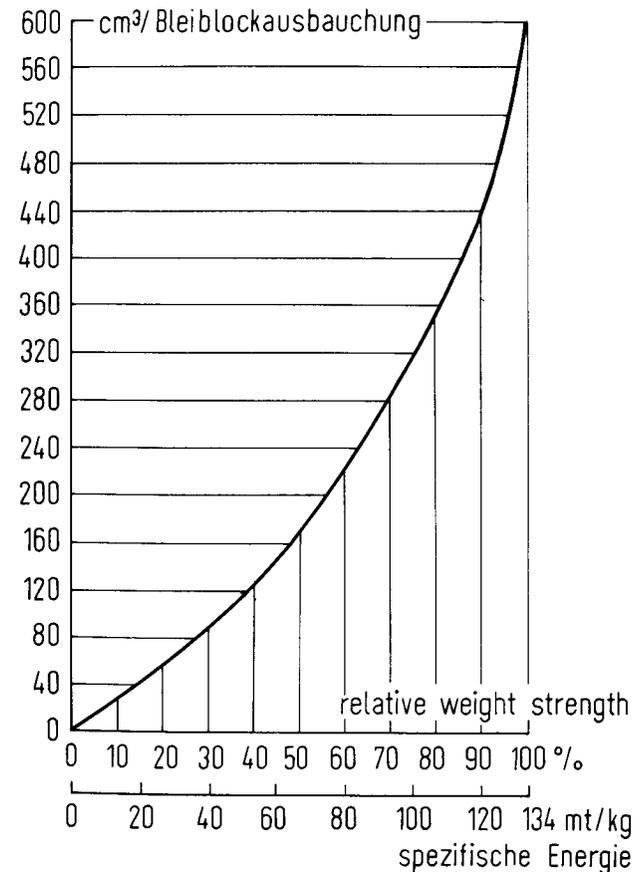


Abb. 2. Spezifische Energie und relative weight strength im Verhältnis zum Bleiblockausbauchungs-Wert

*) c.u.p. ist die Abkürzung für „coefficient d'utilisation pratique“.

gleichsprengstoff (15 g Pikrinsäure); das reziproke Gewichtsverhältnis zum Vergleichsmuster wird in % als „c.u.p.“ angegeben; die Relation zwischen weight strength und c.u.p.-Wert kann durch die empirischen Formeln

$$(\text{weight strength } (\%)) = 0.645 \times (\%) \text{ c.u.p.}$$

und

$$\begin{aligned} (\%) \text{ c.u.p.} &= 1.55 \times (\%) \text{ weight strength} \\ &= 1.157 \times \text{spezifische Energie (in mt/kg)} \end{aligned}$$

angegeben werden.

Von den vielen Verbindungen mit explosiven Eigenschaften sind heute von industrieller bzw. militärischer Bedeutung:

Nitrokörper

Trinitrotoluol in verschiedenen Reinheitsgraden, definiert durch den Erstarrungspunkt,

reine 2,4- und 2,6-Isomere des Dinitrotoluols (als Treibmittelkomponente), und niedrig schmelzende Isomeren-Gemische (für gewerbliche Sprengstoffe),

Pikrinsäure nur noch für chemische, nicht mehr sprengtechnische Zwecke,

aromatische Nitramine

Tetryl (Trinitrophenylmethylnitramin) für Verstärkerladungen und Sekundär-Sprengkapselfüllungen,

Hexanitrodiphenylamin: wird kaum noch hergestellt,

aliphatische Nitramine

Hexogen,

Oktogen als Hochbrisanz-Komponenten, zur Füllung von Sprengschnüren und von Sprengkapseln,

Nitroguanidin als überragende Komponente zum Aufbau kalorienarmer („kalter“) Pulver und Raketen-Treibsätze,

Salpetersäureester:

Nitroglycerin, nach wie vor von überragender Bedeutung zur Anwendung in gewerblichen Sprengstoffen, in rauchlosen Pulvern und in Raketen-Treibsätzen,

Nitroglykol, in gewerblichen Sprengstoffen (nur dort),

Nitropenta, als Hochbrisanzkomponente, phlegmatisiert und gepreßt für Verstärkerladungen, ferner zur Sekundärladung von Sprengkapseln und als Ladung für Sprengschnüre,

Diglykoldinitrat, für rauchlose (kalte) Pulver,

Nitrocellulose, wichtigste polymere Komponente zum Aufbau ein- und mehrbasiger Pulver, von mehrbasigen Raketen-Treib-

mitteln, zur Gelatinierung von Sprengölen bei der Herstellung gewerblicher Sprengstoffe, und (als Nicht-Sprengstoff-Anwendung) zur Herstellung von Lacken,

Nitrostärke, in geringeren Mengen, zur Modifizierung von Nitrocellulose-Rezepturen,

Polyvinylnitrat, in Raketensätzen,

Initialsprengstoffe:

Knallquecksilber und andere Fulminate sind stark in ihrer Anwendung zurückgegangen,

Bleiazid und Bleiazid-Bleitrinitroresorcinat-Gemisch als Primärsätze von Sprengkapseln, auch für schlagwettersichere Kapseln aus Kupfer für den Kohlebergbau und für militärische Zünder jeder Art,

Bleitrinitroresorcinat-Gemische, auch mit Tetrazen für Anzündhütchen. Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Anforderungen, die an die Explosivstoffe in ihren verschiedenen Anwendungsbereichen gestellt werden müssen.

	gewerbliche Sprengstoffe	militärische Sprengstoffe
Leistungsdaten	<p>hohes Gasvolumen und hohe Explosionswärme = hohe Arbeitsleistung</p> <p>eine hohe Detonationsgeschwindigkeit ist nicht unbedingt erforderlich, mit Ausnahme von Sprengstoffen für seismische Sprengungen</p>	<p>je nach dem Zweck der Waffe: für Minen, Bomben, Raketengefechtsköpfe: hohes Gasvolumen; hohe Gasschlagwirkung; hohe Explosionswärme; besonders hohe Detonationsgeschwindigkeit ist nicht unbedingt erforderlich;</p> <p>Granaten:</p> <ul style="list-style-type: none"> hohe Splittergeschwindigkeit und brisante Splitterzerlegung; hohe Ladedichte; hohe Detonationsgeschwindigkeit; mittlere Arbeitsleistung ist ausreichend (wie sie z. B. TNT hergibt) <p>Hohlladungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> extrem hohe Werte für Dichte und Detonationsgeschwindigkeit (Oktogen ist die wirksamste Komponente);
Empfindlichkeit	<p>Handhabungssicherheit; mit Sprengkapsel detonierbar (mit Ausnahme von Slurrtes und → ANFO sowie Exportsprengstoffen mit → „Blasting Agent“-Charakter); sichere Durchdetonation in langen Ladesäulen</p>	<p>So unempfindlich wie möglich; Sicherheit bei Abschluß und bei Auftreffen des Projektils; → Beschußsicherheit;</p>
Stabilität; Verhalten bei Lagerung	<p>Lager-Lebensdauer über 6 Monate; neutral (z. B. keine Salpetersäure als Komponente)</p>	<p>Lager-Lebensdauer 10 Jahre und länger; neutral; keine Salzbildung mit Metallen, wie z. B. Pikrate</p>
Konsistenz	<p>bildsam (gelatinös, pastös oder pulverförmig), um eine Sprengkapsel einführen zu können</p>	<p>gießbar oder preßbar</p>
Thermisches Verhalten	<p>nicht gefrierbar oberhalb -25°C, muß bei etwa 60°C einige Stunden funktionsfähig bleiben</p>	<p>muß zwischen -50°C und $+60^{\circ}\text{C}$ voll funktionsfähig bleiben; in Spezialfällen auch über diese Grenzen hinaus</p>

Argon-Blitz

Die Intensität der Lichterscheinung einer Detonation ist in erster Linie auf die Kompression der umgebenden Luft zurückzuführen.

Bei Ersatz der Luft durch Edelgase, wie Argon, nimmt die Intensität erheblich zu. Die Leuchtzeit beschränkt sich auf den Detonationsvorgang, liegt also im Mikrosekundenbereich.

Auf Grundlage der Detonation eines Sprengstoffs in Argonumgebung sind ultrakurze Blitzlampen entwickelt worden, die sich zur Ausleuchtung von Detonationsvorgängen besonders eignen, zumal sich der Zeitpunkt der Detonation der Lampe zum detonativen Ablauf des Untersuchungsobjekts gut im Kurzzeitbereich einstellen läßt.

Intensität und Kurzzeitigkeit können extrem gesteigert werden, wenn man den vom Sprengkörper ausgehenden, durch Argon fortschreitenden Detonationsstoß zur Umkehr zwingt, wozu schon eine sehr geringe Masse, z. B. eine 0,2 mm Acetatfolie als Hindernis genügt. Auch mit einem gewölbten Glas (Uhrglas) kann dieser Effekt erzielt werden.

Armor Plate Test

ist ein in den USA entwickelter Test zur Untersuchung des Verhaltens eines Sprengstoffes als Geschoßladung beim Auftreffen gegen harte Ziele. Der Sprengstoff wird in ein Testgeschoß geladen und mit einer „Kanone“ gegen eine Stahlplatte geschossen. Es wird ermittelt, bei welcher Auftreffgeschwindigkeit Explosion erfolgt.

Armstrong-Verfahren

ein in den USA entwickeltes Sprengverfahren zur Gewinnung von Kohle, bei dem hochgespannte Druckluft im Bohrloch (ca. 700 bis 800 bar) mittels eines sogenannten Schießrohres mit Berstscheiben plötzlich freigegeben wird. Die Druckluft wird durch Spezialkompressoren unter Tage erzeugt (→ auch: Gaserzeugende Ladungen).

Ein ähnliches Verfahren ist als „Airdox“-Verfahren bekannt geworden. Die Berstelemente in den Schießrohren sind hierbei anders konstruiert; zum Teil wird die benötigte Druckluft über Tage erzeugt und über ein Leitungsnetz verteilt.

ASTM

Abkürzung für American Society for Testing Materials. Materialprüfungsstelle in Washington.

Astrolite

ist der Handelsname eines von der EXPLOSIVES CORPORATION OF AMERICA, einer Tochterfirma der ROCKET RESEARCH CORPORATION, entwickelten, überwiegend für den militärischen Einsatz gedachten flüssigen Sprengstoffs, der erst kurz vor dem Einsatz aus seinen Komponenten gemischt werden soll. Als Brennstoffkomponente sollen UDMH (→ Dimethylhydrazin), als Oxydator HNO_3 dienen.

Audibert-Rohr

Die von *Audibert* und *Delmas* vorgeschlagene Prüfeinrichtung dient zur Ermittlung der Deflagrations-Neigung eines Wettersprengstoffs (→ Deflagration und → Wettersprengstoffe). Eine Patrone des zu prüfenden Stoffes wird stirnseitig geöffnet in das Rohr geladen und allseitig mit Kohlenstaub umstopft. In die Patronenöffnung taucht eine Glühwendel; bei schwer zündbaren Stoffen wie den Salzpaarsprengstoffen wird die Wendel mit einem leicht zündbaren Zündgemisch umgeben. Das Rohr wird mit einer durchlochten Platte verschlossen; es wird ermittelt, bei welchem Minimal-Durchmesser des Loches sich die eingeleitete Deflagration bis zum Patronenboden fortsetzt.

Bei einer anderen Ausführungsart verwendet man zwei Patronen axial hintereinander.

Auflegerladung

mud cap; charge superficielle

Als Auflegerladung bezeichnet man Sprengladungen, welche ohne den starken Einschluß eines Bohrloches Zerstörungen hervorrufen sollen, z. B. von Freisteinen („Knäppern“), Beton- und Stahlkonstruktionen.

Hierzu ist brisanter Sprengstoff erforderlich. Auflegerladungen werden meistens mit Lehm etwas verdämmt, gleichwohl benötigt

man etwa die fünffache Menge an Sprengstoff gegenüber einer im Bohrloch arbeitenden Ladung. Oft empfiehlt es sich, Ladungen bestimmter Formgebung zu verwenden (→ Hohlladungen und → Schneidladungen).

Aurol

T-Stoff; Ingolin

konzentriertes (80–86 %) Wasserstoffperoxid. Es dient als → Sauerstoffträger oder über katalytische Zersetzung als Monergol in Flüssig-Raketenantrieben. Über seine Sprengstoffeigenschaften siehe Haeuseler, Explosivstoffe (1953), S. 64–68.

Ausschwitzten

exsudation

nennt man das Austreten öligler Stoffe aus Sprengstoffladungen während längerer Lagerung, insbesondere bei erhöhter Temperatur. Sie sind niedrig schmelzende Eutectica aus Isomeren und Vorprodukten (Verunreinigungen) des betreffenden Sprengstoffs und ggf. von zugesetzten Komponenten. Die Gefahr des Ausschwitzens ist besonders bei Granatfüllungen von TNT (→ Trinitrotoluol) und TNT-Mischungen aufgetreten; sie hat zu besonders hohen Forderungen an die chemische Reinheit des Produkts (→ Trinitrotoluol, technische Reinheitsforderungen) geführt.

Treibstoffladungen können Ausschwitzungen zeigen, wenn die Prozentsätze von Nitroglycerin, von aromatischen Verbindungen, von Gelatinatoren und von Vaseline relativ hoch sind. Die Pulverkörner agglomerieren, ihre Anzündbarkeit leidet. Der gleiche Nachteil entsteht, wenn kristalline Ausblühungen von Stabilisatoren auftreten. Die ballistischen Leistungsdaten können ebenfalls beeinflusst werden.

Überdehnte Einlagerdauern können bei den gelatinösen Nitroglycerin-Sprengstoffen, insbesondere in feucht-warmen Klimaten, Ausschwitzungen entstehen lassen. Es kann sich zwar auch um das Freiwerden von öligem Nitroglycerin aus der gelatinösen Bindung handeln, meistens sind es jedoch wäßrige Ausscheidungen von hochprozentigen Ammoniumnitratlösungen; Initiierbarkeit und Leistungsfähigkeit von feucht gewordenen Sprengstoffen nehmen natürlich ab. Das Ausscheiden von Nitroglycerin ist sehr gefährlich; es kann auftreten, wenn die Qualität der verwendeten Dynamit-Kollodiumwolle nicht gut war.

Ausströmgeschwindigkeit

bezeichnet in der Raketentechnik die Geschwindigkeit, mit der die Feuergase aus der Brennkammer durch die Düse in das Freie gelangen. Aus Ausströmgeschwindigkeit und Durchsatz errechnet sich der → Schub. Die Ausströmgeschwindigkeit wird um so höher sein, je höher sich der Brennkammerdruck aufbaut, d. h. je höher das durch die → Düse beeinflusste Entspannungsverhältnis ist. Der Brennkammerdruck kann nicht beliebig hoch gewählt werden, da sonst die Brennkammerwandstärke und damit das Gewicht zu hoch wird (→ Massenverhältnis).

Nach der Formel von *Saint-Venant* und *Wantzel*:

$$a = \sqrt{2 \frac{k-1}{k} \frac{RT}{M} \left[1 - \left(\frac{P_0}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right]}$$

P_0 = Gasdruck am Düsenaustritt

P_1 = Brennkammerdruck

k = Verhältnis der spezifischen Wärmen der Verbrennungsgase

R = Gaskonstante im absoluten Maßsystem

T = Flammentemperatur in K

M = Mittleres Molekulargewicht der Verbrennungsgase

ist die Ausströmgeschwindigkeit proportional der Quadratwurzel aus der Verbrennungstemperatur und umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus dem Durchschnitts-Molekulargewicht der Verbrennungsgase.

Sonstige Einzelheiten sind der oben angegebenen Formel zu entnehmen und fernerhin nachzulesen in: *E. Schmidt*: Technische Thermodynamik und *Büchner*: Zur Thermodynamik von Verbrennungsvorgängen.

Über den Einfluß der Dissoziation → Freie Radikale.

Azide

Azide sind Salze der Stickstoffwasserstoffsäure (N_3H). Die Alkali-azide sind das wichtigste Vorprodukt zur Herstellung von → Bleiazid.

Natriumazid entsteht durch Umsetzung von Natriumamid ($NaNH_2$) mit Stickoxydul (N_2O). Natriumamid erhält man durch Einleiten von Ammoniakgas in geschmolzenes Natrium.

Ballistische Bombe

ballistic bomb; closed vessel; bombe pour essais balistiques

Die ballistische Bombe dient zur Untersuchung des Abbrandverhaltens eines → Schießpulvers. Sie besteht aus einem druckfest (dynamische Belastung bis etwa 10 000 bar) verschraubbaren Stahlhohlkörper mit einem piezoelektrischen Druckaufnehmer. Gemessen werden entweder der Druck in der Bombe als Funktion der Zeit oder – mit Hilfe eines Analogrechners als Oszillografeneinschub – der zeitliche Differentialquotient des Druckes in Abhängigkeit vom Druck selbst.

Der aus diesen Meßgrößen berechnete Verlauf der dynamischen Lebhaftigkeit mit fortschreitendem Pulverabbrand dient zur ballistischen Beurteilung eines Testpulvers, die im allgemeinen relativ zu einem in der Waffe erprobten „Vergleichspulver“ erfolgt.

Bezeichnet man mit V_0 das ursprüngliche Volumen und mit V' das zum Zeitpunkt t abgebrannte Volumen der Pulverladung in der ballistischen Bombe, so beträgt der zur Zeit t verbrannte Bruchteil der Ladung

$$z = \frac{V'}{V_0} \quad (1)$$

Aus der *Abelschen* Gleichung für einen beliebigen Druck erhält man in guter Näherung

$$z = \frac{p}{p_m} \quad (2)$$

wobei p_m der in der Bombe erzeugte Maximaldruck ist.

Die räumliche Abbrandgeschwindigkeit → $\frac{dz}{dt}$ hängt ab von dem momentanen Druck der Verbrennungsgase, von der chemischen Zusammensetzung und der Gestalt des einzelnen Pulverkorns. Demgemäß lautet die *Charbonniersche* Gleichung:

$$\frac{dz}{dt} \quad (3)$$

Hierbei ist

A: die Pulverlebhaftigkeit – ein konstanter Wert, der von der chemischen Zusammensetzung und dem Verhältnis der anfänglichen Oberfläche zum anfänglichen Volumen des Pulverkorns abhängt;

$\varphi(z)$: die Formfunktion, in die die Gestalt des Pulverkorns eingeht (Kugel-, Blättchen-, Nudel-, Röhren-, Mehrlochpulver, poröses Pulver);

α : ein Druckexponent, der unter Bombenbedingungen für viele Pulver gleich 1 gesetzt wird (*Schmitz*).

Berechnung der dynamischen Lebhaftigkeit $10^2 A \varphi \left(\frac{p}{p_m} \right) = 10^2 L$

1. Auswertung des Druck-Zeit-Diagramms $p = f(t)$

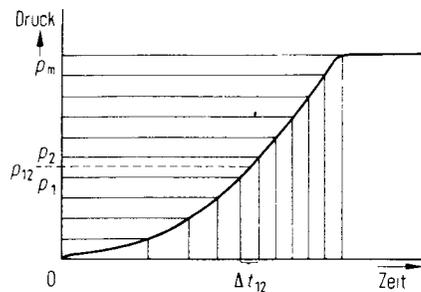


Abb. 3. Auswertung des Trommelkamerabilds

Das Trommelkamerabild wird auf die Ordinate in 10%-Schritte von p p_m aufgeteilt und das dazugehörige Δt durch Fällen der Lote von den entsprechenden Kurvenpunkten bestimmt.

Damit erhält man

$$10^2 L \left(\frac{p_{12}}{p_m} \right) = \frac{10}{\Delta t_{12} \cdot p_{12}} \quad (4)$$

indem man in Gleichung (3) für $\alpha = 1$ den Differentialquotienten durch den Differenzquotienten ersetzt ($\Delta p = 0,10$) und in Gleichung (2) einsetzt.

Es ist $p_{12} = \frac{p_1 + p_2}{2}$ das arithmetische Mittel aus den Druckwerten p_1 und p_2 , die zur Bestimmung von Δt_{12} dienen.

Nach Gleichung (4) wird die dynamische Lebhaftigkeit $10^2 L D$ an der Stelle

$$\frac{p}{p_m} = \frac{p_1 + p_2}{2p_m} \text{ bestimmt.}$$

2. Auswertung des $\frac{dp}{dt} = f(p)$ Oszillogrammes:

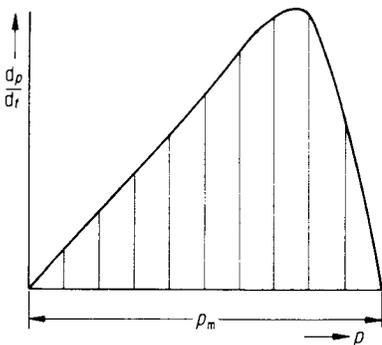


Abb. 4. $\frac{dp}{dt} / p$ - Diagramm

Die Fotos werden im allgemeinen in 10%-Schritten von $\frac{p}{p_m}$ vermessen und nach der Formel (5) ausgewertet.

$$\frac{10^2}{p_m} \frac{dp}{dt} = 10^2 L \quad (5)$$

3. Die Funktion $p = f(t)$ kann auch trotz der kurzen Zeiten digital erfaßt werden und die dynamische Lebhaftigkeit in Abhängigkeit von $\frac{p}{p_m}$ durch Einsatz eines Computers direkt ausgedruckt werden *).

Ballistischer Mörser

ballistic mortar; mortier balistique

Der ballistische Mörser dient zur vergleichenden Bestimmung der Leistungsfähigkeit von Sprengstoffen. Der Mörser mit einer Bohrung mit eingepaßtem Geschöß aus Stahl-Vollmaterial ist in einem

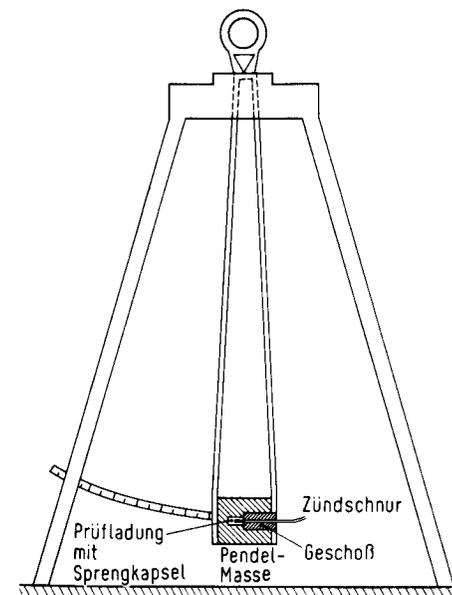


Abb. 5. Ballistischer Mörser

*) Haeuseler und Diehl, Explosivstoffe 18 (1370), 241—252.

Pendelgestänge von 3 m Länge aufgehängt. Zur Messung werden 10 g Sprengstoff im Verbrennungsraum zur Detonation gebracht. Die Schwaden treiben das Geschoß aus dem Mörser, der einen der Geschoßenergie entsprechenden Rückstoß erhält; dieser Pendelausschlag wird gemessen. Dieser Ausschlag (weight strength) wird in Prozenten des Ausschlags von Sprenggelatine, der willkürlich gleich 100 gesetzt wird, ausgedrückt.

Dieses in angelsächsischen Ländern beheimatete Verfahren, das sich gut zur experimentellen Ermittlung der → Arbeitsleistung der Sprengstoffe eignet, ist in die Norm-Vorschläge der Europäischen Kommission zur Vereinheitlichung der Sprengstoffprüfungen aufgenommen worden.

Bei einer anderen Vergleichsskala („grade strength“) wird derjenige Sprengstoff aus einer Standardreihe von Mischdynamiten – aus Nitroglycerin in verschiedenen Prozentsätzen, Natronsalpeter und Holz- bzw. Pflanzenmehlen (→ Dynamite) – bestimmt, welcher den gleichen Pendelausschlag ergibt wie der zu untersuchende Sprengstoff. Die Prozentsätze Nitroglycerin des Vergleichsprengstoffes werden dann als „grade strength“ angegeben. Praktisch wird dann eine der Standardreihe entsprechende weitere Eichskala aufgestellt, indem man die Einwaage an Trinitrotoluol feststellt, die den entsprechenden Pendelausschlag ergibt.

BAM

Abkürzung für Bundesanstalt für Materialprüfung, Berlin. Entstanden nach dem zweiten Weltkrieg durch Vereinigung des ehemaligen Staatlichen Materialprüfungsamtes, Berlin-Dahlem und der ehemaligen Chemisch-Technischen Reichsanstalt (CTR), Berlin-Plötzensee.

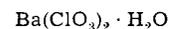
Die „BAM“ ist eine Bundesoberbehörde; sie ist die Zulassungsbehörde für die Verwendung, das Vertreiben, das Überlassen und das Einführen explosionsgefährlicher Stoffe (→ Sprengstoffgesetzgebung).

Baratole

sind gießbare Gemische aus Trinitrotoluol und 10 bis 20 % Bariumnitrat.

Bariumchlorat

barium chlorate; chlorate de barium



farblose Kristalle

Mol.-Gew.: 322,3

Sauerstoffwert: +29,8 %

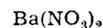
Dichte: 3,24 g/cm³

F.: 414 °C

Bariumchlorat findet in der Feuerwerkerei Verwendung, es bewirkt grüne Flammfärbung.

Bariumnitrat

barium nitrate; nitrate de barium; Barythsalpeter; BN



farblose Kristalle

Mol.-Gew.: 261,4

Sauerstoffwert: +30,60 %

Stickstoffgehalt: 10,72 %

Dichte: 3,24 g/cm³

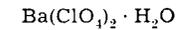
F.: 592 °C

Verwendung in der Feuerwerkerei, für Leuchtsätze und „Sinoxid“-Sätze, teils zur Flammfärbung, teils als Sauerstoffträger.

	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5	Klasse 6
Reingehalt (aus Stickstoffbestimmung):	99,7 %	99,0 %	99,5 %	99,5 %	98,5 %	99,5 %
mindestens						
Sr: höchstens	0,6 %	—	0,6 %	—	—	0,6 %
Ca: höchstens	0,05 %	—	0,05 %	—	—	0,05 %
Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ : höchstens	—	0,50 %	—	—	—	—
Na, als Na ₂ O: höchstens		0,15				0,15
Chloride als BaCl ₂ : höchstens	0,0075 %	0,0075 %	0,0075 %	0,0075 %	—	0,0075 %
scharfkantige Verunreinigungen: höchstens	0,05 %	0,05 %	0,05 %	0,05 %	—	0,05 %
Fe und andere Metalle:	0	0	0	0	0	0
Feuchtigkeit: höchstens	0,20 %	0,10 %	0,20 %	0,20 %	0,05 %	0,10 %
pH:	5,0–8,0	5,0–8,0	5,0–8,0	—	5,0–8,0	5,0–9,0
Unlösliches: höchstens	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %	0,1 %

Bariumperchlorat

barium perchlorate; perchlorate de barium



farblose Kristalle

Mol.-Gew.: 390,3

Sauerstoffwert: +32,8 %

Dichte: 2,74 g/cm³

F.: 505 °C

Bariumperchlorat ist löslich in Wasser und Alkohol. Es findet Verwendung in grün abbrennenden Feuerwerkssätzen.

Bazooka

im zweiten Weltkrieg von den USA eingesetzte Waffe zur Panzerbekämpfung mittels → Hohlladungen; sie entspricht im Prinzip der in Deutschland entwickelten Panzerfaust.

Bengalische Feuer

bengal firework; compositions pyrotechniques lumineuses

Ein Begriff aus der Pyrotechnik: Pulvergemische, die gefärbte Flammen geben. Die Zusatzstoffe sind für

rot: Strontiumsalze

grün: Bariumsalze oder Borsäure

blau: Kupferoxid

gelb: Natriumsalze

Bergbau-Sprengstoffe

mine explosives; explosifs de mine

→ Gesteinssprengstoffe, Gewerbliche Sprengstoffe, Wettersprengstoffe.

B.I.C.T.

ist die Kurz-Bezeichnung des „Bundesinstituts für Chemisch-Technische Untersuchungen“ in Heimerzheim bei Bonn.

Das Institut wurde am 1. 1. 1962 vom Bundesminister für Wirtschaft als Bundesanstalt für folgende Aufgaben errichtet:

Explosivstoffe auf chemische, physikalisch-chemische und mechanische Eigenschaften zu untersuchen und darüber Zeugnisse auszustellen,

Gutachten zu erstatten,

fachwissenschaftliche Arbeiten für technische Vorschriften (Transport, Verwendung, Unfallschutz) zu leisten,

Prüfverfahren zu entwickeln und diesbezügliche Forschungsarbeiten durchzuführen.

Bildungsenergie, Bildungsenthalpie

heat of formation; chaleur de formation

Diese thermodynamischen Begriffe bedeuten die Energie, welche bei dem Aufbau eines Stoffes aus seinen Elementen bei konstantem Volumen (Bildungsenergie) bzw. bei konstantem Druck (Bildungsenthalpie, welche bei der Volumenänderung zu berücksichtigende mechanische Arbeit mit enthält) gebunden wird, bezogen auf den thermodynamisch stabilen Zustand 25 °C und 1 bar Druck*). Die Angaben von Bildungsenergien in den Tabellen dieser Auflage sind in „thermodynamischer Schreibweise“ aufgeführt; wird Energie bei Bildung aus den Elementen frei, erscheint die Angabe nunmehr *negativ*.

Die Kenntnis der Bildungsenergien der Komponenten einer explosions- oder abbrand-fähigen Mischung einerseits und der Bildungsenergien der angenommenen Zerfallprodukte andererseits erlaubt, die → Explosionswärme (→ Thermodynamische Berechnung der Umsetzung von Explosivstoffen) zu berechnen.

Eine sehr umfassende Datenblättersammlung für Bildungs-Enthalpien und -Energien mit Quellenangaben hat das Institut für Chemie

*) Kohlenstoff ist auf den Zustand Graphit bezogen. Die älteren Zahlen von *Médard* beziehen sich auf den (sogar metastabilen!) Zustand als Diamant.

der Treib- und Explosivstoffe („ICT“), Berghausen, 1972 herausgegeben*).

Angaben für Bildungsenergien und Bildungsenthalpien finden sich bei den einzelnen Stichworten dieses Buches selbst sowie in der Tabelle auf den Seiten 291 bis 295 des Stichwortes „Thermodynamische Berechnung der Umsetzung von Explosivstoffen“.

Die auf die Ausgangsprodukte bezogenen Daten für die Bildungsenergie und Bildungsenthalpie sind auf das kg gerechnet angegeben; durch Multiplikation mit dem Molekulargewicht/1000 werden die molaren Werte erhalten; die molaren Bildungsenergien U_m und Enthalpien H_m sind durch die Beziehung verknüpft:

$$H_m = U_m + \Delta n R T$$

$$\Delta n = \text{Molzahländerung der gasförmigen Stoffe}$$

$$R = \text{allgemeine Gaskonstante}$$

$$= 1,9958 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kcal}}{\text{Mol} \cdot \text{Grad}}$$

$$= 8,313 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kJ}}{\text{Mol} \cdot \text{Grad}}$$

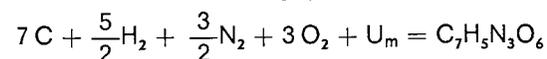
$$T = 298,15 \text{ K}$$

Zusammengefaßt errechnet sich damit ein Faktor 0,592, also

$$H_m = U_m + 0,592 \times \Delta n \frac{\text{kcal}}{\text{Mol}} \text{ bzw.}$$

$$H_m = U_m + 2,479 \times \Delta n \frac{\text{kJ}}{\text{Mol}}.$$

Ein Beispiel: die Bildungsgleichung für Trinitrotoluol ist



Die Molzahländerung (Abnahme, also negativ) der gasförmigen

Mole beträgt $-\frac{5}{2} + \frac{3}{2} + 3 = -7$; auf S. 318 ist als Bildungs-

energie pro kg angegeben:

$-44,2 \text{ kcal/kg} = -184,8 \text{ kJ/kg}$; die Umrechnung auf die Molwärme

$-44,2 \cdot \frac{227,1}{1000}$ ergibt $-10,04$; zu addieren sind $-7 \times 0,592 =$

$-4,14$; somit ist die molare Bildungsenthalpie $-14,18 \frac{\text{kcal}}{\text{Mol}}$

$= 59,4 \frac{\text{kJ}}{\text{Mol}}$ und rückgerechnet auf das kg: $-62,5 \text{ kcal/kg} =$

$-261,5 \text{ kJ/kg}$, wie im Stichwort Trinitrotoluol angegeben.

*) *F. Volk, H. Bathelt* und *R. Kuthe*, Thermochemische Daten von Raketentreibstoffen, Treibladungspulvern sowie deren Komponenten, Berghausen/Karlsruhe 1972; Selbstdruck des Instituts.

Literaturverzeichnis:

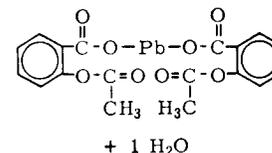
- Kelvin A. Cook: *The Science of High Explosives*, New York, London, 15, 1958.
- J. D. Cox, G. Pricher: *Thermochemistry of Organic and Organometallic Compounds* Academic Press, London, 1970.
- A. Dadiou, R. Damm, E. W. Schmidt: *Raketentreibstoffe*. Springer-Verlag, Wien-New York, 1968.
- Janaf: *Thermochemical Tables*. The Dow Chemical Company, Midland, Michigan, 1965. 1. Ergänzungsband, 1966.
- M. L. Médard: *Tables Thermochimiques*. Mémorial de l'Artillerie Française 28 (1954), 415-492. Die angegebenen Werte gelten für 18 °C und Kohlenstoff als Diamant.
- D. R. Stull, E. F. Westrum, G. C. Sinke: *The Chemical Thermodynamics of Organic Compounds*. John Wiley and Sons, Inc., 1969.
- E. S. Sutton, E. J. Pacanowsky, S. F. Sarnar: *ICRPG/AIAA. Second Solt á Propulsion Conference*, Anaheim, California. June 6-8, 1967.
- M. Shorr, A. J. Zaehring: *Solid Rocket Technology*. John Wiley and Sons, Inc., 1967.
- P. Tavernier, J. Boisson, B. Crampel: *Propergols Hautement Energétiques*. Agardographie Nr. 141 (1970).
- Volk, Bathelt und Kuthe: *Thermochemische Daten von Raketentreibstoffen, Treibladungspulvern sowie deren Komponenten*. Berghausen 1972. Selbstdruck des Instituts für Chemie der Treib- und Explosivstoffe.

Blasting agents

ist ein in den USA gebildeter Begriff für Sprengmittel, die einerseits so unempfindlich sind, daß sie in normalen Patronen von 30-35 mm Durchmesser auf eine Sprengkapsel Nr. 8 nicht ansprechen, die aber andererseits mit Patronen größeren Durchmessers (über 2 inch = 50 mm), wie sie bei Großbohrloch- und Kammerminensprengungen angewendet werden, mit einer Verstärkungsladung aus einem sprengkapselempfindlichen Sprengstoff gut detonieren. Solche Sprengmittel werden unter Handelsnamen wie Dynamon, Nitramon, Wasamon, Nitro-carbo-nitrat vertrieben. Sie enthalten in ihren Zusammensetzungen keine chemisch einheitlichen Sprengstoffe wie Nitroglycerin und Trinitrotoluol. In den USA gelten für diese Sprengstoffe erleichterte Transportbedingungen.

Bleiacetylsalicylat

lead acetylsalicylate; acétylsalicylate de plomb



farblos, feinkristallin

Bruttoformel: C₁₈H₁₄O₈Pb · H₂O

Mol.-Gew.: 583,51

Sauerstoffwert: -98,7 %

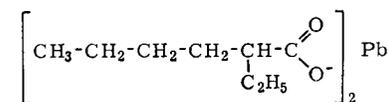
Bildungsenergie: -810 kcal/kg = -3391 kJ/kg

Bildungsenthalpie: -823 kcal/kg = -3444 kJ/kg

Bleiacetylsalicylat gehört zu abbrand-moderierenden Zusätzen, insbesondere zu Raketentreibsätzen auf → POL-Pulver-Basis.

Bleiäthylhexoat

lead ethylhexoate; éthylhexoate de plomb



farblos, fast amorph

Bruttoformel: C₁₆H₃₀O₄Pb

Mol.-Gew.: 493,61

Sauerstoffwert: -142,6 %

Bildungsenergie: -703 kcal/kg = -2940 kJ/kg

Bildungsenthalpie: -724 kcal/kg = -3027 kJ/kg

Bleiäthylhexoat ist ein abbrand-moderierender Zusatz, insbesondere zu Raketentreibsätzen auf → POL-Pulver-Basis.

Bleiazid*lead azide; azoture de plomb*

farblose Kristalle

Mol.-Gew.: 291,3

Bildungsenergie: + 346 kcal/kg = + 1450 kJ/kg

Bildungsenthalpie: + 340 kcal/kg = + 1420 kJ/kg

Sauerstoffwert: - 5,5 %

Stickstoffgehalt: 28,85 %

Normalgasvolumen: 308 l/kg

Explosionswärme: 367 kcal/kg = 1540 kJ/kg

Dichte: 4,8 g/cm³Bleiblockausbauchung: 110 cm³/10 g

Detonationsgeschwindigkeit:

4630 m/s bei Dichte 3,0 g/cm³5180 m/s bei Dichte 4,0 g/cm³

Verpuffungspunkt: 315–360 °C

Schlagempfindlichkeit:

0,25–0,4 kp m (reines Produkt),

0,3 –0,65 kp m (techn. Produkt)

Reibempfindlichkeit: bei 0,01–0,1 kp Stiftbelastung
Explosion

Bleiazid ist unlöslich in Wasser, beständig gegen Wärme und Feuchtigkeit und wenig hygroskopisch. Es wird durch Umsatz wäßriger Lösungen von Natriumazid und Bleinitrat hergestellt. Dabei ist die Bildung großer Kristalle zu vermeiden, da das Zerbrechen von Kristallnadeln zur Explosion führen kann. Vorwiegend wird daher das technische Produkt hergestellt, das 92–96 % $Pb(N_3)_2$ enthält und in Gegenwart von Dextrin, Polyvinylalkohol oder anderen das Kristallwachstum störenden Zusätzen gefällt wird. Bleiazid wird als Initialsprengstoff bei der Herstellung von Sprengkapseln verwendet. Als Initialladung wirkt es schon in geringeren Mengen als Knallquecksilber, besitzt eine höhere Auslösungsgeschwindigkeit als dieses und läßt sich nicht wie dieses schon mit geringen Drucken totpressen. Zur Verbesserung der Entzündbarkeit setzt man ihm einen leichter entzündlichen Stoff, z. B. Bleitriinitroresorcinat zu. Durch die Einwirkung der Kohlensäure der Luft wird Bleiazid unter Freiwerden von Stickstoffwassersäure zersetzt.

Die Hülsen von Bleiazidsprengkapseln werden für den schlagwettergefährdeten untertägigen Bergbau aus Kupfer, sonst aus Aluminium hergestellt.

Technische Reinheitsforderungen

Reingehalt (durch Bleibestimmung als $PbCrO_4$) mindestens	91,5 %
Feuchtigkeit: höchstens	0,3 %
mechanische Verunreinigungen:	keine
Wasserlösliches: nicht über	1 %
Kupfer:	0
Reaktion:	neutral, nicht sauer
Schüttdichte: mindestens	1,1 g/cm ³
Verpuffungspunkt: nicht unter	300 °C

Bleiblockausbauchung*lead block test; essai au bloc de plomb; coefficient d'utilisation pratique c.u.p.*

Die Trauzl'sche Bleiblockmethode dient zur vergleichswisen Ermittlung des → Arbeitsvermögens eines Explosivstoffes. Es werden 10 g der zu prüfenden Substanz in Stanniolpapier in die zentrale Bohrung von 125 mm Tiefe und 25 mm Durchmesser eines massiven Zylinders aus Weichblei von 200 mm Höhe und 200 mm Durchmesser eingebracht. In der Mitte des Sprengstoffes wird

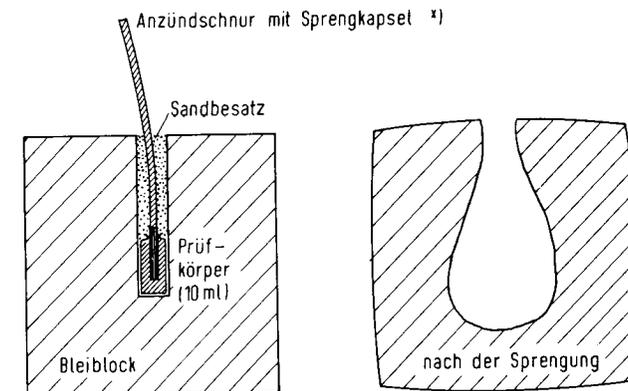


Abb. 6. Bleiblockausbauchung

*) Statt Zündschnur und Sprengkapsel kann auch mit elektrischem Zünder gezündet werden.

eine Kupfer-Sprengkapsel Nr. 8 mit elektrischer Zündung eingesetzt und der verbleibende Hohlraum mit Quarzsand bestimmter Körnung ausgefüllt. Nach der Explosion wird der entstandene Hohlraum durch Ausgießen mit Wasser ausgemessen. Von dem so gefundenen Wert werden 61 cm³ für den ursprünglichen Hohlraum abgezogen.

Nach einer von der BAM vorgeschlagenen Ausführungsart wird anstelle der 10-g-Patrone ein Prüfkörper so hergestellt, daß in einer Vorrichtung die Substanz in Zinnfolie eingehüllt und zu einem zylindrischen Körper von 11 ml Volumen (Abmessung 24,5 mm Durchmesser und 25 mm Höhe mit einer koaxialen Aussparung 7 mm Durchmesser × 20 mm Höhe für die Sprengkapsel) geformt wird, wobei die Dichte für pulverförmige Stoffe nur wenig oberhalb der Schüttdichte liegen soll. – Flüssigkeiten werden in dünnwandigen zylindrischen Glasampullen oder – in Sonderfällen – direkt in die Bleiblockausparung eingefüllt.

Gezündet wird mit einer elektrischen Sprengkapsel Nr. 8 aus Kupfer mit 0,4 g eingepreßtem (Druck 380 kp/cm²) und 0,2 g angedrücktem Nitropenta als Sekundär- und 0,3 g Bleiazid (als Minimum gilt das Dreifache der Grenzladung, die gerade noch zündet) als Primärladung.

Der über dem Prüfkörper verbleibende Hohlraum wird mit getrocknetem und gesiebttem Quarzsand (Korngröße 0,5 mm) besetzt, wie bei der ursprünglichen Methode auch.

Die Ausbauchung wird durch Eingießen von Wasser ermittelt und ergibt nach Abzug von 61 ml die dem Sprengstoffgewicht des Preßkörpers entsprechende Nettoausbauchung. Man gibt diese nach Umrechnung auf die Mengeneinheit 10 g = 1 dag (Dekagramm) entsprechend der internationalen Vereinbarung in ml/dag an.

Die Europäische Kommission zur Vereinheitlichung der Sprengstoffprüfungen hat den Übergang zu Sprengstoffkörpern mit 10 ml Volumen und unter Auswertung der Ergebnisse gemäß einer Bezugskurve nach *Kurbalinga* und *Kondrikov*, jedoch nach einer von *Ahrens* vorgeschlagenen Variante ausgewertet; hierbei wird angegeben, mit welchen Nitropenta-Kaliumchlorid-Gemischen unter gleichen Versuchsbedingungen die gleichen Ergebnisse wie beim Prüfling erhalten werden. In der Praxis hat sich eingebürgert, Ladungen mit 10 ml Volumen zu sprengen und das Ergebnis auf 10 g umzurechnen.

Andere konventionelle Methoden zur Ermittlung des Arbeitsvermögens sind die Prüfung mit dem ballistischen Mörser und der Sand-Test.

(Näheres, sowie weitere Teste, → unter „Arbeitsvermögen“).

Tabelle 2.

Stoff	Korngröße mm	Menge in 10 ml Prüfkörper g	Nettoaus- bauchung ml/10 g
Bleiblockausbauchung einheitlicher Sprengstoffe			
Äthylenglykoldinitrat (Nitroglykol) (flüssig)	–	11,6	620
Methylnitrat (flüssig)	–	8,5	610
Nitropenta	<0,2	9,0	523
Nitroglycerin (flüssig)	–	12,8	520
Hexogen	0,2 (i. M.)	11,8	480
Nitromethan (flüssig)	–	10,4	430
Äthylnitrat (flüssig)	–	10,0	422
Tetryl	<1,0	10,0	410
Nitrocellulose (13,4 % N), faserig	<0,5 lang 0,05 dick	4,4	373
Äthylendiamindinitrat	<0,5	8,6	350
Pikrinsäure	<0,5	10,0	315
Trinitroanilin	<0,75	8,6	310
Trinitrotoluol	0,06 ... 0,2	9,1	300
Harnstoffnitrat	<0,5	10,3	272
2,4-Dinitrophenol	0,2 ... 0,5	10,0	243
1,3-Dinitrobenzol	<0,4	5,45	242
2,4-Dinitrotoluol	<0,5	8,2	240
Guanidinnitrat	<0,5	5,45	240
Ammoniumperchlorat	<0,06	10,9	194
Ammoniumnitrat	<0,2	9,8	178
Bleiblockausbauchung gewerblicher Sprengstoffe			
		Dichte g/cm ³	
Sprenggelatine	1,55	15,5	600
Gurdynamit	1,35	13,5	412
Dynamit 1	1,53	15,3	505
Ammon-Gelit 1	1,47	14,7	430
Ammon-Gelit 3	1,53	15,3	390
Donarit 1	1,01	10,1	380
Ammonit 1	1,03	10,3	370
Ammonit 3	1,0	10,0	405
Wasamon	1,3	13,0	315
Wetter-Securit C	1,3	13,0	85
Wetter-Carbonit C	1,2	12,0	90

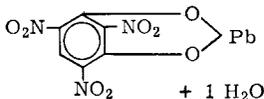
Bleinitrat*lead nitrate, nitrate de plomb, LN*

farblose Kristalle

Mol.-Gew.: 331,2

Bildungsenergie: $-316 \text{ kcal/kg} = -1323 \text{ kJ/kg}$ Bildungsenthalpie: $-323 \text{ kcal/kg} = -1352 \text{ kJ/kg}$ Sauerstoffwert: $+24,2 \%$ Stickstoffgehalt: $8,46 \%$ Dichte: $4,53 \text{ g/cm}^3$ F.: Zersetzung ab $200 \text{ }^\circ\text{C}$

In Zündgemischen, bei denen ein besonders hohes spezifisches Gewicht erwünscht ist, wird Bleinitrat als Sauerstoffträger verwendet.

Bleitrinitroresorcinat, Bleistypnat*lead styphnate; trinitrorésorcinate de plomb; Bleitrizinat; Trizinat*

orange-gelbe bis dunkelbraune Kristalle

Bruttoformel: $\text{C}_6\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_9\text{Pb}$

Mol.-Gew.: 468,3

Bildungsenergie: $-427 \text{ kcal/kg} = -1785 \text{ kJ/kg}$ Bildungsenthalpie: $-437 \text{ kcal/kg} = -1830 \text{ kJ/kg}$ Sauerstoffwert: $-18,8 \%$ Stickstoffgehalt: $8,97 \%$ Normalgasvolumen: 368 l/kg Explosionswärme: $370 \text{ kcal/kg} = 1550 \text{ kJ/kg}$ Dichte: $3,0 \text{ g/cm}^3$ Bleiblockausbauchung: 130 cm^3

Detonationsgeschwindigkeit:

 5200 m/s bei ρ $2,9 \text{ g/cm}^3$ Verpuffungspunkt: $275\text{--}280 \text{ }^\circ\text{C}$ Schlagempfindlichkeit: $0,25\text{--}0,50 \text{ kpm} = 2,5\text{--}5 \text{ Nm}$

Bleitrinitroresorcinat ist in Wasser fast unlöslich ($0,04 \%$), wenig löslich in Aceton und Äthanol, unlöslich in Äther, Chloroform, Benzol, Toluol. Es wird durch die Reaktion einer wäßrigen Magnesiumtrinitroresorcinatlösung mit einer Bleinitratlösung unter Einhaltung von bestimmten Konzentrationsbedingungen sowie eines bestimmten Temperatur- und pH-Bereiches unter Rühren in einem heiz- und kühlbaren Reaktionsgefäß hergestellt. Die zur Bleitricinat-Fällung erforderliche Magnesiumtrinitroresorcinatlösung wird unter Rühren in einem Lösegefäß durch Umsetzen einer wäßrigen Aufschlämmung von Trinitroresorcin und Magnesiumoxydpulver als schwarzbraune Lösung erhalten.

Bleitrinitroresorcinat als Initialsprengstoff verwendet man überwiegend im Gemisch mit Bleiazid als Aufladung in Sprengstoffkapseln, wozu es sich wegen seiner leichten Zündfähigkeit und geringen Hygroskopizität gut eignet. Ferner ist es neben üblichen Zuschlagstoffen und wenigen Gewichtsprozenten an Tetrazen der Hauptbestandteil der Sinoxid-Sätze für erosionsfreie Anzündhütchen.

Unvermisches Bleitrinitroresorcinat lädt sich sehr leicht auf und ist gegen elektrostatische Aufladungen extrem zündempfindlich.

Technische Reinheitsforderungen

Reingehalt: nicht unter	98 %
Feuchtigkeit: nicht über	0,15 %
Bleigehalt (Bestimmung als PbCrO_4):	43,2–44,3 %
Schwermetalle außer Blei: nicht über	0,5 %
Ca + Mg: nicht über	0,5 %
Na: nicht über	0,07 %
pH:	5–7
Schüttdichte:	$1,3\text{--}1,5 \text{ g/cm}^3$
Verpuffungspunkt: nicht unter	270 °

Booster

ist die englische Bezeichnung für → Verstärkungsladungen jeder Art, sowohl für Sprengladungen wie für Raketentreibsätze. In der Raketentechnik können Booster selbständige Raketen mit erhöhtem Schub zur Starthilfe bedeuten. Mit Zündmittel versehene Übertragungsladungen für Sprengladungen können auch als „Primer“ bezeichnet werden, → Zündladungskörper.

Brenngeschwindigkeit

burning rate; vitesse de combustion

→ Abbrandgeschwindigkeit

Brennkammer

burning chamber; chambre de combustion

bezeichnet in der Raketentechnik den Raum, in dem die Reaktion der Treibmittel stattfindet.

Bei Feststoffraketen ist der Behälter des Treibsatzes gleichzeitig die Brennkammer, bei Flüssigkeitsraketen ist es der Raum, in dem die eingespritzten flüssigen Treibstoffkomponenten reagieren. Die Brennkammer muß dem gewählten Arbeitsdruck und den an die Kammerwand gelangenden Temperaturen standhalten; bei Flüssigkeitsraketen wird die Kammerwand meist gekühlt, bei den Feststoffraketen ist bei den vielfach benutzten kammerwandgebundenen Innenbrennern ein Schutz durch den Treibsatz selbst gegeben. Aus diesen Bedingungen ergibt sich die Auswahl des geeigneten Werkstoffes. Da sich das Eigengewicht der Brennkammer entscheidend auf die Reichweite der Rakete auswirkt, ist die minimal mögliche Wandstärke anzustreben. Der Einsatz thermisch gut isolierter und durch Einlagen (z. B. Glasfaser) verstärkter Kunststoffe hat sich bereits bewährt.

Zur Prüfung des Verhaltens von Raketen-Festtreibstoffen und zur Ermittlung ihrer Kenndaten sind Norm-Brennkammern und Labor-Brennkammern *) entwickelt worden.

Brennschluß

end of burning; fin de combustion

Bezeichnung für den Augenblick, in dem der Gasstrahl einer Rakete aussetzt. Bei Feststoffraketen tritt er ein, wenn der Treibsatz verbrannt ist; bei Flüssigkeitsraketen kann gegebenenfalls eine neue Zündung erfolgen.

*) E. Haeuseler und W. Diehl, Explosivstoffe 15 (1967), S. 217.

Brennschlußgeschwindigkeit

end-burning velocity; vitesse en fin de combustion

Die beim Brennschluß erreichte Geschwindigkeit einer Rakete. Sie hängt ab von der Ausströmgeschwindigkeit, dem Massenverhältnis und der Brennzeit.

Brennstoff

fuel; combustible

Viele Kompositionen, die einer explosiven bzw. ohne Luftsauerstoff abbrennenden Reaktion fähig sind, werden aus → Sauerstoffträgern und aus Brennstoffen gemischt. Brennstoffe sind Stoffe, welche sich mit Sauerstoff bzw. anderen Oxidantien unter Wärmeentwicklung umzusetzen vermögen. Der Begriff Brennstoff reicht hierbei weiter als im täglichen Sprachgebrauch; Ammoniumchlorid z. B. kann in gewissen Mischungen (→ Wettersprengstoffe) als Brennstoff eintreten.

Brisanz

brisance

Unter dem Stichwort „Arbeitsvermögen“ wird auseinandergesetzt, daß das Leistungsvermögen eines Explosivstoffs nicht mit einer einzigen Kennzahl zu charakterisieren ist. Unter Brisanz versteht man den zertrümmernden Effekt einer Ladung auf die unmittelbare Umgebung. Neben den anderen Kenndaten, wie Gasausbeute und Explosionswärme, stehen hierfür die Detonationsgeschwindigkeit und die Ladedichte des Sprengstoffs im Vordergrund. Je dichter der Sprengstoff geladen (gegossen oder gepreßt) werden kann, um so höher ist die Konzentration seiner Leistung je Volumeneinheit, und je schneller er sich umsetzt, um so schlagender ist die Wirkung seiner Detonation. Außerdem steigt mit seiner Dichte auch die Detonationsgeschwindigkeit des Sprengstoffs, und der Stoßwellendruck in der Detonationsfront (→ Detonation) hängt quadratisch von der Detonationsgeschwindigkeit ab. Hieraus ist erkennbar, wie wichtig die Erzielung der maximal möglichen Ladedichte ist. Ganz besonders trifft dies für Hohlladungen zu (siehe dort).

Als „Brisanzwert“ führte Kast das Produkt aus Ladedichte, spezifischer Energie und Detonationsgeschwindigkeit ein.

Prüfungen zur Ermittlung der Brisanz sind die Bestimmungen des Stauchwerts nach *Kast* und nach *Heß*: es wird die Stauchung eines Kupferzylinders mittels eines Stempelapparats bzw. eines frei stehenden Bleizylinders durch eine bestimmte zylindrische Ladung des zu untersuchenden Sprengstoffs ermittelt.

Abb. 7 zeigt die Versuchsanordnung nach *Kast* und Abb. 8 die nach *Heß*. Die Prüfung nach *Heß* ist apparativ einfacher. Sensibilisierte Sprengstoffe, wie z. B. → seismische Sprengstoffe, können die völlige Zerstörung des Bleizylinders bewirken.

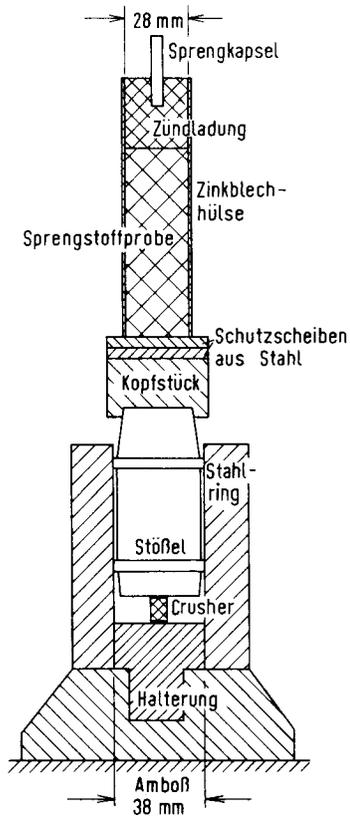


Abb. 7. Stauchprobe nach *Kast*

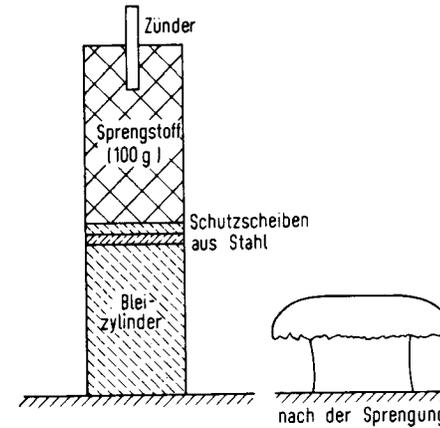


Abb. 8. Stauchprobe nach *Heß*

Brückenzünder

bridgewire detonator; amorçe à pont

dienen in der gewerblichen Sprengpraxis zum Zünden von Sprengladungen. Sie enthalten eine zum Aufglühen durch einen Stromstoß bestimmte „Glühbrücke“ aus dünnem Widerstandsdraht, um den eine „Zündpille“ durch mehrfaches Tauchen und Trocknen einer in Lösemittel gelösten pyrotechnischen Masse laboriert ist; der Zündstrahl wirkt bei Momentzündern direkt, bei Zeitzündern über einen Verzögerungssatz auf den Zündspiegel einer an den Zündpillenteil wasserdicht angewürgten Sprengkapsel ein; nicht-scharfe Brückenzünder weisen eine offene Hülse auf, auf die eine Sprengkapsel aufgeschoben werden kann.

Als Zündimpuls werden bei den im Bergbau fast vollständig eingeführten „U“-Zündern 16 Milliwattsekunden pro Ohm benötigt; die früher gebräuchlichen Zünder „A“ brauchten nur 3 Milliwattsekunden pro Ohm, die U-Typen sind daher erheblich streustromsicherer. Außerdem gibt es für durch Gewitterelektrizität gefährdete Betriebspunkte hochunempfindliche „HU“-Zünder, welche erst mit 2500 Milliwattsekunden pro Ohm zur sicheren Entzündung gebracht werden (die angegebenen Bezeichnungen und Klassifizierungen beziehen sich auf die Produkte der Dynamit Nobel AG, Troisdorf).

Die durch Verzögerungssätze auf bestimmte Zeiten eingestellten Zünder weisen Verzögerungsstufen je einer halben Sekunde („Halbsekundenzünder“) bzw. von 20 oder von 30 Millisekunden („Millisekundenzünder“) auf.

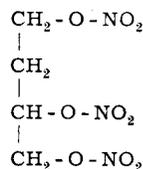
Sprengen mit Millisekundenzündern bringt gewisse Vorteile in der Ausbeute an hereingesprengtem Gestein und Zertrümmerungsgrad des Haufwerks ein; auch kann die Erderschütterung der Umgebung geringer sein.

Im schlagwettergefährdeten Kohlebergbau wird als Hülsenmaterial Kupfer anstelle des sonst üblichen Aluminiums verwendet („schlagwettersichere Zünder“).

Zum Auslösen der mit Brückenzündern versehenen Sprengladungen dienen → Zündmaschinen. Beim Sprengen mehrerer Ladungen in einem Zündgang werden die Zünder in Serie geschaltet über die Zündleitung an die Zündmaschine angeschlossen. Nur in besonderen Fällen wird für die Zünder → Parallelschaltung angewendet. Hierfür und zum Sprengen mit HU-Zündern sind besondere Zündmaschinen erforderlich.

1,2,4-Butantrinitrat

butanetrioltrinitrate; trinitrate de butantriol; B.T.T.



hellgelbe Flüssigkeit

Bruttoformel: $\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{O}_9$

Mol.-Gew.: 241,1

Bildungsenergie: $-371,2 \text{ kcal/kg} = -1553 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-403,4 \text{ kcal/kg} = -1688 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-16,6 \%$

Stickstoffgehalt: $17,43 \%$

Dichte: $1,52 \text{ g/cm}^3 (20/4)$

Brechungsindex: $n_{\text{D}_{20}} = 1,4738$

E. P. (nach Impfung): $-27 \text{ }^\circ\text{C}$

Explosionswärme: $1470 \text{ kcal/kg} = 6153 \text{ kJ/kg}$

Normalgasvolumen: 865 l/kg

Schlagempfindlichkeit: $0,1 \text{ kp m} = 1 \text{ Nm}$

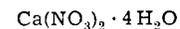
Durch die neuere Entwicklung in der organischen Chemie, speziell der Acetylenchemie (Reppe), sind neben den klassischen Produkten, wie Glycerin, Glykolen u. ä., eine Reihe von mehrwertigen Alkoholen verfügbar geworden, deren Nitrate als Sprengöle Interesse gefunden haben; hierzu gehört das 1,2,4-Butantrinitrat.

1,2,4-Butantriol wird mit Salpetersäure/Schwefelsäure nitriert. Die Stabilität des nitrierten Produktes ist sehr gut. Die Gelatinierung mit Nitrocellulose ist ähnlich der des Nitroglycerins.

Butantrinitrat fand Verwendung für sogenannte „tropenfeste POL-Pulver“. Auch Isomere des Butantrinitrates sind verwendet und untersucht worden, z. B. das Methylglycerintrinitrat oder 2,3,4-Butantrinitrat, welches sehr ähnliche Eigenschaften aufweist.

Calciumnitrat

calcium nitrate; nitrate de calcium; Kalksalpeter



farblose Kristalle

Die folgenden Daten sind auf das wasserfreie Produkt bezogen:

Mol.-Gew.: 164,1

Bildungsenergie: $-1351 \text{ kcal/kg} = -5657 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-1365 \text{ kcal/kg} = 5715 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $+48,75 \%$

Stickstoffgehalt: $17,07 \%$

F.I.: $561 \text{ }^\circ\text{C}$

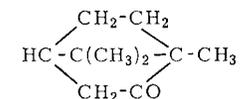
Sehr hygroskopisch

Als technisches Produkt wird auch ein gelbliches Granulat etwa der Formel $5 \text{ Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{NH}_4\text{NO}_3 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}$ vertrieben.

Calciumnitrat wurde in entwässerter Form in den (heute nicht mehr vertriebenen) → Calciniten eingesetzt. Heute wird es als Bestandteil von → Sprengschlämmen („slurries“) verwendet. Während des Krieges war Calciumnitrat Bestandteil gießbarer Ammonsalpeter-Sprengstoffe als Geschoß- und Bombenfüllung (→ Ammonite).

Campher

camphor; camphre; Kampfer



Bruttoformel: $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{O}$

Mol.-Gew.: 152,3

Bildungsenergie: $-480 \text{ kcal/kg} = -2008 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-513 \text{ kcal/kg} = -2148 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-283,78 \%$

Dichte: 0,98–0,99 g/cm³
 F.: 177–178 °C
 Kp.: 209 °C

Campher ist ein guter Gelatinator (→ Stabilisatoren) für Nitrocellulose; er wird als solcher in der Celluloidfabrikation, aber auch in Schießpulvern verwendet.

Technische Reinheitsforderungen

Reingehalt: nicht unter (durch Titration mit Hydroxylamin)	99 %
Schmelzpunkt nicht unter	176 °C
Äther- und Alkohol-unlösliches: nicht über	0,1 %
Chloride: nicht mehr als	Spuren

Caput mortuum

Bezeichnung für ein besonders feinpulvriges Eisenoxidrot (Fe₂O₃), das als rotfärbende Beimischung in geringen Mengen den gewerblichen Gesteins-Sprengstoffen zugefügt wird, um sie von den un-gefärbten Wettersprengstoffen deutlich zu unterscheiden.

Carben

Karben, Cupren

Bruttoformel: C₁₂H₁₀
 Mol.-Gew.: 154,2
 Sauerstoffwert: –300,9 %

Carben bzw. Cupren ist die technische Bezeichnung für Polyacetylen. Es entsteht als korkähnliche, äußerst feindisperse und daher oberflächenaktive Masse durch Polymerisation von Acetylen an Kupferkatalysatoren.

Für → Flüssig-Luft-Sprengstoffe war das Produkt ein günstiger Sauerstoffacceptor.

Cardox

→ gaserzeugende Ladungen. Der Name leitet sich vom CO₂-Gas (carboneum dioxid) ab, das hier in hochgespanntem Zustand als Gewinnungsmittel im Kohlebergbau (USA) eingesetzt werden soll.

Case bonding

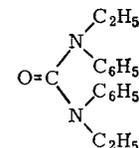
bezeichnet eine moderne Verarbeitungstechnik auf dem Gebiet der Festtreibstoffraketen. Bei diesem Verfahren wird der härtbare Treibstoff (→ Composite Propellants) direkt in die mit einer Binde- und Isolierschicht vorbehandelte Brennkammer eingegossen und darin ausgehärtet. Da bei Temperaturwechsel große Spannungen infolge der Verschiedenheit der thermischen Ausdehnungskoeffizienten zu erwarten sind, ist für das Gelingen dieser Technik das Haftvermögen der Binde- und Isolierschicht an der Metallwand einerseits und am erhärteten Treibsatz andererseits und ihr elastomeres Ausgleichsvermögen wesentlich.

CDB-Treibsätze

→ Verbundtreibsätze

Centralit I

diethyldiphenylurea; diéthylidiphénylurée;
 Symm. Diäthylidiphenylharnstoff



farbloses kristallines Pulver

Bruttoformel: C₁₇H₂₀N₂O

Mol.-Gew.: 268,4

Bildungsenergie: –68,2 kcal/kg = 287 kJ/kg

Bildungsenthalpie: –93,5 kcal/kg = –392 kJ/kg

Sauerstoffwert: –256,38 %

Stickstoffgehalt: 10,44 %

Dichte: 1,112 g/cm³

F.: 71,5–72 °C

Kp.: 326–330 °C

Flammpunkt: 165 °C

Centralit I dient als → Stabilisator für Schießpulver, besonders für Nitroglycerin-Pulver.

Es ist unlöslich in Wasser, löslich in organischen Lösungsmitteln.

Der Name „Centralit“ leitet sich ab von der „Zentralstelle für wissenschaftlich-technische Untersuchungen in Neubabelsberg“, die diesen Stoff erstmalig für Pulverzwecke einsetzte. Auch die Schreibform „Zentralite“ wurde bekannt.

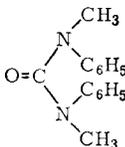
Centralit I hat neben stabilisierenden auch gelatinierende Eigenschaften, die in lösemittelfreien Fertigungsprozessen für Schießpulver ausgenutzt werden.

Technische Reinheitsforderungen

Erstarrungspunkt: nicht unter	71 °C
Aussehen der Schmelze:	klar, hell
Aschegehalt: nicht über	0,1 %
flüchtige Bestandteile: nicht über	0,1 %
Lösung in Aceton:	klar, ohne Bodensatz
sekundäre und tertiäre Amine: nicht über	0,1 %
Chloride als HCl: nicht über	0,001 %
Reaktion:	neutral
Säure als H ₂ SO ₄ : nicht über	0,04 %

Centralit II

dimethyldiphenylurea; diméthyl diphénylurée;
Symm. Dimethyl-diphenyl-harnstoff



Bruttoformel: C₁₅H₁₆N₂O

Mol.-Gew.: 240,3

Bildungsenergie: -37,5 kcal/kg = -156 kJ/kg

Bildungsenthalpie: -60,8 kcal/kg = -254 kJ/kg

Sauerstoffwert: -246,31 %

Stickstoffgehalt: 11,66 %

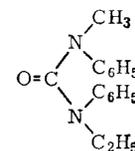
Centralit II wirkt sowohl stabilisierend als auch gelatinierend bei Schießpulvern, die ohne flüchtige Lösemittel auf der Basis von Nitrocellulose und Nitroglyzerin hergestellt werden.

Technische Reinheitsforderungen

wie für Centralit I, jedoch Erstarrungspunkt: nicht unter 119 °C

Centralit III

methylethyldiphenylurea; N-méthyl-N'-éthyl-NN'-diphényluree;
Methyläthyldiphenylharnstoff



Bruttoformel: C₁₆H₁₈N₂O

Mol.-Gew.: 254,3

Bildungsenergie -72,4 kcal/kg = -303 kJ/kg

Bildungsenthalpie: -96,7 kcal/kg = -405 kJ/kg

Sauerstoffwert: -251,7 %

Stickstoffgehalt: 11,02 %

Centralit III ist gleichzeitig Stabilisator und Gelatinator in bestimmten Schießpulvern.

Technische Reinheitsforderungen

wie für Centralit I, jedoch Erstarrungspunkt: nicht unter 57 °C

Chloratit

ist ein Chloratsprengstoff, der ca. 80–90 Gew.-% Natrium- oder Kaliumchlorat neben 5–12 Gew.-% Kohlenwasserstoffen und 0–4 Gew.-% Pflanzenmehl enthält.

Chloratite werden in der Bundesrepublik nicht mehr hergestellt.

Chloratsprengstoffe

chlorate explosives; explosifs chloratés

sind explosive Gemenge von Chloraten der Alkalien oder alkalischen Erden mit kohlenstoffreichen organischen Verbindungen, wie Holzmehl, Petroleum, Ölen und Fetten und Nitroderivaten des Benzols oder Toluols, denen auch flüssige Salpetersäureester beigemischt werden können.

Ihre Sprengleistung ist geringer als die der pulverförmigen Ammonsalpetersprengstoffe. Chloratsprengstoffe dürfen nicht zusammen mit Ammonsalpetersprengstoffen gelagert werden, da durch Kontakt gebildetes Ammoniumchlorat selbstentzündlich ist.

Composite Propellants

→ Verbundtreibsätze

Composition A, A-2 und A-3

sind gepreßte Ladungen aus phlegmatisiertem Hexogen und unterscheiden sich nur durch die verschiedenen Wachssorten. Detonationsgeschwindigkeit 8100 m/s.

Composition B, B-2

Hexolit; Hexotol

Dichte: etwa 1,65 g/cm³

Detonationsgeschwindigkeit:

7800 m/s bei Maximaldichte

sind gießbare Gemische aus Hexogen und Trinitrotoluol in der Zusammensetzung 60/40, zum Teil unter Zusatz von Wachs. Man verwendet sie zum Füllen von Bomben, Minen und Hohlladungen.

Composition C, C-2, C-3 und C-4

sind plastische Sprengstoffe für militärische Verwendung, die aus Hexogen und öligen, zum Teil sprengkräftigen Plastifizierungsmitteln bestehen:

Zusammensetzungen:

- C : 88,3 % Hexogen
11,7 % nicht-sprengkräftiges Plastifizierungsmittel
- C-2: 80,0 % Hexogen
20,0 % sprengkräftiges Plastifizierungsmittel
- C-3: 78,0 % Hexogen
22,0 % sprengkräftiges Plastifizierungsmittel
- C-4: 90,0 % Hexogen (Auswahlkörnung)
10,0 % Polyisobutylen

Composition I; II

Bezeichnung für eutektische Mischungen von Ammoniumnitrat, Natriumnitrat, Dicyandiamid und Guanidinnitrat:

	Composition	
	I	II
Ammoniumnitrat	65,5	60
Natriumnitrat	10,0	24
Dicyandiamid	14,5	8
Guanidinnitrat	10,0	8

Cordite

ist eine in England gebräuchliche Bezeichnung für zweibasige Nitroglycerin-Nitrocellulose-Pulver.

Crawford-Bombe

Crawford bomb; bombe Crawford

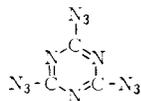
Die Crawford-Bombe dient zur Ermittlung der Brenngeschwindigkeit (→ Abbrandgeschwindigkeit) von Festtreibstoffen.

Der Treibsatz wird in Form schmaler geschnittener oder stranggepreßter, mantelseitig gegen Abbrand isolierter („inhibierter“) Stäbe meist runden Querschnitts, den sogen. „strands“, in einer Bombe stirnseitig elektrisch zur Entzündung gebracht und die Brenngeschwindigkeit mit Hilfe von Drahtsonden registriert. Hierbei wird in der Bombe durch Stickstoff der Druck eingestellt, bei welchem die Brenngeschwindigkeit des zu prüfenden Treibsatzes gemessen werden soll. Ein Standardwert ist: 1000 lbs per square inch = 68,9 bar und 70 °F = 21 °C.

Eine eingehende Arbeitsvorschrift zur Bestimmung der Brenngeschwindigkeit in der Crawford-Bombe wurde vom → BICT aufgestellt.

Cyanurtriazid

cyanuric triazide; triazide cyanurique



weiße Kristalle

Bruttoformel: C_3N_{12}

Mol.-Gew.: 204,1

Bildungsenergie: +1088 kcal/kg = +4551 kJ/kg

Bildungsenthalpie: +1071 kcal/kg = +4484 kJ/kg

Sauerstoffwert: -47 %

Stickstoffgehalt: 82,36 %

Dichte: 1,15 g/cm³

F. (unter Zersetzung): 94 °C

Detonationsgeschwindigkeit: 5500 m/s bei $\rho =$

1,02 g/cm³

Bleiblockausbauchung: 415 cm³/10 g

Verpuffungspunkt (unter Explosion): 200–205 °C

Cyanurtriazid wird durch langsames Eintragen gepulverten Chlorcyans in eine wäßrige Lösung von Natriumazid bei guter Kühlung hergestellt. Cyanurtriazid ist ein wirksamer Initialsprengstoff. Eingang in die Praxis hat es nicht gefunden, da der Dampfdruck hoch ist.

Cyclotol

bezeichnet Gemische aus Hexogen und TNT in Zusammensetzungen 60/40 bis 70/30.

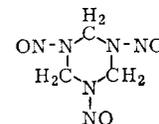
→ „Composition B“.

Cyclonite

→ Hexogen

Cyclotrimethyltrinitrosamin

cyclotrimethylenetrinitrosamine; cyclotriméthylènetrinitrosamine;
Trinitrosotrimethylentriamin



blaßgelbe Kristalle

Bruttoformel: $C_3H_6N_6O_3$

Mol.-Gew.: 174,1

Bildungsenergie: +414,9 kcal/kg = +1736 kJ/kg

Bildungsenthalpie: +389,2 kcal/kg = +1628 kJ/kg

Sauerstoffwert: -55,1 %

Stickstoffgehalt: 48,28 %

F.: 102 °C

Gasvolumen: 1000 l/kg

Explosionswärme: 1070 kcal/kg = 4480 kJ/kg

Bleiblockausbauchung: 370 cm³/10 g

Detonationsgeschwindigkeit:

7300 m/s bei $\rho = 1,5$ g/cm³

Die Verbindung ist löslich in Aceton, Alkohol, Chloroform, Benzol, etwas löslich in Wasser.

Die dem Hexogen entsprechende Nitrosoverbindung entsteht aus Hexamethylentetramin durch Behandlung mit Alkalinitriten in verdünnt saurer Lösung.

Da zur Herstellung keine konzentrierte Säure erforderlich ist, stand das Produkt während des zweiten Weltkrieges einmal im Vordergrund der Überlegungen (R-Salz). Die praktische Verwendung des leicht zugänglichen kräftigen Sprengstoffes scheiterte bisher an der nicht restlos befriedigenden chemischen und thermischen Stabilität sowie an der relativ geringen Ausbeute.

Dautriche-Methode

dient zur Messung der Detonationsgeschwindigkeit. Der zu prüfende Sprengstoff wird in einer Säule, mit oder ohne Einschluß durch ein Eisenrohr, angeordnet; eine Meßstrecke genau bestimmter Länge wird am Anfang und Ende mit je einer seitlich herausgeführten Sprengkapsel begrenzt. Zwischen Anfang und Ende der

Meßstrecke wird eine Schleife aus Sprengschnur mit bekannter Detonationsgeschwindigkeit gelegt und im mittleren Teil dabei über eine Bleiplatte geführt. Die dabei nacheinander an beiden Seiten gezündete Sprengschnur markiert auf dem Blei kerbartig den Treffpunkt der beiden aufeinander zulaufenden Detonationswellen. Der Abstand dieses Treffpunktes von der geometrischen Schnurmitte ist ein reziprokes Maß für die zu messende Detonationsgeschwindigkeit:

$$D_x = D \times \frac{m}{2a}$$

D_x = gesuchte Geschwindigkeit

D = Detonationsgeschwindigkeit der Sprengschnur

m = Länge der Meßstrecke

a = Abstand der Kerbmarkierung von der Schnurmitte

Die Methode ist leicht ausführbar und erfordert keinen apparativen Aufwand.

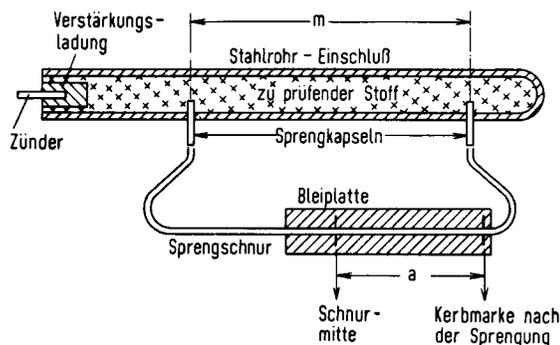


Abb. 9. Dautriche-Methode

DBX

in den USA verwendete gegossene Sprengladung aus Hexogen, Ammoniumnitrat, Trinitrotoluol und Aluminiumpulver (21/21/40/18).

Deflagration

deflagration; déflagration

Vielfach können Explosivstoffe einer Zersetzungsreaktion unterliegen, die wesentlich unterhalb der Schallgeschwindigkeit des Stoffes abläuft und des Hinzutretens von Luftsauerstoff nicht bedarf. Einen solchen Ablauf nennt man Deflagration. Sie pflanzt sich

durch die freiwerdende Reaktionswärme fort, die Umsetzungsprodukte strömen entgegengesetzt zur Fortpflanzungsrichtung ab (im Gegensatz hierzu: → Detonation). Der Abbrand eines Pulvers und eines Raketen-Treibsatzes ist ein Deflagriervorgang (→ Abbrandgeschwindigkeit). Der Reaktionsablauf eines Explosivstoffs als Deflagration oder als Detonation wird durch die Art der Auslösung (→ Anzünden; → Zünden) wesentlich beeinflusst.

Über Übergänge von Deflagration in Detonation und umgekehrt → Detonation, S. 78 und 79.

Eine wichtige Rolle spielt die Vermeidung der Deflagration auf dem Gebiet der Wettersprengstoffe. Da die deflagrierende Umsetzung eines Sprengstoffs ein langsamerer Vorgang als die Detonation ist, bedeutet sie eine Zündgefahr für schlagende Wetter und muß daher durch Zusammensetzung und Anwendungstechnik ausgeschlossen werden.

Delaborieren von explosiven Gegenständen, insbesondere Munition

Prinzipiell ist hierbei zu unterscheiden zwischen bekannter, in eigenen Lagern zuverlässig verwalteter Munition, die aus Routine-Gründen (Alter; Überholtsein durch neue Typen) ausgesondert wird, und Fund- bzw. Beutemunition, die überdies erheblich korrodierenden Einflüssen ausgesetzt gewesen oder außerdem mit nicht mehr kontrollierbaren Langzeitzündern ausgestattet sein kann. Das Hantieren von Fundmunition gehört zu den gefährlichsten Arbeiten auf dem Gebiet des Umgangs mit Explosivstoffen und muß Spezialisten (Fachkunde im Sinne des Gesetzes über explosionsgefährliche Stoffe genügt nicht!) überlassen bleiben; dies gilt bereits für das erste Bewegen am Fundort. Delaborierungsarbeiten an Fundmunition werden an dieser Stelle nicht weiter behandelt.

Die Gegenstände werden nach ihrer Art in Gefahrenklassen eingeteilt, je nachdem, ob sie mit Zündern versehen sind, die Initialsprengstoffe enthalten und ob die Gefahr der Massenexplosion (→ Massenexplosionsgefährlichkeit) gegeben ist. Gefährliche mechanische Arbeiten, wie Abschrauben oder Absägen von Zündern, Abstechen, Fräsen und Sägen ist auf jeden Fall unter Sicherheit auszuführen; im übrigen gelten für diese Arbeiten immer die Unfallverhütungsvorschriften*).

*) Munitionszerlege-Richtlinien, Richtlinien Nr. 13, Verlag Chemie, Weinheim/Bergstraße, Ausgabe 7 (1973).

Schmelzbare Sprengstoffe, wie TNT und TNT-Gemische können aus ihren Behältern (Granaten, Bomben, Minen) nach Entfernen von Zündern und Verstärkerladungen („Boostern“) durch Ausschmelzen entfernt und, ggf. nach gewissen Reinigungsoperationen, für nicht militärische Zwecke wieder verwendet werden.

Detonation; Hydrodynamische Theorie der Detonation

detonation; thermohydrodynamic theory of d.;
détonation; théorie hydrodynamique de dét.

Eine Detonation ist eine solche Reaktionsform der Umsetzung eines Explosivstoffs (zur Definition → „Explosionsfähiger Stoff“), bei der die chemische Reaktion mit einer Stoßwelle gekoppelt ist. Im Wellenkopf der Stoßwelle treten hohe Temperatur- und Drucksprünge auf, so daß die chemische Umsetzung momentan eingeleitet wird. Detonationen liegen im Geschwindigkeitsbereich von etwa 1500 bis 9000 m/s, langsamere, durch Wärme-Leitung und -Strahlung fortgeleitete Umsetzungen von Explosivstoffen werden als → Deflagrationen bezeichnet.

Stoßwellen entstehen auch in einem nicht explosiblen Medium durch plötzliche Druckeinwirkung; die Entstehung im nicht explosiblen Gas, z. B. Luft, sei durch eine Betrachtung veranschaulicht, die wir R. Becker zu verdanken haben:

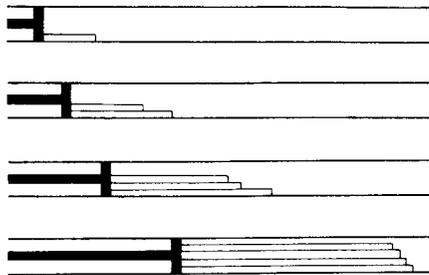


Abb. 10: Entstehung einer ebenen Stoßwelle

In einem Rohr werde ein beweglich gedachter Stempel plötzlich aus dem Stillstand beschleunigt und anschließend mit gleichbleibender Geschwindigkeit fortbewegt (Phase 1). Die Luft vor dem Stempel muß etwas komprimiert werden und erwärmt sich dabei etwas; die Reichweite dieser Kompression wird durch die Schallgeschwindigkeit der Luft bestimmt.

Die Druckerhöhung und ihre Reichweite bis zu einem kurzen Zeitpunkt ist durch die Linie vor dem Stempel dargestellt. In diesem Zeitpunkt nun werde der Stempel abermals beschleunigt und mit

der neuen, höheren Geschwindigkeit weiter laufen gelassen; die neue Kompression teilt sich dem nunmehr schon etwas bewegten Medium (z. B. der Luft) gemäß „Phase 2“ der Zeichnung mit; sie bewegt sich schneller, da sich die Materie-Bewegung überlagert und außerdem im etwas erwärmten Medium die Schallgeschwindigkeit schneller geworden ist. Die Phasen 3, 4, usw. zeigen, daß zwangsweise eine steile Druckfront entstehen muß. Von einer Ableitung der mathematischen Beziehungen zu derartigen Vorgängen sei im Rahmen dieses Buches verzichtet *).

Die Bezeichnungen der Zustandsgrößen seien:

	ungestörtes Medium	Medium im Verdichtungsstoß
Temperatur	T_0	T_1
Druck	p_0	p_1
Dichte	ρ_0	ρ_1
spezifisches Volumen $v = \frac{1}{\rho}$	v_0	v_1
innere Energie	e_0	e_1
Schallgeschwindigkeit	c_0	c_1

Beschränkt man die Betrachtung des Verdichtungsstoßes auf ein annähernd ideales Gas, wie z. B. Luft, so ergeben aus der Kenntnis der Zustandsgleichung in Abhängigkeit vom erzielten Verdichtungsverhältnis $\frac{p_1}{p_0}$ folgende Werte für die Temperaturerhöhung, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit D der Stoßwelle und die Materie-Geschwindigkeit W hinter der Wellenfront:

$\frac{p_1}{p_0}$	T_1 °C	D m/s	W m/s
2	63	452	175
5	209	698	452
8	345	875	627
10	432	978	725
20	853	1369	1095

*) Eine eingehende Darstellung gibt Roth, Die elementare Ableitung der Strömungsgesetze der Detonation, Explosivstoffe (1958), S. 23 ff. Die bekannteste ältere Beschreibung: Schmidt, Zeitschrift für das gesamte Schieß- und Sprengstoffwesen (1932), S. 145 ff.; weitere Literatur am Schluß des Stichworttextes.

d. h. schon bei relativ geringem Verdichtungsgrad liegt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit deutlich höher als die Schallgeschwindigkeit (330 m/s); bei höheren Verdichtungszahlen werden Temperaturen erreicht, die auch ohne energie-liefernde Reaktion bereits zu Leuchterscheinungen führen. Besteht das Medium nun aus einem explosiblen Gasgemisch anstelle von Luft, so ist anschaulich klar, daß in der Stoßwellenfront sofort die Explosionsreaktion ausgelöst werden muß.

Jede Explosion muß infolge der Plötzlichkeit der Druckeinwirkung in der umgebenden Luft eine Stoßwelle erzeugen; auf dem Verdichtungsstoß beruht die Fernwirkung von Sprengstoffen, z. B. bei Bombenwürfen. Bei annähernd kugelförmiger Ausbreitung der Stoßwelle nimmt das Druckverhältnis $\frac{p_1}{p_0}$ rasch ab, ebenso die Ma-

teriegeschwindigkeit W ; sie wird Null, wenn die Stoßwelle in eine normale Schallwelle übergeht. Dem Gedanken der Wirkungsverringerung mit der dritten Potenz der Entfernung bei räumlicher Ausbreitung der von Explosionen ausgehenden Stoßwellen folgend legen das Sprengstoffgesetz von 1976*) und die Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie**) die in Meter berechneten Sicherheitsabstände gemäß

$$a = f \cdot M$$

a : Abstand in m

M : Explosivstoffmasse in dem betreffenden Gebäude in kg

fest, wobei f einen Faktor bedeutet, der dem Sicherheitsbedürfnis angepaßt ist und weitere Beeinflussungsmomente, wie z. B. Bauweisen der Gebäude, berücksichtigt.

Für die Stoßwelle läßt sich eine leichter beherrschbare Theorie aufstellen, wenn man den ebenen Verdichtungsstoß betrachtet, d. h. sich den Vorgang, wie in Abb. 10 gezeichnet, in einem unzerstörbar gedachten Rohr vorstellt. Solche Rohre werden übrigens als „Stoßwellrohre“ als Forschungsinstrument für die Gasdynamik benutzt, sogar für die Festkörper-Physik; als Stoßquellen dienen Explosionen oder Membranen, die man durch Überdruck platzen läßt.

Aus Vergleichsbetrachtungen im Rohr erhält man aus dem Massevergleich

$$\rho_0 D = \rho_1 (D - W) \quad \text{bzw.} \quad v_1 D = v_0 (D - W) \quad (1)$$

aus dem Impulssatz

$$p_1 - p_0 = \rho_0 D W \quad \text{bzw.} \quad v_0 (p_1 - p_0) = D W \quad (2)$$

aus dem Energie-Vergleich

$$p_1 W = \rho_0 D \left(e_1 - e_2 + \frac{W^2}{2} \right); \quad (3)$$

Hieraus gewinnt man durch Umrechnungen die sog. Hugoniot-Gleichung:

$$e_1 - e_0 = \frac{1}{2} (p_1 + p_0) (v_0 - v_1) \quad (4)$$

Für die Stoßwellengeschwindigkeit D und die Materiegeschwindigkeit W erhält man

$$D = v_0 \sqrt{\frac{p_1 - p_0}{v_0 - v_1}} \quad (5)$$

und

$$W = \sqrt{(p_1 - p_0) (v_0 - v_1)} \quad (6)$$

Diese Beziehungen gelten unabhängig vom Aggregatzustand.

Ist nun das betrachtete Medium explodierbar, so muß durch die extremen Temperatur- und Druckbedingungen im Wellenkopf die explosive chemische Reaktion ausgelöst werden. Der Stoßwellenvorgang wird durch die Energie der Reaktion aufrecht erhalten. Die oben mitgeteilten Gleichungen gelten genauso; nur bedeuten jetzt:

p_1 den Detonationsdruck

ρ_1 die Dichte der Schwaden in der Stoßwellenfront; sie ist also höher als ρ_0 , die Dichte des Sprengstoffs;

D die Detonationsgeschwindigkeit

W die Schwadengeschwindigkeit.

Gleichung (1) bleibt unverändert.

Die Gleichung (2) kann man, da p_0 verschwindend klein neben dem Detonationsdruck p_1 ist, nunmehr schreiben

$$p_1 = \rho_0 \cdot D \cdot W \quad (2d) *$$

*) Die Gleichungen zur Detonationstheorie sind mit der korrespondierenden Gleichungsnummer der Stoßwellentheorie und einem dazugesetzten „d“ gekennzeichnet (d = „Detonation“).

*) *Apel-Keusgen*, Sprengstoffgesetz, 16. Lieferung 1978, Carl Heymanns Verlag Köln.

**) UVV 46 a, Explosivstoffe und Gegenstände mit Explosivstoff-Allgemeine Vorschrift → Literaturverzeichnis, S. 359; dort sind auch die speziellen UVVen aufgeführt.

Die anschauliche Aussage dieser Beziehung ist:

Der Detonationsdruck in der Wellenfront ist proportional dem Produkt aus Dichte, Detonationsgeschwindigkeit und Schwadengeschwindigkeit, oder, da die Schwadengeschwindigkeit mit der Detonationsgeschwindigkeit wächst, proportional dem Quadrat der Detonationsgeschwindigkeit. Die Detonationsgeschwindigkeit nimmt ihrerseits beim gleichen Sprengstoff mit der Dichte zu. Gleichung (2 d) macht deutlich, wie stark sich der Detonationsdruck erhöht, wenn die Ausgangsdichte des Explosivstoffs z. B. durch Gieß- oder Preß-Verfahren auf Maximalwerte gebracht werden kann bzw. wenn die Explosivstoffe hohe Dichten aufweisen (z. B. Trinitrotoluol: 1,64; Hexogen: 1,82; Oktogen: 1,96). Sprengtechnisch ist das wichtig, wenn es auf größtmögliche → Brisanz ankommt, während die → Arbeitsleistung weniger davon beeinflusst wird. Die Erkenntnis der Wichtigkeit der maximalen Verdichtung hat sich bei der Entwicklung der → Hohlladungen auf das markanteste bestätigt. Umgekehrt lassen sich Detonationsdruck und Detonationsgeschwindigkeit durch Verringerung von ρ_0 , d. h. durch Auflockerung der Sprengstoffstruktur, verringern, wenn im weicheren Gebirge eine mehr „schiebende Wirkung“ erwünscht ist (→ weiter unten die Erläuterungen zum Impedanzbegriff).

Eine Abschätzung der Schwadengeschwindigkeit W läßt sich gewinnen, wenn man für den Zustand der Schwaden die sog. Polytropengleichung*) in Ansatz bringt:

$$p = C \cdot n \quad (11)$$

worin:

p (wie bisher) den Druck,
 (wie bisher) die Dichte der Schwaden in der Detonationsfront,
 n den „Polytropenexponenten“ und
 C eine Konstante bezeichnen.

Aus (11) läßt sich die Beziehung

$$\frac{W}{D} = \frac{1}{n+1} \quad (12)$$

gewinnen. Der Polytropenexponent ist für die meisten Sprengstoffe annähernd 3, für Kohlenstoff-arme bzw. -freie und Stickstoff-reiche Stoffe, insbesondere für Nitroguanidin und für Hydrazinnitrat ist n etwa 4.

*) Eine eingehende Darlegung der Theorien über den Schwadenzustand fester bzw. flüssiger Sprengstoffe gibt *H. Hornberg: The State of the Detonation Products of Solid Explosives, Propellants and Explosives* 3, S. 97–106 (1978).

Die oben betrachtete Beziehung (2) läßt sich umrechnen in

$$p_1 - p_0 = (v_0 - v_1) \rho_0^2 D^2 \quad (7 d)$$

und stellt im Druck-Volumen-Diagramm eine Gerade der Neigung $-\rho_0^2 D^2$ dar; sie wird Rayleigh-Gerade genannt. Die Hugoniot-Gleichung (4) wird für den die chemische Umsetzungsenergie q mitführenden Detonationsvorgang:

$$e_1 - e_0 = \frac{1}{2} (p_1 + p_0) (v_0 - v_1) + q \quad (4 d)$$

Die Gleichungen (5) und (6) bleiben unverändert, jedoch bedeuten nunmehr:

D die Detonationsgeschwindigkeit

W die Schwadengeschwindigkeit.

Für den Detonationsvorgang zeigen die Hugoniot-Kurve und die Rayleigh-Gerade im p - v -Diagramm folgende Lage:

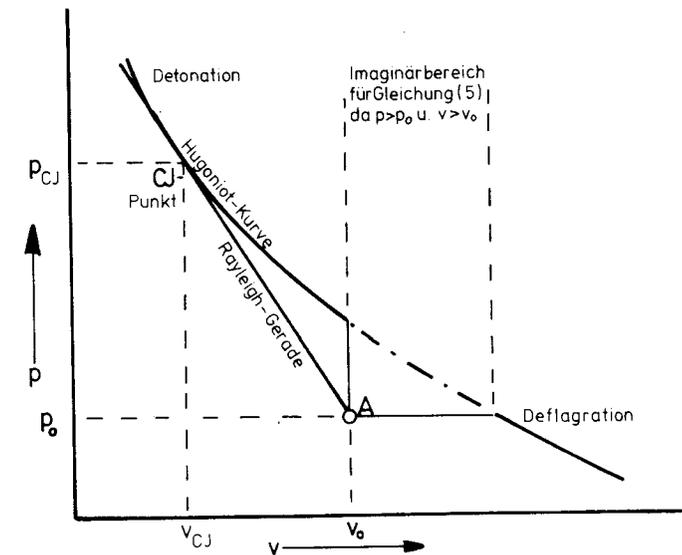


Abb. 11: Hugoniotkurve und Rayleigh-Gerade im Zustandsdiagramm

Bedingt durch die Größe q in Gleichung (4 d) – für die Stoßwelle entfällt der Wert – liegt der Ausgangspunkt A unterhalb der Hugoniot-Kurve; die von ihm ausgehenden p - und v -Linien schneiden aus der Kurve einen Bereich heraus, für den D [siehe Gleichung (5)] imaginär wird, d. h. einen Faktor $\sqrt{-1}$ erhält. Die Kurve enthält

zunehmend zwei getrennte Abschnitte, von denen die im höheren Druckgebiet liegende die *Detonation* und die im tieferen Druckgebiet liegende die \rightarrow *Deflagration* beschreibt. Die Rayleigh-Gerade tangiert im „Chapman-Jouguet-Punkt“ *) (abgekürzt: CJ-Punkt; alle dem „CJ-Zustand“ zugeordneten Zustandsgrößen erhalten den CJ-Index) die Hugoniot-Kurve; die dort zuzuordnenden Kennwerte beschreiben die „stabile Detonation“; sie vermag – im Gegensatz zur Stoßwelle – durch das Medium stationär, d. h. mit konstanter Intensität und konstanter Geschwindigkeit zu verlaufen. Dort gilt ferner

$$D_{CJ} = W_{CJ} + C_{CJ}, \quad (8d)$$

d. h. die Detonationsgeschwindigkeit ist gleich der Summe aus Schwadengeschwindigkeit und Schallgeschwindigkeit.

Alle Gleichungen enthalten keine Annahmen über die Zustandsgleichung des Medium; sie gelten unabhängig vom Aggregatzustand. Sie geben keinen Wert für die Dicke der Reaktionszone an; mathematisch gelten die Übergänge von v_0 und p_0 in v_1 und p_1 sogar als unstetig; in Wirklichkeit beträgt die Dicke der Detonationswelle etwa 1 mm und ergibt sich durch hier nicht betrachtete Einflüsse von Reibung und Wärmestrahlung. Der Imaginärbereich der Hugoniotkurve besagt: es gibt keine stetigen Übergänge zwischen Detonation und Deflagration. Praktisch können die genannten Vorgänge jedoch „umklappen“; Deflagrationen im Bohrloch werden vom Bergmann als „Auskocher“ bezeichnet; Abbrände in Raketensätzen, die ja programmierte Deflagrationen darstellen, gehen in Detonation über, wenn Gefügerisse oder Fehlstellen in der Wandhaftung irreguläre Brennflächen entstehen lassen und der Brenndruck zu groß wird. Roth**) hat am Beispiel des \rightarrow Nitroglykols beide Umsetzungen verglichen. Nachfolgend werden die Umsetzungsleistung bei der Deflagration und Detonation von Nitroglykol (Dichte $\rho_0 = 1,5 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ ***)) gegenübergestellt.

*) Chapman und Jouguet gehörten zu den Pionieren auf dem Gebiet der Stoßwellen-Theorie.

**) J. F. Roth, Stichwort „Sprengstoffe“ in Ullmanns Encyklopädie der technischen Chemie, 3. Auflage (1965), Bd. 16, S. 58.

***)) Die gegenüber der bisherigen Üblichkeit abweichende Dimensionierung in Kilogramm pro Kubikmeter ergibt sich durch konsequente Anwendung des „MKS“-Maßsystems anstelle des bisherigen „CGS“-Systems. Grundeinheiten sind nunmehr: Meter, Kilogramm (Masse), Sekunde, Ampere, Kelvin (K) und Candela; dagegen werden Kraft, Gewicht, Druck usw. abgeleitete Größen. Umrechnungstabellen \rightarrow Vorsatzpapier im hinteren Bucheinband.

	Deflagration	Detonation
Fortpflanzungsgeschwindigkeit D	$3 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$	$7,3 \cdot 10^3 \text{ m/s}$
Massen-Umsatz $m = \rho_0 D$	$4,5 \cdot 10^{-1} \text{ kg/m}^2\text{s}$	$11 \cdot 10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$
Umsetzungsenergie q je kg	460 kcal = $1,93 \cdot 10^3 \text{ kJ}$	1600 kcal = $6,7 \cdot 10^3 \text{ kJ}$
Umsetzungsleistung	$2,1 \cdot 10^2 \text{ kcal/m}^2\text{s}$	$1,8 \cdot 10^{10} \text{ kcal/m}^2\text{s}$
Verhältnis der Umsatzleistungen	1 :	rund 10^8
Breite der Umsetzungszone b	$1 \cdot 10^{-2} \text{ m}$	$1 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
energetische Belastung der Umsetzungszone $m \cdot q/b$	$7,5 \cdot 10^7 \text{ kcal/m}^3\text{h}$	$6,6 \cdot 10^{16} \text{ kcal/m}^3\text{h}$

Gegenüber dem Wert von $6,6 \cdot 10^{16} \text{ kcal/m}^3\text{h}$ für die energetische Belastung beträgt der in der chemischen Reaktor-Technik maximal erreichbare Wert „nur“ etwa $10^9 \text{ kcal/m}^3\text{h}$.

Man hat das Produkt aus Detonationsgeschwindigkeit und Dichte (es stellt den Massendurchsatz dar) unter der Bezeichnung „Impedanz“ *) in die detonations-physikalische Betrachtung eingeführt; die Größe hat die Dimension eines Massenfluß-Widerstands und gibt wieder, daß jede Detonationsreaktion um so schwieriger durch das detonierbare Medium hindurchzuzwingen ist, je höher es verdichtet (z. B. gepreßt oder gegossen) wurde. Dieser Effekt ist den Sprengstoffpraktikern bekannt: hochprozentige gelatinöse Nitroglyzerin-Sprengstoffe verlieren ganz erheblich an ihrer Sensibilität und Detonierbarkeit, wenn sie bei längerer Lagerung an feinverteiltem Luftgehalt von der Fertigung her verlieren und dadurch an Dichte zunehmen.

Man verwendet den Impedanzbegriff ferner für den Übergang der Stoßenergie – sei es eines Verdichtungsstoßes oder einer Detonationswelle – für den Übergang in ein benachbartes Medium:

Bezeichnen ρ_1 und ρ_2 die Dichte, und c_1 und c_2 die Schallgeschwindigkeiten in den Medien 1 und 2, so gelten für den Übergang der Schallwelle folgende Beziehungen:

$$\text{für die Reflexion:} \quad \frac{S_r}{S_{\text{ges}}} = \frac{\rho_1 c_1 - \rho_2 c_2}{\rho_1 c_1 + \rho_2 c_2} \quad (9)$$

$$\text{für den durchgelassenen Schall:} \quad \frac{S_d}{S_{\text{ges}}} = \frac{2\rho_2 c_2}{\rho_1 c_1 + \rho_2 c_2} \quad (10)$$

S_{ges} : Energie der zur Grenzfläche anlaufenden Schallwelle;
 S_r : reflektierte Energie; S_d : durchgelassene Energie.

*) „SPRENGTECHNIK — Begriffe, Einheiten, Formelzeichen“, DIN 20 163 (1973), Beuth-Vertrieb GmbH. J. F. Roth: Explosivstoffe (1958), S. 26.

Die Detonationsimpedanzen würden für einen Sprengstoff „I“ mit hoher Detonationsgeschwindigkeit, für einen zweiten „II“ mit mittlerer und einen dritten „III“ mit relativ geringer Geschwindigkeit betragen:

Sprengstofftype		I	II	III
Dichte	in 10^3 kg/m^3	1,7	1,0	0,8
Detonationsgeschwindigkeit D	in 10^3 m/s	8,0	4,0	2,0
Detonationsimpedanz $\rho_0 D$	in $10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$	13,6	4,0	1,6

Es folgt eine Zusammenstellung von Schall-Impedanz-Werten:

Basalt; Kalkstein; Grauwacke; Granit:	$15-20 \times 10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$
Sandstein	$6,0 \times 10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$
Tuff	$3,0 \times 10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$
Mergel	$2,2 \times 10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$
Stahl	$12,4 \times 10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$
Wasser	$1,4 \times 10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$
Luft	$0,006 \times 10^6 \text{ kg/m}^2\text{s}$

Aus den Formeln (9) und (10) sowie den Zahlenwerten der Tabellen ist die jedem Praktiker geläufige Erfahrung ableitbar, daß man im weicherem, zerklüfteten Gestein vorteilhaft Sprengstoffe geringerer Dichte und geringerer \rightarrow Detonationsgeschwindigkeit anwendet. Die im Bohrloch gemessenen Werte für die Detonationsgeschwindigkeit liegen ohnehin bei gelatinösen Sprengstoffen bei 3500 m/s und bei pulverförmigen bei 3700 m/s, also erheblich niedriger als die im Stahlrohr gemessenen Werte.

Der extrem niedrige Impedanzwert für Luft bewirkt, daß kaum Detonationsenergie an Luft abgegeben wird, wenn sie z. B. feinv verteilt im Sprengstoff vorliegt. Roth konnte experimentell nachweisen, daß durch Luftblasenverteilung in Nitroglycerin die Schlagempfindlichkeit sehr stark heraufgesetzt wird.

Literatur:

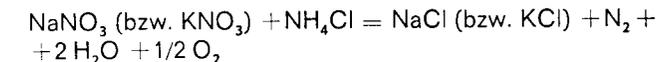
- B. Riemann: Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Math. Phys. 8, 43 (1960).
 H. Hugoniot: Journ. de l'école polytechnique 58, 1–125 (1889).
 W. J. Rankine: Trans. Roy. Soc. London 160, 277–288 (1870).
 R. Becker: Z. Phys. 8, 321–362 (1922).
 E. Jouguet: Proc. Int. Congr. Appl. Mech. 1926, 12–22.
 E. Bollé: Explosion und Explosionswellen in: Auerbach und Hort: Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik. Leipzig 1928.

- A. Schmidt: Z. f. d. g. Schieß- und Sprengstoffw. 27, 145–149; 184–188; 225–228; 264–267; 299–302 (1932) und 33, 280–283; 312–315 (1938).
 K. Bechert: Ann. Phys. (5) 37, 89–123 (1940); (5) 38, 1–25 (1940); (5) 39, 169–202 (1941); (5) 39, 357–372 (1941).
 Courant-Friedrich: Supersonic Flow and Shock Waves. Interscience Publ. Inc., New York 1948.
 J. Taylor: Detonation in condensed explosives. Oxford, Clarendon Press 1952.
 M. A. Cook: The Science of High Explosives, Reinhold, New York 1958.
 J. F. Roth: Explosivstoffe (1958), 23–31; 45–54.
 F. Wecken und L. Mücke: Rapport 8 50 Deutsch-Franz. Forschungsinstitut St. Louis.
 J. B. Zeldowich, A. S. Kompaneets: Theory of Detonation. Acad. Press, New York and London 1960.
 H. Gg. Wagner: Gaseous Detonations and the Structure of a Detonation Zone (in „Fundamental Data obtained from Shock Tube Experiments“. Editor: A. Ferri), Pergamon Press, Oxford 1961.
 A. van Tiggelen: Oxydations et Combustion, Tome II, in Publications de l'Institut Français du Pétrole, Paris 1968.
 C. H. Johansson und P. A. Persson: Detonics of High Explosives. Academic Press London und New York 1970.
 Berger und Viard: Physique des Explosifs solides. Paris, Dunod 1962.

Selektive Detonation

Die von H. Ahrens beschriebene Selektivität im Detonationsablauf tritt dann auf, wenn an der durch die Stoßwelle angeregten intensiven chemischen Reaktion (\rightarrow Detonation) Vorgänge sehr verschiedener Empfindlichkeit und damit sehr verschieden langer Induktionsperiode beteiligt sind. Ist die Intensität der Stoßwelle infolge äußerer Umstände, wie z. B. fehlenden Einschusses, sehr gering, kann die Induktionsperiode für die unempfindlichere Reaktion unendlich werden, d. h. diese findet nicht mehr statt.

Technische Bedeutung hat die beschriebene Selektivität bei den Salzzaar-Wettersprengstoffen (\rightarrow Wettersprengstoffe). Ihr Anteil an Sprengöl ist so gewählt, daß er noch gerade eine Detonation gewährleisten würde, wenn er in einem inerten Salzbett verteilt wäre. Die unempfindliche Reaktion im Sinne der obigen Darlegung ist die Salzzaarumsetzung selbst:



Sie findet nur statt, wenn der Detonationsvorgang durch Einschluß begünstigt abläuft; sonst verhält sich das Salzzaargemisch wie inertes Salz. Wird der Sprengstoff also ohne Einschluß abgetan (wie bei der Kantenmörser-Prüfung, oder nach Wegriß des Einschusses durch den vorhergehenden Schuß in der Kohle), so fin-

det nur die schnelle, über den Mengenanteil begrenzte und daher zündungefähliche Sprengölumsetzung statt; wird der Sprengstoff im unverletzten Bohrloch abgetan, läuft die Salzpaar-Umsetzung mit, und der Sprengstoff vermag sein Arbeitsvermögen zu entfalten.

Detonationsgeschwindigkeit

detonation rate; vitesse de détonation

ist die Geschwindigkeit, mit welcher die Detonation in einem Sprengstoff fortschreitet; sie ist bei maximaler Dichte und in einer Ladesäule wesentlich oberhalb des „kritischen Durchmessers“ für jeden Sprengstoff eine charakteristische Konstante, die durch andere Umstände nicht beeinflusst wird. Sie nimmt mit abnehmender Ladedichte ab. Sie wird mit Kurzzeitmessern (mit elektronischen Dekadenzählern, früher mit Funkenchronographen oder einem optischen Chronographen) oder nach dem Verfahren von *Dautriche* gemessen.

Die gelatinösen Nitroglyzerin- und Nitroglykol-Sprengstoffe weisen ohne und mit Einschluß sehr auseinanderliegende Werte auf, die daher auch als „untere“ und „obere“ Detonationsgeschwindigkeit bezeichnet werden. Die im Stahlrohr gemessene Geschwindigkeit wird im Bohrloch selbst nicht erreicht, sie liegt dort etwa bei 3500 m/s. Pulverförmige Sprengstoffe zeigen im Bohrloch Werte von etwa 3700 m/s.

Sensibilisierte seismische Spezialsprengstoffe (→ Geosit) detonieren mit und ohne Einschluß nur mit der „oberen“ Detonationsgeschwindigkeit.

Detonationsübertragung

sympathetic detonation; détonation par influence

Eine detonierende Sprengstoffpatrone vermag eine benachbarte Patrone zur Detonation mit anzuregen; bei ausreichend empfindlichen Sprengstoffen geschieht dies über eine Entfernung von mehreren Zentimetern hinweg. Wird die Übertragung der Sprengstoffe im metallischen Einschluß – z. B. in einem Eisenrohr – geprüft, kann die Übertragungsweite bis zu 1 m und mehr betragen. Die zur Zeit in Deutschland übliche Methode zur Bestimmung der Detonationsübertragung besteht darin, daß 2 Patronen gleicher Art axial ausgerichtet mit einem Zwischenraum auf eine Sandbettung gelegt werden. Nun wird diejenige Entfernung ermittelt, bei der eben noch eine Übertragung stattfindet. Die erzielten Entfernungen sind u. a. auch vom Durchmesser der Patrone abhängig.

Im englischen Sprachgebrauch wird das Übertragungsverhalten als „gap“-Test bezeichnet.

Der Europaausschuß für die Normung von Explosivstoffprüfungen schlägt vor, die Fähigkeit zur Detonationsübertragung bei gewerblichen Sprengstoffen so zu ermitteln, daß zwei Patronen des kleinsten technisch gefertigten Durchmessers an einem Stab aus Weich-eisen, Holz oder Kunststoff koaxial ausgerichtet, befestigt und horizontal frei in Luft hängend gesprengt werden. Zur Initiierung der Schlagpatrone wird eine Sprengkapsel Nr. 8 verwendet. Der Abstand der beiden Patronen wird von 0–9 cm um jeweils 1 cm, von 10–20 cm jeweils um 2 cm und darüber um jeweils 5 cm vergrößert. Die Feststellung der vollständigen Detonation der Empfängerpatrone erfolgt entweder mit einer am Ende dieser Patrone senkrecht zur Achse gesetzten Bleiplatte oder durch eine zweite Empfängerpatrone. Die Fähigkeit zur Übertragung soll als „Koeffizient der Detonationsübertragung“ (*coefficient de transmission de la détonation*), C.T.D., bezeichnet und zahlenmäßig als das arithmetische Mittel aus drei aufeinanderfolgenden positiven und negativen Resultaten angegeben werden.

→ Wettersprengstoffe werden in Deutschland außerdem im Kohle-Zement-Rohr auf Übertragung geprüft; dies sind mit axialer Bohrung versehene Zylinder aus einer abgebundenen Mischung von Zement mit Kohlenstaub in den Mischungsverhältnissen 1:2 und 1:20.

Bei den bisher berichteten Untersuchungen bestanden Geber- und Empfänger-Patronen aus dem gleichen Sprengstoff. Die Übertragung bei einer genormten Geber-Patrone (z. B. einem Hexogen-Preßkörper) durch ein Brems-Medium verschiedener Dicke hindurch kann darüber hinaus ein Mittel zur Bestimmung der Empfindlichkeit der verschiedenen Explosivstoffe verwendet werden. In USA begann man damit, Spielkarten-Blätter zwischen Geber- und Empfänger-Patronen zu legen. In einer weiteren Verfeinerung der Methode gelingt es, das Brems-Medium so zu wählen, daß nur die Stoßwelle, nicht aber die Wärme-Übertragung als auslösendes Moment an der Empfängerpatrone verbleibt („shock-pass-heat-filter“). Abb. 12 zeigt eine solche Anordnung:

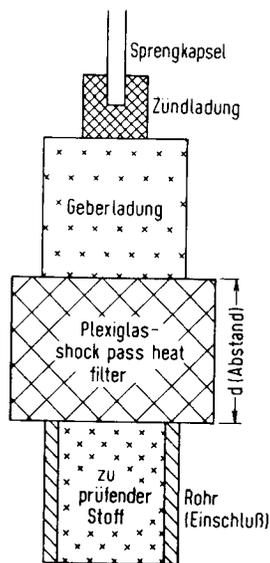


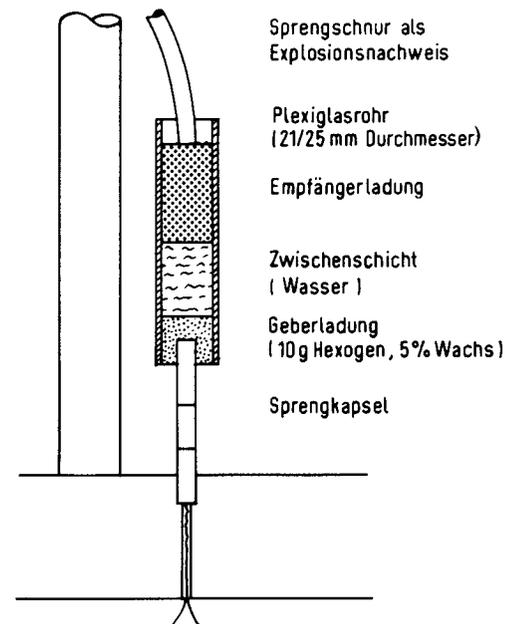
Abb. 12. Gap Test

Es ist üblich geworden, als Resultat solcher Tests den Stoßwellendruck anzugeben, der nach Durchlaufen der Plexiglas-Dicke d gerade noch Detonation auslöst; *Held**) gibt für eine Tetryl-Geberladung von 50 mm Länge und 50 mm ϕ die Formel an

$$p = 105 e^{0,0358 d}$$

p in kbar, d in mm

*Trimborn**)* hat eine besonders einfache Methode mit Wasser als Übertragungsmedium beschrieben:

Abb. 13. Gap-Test nach *Trimborn*

Die Übertragungsprüfung ist mit Rücksicht auf das flüssige Bremsmedium von unten nach oben angeordnet. In eine Grundplatte aus Stahl ist eine Bohrung zur Aufnahme eines Brückenzünders und eine Nut für die Zündleitung eingelassen. Ferner trägt sie eine Stahlstange zur Befestigung einer Sprengschnur, die in Verbindung mit einer Bleiplatte als Explosionsnachweis für die Empfängerladung benutzt wird.

Die Geberladung aus Hexogen mit 5% Wachs wird in ein Plexiglasrohr mit der Kapselaufnahme nach unten eingeklebt und mit Wasser überschichtet, dessen Schichtdicke leicht schrittweise veränderbar ist; die Empfängerladung schließt sich nach oben im gleichen Plexiglasrohr an und endet mit der erwähnten Sprengschnur. Einige Ergebnisse:

*) *M. Held*, Initiierung von Sprengstoffen, ein vielschichtiges Problem der Detonationsphysik, *Explosivstoffe* **16**, 2–17, (1968) und *J. Jaffe, R. Beaugard und Amster*: Determination of the Shock Pressure Required to Initiate Detonation of an Acceptor in the Shock Sensitivity Test — *ARS Journal* **32**, 22–25, (1962).

) *F. Trimborn*, *Explosivstoffe* **15, 169–175 (1967).

Tabelle 3. Gap-Test-Ergebnisse.

Explosivstoffe	Zustand	Dichte g/cm ³	k. Expl. mm Wasser- höhe	teilw. Expl.		regelm. Expl.		Initiierungsdruck für	
				mm Wasserhöhe	mm Wasserhöhe	mm Wasserhöhe	mm Wasserhöhe	ca. 50 % Explosion	Werte aus der Literatur
Comp. B Hexogen, 5 % Wachs Hexyl Nitropenta, 7 % Wachs Pentolit 50/50	gegossen	1.68	18	17	16	17	17 bis 30	eigene Messungen kbar	Literatur kbar
	gepreßt	1.63	22	21	20	12	18		
	gepreßt	1.50	20	—	19	14			
	gepreßt	1.60	29	28	27	7			
	gegossen	1.65	23	22, 21	20	12	5 bis 6 ca. 15		
Pikrinsäure Tetryl	gepreßt	1.58	17	16	15	18	10		
	gepreßt	1.53	24	—	23	10	ca. 12		
TNT	gepreßt	1.53	22	21	20	12			
TNT	gegossen	1.58	7	6	5	38	37		
TNT	gegossen	1.61	6	5, 4, 3	2	43	32 bis 42		

Danach stehen die aus den Messungen errechneten Initiierungsdrucke in guter Übereinstimmung mit den Werten, die mit anderen Anordnungen erhalten wurden.

Weitere Literatur:

Dinegar, R. H., Rochester, R. H., und Millican, M. S., „The Effect of Specific Surface on the Explosion Times of Shock Initiated PETN.“ Am. Chem. Soc. Div.: Fuel Chem. 7 (Nr. 3) (1963) 17–27.

Cachia, G. P., und Whitebread, E. G., „The initiation of explosives by shock.“ Proc. Roy. Soc. A 246 (1958) 268–273. „Card-Gap-Test for Shock Sensitivity of Liquid Monopropellants.“ Test Nr. 1, Recommended by the JANAF Panel on Liquid Propellant Test Methods, March 1960.

Rempel, G. G., „Determination of Speeds of Shock Waves Necessary to Trigger Detonation of Explosives.“ Beitrag zu K. K. Andreyev et al. „Theorie of Explosives“. (Original russisch, Moskau 1963). Engl. Übers.: Foreign Techn. Div., Wright Patterson Air Force Base, Ohio, (Clearinghouse) 1964.

Roth, J. F., „Torpedierungssprengungen in großen Tiefen. Prüfung der Sprengstoffe und Zündmittel unter entsprechenden Bedingungen“. Nobel Hefte 31 (1965) 77–101.

„Statistical analysis for a new procedure in sensitivity experiments“. AMP-Rep. No 101 IR. US Nat. Def. Res. Com. Statistical Res. Group. Princeton, July 1944.

Mills, E. J., „Hugoniot Equations of State for Plastics: A Comparison“. AIAA-Journal 3 (1965) 742–743.

Price, D., und Jaffe, J., „Large Scale Gap Test: Interpretation of Results for Propellants“. ARS-Journal 31 (1961) 595–599.

Cook, M. A., Keyes, R. T., und Ursenbach, W. O., „Measurements of Detonation Pressure“. J. appl. Phys. 33 (1962) 3413–3421.

Price, D., Jaffe, J., und Robertson, G. E. „Shock sensitivity of solid explosives and propellants“. XXXVI. Int. Kongreß f. Industrielle Chemie, Brüssel 1966.

Amster, A. B., Noonan, E. C., und Bryan, G. J., „Solid Propellant Detonability“ ARS-Journal 30 (1960) 960–964.

Detonationswärme

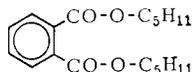
heat of detonation; chaleur de détonation

Die bei der Detonation eines Sprengstoffs freiwerdende Wärme ist aus den thermochemischen Daten des Sprengstoffs und der Schwadenprodukte allein nicht berechenbar (→ Explosionswärme; → thermodynamische Berechnung der Umsetzung von Explosivstoffen), da unter C–J-Bedingungen (→ oben) die Umsetzung zu den Schwaden etwas anders sein kann; sie wird außerdem auch durch die Dichte des Sprengstoffs beeinflusst. Berechnungsmöglichkeiten

bestehen aus der Detonations-Theorie. Experimentelle Daten wurden in den USA in einem „Detonationskalorimeter“ ermittelt*), welches bei genügender Größe und ausreichender Wandstärke der Sprengkammer die Vornahme von Detonationen ermöglichte; dabei wurde die oben erwähnte Beeinflussung durch die Dichte des Sprengstoffs festgestellt.

Diamylphthalat

diamylphthalate; phtalate diamylique



Bruttoformel: $C_{18}H_{26}O_4$

Mol.-Gew.: 306,4

Bildungsenergie: $-688 \text{ kcal/kg} = -2879 \text{ kJ/kg}$

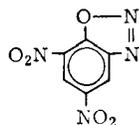
Bildungsenthalpie: $-715 \text{ kcal/kg} = -2992 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-235,0 \%$

Diamylphthalat dient als gelatinierender Zusatz zu Schießpulvern und zu deren \rightarrow Oberflächenbehandlung.

Diazodinitrophenol

diazodinitrophenol; diazodinitrophénol; Dinol; Diazol; D.D.N.P.



gelblich bis rotgelbes amorphes Pulver

Bruttoformel: $C_6H_2N_4O_5$

Mol.-Gew.: 210,1

Bildungsenergie: $-349,5 \text{ kcal/kg} = -1462 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-365 \text{ kcal/kg} = -1527 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-60,9 \%$

Stickstoffgehalt: $26,67 \%$

Dichte: $1,63 \text{ g/cm}^3$

*) D. L. Ornellas, The Heat and Products of Detonation in a Calorimeter of CNO, HNO, CHNF, CHNO, CHNOF, and CHNOSi Explosives, Combustion and Flame **23**, 37–46 (1974).

Bleiblockausbauchung: 326 cm^3

Detonationsgeschwindigkeit:

6600 m/s bei $\rho = 1,5 \text{ g/cm}^3$

Verpuffungspunkt: $180\text{--}200 \text{ }^\circ\text{C}$

Schlagempfindlichkeit: $0,15 \text{ kp m} = 1,5 \text{ Nm}$

Wenig löslich in Wasser, etwas löslich in Methanol und Alkohol, löslich in Aceton, Nitroglycerin, Nitrobenzol, Anilin, Pyridin und Essigsäure.

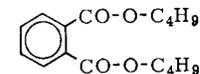
Diazodinitrophenol dunkelt im Sonnenlicht schnell.

Die Verbindung wird hergestellt durch Diazotierung von Pikramidsäure mit Natriumnitrit in salzsaurer Lösung bei guter Kühlung. Reinigung des anfallenden dunkelbraunen Produktes durch Auflösen in heißem Aceton und Ausfällen mit Eiswasser.

Die Diazoverbindung findet Verwendung als Initialsprengstoff in den USA. Sie ist kräftiger als Knallquecksilber und etwas schwächer als Bleiazid.

Dibutylphthalat

dibutylphthalate; phtalate dibutylique; Phthalsäuredibutylester



farblose Flüssigkeit

Bruttoformel: $C_{16}H_{22}O_4$

Mol.-Gew.: 278,4

Bildungsenergie: $-696,1 \text{ kcal/kg} = -2913 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-723 \text{ kcal/kg} = -3027 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-224,19 \%$

Dichte: $1,045 \text{ g/cm}^3$

Kp. (bei 20 mm Hg): $205\text{--}210 \text{ }^\circ\text{C}$

Flammpunkt: $170 \text{ }^\circ\text{C}$

Dibutylphthalat ist in Wasser unlöslich, in den üblichen organischen Lösemitteln gut löslich.

Technische Reinheitsforderungen

Reingehalt (aus Verseifungsbestimmung)

nicht unter 99%

Aschegehalt: nicht über $0,02 \%$

Dichte: $1,044\text{--}1,054 \text{ g/cm}^3$

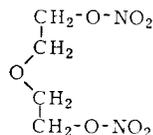
Reaktion in alkoholischer Lösung gegen Phenolphthalein:

neutral

Dichte

density; densité

→ Ladedichte

Diglykoldinitratdiethyleneglycol dinitrate; dinitrate de diéthylèneglycol;
Diäthylenglykoldinitrat; Dinitrodiglykol; DEGN

farblose, geruchlose Flüssigkeit

Bruttoformel: $\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_7$

Mol.-Gew.: 196,1

Bildungsenergie: $-502,2 \text{ kcal/kg} = -2101 \text{ kJ/kg}$ Bildungsenthalpie: $-528 \text{ kcal/kg} = -2208 \text{ kJ/kg}$ Sauerstoffwert: $-40,8 \%$ Stickstoffgehalt: $14,29 \%$ Normalgasvolumen: 1030 l/kg Explosionswärme: $1081 \text{ kcal/kg} = 4527 \text{ kJ/kg}$ Spezif. Energie: $116,6 \text{ mt/kg} = 1143 \text{ kJ/kg}$

Dampfdruck:

Millibar	Temperatur °C
0.0048	20
0.17	60

Dichte: $1,3846 \text{ g/cm}^3$ (20/4)Brechungsindex: $n_{25}^D = 1,4498$ Kp.: 139 °C (bei 7 mm)F.: $+3 \text{ °C}$ (stabile Form) $-10,4 \text{ °C}$ (labile Form)Bleiblockausbauchung: 410 cm^3 Detonationsgeschwindigkeit: 6600 m/s bei $\rho = 1,38 \text{ g/cm}^3$ Verpuffungspunkt: 190 °C Schlagempfindlichkeit $0,02 \text{ kpm} = 0,2 \text{ Nm}$

Bei gewöhnlicher Temperatur mischbar mit Nitroglycerin, Nitroglykol, Äther, Aceton, Methylalkohol, Chloroform und Benzol, nicht mischbar bzw. schlecht löslich in Äthylalkohol und Tetrachlorkohlenstoff. Wenig hygroskopisch und wenig löslich in Wasser, jedoch mehr als Nitroglycerin.

Seine Dämpfe verursachen Kopfschmerz, aber weniger als die von Nitroglykol.

Das Diglykoldinitrat wird wie Nitroglycerin durch Nitrieren von Diäthylenglykol mit Mischsäure diskontinuierlich oder kontinuierlich hergestellt. Diglykol wird synthetisch gewonnen. Die relative Instabilität der Abfallsäure bedingt besondere Mischsäurerezepturen und sofortige Denitrierung der Abfallsäure nach Beendigung der Nitrieroperation.

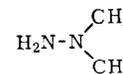
Diglykoldinitrat wurde während des zweiten Weltkrieges von deutscher Seite in großem Umfang als Grundbestandteil zweibasiger Pulver (→ Schießpulver) verwendet. Die Diglykolpulver können in ihrem Kaloriengehalt niedriger gehalten werden als vergleichbare Nitroglycerinpulver; sie stellen einen ersten Schritt zu sogenannten „kalten“ Pulvern dar. Das Diglykoldinitrat und auch das Triglykoldinitrat werden auch als Raketentreibsätze eingesetzt.

Technische Reinheitsforderungen für Diglykol als Vorprodukt

Aussehen:	klar, farblos
Dichte (20/4):	$1,1157\text{-}1,1165 \text{ g/cm}^3$
Siedeanalyse:	$241\text{-}250 \text{ °C}$
Feuchtigkeit: nicht über	$0,5 \%$
Glührückstand: nicht über	$0,02 \%$
Säure als H_2SO_4 : nicht über	$0,01 \%$
Chloride:	nur Spuren
Verseifungszahl: nicht über	$0,02 \%$
reduzierende Bestandteile	
(Test mit AgNO_3 in NH_3 -Lsg.):	0
Viskosität bei 20 °C :	$35,7 \text{ cp}$
Monoglykolgehalt: nicht über	2%
(Bestimmung: 4 ml Diglykol und 4 ml Lösung von 370 g NaOH/Liter werden gemischt und abgekühlt, 2 ml CuSO_4 -Lösung ($200 \text{ g CuSO}_4 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O/Liter}$) zugegeben und geschüttelt. Bestimmung durch kolorimetrischen Vergleich mit Diglykol-Glykol-Standard-Mischungen bei gleicher Prozedur, die 0,5; 1,5 und 2 % Glykol enthalten.)	

Dimethylhydrazin

dimethylhydrazine; diméthylhydrazine; UDMH



farblose Flüssigkeit

Bruttoformel: $C_2H_8N_2$

Mol.-Gew.: 60,10

Bildungsenergie: $+247,3 \text{ kcal/kg} = 1035 \text{ kJ/kg}$

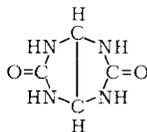
Bildungsenthalpie: $+198 \text{ kcal/kg} = +828 \text{ kJ/kg}$

Dimethylhydrazin dient für Flüssig-Raketen-Antriebe (\rightarrow Aerozin).

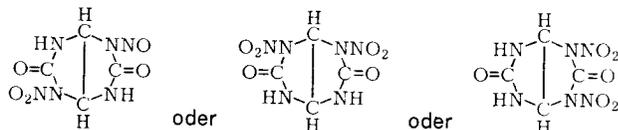
Dingu und Sorguyll*)

dinitroglycolurile und *tetranitroglycolurile*; *glycolurile*
dinitramine et *glycolurile tétranitramine*

Die Reaktion zwischen Glyoxal $O=CH-CH=O$ und Harnstoff
 $H_2N-C=O-NH_2$ ergibt Glykoloril mit der Strukturformel



Die Dinitrierung ergibt „Dingu“:



farblose Kristalle

Bruttoformel: $C_4H_4N_6O_6$

Molekulargewicht: 232,1

Sauerstoffwert: $-27,6 \%$

Stickstoffgehalt: $36,21 \%$

Dichte: $1,94 \text{ g/cm}^3$

Detonationsgeschwindigkeit: 7580 m/s bei $\rho = 1,75 \text{ g/cm}^3$

(bei Maximaldichte nicht detonierbar)

Verpuffungspunkt: $225-250 \text{ }^\circ\text{C}$

die Zersetzung beginnt schon bei $130 \text{ }^\circ\text{C}$

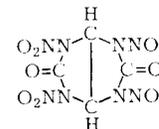
Schlagempfindlichkeit: $0,5-0,6 \text{ kp m} = 5-6 \text{ Nm}$

Reibungempfindlichkeit: $20-30 \text{ kg Stiftbelastung}$

*) Dingu und Sorguyll wurden entwickelt durch die SOCIÉTÉ NATIONALE DES POUDRES ET EXPLOSIFS, Sorgues, Frankreich.

Das Produkt ist durch alkalische Hydrolyse leicht zersetzbar. In Berührung mit neutralem und saurem Wasser ist es stabil. In den meisten organischen Lösungsmitteln und in geschmolzenem TNT ist es unlöslich; es löst sich in Dimethylsulfoxid (DMSO).

Die Weiternitrierung mit $HNO_3-N_2O_5$ -Gemisch erzielt das Tetranitramin „Sorguyll“:



farblose Kristalle

Bruttoformel: $C_4H_2N_8O_{10}$

Molekulargewicht: 322,1

Sauerstoffwert: $+5,0 \%$

Stickstoffgehalt: $34,79 \%$

Dichte: $2,01 \text{ g/cm}^3$

Detonationsgeschwindigkeit: 9150 m/s bei $\rho = 1,95 \text{ g/cm}^3$

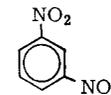
Verpuffungspunkt: $237 \text{ }^\circ\text{C}$

Schlagempfindlichkeit: $0,15-0,2 \text{ kp m} = 1,5-2 \text{ Nm}$

Das Produkt ist interessant wegen seiner hohen Dichte und seiner hohen Detonationsgeschwindigkeit.

m-Dinitrobenzol

metadinitrobenzene; *métadinitrobenzène*



hellgelbe Kristallnadeln

Bruttoformel: $C_6H_4N_2O_4$

Mol.-Gew.: 168,1

Bildungsenergie: $-19,3 \text{ kcal/kg} = -80,58 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-36,9 \text{ kcal/kg} = -154,3 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-95,18 \%$

Dichte: $1,50 \text{ g/cm}^3$

Stickstoffgehalt: $16,67 \%$

Normalgasvolumen: 850 l/kg

Explosionswärme: $820 \text{ kcal/kg} = 3433 \text{ kJ/kg}$

Spezif. Energie: $72,4 \text{ mt/kg} = 710 \text{ kJ/kg}$

F.: $89,6 \text{ }^\circ\text{C}$

Dampfdruck:

Millibar	Temperatur °C
0,1	90
5	150
50	200
266	250
914	290

Bleiblockausbauchung: 242 cm³Detonationsgeschwindigkeit: 6100 m/s bei Dichte 1,50 g/cm³

Verpuffungspunkt: Verdampfung bei 291 °C; keine Verpuffung

Schlagempfindlichkeit: 4 kp m = 39 Nm

Reibempfindlichkeit: bei 36 kp Stiftbelastung keine Reaktion

Grenzdurchmesser-Stahlhülstentest: 1 mm

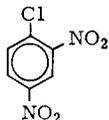
Dinitrobenzol ist in Wasser nur geringfügig löslich.

Man gewinnt es durch direkte Nitrierung von Benzol oder von Nitrobenzol. Es ist ein recht unempfindlicher Sprengstoff.

Wegen seiner Giftigkeit wurde Dinitrobenzol nur in Zeiten großer Verknappung an Trinitrotoluol für Sprengladungen eingesetzt.

Der MAK-Wert („maximale Arbeitsplatz-Konzentration“) beträgt für Dinitrobenzol 1 mg/m³.

Dinitrochlorbenzol

dinitrochlorobenzene; dinitrochlorobenzène; 1,2,4-Chlordinitrobenzol

klare hellgelbe Kristalle

Bruttoformel: C₆H₃N₂O₄Cl

Mol.-Gew.: 202,6

Bildungsenergie: -13,8 kcal/kg = -57,8 kJ/kg

Bildungsenthalpie: -28,6 kcal/kg = -120 kJ/kg

Sauerstoffwert: -71,1 %

Stickstoffgehalt: 13,83 %

Dichte: 1,70 g/cm³

F.: (Isomerenmischung): 43 °C

Kp.: 315 °C

Bleiblockausbauchung: 225 cm³

Verpuffungspunkt: bis 360 °C keine Reaktion

Schlagempfindlichkeit: über 5 kp keine

Reibempfindlichkeit: bis 36 kp Stiftbelastung keine

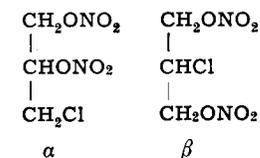
Grenzdurchmesser-Stahlhülstentest: bei 1 mm keine Reaktion

Dinitrochlorbenzol ist unlöslich in Wasser, löslich in heißem Alkohol, Äther und Benzol.

Man erhält Dinitrochlorbenzol bei der Nitrierung von Chlorbenzol als ein Gemisch der 2,4-Verbindung (F. 53,4 °C) und der 2,6-Verbindung (F. 87-88 °C).

Das Dinitrochlorbenzol ist ein Zwischenprodukt für viele Synthesen (→ Hexanitrodiphenylamin, Trinitrochlorbenzol, Trinitroanilin, Trinitrobenzol usw.).

Dinitrochlorhydrin

Monochlordinitroglycerin, Glycerinchlorhydrindinitrat, Chlorhydrindinitrat, Monochlordinitrin

schwach gelbliche Flüssigkeit

Bruttoformel: C₃H₅N₂O₆Cl

Mol.-Gew.: 200,5

Sauerstoffwert: -15,9 %

Stickstoffgehalt: 13,97 %

Dichte: 1,54 g/cm³

E.: +5 °C

Bleiblockausbauchung: 475 cm³Detonationsgeschwindigkeit: 6750 m/s bei $\rho = 1,54 \text{ g/cm}^3$

Explosionswärme: 1 053 kcal/kg

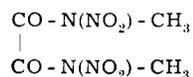
Verpuffungspunkt: 190-205 °C

Schlagempfindlichkeit: 0,7 kp m = 7 Nm

Dinitrochlorhydrin ist nicht hygroskopisch, praktisch unlöslich in Wasser, leichter flüchtig und weniger viskos als Nitroglycerin und von stärkerer physiologischer Wirkung als dieses.

Dinitrodimethyloxamid

dinitrodimethyloxamide; dinitrodiméthyloxamide



farblose Kristallnadeln

Bruttoformel: $\text{C}_4\text{H}_6\text{N}_4\text{O}_6$

Mol.-Gew.: 206,1

Bildungsenergie: $-331,7 \text{ kcal/kg} = -1388 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-355 \text{ kcal/kg} = -1484 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-38,8 \%$

Stickstoffgehalt: $27,19 \%$

Dichte (15°C): $1,523 \text{ g/cm}^3$

Bleiblockausbauchung: 360 cm^3

Detonationsgeschwindigkeit: 7100 m/s bei $\rho =$

$1,50 \text{ g/cm}^3$

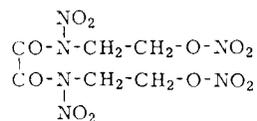
Schlagempfindlichkeit: $0,6 \text{ kp m} = 6 \text{ Nm}$

Die Verbindung ist unlöslich in Wasser, wenig löslich in Äther und Chloroform, löslich in Alkohol. Sie ist chemisch beständig.

Dinitrodimethyloxamid wird durch Nitrierung von Dimethyloxamid mit Salpetersäure/Schwefelsäure hergestellt.

Dinitrodioxyäthyloxamidnitrat

dinitrodioxiethyloxamide dinitrate; dinitrate de dioxyéthyl-dinitroxamide; Dinitrodiäthanoloxamidnitrat; Neno



farblose Blättchen

Bruttoformel: $\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_6\text{O}_{12}$

Mol.-Gew.: 356,2

Bildungsenergie: $-337,5 \text{ kcal/kg} = -1412 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-359 \text{ kcal/kg} = -1502 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-18,0 \%$

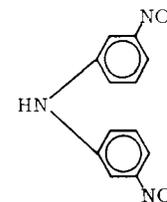
Stickstoffgehalt: $23,60 \%$

F.: 88°C

Dinitrodiäthanolnitrattoxamid ist leicht löslich in Aceton, heißem Alkohol, unlöslich in kaltem Wasser.

Man erhält Dinitrodiäthanolnitrattoxamid durch Nitrierung von Diäthanoloxamid, das durch Kondensation von Monoäthanolamin mit Oxalsäure gewonnen wird.

Dinitrodiphenylamin



Bruttoformel: $\text{C}_{12}\text{H}_9\text{N}_3\text{O}_4$

Mol.-Gew.: 259,1

Bildungsenergie: $+39,4 \text{ kcal/kg} = +165 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $+21,1 \text{ kcal/kg} = +88,3 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-151,2 \%$

Stickstoffgehalt: $16,22 \%$

Normalgasvolumen: 546 l/kg

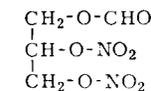
Explosionswärme: $902 \text{ kcal/kg} = 4650 \text{ kJ/kg}$

Dichte: $1,42 \text{ g/cm}^3$

Spezif. Energie: $50,2 \text{ mt/kg} = 728 \text{ kJ/kg}$

Dinitroformin

formylglycerol dinitrate; dinitrate de formylglycérine; Formyldinitroglycerin; Glycerin-formiat-dinitrat



bläugelbes Öl

Bruttoformel: $\text{C}_4\text{H}_6\text{N}_2\text{O}_8$

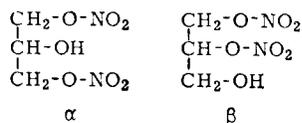
Mol.-Gew.: 210,1
 Sauerstoffwert: -22,9 %
 Stickstoffgehalt: 13,33 %
 Dichte: 1,57 g/cm³
 Explosionswärme:
 1 009 kcal/kg = 4 225 k J/kg

Zur Darstellung von Dinitroformin setzt man Glycerin mit Oxalsäure um und nitriert das entstandene Monoformin-Glycerinmisch mit Mischsäure. Dinitroformin fällt als Gemisch mit 70 % Nitroglycerin an.

Die Mischung wurde zur Herstellung ungefrorebarer Sprengstoffe vorgeschlagen, ist jedoch heute durch das Nitroglykol überholt.

Dinitroglycerin

glyceryldinitrate; dinitrate de glycérol; Glycerindinitrat



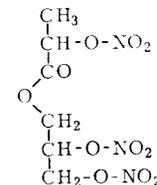
farbloses, geruchloses Öl
 Bruttoformel: C₃H₈N₂O₇
 Mol.-Gew.: 182,1
 Sauerstoffwert: -17,6 %
 Stickstoffgehalt: 15,38 %
 Dichte: 1,51 (15/4) g/cm³
 F.: -30  C
 Kp.: 146-148  C (bei 15 mm)
 Bleiblockausbauchung: 450 cm³
 Explosionswärme: 1201 kcal/kg = 5029 kJ/kg
 Verpuffungspunkt: 170  C
 Schlagempfindlichkeit: 0,15 kp m = 1,5 Nm

Dinitroglycerin ist dickflüssig, aber flüchtiger und leichter in Wasser löslich als Nitroglycerin, hygroskopisch und ein brauchbarer Gelator für manche Nitrocellulosen. Es ist stabiler als das Glycerin-Trinitrat. Seine Dämpfe sind giftig und verursachen Kopfschmerz.

Dinitroglycerin wurde technisch durch Nitrieren von Glycerin mit Salpetersäure hergestellt, wobei Gemische von Di- und Trinitroglycerin erhalten wurden.

Dinitroglycerinnitrolactat

Glycerin-nitrolactat-dinitrat

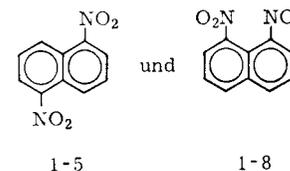


farblose Flüssigkeit
 Bruttoformel: C₆H₉N₃O₁₁
 Mol.-Gew.: 299,2
 Sauerstoffwert: -29,7 %
 Stickstoffgehalt: 14,05 %
 Dichte: 1,47 g/cm³
 Brechungsindex: n₂₅^D = 1,464
 Verpuffungspunkt: 190  C

Dinitroglycerinnitrolactat ist in Wasser praktisch unlöslich, leicht löslich in Alkohol und Äther und ein guter Gelator für Nitrocellulose. Es ist w rmebest ndiger und weniger schlagempfindlich als Nitroglycerin.

1-5- und 1-8-Dinitronaphthalin

dinitronaphthalene; dinitronaphthal ne; Dinal



graugelbes Pulver
 Bruttoformel: C₁₀H₆N₂O₄
 Mol.-Gew.: 218,2
 Bildungsenergie:
 1,5-Isomere: +53,6 kcal/kg = +224 kJ/kg
 1,8-Isomere: +67,4 kcal/kg = +282 kJ/kg
 Bildungsenthalpie:
 1,5-Isomere: +37,1 kcal/kg = +155 kJ/kg
 1,8-Isomere: +50,9 kcal/kg = +213 kJ/kg
 Sauerstoffwert: -139,4 %

Stickstoffgehalt: 12,84 %
 Normalgasvolumen: 488 l/kg
 Explosionswärmen:
 1,5-Isomere: 629 kcal/kg = 2635 kJ/kg
 1,8-Isomere: 637,6 kcal/kg = 2667 kJ/kg
 Spezif. Energie: 50,5 mt/kg = 495 kJ/kg
 F.: 1,5-Isomere: 216 °C 1,8-Isomere: 170 °C
 Bleiblockausbauchung: 81 cm³/10 g
 Verpuffungspunkt: 318 °C
 Schlagempfindlichkeit: bis 5 kp m = 49 Nm
 keine Explosion
 Reibempfindlichkeit: bis 36 kp Stiftbelastung keine
 Reaktion

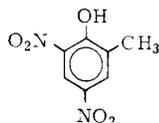
Man erhält Dinitronaphthalin durch Nitrierung von Naphthalin mit Mischsäure in zwei Stufen; das technische Produkt schmilzt etwa ab 140 °C; es ist ein Isomerengemisch.

Es ist in Benzol, Xylol und Aceton leicht, in Alkohol und Äther wenig löslich.

Das Produkt wurde in französischen Sprengstoffmischungen, den „Schneideriten“, als Kohlenstoffträger verwendet.

Dinitro-o-Kresol

dinitroorthocresol; dinitroorthocrésol

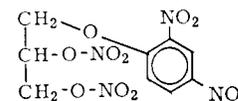


gelbe Kristalle
 Bruttoformel: C₇H₆N₂O₅
 Mol.-Gew.: 198,1
 Bildungsenergie: -320 kcal/kg = -1339 kJ/kg
 Bildungsenthalpie: -348 kcal/kg = -1456 kJ/kg
 Sauerstoffwert: -96,9 %
 Stickstoffgehalt: 14,51 %
 Normalgasvolumen: 620 l/kg
 Explosionswärme: 600 kcal/kg = 2512 kJ/kg
 Spezif. Energie: 63,3 mt/kg = 621 kJ/kg
 F.: 86 °C
 Schlagempfindlichkeit: über 5 kp m
 Reibempfindlichkeit: bis 36 kp Stiftbelastung keine
 Reaktion

Dinitro-o-Kresol ist unempfindlicher als Dinitrobenzol. Es wird – z. T. in Form seiner Salze – als Schädlingsbekämpfungsmittel eingesetzt.

Dinitrophenylglycerinätherdinitrat

glycerol-2,4-dinitrophenyletherdinitrate;
dinitrate de glycérine-dinitrophényléther; Dinitryl



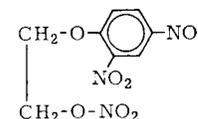
gelbliche Kristalle
 Bruttoformel: C₉H₈N₄O₁₁
 Mol.-Gew.: 348,2
 Sauerstoffwert: -50,6 %
 Stickstoffgehalt: 16,09 %
 F.: 124 °C
 Bleiblockausbauchung: 320 cm³
 Verpuffungspunkt: 205–210 °C
 Schlagempfindlichkeit: 0,8 kp m = 8 Nm

Die Darstellung erfolgt durch Eintragen von o-Nitrophenylglycerinäther in Mischsäure bei 25–30 °C.

Die Verbindung ist unlöslich in Wasser, leicht löslich in Aceton, aber ein schlechter Gelator für Nitrocellulose.

Dinitrophenylglykoläthernitrat

dinitrophenoxyethylnitrate; nitrate de 2,4-dinitrophénoxyéthyle



gelblichweiße Kristalle
 Bruttoformel: C₈H₇N₃O₈
 Mol.-Gew.: 273,2
 Bildungsenergie: -223 kcal/kg = -934 kJ/kg
 Bildungsenthalpie: -243 kcal/kg = -1017 kJ/kg

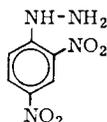
Sauerstoffwert: $-67,4\%$
 Stickstoffgehalt: $15,38\%$
 Dichte: $1,60\text{ g/cm}^3$
 E.: $64-67\text{ }^\circ\text{C}$
 Bleiblockausbauchung: 280 cm^3
 Detonationsgeschwindigkeit: 6800 m/s bei $\rho = 1,57\text{ g/cm}^3$
 Verpuffungspunkt: über $300\text{ }^\circ\text{C}$
 Schlagempfindlichkeit: $2\text{ kp m} = 20\text{ Nm}$

Unlöslich in Wasser, löslich in Aceton und Toluol.

Es wird hergestellt durch Lösen von Phenylglykoläther in Schwefelsäure und Eingießen der Lösung in Mischsäure bei $10-20\text{ }^\circ\text{C}$. Es ist ein Gelatinator für Nitrocellulose.

2,4-Dinitrophenylhydrazin

dinitrophenylhydrazine



Bruttoformel: $\text{C}_6\text{H}_6\text{N}_4\text{O}_4$
 Mol.-Gew.: $198,1$
 Bildungsenergie: $+71,2\text{ kcal/kg} = +298\text{ kJ/kg}$
 Bildungsenthalpie: $+32,3\text{ kcal/kg} = +135\text{ kJ/kg}$
 Sauerstoffwert: $-88,8\%$
 Stickstoffgehalt: $28,28\%$

Ist nach Untersuchungen der BAM trocken explodierbar, mit 20% H_2O dagegen nicht mehr explosionsgefährlich.

1,4-Dinitrosobenzol

dinitrosobenzene; dinitrosobenzène



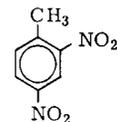
Bruttoformel: $\text{C}_6\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_2$

Mol.-Gew.: $136,1$
 Sauerstoffwert: -141%
 Stickstoffgehalt: $20,58\%$
 F.: Zersetzung
 Bleiblockausbauchung: 138 cm^3
 Verpuffungspunkt: $178-180\text{ }^\circ\text{C}$
 Schlagempfindlichkeit: $1,5\text{ kp m} = 15\text{ Nm}$
 Reibempfindlichkeit: bis 36 kp Stiftbelastung
 keine Reaktion
 Grenzdurchmesser-Stahlhülisentest: 2 mm

Erstaunlich ist, daß diese Substanz mit so wenig Sauerstoff-Einbau noch explosionsfähig ist. Im Ein-Zoll-Stahlrohr detoniert sie bei Zündung mit Zündladungskörper noch durch.

Dinitrotoluol

dinitrotoluene; dinitrotoluène; Binitrotoluol; DNT



gelbe Nadeln
 Bruttoformel: $\text{C}_7\text{H}_6\text{N}_2\text{O}_4$
 Mol.-Gew.: $182,1$
 Bildungsenergie:
 2,4-Isomere: $-70,0\text{ kcal/kg} = -292,8\text{ kJ/kg}$
 2,6-Isomere: $-38,1\text{ kcal/kg} = -159,5\text{ kJ/kg}$
 Bildungsenthalpie:
 2,4-Isomere: $-89,5\text{ kcal/kg} = -375\text{ kJ/kg}$
 2,6-Isomere: $-57,6\text{ kcal/kg} = -241\text{ kJ/kg}$
 Sauerstoffwert: $-114,4\%$
 Stickstoffgehalt: $15,38\%$
 Normalgasvolumen: 800 l/kg
 Explosionswärmen:
 2,4-Isomere: $837\text{ kcal/kg} = 3505\text{ kJ/kg}$
 2,6-Isomere: $864\text{ kcal/kg} = 3618\text{ kJ/kg}$
 Spezif. Energie: $72,4\text{ mt/kg} = 710\text{ kJ/kg}$
 F.: $70,1\text{ }^\circ\text{C}$ für reine 2,4-Isomere

Dampfdruck der 2,4-Isomere:

Millibar	Temperatur °C
0.014	35
0.11	70
0.83	100
8.5	150
50.5	200
223	250
300	300

Schmelzwärme:

2,4-Isomere: 26.1 kcal/kg = 109 kJ/kg,
2,6-Isomere: 22.5 kcal/kg = 94 kJ/kg

Bleiblockausbauchung: 240 cm³/10 g

Verpuffungspunkt: bei 360 °C Entzündung

Schlagempfindlichkeit: bis 5 kp m keine

Reibempfindlichkeit: bis 36 kp Stiftbelastung keine

Grenzdurchmesser-Stahlhülisentest: 1 mm

Dinitrotoluol ist in Wasser, Alkohol und Äther nur wenig löslich. Es entsteht bei der Herstellung von Trinitrotoluol im üblichen 3-Stufen-Verfahren.

Das Produkt selbst ist in Form eines niedrig schmelzenden Isomergemisches (6 Isomere) eine wichtige Komponente zur Herstellung von gelatinösen wie pulverförmigen gewerblichen Sprengstoffen; wegen seiner stark negativen Sauerstoffbilanz dient es mit als Kohlenstoffträger. Es mischt sich leicht mit dem Sprengöl und gelatiniert Collodiumwolle.

Ein reineres, überwiegend aus dem 2,4-Isomeren bestehendes Produkt wird auch als Komponente in Schießpulvern eingesetzt.

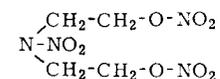
Der MAK-Wert („maximale Arbeitsplatz-Konzentration“) beträgt 1,5 mg/m³.

Technische Reinheitsforderungen

Feuchtigkeit höchstens	0,25 %
Benzolunlöslich höchstens	0,10 %
Säure als H ₂ SO ₄ höchstens	0,02 %
Tetranitromethan	frei
Erstarrungspunkt	
für gewerbliche Sprengstoffe:	möglichst niedrig
für Pulver:	68,0 °C ± 2,5

Dioxyäthyl-nitramin-dinitrat

dioxyethylnitramine dinitrate; dinitrate de dioxyéthylnitramine; Nitro-diäthanolamindinitrat; Dina



farblose Kristalle

Bruttoformel: C₄H₈N₄O₈

Mol.-Gew.: 240,1

Bildungsenergie: -290 kcal/kg = -1214 kJ/kg

Bildungsenthalpie: -314 kcal/kg = -1316 kJ/kg

Sauerstoffwert: -26,6 %

Stickstoffgehalt: 23,34 %

Normalgasvolumen: 943 l/kg

Explosionswärme: 1286 kcal/kg = 5384 kJ/kg

Spez. Energie: 133 mt/kg = 1306 kJ/kg

Dichte: 1,488 g/cm³

F.: 51,3 °C

Bleiblockausbauchung: 445 cm³

Detonationsgeschwindigkeit:

7580 m/s bei $\rho = 1,46 \text{ g/cm}^3$

Schlagempfindlichkeit: 0,6 kp m = 60 Nm

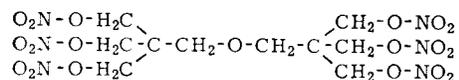
Dioxyäthylnitramindinitrat wird aus Diäthanolamin und Salpetersäure mit Essigsäureanhydrid als wasserentziehendem Mittel und Salzsäure-Katalysator hergestellt. Das Nitrierprodukt wird durch Behandlung mit kochendem Wasser stabilisiert, dann in Aceton gelöst und wieder mit Wasser ausgefällt.

Es ist ein guter Gelatinator für Nitrocellulose und ein kräftiger Sprengstoff, dem Hexogen und Nitropenta vergleichbar.

Während des zweiten Weltkrieges setzte man in USA den Explosivstoff als Ersatz für Nitroglycerin in Corditen ein. Diese Pulver führten den Namen Albanite.

Dipentaerythrithexanitrat

dipentaerythritolhexanitrate; hexanitrate de dipentaérythrite;
Hexanitrodipentaerythrit; Dipenta; Di-pentrit; DPEHN; DIPEHN



Farblose Kristalle

Bruttoformel: $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_6\text{O}_{19}$

Mol.-Gew.: 524,3

Bildungsenergie: $-423,2 \text{ kcal/kg} = -1771 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-446 \text{ kcal/kg} = -1867 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-27,5 \%$

Stickstoffgehalt: $16,03 \%$

Normalgasvolumen: 907 l/kg

Explosionswärme: $1244 \text{ kcal/kg} = 5208 \text{ kJ/kg}$

Spezif. Energie: $127 \text{ mt/kg} = 1243 \text{ kJ/kg}$

Dichte: $1,63 \text{ g/cm}^3$

F.: $72 \text{ }^\circ\text{C}$

Detonationsgeschwindigkeit (bei Dichte 1,59): 7400 m/s

Verpuffungspunkt: $200-220 \text{ }^\circ\text{C}$

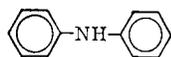
Schlagempfindlichkeit: $0,4 \text{ kp m} = 4 \text{ Nm}$

Dipentaerythrithexanitrat ist löslich in Aceton,
unlöslich in Wasser

Bei der Verarbeitung von technischem Pentaerythrit zum Tetranitrat entsteht als Nebenprodukt eine gewisse Menge Dipentaerythrit-hexanitrat.

Diphenylamin

diphenylamine; diphénylamine



farblose Kristalle

Bruttoformel: $\text{C}_{12}\text{H}_{11}\text{N}$

Mol.-Gew.: 169,2

Bildungsenergie: $+186,1 \text{ kcal/kg} = +778,4 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $+165 \text{ kcal/kg} = +690 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-278,93 \%$

Stickstoffgehalt: $8,28 \%$

Dichte: $1,16 \text{ g/cm}^3$

F.: $54-55 \text{ }^\circ\text{C}$

Kp.: $302 \text{ }^\circ\text{C}$

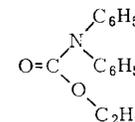
Diphenylamin ist wenig löslich in Wasser, leicht löslich in Alkohol und Säuren. Es ist ein brauchbares Reagens auf Salpetersäure und Nitrate. Besonders wichtig ist seine Verwendung als \rightarrow Stabilisator.

Technische Reinheitsforderungen

Erstarrungspunkt:	$51,7-53 \text{ }^\circ\text{C}$
benzolunlösliches:	
nicht über	$0,02 \%$
Feuchtigkeit:	
nicht über	$0,2 \%$
Lösung in Äther-Alkohol:	klar
Aschegehalt: nicht über	$0,05 \%$
Anilin: nicht über	$0,1 \%$
Säure als HC1: nicht über	$0,005 \%$
Alkali als NaOH: nicht über	$0,005 \%$

Diphenylurethan

diphenylurethane; diphénylurethane



Bruttoformel: $\text{C}_{15}\text{H}_{15}\text{NO}_2$

Mol.-Gew.: 241,3

Bildungsenergie: $-312,8 \text{ kcal/kg} = 1309 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-335 \text{ kcal/kg} = -1404 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-235,4 \%$

Stickstoffgehalt: $5,81 \%$

Diphenylurethan dient als Stabilisator für Schießpulver.

Technische Reinheitsforderungen

Farbe:	schneeweiß
Erstarrungspunkt: nicht unter	$70 \text{ }^\circ\text{C}$
Schmelze:	klar, farblos
flüchtige Bestandteile: nicht über	$0,1 \%$
Aschegehalt: nicht über	$0,1 \%$
Chloride als NaCl: nicht über	$0,02 \%$
Reaktion:	neutral
Säure, als Verbrauch von n/10 NaOH/100 g:	
nicht über	$0,1 \text{ cm}^3$

Ditching Dynamite

ein ungefähr 50% nicht gelatinisiertes Nitroglycerin enthaltenes Misch-Dynamit, das in den USA und Schweden zum Grabenausheben (ditching) verwendet wurde. Die Patronen wurden einzeln in gewissen Abständen in den Erdboden gesteckt und nur eine erste Schlagpatrone gezündet. Die große Empfindlichkeit und Übertragungsweite dieser Gemische bewirkt, daß die ganze Serie mit initiiert wird.

Dithekite

bezeichnet in USA ein flüssiges sprengkräftiges Gemisch aus Salpetersäure, Nitrobenzol und Wasser.

Donarit 1 und Donarit 4

Sprengtechnische Daten:

	Donarit 1	Donarit 4
Beschaffenheit	pulverförmig rot	pulverförmig schwarzgrau
Sauerstoffbilanz	+ 0,8 %	+ 0,4 %
Schwadenvolumen	900 l/kg	910 l/kg
Explosionswärme	960 kcal/kg	935 kcal/kg
Spezif. Energie	= 4020 kJ/kg 106 mt/kg	= 3915 kJ/kg 102 mt/kg
Energieniveau	= 1040 kJ/kg 106 mt/l	= 1000 kJ/kg 102 mt/l
Sprengstoffdichte	= 1040 kJ/kg/l 1,0 g/cm ³	= 1000 kJ/l 1,0 g/cm ³
Bleibblockausbauchung	380 cm ³	370 cm ³
rel. weight strength	83 %	82 %
Detonationsgeschwindigkeit freiliegend	3000 m/s	2500 m/s
Detonationsgeschwindigkeit unter Einschluß	4500 m/s	4000 m/s
Stauchung nach <i>Kast</i>	3,5 mm	3,3 mm
Stauchung nach <i>Heß</i>	18 mm	17 mm
Schlagempfindlichkeit	0,75 kp m	0,75 kp m
Detonationsübertragung freihängend	= 7,4 Nm	= 7,4 Nm
(Patronen- ϕ 30 mm)	15 cm	5 cm

Donarit 1 und 4 sind pulverförmige Gestein-Ammonsalpetersprengstoffe mit einem geringen Gehalt an Sprengöl.

Bei der geringen Dichte von 1,0 und einem hohen spezifischen Gasvolumen besitzen sie im Gegensatz zu den Ammon-Geliten eine mehr schiebende Wirkung. Im Bergbau werden sie vorzugsweise in Kali- und Steinsalzgruben, ferner in der Industrie der Steine und Erden und im Erzbergbau über Tage verwendet. Auch für Sprengarbeiten in der Land- und Forstwirtschaft sind sie geeignet. Wenngleich ihre Wasserbeständigkeit geringer ist als die der gelatinösen Ammon-Gelite, so können sie doch noch in Bohrlöchern mit mäßiger Feuchtigkeit verwendet werden.

double base propellant

sind Schießpulver, die sich aus zwei Hauptbestandteilen, Nitrocellulose und Nitroglycerin bzw. anderen flüssigen Salpetersäureestern zusammensetzen. → POL-Pulver, → Nitroglycerinpulver.

Drop Test

dient zur Prüfung der Festigkeit und des Verbundes zwischen Umhüllung und Füllung bei Munitionskörpern, z. B. bei Bomben und bei Raketen-Motoren. Der Prüfgegenstand wird ohne scharfen Zünder von einem Galgen auf eine armierte Betonplatte fallen gelassen.

Druckstoßwirkung

blast effect; effet de souffle

Detonative Umsetzungen sind infolge der Plötzlichkeit der Gas-Freisetzung durch den Druckstoß mit zertrümmernder bzw. verformender Wirkung gekennzeichnet. Näheres → Brisanz, → Detonation, → Hohlladung.

Düse

nozzle; tuyère

Die Düse dient in den Raketen durch die Querschnittsverengung und besondere Form zur Erzielung großer Gasdurchströmungsgeschwindigkeit (→ Ausströmungsgeschwindigkeit) und damit zum Schub-Aufbau.

Das Düsenmaterial muß hohen Temperaturen und hohen Gasgeschwindigkeiten standhalten. Man benutzt daher besondere Düsen-einsätze, überwiegend aus Graphit.

Dynacord

ist die Handelsbezeichnung für eine → Sprengschnur der Dynamit Nobel AG. mit ca. 12 g → Nitropenta pro Meter.

Kennzeichnende Farbe: grün; → auch: Multicord; Supercord; Wasacord.

Dynacord kann auch als Meßschnur zur Bestimmung der Detona-tionsgeschwindigkeit nach → Dautriche bezogen werden.

Dynagel 1, 2, 3, P 1, P 2 und 1 K

Sprengtechnische Daten	Dynagel				
	1	2	3	P 1	P 2
Beschaffenheit	grau,	silbrig-grau,		schlammförmig	
Sauerstoffwert	-16,6	-19,9	-0,85	-4,0	-4,0 % *)
Normalgasvolumen	740	768	741	715	715 l/kg
Explosionswärme	1261	1462	1265	1199	1207 kcal/kg
	=5281	=6121	=5296	=5020	=5055 kJ/kg
Spezif. Energie	104	118	102	91	91 mt/kg
	=1020	=1157	=1001	= 893	= 893 kJ/kg
Energieniveau	151	159	117	114	114 mt/l
	=1480	=1562	=1151	=1116	=1116 kJ/l
Dichte	1,45	1,35	1,15	1,25	1,25 g/cm ³
Bleibblock- ausbauchung**)	360	470	420	350	365 cm ³
relative weight strength	82	94	88	80	83 %
Detonations- geschwindigkeit	4700	4000	3500	4500	3800 m/s
Stauchung nach Kast	—	—	5,2	—	— mm
Stauchung nach Heß***)	5	15	16	—	— mm
Schlagempfindlichkeit		4	über 5	über 5	über 5 kp m
	=49	=39			Nm

*) Der Sprengschlamm ist nicht für den Einsatz im Untertagebau be-stimmt.

**) Der Wert wurde aus Sprengungen in „Großbleibblöcken“, die 300 g Einwaage gestatteten, auf den Normalblock umgerechnet.

***) Bestimmung unter Einschluß.

Dynagel ist die Handelsbezeichnung für → Sprengschlämme der Dynamit Nobel AG. Dynagel 1, 1 K und 2 sind großkalibrig patro-niert, Dynagel 3 kleinkalibrig. P 1 und P 2 sind pumpfähig ge-machte Qualitäten (Lieferform im 25-kg-Beutel). „K“ bezeichnet Kältebeständigkeit (Sprengschlämme enthalten Wasser als Kom-ponente); → auch Wasagel.

Dynamite

sind vorwiegend aus Nitroglycerin bestehende Sprengstoffge-mische. Aus dem ersten bekannt gewordenen Gur-Dynamit von *Alfred Nobel*, bestehend aus 75 Teilen Nitroglycerin und 25 Teilen Kieselgur, entwickelten sich die sogenannten Mischdynamite (straight dynamites). Bei diesen wurden zum Aufsaugen des Nitro-glycerins Gemische aus Natronsalpeter, Holzmehl und gewissen Pflanzenmehlen benutzt. Auch diese Dynamite werden heute prak-tisch kaum noch verwendet (→ Ballistischer Mörser).

Die Nitrocellulose ermöglichte die Herstellung von Dynamiten, bei denen das flüssige Sprengöl mittels Collodiumwolle gelatiniert wurde; Abstufungen des Nitroglyceringehaltes erhielt man auch hier durch Zumischen von Natronsalpeter, Holz- bzw. Pflanzen-mehlen und sonstigen Zusätzen. Im englischen Sprachgebiet sind sie als „gelatins“, gelatin dynamites“, „straight gelatin dynamites“ oder „gelignite“ bekannt. Ein Austausch des Natronsalpeters durch Ammonsalpeter, des Nitroglycerins durch Nitroglykol und der wei-tere Zusatz von Gemischen aus Dinitrotoluol-Trinitrotoluol führt zu den heute meist verwendeten Ammon-Geliten.

Anstelle von reinem Nitroglycerin wird vorwiegend ein Gemisch von Nitroglycerin-Nitroglykol eingesetzt; die Gefahr eines Gefrie-rens der Dynamite ist dadurch behoben.

Die Dynamite von einst sind heute durch die wirtschaftlicheren → Ammon-Gelite ersetzt; sie werden in der Bundesrepublik nicht mehr hergestellt.

Echolote

sind etwa 2 Gramm oder weniger Knallsatz enthaltende Vorrich-tungen und dienen zur Messung der Meerestiefe aus der Laufzeit des Echos des ausgelösten Explosionsknalles.

Ednatol

Dichte 1,62 g/cm³, Detonationsgeschwindigkeit 7 300 m/s.

In den USA verwendete gegossene Sprengladung aus Äthylen-dinitramin und Trinitrotoluol (55/45).

Einschluß

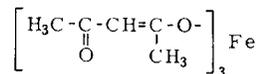
confinement

Als Einschluß bezeichnet man die unmittelbare Umgebung eines Explosivstoffes, wenn sie aus inertem, mehr oder weniger festem und mehr oder weniger dickwandigem Material besteht. Explosivstoffe verhalten sich auf Anzündmittel und auf Erwärmung von außen sehr verschieden, je nachdem sie sich in einem mehr oder weniger starkem Einschluß befinden. Bei Einschluß in mehrere Millimeter starkem Stahl geht fast jeder Explosivstoff bei Erwärmen in Explosion oder Detonation über, während viele Explosivstoffe ohne Einschluß („offen“) abzubrennen vermögen (→ Verbrennung).

Die Zertrümmerungswirkung einer Sprengung wird erheblich erhöht, wenn sich der Sprengstoff in Einschluß befindet („Verdämmung“), z. B. im Bohrloch. Ist dies nicht bereits vorgegeben, so wird häufig die Sprengladung in inertem Material z. B. feuchtem Lehm eingebettet („verdämmt“), → Auflegerladung → Besatz.

Eisen-Acetylacetonat

iron acetylacetonate; acétylacétonate de fer



Bruttoformel: C₁₅H₂₁O₆Fe

Mol.-Gew.: 353,2

Sauerstoffwert: −163,1 %

Dichte: 1,34 g/cm³

Bildungs-Energie: −836 kcal/kg = −3498 kJ/kg

Bildungs-Entaphie: −859 kcal/kg = −3593 kJ/kg

Eisen-Acetylacetonat gehört zu Abbrand-moderierenden Zusätzen, insbesondere für → Verbundtreibsätze.

Empfindlichkeit

sensibility; sensibilité

Die Sensibilität eines Sprengstoffes gegen Wärme, gegen mechanische Einwirkungen, Schlag, Stoß, Reibung und gegen Detonationsstoß (Initiierbarkeit) sind ausschlaggebend für seine Handhabungssicherheit und seine Verwendungsmöglichkeit.

Die Sprengstoffe sind von Natur aus mehr oder weniger empfindlich gegen Schlag und Stoß. Durch Zusätze, wie Öl, Paraffin und dgl., kann die Empfindlichkeit gegen mechanische Beanspruchung vermindert, durch scharfkantige oder spezifisch schwere Substanzen erhöht werden. Im ersten Fall spricht man von → „Phlegmatisierung“, im zweiten von „Sensibilisierung“.

Es wurden daher Prüfmethode entwickelt, die eine gleichmäßige Beurteilung gewährleisten sollen. Sie sind zum Teil in der Eisenbahnverkehrsordnung (→ E.V.O.) festgelegt, da für den Versand von Sprengstoffen in den einzelnen Ländern wie im internationalen Verkehr für bestimmte Empfindlichkeitsgrenzen genaue Bestimmungen vorliegen. Einzelheiten sind bei den jeweiligen Stichworten angegeben (→ Reibungsempfindlichkeit, Schlagempfindlichkeit, Thermische Sensibilität).

Bezüglich des Verhaltens der Explosivstoffe bei normaler oder erhöhter Temperatur: → Stabilität.

Emulsionsförderung

water-driven injector transport; transport par injection d'eau

Die flüssigen Salpetersäureester („Sprengöle“) wie Nitroglycerin, Nitroglykol sind sehr schlagempfindlich; ihre Handhabung in den Sprengstoff-Fabriken in nicht gebundener Form ist gefährlich. Der Transport wird daher vielfach in emulgierter Form vorgenommen: Das Sprengöl wird aus dem Lager mit einem Druckwasser-betriebenen Injektor angesaugt und in emulgierter Form durch Rohrleitungen der Verarbeitungsstelle (den Mischhäusern) zugeführt. Dort wird es in Scheidern vom Transportwasser geschieden und nötigenfalls zur Trocknung über ein Salzfilter geleitet.

Epreuve

Die Epreuve ist ein Instrument zur Leistungs-Bestimmung von → Schwarzpulvern. Sie stellt einen senkrecht nach oben gerichteten

teten kleinen Mörser dar, dessen Geschöß nach Erreichen seiner maximalen Wurfhöhe in einem Gestänge einrastet. Eine bestimmte Menge Schwarzpulver wird geladen, über ein Zündloch mit Zündschnur gezündet und die Einrasthöhe bestimmt. Sie ist ein Maß für die Leistung des Schwarzpulvers; die Energie-Abgabe durch das Pulver ist zwar nicht so sehr verschieden, da die Zusammensetzung der verschiedenen Schwarzpulver nicht sehr differiert, wohl aber macht sich die Intensität bemerkbar, mit der das Schwarzpulver gemischt wurde. Je länger das Pulver im Läuferwerk bearbeitet wurde, um so höhere Eprouvetten-Werte werden erreicht. Die Anzünd- und Abbrand-Geschwindigkeit geht in die Wurfhöhe ein.

Erosiver Abbrand

erosive burning; combustion érosive

Man bezeichnet damit in der Festtreibstoffraketeentechnik die anormale Zunahme der Abbrandgeschwindigkeit. Eine solche kann durch mechanische Abtragung von Treibstoffteilen durch die Gasbewegung und deren Verbrennung im Gasstrom eintreten.

Als Resonanz-Abbrand bezeichnet man das zusätzliche Auftreten von Druckspitzen im Brennkammerdruck und die dadurch entstehende Unregelmäßigkeit im Abbrand; diese Druckspitzen stammen aus der Wechselwirkung von Gasstrom und Flamme und äußern sich in einer Art Schwingung.

Sternförmige Ausnehmungen bei Innenbrennern wirken druckausgleichend und vermindern die Neigung zur Resonanz.

E.V.O., Eisenbahnverkehrsordnung

Die Anlage C der Eisenbahnverkehrsordnung regelt gleichlautend mit dem R.I.D. (→ dort) die Prüf- und Zulassungsbedingungen gefährlicher Güter zum Eisenbahntransport. Die folgende Tabelle zeigt das Untersuchungsschema:

Tabelle 4. Prüfschema nach der E.V.O.

Zu Rn 1150 Absätze (2a), (2b) und (2c) — Muster für die Übersendung eines Prüfergebnisses an die Bundesanstalt für Materialprüfung —

Sprengstoff	Zusammensetzung		Lagerung	Verhalten		Verhalten		Empfindlichkeit unter einem Fallhammer	Empfindlichkeit gegen
	Bestandteile	nach An-gabe ge-fun-den		gegen Erhitzen	gegen Zündung	gegen eine hohe, breite Gasflamme	beim Erhitzen		
Ammonitrat	80	79,8	bei Erhitzen im Wood-schen Metallbad	5mal nicht entzündet	5mal nicht entzündet	gegen eine 10 mm hohe, 5 mm breite Gasflamme	beim Erhitzen unter Einschluß in einer Stahlhülse mit einer Öffnung in der Düsenplatte von:	6 4 3 1 0	bei 36 kp Stif-belastung keine Reaktion
Trinitrotoluol	12	12,1	bei Erhitzen im Wood-schen Metallbad	5mal nicht entzündet	5mal nicht entzündet	gegen eine 10 mm hohe, 5 mm breite Gasflamme	beim Erhitzen unter Einschluß in einer Stahlhülse mit einer Öffnung in der Düsenplatte von:	0 0 0 0 0	bei 36 kp Stif-belastung keine Reaktion
Nitroglycerin	6	5,9	Bei 180 °C (rotbraune Dämpfe) 212 ° u. 320 °C Zer-setzung ohne Entzündung	5mal nicht entzündet	5mal nicht entzündet	gegen eine 10 mm hohe, 5 mm breite Gasflamme	beim Erhitzen unter Einschluß in einer Stahlhülse mit einer Öffnung in der Düsenplatte von:	0 2 3 5 6	bei 36 kp Stif-belastung keine Reaktion
Holzmehl	2	2,2	Bei 180 °C (rotbraune Dämpfe) 212 ° u. 320 °C Zer-setzung ohne Entzündung	5mal nicht entzündet	5mal nicht entzündet	gegen eine 10 mm hohe, 5 mm breite Gasflamme	beim Erhitzen unter Einschluß in einer Stahlhülse mit einer Öffnung in der Düsenplatte von:	0 2 3 5 6	bei 36 kp Stif-belastung keine Reaktion

Explosionsfähiger Stoff

Explosionsfähige Stoffe sind feste, flüssige und gasförmige Stoffe*) oder Stoffgemische in einem metastabilen Zustand, die einer schnellen chemischen Reaktion ohne Hinzutreten von weiteren Reaktionspartnern, z. B. Luft-Sauerstoff, fähig sind. Die Auslösung der Reaktion kann durch mechanische Beanspruchung (Schlag; → Schlagempfindlichkeit; Reibung; → Reibungsempfindlichkeit), durch thermische Einwirkung (Funken; Flamme; glühende Gegenstände) und durch Detonationsstoß (→ Sprengkapsel mit und ohne → Verstärkungsladung) erfolgen. Die thermische Belastbarkeit des metastabilen Zustands wird mit dem Begriff → Stabilität gekennzeichnet. Die Auslösbarkeit der explosiven Reaktion kennzeichnet der Begriff → Empfindlichkeit. Die Reaktionsprodukte sind fast immer überwiegend gasförmig (→ Schwaden). Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von der Auslösungsstelle aus kann wesentlich unterhalb der Schallgeschwindigkeit des betreffenden Stoffes (→ Deflagration; → Treibstoff) oder in Überschallgeschwindigkeit (→ Detonation) liegen. Explosivstoffe sind feste, flüssige und gelatinöse Stoffe und Stoffgemische, die zum Zweck des Sprengens oder Treibens (→ explosionsgefährlicher Stoff) hergestellt werden. Über ihre Wirksamkeit → Arbeitsvermögen, → Abbrandgeschwindigkeit und → Brisanz.

Unter den Begriff „Explosionsfähige Stoffe“ fallen auch solche, die nicht zum Zweck des Sprengens und Schießens hergestellt worden sind, z. B. organische Peroxide als Katalysatoren, Gasentbindungsmittel für die heutige Schaum- und Kunststofftechnik, manche Schädlingsbekämpfungsmittel u. a. m. Bei vielen Stoffen ist deren Explosionsfähigkeit unbekannt, z. B. wenn sie einer exotherm verlaufenden Umlagerungsreaktion fähig sind.

Als „Faustformel“ empfiehlt J. F. Roth**) zur Abschätzung der Explosionsfähigkeit von solchen daraufhin etwa nicht untersuchten Verbindungen die Errechnung eines „erweiterten Berthelotschen Produktes“: Berthelot***) hatte seinerzeit das Produkt $V_0 \times Q_v$

(V_0 : Schwadenvolumen; Q_v : Explosionswärme; zur Berechnung dieser Größen siehe Seiten 275 bis 280 dieses Buches) angegeben; Roth dimensioniert vorgangsgerechter:

1. die je Volumeneinheit freiwerdende Gasmenge, d. i. das Produkt aus Stoff- oder Ladedichte ρ_0 [kg/m³] mit dem Normalvolumen der Schwaden V_0 [m³/kg], also das Verhältnis Schwadenvolumen zu Stoffvolumen $\rho_0 \cdot V_0$ in [m³/m³];
2. die je Volumeneinheit freiwerdende Energie, d. i. das Produkt aus ρ_0 [kg/m³] mit der Explosionswärme Q_v [kJ/kg], also $\rho_0 Q_v$ [kJ/m³].

Durch die Energiedichte wird die Gasmenge nach 1. aufgeheizt. So entsteht dem ursprünglichen Berthelotschen Produkt folgend das „erweiterte Berthelotsche Produkt“ nach Roth

$$(\rho_0 \cdot V_0) \cdot (\rho_0 Q_v)$$

und wird so eine auf das Volumen bezogene Vergleichsbewertung, deren Faktoren direkt meßbar (ρ_0) oder aus zugänglichen thermodynamischen Daten (insbesondere aus den Bildungsenergien vom Stoff und der Schwadenbestandteile) berechenbar sind (→ Thermodynamische Berechnung, S. 275 bis 288).

Die folgende Tabelle zeigt solche Bewertungszahlen für bekannte Explosivstoffe und für Verbindungen, die an der Grenze der Explosionsfähigkeit liegen. Das „Oppauer Salz“ ist das Doppelsalz 54,8 % NH₄NO₃ – 45,2 % (NH₄)₂SO₄, dessen Detonation 1921 die wohl größte bisher bekanntgewordene Explosionskatastrophe auslöste. Produktwerte über 1200 müssen also wohl die Explodierbarkeit der betreffenden Verbindung bzw. des Gemisches vermuten lassen.

*) Definiert und reglementiert können nur feste und flüssige Stoffe werden. Gasförmige explosionsfähige Mischungen entstehen oft unbemerkt (Gasleitungsleckagen; Lösemitteldämpfe; Grubengase) und sind daher besonders umweltgefährdend.

**) J. F. Roth: Risques d'Explosion en milieux condensés par Concentration synchrone d'énergie o dans des Microressorts; Vortrag, gehalten in Brüssel 1978.

***) M. Berthelot: Sur la Force des Matières Explosives d'après la Thermochimie, s. 64–67 (1883).

Tabelle 5. Berthelot-Rothsches Produkt.

	Dichte [$10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$]	Schwaden- volumen [$\frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$]*)	Explo- sions- wärme [$\frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ **)	Berthelot- Rothsches Produkt [$10^6 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$]
Oktofen	1,96	0,927	5267	18 757
Nitroglycerin	1,599	0,782	6310	12 616
TNT	1,65	0,730	4154	8 256
Nitromethan	1,13	1,102	4078	5 738
Donarit 4	1,0	0,900	3960	3 515
Schwarzpulver (75/10/15)	1,87	0,274	3040	2 913
Salpeter/Schwefel/Kohle)				
Wettersprengstoff K. III	1,18	0,542	1620	1 222
Hydrazin, H ₄ N ₂	1,00	2,096	1812	3 800
Blausäure, HCN	0,7	0,830	4258	1 732
Ammoniumnitrat	1,72	0,980	1601	4 642
„ geschüttet	1,0	0,980	1601	1 569
„Oppauer Salz“	1,1	0,920	1072	1 204

Die folgenden Tabellen 6 und 7 sind von der → BAM aufgestellte Listen über die in der Praxis vorkommenden explosionsfähigen Stoffe und Gegenstände; sie enthalten auch solche, die nicht zum Zweck des Sprengens bestimmt sind.

*) Roth hat die Tabelle im kg-m-sec-Maßsystem und daher die Volumenwerte in m³ angegeben; die sonst im Buch aufgeführten Schwaden-volumen-Werte sind noch nach der älteren Schreibweise in Litern aufgeführt.
 **) Die Zahlen für die Explosionswärme stimmen nicht mit den in den Stichwort-Tabellen aufgeführten überein, da sie sich auf H₂O-Dampf nicht auf H₂O-Flüssig als Reaktionsprodukt beziehen.

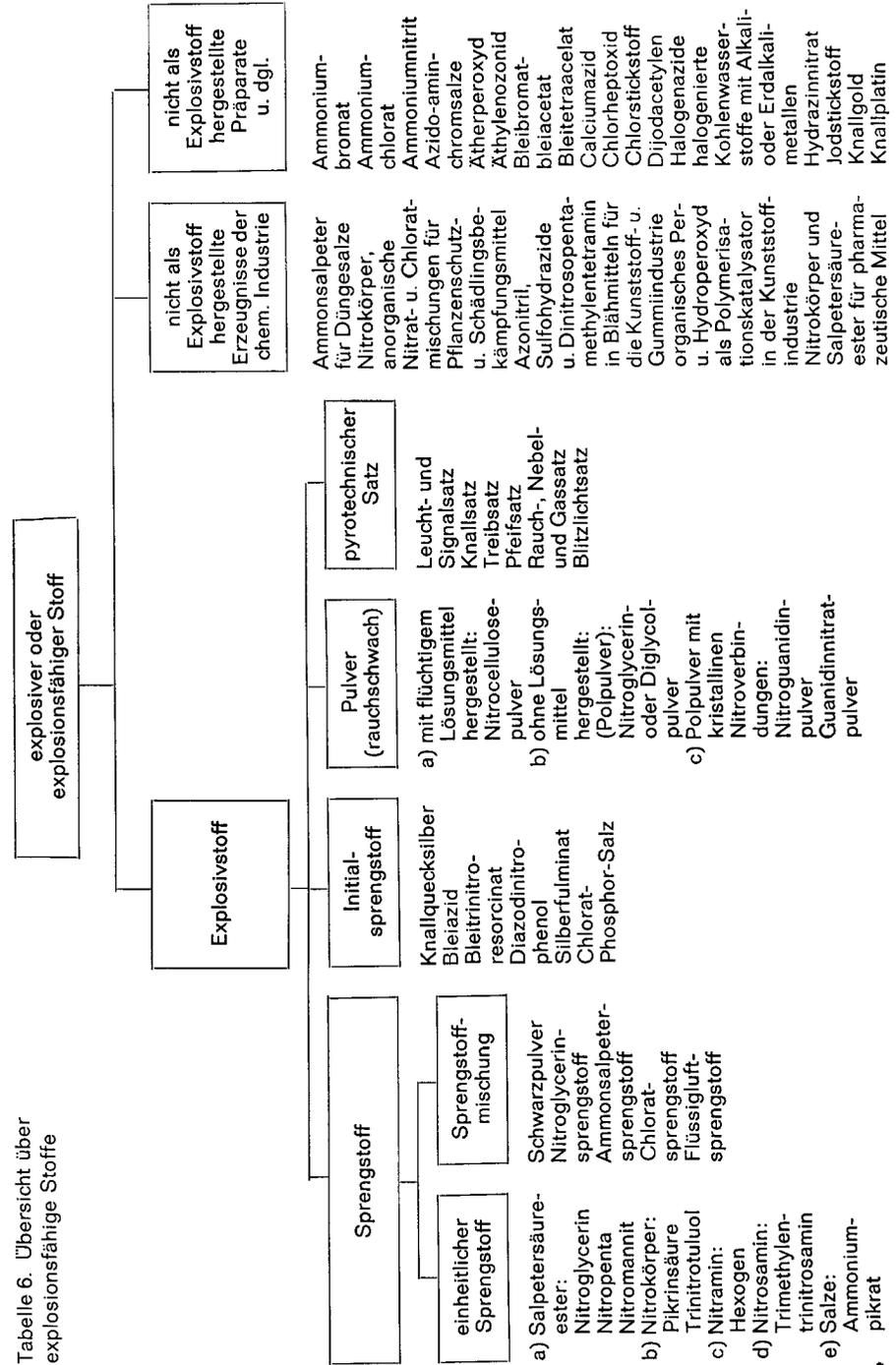
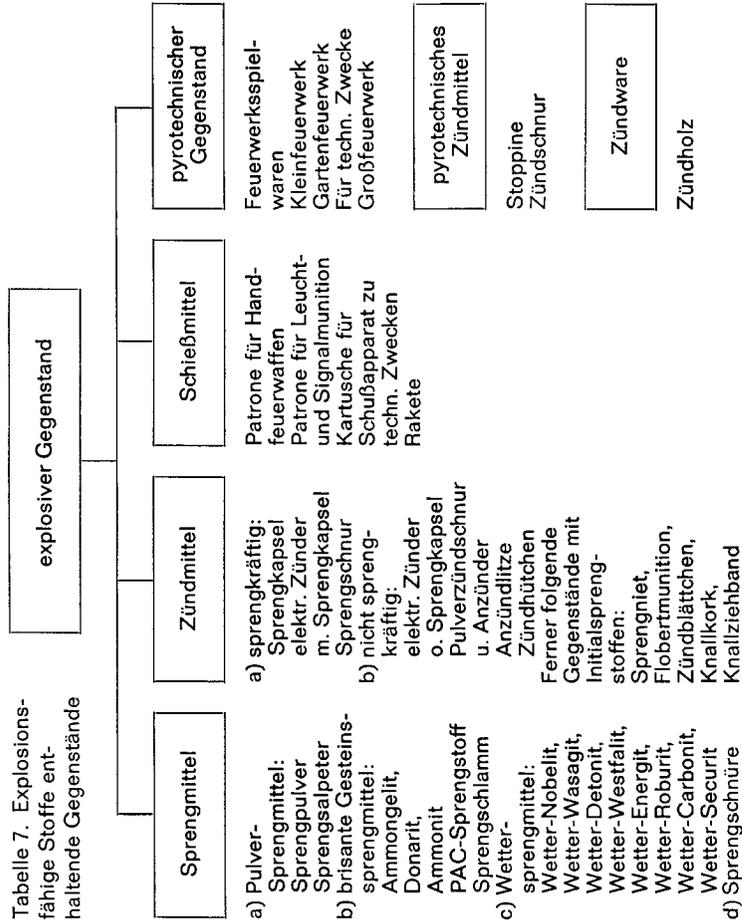


Tabelle 6. Übersicht über explosionsfähige Stoffe

Knallsilber
Manganheptoxid
Metalpikrate
Metallsalze des
Hydrazins
Natriumnitromethan
organische Chlorate
und Perchlorate
Perchlorsäure
100%/eig
Quecksilberoxalat
Quecksilberoximid
Schwefelstikstoff
Silberchlorat
Silberoxalat
Silberpersulfat
Strontiumazid
Zinkchlorat
u. a.

Azo- und Diazo-
verbindungen in
Bleich- und Wasch-
mitteln
Nitrocellulose für
Nitrolack, Nitrofilm,
Nitroseide
explosive Gase, wie
Acetylen, Chlor-
dioxyd
u. a.



Die Tabellen 6 und 7 wurden von der BAM aufgestellt und erschienen in Luegers Lexikon der Technik, 4. Auflage, Band 3. „Werkstoffe und Werkstoffprüfung“ bei der Deutschen Verlagsanstalt Stuttgart. Die Aufführung der gewerblichen Sprengmittel wurde dem Stand der Zulassungslisten angepaßt. Sprengschnüre dienen beim → „Schonenden Sprengen“ als Sprengmittel.

Explosionsgefährlicher Stoff

Gemäß dem Anfang 1970 in Kraft getretenen und 1976 novellierten *) Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe geschieht die Abgrenzung gegenüber dem breiteren Bereich der → explosionsfähigen Stoffe wie folgt:

Explosionsgefährliche Stoffe sind feste oder flüssige **) Stoffe, die bei der Durchführung der weiter unten aufgeführten Prüfverfahren

1. durch Erwärmung ohne vollständigen festen Einschluß oder
2. durch eine nicht außergewöhnliche Beanspruchung durch Schlag oder Reibung ohne zusätzliche Erwärmung

in dem in den Vorschriften über die Prüfverfahren bestimmten Ausmaß zu einer chemischen Umsetzung gebracht werden, bei der entweder hochgespannte Gase in so kurzer Zeit entstehen, daß eine plötzliche Druckwirkung hervorgerufen wird (Explosion) oder bei der eine Wirkung eintritt, die in den Vorschriften über die Prüfverfahren der Explosion gleichgestellt ist.

Das Gesetz bestimmt die → BAM als Prüf- und Zulassungs-Behörde.

Die von BAM ausgearbeiteten Prüfverfahren: Stahlhülsenverfahren (→ Thermische Sensibilität), Verfahren mit dem Fallhammerapparat (→ Schlagempfindlichkeit) und Verfahren mit dem Reibapparat (→ Reibempfindlichkeit) werden zur Prüfung angewendet. Die BAM hat als Grenzwerte aufgestellt:

Bei der Prüfung auf Einordnung eines Stoffes in die Kategorie der explosionsgefährlichen Stoffe werden die – an anderer Stelle beschriebenen – Prüfapparate mit folgenden Einsatzteilen angewendet:

- Im Stahlhülsenverfahren eine Düsenplatte mit 2 mm ϕ Bohrung;
- im Fallhammerapparat eine Fallmasse von 10 kg aus 0,4 m Höhe;
- im Reibapparat eine Stiftbelastung von 46 kp.

*) *Apel-Keusgen*, Sprengstoffgesetz, 16. Lieferung 1978, Heymanns Verlag, Köln.

**) Selbstverständlich sind auch Gasgemische explosionsgefährlich, wenn sie brennbare Gase neben Sauerstoff innerhalb der Explosionsgrenzen enthalten; sie sind sogar um so gefährlicher, als ihre Bildung unbeachtet durch Leckage erfolgen kann. Das Sprengstoffgesetz befaßt sich jedoch nur mit festen oder flüssigen Stoffen, deren Entstehung kontrollierbar ist.

Tabelle 8. „Positivliste“ der einheitlichen chemischen Verbindungen

Als Anlage I des Gesetzes werden folgende Stoffe als explosionsgefährlich aufgeführt:

1. Äthylendiamindinitrat, $C_2H_{10}N_4O_6$
2. Äthylendinitramin, $C_2H_6N_4O_4$
3. Äthylnitrat, $C_2H_5NO_3$
4. Ammoniumdichromat, $(NH_4)_2Cr_2O_7$
5. Ammoniumperchlorat, NH_4ClO_4
6. Bleiazid, PbN_6
7. Bleitritnitroresorcinat, $C_6H_3N_3O_9Pb$
8. 1,2,4-Butantrioletrinitrat, $C_4H_7N_3O_9$
9. Cellulosenitrate (z. B. Trinitrat $(C_6H_7N_3O_{11})_n$)
10. Cyanurtriazid, C_3N_4
11. Diäthanolamintrinitrat, $C_4H_{10}N_4O_9$
12. Diäthylenglykoldinitrat, $C_4H_8N_2O_7$ (Nitrodiglykol)
13. Diazodinitrophenol, $C_6H_2N_4O_5$
14. Diglycerintetranitrat, $C_6H_{10}N_4O_{13}$
15. Dinitroaminophenol, $C_6H_5N_3O_5$ (Pikraminsäure)
16. Dinitrodimethyloxamid, $C_4H_8N_4O_6$
17. Dinitrodioxiäthyl-oxamid-dinitrat, $C_6H_8N_6O_{12}$ (Dinitroäthanol-nitrat-oxamid)
18. Dinitrophenolmetallsalze, $C_6H_3N_2O_5Me^*$
19. Dinitrophenylglycerinätherdinitrat, $C_9H_8N_4O_{11}$
20. Dinitrophenylglycerinäthermononitrat, $C_9H_9N_3O_9$
21. Dinitrophenylglykoläthernitrat, $C_8H_7N_3O_8$
22. Dioxiäthylnitramindinitrat, $C_4H_8N_4O_8$
23. Dipentaerythrithexanitrat, $C_{10}H_{16}N_6O_{19}$
24. Erythrittetranitrat, $C_4H_6N_4O_{12}$
25. Glycerin-acetat-dinitrat, $C_5H_8N_2O_8$
26. Glycerinmonochlorhydrin-dinitrat, $C_3H_5ClN_2O_6$ (Dinitromonochlorhydrin)
27. Glycerindinitrat, $C_3H_6N_2O_7$
28. Glycerin-formiat-dinitrat, $C_4H_6N_2O_8$ (Dinitroformin)
29. Glycerin-nitrolactat-dinitrat, $C_6H_9N_3O_{11}$
30. Glycerintrinitrat, $C_3H_5N_3O_9$ (Nitroglycerin)
31. Glycidnitrat, $C_3H_5NO_4$ (Nitroglycid)
32. Glykoldinitrat, $C_2H_4N_2O_6$ (Nitroglykol)
33. Guanidinperchlorat, $CH_6N_3O_4Cl$
34. Guanidinpikrat, $C_7H_8N_6O_7$
35. Guanyl-nitrosamino-guanyl-tetrazen, $C_2H_8N_{10}O$ (Tetrazen)
36. Hexamethylentriperoxiddiamin, $C_6H_{12}N_2O_6$
37. Hexanitroazobenzol, $C_{12}H_4N_8O_{12}$
38. Hexanitrodiphenyl, $C_{12}H_8N_4O_{12}$
39. Hexanitrodiphenyläther, $C_{12}H_4N_6O_{13}$ (Hexanitrodiphenyloxid)
40. Hexanitrodiphenylamin, $C_{12}H_5N_7O_{12}$ (Hexyl)
41. Hexanitrodiphenylaminkalium, $C_{12}H_4N_7O_{12}K$
42. Hexanitrodiphenylglycerinäthermononitrat, $C_{15}H_9N_7O_{17}$
43. Hexanitrodiphenyloxamid, $C_{14}H_8N_8H_{14}$

*) Me = Metall

44. Hexanitro-diphenylsulfid, $C_{12}H_4N_6O_{12}S$
45. Hexanitrodiphenylsulfon, $C_{12}H_4N_6O_{14}S$
46. Hexanitrosobenzol, $C_6N_6O_6$
47. Hexanitrostilben, $C_{14}H_6N_6O_{12}$
48. Hydrazinazid, H_2N_5
49. Hydrazinnitrat, $H_2N_3O_3$
50. Hydrazinperchlorat, $H_2ClN_2O_4$
51. Mannithexanitrat, $C_6H_8N_6O_{18}$
52. Methylnitrat, CH_3NO_3
53. Monoäthanolamindinitrat, $C_2H_7N_3O_6$
54. Nitroisobutylglycerintrinitrat, $C_2H_6N_4O_{11}$
55. Nitromethylpropandioldinitrat, $C_4H_7N_3O_8$
56. Pentaerythrittetranitrat, $C_5H_8N_4O_{12}$ (Nitropenta, PETN, Pentrit)
57. 1,3-Propandioldinitrat, $C_3H_6N_2O_6$
58. Quecksilberfulminat, $Hg(CNO)_2$ (Knallquecksilber)
59. Silberazid, AgN_3
60. Silberfulminat, $AgCNO$
61. Tetramethylentetranitramin, $C_4H_8N_8O_8$ (Oktogen)
62. Tetramethylolcyclohexanoltrinitrat, $C_{10}H_{16}N_4O_{13}$
63. Tetramethylolcyclohexanontetranitrat, $C_{10}H_{14}N_4O_{13}$
64. Tetramethylolcyclopentanoltetranitrat, $C_9H_{14}N_4O_{13}$
65. Tetramethylolcyclopentanontetranitrat, $C_9H_{12}N_4O_{13}$
66. Tetranitroacridon, $C_{13}H_5N_5O_9$
67. Tetranitroanilin, $C_6H_3N_3O_8$
68. Tetranitroanisol, $C_7H_4N_4O_8$
- 68 a Tetranitrodibenzo-1, 3a, 4, 6a-tetraazapentalen, $C_{12}H_4N_8O_8$
69. Tetranitronaphthalin, $C_{10}H_4N_4O_8$
70. Tetraschwefeltetramid, $S_4N_4H_4$
71. Tetraschwefeltetranitrid, S_4N_4 (Schwefelstickstoff)
72. 1,3,5-Trichlor-2,4,6-trinitrobenzol, $C_6Cl_3N_3O_6$
73. Trimethylentritramin, $C_3H_6N_6O_6$ (Hexogen)
74. Trinitroäthanol, $C_2H_3N_3O_7$
75. Trinitroanilin, $C_6H_4N_3O_6$
76. Trinitroanisol, $C_7H_5N_3O_7$
77. Trinitrobenzoesäure, $C_7H_3N_3O_8$
78. Trinitrobenzol, $C_6H_3N_3O_6$
79. Trinitrochlorbenzol, $C_6H_2ClN_3O_6$
80. Trinitrokresol, $C_7H_5N_3O_7$
81. Trinitrokresolmetallsalze, $C_7H_4N_3O_7Me^*$
82. 1,3,8-Trinitronaphthalin, $C_{10}H_2N_3O_6$
83. Trinitrophenol, $C_6H_3N_3O_7$ (Pikrinsäure)
84. Trinitrophenolmetallsalze, $C_6H_2N_3O_7Me^*$ (Pikrate)
85. Trinitrophenyläthanolnitraminnitrat, $C_9H_6N_4O_{11}$
86. Trinitrophenylglycerinätherdinitrat, $C_9H_7N_5O_{13}$
87. Trinitrophenylglykoläthernitrat, $C_8H_6N_4O_{10}$
88. Trinitrophenylmethylnitramin, $C_7H_5N_5O_8$ (Tetryl)
89. Trinitroresorcin, $C_6H_3N_3O_8$

*) Me = Metall

90. Trinitrotoluol, $C_7H_5N_3O_6$
 91. Trinitroxylol, $C_8H_7N_3O_6$
 92. Zuckernitrate

Die hier aufgeführte Liste enthält nur die chemisch einheitlichen Stoffe und hat selbstverständlich keinen Ausschließlichkeitscharakter*). Die gleiche Anlage zum Gesetz enthält außerdem eine längere Aufzählung von explosionsgefährlichen Mischungen.

Explosionstemperatur

explosion temperature; température d'explosion

ist diejenige Temperatur, welche die Schwaden eines Explosivstoffes**) rechnerisch haben müßten, wenn er im eigenen Volumen in einem unzerstörbar und wärmeundurchlässig gedachten Einschluß explodiert. (→ Thermodynamische Berechnung der Umsetzung von Explosivstoffen). Die wirkliche Detonationstemperatur in der Stoßwellenfront eines detonierenden Sprengstoffes läßt sich nach der hydrodynamisch-thermodynamischen Theorie abschätzen; sie liegt höher.

Explosionswärme

explosion heat; chaleur d'explosion

Die Explosionswärme eines Sprengstoffes, eines sprengkräftigen Gemisches oder eines Pulvers bzw. Treibmittels ist die Wärme, welche beim explosiven Zerfall frei wird. Sie hängt vom thermodynamischen Zustand der Zerfallsprodukte ab. Für kalorimetrische Vergleiche angegebene Zahlen sind bezogen auf Wasser flüssig.

Man kann die Explosionswärme sowohl theoretisch errechnen als auch experimentell ermitteln. Rechnerisch ergibt sie sich als Differenz der Bildungsenergien der Komponenten des Explosivstoffes (bzw. des Explosivstoffes selbst, wenn er chemisch einheitlich ist)

*) z. B. ist Acetonperoxid, S. 3, nicht enthalten.

**) Unter Zugrundelegung seiner → Explosionswärme und seiner Zerfallsreaktion einschließlich zu berücksichtigender Gasreaktions- und Dissoziationsgleichgewichte.

und den Bildungsenergien der Explosionsprodukte (näheres darüber, sowie Tafeln zur Berechnung → „Thermodynamische Berechnung der Umsetzung von Explosivstoffen“). Die rechnerische Ermittlung hat den Vorteil, gut reproduzierbare Ergebnisse zu liefern, wenn die gleichen Bildungsenergien und der gleiche Rechenmodus zugrunde gelegt werden; vielfach werden die genannten Rechenoperationen über Computer-Programme durchgeführt. Die im Buch aufgeführten Werte für die Explosionswärme der verschiedenen Explosivstoffe wurden auf dem Computer des → ICT errechnet. Hierbei gilt als Definition die Enthalpiedifferenz der auf Normalbedingungen abgekühlten Schwaden zum Ausgangszustand (fester oder flüssiger Explosivstoff). Ebenso wie bei der Treibstoffberechnung (→ thermodynamische Berechnung der Umsetzung von Explosivstoffen) wird die Gleichgewichtseinstellung der zu berücksichtigenden Gleichgewichte (Wassergasgleichgewicht; Boudouard-Gleichgewicht; Dissoziationsgleichgewichte usw.) bis zur Abkühlung auf 1750 K in Rechnung gestellt, unterhalb jedoch als „eingefroren“ angenommen. Bei diesem Rechenansatz befindet man sich in guter Übereinstimmung mit experimentell erhaltenen Ergebnissen. *Im Gegensatz zu den bisherigen Auflagen* beziehen sich die Rechenwerte auf H_2O -flüssig als Reaktionsprodukt, sind also mit kalorimetrisch bestimmten Werten direkt vergleichbar.

Die bei der Detonation eines Sprengstoffs freiwerdende Wärme (→ Detonationswärme) kann von der berechneten und von der kalometrisch ermittelten Wärme etwas verschieden sein, da die Umsetzung unter „C-J“-Bedingungen (→ Detonation) anders sein kann.

In guter Annäherung werden in vereinfachter Form Explosionswärme-Werte für Treibmittel aus den → Partiellen Explosionswärmern (nachfolgendes Stichwort) der Treibmittel-Komponenten errechnet.

Die experimentelle Ermittlung erfolgt durch Explosion in einer kalorimetrischen Bombe. Unabhängig vom Bombenvolumen hält man durch eine entsprechende Einwaage im allgemeinen eine Ladedichte von $0,1 \text{ g/cm}^3$ ein. Weist ein Pulver eine ungenügende Zündfähigkeit auf, wie das bei Substanzen mit einer Explosionswärme unter 800 cal/g oft der Fall ist, mischt man ein „heiβes“ Pulver mit bekannter Explosionswärme zu und berechnet aus der Explosionswärme der Mischung und des „heiβen“ Pulvers die Explosionswärme der zu untersuchenden Pulver.

Partielle Explosionswärme

Bei Pulvern kann man nach A. Schmidt eine vereinfachende Abschätzung der zu erwartenden Explosionswärme vornehmen, wenn man den Pulverkomponenten sogenannte „partielle Explosionswärmen“ zuordnet. Reinen Kohlenstoffträgern, z. B. → Stabilisatoren, wie Diphenylamin, werden negative partielle „Explosionswärmen“ zugeordnet. Die Berechnung gestaltet sich nunmehr einfach nach der Mischungsregel, je nach Prozentsatz der Pulverkomponenten.

Eine Tabelle gibt einige derartige Werte wieder. Der Wert für das sauerstoffüberschüssige Nitroglycerin liegt höher als dessen Explosionswärme, da der Sauerstoffüberschuß mit Kohlenstoff aus anderen Pulverkomponenten als verwertet gilt.

Tabelle 9. Werte für die partielle Explosionswärme

Substanz	Kcal/kg	kJ/kg
Äthylphenylurethan	-1 639	- 6 862
Akardit I	-2 283	- 9 559
Akardit II	-2 300	- 9 630
Akardit III	-2 378	- 9 957
Ammoniumnitrat	+1 450	+ 6 071
Bariumnitrat	+1 139	+ 4 769
Bariumsulfat	+ 132	+ 553
Butantrioltrinitrat (BTN)	+1 400	+ 5 862
Bleiacetylsalicylat	- 857	- 3 588
Bleiäthylhexoat	-1 200	- 5 024
Bleisalicylat	- 752	- 3 149
Bleistearat	-2 000	- 8 374
Bleisulfat	+ 150	+ 628
Campher	-2 673	-11 192
Candelilla-Wachs	-3 000	-12 560
Centralit I	-2 381	- 9 969
Centralit II	-2 299	- 9 626
Centralit III	-2 367	- 9 911
Diäthylnitramindinitrat (DINA)	+1 340	+ 5 610
Diäthylphthalat	-1 760	- 7 369
Diäthylsebacat	-2 260	- 9 463
Diamylphthalat (DAP)	-2 187	- 9 157
Dibuthylphthalat (DBP)	-2 071	- 8 671
Dibuthyltartrat (DBT)	-1 523	- 6 377

*) Näheres siehe: Dr.-Ing. A. Schmidt, Zeitschrift für das gesamte Schieß- und Sprengstoffwesen 29, 259, 296 (1934). Médard, Mém. de l'art. française 28, 415-492 (1954).

Substanz	Kcal/kg	kJ/kg
Dibuthylsebacate (DBS)	-2 395	- 10 028
Diglykoldinitrat	+1 030	+ 4 313
Diisobutyladipat (DIBA)	-2 068	- 8 658
Dinitrotoluol (DNT)	- 148	- 620
Diocetylphthalat (DOP)	-2 372	- 9 931
Diphenylamin	-2 684	-11 238
Diphenylharnstoff	-2 227	- 9 324
Diphenylphthalat	-2 072	- 8 675
Diphenylurethan	-2 739	-11 468
Glykol	- 889	- 3 727
Graphit	-3 370	-14 110
Kaliumnitrat	+1 434	+ 6 004
Kaliumsulfat	+ 300	+ 1 256
Kohlenstoff	-3 330	-13 940
Kupfersalicylat	-1 300	- 5 443
Kupfersalicylat (basisch)	- 900	- 3 768
Methylmethacrylat (MMA)	-1 671	- 6 996
Metrioltrinitrat	+1 189	+ 4 978
Nitrocellulose: 12,14 % Stickstoff	+ 892	+ 3 735
12,2 % Stickstoff	+ 900	+ 3 768
12,6 % Stickstoff	+ 956	+ 4 003
13,15 % Stickstoff	+1 033	+ 4 325
13,25 % Stickstoff	+1 047	+ 4 384
13,4 % Stickstoff	+1 068	+ 4 472
Nitroglycerin	+1 757	+ 7 474
Nitroglykol	+1 785	+ 7 357
Nitroguanidin	+ 721	+ 3 019
Nitropenta	+1 465	+ 6 134
Pentaerythrittrinitrat (PETRIN)	+1 233	+ 5 163
Polyäthylenglykol	-1 593	- 6 670
Polymethacrylat (PMA)	-1 404	- 5 879
Polyvinylnitrat	+ 910	+ 3 810
Triacetin	-1 284	- 5 376
Triglykoldinitrat	+ 750	+ 3 140
Trinitrotoluol	+ 491	+ 2 056
Vaseline	-3 302	-13 825

Auch diese Zahlen beziehen sich auf H₂O-flüssig als Reaktionsprodukt.

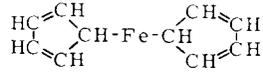
Fallhammer

fallhammer; mouton de choc

Fallhammer-Apparate dienen zur Ermittlung der → Schlagempfindlichkeit von Explosivstoffen.

Ferrocen

ferrocene; ferrocène; Bis-cyclopentadienyl-Eisen



Bruttoformel: $C_{10}H_{10}Fe$

Mol.-Gew.: 186,0

Sauerstoffwert: $-227,9$

Bildungsenergie: $+189 \text{ kcal/kg} = +787 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $+181 \text{ kcal/kg} = +758 \text{ kJ/kg}$

Ferrocen gehört zu Abbrand-moderierenden Zusätzen, insbesondere für → Verbundtreibsätze.

Feststoff-Raketen

solid propellant rockets; roquettes à propergol solide

enthalten – im Gegensatz zu Flüssigkeitsraketen – das Treibmittel in fester Form. Nach der Anzündung brennt der Treibsatz ab; eine Unterbrechung oder Steuerung der Verbrennung ist nicht möglich (für gewisse Möglichkeiten: → Hybrids). Verlauf und Geschwindigkeit des Abbrandes werden durch Formgebung (Stirn- bzw. Zigarrenbrenner, Innenbrenner, Allseitsbrenner bzw. kompliziertere Profilgebungen) und die Zusammensetzung des Festtreibstoffes, durch Korngrößen seiner Komponenten und durch besondere beschleunigende oder verlangsamende Zusätze beeinflusst. Die Treibladung muß sorgfältig auf Rißfreiheit überprüft werden, da der Abbrand sonst ungleichmäßig erfolgen würde. Bei kammerwandgebundenen Innenbrennern ist ferner auf gute Bindung zwischen Brennkammerwand und Treibsatz zu achten (→ case bonding).

Der Vorteil der Feststoff-Raketen ist ihre schnelle Einsatzbereitschaft, lange Lagerfähigkeit und einfache Konstruktion.

Der Abbrandprozeß im Raketenmotor wird beeinflusst durch: die thermodynamischen Leistungsdaten des Treibstoffs (→ Thermodynamische Berechnung),

von der Formgebung des Treibstoffkörpers („grains“) (→ Abbrandgeschwindigkeit),

den Druckeinfluß auf die Brenngeschwindigkeit.

Er wird mathematisch beschrieben durch den „Druckexponenten“; er kann bei modernen Treibmitteln Null oder sogar negativ werden („Plateau“-„Mesa“-Abbrände; → Abbrandgeschwindigkeit), ist jedoch sonst meistens = 1.

Die Druckabhängigkeit der Abbrandgeschwindigkeit kann nicht durch eine einzige Gleichung über den gesamten Bereich beschrieben werden; innerhalb von Teilbereichen kann man die Gleichung von Saint-Robert oder Vieille anwenden:

$$r = a p^{\alpha} \quad (1)$$

r : die Brenngeschwindigkeit senkrecht zur Brenn-Ebene

p : Druck

α : Druckexponent

a : Konstante.

(→ auch Abbrandgeschwindigkeit, Charbonnier-Gleichung.) Zu jeder Zeit der Abbrandreaktion muß Gleichheit bestehen zwischen der Gasbildung

$$r \cdot f_r \cdot \varrho \quad (2)$$

f_r : Brennfläche

ϱ : Dichte des Treibstoffs

und der durch die Düse austretenden Gasmenge

$$p \cdot f_m \cdot C_D \quad (3)$$

f_m : Düsenquerschnitt

C_D : Massenflußkoeffizient.

Das Verhältnis von Düsenquerschnitt zur Brennfläche f_m/f_r wird „Klemmung“ genannt. Durch Gleichsetzen von (2) und (3) kann man Gleichung (1) umformen in

$$p = \frac{a}{C_D} \varrho K \frac{1}{1-\alpha} \quad (4)$$

Gleichung (4) erlaubt, das Druck-Zeit-Diagramm aufzutragen, wenn a , C_D und ϱ bekannt sind und der Verlauf der Größe K (Klemmung) mit der Brennzeit angenommen werden kann.

Abweichungen im Druck-Zeit-Diagramm können bewirkt werden durch Druckabfall am Treibstoff, (Bernoulli-Gleichung) durch → erosiven Abbrand,

durch das Anzündungssystem und

durch irregulären Abbrand kurz vor Brennschluß.

Feuerwerkssätze

pyrotechnical compositions; compositions pyrotechniques

sind nicht explosiv abbrennende, aus → Sauerstoffträgern und → Brennstoffen zusammengesetzte Mischungen zur Abgabe von hellem bzw. gefärbtem Licht (→ Bengalische Feuer), zur Entwicklung von Wärme (→ Thermit), von Rauch, auch gefärbtem Rauch und zur Erzeugung akustischer Effekte (Heul-, Pfeif- und Knallsätze).

Feuerwerkspulver

→ Schwarzpulver.

Feuerwerkspulver wird mit 75, 70 und 60 % Kalisalpeter in zahlreichen Körnungsabstufungen (0,15–0,43 mm, 0,3–1,5 mm, 2–4 mm, 4–8 mm) und als Mehlpulver geliefert.

Feuerwerkszündschnüre

sind → Schwarzpulverzündschnüre, die den Zwecken der Feuerwerkereien durch den Durchmesser und die Form-Steife der Umspinnung speziell angepaßt sind. Sie werden in kurzen, etwa 4 bis 6 mm messenden Stückchen geliefert.

Flüssige Sprengstoffe

liquid explosives; explosifs liquides

Zahlreiche explosionsfähige Stoffe sind flüssig. Dazu gehören in erster Linie viele Salpetersäureester, wie Nitroglycerin, Nitroglykol, Diglykoldinitrat, Triglykoldinitrat, Butantrioltrinitrat, um nur einige zu nennen. Die meisten sind so schlagempfindlich, daß sie durch Aufsaugenlassen oder Gelatinieren mit Nitrocellulose in den weniger empfindlichen festen Zustand übergeführt werden; wie bekannt, waren solche Prozesse das Thema der Pionierpatente von *Alfred Nobel*. Die Schlagempfindlichkeit von explosionsgefährlichen Flüssigkeiten wird wesentlich erhöht, wenn sie Luftbläschen enthalten, wie *F. Roth* nachweisen konnte. Das Gelatinieren mit Nitrocellulose setzt die kleinste zur Explosion führende Schlagarbeit in der Fallhammerprobe bei Nitroglycerin bereits von 0,02 kp m auf 0,2 kp m herauf.

Wesentlich unempfindlicher ist z. B. → Nitromethan; der praktischen Verwendbarkeit standen bisher Preis, Verdampfbarkeit und die kompliziertere Handierung mit Flüssigkeiten zu Sprengzwecken entgegen; in den USA wurde jedoch in unterirdischen Vorläufer-Sprengungen zu großen → Nuklear-Sprengungen Nitromethan verwendet, das durch die niedergebrachte Bohrung geladen werden konnte („Pre-Gondola“ u. a.); → Nitromethan mit 5 % Äthylen-diamin ist in den USA als „PLX“ für militärische Zwecke vorgesehen.

Ferner wurde vorgeschlagen, flüssige Sauerstoffträger (hochkonzentrierte Salpetersäure, Stickstofftetroxid, Tetranitromethan) erst am Verbrauchsort oder auch in der Waffe kurz vor deren Einsatz mit Kohlenstoffträgern auf etwa Sauerstoff-Gleichheit (→ Sauerstoff-Bilanz) zu mischen, um so einen gefahrloseren Transport für die Sprengstoffe zu haben. Bekannt wurden die Panklastite (Stickstofftetroxyd mit Nitrobenzol, Benzol, Toluol oder Benzin); Hellhoffite (konzentrierte Salpetersäure mit Dinitrobenzol oder Dinitrotoluol). Ein solches Verfahren ist noch nach dem 2. Weltkrieg in Österreich unter dem Namen „Boloron“ propagiert worden. Die Sprengkraft dieser Gemische ist sehr groß. Wegen der ätzenden Komponenten ist die Handhabung aber sehr unangenehm; nach dem Mischen sind die Sprengstoffe außerordentlich empfindlich; sie haben sich daher in der Praxis nicht durchsetzen können.

Eine Mischung kurz vor dem Einsatz ist auch beim → „Astrolite“ vorgesehen.

Schlammartige Ammoniumnitrat-Sprengstoffe → Sprengschlamm (Slurries).

Flüssig-Luft-Sprengstoffe

liquid oxygen explosives; explosifs à oxygène liquide; Oxyliquit

entstehen durch Tränken von Patronen aus brennbaren aufsaugfähigen Materialien, wie Holzmehl, Korkmehl, Torfmull, → Carben u. a. in flüssigem Sauerstoff. Sie müssen sofort nach dem (vor Ort vorzunehmenden) Tränken und Laden abgetan werden. Sie stellen zwar energiereiche und außerdem billige Sprengmittel dar; ihre Anwendungstechnik läßt jedoch ein rationelles Arbeiten, wie das Sprengen größerer Serien in einem Zündgang, nicht zu. Sie sind daher aus der Sprengpraxis fast völlig verschwunden.

Flüssig-Treibstoff-Raketen

(→ Monergole, Hypergole)

liquid propellant rocket; roquettes à propergol liquide

Die Kombination von miteinander reagierenden Flüssigkeitspaaren (Brennstoffen und Oxidationsmitteln im weitesten Sinne) ergibt Energie in Form heißer Reaktionsgase, deren → Ausströmgeschwindigkeit den → Schub aufbaut. Die kalorische Ausbeute und der mögliche spezifische Impuls können höher liegen als bei Einstoffsystemen bzw. homogenen Gemischen, also gegenüber Monergolen, homogenen Festtreibstoffen und „Composite Propellants“.

Beispiele der Brennstoffe sind: Alkohol, Kohlenwasserstoffe, Anilin, Hydrazin, Dimethylhydrazin, flüssiger Wasserstoff, flüssiges Ammoniak.

Beispiele für Oxidiermittel sind: flüssiger Sauerstoff, Salpetersäure, hochprozentiges H_2O_2 , Stickstofftetroxyd, flüssiges Fluor, Stickstofftrifluorid, Chlortrifluorid.

Gewisse Stoffpaare sind → „hypergolisch“.

„free-flowing“-Sprengstoffe

sind nicht-patronierte gewerbliche Sprengstoffe, welche in das Bohrloch geschüttet werden können, meistens Ammonsalpetersprengstoffe, die Trennmittel (anti-cakings) enthalten. Die Lieferform des Ammonsalpeters in porösen Prills ermöglichte die „free-flowing“-Anwendung von → PAC-Sprengstoffen.

Freie Radikale

sind Molekülbruchstücke von kurzer Lebensdauer aus stabilen Molekülen, die infolge hoher Reaktionstemperatur (auch infolge sonstiger Energieabsorption, wie durch Bestrahlung) durch Dissoziation entstehen. Insbesondere beim Raketenabbrand ist bei den dort zu berücksichtigenden Temperaturen die Dissoziation der Gase nicht zu vernachlässigen. Die Bildung freier Radikale infolge Dissoziation wirkt sich leistungsmindernd aus und muß bei der thermischen Ermittlung des → spezifischen Impulses in Rechnung gestellt werden.

Auf der Suche nach besonders leistungsfähigen Reaktionen (→ Flüssig-Treibstoff-Raketen) hat man auch daran gedacht, Radikale

durch Einfrieren auf Tiefst-Temperaturen zu konservieren und deren Rekombinationsenergie mit auszunutzen.

Gasdruck

gas pressure; pression de gaz

Als Gasdruck bezeichnet man den in einer Waffenkammer auftretenden Maximaldruck; er hängt weitgehend von der betreffenden Waffe und dem gewählten Pulver ab. Zur Gasdruckbestimmung dient für allgemeine Routineprüfzwecke ein Crusher (= „Meßei“). (Kupferzylinder oder -pyramide, dessen Stauchung ein Maß für den Gasdruck bildet.)

Eine vollständige Kurve des Gasdruckverlaufs kann mit Hilfe von Piezoquarzen oder anderen Druckgebern in Verbindung mit einem Oszillographen ermittelt werden → Ballistische Bombe.

Gaserzeugende Ladungen

gas generating units; charges génératrices de gaz

dienen zu Sprengoperationen ohne brisante Sprengmittel im Bergbau. Die Ladung besteht aus einem nicht detonierenden gaserzeugenden Stoff und einem Zündsatz bzw. einem Heizsatz, die zusammen in einem Stahlrohr eingeschlossen sind. Der Heizsatz verdampft das druckerzeugende Mittel, wie flüssige Kohlensäure (Cardox-Verfahren), oder ein Zündsatz bringt eine chemische Reaktion in Gang, die dann exotherm weiterläuft (Chemecol-Verfahren, Hydrox-Verfahren). Gasliefernd sind Zerfallsreaktionen stickstoffreicher Verbindungen wie Ammonsalpeter bzw. Nitratgemische oder Nitroguanidin unter Zusatz von Kohlenstoffträgern und ggf. Katalysatoren. Bei bestimmtem Druck gibt eine Berstscheibe im Stahlrohr die Gase frei, deren plötzliche Entspannung im Bohrloch eine einer Sprengung ähnliche Wirkung hervorrufen.

Gasgeneratoren werden ferner in der Raumfahrttechnik für Rudermaschinen, im Raketenbau für Ausstoßladungen, aber auch zur Absicherung von Insassen bei Autounfällen benötigt (Airbag). Die hierbei nach der Zündung freigesetzten Gase sollen möglichst nur Stickstoff (und Wasser) und keine giftigen oder aggressiven Komponenten (CO ; NO ; N_xO_y ; HCl etc.) enthalten. Wichtig wurden hierfür Umsetzungen von Natriumazid mit kohlenstofffreien Reaktanden (Oxydatoren) wie NH_4ClO_4 , KNO_3 und SiO_2 u. a. m.

Gefahrgruppen *)

In der zweiten Durchführungsverordnung („2. Spreng-Verordnung“) zum Sprengstoffgesetz von 1979 wurden 4 Gefahrenklassen definiert, für welche entsprechend ihrem Gefahrenpotential abgestufte Sicherheitsabstände für ihre Lagerung festgelegt wurden**). Der Begriff dieser Gefahrenklasse geht entsprechend auch in die Unfallverhütungsvorschriften der Chemischen Industrie ein, in denen sie weiterhin kommentiert werden. Diese, mit 1,1; 1,2; 1,3 und 1,4 bezeichneten Gruppen sind:

Lagergruppe 1.1

Die Stoffe und Gegenstände dieser Gruppe können in der Masse explodieren. Die Umgebung ist durch Druckwirkung (Stoßwellen), durch Flammen und durch Spreng- und Wurfstücke gefährdet. Bei starkmanteligen Gegenständen oder Gegenständen über 60 mm Durchmesser (großkalibrigen Gegenständen) tritt eine zusätzliche Gefährdung durch schwere Sprengstücke ein. Die Schwere der Schäden und der Schadensbereich werden durch die Explosivstoffmenge bestimmt.

Lagergruppe 1.2

Die Stoffe und Gegenstände dieser Gruppe explodieren nicht in der Masse. Gegenstände explodieren bei einem Brand zunächst einzeln. Im Verlauf des Brandes nimmt die Zahl der gleichzeitig explodierenden Gegenstände zu. Die Druckwirkung (Stoßwellen) der Explosionen ist auf die unmittelbare Umgebung beschränkt; an Bauwerken der Umgebung entstehen keine oder nur geringe Schäden. Die weitere Umgebung ist durch leichte Sprengstücke und durch Flugfeuer gefährdet. Fortgeschleuderte Gegenstände können beim Aufschlag explodieren und so Brände und Explosionen übertragen. Bei starkmanteligen Gegenständen oder Gegenständen über 60 mm Durchmesser (großkalibrigen Gegenständen) tritt eine zusätzliche Gefährdung durch schwere Sprengstücke ein.

Lagergruppe 1.3

Die Stoffe und Gegenstände dieser Gruppe explodieren nicht in der Masse. Sie brennen sehr heftig und unter starker Wärmeentwicklung ab, der Brand breitet sich rasch aus. Die Umgebung ist hauptsächlich durch Flammen, Wärmestrahlung und Flugfeuer gefährdet. Gegenstände können vereinzelt explodieren, einzelne brennende Packungen und Gegenstände

*) → auch: Abstand; → Massen-Explosionsfähigkeit.

***) *Apel-Keusgen*, Sprengstoffgesetz, 16. Lieferung 1978, Carl Heymanns Verlag Köln und UVV 46 a Explosivstoffe und Gegenstände mit Explosivstoff-Allgemeine-Vorschrift → Literaturverzeichnis, S. 359; dort sind auch die speziellen UVVen aufgeführt.
Die UVV 46 a enthält u. a. im Anhang eine Zusammenstellung von *H. Pförtner* über Berechnungsformeln zur dynamischen Gebäudebelastung durch Stoßwellen.

können fortgeschleudert werden. Die Gefährdung der Umgebung durch Sprengstücke ist gering. Die Bauten in der Umgebung sind im allgemeinen durch Druckwirkung (Stoßwellen) nicht gefährdet.

Lagergruppe 1.4

Die Stoffe und Gegenstände dieser Gruppe stellen keine bedeutsame Gefahr dar. Sie brennen ab, einzelne Gegenstände können auch explodieren. Die Auswirkungen sind weitgehend auf die Packung beschränkt. Sprengstücke gefährlicher Größe und Flugweite entstehen nicht. Ein Brand ruft keine Explosion des gesamten Inhalts einer Packung hervor.

In der UVV 46 a werden hierzu folgende Beispiele genannt, welche zeigen, welche Explosivstoffe und Gegenstände mit Explosivstoff zu den einzelnen Gefahrgruppen gehören können:

Gefahrgruppe 1.1

Blitzsätze (z. B. Kaliumperchlorat/Aluminium)
Bomben und Feuertöpfe der Klasse IV SprG
Detonatoren für Munition
Hagelabwehrraketen
Hohlladungen
Leuchtsätze (z. B. Alkali oder Erdalkalinitrat/Magnesium)
Schwarzpulver
Sprengkapseln
Sprengöle
Sprengschnüre
Sprengstoffe (gewerbliche und militärische)
Sprengzünder (elektrische Sprengkapseln)
Sternsätze (z. B. Kaliumchlorat/Harze)
Stoppinen
Treibladungen für Geschütze
Treibladungspulver
Treibsätze für Raketen
Gefechtsköpfe mit Sprengladung
Minen mit Sprengladung
Raketenmotoren schubfähig
Schneidladungen
Sprengbomben
Sprenggeschosse

Gefahrgruppe 1.2

Fallote mit Explosivstoff
Geschosse mit Sprengladung, für Geschütze mit einem Kaliber von höchstens 60 mm
Leinenwurfraketen
Patronen mit Sprenggeschos, für Geschütze mit einem Kaliber von höchstens 60 mm
Splitterhandgranaten
Bomben mit Sprengladung

Geschosse mit Sprengladung, für Geschütze mit einem Kaliber von mehr als 60 mm
 Patronen mit Sprenggeschos, für Geschütze mit einem Kaliber von mehr als 60 mm
 Raketenmotoren, schubfähig
 Übungsraketen

Gefahrgruppe 1.3

Anfeuerungssätze (z. B. Bariumperoxid/Kohle/Magnesium)
 Anzünder für Treibladungen
 Brandmunition ohne Zerlegeladung
 Feuerwerkskörper (pyrotechnische Gegenstände der Klasse II, III, IV SprG)
 z. B. Feuerräder, Frontstücke, Vulkane, Wasserfälle, Leinenwurfraketen
 Leucht- und Signalmunition (z. B. Einzelsternpatronen, Mehrsternpatronen, Rauchpatronen, Fallschirmpatronen, Leuchtkörper)
 Lichtspurpreßkörper
 Manöverkartuschen
 Nebelmunition ohne Zerlegeladung
 Raketenmotoren nicht schubfähig
 Rauchsätze (z. B. Farbstoff/Kaliumchlorat/Milchzucker)
 Stoppen
 Treibladungen für Geschütze
 Treibladungspulver
 Treibsätze für Raketen
 Verzögerungssätze (z. B. Mennige/Silicium, Bleichromat/Antimon/Kaliumchlorat)

Gefahrgruppe 1.4

Anzünder für Schwarzpulverzündschnur
 Anzünder für Treibladungen, z. B. Zündhütchen
 Anzündlitze
 Feuerwerkspielwaren der Klasse I SprG
 Geschosse mit pyrotechnischer Wirkung
 Handsignalkörper ohne Treibladung, ohne Knallsatz
 Kabelschneidvorrichtungen mit Explosivstoff
 Knallkörper der Klasse II SprG
 Kleinf Feuerwerk der Klasse II SprG (z. B. Bengalfackeln, Knallkörper, Pfeifer, Schwärmer)
 Patronen für Ausbildungsschießgeräte
 Patronen für Handfeuerwaffen (z. B. mit Brandgeschos, Leuchtgeschos, Vollgeschos)
 Rauchkörper
 Räuchersätze, Glühsätze
 Schwarzpulverzündschnur (Anzündschnur)
 Sprengkapseln
 Sprengniete mit höchstens 375 mg Satz je Niet
 Sprengzünder (elektrische Sprengkapseln)
 Treibkartuschen für technische Anwendungen z. B. für Schußapparate für gewerbliche Zwecke
 Trennvorrichtungen mit Explosivstoff

In der 2. Spreng-Verordnung und in der UVV 46a sind eingehende Tabellen enthalten, welche die Sicherheitsabstände in Abhängigkeit von der Gefährgruppe unter Berücksichtigung der Bauart der Gebäude (Leichtbauweise; eingewallt, erdüberdeckt usw.) auflisten. Sie legen die in Meter berechneten Sicherheitsabstände gemäß

$$a = f \cdot \sqrt[3]{M}$$

a: Abstand in m

M: Explosivstoffmasse in dem betreffenden Gebäude in kg fest, wobei *f* einen Faktor bedeutet, der dem Sicherheitsbedürfnis angepaßt ist und weitere Beeinflussungsmomente, wie z. B. Bauweisen der Gebäude berücksichtigt, → auch: Detonation, S. 74.

Gefrieren von Nitroglycerinsprengstoffen

Nitroglycerin kann bei Temperaturen von + 10 °C gefrieren. Die gefrorenen Patronen sind nicht handhabungssicher, und die Auftauoperation mit behelfsmäßigen Mitteln ist gefährlich. Man begegnet der Gefrierbarkeit durch Zusatz von Nitroglykol zum Nitroglycerin. Mit low freezing (L.F.) explosives werden Sprengstoffe bezeichnet, die bei 35 °F = 1,7 °C noch arbeitsfähig sind, für extra-low-freezing (E.L.F.) liegt die Grenztemperatur bei 0 °F = -17,8 °C.

Gelatinöse Sprengstoffe

→ Ammonsalpeter-Sprengstoffe und → Dynamite.

Von patronierten Sprengstoffen für gewerbliche Zwecke muß eine gewisse Bildsamkeit verlangt werden, schon, um eine „Schlagpatrone“ mit der Sprengkapsel versehen zu können. Sie sind daher gelatinös, halbgelatinös oder pulverförmig.

Gelignite

ist die Handelsbezeichnung im englischen Sprachraum für gelatinöse Nitroglycerin-Nitroglykol-basierte Sprengstoffe.

Geocord

ist der Handelsname für eine → Sprengschnur der WASAGCHEMIE Sythen GmbH. Sie enthält 20 g → Nitropenta pro Meter und dient für seismische Messungen.

Kennzeichnende Farbe: rot.

Geosit 3

Sprengtechnische Daten

Beschaffenheit	gelatinös, schwarzbraun
Sauerstoffwert	0
Normalgasvolumen	766 l/kg
Explosionswärme	1096 kcal/kg = 4589 kJ/kg
Spezif. Energie	104 mt/kg = 1020 kJ/kg
Energieniveau	150 mt/l = 1470 kJ/kg
Dichte	1,50 g/cm ³
Bleibblockausbauchung	350 cm ³
relat. weight strength	81 %
Detonationsgeschwindigkeit freiliegend	5900 m/s
Detonationsgeschwindigkeit unter Einschluß	5900 m/s
Stauchung n. Kast	7,8 mm
Stauchung n. Heß	zertrümmert
Schlagempfindlichkeit	0,3 kp m = 2,9 Nm

Geosit 3 ist der Handelsname für einen seismischen Spezialsprengstoff der WASAGCHEMIE Sythen GmbH. Er ist ein gelatinöser Sprengstoff auf Basis von Nitroglykol und Ammonsalpeter, der sensibilisierende Zusätze enthält; er detoniert auch unter hohen hydrostatischen Wasserdrücken vollständig und überträgt die Detonation sicher von Patrone zu Patrone. Er eignet sich deshalb für seismische Sprengungen in tiefen Bohrlöchern sowie bei Bohrlochtorpedierungen bei der Erdöl- und Wasser-Gewinnung. Die besonderen Eigenschaften des Geosits wurden durch sensibilisierende Zusätze erreicht.

Infolge der hohen Detonationsgeschwindigkeit von nahezu 6000 m/s auch ohne jeden Einschluß ist er auch zur Zerkleinerung von grobem Haufwerk durch Auflegersprengung geeignet. Sehr bewährt hat sich zur Zerkleinerung großer Knäpper das Absprengen mit Geosit in stark verkürzten Bohrlöchern; Knall und Sprengstoffaufwand sind dann wesentlich geringer. Geosit ist ferner geeignet zur sicheren Initiierung hoch-unempfindlicher Sprengstoffe, wie der → Sprengschlämme (Slurries).

Als Geosit 3K wird der Sprengstoff in verschraubbaren Kunststoffrohren patroniert geliefert.

Gesteinsprengstoffe

Gesteinsprengstoffe sind gewerbliche Sprengstoffe, welche für Sprengarbeiten ohne Schlagwettergefahr zugelassen sind. Sie werden durch Farbzusatz (→ Caput mortuum) in der Masse rot gefärbt und durch rote Farbe des Patronen- und Schachtelumschlag-Papiers gekennzeichnet (→ Wettersprengstoffe).

Gewerbliche Sprengstoffe

industrial explosives; explosifs pour usage industriel

sind Sprengstoff-Gemische, die im Bergbau (Kohle, Salz, Erz), für Straßenbauten, Unterwassersprengungen, Steinbrüche, Forst- und Landwirtschaft u. a. eingesetzt werden. Ihre Zusammensetzung wird je nach Einsatzzweck gewählt, Einzelheiten hierzu → Ammonsalpeter-Sprengstoffe, PAC-Sprengstoffe, flüssige Sprengstoffe, Sprengschlamm, Flüssig-Luft-Sprengstoffe, Chloratsprengstoffe, Wettersprengstoffe, Gesteinsprengstoffe; → Kennzeichnung.

Gießen von Sprengladungen

explosive casting; coulée de charges de projectiles

Da die → Brisanz eines Sprengstoffes wesentlich von der Ladedichte abhängt, wendet man insbesondere im militärischen Bereich die Sprengstoffe mit der höchstmöglichen Ladedichte an. Diese wird dabei durch Gießen oder durch Pressen mit hohen Drücken (1000 bar \approx kp/cm² und mehr) erreicht. Das Pressen erfordert technischen Aufwand, und eine gegossene Füllung ist der mehr oder weniger komplizierten Innenform von Geschossen, Minen und Bomben leichter anzupassen.

Seine Gießbarkeit bei 80 °C hat dem Trinitrotoluol seine überraschende Stellung in der Militärtechnik verschafft. Da beim Erstarren des flüssigen Sprengstoffes eine erhebliche Kontraktion eintritt, muß während des Gießprozesses dafür gesorgt werden, daß zu allen noch nicht erstarrten Stellen des Gusses ungehinderter Nachfluß des flüssigen Gutes erfolgen kann; dies geschah durch „Stochern“ von Hand. Inzwischen sind mehrere Gießverfahren entwickelt worden, welche die Handarbeit vermeiden und lunkerfreie Güsse erzielen.

Reines Trinitrotoluol neigt zum Ausbilden sehr langnadeliger Kristalle von bröckeliger, nicht die maximale Dichte aufweisender

Struktur. Hier muß man durch Anwesenheit zahlreicher Kristallisationskeime, also durch Verteilen von festem TNT, für die Ausbildung eines feinkristallinen, mechanisch festen und dichten Gusses sorgen. A. B. Bofors schlägt zur Strukturbesserung den Zusatz von → Hexanitrostilben vor.

Viele Gemische fester Stoffe im geschmolzenen Stoff sind durch den Gießprozeß ausgezeichnet laborierbar → Amatole, Composition B, Torpex, Tritonal u. a.).

Gießen von Treibsätzen

propellant casting; coulée de propergols

Auch in der Feststoff-Raketentechnik ist bei gießfähigen Gemischen das Formgebungsproblem mit geringem maschinellen Aufwand zu lösen.

Im Gegensatz zur Gießtechnik der Sprengstoffe kann man keine Verfahren verwenden, welche von Schrumpfung begleitet werden und zu spröden Kristallagglomeraten führen.

Es gibt zwei Wege: die katalytisch beeinflusste Härtung von Polykondensaten der Kunststofftechnik, wobei das sich bildende Kunststoffgel als Brennstoffkomponente zum mechanisch beigemischtem Oxydiermittel dient (→ composite propellants), oder:

bei → double-base-Kompositionen wird ein Nitrocellulose-Granulat in einer Form durch Einwirkenlassen von flüssigen Salpetersäureestern zu einem homogenen Gel verquollen.

Graphit

C

Atomgewicht: 12,01

dient zur Oberflächenglättung von Blättchenpulver und von Schwarzpulver.

Technische Reinheitsforderungen

Feuchtigkeit: nicht über	0,5 %
Reaktion:	neutral
Glührückstand in Natur-Graphit: nicht über	25 %
scharfkantige Bestandteile:	Null
Kieselsäure:	Null

Großbohrloch-Sprengverfahren

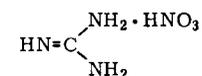
large-hole blasting; sautage à grand trou

Bei der Gewinnung von Steinen in offenen Steinbrüchen hat sich aus Rationalisierungsgründen mehr und mehr das Verfahren des einmaligen Einsatzes großer Sprengstoffmengen entwickelt.

Im Großbohrloch-Verfahren werden parallel zur Bruchwand Reihen von senkrechten Bohrlöchern niedergebracht, welche Durchmesser von 60–150 mm und Längen über 12 m aufweisen (in den USA bis 300 mm ϕ). Diese Löcher werden mit Sprengstoff geladen, mit Besatzmaterial verdämmt und mittels Sprengschnur gezündet.

Guanidinnitrat

guanidine nitrate; nitrate de guanidine; Guanidinsalpeter;



farblose Kristalle.

Bruttoformel: $\text{CH}_6\text{N}_4\text{O}_3$

Mol.-Gew.: 122,1

Bildungsenergie: $-726,1 \text{ kcal/kg} = -3038 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-767 \text{ kcal/kg} = -3187 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-26,2 \%$

Stickstoffgehalt: $45,89 \%$

Normalgasvolumen: 1098 l/kg

Explosionswärme: $601 \text{ kcal/kg} = 2515 \text{ kJ/kg}$

Spezif. Energie: $77 \text{ mt/kg} = 750 \text{ kJ/kg}$

F.: $217 \text{ }^\circ\text{C}$

Bleiblockausbauchung: 240 cm^3

Verpuffungstemperatur: keine; Abrauchen bei $315 \text{ }^\circ\text{C}$

Schlagempfindlichkeit: bis 5 kp m keine Reaktion

Reibempfindlichkeit: bis 36 kp Stiftbelastung

keine Reaktion

Grenzdurchmesser Stahlhülseentest: $2,5 \text{ mm}$

Guanidinnitrat ist löslich in Alkohol und Wasser.

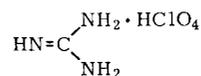
Guanidinnitrat ist das Vorprodukt zur Herstellung von → Nitroguanidin. Es entsteht durch Zusammenschmelzen von Dicyandiamid ($\text{C}(\text{NH}_2)_2$) und Ammonsalpeter.

Guanidinnitrat ist verwendbar, um schmelzbare Mischungen zusammen mit Ammonsalpeter und anderen Nitraten aufzubauen; solche Gemische sind in großer Zahl während des Krieges als Ersatz für Sprengstoffe aus knappen Rohstoffen eingesetzt worden. Sie bedürfen jedoch im allgemeinen des Zusatzes von brisanten Sprengstoffen, wie Hexogen oder anderen.

Auch zum Einarbeiten in POL-Pulver ist Guanidinnitrat vorgeschlagen worden.

Guanidinperchlorat

guanidine perchlorate; perchlorate de guanidine



Bruttoformel: $\text{CH}_6\text{N}_3\text{O}_4\text{Cl}$.

Mol.-Gew.: 159,5

Bildungsenergie: $-443 \text{ kcal/kg} = -1825 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-469 \text{ kcal/kg} = -1962 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-5,01 \%$

Stickstoffgehalt: $26,35 \%$

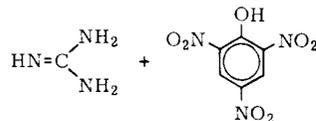
F.: $240 \text{ }^\circ\text{C}$

Bleiblockausbauchung: 400 cm^3

Man gewinnt die Verbindung aus Guanidinhydrochlorid und Natriumperchlorat.

Guanidinpicrat

guanidine picrate; picrate de guanidine



gelbes feinkristallines Pulver.

Bruttoformel: $\text{C}_7\text{H}_8\text{N}_6\text{O}_7$

Mol.-Gew.: 288,2

Sauerstoffwert: -61%

Stickstoffgehalt: $29,16 \%$

F. (Zersetzung): $318,5\text{--}319,5 \text{ }^\circ\text{C}$

Verpuffungspunkt: $325 \text{ }^\circ\text{C}$

Guanidinpicrat ist etwas löslich in Wasser und Alkohol.

Man erhält es beim Zusammenmischen der Lösungen von Guanidinnitrat und Ammoniumpicrat.

Guarmehl

guar gum; harine de guar

gemahlenes Endosperm der indischen *Cyanopsis tetragonoloba*, ein Polysaccharid aus einer Mannose-Hauptkette mit Galaktose-Seitenketten. Das Produkt geliert mit Wasser in der Kälte. Es wird gewerblichen pulverförmigen Sprengstoffen zugesetzt, wenn diese gegen eindringendes Wasser in feuchten Bohrlöchern geschützt werden sollen. Guarmehl baut durch Gelierung mit dem eindringenden Wasser eine Sperrschicht auf, die weiteres Eindringen verhindert → Wasserfestigkeit; → Sprengschlamm.

Gurdynamit

→ Dynamite.

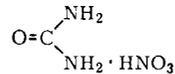
Es wurde 1867 von *Nobel* als „Nobels Safety Powder“ hergestellt.

Hansen-Test

Bei diesem im Jahre 1925 von *Hansen* zur Stabilitätsprüfung vorgeschlagenen Prüfverfahren werden von der zu untersuchenden Substanz je acht Proben auf $110 \text{ }^\circ\text{C}$ erhitzt und stündlich eine derselben dem Warmlagerofen entnommen, mit CO_2 -freiem Wasser ausgeschüttelt und in dem Filtrat der pH-Wert bestimmt. Da die Zersetzung von Treibmitteln auf Salpetersäureester-Basis im allgemeinen mit einer Abspaltung von CO_2 , das die potentiometrische Bestimmung stört, verbunden ist, sind die erhaltenen Ergebnisse unbefriedigend, weshalb dieser Test heute kaum noch Anwendung findet.

Harnstoffnitrat

urea nitrate; nitrate d'urée



farblose Kristalle

Bruttoformel: $\text{CH}_5\text{N}_3\text{O}_4$

Mol.-Gew.: 123,1

Bildungsenergie: $-1061 \text{ kcal/kg} = -4439 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-1090 \text{ kcal/kg} = -4561 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-6,5 \%$

Stickstoffgehalt: $34,14 \%$

Normalgasvolumen: 910 l/kg

Explosionswärme: $796 \text{ kcal/kg} = 3334 \text{ kJ/kg}$

Spezif. Energie: $80 \text{ mt/kg} = 783 \text{ kJ/kg}$

F.: (Zersetzung) $140 \text{ }^\circ\text{C}$

Bleiblockausbauchung: 270 cm^3

Dichte: $1,65 \text{ g/cm}^3$

Verpuffungstemperatur: $186 \text{ }^\circ\text{C}$

Schlagempfindlichkeit: bis zu 5 kp m keine Reaktion

Reibempfindlichkeit: bis 36 kp Stiftbelastung

keine Reaktion

Grenzdurchmesser Stahlhülsestest:

bei 1 mm keine Zerlegung

Harnstoffnitrat ist wenig löslich in Wasser und Alkohol, es zeigt gute Stabilität. Man erhält Harnstoffnitrat aus Harnstoff mit Salpetersäure. Das Salz hat stark sauren Charakter.

HBX, HBX-I usw.

sind gießbare Gemische aus Trinitrotoluol, Hexogen und Aluminium (→ Torpex) unter Zusatz von Phlegmatisierungsmitteln.

HEX

bedeutet High Energy Explosive. Die mit HEX bezeichnete Reihe sind Modifikationen von → Torpex.

Hexal

ist eine Mischung 80/20 Hexogen/Aluminiumpulver. Das Hexogen ist mit ca. 5 % Wachs phlegmatisiert; die Hexal-Ladungen müssen gepreßt werden. Die → Arbeitsleistung solcher Gemische ist sehr hoch. Durch den Aluminiumzusatz wird zur Sprengleistung eine zusätzliche Brandwirkung erzielt.

Hexamethylendiisocyanat

Hexamethylene diisocyanate; diisocyanate d'hexaméthylène



Farblose Flüssigkeit

Bruttoformel: $\text{C}_8\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_2$

Molekulargewicht: 168,2

Bildungsenergie: $-468 \text{ kcal/kg} = -1961 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-496 \text{ kcal/kg} = -2078 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-205,4 \%$

Stickstoffgehalt: $16,66 \%$

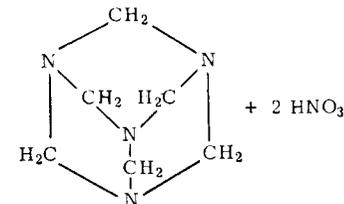
Dichte 20/4: $1,0528 \text{ g/cm}^3$

Siedepunkt bei $0,013 \text{ bar}$: $124 \text{ }^\circ\text{C}$

Die Verbindung dient als Härtungspartner zu Hydroxyl-Endgruppen in der Bildung von Polyurethan-Bindern in → Verbundtreibsätzen; siehe auch → Gießen von Treibsätzen.

Hexamethylentetramindinitrat

hexamethylenetetramine dinitrate; dinitrate d'hexaméthylène tétramine



weiße Kristalle

Bruttoformel: $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{N}_6\text{O}_6$

Mol.-Gew.: 266,2

Bildungsenergie: $-393,2 \text{ kcal/kg} = -1645 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-422,1 \text{ kcal/kg} = -1766 \text{ kJ/kg}$

Stickstoffgehalt: $31,57 \%$

Sauerstoffwert: $-78,3 \%$

F. (Zersetzung): 158 °C
 Normalgasvolumen: 1000 l/kg
 Explosionswärme: 600 kcal/kg = 2512 kJ/kg
 Spezif. Energie: 75 mt/kg = 735 kJ/kg
 Bleiblockausbauchung: 220 cm³
 Schlagempfindlichkeit: 1,5 kp m = 15 Nm
 Reibempfindlichkeit: bei 24 kp
 Stiftbelastung Reaktion

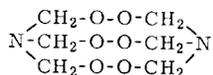
Das Salz ist löslich in Wasser, unlöslich in Alkohol, Äther, Chloroform und Aceton.

Hexamethylentetramindinitrat kann man aus Hexamethylentetramin und Salpetersäure von mittlerer Konzentration herstellen. Es bildet ein wichtiges Vorprodukt von Hexogen nach dem KA-Verfahren.

Nach einem anderen Verfahren arbeitet D.R.P. 479 226: Paraformaldehyd wird bei einer Temperatur von 60–70 °C unter gleichzeitigem Einleiten von Ammoniak in Wasser eingetragen, und nach Abkühlen durch Zusatz konzentrierter Salpetersäure das Dinitrat bei etwa 0° auskristallisieren gelassen.

Hexamethylentriperoxyddiamin

hexamethylenetriperoxydediamine;
hexaméthylènetriperoxydediamine; HMTD



weiße Kristalle
 Bruttoformel: C₆H₁₂N₂O₆
 Mol.-Gew.: 208,1
 Bildungsenergie: -384,3 kcal/kg = -1608 kJ/kg
 Bildungsenthalpie: -413,7 kcal/kg = -1731 kJ/kg
 Sauerstoffwert: -92,2 %
 Stickstoffgehalt: 13,46 %
 Normalgasvolumen: 1000 l/kg
 Explosionswärme: 950 kcal/kg = 3978 kJ/kg
 Spezif. Energie: 92 mt/kg = 900 kJ/kg
 Dichte: 1,57 g/cm³
 Bleiblockausbauchung: 330 cm³
 Verpuffungspunkt: 200 °C (Zersetzung schon ab 150 °C)
 Schlagempfindlichkeit: 0,06 kp m = 0,6 Nm

Dieses Peroxid ist fast unlöslich in Wasser und den üblichen organischen Lösungsmitteln.

scanned by *wantsomfet*
<http://kangaroo000.cjb.net/>
<http://internettrash.com/users/altreal/>

Hexamethylentriperoxyddiamin wird aus Hexamethylentetramin und Wasserstoffsuperoxid in Gegenwart von Zitronensäure bei guter Kühlung hergestellt.

Es ist ein wirksamer Initialsprengstoff, jedoch hat ihm seine mangelhafte Lagerungsfähigkeit den Eingang in die Praxis verschlossen.

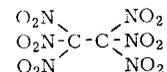
Hexanite

oder „Schießwollen neuer Art“

sind gegossene Sprengladungen aus Trinitrotoluol und Hexanitrodiphenylamin (60/40).

Hexanitroäthan

hexanitroethane; *hexanitroéthane*; HNE



farbloses Pulver; Umwandlungspunkt bei 17 °C
 Bruttoformel: C₂N₆O₁₂
 Mol.-Gew.: 300,1
 Bildungsenergie: +113,1 kcal/kg = +473,2 kJ/kg
 Bildungsenthalpie: +95,3 kcal/kg = +398,7 kJ/kg
 Sauerstoffwert: +42,7 %
 Stickstoffgehalt: 28,01 %
 Normalgasvolumen: 678 l/kg
 Explosionswärme: 741 kcal/kg = 3102 kJ/kg
 Spezif. Energie: 84,5 mt/kg = 828 kJ/kg
 Dichte: 1,05 g/cm³
 F.: 135,5 °C
 Dampfdruck:

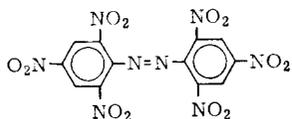
Millibar	Temperatur °C
0,5	20
0,8	30
1,1	40
1,5	50
2,2	60
5,0	70
15	80
28	85

Bleiblockausbauchung: 245 cm³/10 g
 Detonationsgeschwindigkeit: 4950 m/s bei
 $\rho = -0,91 \text{ g/cm}^3$
 Verpuffungspunkt: 175 °C
 Schlagempfindlichkeit: 1 kp m = 10 Nm
 Reibempfindlichkeit: bei 24 kp Stiftbelastung
 Zersetzungen

Hexanitroäthan ist als sauerstoffausgleichender Zusatz zu Treib-
 sätzen vorgeschlagen worden.

Hexanitroazobenzol

hexanitroazobenzene; hexanitroazobenzène

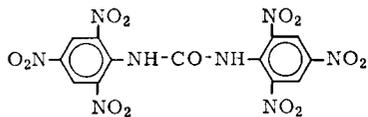


orangerote Kristallnadeln
 Bruttoformel: C₁₂H₄N₈O₁₂
 Mol.-Gew.: 452,2
 Sauerstoffwert: -49,7 %
 Stickstoffgehalt: 24,78 %
 F.: 215 °C

Man kann die Verbindung aus Dinitrochlorbenzol und Hydrazin
 herstellen. Das hierbei als Zwischenprodukt zunächst entstehende
 Tetranitrohydrazobenzol wird durch Mischsäure unter gleichzeitiger
 Oxydation und Hexanitrierung in das Hexanitroazobenzol umge-
 wandelt. Die Verbindung ist sprengkräftiger als Hexyl.

Hexanitrocarbanilid

dipicrylurea; dipicrylurée; 2,2', 4,4', 6,6'-Hexanitro-N,
 N'-diphenylharnstoff; sym. Dipicrylharnstoff



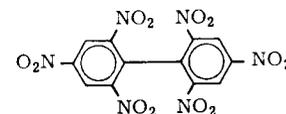
hellgelbe Kristalle
 Bruttoformel: C₁₃H₆N₈O₁₃

Mol.-Gew.: 482,2
 Sauerstoffwert: -53,2 %
 Stickstoffgehalt: 23,24 %
 F. (Zersetzung): 208-209 °C
 Verpuffungspunkt: 345 °C

Die Verbindung kann man durch Nitrierung von Carbanilid in einer
 oder mehreren Stufen gewinnen.

Hexanitrodiphenyl

hexanitrodiphenyl; hexanitrodiphényle; Hexanitrobiphenyl



hellgelbe Kristalle
 Bruttoformel: C₁₂H₄N₆O₁₂
 Mol.-Gew.: 424,2
 Sauerstoffwert: -52,8 %
 Stickstoffgehalt: 19,81 %
 Dichte (gepreßt): 1,61 g/cm³
 F.: 263 °C
 Bleiblockausbauchung: 344 cm³
 Verpuffungspunkt: 320 °C

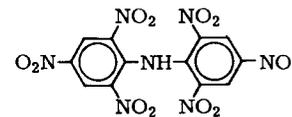
Es ist unlöslich in Wasser, löslich in Alkohol, Aceton, Benzol und
 Toluol.

Hexanitrodiphenyl kann nicht durch direkte Nitrierung von Diphenyl
 hergestellt werden.

Die Verbindung gehört zu den relativ temperatur-unempfindlichen
 Sprengstoffen.

2,4,6,2',4',6'-Hexanitrodiphenylamin

hexanitrodiphenylamine; hexanitrodiphénylamine; Dipicrylamin;
 Hexamin; Hexyl; Hexite; Hexil; HNDPhA; HNDP



kanariengelbes Kristallmehl
 Bruttoformel: C₁₂H₅N₇O₁₂

Mol.-Gew.: 439,2
 Bildungsenergie: +38,7 kcal/kg = +162,0 kJ/kg
 Bildungsenthalpie: +21,8 kcal/kg = +91,2 kJ/kg
 Sauerstoffwert: -52,8 %
 Stickstoffgehalt: 22,33 %
 Normalgasvolumen: 780 l/kg
 Explosionswärme: 1083 kcal/kg = 4535 kJ/kg
 Spezif. Energie: 107 mt/kg = 1050 kJ/kg
 Dichte: 1,64 g/cm³
 F. (unter Zersetzung): 240–241 °C
 Bleiblockausbauchung: 325 cm³
 Detonationsgeschwindigkeit: 7200 m/s bei
 $\rho = 1,60 \text{ g/cm}^3$
 Schlagempfindlichkeit: 0,75 kp m = 7,4 Nm
 Reibungsempfindlichkeit: bei 36 kp Stiftbelastung
 keine Reaktion
 Grenzdurchmesser Stahlhülsestest: 5 mm

Der Sprengstoff ist giftig – der Staub greift Haut und Schleimhäute an –, lichtempfindlich, unlöslich in Wasser und den meisten Lösungsmitteln und bildet empfindliche saure Salze.

Hexanitrodiphenylamin wird durch Nitrierung des durch Kondensation aus Dinitrochlorbenzol und Anilin entstandenen unsymmetrischen Dinitrodiphenylamins mit konzentrierter Salpetersäure hergestellt. Die Stabilität und Brisanz sind etwas höher als die von Pikrinsäure, die Empfindlichkeit ist etwas größer.

Hexanitrodiphenylamin ist insbesondere in Unterwassersprengstoffen in gießbaren Mischungen mit Trinitrotoluol und Aluminium verwendet worden (→ Schießwolle 18). Wegen der Giftigkeit und seiner starken Färbung dürfte sich heute die Verwendung anderer hochbrisanter Zuschläge zu solchen Gußmischungen eher empfehlen.

Für sich allein gehört Hexanitrodiphenylamin zu den relativ temperaturunempfindlichen Sprengstoffen.

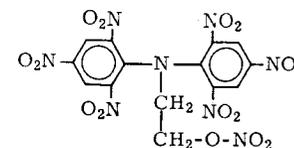
Die Verbindung wurde ferner als Fällungsreagens für Kalium verwendet; das Kaliumsalz ist in der „Positivliste“ des Sprengstoffgesetzes als explosionsgefährlich aufgeführt.

Technische Reinheitsforderungen

Schmelzpunkt: nicht unter	230 °C
Rückstand in 1:3 Pyridin-Aceton-Lösung: nicht über	0,1 %

Hexanitrodiphenylaminoäthylnitrat

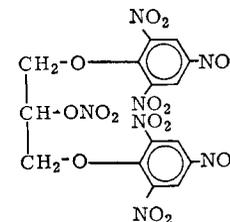
hexanitrodiphenylaminoethylnitrate;
 nitrate d'hexanitrodiphényleaminoéthyle



schwachgelbe Blättchen
 Bruttoformel: C₁₄H₈N₈O₁₅
 Mol.-Gew.: 528,3
 Sauerstoffwert: -51,5 %
 Stickstoffgehalt: 21,21 %
 F.: 184 °C
 Verpuffungspunkt: 390–400 °C

Hexanitrodiphenylglycerinmononitrat

hexanitrodiphenylglycerolmononitrate;
 mononitrate d'hexanitrodiphényleglycérine;
 Heptanitrodiphenylglycerin; sym. dipikrinsaures Glycerinnitrat



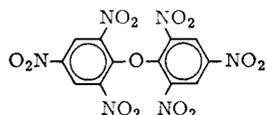
gelbe Kristalle
 Bruttoformel: C₁₅H₉N₇O₁₇
 Mol.-Gew.: 569,3
 Sauerstoffwert: -49,2 %
 Stickstoffgehalt: 17,22 %
 F.: 160–175 °C
 Bleiblockausbauchung: 355 cm³
 Schlagempfindlichkeit:
 2,3 kp m = 23 J
 Schlagempfindlichkeit: 2,3 kp m = 23 Nm

Das Präparat ist löslich in Eisessig, schwerlöslich in Alkohol, unlöslich in Wasser.

Die Verbindung wird durch Lösen von Glycerindiphenyläther in Salpetersäure und Eingießen der Lösung in Salpetersäure/Schwefelsäure hergestellt.

2,4,6,2',4',6'-Hexanitrodiphenyloxid

hexanitrodiphenyloxide; hexanitrodiphényloxyde



blaßgelbe Kristalle

Bruttoformel: $C_{12}H_4N_6O_{13}$

Mol.-Gew.: 440,2

Sauerstoffwert: -47,3 %

Stickstoffgehalt: 19,09 %

Dichte: 1,70 g/cm³

F.: 269 °C

Bleiblockausbauchung: 373 cm³

Detonationsgeschwindigkeit: 7180 m/s bei

$\rho = 1,66$ g/cm³

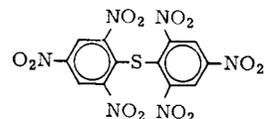
Schlagempfindlichkeit: 0,8 kp m = 8 Nm

Hexanitrodiphenyloxid ist unlöslich in Wasser, wenig löslich in Alkohol und Äther. Es ist eine sehr beständige Verbindung, die weniger schlagempfindlich, aber sprengkräftiger ist als Pikrinsäure.

Hexanitrodiphenyloxid erhält man durch Weiternitrierung der Di-, Tri-, Tetra- und Pentanitrosubstitutionsprodukte des Diphenyläthers mit Mischsäure.

2,4,6,2',4',6'-Hexanitrodiphenylsulfid

hexanitrodiphenylsulfide; hexanitrodiphénylsulfide; Picrylsulfid



rotgelbes, körniges Pulver

Bruttoformel: $C_{12}H_4N_6O_{12}S$

Mol.-Gew.: 456,2

Sauerstoffwert: -56,1 %

Stickstoffgehalt: 18,42 %

Dichte: 1,65 g/cm³

F.: 234 °C

Bleiblockausbauchung: 320 cm³

Detonationsgeschwindigkeit: 7000 m/s bei

$\rho = 1,61$ g/cm³

Verpuffungspunkt: 305-320 °C

Schlagempfindlichkeit: 0,6 kp m = 6 Nm

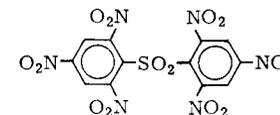
Der Sprengstoff ist nicht giftig und sprengtechnisch dem Hexanitrodiphenylamin sehr ähnlich, wenig löslich in Alkohol und Äther, leichter löslich in Eisessig und Aceton.

Hexanitrodiphenylsulfid wird durch Umsetzung von Trinitrochlorbenzol mit Natriumthiosulfat in alkalischer Lösung hergestellt.

Die Verbindung gehört zu den relativ temperaturunempfindlichen Sprengstoffen.

2,4,6,2',4',6'-Hexanitrodiphenylsulfon

hexanitrodiphenylsulfone; hexanitrodiphénylsulfone; Hexanitrosulfobenzid



blaßgelbe Kristalle

Bruttoformel: $C_{12}H_4N_6O_{14}S$

Mol.-Gew.: 488,2

Sauerstoffwert: -45,8 %

Stickstoffgehalt: 17,22 %

F.: 307 °C

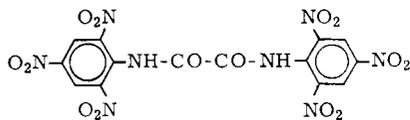
Verpuffungspunkt: 254 °C

Hexanitrodiphenylsulfon löst sich in Aceton, nur wenig in Benzol und Toluol. Es zeigt gute Stabilität.

Man erhält Hexanitrodiphenylsulfon durch Oxydation des Hexanitrodiphenylsulfids.

Hexanitro-oxanilid

hexanitrooxanilide, Hexanitrodiphenyloxamid



Bruttoformel: $C_{14}H_6N_8O_{14}$

Mol.-Gew.: 510,11

Sauerstoffwert: -53,3 %

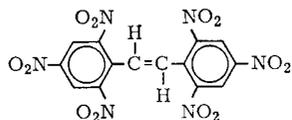
Stickstoffgehalt: 21,97 %

F.: 295–300 °C (Zers.)

Man erhält die Verbindung durch Nitrierung von Oxanilid. Der Stoff ist interessant als relativ hoch-temperatur-stabiler Sprengstoff.

Hexanitrostilben

hexanitrostilbene, hexanitrostilbene



Bruttoformel: $C_{14}H_6N_8O_{12}$

Mol.-Gew.: 450,10

Bildungsenergie: +46,4 kcal/kg = +194,3 kJ/kg

Bildungsenthalpie: +30,6 kcal/kg = +128,1 kJ/kg

Sauerstoffwert: -67,6 %

Stickstoffgehalt: 18,67 %

Normalgasvolumen: 700 l/kg

Explosionswärme: 1050 kcal/kg = 4396 kJ/kg

F.: ca. 320 °C

Bleiblockausbauchung: 301 cm³/10 g

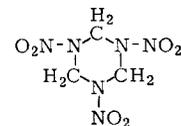
Schlagempfindlichkeit: 0,5 kp m = 5 Nm

Reibempfindlichkeit: ab 24 kp Stiftbelastung Knistern

Hexanitrostilben wird von AB Bofors gemäß FP 2 007 049 (schwedische Priorität) als Zusatz in geringen Prozentsätzen zu TNT-Güssen vorgeschlagen, um deren Feinkörnigkeit in der Struktur zu verbessern.

Hexogen

hexogen; hexogène; Cyclotrimethyltrinitramin;
Trimethyltrinitramin; Cyclonit; RDX; T4



farblose Kristalle

Bruttoformel: $C_3H_6N_6O_6$

Mol.-Gew.: 222,1

Bildungsenergie: +99,6 kcal/kg = +416,9 kJ/kg

Bildungsenthalpie: +76,1 kcal/kg = +318 kJ/kg

Sauerstoffwert: -21,6 %

Stickstoffgehalt: 37,84 %

Normalgasvolumen: 798 l/kg

Explosionswärme: 1367 kcal/kg = 5723 kJ/kg

Spezif. Energie: 142 mt/kg = 1394 kJ/kg

Dichte: 1,82 g/cm³

F.: 204 °C

Schmelzwärme: 38,4 kcal/kg = 161 kJ/kg

Dampfdruck:

Millibar	Temperatur °C
0,00054	110
0,0014	121
0,0034	131
0,0053	138,5

Bleiblockausbauchung: 480 ml

Detonationsgeschwindigkeit: 8750 m/s bei Maximaldichte

Verpuffungspunkt: 230 °C

Schlagempfindlichkeit: 0,75 kp m = 7,4 Nm

Reibempfindlichkeit: 12 kp Stiftbelastung

Grenzdurchmesser Stahlhülisentest: 8 mm

Hexogen ist in Wasser nahezu unlöslich, in Äther und Alkohol schwer, in heißem Benzol etwas löslich, reichlicher in Aceton, Cyclohexanon, in Nitrobenzol und in Glykol bei höheren Temperaturen.

Hexogen hat sich zu dem wohl wichtigsten hochbrisanten Sprengmittel entwickelt; infolge seiner hohen Dichte und hohen Detonationsgeschwindigkeit zeigt es hohe Brisanzleistung und ist (z. B. im Vergleich zu dem ähnlich leistungsstarken → Nitropenta) relativ unempfindlich und ist chemisch sehr stabil; es wird in seinen Eigenschaften nur leicht von dem homologen → Oktogen übertroffen.

Die „klassische“ Herstellungsweise (Henning 1898) ist die Nitrierung von Hexamethylentetramin ($C_6H_{12}N_4$) zu Hexogen ($C_3H_6O_6N_6$) mittels konzentrierter Salpetersäure; bei Eingießen des konzentrierten Nitrieransatzes in Eiswasser fällt das Produkt aus. Wie das Formelbild zeigt, müssen drei Methylengruppen durch Oxydation vernichtet oder abgespalten werden. Die Bewältigung dieses Problems mit seinen Gefahren führte für die industrielle Herstellung, die während des zweiten Weltkrieges auf beiden Seiten im großen Maße betrieben wurde, zu mehreren voneinander völlig unabhängigen chemischen Wegen:

S-H-Verfahren: Kontinuierliche Nitrierung von Hexamethylentetramin mit hochkonzentrierter Salpetersäure, Einleitung einer kontinuierlichen und vorsichtig (unter Temperaturkontrolle) zu handhabenden Zersetzungsreaktion unter Abspaltung von Nitrosen, Abfiltrieren von der endgültigen abgerauchten Abfallsäure, Stabilisieren des Produktes mittels Druck-kochens; falls erforderlich, Reinigung durch Umkristallisation.

K-Verfahren: Durch Zusatz von Ammoniumnitrat zum Nitrieransatz und nachfolgender Erwärmung anstelle des beim S-H-Verfahren angewendeten Abrauchs konnte die Ausbeute verbessert werden, da auch der aus dem Hexaminmolekül abgespaltete Formaldehyd zur Hexogenbildung ausgenutzt wird.

KA-Verfahren: (In USA *Bachmann-Verfahren* genannt) Hexamindinitrat wird mit Ammoniumnitrat und etwas Salpetersäure in Essigsäureanhydrid umgesetzt. Die entstehende Abfallessigsäure wird konzentriert und über das sogenannte *Keten-Verfahren* im Kreislauf rückgeführt und wieder als Essigsäureanhydrid eingesetzt.

E-Verfahren: Paraformaldehyd und Ammonsalpeter werden mit Essigsäureanhydrid zu Hexogen umgesetzt (Vorläufer des KA-Verfahrens).

W-Verfahren: Amidosulfosaures Kalium und Formaldehyd werden zu methylenamidosulfonsaurem Kalium ($CH_2 = H - SO_3K$) umgesetzt, dieses ergibt bei Nitrierung mit Mischsäure Hexogen.

Hexogen wird in phlegmatisierter Form gepreßt und zur Herstellung von Übertragungsladungen, von Hohlladungen, ferner als Sekundärladung in Sprengkapseln verwendet. Weiterhin setzt man unphlegmatisiertes Hexogen in Kombination mit Trinitrotoluol als gießbare Mischung für Hohlladungen und brisante Sprengladungen (Composition B) ein, mit Aluminiumpulver wird es für Torpedo-Füllungen verwendet (Hexotonale, Torpex, Trialen). Auch als Zusatz zur Herstellung rauchschwacher Pulver kann es Verwendung finden.

Technische Reinheitsforderungen

Schmelzpunkt mindestens für Produkte, die nach dem Essigsäureanhydrid-Verfahren hergestellt sind, mindestens	200 °C
Azidität, als CH_3COOH höchstens	190 °C
Acetonunlösliches höchstens	0,01 %
Aschegehalt höchstens	0,05 %
	0,03 %

HMX

Abkürzung für homocyclonite, Bezeichnung für → Oktogen in den USA.

Hohlladung

shaped charge; hollow charge; charge creuse

Hohlladung ist eine Sprengladung mit einem dem Sprengobjekt zugewandten Hohlraum.

Rotationssymmetrische Hohlladung ist eine Sprengladung mit Symmetrieachse, die ihre Vorzugswirkung in der Richtung der Rotationsachse entfaltet. Rotationssymmetrisch ausgekleidete Hohlladungen vermögen Stahlunterlagen der Dicke des achtfachen Ladungsdurchmessers zu durchschlagen.

Ebensymmetrische Hohlladung (→ Schneidladung) ist eine Sprengladung mit Hohlraum, die ihre Vorzugswirkung in der Symmetrieebene entfaltet (hauptsächlich leistenförmige Sprengladungen – Dachladungen).

Ausgekleidete Hohlladungen sind Hohlladungen mit Auskleidung aus Inertmaterial, hauptsächlich Metall. Die Auskleidung dient als Energieüberträger, da sie die Energie der Sprengladung auf einen kleinen Wirkungsquerschnitt auf dem Sprengobjekt über relativ lange Zeit konzentriert.

Durch die Detonation der Sprengladung wird die Auskleidung so verformt, daß das Auskleidungsmaterial in der Symmetrieachse oder -ebene zusammenströmt und sich aus dem Kollapspunkt (jeweiliger Treffpunkt der Auskleidungselemente) der Stachel hoher kinetischer Energie und der Bolzen geringer kinetischer Energie bildet. Der Stachel ist für die Wirkung im Sprengobjekt verantwortlich. Die Vorgänge können gut mittels der hydrodynamischen Theorie beschrieben werden.

Wesentliche Einflußgrößen der Hohlladung mit Auskleidung sind: Detonationsgeschwindigkeit und Dichte des Sprengkörpers, Detonationswellenform sowie Auskleidungsform, -material und -wandstärke.

Flachladung

Bei der Flachladung ist der Auskleidungswinkel größer als 100° . Bei Detonation der Sprengladung schlägt die Belegung nicht mehr in der Symmetrieachse zusammen, so daß sich aus dem Kollapspunkt Stachel und Bolzen bilden können, sondern die Belegung wird durchgestülpt. Es entsteht ein wesentlich dickerer, wenn auch kürzerer Stachel mit geringerer Durchschlagsleistung, aber dafür größerem Lochquerschnitt als bei der Hohlladung.

Projektilbildende Ladung

Bei der projektilbildenden Ladung wird die Belegungsgeometrie so gestaltet, daß alle Elemente der Belegung etwa gleiche Geschwindigkeit erhalten. Die Festigkeit des Materials wird so gewählt, daß es die noch verbleibenden Geschwindigkeitsdifferenzen gut aufnehmen kann. Man erhält auf diese Art ein Projektil großer kinetischer Energie, welches nach Möglichkeit die gesamte Belegungsmasse enthält, und welches auch auf ein Sprengobjekt in großer Entfernung wirkt.

Der Hohlladungseffekt wurde erstmals 1883 beschrieben. Kurz vor dem 2. Weltkrieg fand *Thomanek*, daß durch Auskleiden des Hohlraumes die Durchschlagsleistung wesentlich gesteigert werden kann.

Die ersten theoretischen Überlegungen führte *Trinks* in den Jahren 1943/44 durch; „Rechnerische Untersuchungen über die Abhängigkeit der Wirkung verkleideter Hohlsprengkörper von ihren Bestimmgrößen“, Sprengstoffphysikerbericht 1943/6 aus der Forschungsabteilung des Heereswaffenamtes.

Die erste offene Arbeit stammt von *Birkhoff, Mac Dougall, Pugh, Taylor* „Explosives with lined cavities“ *J. of Appl. Phys.* 19, 563, 1948.

Die erste offene Arbeit über die Erklärung der Stachelstreckung und damit der Wirkungsverlängerung erfolgte durch *Pugh, Eichelberger, Rostoker* „Theory of jet formation by charges with lined conical cavities“ in *J. of Appl. Phys.* 23, 532–536, 1952.

Holland-Test

ist eine von dem Holländer *Thomas* im Jahre 1927 ausgearbeitete Methode zur Bestimmung der chemischen Beständigkeit von Treibmitteln. Hierbei wird der Gewichtsverlust ermittelt, der nach einer 72stündigen Erhitzung bei 105°C (mehrbasige Treibmittel) bzw. 110°C (einbasige Treibmittel) eintritt. Der hierbei eintretende Verlust, abzüglich des in den ersten acht Stunden eingetretenen Gewichtsverlustes, darf max. 2% betragen.

Ein Vorzug dieses Testes besteht darin, daß er nicht nur die Stickoxide, sondern auch alle sonstigen gasförmigen Zersetzungsprodukte eines Treibmittels, wie insbesondere CO_2 und N_2 , zu erfassen gestattet. Zwecks reproduzierbarer Versuchsbedingungen werden gleiche Gefäße (im allgemeinen Röhren) mit Präzisionsschliff oder kleine Kölbchen mit aufgesetzten geeichten Kapillaren verwendet.

Da die Erhitzungstemperatur insbesondere für mehrbasige Pulver recht hoch ist, hat *W. Siebert* vorgeschlagen, den Gewichtsverlust-Test bei tieferen Temperaturen durchzuführen sowie die Erhitzungszeit nicht zu begrenzen, sondern bis zur Erreichung der autokatalytischen oder sonstwie sichtbaren Zersetzung auszudehnen. Diese bei 90° , 75° und 65°C durchzuführende Prüfung läßt das Ende der Lagerbeständigkeit eines Treibmittels erkennen.

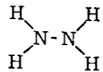
Holtex

ist ein gelatinisiertes Gemenge aus Nitroglycerin, Nitrocellulose und Hexogen oder Nitropenta unter Verwendung von Metallseifen als Gelatinier-, Homogenisier- und Stabilisierungsmittel. Diese Massen werden nach Art der POL-Pulver hergestellt, sind thermoplastisch verformbar und besitzen die gleichen mechanischen Festigkeitseigenschaften wie POL-Pulver. Sie stellen brisante Sprengstoffe von hohem Leistungsniveau dar und können mit einer Sprengkapsel brisant gezündet werden (Detonationsgeschwindigkeit 7 800 m/s, Bleiblockausbauchung 380 cm^3).

Holtex stellt, wie das frühere Nipolit, durch die Kombination von mechanischer Festigkeit und Sprengstoffeigenschaften einen interessanten Sprengmittel-Typ dar.

Hybrids*lithergoles*

Hybrids bezeichnen in der Raketentechnik Systeme, bei denen ein fester Brennstoffkörper, etwa in der Art eines Innenbrenners, mit einem flüssigen Oxidationsmittel umgesetzt wird. Es gibt auch Hybrids mit festem Oxidator und flüssigem Brennstoff. Die Hybrids sind während des Abbrandes steuerbar und sogar wiederzündbar, wenn diese Forderung bei der stofflichen Zusammensetzung des Brennstoffkörpers durch Einarbeitung hypergoler Bestandteile berücksichtigt wird.

Hydrazin*hydrazine*

farblose Flüssigkeit

Bruttoformel: N_2H_4

Mol.-Gew.: 32,05

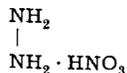
Bildungsenergie: $+433,1 \text{ kcal/kg} = +1812 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $+377,5 \text{ kcal/kg} = +1580 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-99,9 \%$

Dichte: $1,004 \text{ g/cm}^3$

Hydrazin und Alkylhydrazine sind wichtige Treibstoffe in Raketentriebmotoren, besonders in kurzzeitig arbeitenden Steuerraketen in der Raumfahrt. Hydrazin wird mit Spezialkatalysatoren in Millisekundenbereichen zur Zerfallsreaktion gebracht. Siehe auch: „Aerozin“.

Hydrazinnitrat*hydrazinenitrate; nitrate d'hydrazine*

farbloses Salz

Bruttoformel: $\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_3$

Mol.-Gew.: 95,07

Bildungsenergie: $586,4 \text{ kcal/kg} = -2453 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-620,7 \text{ kcal/kg} = -2597 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $+8,6 \%$

Stickstoffgehalt: $44,20 \%$

Normalgasvolumen: 1001 l/kg

Explosionswärme: $1174 \text{ kcal/kg} = 4915 \text{ kJ/kg}$

Spezif. Energie: $102 \text{ mt/kg} = 1001 \text{ kJ/kg}$

Dichte: $1,64 \text{ g/cm}^3$

F.: $72 \text{ }^\circ\text{C}$

Bleibblockausbauchung: 408 cm^3

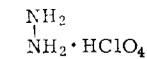
Detonationsgeschwindigkeit: 8690 m/s bei Maximal-Dichte

Verpuffungspunkt: bis $360 \text{ }^\circ\text{C}$ keine Reaktion

Schlagempfindlichkeit: $0,75 \text{ kp m} = 7,4 \text{ Nm}$

Grenzdurchmesser Stahlhülisentest: 6 mm

Hydrazinnitrat ist erheblich wasserlöslich.

Hydrazinperchlorat*hydrazinperchlorate; perchlorate d'hydrazine*

farbloses Salz

Bruttoformel: $\text{N}_2\text{H}_5\text{O}_4\text{Cl}$

Mol.-Gew.: 132,5

Bildungsenergie: $-291 \text{ kcal/kg} = -1216 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-318 \text{ kcal/kg} = -1331 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $+24,1 \%$

Stickstoffgehalt: $21,14 \%$

Normalgasvolumen: 845 l/kg

Explosionswärme: $893 \text{ kcal/kg} = 3739 \text{ kJ/kg}$

Dichte: $1,83 \text{ g/cm}^3$

F.: $144 \text{ }^\circ\text{C}$

Bleibblockausbauchung: 362 cm^3

Verpuffungspunkt: $272 \text{ }^\circ\text{C}$

Schlagempfindlichkeit: $0,2 \text{ kp m} = 2 \text{ Nm}$

Reibempfindlichkeit: bei 1 kp Stiftbelastung Reaktion

Grenzdurchmesser Stahlhülisentest: 20 mm

Das Produkt ist also *sehr* empfindlich.

Hypergole

Bezeichnung für flüssige Raketentreibstoffpaare, die bei Zusammentreten in der Brennkammer spontan verbrennen, ohne daß eine besondere Zündung nötig ist, z. B. bei dem Treibstoffpaar Hydrazin-Salpetersäure. Wichtig ist dabei eine möglichst kurze → Zündverzugszeit.

I.C.T.

bedeutet die Kurzbezeichnung des „Instituts für Chemie der Treib- und Explosivstoffe“, Berghausen bei Karlsruhe. Das ICT wurde als Fraunhofer-Institut zum Zweck der Forschung über Explosivstoffe sowie über feste und flüssige Raketen-Treibstoffe errichtet.

Igdanite

ist der russische Handelsname für → PAC-Sprengstoffe.

IMCO

ist die Abkürzung für „Intergovernmental Maritime Consultative Organization“, London, mit dem „International Dangerous Goods Code“. Das IMCO enthält die Texte internationaler Konventionen über die Klassifizierung, Zusammenlagerbarkeit, Verpackung, Lagerung usw. für den Transport auf See. Explosivstoffe und Zünder gehören zu class 1 des Code.

Initialsprengstoffe

initiating explosives; primary explosives; explosifs d'amorçage; explosifs primaires

lassen sich durch relativ schwachen mechanischen Stoß oder durch Funken zur Explosion bringen und dienen, in Sprengkapseln angewendet, zur Initiierung von Sprengstoffen. In Mischung mit Friktionsmitteln und anderen Bestandteilen werden sie in Anzündhütchen geladen.

Von einem Initialsprengstoff werden hohe Brisanz und hohe Auslösungsgeschwindigkeit gefordert. Die wichtigsten Vertreter sind Knallquecksilber, Bleiazid, Bleitrimnitroresorcinat, Silberazid, Diazo-

dinitrophenol und als Zusatz in Zündsätzen Tetrazen. Initialsprengstoffe dürfen nur fertig laboriert, d. h. in Hülsen (meistens aus Aluminium, z. T. aus Kupfer, für Spezialzwecke aus Kunststoff; → Sprengkapseln) eingepreßt transportiert werden.

Ionentreibstoffe

Im Vakuum, d. h. unter Raumfahrtbedingungen, können Ionen, also atomare Ladungsträger, mit Hilfe elektrischer Felder beschleunigt und zu einem Strahl gebündelt werden. Die → Ausströmgeschwindigkeit erreicht dabei höhere Größenordnungen als die mit Gasen aus chemischen Reaktionen erzielbaren. Dadurch errechnen sich sehr hohe Werte für mögliche spezifische Impulse.

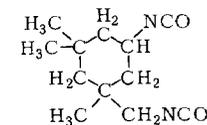
Wegen seiner relativ leichten Ionisierbarkeit und seines hohen Atomgewichtes kommt in erster Linie metallisches Caesium als Ionen-Treibstoff in Frage.

I.S.L.

ist die Kurzbezeichnung des „Deutsch-Französischen Forschungs-Instituts St. Louis“ in St. Louis, Frankreich, bei Basel. Das Institut wurde von beiden Ländern zum Zweck der Forschung insbesondere über ballistische Probleme und über die Physik der Explosivstoffe errichtet.

Isophorondiisocyanat

isophorone diisocyanate; diisocyanate d'isophorone

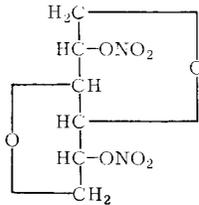


Bruttoformel: $C_{12}H_{18}N_2O_2$
 Molekulargewicht: 222,2
 Sauerstoffbilanz: -223,3 %
 Stickstoffgehalt: 12,60 %
 F.: -60 °C
 Siedepunkt bei 0,013 bar: 158 °C

Isophorondiisocyanat dient als härtender Bindungspartner mit Hydroxy-Präpolymeren (z. B. Polypropylenglykol) für die Bildung von Polyurethan-Bindern von → Verbundtreibstoffen („composite propellants“).

Isosorbitdinitrat

isosorbitol dinitrate; dinitrate d'isosorbitol; ISDN



weiße, mikrokristalline Substanz

Bruttoformel: $C_6H_8N_2O_8$

Mol.-Gew.: 236,1

Sauerstoffwert: $-54,2\%$

Stickstoffgehalt: $11,87\%$

F.: ca. $70\text{ }^\circ\text{C}$ (Zersetzung)

Bleiblockausbauchung: $311\text{ cm}^3/10\text{ g}$

Detonationsgeschwindigkeit: 5300 m/s bei

$\rho = 1,08\text{ g/cm}^3$

Verpuffungspunkt: $173\text{ }^\circ\text{C}$

Schlagempfindlichkeit: $1,5\text{ kp m} = 15\text{ Nm}$

Reibempfindlichkeit: ab 16 kp Stiftbelastung Knistern

Isosorbitdinitrat dient in niedrig-prozentiger Einmischung in Milchsüßholz als wirksames Herzmittel (wirksamer als → Nitropenta).

Die unvermischte Substanz ist ein kräftiger Sprengstoff.

Kaliumchlorat

potassium chlorate; chlorate de potassium

$KClO_3$

weiße Kristalle

Mo.-Gew.: 122,6

Sauerstoffwert: $+39,2\%$

Dichte: $2,34\text{ g/cm}^3$

F.: $370\text{ }^\circ\text{C}$

Löslichkeit: wenig in kaltem, leicht löslich in heißem Wasser, unlöslich in Alkohol.

Kaliumchlorat ist der Basis-Rohstoff der → Chloratsprengstoffe, ferner eine wichtige Komponente in Zünd- und Feuerwerkssätzen, insbesondere auch für Reibköpfchen der Zündhölzer.

Kaliumnitrat

potassium nitrate; nitrate de potassium; Kalisalpeter

KNO_3

weiße Kristalle

Mol.-Gew.: 101,1

Bildungsenergie: $-1157\text{ kcal/kg} = -4841\text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-1169\text{ kcal/kg} = -4891\text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $+39,6\%$

Stickstoffgehalt: $13,86\%$

Dichte: $2,10\text{ g/cm}^3$

F.: $314\text{ }^\circ\text{C}$

Kaliumnitrat ist leicht löslich in Wasser, etwas löslich in Alkohol, unlöslich in Äther.

Man stellt Kaliumnitrat aus Natriumnitrat durch Austauschreaktion mit Kaliumchlorid her. Es ist im Gegensatz zu Natronsalpeter nicht hygroskopisch.

Kaliumnitrat wird sowohl in der Pyrotechnik, als auch für gewerbliche Sprengstoffe verwendet. Es ist der Sauerstoffträger des Schwarzpulvers.

Technische Reinheitsforderungen

Reingehalt, aus Stickstoff-	
Bestimmung: mindestens	99,5 %
Feuchtigkeit: nicht über	0,2 %
Wasserunlösliches: nicht über	0,1 %
scharfkantige Verunreinigungen:	keine
Säure:	0
Alkali:	0
Chloride als KCl: nicht über	0,07 %
Perchlorate, als $KClO_4$: nicht über	0,5 %
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$: nicht über	0,5 %
Natrium als Na_2O : nicht über	0,25 %
$CaO + MgO$: nicht über	0,5 %
Stickstoffgehalt: mindestens	13,77 %

Kaliumperchlorat

potassium perchlorate; perchlorate de potassium



weiße Kristalle

Mol.-Gew.: 138,6

Sauerstoffwert: +46,2 %

Dichte: 2,52 g/cm³

F. (Zersetzung ab 400 °C): 610 °C

Kaliumperchlorat ist unlöslich in Alkohol, löslich in Wasser.

Man erhält Kaliumperchlorat durch Umsetzung von löslichen Kaliumsalzen mit Natriumperchlorat oder Überchlorsäure.

Kaliumperchlorat findet Verwendung in der Pyrotechnik.

Technische Reinheitsforderungen

Erscheinung:	Farblos, geruchlos
Reingehalt (KCl-Bestimmung nach Reduktion): mindestens	99 %
Feuchtigkeit: nicht über	0,5 %
Wasserunlösliches: nicht über	0,1 %
Lösung in Heißwasser:	klar
Chloride als KCl: nicht über	0,1 %
Bromate als KBrO ₃ : nicht über	0,1 %
NH ₄ ⁺ , Na-, Mg- und Ca-Salze	Null
Schwermetalle:	Null
pH:	6,5 ± 0,5

„Kalte Pulver“

sind Artillerie-Schießpulver, deren Explosionswärme niedrig gehalten wird (etwa 800 kcal/kg und noch niedriger). Zwar muß dementsprechend die Lademenge erhöht werden, gleichwohl zeigen sie den Vorteil, die Geschützrohre wesentlich weniger zu erodieren als die „heißen“ Pulver. Wesentlich hierzu war die Einführung des Diglykoldinitrats anstelle des Nitroglycerins und darüber hinaus die Einführung des Nitroguanidins als Pulverkomponente. Nur so wurden die Leistungen der „Hochleistungskanonen“ ermöglicht. (→ Diglykoldinitrat, Nitroguanidin und Schießpulver.)

Kammerminensprengungen

coyote blasting; abattage par chambre de mine

Bei Kammerminensprengungen im Tagebau und in Steinbrüchen werden in die Bruchwand bergmännisch Stollen vorgetrieben und Kammern angelegt, welche große Sprengladungen (bis zu mehreren Tonnen) aufzunehmen vermögen. Die meist zu mehreren angelegten Kammern werden geladen, besetzt und gezündet. Die Zündung muß mittels → Sprengschnur erfolgen.

Die Kammerminensprengungen sind wegen der rationelleren Laderäumstellung fast ganz durch das → Großbohrloch-Sprengverfahren abgelöst worden.

Kanaleffekt

bedeutet das Abbrechen der Detonation einer Ladesäule infolge Verdichtung von noch nicht detonierten Patronen durch voraus-eilenden Gasstoß im Bohrloch. Der Effekt tritt leicht ein, wenn der Bohrlochquerschnitt groß im Verhältnis zum Patronenquerschnitt ist.

Kantenschußbedingung

cut off; dénudation de la charge

ist ein Begriff aus der Prüfung von Wettersprengstoffen auf Schlagwettersicherheit. Die hohe Sicherheit der Wettersprengstoffe gegen Schlagwetter bei der Mörserprüfung in Verbindung mit der bei der praktischen Sprengarbeit gewonnenen Erkenntnis der großen Gefahr, die darin besteht, daß eine durch Wegreißen der Vorgabe völlig freigelegte Ladesäule des Wettersprengstoffs durch ihre Detonation Schlagwetter zünden kann, führte zur Prüfanordnung des Kantenmörser, einer 2 m langen Stahlwelle von 23 cm Durchmesser, in die eine rechtwinklige Nut von 9 cm Kantenlänge eingefräst ist. Der Nut gegenüber ist eine Prallplatte angebracht. Die zu prüfenden Patronen werden in der Nut als Ladesäule aufgereiht. Es wird nun geprüft, bei welcher Patronenzahl und welchem Prallplattenabstand das Methan-Luft-Schlagwettergemisch gezündet wird; → Wettersprengstoffe.

Kennzeichnung

Nach dem Sprengstoffgesetz und seinen Durchführungsverordnungen müssen alle Sprengmittel, Zündmittel und Sprengzubehör mit einem den Typ des betreffenden Gegenstandes kennzeichnenden

Zulassungszeichen versehen sein. Gemäß § 10 der zweiten Durchführungsverordnung gilt:

Die Zulassungsbehörde hat dem Zulassungsinhaber die Verwendung eines Zulassungszeichens vorzuschreiben, das sich aus der Kurzbezeichnung der Bundesanstalt für Materialprüfung als Zulassungsbehörde „BAM“, dem in der Anlage II für den jeweiligen Stoff oder Gegenstand vorgesehenen Zeichen und einer Kennnummer zusammensetzt. Die Kennnummer besteht aus einer fortlaufenden Nummer.

Tabelle 10. Kennzeichnungen von explosionsgefährlichen Stoffen und Gegenständen.

Stoff oder Gegenstand	Zeichen	Stoff oder Gegenstand	Zeichen
I. Sprengstoffe		Feste Salpetersäureester, Nitramine und aromatische Nitroverbindungen sowie im wesentlichen aus diesen bestehende Gemische im festen bis plastischen Zustand mit zusätzlichen verbrennlichen Komponenten oder ohne diese Komponenten	E
Gesteinsprengstoffe und Sprengstoffe für sonstige Zwecke	P		
Pulversprengstoffe	GNN		
Hochprozentige gelatinöse Sprengstoffe			
Gelatinöse Sprengstoffe	GN		
Halbgelatinöse Sprengstoffe	HN		
Pulverförmige Sprengstoffe mit Sprengölzusatz	PN		
Pulverförmige Sprengstoffe ohne Sprengölzusatz	PA		
Pulverförmige Sprengstoffe ohne Sprengölzusatz, wasserfest	PAW		
Pulverförmige Sprengstoffe ohne Sprengölzusatz mit ausschließlich nicht explosionsgefährlichen verbrennlichen Anteilen	PAC		
Chloratsprengstoffe	PCI		
Sprengschlämme	SA		
Druckfeste Sprengstoffe	GND		
		II. Zündmittel	
		Sprengschnüre ohne seitliche Detonationsübertragung	SSO
		Sprengschnüre mit einem seitlichen Detonationsübertragungsbereich bis 5 cm	SS
		Sprengschnüre ohne Einschränkung des seitlichen Detonationsübertragungsbereiches	SSM
		Wettersprengschnüre der Klasse I	WSS I

Stoff oder Gegenstand	Zeichen	Stoff oder Gegenstand	Zeichen
Wettersprengschnüre der Klasse II	WSS II	Zündschnurzeitzünder	ZEZA ZEZHU
Wettersprengschnüre der Klasse III	WSS III		ZEZU
Sprengkapseln	SK	Pulverzünder	ZEPA ZEPHU
Sprengkapseln mit elektrischer Auslösung	SKE		ZEPU
Sprengkapseln mit mechanischer Auslösung	SKM	Pulverzündschnüre	
Sprengverzögerer elektrische Zünder als Brückenzünder	SV	weiße	ZZW
		geteerte	ZZT
		blanke wasserdichte	ZZB
		geschützte wasserdichte	ZZG
		Anzünder für Pulverzündschnüre	ZA
A U HU			
nichtschlagwetter-sichere Sprengmomentzünder	ZEMA ZEMHU ZEMU	III. Sprengzubehör	
		Zündleitungen	
		Einfachleitungen	ZLE
		verseilte Leitungen	ZLV
		Stegleitungen	ZLG
		Verlängerungsdrähte	ZV
		Isolierhülsen	
		Zündmaschinen	ZM
		Zündmaschinenprüfgeräte	ZP
		Zündkreisprüfer	ZK
		Ladegeräte	L
		Mischladegeräte	ML
ZEMSA ZEMSHU ZEMSU			
nichtschlagwetter-sichere Sprengzeitzünder	ZEVA ZEVHU ZEVU	IV. Pyrotechnische Gegenstände, deren Sätze und Zündmittel für pyrotechnische Gegenstände und deren Sätze	
schlagwetter-sichere Sprengzeitzünder	ZEVSa ZEVSHU ZEVSU	a) Pyrotechnische Gegenstände der	
		Klasse I	P I
		Klasse II	P II
		Klasse III	P III
		Klasse T ₁	PT ₁
		Klasse T ₂	PT ₂
Brennmomentzünder	ZEBA ZEBHU ZEBU	b) Pyrotechnische Sätze	PS

Stoff oder Gegenstand	Zeichen	Stoff oder Gegenstand	Zeichen
c) Zündmittel für pyrotechnische Zwecke		Hilfsmittel bei der Herstellung chemischer Erzeugnisse	
Pulverzündschnüre für pyrotechnische Zwecke	ZZP	verwendet werden	
Stoppinen	ZZS	Explosionsgefährliche Stoffe	
Zündlichter für pyrotechnische Zwecke	ZZL	für technische Zwecke	EST
Schlag- oder Reibanzünder	ZZA	für wissenschaftliche, analytische, medizinische und pharmazeutische Zwecke	ESW
Elektrische Zünder für pyrotechnische Zwecke	ZZE	die als Hilfsstoffe bei der Herstellung von chemischen Erzeugnissen verwendet werden	H
V. Explosionsgefährliche Stoffe für technische, wissenschaftliche, analytische, medizinische und pharmazeutische Zwecke sowie Stoffe, die als		VI. Treib- und Zündstoffe	
		Treibladungspulver	T
		Raketentreibstoffe	R
		Raketentreibstoffe in laboriertem Zustand	RG
		Zündstoffe	Z

Klemmung

Unter Klemmung versteht man in der Raketentechnik das Verhältnis der Abbrandoberfläche zum engsten Düsenquerschnitt. Von der „Klemmung“ hängt der sich einstellende Brennkammerdruck in der Rakete ab. (→ Querschnittsverhältnis; → Feststoffraketen).

Knallquecksilber

mercury fulminate; fulminate de mercure; Quecksilberfulminat

(CNO – Hg – (ONC))

farblose Kristalle

Bruttoformel: $C_2N_2O_2Hg$

Mol.-Gew.: 284,7

Bildungsenergie: +229 kcal/kg = 958 k J/kg

Bildungsenthalpie: +225 kcal/kg = +941 k J/kg

Sauerstoffwert: –11,2 %

Stickstoffgehalt: 9,84 %

Dichte: 4,42 g/cm³

Bleiblockausbauchung: 130 cm³

Detonationsgeschwindigkeit:

5000 m/s bei $\rho = 4,0$ g/cm³

Explosionswärme: 427 kcal/kg = 1 788 k J/kg

Verpuffungspunkt: 165–170 °C

Schlagempfindlichkeit: 0,1 bis 0,2 kp m = 1 bis 2 Nm

Knallquecksilber ist giftig und in Wasser fast unlöslich. Es ist in trockenem Zustande sehr empfindlich gegen Schlag, Stoß, Reibung und Zündung durch Funken und Flammen. Durch Zusatz von Ölen, Fetten, Paraffin kann es phlegmatisiert werden, ebenso durch Anwendung eines sehr hohen Druckes beim Pressen.

Knallquecksilber wird durch Lösen von Quecksilber in Salpetersäure und Einguß dieser Lösung in 95%igen Alkohol hergestellt. Nach kurzer Zeit bilden sich unter starker Gasentwicklung die Kristalle, die nach Beendigung der Reaktion auf einer Nutsche abgesaugt und neutral gewaschen werden. Das hierbei anfallende Knallquecksilber bildet kleine pyramidenförmige Kristalle von brauner bis grauer Farbe, die durch kolloidales Quecksilber hervorgerufen wird.

Durch einen geringen Zusatz von Kupfer und Salzsäure zur Reaktionsmischung wird ein weißes Produkt erhalten. Knallquecksilber wird unter Wasser gelagert. Kurz vor dem Gebrauch wird es bei etwa 40 °C getrocknet.

Infolge seiner hervorragenden Initiierfähigkeit, seiner großen Brisanz und der Möglichkeit, es leicht zur Detonation zu bringen, war Knallquecksilber der am weitesten verbreitete Initialsprengstoff bis zur Einführung des Bleiazids. Es wird in gepreßtem Zustand zur Herstellung von Sprengkapseln und Zündhütchen verwendet. Material und Hülsen und Näpfchen sind Kupferlegierungen.

Technische Reinheitsforderungen

Reingehalt (durch jodometrische Titration

nach Reaktion mit Thiosulfat): mindestens

Chloride; Oxalate:

Reaktion:

98 %

Null

neutral

Kohlenstaub

coal dust; poussière

Kohlenstaub-Luftgemische sind explosionsgefährlich und dürfen durch → Wettersprengstoffe nicht gezündet werden.

Koruskativs

(Zwicky, USA) sind gaslos reagierende Stoffpaare außerhalb der bekannten Thermiten (→ Verzögerungssätze). Die Exothermie mancher Komponenten ist zuweilen überraschend: Ein Gemisch Titan-Antimon-Blei 48/23/29 wird bei 570 °C gezündet und kommt auf eine Reaktionstemperatur von 1000 °C. Andere Kombinationen sind z. B.: Magnesium-Silicium; Magnesium-Tellur; Magnesium-Zinn; Magnesium-Phosphor.

Kritischer Durchmesser

critical diameter; diamètre critique

Der kritische Durchmesser bezeichnet den Minimaldurchmesser einer Explosivstoffladung, bei welchem noch Detonation stattfinden kann. Er ist stark von der Struktur abhängig, bei gegossenen Ladungen größer als bei gepreßten. Feinverteilte Gaseinschlüsse verringern den kritischen Durchmesser erheblich.

Bei sehr unempfindlichen Stoffen wie Ammoniumnitrat kann der kritische Durchmesser sehr hohe Werte annehmen.

Kugelpulver

ball-powder; poudre sphérique; Globularpulver

ist ein Treibladungspulver aus kugelförmigen Pulverelementen, das nach einem besonderen, von *Olin Mathieson*, USA, entwickelten Verfahren hergestellt wird. Eine hochprozentige Nitrocelluloselösung in einem mit Wasser nicht mischbaren Lösemittel (z. B. Äthylazetat) wird in Wasser unter vorsichtiger Rührung so verteilt, daß sich schwimmende Kugeln ausbilden. Durch Erwärmen unterhalb des Siedepunktes des Lösemittels wird eine fortschreitende Verarmung an Lösemittel und damit Härtung der schwimmenden Kugeln erreicht.

Da die Kugelform innenballistisch ungünstig (besonders degressiv) ist, erfolgt eine tiefgreifende → Oberflächenbehandlung, um einen schneller brennenden Kern mit einer langsamer brennenden Schale zu umgeben.

Kumulative Zündung

Gegenlaufzündung; hierbei wird die Sprengladung gleichzeitig an zwei oder mehreren Stellen so gezündet, daß die Detonationswellen aufeinander zulaufen und ihre Wirkung addieren.

Kunkeln

sind zylinderförmige Preßlinge aus Schwarzpulver oder Sprengsalpeter mit einer zentralen Bohrung, so daß man sie auf der Zündschnur aufgereiht laden kann. Sie werden zum schonenden, rißfreien Sprengen verwendet, z. B. im Schieferbergbau und bei der Werksteingewinnung.

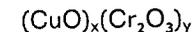
Kunststoffgebundene Sprengstoff-Mischungen

plastic bonded explosives; explosif-liant plastique

Hochbrisante kristalline Sprengstoffe wie Hexogen oder Oktogen lassen sich in aushärtbaren oder poly-addierenden Kunststoffen, wie Polysulfiden, Polybutadien, Acrylsäure, Polyurethan u. a. einbetten, und die Kunststoffbinder unter Formgebung auspolymerisieren. Auch andere Komponenten, wie → Aluminiumpulver lassen sich in solche Mischungen einbeziehen. Man erhält Körper beliebiger Dimensionen und mit gewissen mechanischen Festigkeitswerten, teilweise auch mit Gummi-ähnlicher Elastizität. Auch in Folien-Form lassen sich kunststoffgebundene Sprengstoffe bringen.

Kupferchromit

Copperchromite; Chromite de cuivre



pulverförmig
dunkelbraun bis schwarz

Mit Kupferchromit wird ein Reaktionsprodukt aus Kupferoxid und Chromoxid bezeichnet. Es ist ein wirksamer Katalysator für den Abbrand von Raketentreibsätzen und von pyrotechnischen Mischungen.

Technische Reinheitsforderungen

Siebanalyse:		
durch Sieb, lichte Maschenweite		
0,07 mm: mindestens	98	%
durch Sieb, lichte Maschenweite		
0,04 mm: mindestens	90	%
CuO: mindestens	79	%
nicht über	85	%
Cr ₂ O ₃ : mindestens	13	%
nicht über	19	%
Fe ₂ O ₃ : nicht über	0,35	%
wasserlösliches: nicht über	0,5	%

Ladedichte*loading density; densité de chargement*

ist das Verhältnis des Gewichtes des Sprengstoffes zum Volumen des Explosionsraumes, d. h. des Raumes, in welchem die Explosion der gegebenen Menge des Sprengstoffes stattfindet. Im gleichen Sinne versteht man bei Pulvern unter Ladedichte das Verhältnis des einbringbaren Pulvergewichtes zum Laderaum.

Die Ladedichte ist sowohl für Treibladungspulver (wegen der Unterbringbarkeit einer möglichst hohen Treibleistung in einem meist durch die Waffenkonstruktion vorgegebenen Laderaum) als für brisante Sprengstoffe (→ Brisanz) eine sehr wichtige Kenngröße.

Häufig ist die Erzielung der maximal möglichen Ladedichte wesentlich (besonders für Hohlladungen). Hierzu dienen Preß- und Gießmethoden, wie z. B. Vakuum-, Sedimentations- und Preßgießverfahren.

Leuchtsätze*tracers; compositions lumineuses*

sind langsam abbrennende pyrotechnische Sätze, die zur Herstellung von Leuchtgeschossen, Signalpatronen, Leuchtraketen und Lichtspurgeschossen Verwendung finden, denen zum Zwecke der Flammenfärbung bestimmte Salze wie Natrium-, Barium-, Strontium- und Kupfersalze zugesetzt werden. In die Gruppe der Geräte mit signalgebender Wirkung gehören auch Rauch- und Farbrauch-Zeichen sowie Farbmarkierungssätze zum Markieren von Gelände und Wasseroberflächen mittels organischer Farben.

Lithiumnitrat*lithiumnitrate; nitrate de lithium*

LiNO ₃
Mol.-Gew.: 68,95
Sauerstoffwert: +58,1 %
Stickstoffgehalt: 20,32 %
Dichte: 2,38 g/ml
F.: 256 °C

Lithiumnitrat ist in Wasser löslich und sehr hygroskopisch. Man erhält Lithiumnitrat durch Neutralisation von Lithiumhydroxyd oder Lithiumcarbonat mit Salpetersäure und Eindampfen der Salzlösung.

Es hat nur Bedeutung als flammenfärbender Sauerstoffträger in pyrotechnischen Rezepturen.

Lithiumperchlorat*lithiumperchlorate; perchlorate de lithium*

LiClO ₄
farblose Kristalle
Mol.-Gew.: 106,40
Sauerstoffwert: +60,2 %
Dichte: 2,43 g/ml
F.: 239,0 °C
Verpuffungspunkt: 380 °C

Lithiumperchlorat ist löslich in Wasser und Alkohol. Es ist sehr hygroskopisch. Das Salz mit Kristallwasser schmilzt bei 95 °C.

Man erhält Lithiumperchlorat durch Sättigung von Überchlorsäure mit Lithiumhydroxyd oder Lithiumcarbonat.

Lithiumperchlorat ist ein sehr hochprozentiger Sauerstoffträger, z. B. für → Verbundtreibsätze.

LOX

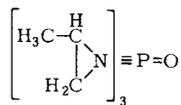
Abkürzung für liquid oxygen (flüssiger Sauerstoff).

LX-04

bezeichnet eine Mischung aus 85,1 % Oktogen und 14,9 % „Viton A“, eines Fluor-Kohlenstoff-Polymers.

MAPO

ist die Abkürzungsbezeichnung für Methylaziridinphosphinoxid, eine Binderkomponente für → Verbundtreibstoffe.



Bruttoformel: $\text{C}_9\text{H}_{18}\text{N}_3\text{OP}$

Molekulargewicht: 215,1

Dichte: 1,08 g/cm³

Siedepunkt: 120 °C bei 0,004 bar.

Massen-Explosionsfähigkeit, Massen-Explosionsgefährlichkeit

mass explosion risk; danger d'explosion en masse

Mit diesen Begriffen wird das Verhalten von Explosivstoffen und explosiven Gegenständen, insbesondere Munition daraufhin beschrieben, ob im Falle einer lokalen Explosion (Massen-Explosionsfähigkeit) oder eines lokalen Brandes (Massen-Explosionsgefährlichkeit) eine Explosion in gesamter Massierung (z. B. einer Wagenladung oder gar einer Schiffsladung) anzunehmen ist oder nicht. Zur Prüfung der Stoffe und Gegenstände sind eine Reihe von Testen vorgeschrieben, wobei ein versandmäßiges Paket, dann eine versandmäßige Kiste und schließlich ein Kistenstapel der Einwirkung des für den betreffenden Stoff oder Gegenstand vorgesehenen → Zündmittels oder → Anzündmittels ausgesetzt werden; zur Prüfung auf Massenexplosions-Gefährlichkeit wird ein Kistenstapel in bestimmter Anordnung, verdämmt mit inert-gefüllten Kisten gleicher Bauart, einem Brand ausgesetzt.

Massenexplosionsfähigkeit und Massenexplosionsgefährlichkeit hängen nicht allein von Stoff-Eigenschaften, sondern auch von der Höhe der Massierung (im Extremfall eine ganze Schiffsladung), vom Einschluß (Gebäude bzw. Wagen-Kästen mit und ohne Ausblasewand, in Leicht- oder Schwer-Bauweise), von der Verpackung und

von der betreffenden Laborierung (z. B. je nachdem sich Schwarzpulver in Schachtelverpackung oder eingesponnen in Zündschnüren befindet) ab.

Massenverhältnis

bedeutet in der Raketenflugtechnik das Verhältnis der Anfangsmasse einer Rakete zur Masse nach dem Ausbrennen des Treibmittels. Die Beziehung zwischen der End-Geschwindigkeit einer Rakete (theoretisch; ohne Berücksichtigung der Reibung durch die Luft) und dem Massenverhältnis kann durch folgende Gleichung beschrieben werden:

$$v_b = I_s \cdot g \cdot \ln \frac{1}{1 - \frac{M_e}{M_i}}$$

v_b : Projektilgeschwindigkeit bei Brennschluß,

I_s : spezifischer Impuls,

g : Gravitationskonstante,

M_e : Raketenmasse bei Brennschluß,

M_i : Raketenmasse bei Brennbeginn.

Andere Stichwörter in diesem Zusammenhang:

→ Raketenmotor; → Feststoffraketen;

→ Spezifischer Impuls.

Mehlpulver

ist ungekörntes, mehlförmiges → Schwarzpulver, das in der Pyrotechnik verwendet wird.

Mesa-Abbrand

→ Abbrandgeschwindigkeit.

Metallbearbeitung durch Sprengstoffe

explosive forming

Die Anwendungsmöglichkeit von Sprengstoffen zur Metallbearbeitung ist nach drei Richtungen erprobt worden: zum Formen von Blechen und flachen Werkstücken gegen Matrize durch Druckstoß, zum Plattieren und zur Oberflächenhärtung von Manganhartstahl.

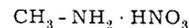
Die Anwendung des Druckstoßes eines Sprengstoffs zur Verformung von Werkstücken hat insbesondere zum Ziel, bei sehr großflächigen Stücken die Verformung ohne den Aufwand sehr teurer Pressen zu ermöglichen. Die Druckstoß-Übertragung geschieht in Wasser. Gute Erprobungsergebnisse liegen vor, zum Serien-Einsatz des Verfahrens kam es noch nicht.

Sehr weit entwickelt ist die Plattierungsarbeit: Das zu plattierende Blech wird auf das Trägermaterial parallel oder in gewissen Winkelstellungen aufgesprengt. Hierbei werden Plattierungen ermöglicht, die bei Aufschweißen von Hand wegen Bildung spröder Zwischenlegierungen zwischen Auftrags- und Trägermaterial nicht möglich wären, so z. B. die Plattierung von Titan auf Stahl.

Bei der Oberflächenhärtung von Manganstahl tritt durch den Schlag einer aufgelegten Sprengstoffschicht Härtung ein; das Verfahren ist nur interessant, wenn in sehr entlegenen Gebieten Eisenbahnschienen-Reparaturarbeiten ohne die Notwendigkeit langer Transportwege an den zu reparierenden Stücken durchzuführen sind. In dicht besiedelten Gebieten hat die Durchführbarkeit von regelmäßigen Verformungs-Sprengungen ohnehin ihre Schwierigkeiten.

Methylaminnitrat

methylamine nitrate; nitrate de méthylamine; MAN



Bruttoformel: $\text{CH}_6\text{N}_2\text{O}_3$

Mol.-Gew.: 94,1

Bildungsenergie: $-861,5 \text{ kcal/kg} = -3604 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-896 \text{ kcal/kg} = -3748 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-34,0 \%$

Stickstoffgehalt: $29,77 \%$

Normalgasvolumen: 1189 l/kg

Explosionswärme: $862 \text{ kcal/kg} = 3611 \text{ kJ/kg}$

Spezif. Energie: $100 \text{ mt/kg} = 980 \text{ kJ/kg}$

Dichte: $1,422 \text{ g/cm}^3$

F.: $111 \text{ }^\circ\text{C}$

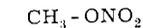
Bleiblockausbauchung: 325 cm^3

Methylaminnitrat ist wesentlich stärker hygroskopisch als Ammonnitrat. Es ist sehr wenig schlagempfindlich.

Methylaminnitrat ist als Schmelzkomponente für Ammonsalpetermischungen verwendbar, bedarf aber dann weiterer Zumischung von brisanten Komponenten, wobei die Verträglichkeit mit aromatischen Nitrokörpern bei höherer Temperatur nicht durchweg sicher ist. Auch als Komponente in Sprengschlämmen („Slurries“) wird Methylaminnitrat verwendet.

Methylnitrat

methylnitrate; nitrate de méthyle



farblose Flüssigkeit

Bruttoformel: CH_3NO_3

Bildungsenergie: $-456,7 \text{ kcal/kg} = -1911 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-483,1 \text{ kcal/kg} = -2021 \text{ kJ/kg}$

Mol.-Gew.: 77,0

Sauerstoffwert: $-10,38 \%$

Stickstoffgehalt: $18,19 \%$

Normalgasvolumen: 909 l/kg

Explosionswärme: $1639 \text{ kcal/kg} = 6865 \text{ kJ/kg}$

Spezif. Energie: $135 \text{ mt/kg} = 1320 \text{ kJ/kg}$

Dichte: $1,217 \text{ g/cm}^3$

Kp.: $65-66 \text{ }^\circ\text{C}$

Bleiblockausbauchung: 610 cm^3

Detonationsgeschwindigkeit: 6300 m/s bei

$$\rho = 1,217 \text{ g/cm}^3$$

Verpuffungspunkt: verdampft schnell ohne Entzündung

Schlagempfindlichkeit: $0,02 \text{ kp m} = 0,2 \text{ Nm}$

Reibempfindlichkeit: bis 36 kp Stiftbelastung keine

Reaktion

Grenzdurchmesser Stahlhülsestest: 18 mm

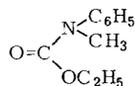
Methylnitrat ist eine stark flüchtige Flüssigkeit, wenig löslich in Wasser und an Brisanz dem Nitroglycerin gleichzusetzen. Die Dämpfe sind brennbar und explosiv, sie verursachen Kopfschmerz. Methylnitrat löst Nitrocellulose zu einer Gallerte, aus der das Methylnitrat aber verhältnismäßig schnell abdampft.

Man kann Methylnitrat sowohl durch Eintragen von Methylalkohol in Nitriersäure bei tiefen Temperaturen erhalten als auch durch Destillation des Alkohols mit mittelkonzentrierter Salpetersäure.

Methylnitrat hat als „Myrol“ eine Rolle als Raketentreibmittel gespielt, und zwar im Gemisch mit etwa 25 % Methylalkohol. Dieses Gemisch destilliert azeotrop, wenn Methylalkohol mit mittelstarker Salpetersäure destilliert wird. Bei knapper Rohstoffbasis war es günstig, im Myrol ein starkes Spreng- oder auch Treibmittel unter Verwendung mittelkonzentrierter Salpetersäure zu gewinnen, ohne hochkonzentrierte Salpeter- und Schwefelsäure einsetzen zu müssen.

Methylphenylurethan

Methylphenylurethane; méthylphénylurethane



farblose Flüssigkeit

Bruttoformel: $\text{C}_{10}\text{H}_{13}\text{O}_2\text{N}$

Molekulargewicht: 179,2

Siedepunkt: 250 °C

Refraktion: 20/D: 1,51558

Bildungsenergie: $-538,5 \text{ kcal/kg} = -2253 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-564,7 \text{ kcal/kg} = -2363 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-218,7 \%$

Stickstoffgehalt: 7,82 %

Methylphenylurethan ist ein gelatinierender → Stabilisator, insbesondere für zweibasige Pulver.

Technische Reinheitsforderungen

Dichte 20/4:	1,071—1,090 g/cm ³
Siedeanalyse:	248—255 °C
Reaktion:	neutral

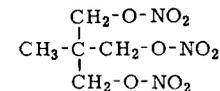
Methylviolett-Test

Dieser vor etwa 50 Jahren in den USA aus dem damaligen sogenannten Deutschen Test (Prüfung auf sichtbare nitrose Gase bei 135 °C) entwickelte Test ersetzt die visuelle Beobachtung nitroser Gase durch einen mit Methylviolett imprägnierten Papierstreifen.

Dieser Test wird bei Nitrocellulose und einbasigen Pulvern bei 134,5 °C, bei mehrbasigen Treibmitteln bei 120 °C durchgeführt. Das Ende der Prüfung wird durch den Umschlag des Farbstoffes über blaugrün nach lachsfarben angezeigt. Bei einer stabilen NC soll diese Verfärbung nicht vor 30 Minuten, bei einem einbasigen Pulver nicht vor 40 Minuten, bei einem mehrbasigen Pulver im allgemeinen nicht vor 60 Minuten eintreten. Der Test gestattet lediglich die Erkennung ausgesprochen instabiler Pulver, weshalb er nur in beschränktem Umfang eingesetzt wird, z. B. für Abnahmeprüfungen bekannter Pulvertypen.

Metrioltrinitrat

*metriol trinitrate; trinitrate de métriol;
trinitrate de triméthylol-méthyl-méthane;
Methyltrimethylolmethantrinitrat;
Nitropentaglycerin*



helle ölige Substanz

Bruttoformel: $\text{C}_5\text{H}_9\text{O}_9\text{N}_3$

Mol.-Gew.: 255,1

Bildungsenergie: $-388,9 \text{ kcal/kg} = -1627 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-415,5 \text{ kcal/kg} = -1739 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-34,5 \%$

Stickstoffgehalt: 16,47 %

Normalgasvolumen: 971 l/kg

Explosionswärme: $1192 \text{ kcal/kg} = 4992 \text{ kJ/kg}$

Spezif. Energie: $129 \text{ mt/kg} = 1269 \text{ kJ/kg}$

Dichte (20/4): 1,460 g/cm³

Erstarrungspunkt (nach Impfung): -15 °C

Bleiblockausbauchung: 400 cm³

Verpuffungspunkt: 182 °C

Schlagempfindlichkeit: 0,02 kpm = 0,2 Nm

Das Öl ist praktisch wasserunlöslich. Die chemische Stabilität des Produktes ist außerordentlich hoch. Metrioltrinitrat läßt sich nur mäßig und nur bei höherer Temperatur mit Nitrocellulose auf einem Kalandar gelatinieren. Die Flüchtigkeit des Trinitrats ist gering.

Man erhält Metrioltrinitrat durch Nitrierung von Methyltrimethylolmethan (Metriol) mit Salpetersäure/Schwefelsäure. Das Metriol entsteht durch Kondensation von Propionaldehyd mit Formaldehyd analog der Pentaerythritsynthese.

Im zweiten Weltkrieg wurde Metrioltrinitrat im Gemisch mit Triglykoldinitrat – einem guten Gelatinator für Nitrocellulose – mit Nitrocellulose zu sogenannten tropfenfesten POL-Pulvern verarbeitet (→ Schießpulver).

Millisekunden-Sprengen

millisecond-delay blasting; tir à microretard

Beim „Millisekunden-Sprengen“ werden die zu einem Abschlag gehörigen Sprengladungen in Verzögerungen von nur 20 bis ca. 100 Millisekunden gezündet. Die Sprengladungen unterstützen einander auf diese Weise besser. Deshalb erhält man beim Millisekunden-Sprengen ein feineres Haufwerk bzw. kommt man mit etwas weniger Sprengstoff für den gleichen Räumeffekt aus (→ Brückenzünder).

Minex

in USA verwendete gegossene Sprengladung aus Hexogen, Trinitrotoluol, Ammoniumnitrat und Aluminiumpulver.

Minol

ist ein gießbares Gemisch aus Trinitrotoluol, Ammoniumnitrat und Aluminiumpulver (40/40/20). $\rho = 1,70 \text{ g/cm}^3$, Detonationsgeschwindigkeit 6000 m/s.

Mischsäure

wird das aus Salpetersäure und Schwefelsäure hergestellte Gemisch genannt, das häufig zu Nitrierungen verwendet wird. Die Schwefelsäure hat die Aufgabe, das bei der Nitrierungsreaktion freiwerdende Wasser zu binden.

Momentzündler

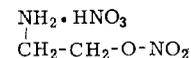
→ Sprengmomentzündler

Monergol

Bezeichnung in der Raketentechnik für ein flüssiges homogenes Treibmittel, das zur Gasbildung nicht des Hinzutretens eines anderen Reaktionspartners bedarf. Die Gasbildung kann durch katalytischen Zerfall (z. B. hochprozentiges Wasserstoffsperoxyd oder wasserfreies Hydrazin) oder intramolekulare Umsetzung wie bei Sprengstoffen erfolgen, z. B. Propylnitrat.

Monoäthanolamindinitrat

ethanol amine dinitrate; dinitrate d'éthanolamine
Äthanolamindinitrat



farblose Kristalle

Bruttoformel: $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}_3\text{O}_6$

Sauerstoffwert: $-14,2 \%$

Mol.-Gew.: 169,1

Sauerstoffwert: $-14,2 \%$

Stickstoffgehalt: 24,85 %

Normalgasvolumen: 935 l/kg

Explosionswärme: 1281 kcal/kg = 5363 kJ/kg

Spezif. Energie: 120,6 mt/kg = 1183 kJ/kg

Dichte (gegossen): 1,53 g/cm³

F.: 103 °C

Bleiblockausbauchung: 410 cm³

Verpuffungspunkt: 192–193 °C

Die Verbindung ist in Wasser sehr leicht löslich, schwer löslich in kaltem Alkohol und etwas hygroskopisch.

Monoäthanolamindinitrat wird durch Lösen von Monoäthanolamin in konzentrierter Salpetersäure und Ausfällen mit Alkohol oder Äther unter Kühlung gewonnen.

Das Monoäthanolamindinitrat ist ggf. unter Zusatz seiner Homologen, des Diäthanolamintrinitrats, oder anderer Stoffe als Zusatz zu gießbaren Mischungen vorgeschlagen worden.

Monobel

einer der ältesten Wettersprengstoffe in USA (10 % Nitroglycerin, 80 % Ammoniumnitrat, 10 % verbrennbare Substanz, Holzmehl u. ä.).

MOX

bezeichnet „metal oxidizer explosives (USA)“. Zusammensetzungen sind:

MOX	1 %	2 B %	3 B %	4 B %	6 B %
Ammoniumperchlorat	35	35	—	—	—
Aluminium (Feinkorn)	26.2	52.4	47	47	49.2
Magnesium (Feinkorn)	26.2	—	—	—	—
Tetryl	9.7	—	—	—	—
Hexogen	—	5.8	29.1	29.1	28.7
TNT	—	3.9	2.0	2.0	—
Kaliumnitrat	—	—	18	—	—
Bariumnitrat	—	—	—	18	—
Kupferoxid	—	—	—	—	19.7
Wachs	—	—	0.9	0.9	0.9
Calciumstearat	1.9	1.9	2.0	2.0	—
Graphit	1.0	1.0	1.0	1.0	1.5

Mündungsfeuer

muzzle flash; luer à la bouche

Als „Mündungsfeuer“ bezeichnet man die Flammerscheinung an der Mündung eines Laufs oder Rohres beim Schuß. Das Mündungsfeuer entsteht sekundär, wenn sich die noch brennbaren Schußgase (CO , CH_4) beim Austritt aus der Mündung mit der Luft mischen.

Die Ursachen für das Auftreten des Mündungsfeuers sind noch nicht völlig aufgeklärt, ebensowenig wie die Wirkung der Zusätze zum Pulver, die das Mündungsfeuer unterdrücken (wahrscheinlich katalytischer Abbruch von Kettenreaktionen). Sicher ist, daß das Mündungsfeuer durch hohe Temperatur der Verbrennungsgase, einen hohen Gasdruck und hohe Gasgeschwindigkeit beim Austritt aus der Mündung begünstigt wird.

Schnell verbrennende Pulver neigen bei der gleichen Waffe weniger zum Mündungsfeuer als langsam brennende Pulver. Entsprechend neigen auch Waffen mit hoher ballistischer Leistung (hohe Geschoßgeschwindigkeit und hoher Gasdruck) mehr zum Mündungsfeuer, das bei ihnen schwieriger zu beseitigen ist als bei Feuerwaffen geringerer Leistung.

Zur Dämpfung des Mündungsfeuers sind grundsätzlich Salze der Alkalimetalle besser geeignet als Salze der Erdalkalimetalle. Gesichert scheint auch, daß innerhalb der Alkalimetalle die mündungsfeuerdämpfende Wirkung vom Lithium zum Caesium zunimmt. Während des ersten Weltkrieges wurde meist NaCl als Mündungsfeuerdämpfer in Form von Kartuschbeutel-Vorlagen benutzt.

Später erwiesen sich die Salze des Kaliums und speziell das K_2SO_4 , KNO_3 und Kalium-Bitartrat als wirkungsvoller. Weitere Mündungsfeuerdämpfer, die mit wechselndem Erfolg verwendet werden, sind Oxalate, Phosphate und Bikarbonate.

Multicord 40 und Multicord 100

sind die Handelsnamen von → Sprengschnüren, die 40 bzw. 100 g → Nitropenta pro Meter enthalten; sie werden von der WASAG-CHEMIE Sythen GmbH. hergestellt und vertrieben. Kennzeichnende Farbe: rot.

Solche Sprengschnüre werden zur sicheren Initiierung von → PAC (= ANFO-)Sprengstoffen eingesetzt, werden aber auch als selbständige Sprengmittel verwendet, insbesondere für → Schonendes Sprengen.

Munroe-Effekt

Die Wirkung von Hohlladungen wird in den USA als Munroe-Effekt bezeichnet, da *Munroe* diese Erscheinung 1888 beschrieben hat. Gelegentlich findet man auch Bezeichnungen wie „cavity effect“, „lined cavity effect“ (→ Hohlladungen).

Nachdetonation

verspätete Detonation einer Sprengladung. Sie kann durch Zündfehler verursacht werden, oder durch vorübergehenden Übergang der Detonation in Deflagration.

Nachflammen

Abbrennen brennbarer Schwaden von detonierten oder deflagrierten Sprengstoffen mit negativer Sauerstoffbilanz (→ auch Mündungsfeuer).

Napalm

ist ein Brandmittel aus 90–95 % Benzin, das mit Quellmitteln in ein kolloidales Gel verwandelt wurde. Der Name leitet sich aus Naphtha und Palmitat ab, da in den USA als Verdickungsmittel Aluminiumpalmitat benutzt wurde.

Natriumchlorat

sodium chlorate; chlorate de sodium



Mol.-Gew.: 106,4
Sauerstoffwert: +45,1
Dichte: 2,48 g/cm³
F.: 248 °C

Natriumchlorat enthält zwar mehr Sauerstoff als Kaliumchlorat, es hat aber den Nachteil der Hygroskopizität. Es darf wie alle Chlorate nicht im Gemisch mit Ammoniumsalzen verwendet werden.

Seine praktische Bedeutung in Sprengmitteln ist nur gering.

Natriumnitrat

sodium nitrate; nitrate de sodium; Natronsalpeter; SN



farblose Kristalle
Mol.-Gew.: 85,0
Bildungsenergie: −1301 kcal/kg = −5443 kJ/kg
Bildungsenthalpie: −1315 kcal/kg = −5503 kJ/kg
Sauerstoffwert: +47,1 %
Stickstoffgehalt: 16,48 %
Dichte: 2,265 g/cm³
F.: 317 °C

Das Salz ist hygroskopisch, in Wasser sehr gut löslich, etwas weniger gut in Alkohol, Methanol und Glycerin. Es findet als Sauerstoffträger in gewerblichen Sprengstoffen und in Sprengsalpeter Verwendung.

Technische Reinheitsforderungen

Reingehalt (aus der Stickstoffbestimmung im Lunge-Nitrometer): nicht unter	98,5 %
Feuchtigkeit: nicht über	0,2 %
Wasser-Unlösliches: nicht über	0,05 %
NH ₄ -, Fe-, Al-, Ca-, Mg- und K-Salze:	keine
NaCl: nicht über	0,2 %
Na ₂ SO ₄ : nicht über	0,2 %
Reaktion:	neutral
Abel-Test bei:	nicht unter 30 min

Natriumperchlorat

sodium perchlorate; perchlorate de sodium

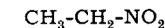


farblose Kristalle
Mol.-Gew.: 122,4
Sauerstoffwert: +52,27 %
Dichte: 2,5 g/cm³
F. (wasserfreies Produkt): 482 °C

NaClO₄ ist hygroskopisch und leicht löslich in Wasser und Alkohol. Trotz seines hohen Sauerstoffgehaltes ist ihm das restlos vergasbare und nicht hygroskopische Ammonperchlorat als Komponente für Treibmittel überlegen.

Nitroäthan

nitroethane; nitroéthane



farblose Flüssigkeit
Bruttoformel: C₂H₅NO₂
Mol.-Gew.: 75,07
Bildungsenergie: −425,8 kcal/kg = −1781 kJ/kg
Bildungsenthalpie: −457,4 kcal/kg = −1914 kJ/kg
Sauerstoffwert: −95,9 %
Stickstoffgehalt: 18,66 %

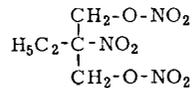
Normalgasvolumen: 1277 l/kg
 Explosionswärme: 572 kcal/kg = 2395 kJ/kg
 Spezifische Energie: 86 mt/kg = 841 kJ/kg
 Dichte: 1,053 g/cm³
 Kp.: 114 °C

Technisch werden heute die Nitroparaffine über die „Dampfphasennitrierung“ mit Salpetersäuredampf gewonnen, so auch das Nitroäthan. Die jeweiligen Nitrierprodukte (Nitromethan, Nitroäthan, Nitropropan) müssen durch Destillation getrennt werden.

Alle diese Produkte können mit Formaldehyd zu mehrwertigen Nitroalkoholen umgesetzt werden, die weiterhin mit Salpetersäure verestert werden können.

Nitroäthylpropandioldinitrat

nitroethylpropanediol dinitrate; dinitrate d'ethyl-nitropropanediol



Bruttoformel: C₅H₉N₃O₈

Mol.-Gew.: 239,2

Sauerstoffwert: -43,5 %

Stickstoffgehalt: 17,57 %

Normalgasvolumen: 1032 l/kg

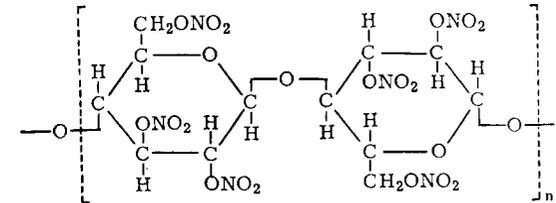
Explosionswärme: 1071 kcal/kg = 4470 kJ/kg

Spezifische Energie: 127 mt/kg = 1243 kJ/kg

Das Produkt entsteht durch Kondensation von 1-Nitropropan mit Formaldehyd und Nitrierung des entstandenen Nitroäthylpropanediols.

Nitrocellulose

nitrocellulose; NC



theoretisch 14,14 % Stickstoff

praktisch liegt das Maximum bei 13,4 % Stickstoff

% N	Bildungsenergie		Bildungsenthalpie	
	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg
13.3	-527.3	-2394	-593.6	-2483
13.0	-590.1	-2469	-611.6	-2563
12.5	-619.9	-2593	-641.6	-2683
12.0	-649.9	-2719	-671.8	-2811
11.5	-679.7	-2844	-701.8	-2936
11.0	-716.7	-2999	-739.1	-3094

Folgende Angaben beziehen sich auf 13,3 % N:

Sauerstoffbilanz: -28,7 %

Normalgasvolumen: 875 l/kg

Explosionswärme: 1053 kcal/kg = 4408 kJ/kg

Dichte: 1,67 bzw. 1,3 g/cm³ (erreichbarer Verdichtungsgrad)

Bleiblockausbauchung: 370 cm³

Schlagempfindlichkeit: 0,3 kpm = 3 Nm

Reibempfindlichkeit: bis 36 kp Stiffbelastung keine Reaktion

Grenzdurchmesser Stahlhülisentest: 20 mm

Nitrocellulose ist die allgemein übliche Bezeichnung für Ester der Cellulose mit Salpetersäure (Cellulosenitrate). Nitrocellulose wird durch Einwirkung einer aus Salpeter- und Schwefelsäure bestehenden Nitriersäure auf gut gereinigte Baumwoll-Linters oder gut aufbereiteten Holzzellstoff hergestellt. Konzentration und Zusammensetzung der Nitriersäure bestimmen den jeweiligen Veresterungsgrad, der durch den Stickstoffgehalt charakterisiert wird.

Das rohe Nitrierprodukt wird zunächst durch Abzentrifugieren von der Hauptmenge der Säure befreit und durch anschließende Vor-

und Nachkochoperationen stabilisiert. Die abgeschleuderte Säure geht nach erfolgter Auffrischung wieder in den Umlauf zurück und wird für neue Nitrierungen verwendet. Bei der Nitrierung bleibt die ursprüngliche Form und das Aussehen der Cellulose erhalten. Durch nachfolgendes Druckkochen der Nitrocellulose erhält man schließlich die gewünschte Viskositätseinstellung. Pulver-Collodiumwollen und Dynamit-Collodiumwollen werden im Holländer oder in der Kegelstoffmühle (Refiner) auf eine bestimmte Faserlänge geschnitten. Neben Celluloidwollen und den besonders zahlreichen Lackwolltypen, welche ester- und alkohollösliche Collodiumwollen mit einem Stickstoffgehalt von 10,3–12,3 % in allen technisch gebräuchlichen Viskositätseinstellungen umfassen, werden folgende Nitrocellulose Typen gefertigt:

Schießwollen (engl. gun cotton)	mit 13,0 – 13,4 % N,
Pulver-Collodiumwollen	mit 12,0 – 12,6 % N,
PE-Wollen	mit 11,0 – 11,6 % N,
Dynamit-Collodiumwollen (engl. blasting soluble nitrocotton)	mit 12,2 – 12,3 % N.
Ester- und alkohollösliche Collodiumwollen, Celluloidwollen (Lackwollen)	mit 10,3 – 12,3 % N.

Die oben genannten Typen werden im N-Gehalt und in der Viskosität auf den jeweiligen Verwendungszweck besonders eingestellt und ggf. auch abgemischt geliefert.

Alle Nitrocellulosen sind in Aceton löslich. Die Viskosität der Lösungen variiert außerordentlich. Bei den WASAG-Collodiumwollen gibt die Kennziffer neben dem Kennbuchstaben den Trockenwollgehalt (in Prozent) einer Lösung an, welche eine bestimmte genormte Viskosität aufweist.

Der Versand von Nitrocellulose erfolgt in dicht verschließbaren Fässern oder in Pappfässern mit Kunststoffsack, mit mindestens 25 % Anfeuchtungsmittel (Wasser, Alkohol, Isopropanol, Butanol u. a.).

Anwendungsgebiete für technische Collodiumwollen

Typen	Löslichkeit	Viskosität	Anwendungsgebiete
E 4 und E 6	E	besonders hochviskos	Zaponlacke, Lederlacke, Glühstrumpf-Tauchlösungen, Abbeizmittel, medizin. Collodium
E 9	E	hochviskos	Lederlacke, Zaponlacke, Bleistiftlacke, Tränk- und Spannlacke für Textilien, Kabellacke, Bronzelacke, Kitte, Spachtelmassen
E 13 und E 15	E	mittelviskos	Zaponlacke, Lacke für Narben- und Spaltleder, Kunstleder, Klebstoffe
E 21 und E 24	E	mittelviskos	Eisenbahnlacke, Karosserie-lacke, Maschinenlackfarben, Schnellschliffgrund, Möbel-lacke, Mattinen, Holz-Tauchlacke, Holz-Porenfüller, Papierlacke, Kitte, Klebstoffe
E 27	E	besonders niedrigviskos	Holz-Polierlacke, füllkräftige Möbel- und Metallacke, Papierlacke
E 30 und E 33	E	extrem niedrigviskos	hochkörperreiche Holzlacke, Kombinationslacke, Spachtel, Porenfüller, Nitrocellulose-Einbrennlacke, Druckfarben
A 15	A	hoch-, mittelviskos	Lederlacke, geruchschwache Lacke, Nitrocellulose-Schellack-Polituren
A 21, A 24 und A 28	A	niedrigviskos	Aluminiumfolienlacke, Geltauchlacke, Holz-Polierlacke, Mattinen, Druckfarben, geruchschwache Lacke

Löslichkeit: E = esterlöslich
A = alkohollöslich

Technische Reinheitsforderungen

Die Sollwerte für den Stickstoffgehalt, für die Löslichkeit in Alkohol, in Alkohol-Äthergemisch und in Ester, für die Viskosität usw. variieren für die verschiedenen Nitrocellulose Typen. Der Stickstoffgehalt soll nicht mehr als $\pm 0,2\%$ vom Sollwert abweichen.

Folgende Reinheitsforderungen gelten für alle Nitrocellulose Typen:

Bergmann-Junk-Test bei 132 °C: nicht über 2,5 cm³/g NO
 Aschegehalt: nicht über 0,3 %
 Aceton-Unlösliches: nicht über 0,4 %
 Alkali als CaCO₃: nicht über 0,05 %
 Sulfate als H₂SO₄: nicht über 0,05 %
 HgCl₂: frei

Bei gemahlener Nitrocellulose (z. B. Schießwolle und Dynamitwolle) können Forderungen nach der Faserlänge bestehen, die nach der „Russischen Methode“, der Bestimmung der Sedimentierhöhe einer Aufschüttelung in Wasser ermittelt werden.

Nitrocellulose für gelatinöse Sprengstoffe muß Nitroglycerin bei 60 °C innerhalb 5 Minuten vollständig gelatinieren.

Linters als Rohstoff:

Daten

(C₆H₁₀O₅)_n
 weiße Fasern
 Molekulargewicht der Struktureinheit: 162,14

Technische Reinheitsforderungen

α -Cellulosegehalt als Unlösliches in
 17,5 %iger NaOH: mindestens 96 %
 Fette und Harze als Unlösliches in
 CH₂Cl₂: nicht über 0,2 %
 Feuchtigkeit: nicht über 7 %
 Aschegehalt: nicht über 0,4 %
 Aussehen: homogen weiß oder blaßgelb,
 frei von Verunreinigungen
 (Knoten; Kapselresten).

Nitrocellulose-Pulver

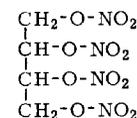
single base powder; poudre à simple base

bestehen im wesentlichen aus Nitrocellulose und Stabilisatoren neben anderen Zusätzen, wie z. B. etwas Dinitrotoluol in manchen Rezepturen. Nitrocellulose wird mit Hilfe von Lösemitteln, meistens Äther-Alkohol, unter Beifügung der Zusätze unter längerem Kneten gelatiniert, in Formgebung (Röhren, Mehrfach-Loch-Röhrchen, Blättchen) durch Strangpreß- und Schneidvorgänge gebracht, vom

Lösemittel durch Verdampfenlassen, Wässern, Vakuumtrocknen usw. befreit und oberflächenbehandelt. Die Oberflächenbehandlung erreicht, durch Eindiffundierenlassen von phlegmatisierenden Stoffen den Abbrand in den ersten oberflächennahen Schichten zu verlangsamen und der Abbrandfolge einen progressiven Charakter zu geben (\rightarrow Progressiv-Pulver).

Nitroerythrit

erythritol tetranitrate; tétranitrate d'érythritol;
Erythrittetranitrat; Tetranitroerythrit



farblose Kristalle

Bruttoformel: C₄H₆N₄O₁₂

Mol.-Gew.: 302,1

Sauerstoffwert: +5,3 %

Stickstoffgehalt: 18,55 %

Normalgasvolumen: 765 l/kg

Explosionswärme: 1538 kcal/kg = 6439 kJ/kg

Spezif. Energie: 113 mt/kg = 1104 kJ/kg

F.: 61,5 °C

Dichte: 1,6 g/cm³

Verpuffungspunkt: bei 154–160 °C starke Explosion

Schlagempfindlichkeit: 0,2 kp m = 2 Nm

Nitroerythrit ist unlöslich in kaltem Wasser, löslich in Alkohol und Äther. Man gewinnt Nitroerythrit durch Lösung von natürlichem Erythrit (F. 120 °C) in konzentrierter Salpetersäure unter guter Kühlung und Fällung durch Zusatz von konzentrierter Schwefelsäure. Es kristallisiert aus Alkohol in farblosen Platten.

Nitroerythrit ist dem Nitroglycerin in jeder Hinsicht sehr ähnlich, nur weniger stabil.

Dampfdruck:

Millibar	Temperatur °C
0,00033	20
0,0097	50
0,13	80
0,31	90

Bleiblockausbauchung: 520 cm³Detonationsgeschwindigkeit: 7600 m/s bei
 $\rho = 1,599 \text{ g/cm}^3$

Schlagempfindlichkeit: 0,02 kp m = 0,2 Nm

Reibempfindlichkeit: bis 36 kp Stiftbelastung keine
Reaktion

Grenzdurchmesser Stahlhülisentest: 24 mm

Verpuffungspunkt: 223–225 °C

In Wasser fast unlöslich, wird es von fast allen organischen Lösungsmitteln leicht aufgenommen; schwer löslich ist es in Schwefelkohlenstoff. Es löst viele aromatische Nitrokörper leicht auf und bildet mit Collodiumwolle Gelatinen. Seine Flüchtigkeit ist verschwindend klein, genügt aber, um bei empfindlichen Personen Kopfschmerzen hervorzurufen.

Das säurefreie Produkt ist sehr stabil, aber außerordentlich schlagempfindlich. Da der Transport von Nitroglycerin sowie von anderen flüssigen Salpetersäureestern nur in Lösungen von nicht explosiven Lösungsmitteln und in Mischungen mit feinpulverisierten inerten Stoffen bis zu einem Gehalt von 5% Nitroglycerin behördlicherseits erlaubt ist, muß Nitroglycerin wie alle flüssigen explosiven Salpetersäureester am Herstellungsort verarbeitet werden.

Nitroglycerin wird durch Zufließenlassen von höchst konzentriertem, fast wasserfreiem und fast chemisch reinem Glycerin (Dynamitglycerin) in ein hochkonzentriertes Gemisch von Salpetersäure und Schwefelsäure bei guter Kühlung und Rührung hergestellt. Nach beendeter Reaktion wird das abgeschiedene Nitroglycerin durch Waschen mit kaltem und warmem Wasser und mit einer schwach alkalischen Sodalösung von der Säure befreit und filtriert.

Für die Herstellung des Nitroglycerins in einer Sprengstofffabrik als relativ handhabungsgefährlicher Substanz war die Herstellung auf kontinuierlichem Wege immer von höchstem Interesse, da man möglichst kleine Mengen in den einzelnen Fabrikationsstufen haben möchte. Aus diesem Grunde haben sich mehrere miteinander

konkurrierende Verfahren, die sich insbesondere des Sicherheitsproblems in der einen oder anderen Form annehmen, entwickelt (Schmid, Meissner, Biazzi, Kontinitro). Die neuesten Verfahren führen Glycerin und Säure mittels Injektoren zusammen (Nitroglycerin AB).

Nitroglycerin ist einer der wichtigsten und meistgebrauchten Sprengstoffbestandteile; es ist zusammen mit Nitroglykol die Grundsubstanz der gelatinösen gewerblichen Sprengstoffe. Mit Nitrocellulose und Stabilisatoren verarbeitet, ist es weiterhin ein grundlegender Bestandteil von Treibmitteln, Pulvern und Raketenfesttreibstoffen.

Technische Reinheitsforderungen

1. an Nitroglycerin als Sprengstoffbestandteil:

Stickstoffgehalt: mindestens	18,35 %
Abeltest: mindestens	10 Min.

2. an Nitroglycerin als Treibstoffkomponente:

Stickstoffgehalt: mindestens	18,40 %
Feuchtigkeit: höchstens	0,5 %
Alkalität, als Na ₂ CO ₃ : höchstens	0,002 %
Säure, als HNO ₃ : höchstens	0,002 %

3. an Glycerin, als Vorprodukt:

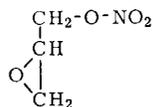
Geruch	nicht unangenehm stechend
Farbe	klar, möglichst hell
Reaktion gegen Lackmus	neutral
Anorganische Verunreinigung	keine
Reduzierende Substanzen (Prüfung mit ammoniakal. AgNO ₃)	höchstens Spuren
Eiweißstoffe	höchstens Spuren
Fettsäuren	höchstens Spuren
Asche	höchstens 0,03 %
Wasser	höchstens 0,50 %
Oxidationswert	mindestens 98 %
Spezifisches Gewicht	1,259 – 1,261 g/cm ³ (20/4)
Refraktion 20/D:	1,4707 – 1,4735
Säure: höchstens	0,3 ml n/10 NaOH/100 ml
Alkalität: höchstens	0,3 ml n/10 HCl/100 ml

Nitroglycerin-Pulver

double base powder; poudres à double base

sind zweibasige Schießpulver, deren Hauptbestandteil Nitrocellulose und Nitroglycerin sind.

→ POL-Pulver, Cordite, Ballistit.

Nitroglycid*Glycidnitrat*

wasserhelle Flüssigkeit

Bruttoformel: $\text{C}_3\text{H}_5\text{NO}_4$

Mol.-Gew.: 119,1

Sauerstoffwert: $-60,5\%$

Stickstoffgehalt: $11,76\%$

Explosionswärme: $745 \text{ kcal/kg} = 3157 \text{ kJ/kg}$

Dichte: $1,332 \text{ g/cm}^3$ (20/4) Kp. 94°C (bei 20 mm)

Bleiblockausbauchung: 310 cm^3

Verpuffungspunkt: $195\text{--}200^\circ\text{C}$

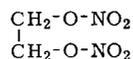
Schlagempfindlichkeit: $0,2 \text{ kp m} = 2 \text{ Nm}$

Nitroglycid löst sich in Alkohol, Äther, Aceton und Wasser. Es ist leicht flüchtig.

Dieser Salpetersäureester des Glycides wird aus Dinitroglycerin durch Abspaltung eines Moleküls HNO_3 mittels konz. Alkalien gewonnen. Es ist das Anhydrid des Glycerinmononitrats.

Nitroglykol

nitroglycol; ethyleneglycoldinitrate; dinitrate de glycol; Äthylenglykoldinitrat; Dinitroglykol; Glykoldinitrat; EGDN



farblose, ölige Flüssigkeit

Bruttoformel: $\text{C}_2\text{H}_4\text{N}_2\text{O}_6$

Mol.-Gew.: 152,1

Bildungsenergie: $-359,8 \text{ kcal/kg} = -1506 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-383,2 \text{ kcal/kg} = -1603 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $\pm 0\%$

Stickstoffgehalt: $18,42\%$

Normalgasvolumen: 816 l/kg

Explosionswärme: $1765 \text{ kcal/kg} = 7390 \text{ kJ/kg}$

Spezifische Energie: $123 \text{ mt/kg} = 1205 \text{ kJ/kg}$

Dichte: $1,48 \text{ g/cm}^3$

Brechungsindex: $n_{\text{D}_{25}} = 1,4452$

F.: -22°C

Dampfdruck:

Millibar	Temperatur $^\circ\text{C}$
0,006	0
0,05	20
0,35	40
1,7	60
7,8	80
29	100

Bleiblockausbauchung: 620 cm^3

Detonationsgeschwindigkeit: 7300 m/s bei

$\rho = 1,48 \text{ g/cm}^3$

Verpuffungspunkt: 217°C

Schlagempfindlichkeit: $0,02 \text{ kp m} = 0,2 \text{ Nm}$

Reibempfindlichkeit: bei 36 kp Stiftbelastung keine Reaktion

Grenzdurchmesser Stahlhülisentest: 24 mm

Nitroglykol ist nicht hygroskopisch, wenig löslich in Wasser, leicht löslich in den meisten organischen Lösemitteln; seine Eigenschaften und Leistungsdaten sind fast die gleichen wie die des Nitroglycerins; es ist merklich flüchtiger, etwa viermal wasserlöslicher, niedriger viskos und gelatiniert Nitrocellulose schneller als Nitroglycerin.

Glykol kann, wie Glycerin, in denselben Apparaturen – also auch kontinuierlich – nitriert werden. Dasselbe gilt für die Scheidung und das Waschen. Diese Operationen lassen sich bei dem weniger dickflüssigen Glykol sogar leichter durchführen als bei Glycerin.

Nitroglykol wird in Mischung mit Nitroglycerin verwendet, da es den Gefrierpunkt des Nitroglycerins stark herabsetzt. Die Ammon-Gelite enthalten als Hauptkraftträger nur Nitroglykol und sind deshalb bei Wintertemperaturen bis zu minus 20°C ungefrierbar.

Der Dampfdruck des Nitroglykols ist erheblich höher als der des Nitroglycerins. In Treibsätzen ist daher Nitroglykol nicht verwendbar.

Wie alle Salpetersäureester beeinflusst Nitroglykol den Kreislauf sehr intensiv. Die maximale Arbeitsplatzkonzentration („Mak-Wert“) beträgt $0,25 \text{ ppm} = 1,6 \text{ mg/m}^3$ mit dem Hinweis H = Hautresorption.

Technische Reinheitsforderungen

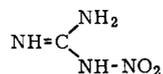
Stickstoffgehalt: nicht unter	18,30 %
Abel-Test: nicht unter	15 min.

Technische Reinheitsforderungen an Glykol als Vorprodukt

Reingehalt (durch Oxidation mit Dichromat): mindestens	98 %
Dichte 20/4	1,1130—1,1134
Gehalt an Diglykol und Triglykol (Vakuumsdestillationsrückstand): nicht über	2,5 %
Feuchtigkeit: nicht über	0,5 %
Glührückstand: nicht über	0,02 %
Chloride:	keine
Reaktion:	neutral
reduzierende Bestandteile (Test mit NH ₃ —AgNO ₃):	keine
Probenitrierung: kein Auftreten roter Dämpfe; Ausbeute: mindestens	230 %

Nitroguanidin

nitroguanidine; picrite; Guanite; Nigu; NQ



weiße, faserige Kristalle

Bruttoformel: CH₄N₄O₂

Mol.-Gew.: 104,1

Bildungsenergie: — 184,9 kcal/kg = — 773,4 kJ/kg

Bildungsenergie: — 213,3 kcal/kg = — 893,0 kJ/kg

Sauerstoffwert: — 30,7 %

Stickstoffgehalt: 53,83 %

Normalgasvolumen: 1075 l/kg

Explosionswärme: 728 kcal/kg = 3049 kJ/kg

Spezif. Energie: 98 mt/kg = 965 kJ/kg

Dichte: 1,71 g/cm³

F. (Zersetzung): 246 °C

Bleiblockausbauchung: 305 cm³

Detonationsgeschwindigkeit: 8200 m/s bei

Maximaldichte

Verpuffungspunkt: keine Entzündung ab 240 °C

Zersetzung

Schlagempfindlichkeit: bis 5 kp m keine

Reibempfindlichkeit: bis 36 kp Stiftbelastung keine Reaktion

Grenzdurchmesser Stahlhülsestest: bei 1 mm keine Entzündung

Nitroguanidin ist löslich in heißem Wasser, fast unlöslich in kaltem Wasser, sehr wenig löslich in Alkohol, unlöslich in Äther, leicht löslich in Alkali.

Nitroguanidin ist gegen Zündung sowie gegen Stoß und Schlag wenig empfindlich. Die chemische Stabilität ist hervorragend.

Aus Dicyandiamid und Ammonnitrat gewonnenes Guanidinnitrat wird durch Wasserentzug mittels konzentrierter Schwefelsäure in Nitroguanidin übergeführt.

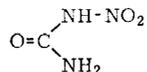
Nitroguanidin läßt sich in Nitrocellulosepulver, Nitroglycerin- bzw. Diglykoldinitratpulver einarbeiten; es geht zwar im Pulvergel nicht in Lösung, sondern ist fein verteilt eingebettet. Diese „kalten“, weil kalorienarmen Pulver greifen Geschützrohre weit weniger an als die üblichen „heißen“ Pulver.

Nitroguanidin hat den Vorteil, mündungsfeuerdämpfend zu wirken, allerdings muß bei seiner Verwendung etwas stärkere Rauchentwicklung in Kauf genommen werden.

Nitroguanidin ist ferner eine wichtige Komponente in Treibsätzen für Festtreibstoffraketen, die als „Marschsätze“ einen langsameren Abbrand haben sollen.

Technische Reinheitsforderungen:

Typ 1:			
Korngröße		4,2—6,0 μ	
Reingehalt (Bestimmung mit Nitrometer oder mit CrCl ₂)	mindestens	98	%
Typ 2:			
Korngröße		höchstens	3,3 μ
Reingehalt	mindestens	99	%
beide Typen:			
Aschegehalt	höchstens	0,30	%
Säuregehalt, als H ₂ SO ₄	höchstens	0,06	%
Flüchtige Bestandteile	höchstens	0,25	%
Sulfate	höchstens	0,20	%
Wasser-Unlösliches	höchstens	0,20	%
pH:		4,5—7,0	

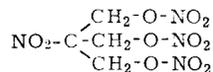
Nitroharnstoff*nitrourea; nitro-urée*Bruttoformel: $\text{CH}_3\text{N}_3\text{O}_3$

Mol.-Gew.: 105,1

Bildungsenergie: $-614,3 \text{ kcal/kg} = -2570 \text{ kJ/kg}$ Bildungsenthalpie: $-639,7 \text{ kcal/kg} = -2677 \text{ kJ/kg}$ Sauerstoffwert: $-7,6 \%$ Stickstoffgehalt: $39,98 \%$ Normalgasvolumen: 853 l/kg Explosionswärme: $923 \text{ kcal/kg} = 3865 \text{ kJ/kg}$ Spezif. Energie: $93,0 \text{ mt/kg} = 912 \text{ kJ/kg}$ F. (mit Zersetzung): $158 \text{ }^\circ\text{C}$

Nitroharnstoff löst sich etwas in Benzol, Äther und Chloroform; mit Wasser zersetzt er sich.

Nitroharnstoff entsteht durch Dehydratisierung von Harnstoffnitrat mittels Schwefelsäure.

Nitroisobutylglycerintrinitrat*nitroisobutylglycerol trinitrate; trinitrate de nitroisobutylglycérine;**Trimethylolnitromethantrinitrat; Nitroisobutantrioltrinitrat;**nib-glycerintrinitrate; Nitropropantrioltrinitrat;**Nitromethantrimethyloltrinitrat; NIBTN*

gelbliches, dickflüssiges Öl

Bruttoformel: $\text{C}_4\text{H}_6\text{N}_4\text{O}_{11}$

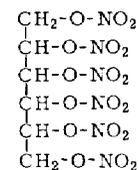
Mol.-Gew.: 286,1

Bildungsenergie: $-169,1 \text{ kcal/kg} = -707,5 \text{ kJ/kg}$ Bildungsenthalpie: $-190,8 \text{ kcal/kg} = -797,5 \text{ kJ/kg}$ Sauerstoffwert: $\pm 0 \%$ Stickstoffgehalt: $19,58 \%$ Normalgasvolumen: 801 l/kg Explosionswärme: $1852 \text{ kcal/kg} = 7755 \text{ kJ/kg}$ Spezif. Energie: $126 \text{ mt/kg} = 1238 \text{ kJ/kg}$ Dichte: $1,68 \text{ g/cm}^3$ F.: $-35 \text{ }^\circ\text{C}$ Bleiblockausbauchung: 540 cm^3 Detonationsgeschwindigkeit: 7600 m/s bei $\rho = 1,68 \text{ g/cm}^3$ Explosionswärme: $1707 \text{ kcal/kg} = 7147 \text{ kJ/kg}$ Verpuffungspunkt: $195 \text{ }^\circ\text{C}$ Schlagempfindlichkeit: $0,2 \text{ kp m} = 2 \text{ Nm}$

Die Verbindung ist weniger flüchtig als Nitroglycerin, praktisch unlöslich in Wasser und Benzin, löslich in Alkohol, Aceton, Äther, Benzol, Chloroform und ein guter Gelatinator für Collodiumwolle. Die Sprengkraft ist der von Nitroglycerin gleich.

Das Nitroisobutylglycerintrinitrat wird durch Kondensation von Formaldehyd mit Nitromethan und Nitrierung des entstandenen Nitroisobutylglycerins unter denselben Bedingungen wie Nitroglycerin hergestellt.

Die an sich für die Sprengstoffindustrie interessante Verbindung, die zudem in der Sauerstoffbilanz voll ausgeglichen ist, läßt sich praktisch nicht stabilisieren.

Nitromannit*mannitol hexanitrate; hexanitrate de mannitol; Mannithexanitrat; Hexanitromannit; MHN*

farblose Kristallnadeln

Bruttoformel: $\text{C}_6\text{H}_8\text{N}_6\text{O}_{18}$

Mol.-Gew.: 452,2

Bildungsenergie: $-319,6 \text{ kcal/kg} = -1337 \text{ kJ/kg}$ Bildungsenthalpie: $-340,6 \text{ kcal/kg} = -1425 \text{ kJ/kg}$ Sauerstoffwert: $+7,1 \%$ Stickstoffgehalt: $18,59 \%$ Normalgasvolumen: 755 l/kg Explosionswärme: $1525 \text{ kcal/kg} = 6380 \text{ kJ/kg}$ Spezif. Energie: $112 \text{ mt/kg} = 1100 \text{ kJ/kg}$ Dichte: $1,604 \text{ g/cm}^3$ F.: $112\text{--}113 \text{ }^\circ\text{C}$

Bleiblockausbauchung: 510 cm³
 Detonationsgeschwindigkeit: 8260 m/s bei
 $\rho = 1,73 \text{ g/cm}^3$
 Verpuffungspunkt: 185 °C
 Schlagempfindlichkeit: 0,08 kpm = 0,8 Nm

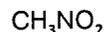
Nitromannit ist unlöslich in Wasser, löslich in Aceton, Äther und heißem Alkohol, schwierig stabilisierbar.

Nitromannit wird durch Lösen von Mannit in kalter konzentrierter Salpetersäure und Ausfällen durch Zusatz von kalter konzentrierter Schwefelsäure hergestellt. Das Rohprodukt wird mit verdünnter Bikarbonatlösung und danach mit Wasser gewaschen und aus heißem Alkohol umkristallisiert.

In den Vereinigten Staaten wurde Nitromannit zur Herstellung von Sprengkapselungen verwendet.

Nitromethan

nitromethane; nitrométhane; NM



farblose Flüssigkeit

Mol.-Gew.: 61,0

Bildungsenergie: $-413,7 \text{ kcal/kg} = -1731 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-443,1 \text{ kcal/kg} = -1854 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-39,3 \%$

Stickstoffgehalt: 22,96 %

Normalgasvolumen: 1102 /kg

Explosionswärme: $1138 \text{ kcal/kg} = 4763 \text{ kJ/kg}$

Spezif. Energie: 130 mt/kg = 1275 kJ/kg

Dichte: $1,14 \text{ g/cm}^3$ (20/4)

F.: -29 °C

Siedepunkt: 101,2 °C

Verdampfungswärme: $151 \text{ kcal/kg} = 631 \text{ kJ/g}$

Dampfdruck:

Millibar	Temperatur °C
1,3	-29 (Erstarrungspunkt)
10	0
32	20
140	50
283	80
1010	101,2 (Siedepunkt)

Bleiblockausbauchung: 430 cm³
 Detonationsgeschwindigkeit: 6210 m/s bei
 $\rho = 1,14 \text{ g/cm}^3$
 Flammpunkt: 35 °C

Nitromethan ist in Wasser etwas löslich.

Seine technische Synthese verläuft über eine Dampfphasennitrierung von Methan mit Salpetersäure bei Temperaturen über 400 °C.

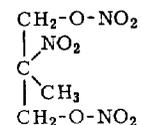
Eine Mischung Nitromethan/Äthylendiamin 95/5 wird in den USA als PLX (*Picatinny Liquid Explosive*) bezeichnet und ist für Räumungssprengungen von Minenfeldern vorgesehen.

Nitromethan wurde ferner in den USA für unterirdische Modell-Sprengungen benutzt („Pre-Gondola“), um die Erprobung → nuklearer Sprengsätze vorzubereiten.

Nitromethan beansprucht Interesse als sowohl monergolischer als auch in Kombinationen verwendeter flüssiger Raketentreibstoff.

Nitromethylpropandioldinitrat

nitromethylpropandiol dinitrate; dinitrate de 2-methyl, 2-nitropropandiol; Nitromethylmethandimethyloldinitrat; Methylnitropropandioldinitrat



Bruttoformel: $\text{C}_4\text{H}_7\text{N}_3\text{O}_8$

Mol.-Gew.: 225,1

Sauerstoffwert: $-24,88 \%$

Stickstoffgehalt: 18,67 %

Normalgasvolumen: 907 l/kg

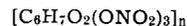
Explosionswärme: $1283 \text{ kcal/kg} = 5372 \text{ kJ/kg}$

Spezif. Energie: 129 mt/kg = 1260 kJ/kg

Das Produkt entsteht durch Kondensation von → Nitroäthan mit Formaldehyd und Nitrierung des entstandenen Nitromethylpropandiols.

Nitrostärke

nitrostarch; nitrate d'amidon; Stärkenitrat



schwach gelbliches Pulver

Sauerstoffwert (bei 12,2 % N): –35 %

Dichte: 1,1 g/cm³

Bleiblockausbauchung: 356 cm³

Verpuffungspunkt: 183–185 °C

Schlagempfindlichkeit: 1,1 kp m = 11 Nm

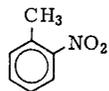
Nitrostärke ist unlöslich in Wasser und Äther, löslich in Äther/Alkohol und Aceton.

Nitrostärke wird mit wechselndem Stickstoffgehalt, 12–13,3 %, durch Nitrieren von Stärke mit Salpetersäure oder Mischsäuren hergestellt. Das anfallende Rohprodukt wird mit kaltem Wasser gewaschen und danach bei 35–40 °C getrocknet.

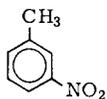
Nitrostärke ist der Nitrocellulose in vielen Beziehungen ähnlich, hat aber infolge ihrer geringen Stabilität, der schwierigen Herstellung und ihrer Aufnahmefähigkeit für Feuchtigkeit außer in den Vereinigten Staaten keine weitere Anwendung gefunden.

Nitrotoluol

nitrotoluene; nitrotoluène



ortho-



meta-



para-

Bruttoformel: C₇H₇O₂N

Mol.-Gew.: 137,1

Sauerstoffwert: –180,85 %

Stickstoffgehalt: 10,22 %

Mononitrotoluol hat Bedeutung als Zwischen- bzw. Vorprodukt zur Trinitrotoluolherstellung. Es gibt drei Isomeren, von denen nur die ortho- und para-Isomeren zum reinen 2,4,6-Trinitrotoluol führen können. Bei der „Mononitrierung“ des Toluols fällt vorwiegend die ortho-Verbindung an, daneben ca. 4 % meta- und ca. 33 % para-Derivat.

Zuweilen erscheint es vorteilhaft, die Isomerentrennung (teils durch Destillation, teils durch Ausfrieren) schon in der Monostufe vorzunehmen.

Nitrozucker

nitrosugar; nitrate de sucre; Zuckernitrat

Nitrozucker wird in reiner Form wegen seiner Instabilität nicht verwendet; dagegen wurde, besonders während des Weltkrieges, ein Sprengöl „Nitrohydren“ durch Nitrieren von Lösungen von Rohrzucker in Glycerin hergestellt und zu Spreng- und Schießstoffen verarbeitet. Diese Gemische sind sehr viel schwieriger zu stabilisieren als Nitroglycerin allein und hatten nur in Zeiten der Rohstoffverknappung an Glycerin ein gewisses Interesse.

NONEL

ist der Handelsname für eine nicht-elektrische („non el“) Vorrichtung zur Leitungsverbindung und Initiierung von Sprengladungen. Es handelt sich also um einen Ersatz von Zündkabeln, Zünd- und Sprengschnüren. Das Übertragungsmittel stellt ein Plastik-Rohr (ca. 3 mm ϕ) dar, dessen Innenwänden mit einer dünnen Explosivstoffschicht spezieller Art bedeckt ist. Durch ein Spezialgerät initiiert durchläuft eine Stoßwelle das Rohr, welche durch die mitlaufende Reaktion der Wandbelegung aufrechterhalten wird; man kann die Stoßwelle als Leuchterscheinung sehen, ohne daß das Rohr zerstört wird. Zur detonativen Initiierung einer Sprengladung muß (zumindest) eine Sprengkapsel an das Übertragungsrohr angeschlossen werden. Schaltungsverzweigungen sind mit diesem System möglich.

NONEL wurde entwickelt und wird vertrieben von NITRO NOBEL, Gyttop, Schweden. Das System kann insbesondere Anwendung finden in Bereichen, in denen mit elektrischen Störungen zu rechnen ist (Gewitter; Hochgebirge; Streustromgefahr).

Normalvolumen

fume volume; volume des produits de détonation;
Normalgasvolumen, spezifisches Gasvolumen, Schwadenvolumen

Bezeichnung für das aus der chemischen Zusammensetzung eines Explosivstoffes berechnete Gasvolumen der bei der explosiven Umsetzung entstehenden Gase (Schwaden) in Litern, bezogen auf 1 kg Explosivstoff. Konventionell wird diese Kennzahl bezogen auf 0 °C (nicht: 25 °C) und 1,013 bar (= 1 physikalische Norm-Atmosphäre) angegeben. Die Berechnung der Anzahl der gasförmigen Mole der theoretisch anzunehmenden Zerfallsprodukte berücksichtigt hierbei die Gleichgewichte bei der errechneten Explosionstemperatur, z. B. das Wassergasgleichgewicht und das Boudouard-Gleichgewicht (→ Thermodynamische Berechnung der Umsetzung von Explosivstoffen, und → Schwaden).

Nukleare Sprengsätze

Für sehr große Sprengvorhaben ist auch die Anwendung nuklearer Sprengsätze überlegt und sogar schon vorbereitet worden. In Frage kämen natürlich nur Sprengungen, bei denen kein Durchbruch zur freien Atmosphäre erfolgen kann, wie z. B. Stimulierungssprengungen in Erdöl- und Erdgas-Feldern. Nach dem Erkennen von Spätschäden früherer Versuchssprengungen z. B. in der Nevada-Wüste werden solche Überlegungen jedoch in den Hintergrund treten müssen.

Oberflächenbehandlung

smoothing; lissage

Beim Abbrand eines → Schießpulvers in der Kammer einer Waffe kommt es zur optimalen innenballistischen Ausnutzung der Energie der Pulverladung darauf an, den Gasdruck in dem durch die Geschoßbewegung laufend vergrößerten Gasraum konstant zu halten, bis das Geschoß den Lauf verläßt. Die Pulverladung muß also am Anfang langsamer und gegen Brennschluß schnell Gas liefern („progressiver Abbrand“). Dies geschieht zuerst durch die Form des Pulverkorns (ein Siebenloch-Pulver vergrößert im Abbrand seine Brennflächen und ist daher progressiv); wesentlich unterstützt man das durch die Oberflächenbehandlung, d. h. durch Einsickernlassen von phlegmatisierenden, den Abbrand verlangsa-

menden Stoffen wie Centralit, Dibutylphthalat, Kampfer, Dinitrotoluol u. a. Eine sorgfältige Oberflächenbehandlung ist hervorragend geeignet, um die Maximaldruckspitze in der Abbrandkurve niedrig zu halten.

Octol

bezeichnet Gemische Oktozen/TNT in den Zusammensetzungen 70/30 und 75/25.

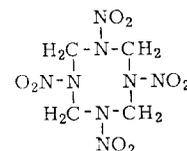
Sprengtechnische Daten:

	70/30	75/25
Detonationsgeschwindigkeit	8377	8643 m/s
bei $\rho =$	1,80	1,81 g/cm ³
Normalgasvolumen	847	830 l/kg
Explosionswärme	1074	1131 kcal/kg
=	4497	4735 kJ/kg

Die Gemische werden mit TNT im Schmelzfluß laboriert.

Oktozen

octogen; octogène; cyclotetramethyltetranitramine;
Homocyclonite; Tetramethyltetranitramin; HMX



farblose Kristalle

Bruttoformel: C₄H₈N₈O₈

Mol.-Gew.: 296,2

Bildungsenergie: +84,6 kcal/kg = +353,8 kJ/kg

Bildungsenthalpie: +60,4 kcal/kg = +252,8 kJ/kg

Sauerstoffwert: -21,6 %

Stickstoffgehalt: 37,83 %

Normalgasvolumen: 927 l/kg

Explosionswärme: 1356 kcal/kg = 5679 kJ/kg

Spezif. Energie: 141 mt/kg = 1387 kJ/kg

Dichte:

α -Modifikation: 1,87 g/cm³

β -Modifikation: 1,96 g/cm³

γ -Modifikation: 1,82 g/cm³

δ -Modifikation: 1,78 g/cm³

F.: 282 °C

Übergangstemperaturen der Modifikationen:

$\alpha \rightarrow \delta$: 193–201 °C

$\beta \rightarrow \delta$: 167–183 °C

$\gamma \rightarrow \delta$: 167–182 °C

$\alpha \rightarrow \beta$: 116 °C

$\beta \rightarrow \gamma$: 154 °C

Übergangswärmen:

$\alpha \rightarrow \delta$: 5,98 kcal/kg = 25,0 kJ/kg

$\beta \rightarrow \delta$: 7,90 kcal/kg = 33,1 kJ/kg

$\gamma \rightarrow \delta$: 2,26 kcal/kg = 9,46 kJ/kg

$\beta \rightarrow \gamma$: 5,64 kcal/kg = 23,6 kJ/kg

$\alpha \rightarrow \gamma$: 3,71 kcal/kg = 15,5 kJ/kg

$\alpha \rightarrow \beta$: 1,92 kcal/kg = 8,04 kJ/kg

Spezifische Wärme, β -Modifikation:

0,3 kcal/kg at bei °C

Bleiblockausbauchung: 480 ml

Detonationsgeschwindigkeit, β -Modifikation:

9100 m/s bei $\rho = 1,89$ g/cm³

Verpuffungspunkt: 287 °C

Schlagempfindlichkeit: 0,75 kpm = 7,4 Nm

Reibempfindlichkeit: bei 12 kp Stiftbelastung Reaktion

Grenzdurchmesser Stahlhülsestest: 8 mm

Oktogen tritt in 4 stereo-isomeren Formen auf, von denen nur eine (β -Form) die besonders hohe Dichte und daher die besonders hohe Detonationsgeschwindigkeit aufweist.

Oktogen ist praktisch unlöslich in Wasser. Seine Löslichkeit in anderen Lösungsmitteln entspricht der des Hexogens.

Oktogen entsteht als Nebenprodukt bei der Hexogen-Herstellung nach dem Bachmann-Verfahren (aus Hexamethylentetramin, Ammoniumnitrat, Salpetersäure und Essigsäureanhydrid; \rightarrow Hexogen). Für sich allein erhält man es durch Behandeln von 1,5-Methylen-3,7-dinitro-1,3,5,7-tetrazacyclooctan mit Essigsäureanhydrid, Ammonsalpeter und Salpetersäure.

Das vorgenannte Ausgangsmaterial entsteht bei der Einwirkung von Essigsäureanhydrid auf Hexamethylentetramindinitrat.

Bei Hochleistungsladungen, besonders Hohlladungen, ist durch den Austausch von Hexogen gegen Oktogen ein Leistungsgewinn erzielbar.

Technische Reinheitsforderungen

Reingehalt an β -Modifikation:	
Grad A, nicht unter	93 %
Grad B, nicht unter	98 %
Schmelzpunkt: nicht unter	270 °C
Aceton-unlösliches: nicht über	0,05 %
Asche: nicht über	0,03 %
Säure, als CH ₃ COOH: nicht über	0,02 %

PAC-Sprengstoffe

PAC-Sprengstoffe sind pulverförmige Gemische aus Ammoniumnitrat und Kohlenstoff-(„C“-)Trägern; andere Bezeichnungen sind ANC (Ammoniumnitrat-C), ANFO (ammonium nitrate fuel oil), Akremit.

Sie werden vorzugsweise aus \rightarrow Ammonsalpeter in Form poröser Prills und etwa 6% flüssigen Kohlenwasserstoffen hergestellt. Da sie infolge ihrer Unempfindlichkeit keine sichere Detonationsübertragung von Patronen zu Patronen gewährleisten, werden sie in ununterbrochener Ladesäule angewendet; sie werden daher in senkrechte Bohrlöcher durch Schütten und in waagerechte Bohrlöcher durch Einblasen aus \rightarrow Sprengstoffladegeräten mit Schlauch geladen. Eine gute Rieselfähigkeit, begünstigt durch die Prill-Struktur, ist hierfür Voraussetzung.

Sie müssen mit Verstärkungsladung („Booster“, „Primer“) gezündet werden.

Da der hygroskopische Ammonsalpeter ungeschützt ist, sind PAC-Sprengstoffe in sehr nassen Bohrlöchern nicht anwendbar.

Paraffin



Paraffin dient zur Imprägnierung von patronierten gewerblichen Sprengstoffen, um sie gegen Feuchtigkeitsbefall zu schützen.

Technische Reinheitsforderungen

Erstarrungspunkt: nicht unter	50 °C
Flammpunkt: nicht unter	200 °C
Flüchtige Bestandteile: nicht über	1 %
Giührückstand:	Null
Toluolunlösliches: nicht über	0,03 %
Lösungen in Äther, CS ₂ und Ligroin:	klar, ohne Rückstand

Säure als CH ₃ COOH: nicht über	0,005 %
Alkali:	Null
Test mit konz. Schwefelsäure:	kein Dunkelwerden der Säure
Verseifungszahl:	Null
Jodzahl:	nur gering bis Null
Adhäsionstest:	negativ

Parallelschaltung

parallel connection; branchement en parallèle

Bei Mehrfach-Sprengungen mit elektrischer Zeitzündung werden die → Brückenzünder im allgemeinen in Serie geschaltet an die Zündleitung angeschlossen. Liegen sehr nasse Bedingungen mit hoher Nebenschlußgefahr vor, wendet man Parallelschaltung an. Da hierbei nur ein sehr geringer Bruchteil der aufgewendeten elektrischen Energie in den Zünderbrücken wirksam wird – der Hauptteil geht in den Leitungsdrähten verloren – erfordert das Parallelsprengen Spezialzündmaschinen.

Patrone

cartridge; cartouche

bezeichnet jede zum Zweck der Hantierbarkeit, Ladbarkeit und Dosierbarkeit in Umhüllung gebrachte Quantität von Explosivstoffen oder funktionellen Kompositionen derselben; auf dem Munitionsgebiet bezeichnet Patrone insbesondere die waffengerechte Zusammenlaborierung von → Anzündmittel, → Treibladung und Projektil, das seinerseits noch Sprengladung und Zündvorrichtung enthalten kann. Für gewerbliche Sprengstoffe bezeichnet Patrone die meistens zylindrische, Papier-, Pappe- oder Kunststoffumhüllte Sprengstoffmenge, die von 50 g bis zu mehreren kg betragen kann.

Patronendichte

(→ Ladedichte)

nennt man bei den gewerblichen Sprengstoffen das Verhältnis des Gewichtes einer Sprengstoffpatrone zu ihrem Volumen.

PBX

„Plastic-bonded explosives“ → kunststoffgebundene Sprengstoffmischungen.

PBXN-1:	Hexogen/Aluminium/Nylon 68/20/12, gepreßt;
PBXN-2:	Oktogen/Nylon 95/5, gepreßt;
PBXN-3:	Oktogen/Nylon 86/14, gepreßt;
PBXN-4:	Diaminotrinitrobenzol/Nylon 94/6, gepreßt;
PBXN-5:	Oktogen/Viton A 95/5, gepreßt (Viton A ist Hexafluorpropylen/Vinylidinfluorid 1:2);
PBXN-6:	Hexogen/Viton A 95/5, gepreßt;
PBXN-101:	Hexogen/Laminac 82/18, gegossen;
PBXN-102:	Oktogen/Aluminium/Laminac 59/23/18, gegossen;
PBXN-201:	Hexogen/Viton A/Teflon 83/12/5, extrudiert;
PBXC-303:	Nitropenta/Sylgard 183/80/20, Spritzguß.

P. E.

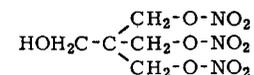
Abkürzung für plastic explosive, je nach Zusatz PE-1, PE-2, PE-3 benannt (→ Plastische Sprengstoffe).

pellet powder

englische Bezeichnung für rundiertes Schwarzpulver für Jagdpatronen.

Pentaerythrittrinitrat

pentaerythritol trinitrate; trinitrate de pentaérythrite; PETRIN



Bruttoformel: C₅H₉N₃O₁₀

Mol.-Gew.: 271,1

Bildungsenergie: -470,2 kcal/kg = -1967 kJ/kg

Bildungsenthalpie: -494,2 kcal/kg = -2069 kJ/kg

Sauerstoffwert: -26,5 %

Stickstoffgehalt: 15,50 %

Explosionswärme: 1266 kcal/kg = 5301 kJ/kg

Dichte: 1,54 g/cm³

Die Verbindung wird durch vorsichtige partielle Nitrierung des Pentaerythrits gewonnen.

Die freie Hydroxylgruppe kann zur Bindung mit polymerisierbaren Säuregruppen, z. B. Acrylsäure dienen; polymeres PETRIN-Acrylat dient dann als Sauerstoff-tragender Binder in → Verbundtreibsätzen. Als Beispiel sei Composition NM aufgeführt:

PETRIN-Acrylat	34,3	%
→ Triglykoldinitrat	11,8	%
Glykol-Diacrylat	2,9	%
→ Ammoniumperchlorat	51,0	%
Hydrochinon	+0,014	%

Der Prozentsatz von Ammoniumperchlorat kann niedriger gehalten werden als bei reinen Brennstoff-Bindern.

Pentastit

ist mit 7 % Wachs phlegmatisiertes → Nitropenta der schweizerischen Fabrik Dottikon.

Vom BICT ermittelte Daten:

- Verpuffungspunkt: 192–194 °C (Rein-NP: 220 °C)
- Schlagempfindlichkeit: 5 kp-Hammer 60 cm (Rein-NP: 1 kp-Hammer 40 cm)
- Reibempfindlichkeit: bei 24 kp Stiftbelastung Knistern (Rein-NP: 8 kp Stiftbelastung Reaktion)
- Grenzdurchmesser Stahlhülsestest: bei 4 mm beginnend Explosion (Rein-NP: bei 5 mm beginnend Explosion)
- Detonationsgeschwindigkeit: 7720 m/s bei $\rho = 1,59 \text{ g/cm}^3$

Pentolite

sind gießbare Gemische aus Trinitrotoluol und Nitropenta, insbesondere für Hohlladungen. Die Stabilität solcher Mischungen ist nicht so hervorragend wie die hierfür ebenfalls geeigneten Gemische von Trinitrotoluol mit Hexogen. Für Gemisch (50/50) Dichte $1,65 \text{ g/cm}^3$, Detonationsgeschwindigkeit 7 400 m/s.

Perchlorat-Sprengstoffe

perchlorate explosives; explosifs perchloratés.

enthalten als wesentlichen Sauerstoffträger Natrium-, Kalium- oder Ammonium-Perchlorat, und als verbrennbare Bestandteile organische Nitroverbindungen, Kohlenwasserstoffe, Wachse und andere Kohlenstoffträger. Sie sind heute unwirtschaftlich und werden nicht mehr hergestellt.

Ein Gemisch von 75 % KClO_4 und 25 % Asphaltpech wurde zusammenschmolzen unter dem Namen „Galcit“ als Raketentreibstoff verwendet und stellte damit einen Vorläufer heutiger → Verbundtreibsätze dar, in denen Ammoniumperchlorat als Sauerstoffträger in Kunststoff-Einbettung verwendet wird.

Perforation von Bohrlöchern

In der Erdöltechnik werden Hohlladungen, die in speziellen Schießvorrichtungen (jet perforators) in das Bohrloch auf die Teufe der Erdölhorizonte herabgelassen werden, dazu verwendet, die Bohrlochverrohrung und -zementierung zu durchschlagen, so daß das Öl eintreten kann.

Peroxide

Organische Peroxide können explosionsfähige Stoffe sein. Sie werden im allgemeinen nicht zum Zweck des Sprengens hergestellt, sondern als Katalysatoren für Polymerisations-Reaktionen. Sie werden in ungefährlicher (phlegmatisierter) Form eingesetzt. Mit Ausnahme von zwei Peroxiden mit Initialsprengstoff-Charakter (Acetonperoxid und Hexamethylentriperoxyddiamin) werden Peroxide in diesem Buch nicht behandelt.

Petroleum jelly

Vaseline

dient als Stabilisator für Schießpulver. Seine Wirksamkeit wird der Anwesenheit ungesättigter Kohlenwasserstoffe zugeschrieben, die fähig sind, sich etwa bildende Zersetzungsprodukte abzufangen.

Phlegmatisieren

to *phlegmatize*; *flegmatiser*

Die Kenndaten von kristallinen Explosivstoffen hoher Empfindlichkeit (→ Beschußempfindlichkeit, → Schlagempfindlichkeit, → Reibempfindlichkeit) werden durch geringprozentige Zusätze, besonders von gewissen Wachsen zu den Explosivstoffen sehr erheblich beeinflusst. Gleichzeitig stellt der Wachs-Zusatz ein willkommenes Gleit- und Bindemittel dar, wenn aus den kristallinen Stoffen Preßkörper gefertigt werden sollen. → Hexogen, → Nitropenta und → Oktogen müssen phlegmatisierende Zusätze erhalten, wenn sie zu Preßkörpern verarbeitet werden sollen. Auch schmelzbare und gießbare Mischungen können vorteilhaft mit Wachszuschlägen versehen werden, besonders, wenn sie Aluminiumpulver (→ Torpex) enthalten.

Picratol

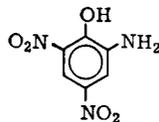
ist eine im zweiten Weltkrieg zu Bombenfüllungen verwendete Mischung aus Ammoniumpicrat und Trinitrotoluol (52/48). $\rho = 1,62 \text{ g/cm}^3$, Detonationsgeschwindigkeit 6 900 m/s.

Picrite

Bezeichnung für Nitroguanidin im englischen Sprachgebiet.

Pikraminsäure

picramin acid; *acide picramique*; *Dinitroaminophenol*



Bruttoformel: $\text{C}_6\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_5$

Mol.-Gew.: 199,1

Bildungsenergie: $-279,0 \text{ kcal/kg} = -1167 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-298 \text{ kcal/kg} = -1248 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-76,3 \%$

Stickstoffgehalt: 21,11 %

Normalgasvolumen: 800 l/kg

Explosionswärme: $650 \text{ kcal/kg} = 2722 \text{ kJ/kg}$

Spezif. Energie: $70,1 \text{ mt/kg} = 687 \text{ kJ/kg}$

F.: $168 \text{ }^\circ\text{C}$

Bleiblockausbauchung: 166 cm^3

Verpuffungspunkt: $240 \text{ }^\circ\text{C}$

Schlagempfindlichkeit: $3,5 \text{ kp m} = 34 \text{ Nm}$

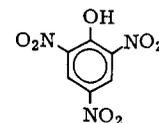
Reibempfindlichkeit: bis 36 kp Stiftbelastung keine Reaktion

Grenzdurchmesser Stahlhülisentest: 2,5 mm

Aus Pikraminsäure kann durch Diazotieren → Diazodinitrophenol hergestellt werden.

Pikrinsäure

picric acid; *mélinite*; *acide picrique*; *trinitro-2,4,6-phénol*; *2,4,6-Trinitrophenol*; *Trinitrooxybenzol*; *Perlit*; *Pikrinit*; *Lyddit*; *Ekrasit*; *Shimose*; *Granatfüllung 88*



gelbe Blättchen

Bruttoformel: $\text{C}_6\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_7$

Mol.-Gew.: 229,1

Bildungsenergie: $-208,8 \text{ kcal/kg} = -873,8 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-225,7 \text{ kcal/kg} = -944,3 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-45,4 \%$

Stickstoffgehalt: 18,34 %

Normalgasvolumen: 800 l/kg

Explosionswärme: $1080 \text{ kcal/kg} = 4522 \text{ kJ/kg}$

Spezif. Energie: $100 \text{ mt/kg} = 980 \text{ kJ/kg}$

Dichte: $1,77 \text{ g/cm}^3$

F.: $122,5 \text{ }^\circ\text{C}$

Schmelzwärme: $18,2 \text{ kcal/kg} = 76,2 \text{ kJ/kg}$

Spezifische Wärme: $0,254 \text{ kcal/kg} = 1,065 \text{ kJ/kg}$

Dampfdruck

Millibar	Temperatur $^\circ\text{C}$
0,01	122
2,7	195
67	255

Bleiblockausbauchung: 315 cm³
 Detonationsgeschwindigkeit: 7350 m/s bei
 $\rho = 1,71 \text{ g/cm}^3$
 Schlagempfindlichkeit: 0,75 kp m = 7,4 Nm
 Reibempfindlichkeit: bis 36 kp Stiftbelastung keine
 Reaktion
 Grenzdurchmesser Stahlhülsestest: 4 mm

Pikrinsäure ist giftig, löslich in heißem Wasser, leicht löslich in Alkohol, Äther, Benzol, Aceton.

An Sprengkraft ist die Pikrinsäure dem \rightarrow Trinitrotoluol etwas überlegen, sowohl hinsichtlich der Energie als auch der Detonationsgeschwindigkeit.

Pikrinsäure wird durch Lösen von Phenol in Schwefelsäure und Nitrierung der entstandenen Phenoldisulfosäure mit Salpetersäure oder durch Weiternitrieren von Dinitrophenol (aus Dinitrochlorbenzol) hergestellt. Das Rohprodukt wird durch Waschen mit Wasser gereinigt.

Pikrinsäure hat Verwendung gefunden als Granat- und Minenfüllung. Der hohe Erstarrungspunkt der Pikrinsäure, der unerwünscht hohe Gießtemperaturen erfordert, läßt sich durch Zugabe von Nitronaphthalin, Dinitrobenzol oder Trinitroresol herabdrücken.

Ein Nachteil der Pikrinsäure ist die Neigung zur Bildung stoßempfindlicher Metallsalze (Pikrate) bei direktem Kontakt mit metallenen Geschoßwandungen usw. Zur Behebung dieser Schwierigkeiten werden alle Metallteile, mit denen der Sprengstoff in Berührung kommt, verzinkt oder mit einer widerstandsfähigen Lackschicht überzogen.

Technische Reinheitsforderungen

Erstarrungspunkt	mindestens	120 °C
Feuchtigkeit	höchstens	0,2 %*
Benzolunlösliches	höchstens	0,1 %
Aschegehalt	höchstens	0,1 %
Azidität (als H ₂ SO ₄)	höchstens	0,1 %
Blei-Gehalt (als Pb)	höchstens	0,0004 %
Eisen-Gehalt (als Fe)	höchstens	0,005 %
Dinitrophenol	nur Spuren	
Wasserunlösliches	höchstens	0,15 %

*) (in der Anwendungsform; das Produkt kann Transport-Anfeuchtung enthalten)

Plastische Sprengstoffe

sind im zweiten Weltkrieg viel benutzte Sabotage-Sprengstoffe, deren Name „Plastic“ auf ihre plastilin-artige Konsistenz weist.

Sie bestehen im allgemeinen aus 80 – 90 % Hochbrisanzsprengstoffen, wie z. B. Hexogen und Plastifizierungsmitteln, wie etwa Vaseline, Spezialwachsen, weichpolymerisierten Kunststoffen u. a. (\rightarrow Composition C).

Plateau-Abbrand

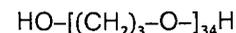
\rightarrow Abbrandgeschwindigkeit.

POL-Pulver

Abkürzung für „Pulver ohne Lösungsmittel“, deren Gelatinierung und Ausformung unter Druck und Wärme in Walz- und Strangpreß- (oder Schneckenpreß-) Prozessen erfolgt. Es sind dies stets zwei- oder mehrbasige Pulver, die neben Nitrocellulose ein Sprengöl (Nitroglycerin, Diglykoldinitrat oder andere verwandte Salpetersäureester) als zweiten Energieträger enthalten (\rightarrow kalorienarme POL-Pulver enthalten neben dem Sprengöl \rightarrow Gelatinatoren). POL-Pulver werden für Artillerie, aber auch als Treibmittel für Raketen verwendet. Sie haben besonders bei dickwandigen Pulverelementen oder Treibsatzblöcken den Vorteil, keiner Änderung ihrer ballistischen Kennwerte infolge langsamen Verlierens von Lösemittelresten zu unterliegen. Zum Herstellungsprozeß \rightarrow Schießpulver, Nitroglycerinpulver.

Polypropylenglykol

polypropylene glycol; polypropylène glycol; PPG



viskose Flüssigkeit

Bruttoformel: C₁₀H_{20,2}O_{3,4}

Molekulargewicht: 1992

Bildungsenergie: $-853 \text{ kcal/kg} = -3571 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-888 \text{ kcal/kg} = -3718 \text{ kJ/kg}$

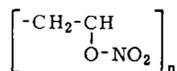
Sauerstoffwert: $-218,4 \%$

Dichte: 1,003 g/cm³

PPG bildet zusammen mit Diisocyanaten Polyurethane als Binder in \rightarrow Verbundtreibsätzen („composite propellants“).

Polyvinylnitrat

polyvinyl nitrate; nitrate de polyvinyle
PVN



gelblich-weißes Pulver

Bruttoformel der Struktureinheit: $\text{C}_2\text{H}_3\text{NO}_3$

Mol.-Gew. der Struktureinheit: 89,05

Bildungsenergie: $-275,6 \text{ kcal/kg} = -1153 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-298,6 \text{ kcal/kg} = -1250 \text{ kJ/kg}$

Mittleres Molekulargewicht: 200 000

Sauerstoffwert: $-44,9 \%$

Normalgasvolumen: 1009 l/kg

Explosionswärme: $1092 \text{ kcal/kg} = 4574 \text{ kJ/kg}$

Spezif. Energie: $130 \text{ mt/kg} = 1271 \text{ kJ/kg}$

Dichte: $1,6 \text{ cm}^3$

Erweichungspunkt: $30-40 \text{ }^\circ\text{C}$

Detonationsgeschwindigkeit: ca. 7000 m/s bei

$\rho = 1,5 \text{ g/cm}^3$

Verpuffungspunkt: $175 \text{ }^\circ\text{C}$

Schlagempfindlichkeit: $1,0 \text{ kp m} = \text{Nm}$

Reibempfindlichkeit: 20 kp Stiftbelastung

Grenzdurchmesser Stahlhülstentest: 8 mm

Polyvinylnitrat wird durch Veresterung von Polyvinylalkohol (PVA) mit Salpetersäure oder Mischsäure hergestellt. Je nach Verseifungsgrad des Polyvinylalkohols, welcher aus Polyvinylacetat gewonnen wird, erhält man in Abhängigkeit von den Herstellungsbedingungen und dem Polymerisationsgrad Produkte mit unterschiedlichem Stickstoffgehalt und unterschiedlichen rheologischen Daten. PVN ist ein thermoplastischer, makromolekularer Stoff mit einem Erweichungsbereich zwischen 30 und $45 \text{ }^\circ\text{C}$, je nach Molekulargewicht des eingesetzten Polyvinylalkohols.

Poröse Pulver

sind Schießpulver speziell für Handfeuerwaffen, die eine große innere Oberfläche aufweisen und daher hohe Abbrandgeschwindigkeiten zeigen. Man erreicht die Porösität, indem man dem Pulver bei der Herstellung ein lösliches Salz zufügt, das dann später wieder ausgelaugt wird.

Poudre B

französisches Schießpulver, reines Nitrocellulose-Pulver mit 1,5 – 2% Diphenylamin-Zusatz.

Pressen von Sprengstoffen

press-molding of explosives; moulage d'explosifs par pression

Das Pressen mit Hilfe hydraulischer Pressen und von Preßmatrizen dient ebenso wie das Gießen zur Erzielung hoher Ladedichten (\rightarrow Brisanz) bei gleichzeitiger Formgebung.

Manche Sprengstoffe (z. B. TNT, Tetryl) lassen sich ohne weitere Zusätze durch Pressen verdichten, manche, insbesondere empfindlichere Typen, wie Nitropenta, Hexogen, Oktogen muß man \rightarrow „phlegmatisieren“, d. h. mit einem Wachszusatz versehen; das Wachs setzt die Schlagempfindlichkeit herab (z. B. \rightarrow Pentastit), wirkt aber gleichzeitig als Bindemittel.

Pressen von Treibsätzen

Raketen-Treibsätze, sowohl zweibasige Pulver (\rightarrow POL-Pulver) als auch „composite propellants“ werden auf Strang- und Schneckenpressen zu den gewünschten Formen, z. B. Innenbrenner, Stern, Rad usw. unter Anwendung von Druck durch eine Matrize verformt.

Progressiv-Pulver

progressiv burning powder; poudre progressive

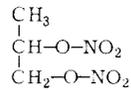
ist die Bezeichnung für ein Schießpulver, bei dem durch Wahl der günstigsten geometrischen Form des Pulverkorns und ggf. durch eine spezielle Oberflächenbehandlung der Abbrand mit steigender Geschwindigkeit verläuft. Beispiele für diesen Typ sind die Mehrlochrohrchenpulver (z. B. 7-Loch-Pulver, 19-Loch-Pulver usw.).

Propergole

Sammelbegriff aus der Raketentechnik zur Bezeichnung aller chemischen Treibstoffe.

Propylenglykoldinitrat

propyleneglycol dinitrate; dinitrate de propylène glycol;
Methylnitroglykol



farblose Flüssigkeit

Bruttoformel: $\text{C}_3\text{H}_8\text{N}_2\text{O}_6$

Mol.-Gew.: 166,1

Sauerstoffwert: $-28,9\%$

Stickstoffgehalt: $16,87\%$

Dichte: $1,368 \text{ g/cm}^3$ (20/4)

Kp. (10 mm): 92°C

Bleiblockausbauchung: $540 \text{ cm}^3/10 \text{ g}$

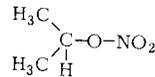
Explosionswärme: $1109 \text{ kcal/kg}^* = 4643 \text{ kJ/kg}$

Propylenglykoldinitrat ist gut löslich in organischen Lösungsmitteln, fast unlöslich in Wasser.

Man erhält Propylenglykoldinitrat durch Nitrierung des Propylenglykols mit Salpetersäure/Schwefelsäure.

Propylnitrat

propyle nitrate; nitrate de propyle



n-Propylnitrat

Isopropylnitrat

farblose Flüssigkeit

Bruttoformel: $\text{C}_3\text{H}_7\text{NO}_3$

Mol.-Gew.: 105,1

Bildungsenergie

n: $-456,8 \text{ kcal/kg} = -1911 \text{ kJ/kg}$

iso: $-491,6 \text{ kcal/kg} = -2057 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie

n: $-487,8 \text{ kcal/kg} = -2041 \text{ kJ/kg}$

iso: $-522,6 \text{ kcal/kg} = -2184 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-99,0\%$

Stickstoffgehalt: $13,33\%$

Explosionswärme:

n: $600 \text{ kcal/kg} = 2512 \text{ kJ/kg}$

iso: $565 \text{ kcal/kg} = 2364 \text{ kJ/kg}$

*) Dr. Ph. Nauúm: Nitroglycerinsprengstoffe, Verlag Julius Springer, Berlin 1924.

Kp.: 102°C

Dichte

n: $1,058 \text{ g/cm}^3$ (20/4)

iso: $1,036 \text{ g/cm}^3$ (20/4)

Schlagempfindlichkeit: bis 5 kp m keine Reaktion

Grenzdurchmesser Stahlhülisentest: bei 1 mm keine Explosion

n-Propylnitrat findet Verwendung als \rightarrow Monergol in \rightarrow Flüssig-Treibstoff-Raketen.

Pulverförmige Sprengstoffe

powder explosives; explosifs pulvérulents

Gewerbliche Sprengmittel müssen bildsam, d. h. entweder gelatinös oder pulverförmig sein, um die Einführung des Zündmittels, wie z. B. der Sprengkapsel, zu gestatten. Die pulverförmigen Sprengstoffe basieren, abgesehen von Wettersprengstoffen (s. letzten Absatz), auf Ammonsalpeter mit und ohne Zusatz von Sprengölen. Sie empfehlen sich insbesondere dort, wo es nicht auf größtmögliche Ladedichte ankommt und trockene Bedingungen vorliegen; allerdings werden manche Typen, wie z. B. \rightarrow Ammonit W4 und W5 mit feuchtigkeitsschützenden Zusätzen versehen, welche den Einsatz im Nassen, allerdings ohne erhebliche hydrostatische Drucke, gestatten. Die in patronierter Form gelieferten pulverförmigen Sprengstoffe sind durchweg mit der Sprengkapsel zündbar, wenn nicht vom Hersteller ausdrücklich anders angegeben, z. B. bei Ammonex. Nicht patronierte pulverförmige Sprengstoffe müssen schüttfähig („free flowing“) sein (\rightarrow PAC-Sprengstoffe).

Die Wettersprengstoffe der höchsten Sicherheitsklasse sind auf sog. Salzpaaren, wie Natronsalpeter-Ammonchlorid oder Kalisalpeter-Ammonchlorid, basiert und daher ebenfalls pulverförmig.

Pulverrohmasse

primitive mass; galette

Als Rohmasse bezeichnet man ein etwa 35% Wasserfeuchtigkeit enthaltendes Gemisch aus Nitrocellulose und Nitroglycerin. Äußerlich sieht es in diesem Stadium ähnlich feuchter Nitrocellulose aus.

Aus der Rohmasse wird nach Zufügen sonstiger Stoffe, wie Stabilisatoren, Graphit, Gelatinatoren usw. durch Walzen und Pressen Schießpulver „ohne Lösemittel“ hergestellt (\rightarrow „Schießpulver“, Nitroglycerinpulver).

Querschnittsverhältnis

cross section ratio; rapport d'expansion

bezeichnet beim Raketenabbrand das Verhältnis des freien Durchgangsquerschnitts zum engsten Querschnitt („Düsenhals“). Bei der Feststoffrakete wird dieses Verhältnis durch die räumliche Anordnung des Treibsatzes beeinflusst und ändert sich mit dem Abbrandfortschritt.

Rakete

missile, rocket; roquette

bezeichnet die gesamte, aus Anzünd- und Zünd-Vorrichtungen, Raketenmotor, Steuerungsvorrichtungen und der Nutzlast bestehende Funktionseinheit.

Raketenmotor

rocket motor; moteur fusée, propulseur

bezeichnet das Antriebsaggregat einer Rakete. Der Antrieb kann durch Abbrand von flüssigen → Brennstoffen mittels flüssiger → Sauerstoffträger (flüssiger Sauerstoff, Salpetersäure bzw. anderer Oxydantien, wie flüssigem Fluor), durch Abbrand von Feststoffen (→ Feststoffrakete), durch Abbrand fester Brennstoffe mit flüssigen Oxidantien (→ Hybrids) oder durch katalytische Zersetzung endothermer, im Zerfall Gas entwickelnder Verbindungen (→ Hydrazin, → Aerozin, → Aurol) erzeugt werden.

Raketen-Prüfstand

rocket test stand; banc d'essai

Der Prüfstand dient zur Messung der Schübe und Drücke, die während des Brennvorganges entstehen (→ Schubmessung). Da das Abbrandverhalten bei verschiedenen Temperaturen interessiert, sind die Prüfstände meistens mit Wärme- und Kältekammern zum Vortemperieren ausgestattet.

In besonderen Ausführungsformen können auch andere Schubkomponenten (z. B. seitliche Komponente bei geneigten Düsen) und Drehmomente gemessen werden.

Die Prüfstände können für horizontale und für vertikale Anordnung des zu prüfenden Triebwerkes konstruiert werden.

Zur Ausstattung moderner Prüfstandanlagen gehören auch Einrichtungen für Umwelttests (environmental testing), wie z. B. für Temperaturwechsel, Vibration, Stoß- und Fallteste.

Reibempfindlichkeit

friction sensibility; sensibilité au frottement

Die Reibempfindlichkeit kann nach der Anlage C zur EVO durch Reiben in einem unglasierten Porzellanmörser ermittelt werden. Bei dieser Methode wird die zu prüfende Substanz nur mit einer Standardprobe verglichen.

Eine weitergehende Untersuchung stellt die von der BAM entwickelte Methode*) dar, welche die Ermittlung reproduzierbarer Zahlenangaben gestattet.

Prüfverfahren

Die Probe wird auf ein ebenes, durch „Schwammstrich“ aufgerauhtes Porzellanplättchen 25 x 25 x 5 mm gegeben, das auf dem Schlitten des Reibapparates fest eingespannt wird. Auf die Probe wird ein zylindrischer Porzellanstift 10 ϕ x 15 mm mit kugelige rauher Endfläche (Krümmungsradius 10 mm) gesetzt, der in einer Spannvorrichtung fest eingespannt ist und mittels eines Belastungsarmes durch verschiedene Gewichte belastet werden kann. Beim kleinen Reibapparat kann die Stiftbelastung von 0,01 – 1 kp, beim großen Reibapparat von 0,5 – 36 kp variiert werden. Das Porzellanplättchen führt unter dem Porzellanstift eine Hin- und Rückbewegung von je 10 mm Länge aus.

Reibempfindlichkeit explosionsfähiger Stoffe

ermittelt zwischen rauhen Porzellanflächen im großen und kleinen Reibapparat der BAM**)

Angegeben ist die niedrigste Stiftbelastung in kg, bei der unter sechs Versuchen mindestens einmal Entflammung, Knistern oder Explosion eintritt.

*) Koenen und Ide: Explosivstoffe 9 (1961), S. 4 u. 30.

**) Beschreibung des Prüfverfahrens: Arbeitsschutz (Fachteil des Bundesarbeitsblattes) Heft 3/1961, S. 57.

Alle Prüfapparaturen nach Vorschriften der → BAM können bezogen werden bei Julius Peters, Stromstr. 39, 1 Berlin 21.

Angewandte Menge: 10 mm³

Stoff	Belastung des Porzellanstiftes in kp	
	kleiner	großer
A. Einheitliche Sprengstoffe		
Initialsprengstoffe u. a.		
Silberacetylid	0,01	
Hexamethylentriperoxidamin	0,01	
Bleiazid	0,01	
Cyanurtriazid	0,01	
Quecksilberacetylid	0,01	
Kupferacetylid	0,01	
Tricycloacetonperoxid	0,01	
Blei(II)-trinitroresorcinat	0,15	
Quecksilber(II)-fulminat (grau)	0,3	
Quecksilber(II)-fulminat (weiß)	0,5	
Tetrazen	0,8	
Erythrittetranitrat		3
Nitropenta		6
Silberoxalat		8
Hexogen		12
Strontiumazid		12
Bariumazid		24
Hexanitrodiphenylaminkalium		24
Tetryl		36

(Ammoniumnitrat, Dinitrobenzol, Nitroglykol, Nitroglycerin, Nitrocellulose 13,4 % N, Pikrinsäure und Trinitrotoluol kommen im Reibapparat bis zu einer Stiftbelastung von 36 kp nicht zum Entflammen, Knistern oder Explodieren.)

B. Sprengstoffmischungen

Sprenggelatine	8
Dynamit I	12
Ammon-Gelit I	24

(Alle sonstige zugelassene gewerbliche Sprengstoffe, z. B. Ammon-Gelit 3, Ammonit 1 und 3, Ammonex 1, Andex 1, Donarit 1, Geosit, Seismogelit und alle Wettersprengstoffe kommen im Reibapparat bis zu einer Stiftbelastung von 36 kp nicht zum Entflammen, Knistern oder Explodieren.)

Resonanz

→ Erosiver Abbrand.

RID

ist die Kurzbezeichnung des *Règlement International concernant le transport des Marchandises Dangereuses*. Es enthält die Transport-, Zulassungs- und Verpackungsvorschriften für den grenzüberschreitenden Eisenbahnverkehr. Parallel dazu sind die entsprechenden Vorschriften für den Straßenverkehr im → „ADR“ zusammengestellt.

Die Vorschriften des RID sind bis auf innerdeutsche Ausnahmen gleichlautend mit den „Vorschriften für die Beförderung gefährlicher Güter mit der Eisenbahn“ (Anlage C zur Eisenbahnverkehrsordnung EVO). Ein Zusammendruck der Anlage C und des RID ist vom Tarifbüro der Bundesbahndirektion Hannover oder den Güterabfertigungen zu beziehen.

Round-Robin-Test*Ringversuch*

Round-Robin-Teste bezeichnen Prüfverfahren, an deren Ausarbeitung sich verschiedene Institute in verschiedenen Ländern zum Zweck der Erzielung vergleichbarer Ergebnisse beteiligen. Von Bedeutung sind solche gemeinsam erarbeitete Tests besonders dann, wenn sie beim Verkauf von Munition von einem Land in ein anderes als verbindliche Prüfmethode anerkannt werden sollen.

Salpeter*saltpeter; salpêtre; nitre*

→ Kaliumnitrat

Sandtest

ist eine in den USA gebräuchliche Ermittlung des Arbeitsvermögens eines Sprengstoffes. Es wird eine gewisse Menge Sprengstoff in Sand von bestimmter Siebfraktion zur Explosion gebracht und diejenige Menge Sand bestimmt, die nunmehr nach der Zerkrümmung das feinere Klassiersieb passiert.

Sauerstoffträger

oxidizer; comburant

Alle Explosivstoffe enthalten den zur explosiven Umsetzung notwendigen Sauerstoff eingebaut. Das kann durch chemische Reaktionen (Nitrieren) oder auch durch mechanisches Einmischen von Substanzen geschehen, welche Sauerstoff in gebundener Form enthalten. Die wichtigsten Feststoff-Sauerstoffträger sind Nitrate (für Sprengstoffe besonders wichtig → Ammonsalpeter und → Natriumnitrat, für Schwarzpulver, aber auch für Wettersprengstoffe das → Kaliumnitrat); Chlorate (→ Kaliumchlorat, → Chloratsprengstoffe, → Feuerwerkssätze) und Perchlorate (besonders das → Ammoniumperchlorat für → Verbundtreibsätze). Wichtige flüssige Oxidationsmittel für Flüssig-Raketenantriebe sind flüssiger Sauerstoff („LOX“), hochprozentige Salpetersäure, flüssiges N_2O_4 , flüssiges Fluor und Halogenfluoride.

Sauerstoffwert

oxygen balance; bilan d'oxygène; Sauerstoffbilanz

Die Sauerstoffbilanz ist diejenige Sauerstoffmenge in Gewichtsprozenten, die bei vollständiger Umsetzung des Explosivstoffes zu CO_2 , H_2O , SO_2 , Al_2O_3 usw. frei wird („positive“ Sauerstoffbilanz). Reicht der im Explosivstoff gebundene Sauerstoff hierzu nicht aus („negative“ Sauerstoffbilanz), so wird die zu vollständigem Umsatz notwendige Fehlmenge an Sauerstoff ebenso, jedoch mit negativem Vorzeichen angegeben. Auch für → Brennstoffe ohne Explosivstoffcharakter kann die um Umsatz notwendige Sauerstoffmenge als negative Bilanz genau so berechnet werden.

Beispiele: Trinitrotoluol ($C_7H_5N_3O_6$) = -74 %
 Nitroglycerin ($C_3H_5N_3O_9$) = + 3,5 %
 Ammoniumnitrat (NH_4NO_3) = +20 %

Aus den Sauerstoffwerten der Komponenten eines Sprengstoffes läßt sich leicht dessen günstigste Zusammensetzung errechnen. Gewerbliche Sprengstoffe müssen eine nicht zu weit von Null entfernte Sauerstoffbilanz aufweisen, damit in den Schwaden möglichst wenige giftige Gase, insbesondere Kohlenmonoxid und nitrose Gase vorkommen.

*Tabelle der Sauerstoffwerte
 von Sprengstoffen und Sprengstoffkomponenten*

Substanz	Verfügbare Sauerstoff %
Aluminium	- 89,0
Ammoniumchlorid	- 44,9
Ammoniumnitrat	+ 20,0
Ammoniumperchlorat	+ 34,0
Ammoniumperchlorat	- 52,0
Bariumnitrat	+ 30,6
Dinitrobenzol	- 95,3
Dinitrotoluol	-114,4
Holzmehl, gereinigt	-137,0
Kaliumchlorat	+ 39,2
Kaliumnitrat	+ 39,6
Kohle	-266,7
Natriumchlorat	+ 45,0
Natriumnitrat	+ 47,0
Nitroglycerin	+ 3,5
Nitroguanidin	- 30,8
Nitrocellulose (Schießwolle)	- 28,6
Nitrocellulose (Collodiumwolle)	- 38,7
Pikrinsäure	- 45,4
Schwefel	-100,0
Tetryl	- 47,4
Trinitroresorcin	- 35,9
Trinitrotoluol	- 74,0

Weitere Werte bei allen hier im Buch beschriebenen Verbindungen.

Schießbaumwolle

→ Nitrocellulose.

Schießpulver

powder; gunpropellant; poudre

Als Treibmittel für konventionelle militärische Waffen wird seit langem ausschließlich rauchloses, richtiger rauchschwaches Pulver verwendet. Nach der Zusammensetzung unterscheidet man einbasige Pulver wie Nitrocellulosepulver, zweibasige Pulver wie Nitroglycerinpulver, dreibasige Pulver wie Nitrocellulose- + Nitroglycerin (oder Nitrocellulose + Diglykoldinitrat) + Nitroguanidin-pulver.

Grundbestandteil der *Nitrocellulosepulver* ist Nitrocellulose, ein Gemisch aus Schießbaumwolle (Stickstoffgehalt von 13,26 bis 13,35%) und Collodiumwolle (Stickstoffgehalt von 11 – 13%). Zur Pulverherstellung wird das Nitrocellulosegemisch mit Hilfe von Lösungsmitteln – meist Alkohol und Äther – gelatiniert. Hierbei können noch weitere Zusätze – insbesondere Stabilisatoren – zugegeben werden. Die so erhaltene plastische lösemittelfeuchte Masse wird durch hydraulische Strangpressen in Streifen-, Nudel- oder Röhrenform gepreßt und durch Schneidmaschinen auf die gewünschte Länge geschnitten. Die im Pulver noch vorhandenen Lösemittel werden durch Wässern und Trocknen des Pulvers entfernt. Nach dem Trocknen wird das Pulver in Trommeln poliert und graphitiert. Dabei wird gleichzeitig eine Oberflächenbehandlung mit alkoholischen Lösungen von Centralit, Dibutylphthalat, Campher, Dinitrotoluol oder anderen phlegmatisierend wirkenden Stoffen durchgeführt.

Zur Herstellung von *Nitroglycerinpulver* wird Nitrocellulose in Wasser aufgeschwemmt, das Nitroglycerin der intensiv gerührten Suspension langsam zugegeben, wobei das Nitroglycerin von der Nitrocellulose praktisch völlig gebunden wird. Darauf wird der größte Teil des Wassers (bis auf 25 – 35%) abzentrifugiert oder abgepreßt und die Pulverrohmasse zerkleinert. Anschließend wird sie – falls erforderlich – zusammen mit den Zusätzen, die nicht in Nitroglycerin löslich sind, in Mischwerken vermennt und dann auf geheizten Walzwerken gelatiniert, wobei das Wasser bis auf ca. 1% verdampft.

Diesem in der Wärme plastischen Produkt wird dann, je nach Pulvertyp, auf Kaliberwalzen, Schneidmaschinen, Stanzen oder auch durch hydraulische Strangpressen die endgültige geometrische Form gegeben.

Dieses ohne Lösungsmittel hergestellte Pulver, das sogenannte „POL-Pulver“, hat gegenüber Nitrocellulosepulver den Vorteil größerer Gleichmäßigkeit, da Schwankungen in der Zusammensetzung

– bedingt durch zurückgehaltene Lösemittelreste – vermieden werden. Ein weiterer Vorteil ist seine kürzere Fertigungszeit infolge Fortfalls der Trockenzeiten. Nitroglycerinpulver werden, je nach Verwendungszweck, mit einem Nitroglyceringehalt von 25 – 50% gefertigt.

In USA und England werden heute noch viele Nitroglycerinpulver und Nitroguanidinpulver mit Hilfe von Lösungsmitteln hergestellt. Zur Erleichterung des Knet- und Preßvorganges wird dem Nitroglycerin vorher Aceton zugefügt, das später durch Trocknen wieder entfernt werden muß.

In neuerer Zeit hat man anstelle des Nitroglycerins eine Reihe anderer flüssiger Salpetersäureester eingeführt (Diglykoldinitrat, Triglykoldinitrat, Methrioltrinitrat, Butantrioltrinitrat), von denen besonders das Diglykoldinitrat größere Verwendung gefunden hat. Man erhält mit seiner Hilfe oder mit Triglykoldinitrat kalorienärmere Pulver. Dies ist für die Rohrlebensdauer der Geschütze, für die diese Pulver Verwendung finden, von Wichtigkeit. Man hat diese Pulver → „kalte“ Pulver genannt.

Die weitere Entwicklung auf dem Wege zur Fertigung von rohrschonenden Pulvern mit noch günstigeren Eigenschaften führte zum „kalten Nitroguanidinpulver“, bei dem als Energieträger zu Diglykoldinitrat (oder Triglykoldinitrat) und Nitrocellulose als dritte Komponente Nitroguanidin hinzukommt (triple base powder). Nitroguanidingehalt 25 – 40%. Fertigung dieser Pulver analog der POL-Fertigung, also ohne Lösungsmittel. (Pulver mit einem Anteil von über 40% Nitroguanidin können nur mit Hilfe von Lösemitteln hergestellt werden.) Zur Zeit stellen die Nitroguanidinpulver bei konventionellen Waffen wohl die günstigste Lösung zur Schonung der Rohre dar.

Die im Weltkrieg I gemachten Erfahrungen mit → „Ammonpulver“ führten später dazu, die Verwendung von Ammonnitrat als Bestandteil der üblichen POL-, Nitroglycerin- bzw. Diglykolpulver (bis zu 55% Ammonnitrat) zu überprüfen. Die Erfahrungen waren aber schlecht, da wegen der Hygroskopizität Schwierigkeiten bei der Verarbeitung auftraten, so daß bisher derartige Pulvertypen noch keine nennenswerte Verwertung bei den konventionellen Feuerwaffen gefunden haben.

Die ballistischen Eigenschaften des Pulvers können, außer durch die chemische Zusammensetzung, auch durch die Formgebung beeinflusst werden. So wird bei konventionellen Waffen ein progressiver Abbrand angestrebt, zumindest ein Pulverkorn mit konstanter Oberfläche während des Abbrandes.

Man unterscheidet je nach der geometrischen Form folgende Pulvertypen:

Röhrenpulver (lange Röhren)
 Röhrcchenpulver (kurz geschnittene Röhren)
 Mehrlochpulver (kurz geschnittene Röhren, mehrfach perforiert)
 Blättchenpulver
 Streifenpulver
 Kugelpulver
 Würfelpulver
 Nudelpulver (kurz geschnittene Stäbchen)
 Ringpulver.

Für Handfeuerwaffen werden die mehr feinkörnigen Pulver verwendet, für Kanonen in erster Linie Röhrenpulver, für Steilfeuergeschütze (Haubitzen, Mörser) Blättchen- und Röhrcchenpulver.

Schießschalter

→ Zündschalter

Schießwolle 18

ist eine gießbare Mischung aus 60% Trinitrotoluol, 24% Hexanitrodiphenylamin und 16% Aluminiumpulver, die für Unterwassersprengmittel der Marine eingesetzt wurde. Diese Mischung löste die vorher verwendete gepreßte feuchte Schießbaumwolle ab.

Die Mischung aus 67% Trinitrotoluol, 8% Hexanitrodiphenylamin und 25% Aluminium wurde als Schießwolle 36 und die aus 45% Trinitrotoluol, 5% Hexanitrodiphenylamin, 30% Ammonsalpeter und 25% Aluminium als Schießwolle 39 bezeichnet.

„Schießwollen neuer Art“: → Hexanite.

Schlagempfindlichkeit

impact sensitivity; sensibilité à l'impact

Die Schlagempfindlichkeit fester, flüssiger oder gelatinöser Sprengstoffe wird mittels der Fallhammermethode geprüft. Genaue Prüfvorschriften sind in der Eisenbahnverkehrsordnung mit dem Kastchen Stempelapparat festgelegt. Diese Methode wurde von

der BAM verbessert*), so daß reproduzierbare Zahlen erhalten werden können.

Bei diesen Prüfungen werden die abgemessenen Sprengstoffproben der Einwirkung verschiedener Fallgewichte ausgesetzt. Es werden die Fallhöhen bestimmt, bei denen die Probe durch die übertragene Schlagenergie zur Zersetzung oder Explosion kommt.

*Prüfverfahren nach BAM**):*

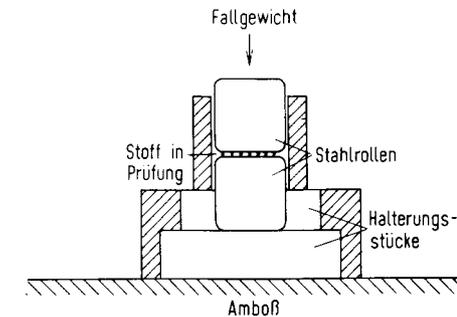


Abb. 14: Fallhammerprüfung nach der Stahlrollenmethode: Stempelapparat

Die Probe wird in eine Stempelvorrichtung eingeschlossen, die aus zwei koaxial übereinanderstehenden Stahlzylindern bzw. -stempeln und einem Hohlzylinder aus Stahl als Führungsring besteht. Die Stahlstempel haben einen ϕ von $10_{-0,005}^{+0,003}$ mm und eine Höhe von 10 mm, während die Hohlzylinder einen äußeren ϕ von 16 mm, eine Bohrung von $10_{+0,010}^{+0,005}$ mm und eine Höhe von 13 mm haben;

Stempel und Hohlzylinder haben definierte Härte. Bei pulverförmigen und pastenförmigen Stoffen wird der obere Stempel bis zum Anschlag leicht in die offene Stempelvorrichtung (unterer Stempel mit Hohlzylinder) hineingedrückt, ohne die Probe dadurch flachzudrücken. Flüssigkeiten werden mit einem Stempelabstand von 1 mm geprüft. – Beim kleinen Fallhammer werden Fallgewichte bis 1000 p

*) Koenen und Ide, Explosivstoffe 9, S. 4 u. 30 (1961).

***) Alle Prüfapparaturen nach Vorschriften der → BAM können bezogen werden bei Julius Peters, Stromstr. 39, 1 Berlin 21.

verwendet. Für den großen Fallhammer werden Fallgewichte von 1, von 5 und von 10 kp benutzt. Die Fallhöhen betragen für das 1-kp-Gewicht 10 – 50 cm, für das 5-kp-Gewicht 15 – 50 cm und für das 10-kp-Gewicht 35 – 50 cm.

Initialsprengstoffe und andere sehr reibempfindliche Stoffe werden unter dem Fallhammer auf Feilenplättchen geprüft, indem 5 mm³ des Stoffes auf das Plättchen gegeben und gleichmäßig auf einer Fläche von ca. 9 mm ϕ verteilt werden; mit dem aufgesetzten Stahlstempel 10 ϕ · 10 mm wird die Probe schwach angedrückt (vgl. Koenen und Ide, Explosivstoffe 6, 227 [1958]).

Schlagempfindlichkeit explosionsfähiger Stoffe, ermittelt nach der Fallhammermethode der BAM) mit Stempelvorrichtungen*

Angegeben ist die niedrigste Schlagenergie in kp m, bei der unter sechs Versuchen mindestens einmal Explosion auftritt.

Angewandte Menge: 40 mm³

Stoff	Fallgewicht \times Fallhöhe (Schlagenergie)	Für das Fallgewicht 0,1 kp 1 kp 5 kp 10 kp beträgt die niedrigste Schlagenergie in kp m
A. Einheitliche Sprengstoffe und Initialsprengstoffe		
Nitroglykol	0,1 kp \times 20 cm (0,02 kp m)	0,02
Nitroglycerin	0,1 kp \times 20 cm (0,02 kp m)	0,02
Tetrazen	1 kp \times 20 cm (0,2 kp m)	0,2
Quecksilber(II)- fulminat (grau)	1 kp \times 20 cm (0,2 kp m)	0,2
Quecksilber(II)- fulminat (weiß)	1 kp \times 30 cm (0,3 kp m)	0,3
Nitropenta	1 kp \times 30 cm (0,3 kp m)	0,3
Tetryl	1 kp \times 30 cm (0,3 kp m)	0,3
Nitrocellulose 13,4% N	1 kp \times 30 cm (0,3 kp m)	0,3

*) Beschreibung des Prüfverfahrens: Arbeitsschutz (Fachteil des Bundesarbeitsblattes) Heft 3/1961, S. 55.

Stoff	Fallgewicht \times Fallhöhe (Schlagenergie)	Für das Fallgewicht 0,1 kp 1 kp 5 kp 10 kp beträgt die niedrigste Schlagenergie in kp m
Nitrocellulose 12,2% N	1 kp \times 40 cm (0,4 kp m)	0,4
Bleiazid	5 kp \times 15 cm (0,75 kp m)	0,75
Hexogen	5 kp \times 15 cm (0,75 kp m)	0,75
Pikrinsäure	5 kp \times 15 cm (0,75 kp m)	0,75
Trinitrotoluol	5 kp \times 30 cm (1,5 kp m)	1,5
Bleitritrore- sorcinat	5 kp \times 30 cm (1,5 kp m)	1,5
Ammonium- perchlorat	5 kp \times 50 cm (2,5 kp m)	2,5
Dinitrobenzol	10 kp \times 50 cm (5 kp m)	5

(Ammoniumnitrat und Dinitrotoluol sind mit dem 10-kp-Fallgewicht bis zu einer Fallhöhe von 50 cm [Schlagenergie 5 kp m] nicht schlagempfindlich)

B. Sprengstoffmischungen

wie bei A.

Gurdynamit	1 kp \times 10 cm (0,1 kp m)	0,1
Dynamit 1	1 kp \times 10 cm (0,1 kp m)	0,1
Sprengelatine	1 kp \times 20 cm (0,2 kp m)	0,2
Ammon-Gelit 1	1 kp \times 20 cm (0,2 kp m)	0,2
Ammon-Gelit 3	1 kp \times 20 cm (0,2 kp m)	0,2
Donarit 1	5 kp \times 20 cm (1,0 kp m)	1,0
Ammonex 1	5 kp \times 20 cm (1,0 kp m)	1,0
Ammonit 3	5 kp \times 20 cm (1,0 kp m)	1,0
Ammonit 2	5 kp \times 40 cm (2,0 kp m)	2,0

Die Schlagenergie ist in der Tabelle in Kilopondmeter angegeben. Für die Umrechnung in normgerechte Einheiten Newton (N) bzw. Joule (J) gilt:

$$1 \text{ kp m} = 9,8066 \text{ Nm}$$

$$1 \text{ Nm} = 0,10197 \text{ kp m}$$

$$1 \text{ Nm} = 1 \text{ J}$$

Schlagwetter

fire damp; grisou

sind explosionsfähige Gemische aus Grubengas (Methan, CH₄) und Luft. Sie sind bei normalen Druck- und Temperaturbedingungen zu Explosionen fähig und leiten sie auch weiter, wenn sie zwischen 5 und 14% Methan enthalten.

Für die amtlichen Prüfungen der Wettersprengstoffe in den Versuchsstrecken wird auf Grund ministerieller Verfügung ein Methan-Luftgemisch mit 8,5 bis 9,5% Methan vorgeschrieben. In diesem Bereich ist die Explosionsgefährlichkeit am größten.

Schneckenpressen

screw extruder; extrudeuse à vis

Diese in der Industrie der Kunststoffe üblich gewordenen Verformungsmaschinen sind frühzeitig in der Sprengstoff- und Pulverpraxis benutzt worden.

Fast alle Patroniermaschinen für gelatinöse Sprengstoffe benutzen Schneckenpaare als Fördermittel, allerdings ohne erhebliche Drucke aufzubauen.

Darüber hinaus wurden jedoch Schneckenpressen zum Füllen von Geschossen mit pulverförmigen, durch Druck verdichtbaren Sprengstoffen benutzt.

Kontinuierlich beschickte und einen kontinuierlichen Strang auspressende liegende Schneckenpressen werden gebraucht, um insbesondere POL-Pulver in Profilen auszuformen (z. B. in Form von Röhren oder bestimmten Profilen für Raketen).

Schneidladungen

dienen zum Durchtrennen von Eisenplatten, Kabeln, Brückenträgern u. a.; sie sind nach dem Hohlladungsprinzip aufgebaut (→ Hohl-ladungen), aber nicht rotationssymmetrisch, sondern als längere Rinnen. Sie werden auch als Dachladung oder lineare Hohl-ladung bezeichnet.

Auch die Schneidladungen werden in ihrer Schnittiefe wesentlich durch die Form (z. B. winkel- oder halbkreisförmig), durch die Dicke und durch das Material der ausgekleideten Ausdehnung beeinflusst. Der optimale Abstand zu dem Objekt hängt von der gewählten Geometrie ab. Maximal-Durchschlagswerte gegen St 37-Material liegen bei dem 2fachen der Basisbreite der Schneidladung.

Wie bei der rotationssymmetrischen Hohl-ladung wird ein Stachel aus der Belegung bei Detonation der Sprengladung erzeugt, der hier fächerförmig ausgebildet ist.

Schonendes Sprengen (Profilsprengen)

Mit Schonendem Sprengen soll das geplante Profil eines Sprengvorhabens möglichst genau und ohne Mehrausbruch unter größtmöglicher Schonung des stehenbleibenden Gebirges (Vorkerben, Vorspalten, Abspalten, Abkerben, Kontursprengen) ausgesprengt werden. Das Sprengverfahren erfordert einen erhöhten Bohrlöchl-aufwand in der Profillinie mit zueinander parallel verlaufenden Bohrlöchern. Es hat sich gezeigt, daß bei festerem Gestein ein Verhältnis zwischen Bohrlochabstand und deren Vorgaben von 1 : 1,5 am günstigsten ist. Die Ladedichte (Bohrlochdurchmesser : Ladungsdurchmesser) sollte möglichst gering sein. Hochbrisante Sprengstoffe bringen die besten Ergebnisse. Als zweckmäßig haben sich Ladungen aus Sprengschnüren erwiesen, mit 40 bis 100 g Füllgewicht/m. Im Steinkohlenbergbau ist auch eine schlagwetter-sichere Wettersprengschnur eingesetzt mit einem Füllgewicht von 4 g/m. Zum Werfen der Vorgabe müssen zur Wettersprengschnur einige Patronen beigeladen werden. Bohrschemen zum schonenden Sprengen siehe SPRENGTECHNIK, DIN 20163, S. 4, Beuth-Vertrieb GmbH (1973).

Der Schub

thrust; poussée

ist in der Raketentechnik die durch die ausströmenden Gase bewirkte Rückstoßkraft. Er wird in Tonnen, Kilopond oder Newton angegeben und ist eine der wichtigsten Kenngrößen; das Startgewicht einer Rakete muß in einem gewissen Verhältnis zum Schub stehen. Der Startschub wird üblicherweise höher als der Marschschub gewählt; man kann dies durch zusätzlich angeordnete Starthilfen (→ Booster) oder durch einen kombinierten Treibstoffaufbau bei den Feststoffraketen erreichen.

Der Schub berechnet sich aus Ausströmgeschwindigkeit und Durchsatz.

Schubmessung

Die Schubmessung einer Rakete bedeutet die Registrierung einer Kraft (in Tonnen, Kiloponds bzw. Newton) über den Zeitraum des Brennvorganges. Diese Kraft läßt man auf ein Widerlager unter Zwischenschaltung eines Meßgebers einwirken. Als Meßprinzip benutzt man im einfachsten Fall eine Waage, sonst einen Dehnungsmeßstreifen (d. h. mittels Widerstandsänderung durch Druck) oder einen Piezoquarz und zeichnet mittels Oszillograph über eine Kompensationsschaltung auf. Die heutige Meß- und Rechentechnik erlaubt die sofortige Ermittlung und Aufzeichnung eines Gesamtimpulses.

Die Messung des Drucks in der Brennkammer erfolgt meßtechnisch in gleicher Weise. Die Geber müssen hierzu an vorbereiteten Meßstellen an die Brennkammer angeschraubt werden.

Schutzwall

barricade; merlon, écran

Schutzwälle sind aufgeschüttete und bewachsene Erdwälle zum Schutz explosionsgefährdeter Gebäude. Ihre Wallkrone muß das zu schützende Gebäude um mindestens einen Meter überragen. Bauweisen und Sicherheitsabstände in explosionsgefährdeten Anlagen regeln die Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie*); → auch: Umweltschutz.

Schwaden

fumes; produits de détonation, fumées de tir

sind die gasförmigen Reaktionsprodukte einer → Detonation.

Die Zusammensetzung der Schwaden eines Explosivstoffes kann theoretisch berechnet werden (→ Thermodynamische Berechnung von Explosivstoffen). Bei gewerblichen Sprengstoffen mit Sauerstoffüberschuß wird hierbei konventionell angenommen, daß nur CO₂ und kein CO und ferner nur H₂O, N₂ und überschüssiges O₂ gebildet wird. In Wirklichkeit ist der Reaktionsablauf sehr kompliziert, so daß mit der Bildung von CO, NO, NO₂ und vielen Sub-

*) UVV 46 a. Explosivstoffe und Gegenstände mit Explosivstoff, Jedermann-Verlag, Heidelberg; weitere UVVen → Literaturverzeichnis, S. 359.

stanzen mehr (namentlich wenn schwefel- und/oder chlorhaltige Komponenten vorhanden waren) gerechnet werden muß.

Auf jeden Fall ist eine gewisse Toxizität von Sprengstoff- und Treibstoffschwaden anzunehmen und das Sicherheitsverhalten danach auszurichten. Bei starkem Sauerstoffüberschuß der gewerblichen Sprengstoffe überwiegt die Gefahr durch Stickoxide, bei Sauerstoffunterschluß die Gefahr durch CO.

In den USA gilt folgende Eingruppierung in bezug auf giftige Schwadenbestandteile:

Bei Detonation einer Normalpatrone der Abmessungen 1 1/4" × 8" (ca. 30 mm ϕ , 200 lang) im üblichen Patronenpapier in einer Bichelbombe, wobei als giftige Gase CO und H₂S, nicht aber die Stickstoff-Oxide gelten:

A) Wettersprengstoffe (festgelegt von der US-Bergbehörde)

Schwaden-Klasse	Giftige Gase (CO + H ₂ S) in Liter/0,5 lb Sprengstoff oder Kubikfuß/lb Sprengstoff	
A	weniger als 53	weniger als 1,25
B	53 – 106	1,25 – 2,50
C	106 – 158	2,50 – 3,75

B) Gesteinsprengstoffe (festgelegt vom Institut der Sprengstoffhersteller)

Schwaden-Klasse	Giftige Gase (CO + H ₂ S) in Kubikfuß/Normalpatrone (1 1/4" × 8")
1 *)	weniger als 0,16
2	0,16 – 0,33
3	0,33 – 0,67

Schwarzpulver

black powder; poudre noire

sind mechanische Gemenge aus Kalisalpeter, Schwefel und Holzkohle, die meist gekörnt und auf bestimmte Korngrößen klassiert werden.

*) Unter Tage dürfen nur Sprengstoffe der Klasse 1 eingesetzt werden.

Standardzusammensetzung: 75% Kalisalpeter
10% Schwefel
15% Holzkohle.

Außerdem gibt es Abstufungen mit 74, 70, 68 und 64% Salpeter. Entsprechende Mischungen auf Basis Natronsalpeter nennt man → Sprengsalpeter.

Bekanntlich stellt Schwarzpulver das älteste Sprengmittel der Menschheit dar, das seit 1200 n. Chr. aus China und seit dem 14. Jahrhundert in Europa als Erfindung von *Berthold Schwarz* bekannt geworden ist.

Die Ausgangsstoffe werden fein zerkleinert, in Kollergängen gemischt und verdichtet und dann in hydraulischen Pressen zu Kuchen gepreßt. Diese Kuchen werden wieder zerkleinert und die so erhaltenen Körner ohne oder mit Graphit poliert. Die Herstellung erfordert große Sorgfalt.

Schwarzpulver wird für Sicherheitszündschnüre, für pyrotechnische Zwecke, für spezielle Zündsätze sowie für Sprengungen in Steinbrüchen verwendet und ist vielfach heute noch nicht durch andere Sprengmittel ersetzbar. Es zeichnet sich durch einen schnellen, nur geringen Einschluß benötigten Druckaufbau bei lediglich schiebender Wirkung aus; Schwarzpulver kann unter normalen Bedingungen nicht detonieren. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Explosion beträgt maximal 500 m/s.

Als Sprengpulver-Normalkorn wird eine Körnung von 2 bis 8 mm, als Sprengpulver-Feinkorn eine Körnung von 1,5 bis 3 mm bezeichnet.

Zündschnurpulver weist eine Körnung von 0,20 bis 0,70 mm auf.

Für andere Zwecke, wie Feuerwerkskörper, wird Schwarzpulver in zahlreichen Kornfeinheitsabstufungen und in Mehlförmigkeit geliefert.

Eine Übersicht über die Typenbezeichnungen und Körnung gibt folgende Tabelle:

Korngrößentabelle der Schwarzpulversorten

Pulversorte	Korngröße
Sprengpulver normal	2 bis 8 mm
Sprengpulver fein	1,5 bis 3 mm
Böllerpulver	0,2 bis 2 mm
Musketpulver	0,2 bis 1 mm
Zündschnurpulver	0,2 bis 0,7 mm

Feuerwerkspulver Mehl	fein zerriebenes	0,7 mm lichte Maschenweite
Feuerwerkspulver Mehl FF	Pulver abgeseibt	0,3 mm lichte Maschenweite
Feuerwerkspulver Mehl FFF	über ein Sieb von	0,15 mm lichte Maschenweite

Feuerwerkspulver, Korn:	0,3 bis 0,7 mm
	0,3 bis 0,93 mm
	0,3 bis 1,5 mm
	0,5 bis 1,2 mm
	0,7 bis 1,5 mm
	0,93 bis 1,5 mm
	2 bis 4 mm
4 bis 8 mm	

Jagdpulver F	0,2 bis 1,2 mm
Jagdpulver FF	0,2 bis 1,04 mm
Jagdpulver FFF	0,2 bis 0,7 mm
Jagdpulver FFFF	0,15 bis 0,43 mm

Schwarzpulverzündschnüre

safety fuses; mèches de sureté

sind garnumspinnene Schwarzpulverstränge, die auf eine bestimmte Brennzeit (im allgemeinen 120 s/m) eingestellt sind. Sie dienen zum Zünden von Sprengladungen; die Sprengkapsel der Schlagpatrone wird „angewürgt“. Es ist darauf zu achten, daß die Schnur senkrecht zur Achse frisch angeschnitten und die Schnittfläche bis auf den Zündspiegel der Kapsel geführt wird. Die Schnurlänge richtet sich nach der benötigten Sicherheitszeit. Die Schnüre bestehen (von innen nach außen) aus der Schwarzpulverseele mit einem oder zwei „Markenfäden“, deren Farbe ein Kennzeichen der herstellenden Fabrik ist, aus 2 oder 3 Garnumspinnungen aus Jute, Baumwolle oder anderen Garnen, einer Imprägnierung aus Bitumen und einem Überzug aus Kunststoff.

Das Schwarzpulver enthält 65–74% Kalisalpeter und hat eine Körnung von 0,25–0,75 mm. 1 m Zündschnur enthält etwa 4–5 g Pulver.

In der Schweiz wird ein Sondertyp verwendet, bei dem die Seele aus einer mehlfinen pyrotechnischen Mischung besteht und mit Papierstreifen und einer großen Zahl von Textilfäden umhüllt ist.

Schwefel

sulfur; soufre

S

Atomgewicht: 32,07
 Schmelzpunkt: 113 °C
 Siedepunkt: 445 °C
 Dichte: 2,07 g/cm³

Schwefel dient zusammen mit Holzkohle als Brennstoff im → Schwarzpulver und → Sprengsalpeter. Schwefelblüten (sublimierter Schwefel) ist nicht völlig in Schwefelkohlenstoff löslich und enthält Spuren von Schwefelsäure; die Verwendung von Schwefelblüte ist daher für die Schwarzpulverherstellung nicht zugelassen.

Technische Reinheitsforderungen

	A	B	Grad C	D	E
CS ₂ -unlösliches:					
nicht über	0,5 %	0,5 %	0,5 %	0,2 %	0,5 %
Reingehalt: nicht unter	99,5 %	99,5 %	99,5 %	99,8 %	99,5 %
Feuchtigkeit: nicht über	0,20 %	0,10 %	0,10 %	0,005 %	0,10 %
Asche: nicht über	0,10 %	0,01 %	0,10 %	0,05 %	0,10 %
Säure als H ₂ SO ₄ :					
nicht über	0,01 %	0,002 %	0,002 %	0,002 %	0,01 %
Sulfate, als Na ₂ SO ₄ :					
nicht über	—	—	—	0,003 %	—
Chloride als NaCl:					
nicht über	0,01 %	0,01 %	0,01 %	0,01 %	0,01 %

Seismische Sprengstoffe

dienen zur Erzeugung des Druckstoßes bei seismischen Messungen, die zur Erforschung geologischer Lagerstätten, insbesondere von Erdölhorizonten, durchgeführt werden. An die Sprengstoffe stellt man die Anforderung, daß sie auch unter hohen hydrostatischen Drücken noch voll durchdetonieren.

Die Praxis stellt ferner Anforderungen an die besondere Ausbildung der Patronenformen (kuppelbare Patronen; Kanister für Sprengungen im Küstenvorfeld u. a. m).

Bekannte Typen: Geosit, Seismo-Gelit.

Seismo-Gelit 2*Sprengtechnische Daten*

Beschaffenheit	gelatinös, orangerot
Sauerstoffwert	+ 1,6
Normalgasvolumen	780 l/kg
Explosionswärme	990 kcal/kg = 4145 kJ/kg
Spezifische Energie	106 mt/kg = 1040 kJ/kg
Energieniveau	170 mt/l = 1663 kJ/l
Dichte	1,6 g/cm ³
Bleiblockausbauchung	390 cm ³ /10 g
relative weight strength	85 %
Detonationsgeschwindigkeit,	
freiliegend	6100 m/s
im Einschluß	6100 m/s
Stauchung nach Kast	6,6 mm
Stauchung nach Hess	Block zertrümmert
Schlagempfindlichkeit	0,4 kpm = 4 Nm

Seismo-Gelit 2 ist der Handelsname für einen seismischen Spezialsprengstoff der Dynamit Nobel AG. Er ist ein gelatinöser Sprengstoff auf Basis von Nitroglykol und Ammonsalpeter, der sensibilisierende Zusätze enthält; er detoniert auch unter hohen hydrostatischen Wasserdrücken vollständig und überträgt die Detonation sicher von Patrone zu Patrone. Er eignet sich deshalb für seismische Sprengungen in tiefen Bohrlöchern sowie bei Bohrlochtorpedierungen bei der Erdöl- und Wasser-Gewinnung. Die besonderen Eigenschaften des Seismo-Gelit wurden durch sensibilisierende Zusätze erreicht.

Infolge der hohen Detonationsgeschwindigkeit, auch ohne jeden Einschluß, ist er auch zur Zerkleinerung von grobem Haufwerk durch Auflegersprengung geeignet. Sehr bewährt hat sich zur Zerkleinerung großer Knapper das Absprengen mit Seismogelit in stark verkürzten Bohrlöchern; Knall und Sprengstoffaufwand sind dann wesentlich geringer. Geosit ist ferner geeignet zur sicheren Initiierung hoch-unempfindlicher Sprengstoffe, wie der → Sprengschlämme (Slurries).

Der Sprengstoff kann in verschraubbaren Kunststoffrohren patroniert geliefert werden.

Sekundär-Sprengstoff

secondary explosive; explosif secondaire

Dieser im deutschen Sprachbereich weniger übliche Begriff bezeichnet solche (und damit alle zur Erzeugung einer Sprengwirkung angewendeten) Explosivstoffe, welche zur Einleitung der Detonation den Detonationsstoß eines Initialsprengstoffs (demnach auch: „Primär-Sprengstoffs“) benötigen.

Unempfindliche Salze, wie → Ammonsalpeter oder → Ammoniumperchlorat werden im englischen Sprachraum als „tertiary explosives“ bezeichnet.

Semigelatin Dynamite

haben ihren Namen von ihrer Konsistenz abgeleitet. Diese sog. Halbgelatinen bestehen aus überwiegend Ammonsalpeter, Holzmehl und 10–20% schwach gelatiniertem Sprengöl.

sheathed explosives

explosifs gainés; ummantelte Sprengstoffe

Bezeichnung für Wettersprengstoffe, die mit einem besonderen „Mantel“ umgeben patroniert wurden.

Sprengstoffe mit hohem Sicherheitscharakter wie diese erwähnten Mantelsprengstoffe, jedoch mit homogenem Aufbau, werden „eq.s.“ = explosives equal sheathed“ genannt, → Wettersprengstoffe.

Silberazid

silver azide; azoture d'argent



Mol.-Gew.: 149,9

Stickstoffgehalt: 28,03%

Dichte: 5,1 g/cm³

F.: 251 °C

Bleiblockausbauchung: 115 cm³

Verpuffungspunkt: 273 °C

Silberazid ist lichtempfindlich, unlöslich in Wasser, löslich in Ammoniak, aus dem es sich umkristallisieren läßt. Das Silberazid wird aus Natriumazid und Silbersalzlösungen, je nach den Herstellungsbedingungen, als käsiger Niederschlag in amorpher Form gewonnen.

Trotz der sehr guten Initialwirkung, die besser ist als die des Bleiazids, hat es als Initialsprengstoff infolge seiner von der Struktur bestimmten schlechten Dosierbarkeit und seiner hohen Reibempfindlichkeit keine breite Anwendung gefunden.

Silbercarbid

silver carbide; acétylure d'argent; Acetylsilber, Silberacetylenid



Mol.-Gew.: 239,8

Sauerstoffwert: –26,7%

Verpuffungspunkt: 200 °C

Silbercarbid ist sehr schlagempfindlich.

Man gewinnt die Verbindung durch Einleiten von Acetylen in Silbernitratlösungen.

Silberfulminat

silver fulminate; fulminate d'argent; Knallsilber
weißes Kristallpulver



Mol.-Gew.: 149,9

Sauerstoffwert: –10,7%

Stickstoffgehalt: 9,34%

Silberfulminat, Knallsilber entsteht im gleichen Reaktionsablauf wie → Knallquecksilber, also aus der salpetersauren Lösung von Silber durch Umsatz mit Alkohol. Es ist ebenfalls giftig.

Knallsilber ist weitaus empfindlicher als Knallquecksilber. Da es mit minimaler Anlaufstrecke detoniert, ist seine Initiierwirkung dem Knallquecksilber überlegen; seine Empfindlichkeit stand der Einführung in die Praxis entgegen. Ein völlig anderes, sogenanntes Bertholletsches Knallsilber (kein Fulminat) wird erhalten, wenn man die Lösung von frisch gefälltem Silberoxid in konzentriertem Ammoniak verdunsten läßt. Die vermutliche Formel ist Ag₃N. Es ist außerordentlich empfindlich und explodiert bereits beim Eindampfen der oben erwähnten ammoniakalischen Lösung.

Silvered-Vessel-Test

Dieses erstmals von Hess im Jahre 1883 vorgeschlagene Prüfverfahren beruht auf dem bei der Erhitzung eines Treibmittels in einem Dewar-Gefäß eintretenden, durch die Zersetzungswärme des Pulvers bedingten Temperaturanstieg. Nach der seit der Jahrhundertwende in England wegen der Unzuverlässigkeit des Abel-Testes angewandten Ausführung wurden ursprünglich 80 g, später 45 g bzw. 50 g Pulver solange auf 80 °C erhitzt, bis die Temperatur des Pulvers auf 82 °C angestiegen war. Die Dauer bis zur Erreichung der Temperatur gilt als Maß für die Stabilität.

In neuerer Zeit findet der Silbergefäßtest auch in der Bundesrepublik in der von M. Frey abgeänderten Form Anwendung. Hierbei werden einem in das Dewar-Gefäß eingesetzten elektrischen Heizkörper verschiedene Wärmemengen zugeführt und die Temperaturdifferenzen zwischen dem Inneren des Dewar-Gefäßes und dem Ofen mittels Thermolemente gemessen. Aus einer Eichkurve, die sich aus den so erhaltenen Meßwerten ergibt, wird die Zersetzungswärme des Treibmittels abgelesen. Das Verfahren gestattet die Bestimmung der Zersetzungswärme bei konstanter Lagertemperatur in Abhängigkeit von der Lagerzeit. Die Zersetzungswärmen von Treibmitteln können so miteinander verglichen werden. Durch Messungen bei verschiedenen Lagertemperaturen läßt sich der Temperaturfaktor der Zersetzungsgeschwindigkeit errechnen.

Sinoxidsätze

sind Zündsätze für Anzündhütchen und bestehen im wesentlichen aus Bleitrinitroresorcinat und geringen Zusätzen von Tetrazen neben Bariumnitrat, Schwefelantimon u. a. Gegenüber den Knallquecksilber-Chlorat-Sätzen verringert sich mit den Sinoxidsätzen die Korrosion und Erosion der Waffen beträchtlich.

Slurries

→ Sprengschlamm

Sodatol

eine Mischung von Natriumnitrat und Trinitrotoluol (50/50).

Spaltzünder

spark detonators; amorce électrique à étincelle

dienten, wie die → Brückenzünder, zum elektrischen Zünden von Sprengladungen. Hier erfolgte die Stromleitung in der Zündpille durch den Zündsatz selbst, dem leitende Beimengungen zugesetzt waren. Zu ihrer Zündung sind höhere Spannungen als bei Brückenzündern nötig.

Die Spaltzünder sind inzwischen durch die Brückenzünder verdrängt.

Spezifische Energie

specific energy; force

Als spezifische Energie eines *Explosivstoffs* bezeichnet man seine theoretisch errechenbare Arbeitsleistung pro Kilogramm gemäß der allgemeinen Zustandsgleichung für Gase:

$$f = pV = nRT$$

p : Druck; V : Volumen; n : Molzahl der Explosionsgase je kg (siehe auch Schwadenvolumen); R : allgemeine Gaskonstante; T : Explosionstemperatur, als absolute Temperatur angegeben (siehe dort). Setzt man das Volumen gleich 1, d. h. beträgt die Ladedichte 1, so wird die spezifische Energie

$$f = p.$$

also gleich dem Druck, den die gespannten Explosionsgase bei ihrer Explosionstemperatur auf ihren unzerstörbar gedachten Einschluß ausüben würden. Daher stammt der ebenfalls vielverwendete Ausdruck „spezifischer Druck“, und die Größe f wird daher oft in Atmosphären angegeben.

Korrekt betrachtet ist f jedoch eine Energiegröße und wird daher neuerdings in Meter-Tonnen je kg angegeben. Man erhält f in dieser Dimension, wenn man für R den Zahlenwert $0,8479 \cdot 10^{-3}$ einsetzt.

Nach einem Vorschlag von Roth*) wird das Produkt aus Ladedichte und spezifischer Energie, also die spezifische Energie pro Volumeneinheit, als „Energieniveau“ bezeichnet und in Meter-Tonnen pro Liter angegeben.

*) J. Roth, Nobelhefte 20, 117 (1954). In der Meter-Tonnen-Angabe ist die Tonne als Gewichtstonne = 1 000 Kilopond aufzufassen.

Den neuen Normenvorschriften entsprechend werden diese Energieangaben außerdem in Joule umgerechnet aufgeführt.

Näheres zur Berechnung → Thermodynamische Berechnung von Explosivstoffen, ferner → Arbeitsvermögen.

Spezifischer Impuls

specific impulse; impulsion spécifique

Der spezifische Impuls eines Treibstoffes bzw. eines Treibstoff-paares für Raketenantriebe ist der wichtigste Kennwert für die spezifische Leistungsfähigkeit. Er wird in Kilopond mal Sekunden oder in Newton-Sekunden je Kilogramm Treibstoff angegeben*).

$$I_s = \frac{F \cdot t}{W}$$

I_s : spezifischer Impuls

F : Schub

t : Zeit

W : Masse des Treibstoffs.

Der Berechnung des spezifischen Impulses liegt die Annahme zugrunde, daß die Enthalpie-Abnahme**) der Brenngase beim Übergang aus der Kammer in den Düsenaustritt vollständig ist kinetische Energie (einhalb Masse mal Quadrat der Geschwindigkeit; Impuls = Masse mal Geschwindigkeit) umgesetzt wird; daraus resultiert die Gleichung

$$I_s = \sqrt{2J(H_c - H_e)} \quad \text{N s/kg}$$

J : mechanisches Wärmeäquivalent

Dimension:

H_c : Enthalpie der Brenngase in der Kammer (also bei Kammertemperatur und Kammerdruck)

kcal/kg bzw. kJ/kg

H_e : Enthalpie der Gase am Düsenaustritt

kcal/kg bzw. kJ/kg

Die Gleichung ist mit Hilfe von Computerprogrammen unter Berücksichtigung der verschiedenen Gleichgewichte lösbar, → thermodynamische Berechnung.

*) Da Kiloponds und Kilogramm in gleichen Meßwerten erscheinen, bleibt scheinbar nur die Sekundenangabe in der Dimension übrig. Daher sind alle Impulszahlen direkt vergleichbar, auch wenn andere Maßsysteme verwendet werden (→ Maß-Schlüssel im hinteren Bucheinband).

**) zum Entropie-Begriff → Fußnote auf S. 288.

Als Funktion von der Kammertemperatur T_c ist der spezifische Impuls:

$$I_s = k_1 \sqrt{T_c \cdot N} = k_2 \sqrt{\frac{T_c}{M}}$$

T_c : Kammertemperatur in Grad Kelvin K

N : Molzahl pro Masseneinheit

M : mittleres Molekulargewicht der Brenngase

k_1, k_2 : Konstanten.

Der Wert für den spezifischen Impuls wird hoch, wenn die Brenntemperatur T_c hoch und das mittlere Molekulargewicht der Brenngase möglichst klein ist. Angaben über spezifische Impulse sind nur dann vergleichbar, wenn sie sich auf den gleichen Arbeitsdruck in der Brennkammer beziehen. (Ein häufig verwendeter Standardwert ist 1000 pounds per square inch = 70,306 at.)

Nähere Mitteilungen s.: *Barrère, Jaumotte, Fraeijs de Veubeke, Vandekerckhove*: Raketenantriebe. Elsevier Publishing Comp. Amsterdam 1961.

Dadieu, Damm, Schmidt: Raketentreibstoffe. Springer, Wien 1968.
E. Büchner, Zur Thermodynamik von Verbrennungsvorgängen, 2te Auflage, München 1974.

Sprengel-Sprengstoffe

sind Sprengstoffe, bei denen ein fester Sauerstoffträger erst am Verwendungsort mit einem flüssigen Kohlenstoffträger imprägniert wird.

Interessant ist hierbei nur, daß dieser Vorschlag bereits 1873 gemacht wurde. Da es praktisch nicht möglich war, die für eine gute Sprengwirkung notwendige Genauigkeit der Zusammensetzung und innige Durchmischung jedesmal zu erreichen, kamen die Sprengel-Sprengstoffe nur kurze Zeit zur Anwendung. Am bekanntesten ist seinerzeit das Miedziankit-Verfahren (90% Kaliumchlorat, 10% Petroleum) geworden.

Sprenggelatine

blasting gelatine; dynamite gomme

ist einer der stärksten gewerblichen Sprengstoffe. Sie besteht aus 92 – 94% Nitroglycerin, das mit 6 – 8% Collodiumwolle gelatiniert wurde. Sie ist ein idealer Sprengstoff, da sich der Sauerstoffüberschuß des Nitroglycerins und der Sauerstoffmangel der Collodiumwolle gerade ausgleichen.

Beschaffenheit: gelatinös
 Sauerstoffbilanz: +0,6 %
 Explosionswärme: 1546 kcal/kg = 6473 kJ/kg
 Spezifische Energie: 134 mt/kg = 1323 kJ/kg
 Energieniveau: 212 mt/l = 2080 kJ/l
 Normalgasvolumen: 710 l
 Sprengstoffdichte: 1,58 g/cm³
 rel. weight strength: 100 %
 Bleiblockausbauchung: 600 cm³
 Detonationsgeschwindigkeit, freiliegend: 2500 m/s
 Detonationsgeschwindigkeit unter Einschluß: 7700 m/s
 Stauchung nach *Kast*: 8 mm
 Stauchung nach *Hess*: 29 mm
 Detonationsübertragung: 10 cm
 Schlagempfindlichkeit: 0,3 kp m = 2,9 Nm

Da die hohe Sprengleistung selten erforderlich ist, wird Sprenggelatine kaum noch praktisch verwendet.

Sprengkapseln

blasting caps; détonateurs

dienen zum Initiieren von Sprengladungen. Sie bestehen aus zylindrischen Kupfer- oder Aluminiumhülsen, welche eine Primärladung aus einem Initialsprengstoff oder einem Initialsprengstoff-Gemisch (z. B. Bleiazid-Bleitrinitroresorcinat), die von einem durchgelochten Innenhütchen festgehalten wird und meistens zur Erzielung einer höheren Brisanz eine Sekundärladung aus einem hochbrisanten Sprengstoff (Tetryl, Nitropenta, Hexogen) enthalten. Bei der Herstellung werden die einzelnen Sätze nacheinander in die Hülsen eingepreßt.

Die Sprengkapsel kann durch die Flamme einer Zündschnur oder elektrisch gezündet werden. Früher waren für gewerbliche Zwecke 10 Sprengkapseltypen bekannt und genormt, die sich durch die

Menge des Initialsatzes sowie durch ihre Größe unterschieden. Heute wird fast nur noch Sprengkapsel Nr. 8 gefertigt (0,3 g Primärladung, 0,8 g Sekundärladung, 40–45 mm Länge und 7,0 mm äußerer Durchmesser).

Sprengkraft

→ Arbeitsvermögen, Brisanz, Bleiblockausbauchung.

Sprengkulturverfahren

Das Sprengkulturverfahren wurde in den Jahren nach dem ersten Weltkrieg entwickelt und ist seitdem etwas in Vergessenheit geraten. Es empfiehlt das Aussprengen von Pflanzlöchern für Baumpflanzungen, da die Wurzeln im angerissenen Erdreich leichteres Vordringen haben als aus einer mit dem Spaten ausgehobenen Pflanzgrube.

Eine weitere wesentliche Aufgabe ist das Aufreißen wasserundurchlässiger Schichten, um den Ertrag zu steigern.

Sprenglanze

Eine Bezeichnung für → Abstichladungen.

Sprengmittel

Sprengmittel, → Zündmittel und Sprengzubehör sind alle Stoffe, Gegenstände und Geräte, die zur Ausführung einer Sprengung benötigt werden, also die Sprengstoffpatronen (mit der Ausnahme der unpatronierten Anwendung, → PAC-Sprengstoffe und Sprengschlamm), die Sprengkapseln bzw. elektrischen Sprengzünder, ggf. Schwarzpulverzündschnur oder Sprengschnur, Anzündlitze und Anzündlitzerverbinder.

Sprengzubehör sind (Auszug aus § 2 des Sprengstoffgesetzes)

1. Gegenstände, die ihrer Art nach zur Auslösung einer Sprengung oder zur Prüfung der zur Auslösung einer Sprengung erforderlichen Vorrichtung bestimmt sind und die keine explosionsgefährlichen Stoffe enthalten,

2. Sprengstofflade- und Misch-Ladegeräte für explosionsgefährliche Stoffe, die zum Zwecke des Sprengens benutzt werden.

Zum Sprengzubehör gehören also Zündmaschine, Zündkabel, Leitungsprüfer mit oder ohne Widerstandsmessung, sowie Misch- und Lade-Geräte (z. B. zum pneumatischen Laden von unpatroniertem Sprengstoff, und Geräte zum Einblasen von Patronen).

Sprengmomentzündler

instantaneous detonators; détonateurs instantanés

sind → Brückenzünder ohne eingebaute Verzögerungssätze. Sie sprechen auf ausreichenden Zündstrom innerhalb weniger Millisekunden an.

Für seismische Zwecke (→ seismische Sprengstoffe) wurden Momentzündler entwickelt, die innerhalb einer Millisekunde oder weniger bei ausreichendem Zündstrom ansprechen.

Sprengniete

Im Flugzeugbau war es in Fällen, wo es an geeigneter Gegenhaltung und damit der Möglichkeit zum Vernieten durch Schlag fehlte, erwünscht, zum Nieten die Verformung mittels Sprengstoffen anzuwenden.

Beim Sprengniet ist der Nietschaft hohl ausgebildet und innen mit einem zündsatzähnlichen Sprengstoff gefüllt; durch Erwärmen vom Nietkopf her explodiert dieser Satz und weitet den Niethals flaschenförmig auf.

Sprengöl

Mit Sprengöl bezeichnet man flüssige Salpetersäureester, wie Nitroglycerin (Glycerintrinitrat), Nitroglykol, (Aethylenglykoldinitrat), Diglykoldinitrat, Dinitrochlorhydrin, Tetranitrodiglycerin oder Gemische dieser Stoffe.

Sprengpulver

„A“-black blasting powder; poudre noire au nitrate de potasse

ist eine Handelsbezeichnung für Schwarzpulver in Deutschland. Es wird mit folgender Zusammensetzung hergestellt:

Sprengpulver I: 75% Kalisalpeter
10% Schwefel
15% Holzkohle

Sprengpulver II: 70% Kalisalpeter
12% Schwefel
18% Holzkohle

Sprengpulver III: 60% Kalisalpeter
16% Schwefel
24% Holzkohle

Ihre Umsetzung erfolgt, im Gegensatz zu den brisanten Gesteinsprengstoffen, nicht detonativ, sondern in Form einer schnellen Verbrennung. Sie können durch Schwarzpulverzündschnüre initiiert werden*). Sie sind empfindlich gegen Schlag, Reibung, Funken und Feuchtigkeit. Für Sprengungen, bei denen das Gestein schonend behandelt werden muß – beispielsweise bei der Gewinnung von Dachschiefer und zur Gewinnung von Pflaster- und Werksteinen – sind sie geeignet.

Sprengsalpeter

„B“-black blasting powder; poudre noire au nitrate de soude

ist ein schwarzpulverähnliches Gemisch, das anstelle von Kalisalpeter Natronsalpeter enthält. Sprengsalpeter wird in Form von zylindrischen Preßlingen, → „Kunkeln“, mit 25 und 30 mm ϕ und einer zentralen Bohrung von 5 mm ϕ geliefert und verwendet.

Sprengschlamm

Slurries; bouillies; Gelsprengstoffe

Sprengschlamm ist die in der Bundesrepublik eingeführte Bezeichnung für Gelsprengstoffe (Slurries). Sie bestehen aus hochkonzentrierten wässrigen Lösungen von Ammonsalpeter und anderen Nitraten, in denen über die Löslichkeit hinaus weitere Nitratmengen

*) Diese Zündungsart wurde inzwischen verboten.

aufgeschlämmt sind, und aus Brennstoffen zur Aufnahme des Sauerstoffüberschusses der Nitrate; die Gelstruktur der Nitratlösung kann durch Andickungsmittel (z. B. Guarmehl, siehe dort) und zusätzlich durch Quervernetzungsmittel wesentlich beeinflusst werden.

Gelsprengstoffe können sensibilisierende Zusätze, wie z. B. Nitrate organischer Amine, Explosivstoffe wie TNT, Nitropenta, Hexogen u. a. enthalten; auch durch feinstverteilte Luft kann eine Sensibilisierung erzielt werden. Sensibilisierte Slurries erreichen die Kapselempfindlichkeit und detonieren auch in kleineren Durchmessern. Der wichtigste Brennstoff ist Aluminiumpulver; auch wasserlösliche Brennstoffe, wie z. B. Glykol, können Verwendung finden.

Durch Zusätze, welche die Detonationstemperatur herabsetzen (→ „Wettersprengstoffe“) können auch Gelsprengstoffe zu einem gewissen Grad der Wettersicherheit gebracht werden.

Sensibilisierte Sprengschlämme können in Großbohrloch- und in Normal-Durchmessern patroniert zur Anwendung gelangen. Außerdem aber werden Sprengschlämme in Bohrlöcher gepumpt. Durch zeitlich gesteuerte Quervernetzung kann erreicht werden, daß ursprünglich dünne flüssige Schlämme im Bohrloch verdicken und anstehendes Wasser verdrängen, ohne weiteres Wasser in die Sprengstoffmischung eintreten zu lassen. Das Einbringen in die Bohrlöcher erfolgt durch fahrbare Geräte mit Pump- und Mischeinrichtungen; der Sprengstoff kann mit dem Gerät in seiner Leistung dem Sprengungsziel angepaßt und in seiner Viskositäts-Zeit-Kurve durch Dosierung der quervernetzenden Zuschläge beeinflusst werden.

Sprengschnur

detonating fuse; cordeau détonant; primacord

Sprengschnüre enthalten unter Umspinnungen aus Hanf oder Jute und Umspritzungen aus Kunststoff eine Seele aus → Nitropenta. Die Schnur wird mit einer Sprengkapsel initiiert und detoniert mit etwa 7000 m/s; Spezialschnüre können auch Hexogen anstelle Nitropenta enthalten. Sprengschnüre dienen zum Zünden von Sprengungen; die Initiiertfähigkeit der Schnur reicht zum Zünden einer Patrone mit Sicherheit aus, wenn sie anliegt. Zum Zünden mehrerer Sprengungen werden von der „Leitschnur“ Verzweigung-

gen abgeleitet. Beim → Großbohrlochsprengen und bei → Kammerminen ist die Zündung mittels Sprengschnur behördlich vorgeschrieben. Sprengschnüre mit stärkerer Ladung (40 und 100 g/m) dienen zur Zündung von → PAC-Sprengstoffen und als Sprengmittel für das → „Schonende Sprengen“.

Sprengstoffladegeräte; Mischladegeräte

Es gibt:

pneumatische Ladegeräte: wenn der infolge seiner Prillstruktur freirieselnde → PAC-(ANFO-)Sprengstoff nicht durch Schüttung in die Bohrlöcher geladen werden kann (horizontale bzw. schwach steigende oder fallende Bohrlöcher auch geringerer Durchmesser), kann er mittels Blasgerät eingebracht werden. Hierbei wird entweder der einzublasende Stoff in ein Druckgefäß geladen und mit etwa 4 bar Luftdruck belastet; ein vom zu ladenden Bohrloch her steuerbares Ventil am tiefsten Punkt des Geräts führt zu einem langen Schlauch, durch den bei Ventilöffnung ein Stoff-Luft-Gemisch gefördert und in das Bohrloch geladen wird. Andere, tragbare Geräte arbeiten nach dem Injektorprinzip.

Es gibt ferner Mischladegeräte, in denen die nicht als Sprengstoff geltenden Ammonsalpeter-Prills und die zur Beimischung bestimmte Dieselöl-Fraktion getrennt gelagert und kontinuierlich gekoppelt mit dem Einblasevorgang gemischt werden. Pumpfähige → Sprengschlämme werden mit „Slurry-Pumpen“ in die Bohrlöcher eingepumpt. Zum Laden von patroniertem Sprengstoff mittlerer Empfindlichkeit können die Patronen mittels Druckluft mit „Ladepistolen“ in die Bohrlöcher „eingeschossen“ werden.

Sprengstoffgesetzgebung

Explosionsgefährliche Stoffe bedürfen der Zulassung; wer damit umgeht, muß Befähigung nachweisen.

Das frühere Reichsgesetz gegen den verbrecherischen und gemeingefährlichen Gebrauch von Sprengstoffen vom 9. Juni 1884 wurde durch das Anfang 1970 in Kraft getretene und 1976 novellierte Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe und seine Durchführungsverordnungen abgelöst. Das neue Gesetz definiert – im Gegensatz zum alten Reichsgesetz –, was unter einem explosionsgefährlichen Stoff zu verstehen ist; → Explosionsgefährlicher Stoff; Ferner → „ADR“ und „RID“.

Näheres zum Gesetz: *Apel-Keusgen*: Sprengstoffgesetz, 16. Lieferung 1978, Carl Heymanns Verlag, Köln 1970.

Stabilisatoren

stabilizer; stabilisateurs

sind allgemein Verbindungen, die, anderen chemischen Körpern oder Gemischen in geringen Anteilen zugesetzt, letzteren eine größere chemische Stabilität verleihen.

Für nitrocellulosehaltige Treibmittel sollen die Stabilisatoren, vermöge ihres chemischen Aufbaus, den durch Säureabspaltung beschleunigten Zerfall der Salpetersäureester verhindern. Ihre Wirkung beruht darauf, daß sie freie Säure und nitrose Gase binden und dabei selbst in relativ stabile Verbindungen übergehen, ohne Nitrocellulose resp. Nitroglycerin chemisch anzugreifen (zu „verseifen“). Meist werden Substitutionsprodukte des Harnstoffs und Diphenylamin benutzt. Die Stoffe müssen sich gleichmäßig in die Pulvermasse einbringen lassen, nicht flüchtig und nicht wasserlöslich sein. Viele Stabilisatoren wirken bei der Fabrikation der Pulver gleichzeitig als Gelatinatoren (Weichmacher).

Reine Stabilisatoren sind Diphenylamin und → Akardit I.

Stabilisatoren und gleichzeitig Gelatinatoren sind:

Centralit I Symm. Diäthylidiphenylharnstoff
 Centralit II Symm. Dimethyldiphenylharnstoff
 Centralit III Methyläthylidiphenylharnstoff
 Akardit II Methyldiphenylharnstoff
 Akardit III Äthylidiphenylharnstoff
 Äthyl- und Methylphenylurethan
 Diphenylurethan

Reine Gelatinatoren ohne wesentliche stabilisierende Eigenschaften, sind Dibutylphthalat, Diamylphthalat und Campher.

Stabilität

stability; stabilité

Man unterscheidet zwischen chemischer und physikalischer Stabilität. Während die physikalische Stabilität insbesondere für die Beurteilung der Festtreibstoffe wichtig ist, ist die chemische Stabilität für die Beurteilung der Abbauvorgänge von Salpetersäureestern von vorrangiger Bedeutung. Die für Treibmittel zur Verarbeitung gelangenden Salpetersäureester unterliegen, in Abweichung von den diesbezüglich verhältnismäßig stabilen Nitrokörpern, einem ständigen, durch ungenügende Reinigung der Ausgangsstoffe geförderten und im übrigen durch äußere Bedingungen wie

Temperatur und Luftfeuchtigkeit beeinflussen Abbau. Dieser Abbau wird durch die sauren Abspaltungsprodukte autokatalytisch beschleunigt; er kann unter diesen Umständen schließlich bis zur Selbstentzündung führen. Um diese Zersetzung soweit als möglich zu verlangsamen bzw. zu verzögern, werden den Pulvern geeignete Stabilisatoren zugesetzt, welche die sauren Abspaltungsprodukte unter Bildung entsprechender Nitro-Verbindungen aufzunehmen vermögen. Man verwendet hierzu im wesentlichen Diphenylamin, 2-Nitro-Diphenylamin, Centralite und Akardite. Zur Prüfung auf die Stabilität werden verschiedene Tests angewandt (→ Warmlager-teste).

Man unterscheidet zwischen kurzdauernden Prüftests, welche durch erheblichere Temperaturerhöhung die möglichen Zersetzungsreaktionen beschleunigen, und sogenannten Lebensdauer-Testen („surveillance-Testen“), die mehrere Monate bis über ein Jahr ausgedehnt werden. Für eine sichere Beurteilung der Stabilität reichen die kurzdauernden Prüftests allein nicht, zumindest gilt das für noch nicht näher bekannte Produkte.

Stirnabbrand

face burning; combustion en cigarette

(„Zigarettenabbrand“) bezeichnet in der Raketentechnik eine Treibsatzanordnung, bei der sich der Abbrand auf den Brennkammerquerschnitt beschränkt. Man erreicht dies durch Abdecken aller sonstigen Oberflächen mit einer nichtbrennenden Schicht. In derartigen Raketen können lange Brennzeiten (10 Minuten und mehr) mit nahezu konstanten Schüben erzielt werden.

Stoppinen

Stoppinen dienen zur Weiterleitung der Anzündung an Feuerwerkssätze.

Sie bestehen aus 2–16 gedrehten Baumwollfäden, die mit Schwarzpulver imprägniert und getrocknet werden. Man tränkt sie zuerst mit einer alkoholisch-wäßrigen Schwarzpulveraufschlammung, zieht sie dann durch einen Pulverbrei und kalibriert sie mit Durchziehdüsen. Die Imprägniermassen enthalten Colophonium und Gummi Arabikum als Bindemittel. Nach dem Trocknen werden die Stoppinen in Stücke geschnitten; für Großfeuerwerk werden sie auch in paraffinierte Papierröhren eingezogen und an beiden Enden ab-

gebunden; zur Sicherheit werden dann zwei Stoppinen eingeschlaucht.

Die Brennzeit der Stoppinen wird auf 30 bis 100 s/m eingestellt, für eingeschlauchte Stoppinen auf maximal 40 s/m, da sie sonst nicht durchschlagen.

Stoßwelle

shock wave; onde de choc

→ Detonation.

Streustromsicherheit

stray current protection; protection contre les courants vagabonds

Die zunehmende Elektrifizierung hat auch das Auftreten von Streuströmen anwachsen lassen. Als Streustromsicherheit eines elektrischen Zünders bezeichnet man diejenige Stromstärke, bei welcher der Glühdraht die Entzündungstemperatur des Zündsatzes in der Zündpille nicht erreicht. Zur Erhöhung der Streustromsicherheit sind die bisherigen Brückenzünder „A“ durch die unempfindlicheren „U“ ersetzt worden, → Brückenzünder.

Strontiumnitrat

strontium nitrate; nitrate de strontium

$\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$

Mol.-Gew.: 211,7

Sauerstoffwert: + 37,8 %

Stickstoffgehalt: 13,23 %

Strontiumnitrat dient in der Feuerwerkerei und für → Leuchtsätze als flammfärbender Sauerstoffträger für Rotfeuer.

Supercord 40 und Supercord 100

sind die Handelsnamen von → Sprengschnüren, die 40 bzw. 100 g → Nitropenta pro Meter enthalten; sie werden von der Dynamit Nobel AG., Troisdorf, hergestellt und vertrieben.

Kennzeichnende Farbe: rot.

Solche Sprengschnüre werden zur sicheren Initiierung von → PAC (= ANFO-)Sprengstoffen eingesetzt, werden aber auch als selbständige Sprengmittel verwendet, insbesondere für → Schonen-des Sprengen.

Supramit 1, Sytamit 1, Sytex 1 und Sytex 2

Sprengtechnische Daten	Supramit 1	Sytamit 1	Sytex 1	Sytex 2
Beschaffenheit	pulverig grau	pulverig grau	pulverig schwarz	pulverig grau-schwarz
Sauerstoffwert	-8,0	+0,4	+0,24	-0,8 %
Normalgasvolumen	821	906	920	906 l/kg
Explosionswärme	1250 = 5234	975 = 4082	966 = 4045	1008 kcal/kg = 4220 kJ/kg
Spezifische Energie	116 = 1138	104 = 1020	105 = 1030	106 mt/kg = 1040 kJ/kg
Energieniveau	130 = 1275	112 = 1099	105 = 1030	101 mt/l = 991 kJ/l
Dichte	1,12	1,08	1,0	0,95 g/cm ³
Bleibblockausbauchung	405	370	370	350 cm ³ /10 g
relative weight strength	85	82	82	82 %
Detonationsgeschwindigkeit, freiliegend	2700	2800	2300	2400 m/s
im Einschluß	4450	4500	4000	4000 m/s
Stauchung nach Kast	4,8	4,2	3,3	3,5 mm
Stauchung nach Hess	19	18	14	16 mm
Schlagempfindlichkeit	3 = 29	3 = 29	0,8 = 8	0,8 kp m = 8 Nm
Übertragung, freihängend	4	3	5	2 cm

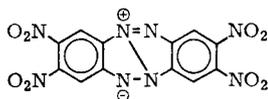
Supramit 1, Sytamit 1, Sytex 1 und Sytex 2 sind die Handelsnamen von pulverförmigen Gesteinsprengstoffen der WASAG CHEMIE Sythen GmbH. Supramit 1 und Sytamit 1 enthalten Zusätze, welche die Sprengstoffe begrenzte Zeit gegen anstehendes Wasser sicher machen; Wassertiefe maximal: 3 m.

Mit Ausnahme von Sytex 1 enthalten die aufgeführten Mischungen keine brisanten Sprengstoffkomponenten, wie z. B. Nitroglycol oder TNT; Syta-mit 1 enthält davon lediglich 4 % Nitroglycol. Die Sauerstoff-negativ bilanzierten Sprengstoffe sind nicht für den Gebrauch unter Tage bestimmt.

Tacot

tetranitrodibenzo tetraza pentalene;
tétranitrodibenzo-tétraza-pentalène

Kurzbezeichnung für Tetranitrobenzo-1,3a,4,6a-tetrazapentalen (Du Pont).



rot-orange-farbene Kristalle

Bruttoformel: $C_{12}H_4N_8O_8$

Mol.-Gew.: 388,1

Sauerstoffwert: $-74,2$

Stickstoffgehalt: 28,87 %

F. (Zersetzung): 378 °C

Dichte: 1,85 g/cm³

Detonationsgeschwindigkeit: 7250 m/s bei

$\rho = 1,64$ g/cm³

Schlagempfindlichkeit: 7 kp m = 69 Nm

(Angaben aus dem Prospektblatt von DuPont, → auch DAS 1164900). Der Stoff wird durch direktes Nitrieren von Dibenzol-1,3a,4,6a-tetraazapentalen in schwefelsaurer Lösung gewonnen.

Tacot ist unlöslich in Wasser und den meisten organischen Lösemitteln, selbst in Aceton ist es nur zu 0,01 % löslich. Löslich in 95 %iger Salpetersäure, etwas löslich in Nitrobenzol und Dimethylformamid. Mit Stahl und Buntmetallen: keine Reaktion.

Der Sprengstoff ist interessant wegen seiner extremen Warmlager-Stabilität; er bleibt funktionsfähig

nach 10 Minuten bei 350 °C

nach 4 Stunden bei 325 °C

nach 10 Stunden bei 315 °C

nach 2 Wochen bei 280 °C

nach 4 Wochen bei 275 °C

Taliani-Test

Dieser Test stellt eine Verbesserung der von Obermüller im Jahre 1904 ausgearbeiteten manometrischen Prüfmethode dar. Die Methode wurde später von Goujon und in neuester Zeit von Brisseaud erheblich verbessert. Bei allen Ausführungen wird das die Probe enthaltende und auf die gewünschte Temperatur gebrachte Prüfrohr evakuiert und der durch die gasförmigen Zersetzungsprodukte bedingte Druckanstieg an einem Hg-Manometer gemessen. Die Durchführung wird im allgemeinen bei Erreichen eines Druckes von 100 mm Hg beendet. Als Prüftemperaturen werden verwendet:

für Nitrocellulose 135 °C

für Treibmittel 110 °C

Da in das Ergebnis außer den gasförmigen Zersetzungsprodukten auch sämtliche bei der Erhitzung gleichfalls einen Druckanstieg verursachenden Komponenten, wie Wasser und Lösemittel, mit eingehen würden, muß die entsprechende Probe vor der Prüfung einer intensiven Trocknung unterzogen werden. Da das Ergebnis auch durch den Ngl-Gehalt eines Treibmittels beeinflusst wird, können mittels dieser Prüfung nur jeweils hinsichtlich ihrer Zusammensetzung gleichartige Treibmittel verglichen werden. Dieser Umstand macht den Einsatz des Taliani-Testes für Treibmittel ebenso problematisch wie die hohe Prüftemperatur. Ebenso nachteilig ist die Notwendigkeit der intensiven Trocknung, derzufolge das zu prüfende Treibmittel in unerwünschter Weise verändert wird, womit die Gefahr der Vortäuschung günstigerer Stabilitätswerte besteht. Für die Prüfung von NC bestehen die letztgenannten Bedenken nicht.

Tetramethylammoniumnitrat

tetramethylammonium nitrate; nitrate de tétraméthylammonium

$(CH_3)_4N NO_3$

Bruttoformel: $C_4H_{12}N_2O_3$

Mol.-Gew.: 136,2

Sauerstoffwert: $-129,2$ %

Stickstoffgehalt: 20,57 %

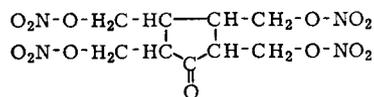
Bildungsenergie: $-569,7$ kcal/kg = -2384 kJ/kg

Bildungsenthalpie: $-607,4$ kcal/kg = -2543 kJ/kg

Während des zweiten Weltkrieges diente diese Verbindung als Kohlenstoffträger in schmelzbaren Ammonsalpetermischungen, welche homogen in die Schmelze einging (→ Ammonite).

Tetramethylcyclopentanontetranitrat

tetramethylcyclopentanone tetranitrate;
tétranitrate de tétraméthylcyclopentanone; Nitropentanon; Fivonite



Bruttoformel: $\text{C}_9\text{H}_{12}\text{N}_4\text{O}_{13}$

Mol.-Gew.: 384

Bildungsenergie: $-398,2 \text{ kcal/kg} = -1666 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-420,6 \text{ kcal/kg} = -1760 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-45,8 \%$

Stickstoffgehalt: $14,59 \%$

F.: $74 \text{ }^\circ\text{C}$

Dichte: $1,59 \text{ g/cm}^3$

Bleiblockausbauchung: 387 cm^3

Detonationsgeschwindigkeit: 7940 m/s bei

$\rho = 1,55 \text{ g/cm}^3$

Durch Kondensation von Formaldehyd und Cyclopentanon erhält man eine Verbindung mit vier $-\text{CH}_2-\text{OH}$ -Gruppen, die zum Tetranitrat nitriert werden kann. Analog herstellbare Verbindungen leiten sich von Hexanon, Hexanol und Pentanol ab. („Sixonite“, „Sixolite“, „Fivolite“):

Tetramethylcyclohexanontetranitrat, Sixonite, $\text{C}_{10}\text{H}_{14}\text{N}_4\text{O}_{13}$

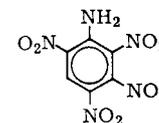
Tetramethylcyclohexanolpentanitrat, Sixolite, $\text{C}_{10}\text{H}_{15}\text{N}_5\text{O}_{15}$

Tetramethylcyclopentanolpentanitrat, Fivolite, $\text{C}_9\text{H}_{13}\text{N}_5\text{O}_{15}$

	Mol.- Gew.	Sauer- stoff- wert %	Bildungs- energie kcal/kg	Bildungs- energie kJ/kg	Bildungs- enthalpie kcal/kg	Bildungs- enthalpie kJ/kg
Sixonite	398,2	-56,3	-402	-1682	-422	-1766
Sixolite	445,3	-44,9	-334	-1397	-357	-1494
Fivolite	431,2	-35,3	-325	-1360	-348	-1456

2,3,4,6-Tetranitroanilin

tetranitroaniline; tétranitroanilin; TNA



hellgelbe Kristalle

Bruttoformel: $\text{C}_6\text{H}_3\text{N}_5\text{O}_8$

Mol.-Gew.: 273,1

Bildungsenergie: $-25,5 \text{ kcal/kg} = -106,6 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-42,8 \text{ kcal/kg} = -179 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-32,2 \%$

Stickstoffgehalt: $25,65 \%$

Normalgasvolumen: 740 l/kg

Explosionswärme: $1240 \text{ kcal/kg} = 5192 \text{ kJ/kg}$

Spezif. Energie: $120 \text{ mt/kg} = 1177 \text{ kJ/kg}$

Dichte: $1,867 \text{ g/cm}^3$

F. (Zersetzung): $216-217 \text{ }^\circ\text{C}$

Bleiblockausbauchung: 400 cm^3

Verpuffungspunkt: $220-230 \text{ }^\circ\text{C}$

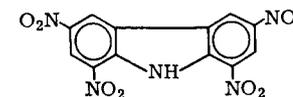
Schlagempfindlichkeit: $0,6 \text{ kp m} = 6 \text{ Nm}$

Tetranitroanilin ist unlöslich in Wasser, löslich in heißem Eisessig und in heißem Aceton, wenig löslich in Alkohol, Benzol, Ligroin und Chloroform.

Tetranitroanilin kann durch Nitrieren von m-Nitroanilin oder von Anilin mit einem Gemisch von Schwefelsäure und Salpetersäure in mäßiger Ausbeute hergestellt werden.

Tetranitrocarbazol

tetranitrocarbazol; tétranitrocarbazol; TNC



gelbe Kristalle

Bruttoformel: $\text{C}_{12}\text{H}_5\text{N}_5\text{O}_8$

Mol.-Gew.: 347,2

Bildungsenergie: $+28,3 \text{ kcal/kg} = +118,5 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: +13,0 kcal/kg = +54,4 kJ/kg
 F.: 285 °C
 Sauerstoffwert: -85,2 %
 Stickstoffgehalt: 20,17 %
 Explosionswärme: 717 kcal/kg = 3004 kJ/kg

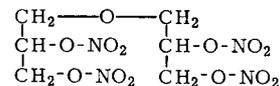
Unlöslich in Wasser, Äther, Alkohol, Tetrachlorkohlenstoff, leicht löslich in Nitrobenzol. Es ist nicht hygroskopisch.

Man erhält Tetranitrocarbazol durch Nitrieren von Carbazol, wobei man dieses zweckmäßig durch Behandlung mit Schwefelsäure bis zur vollständigen Wasserlöslichkeit sulfuriert und die entstandene Sulfosäure, ohne sie zu isolieren, durch Zusatz von Mischsäure in die Nitroverbindung umwandelt.

Tetranitrocarbazol hat als Sprengstoff keine Bedeutung; interessant ist jedoch sein rotgefärbtes Kaliumsalz, das als Zündsatz bzw. als Zwischensatz für die Herstellung von Leuchtsätzen Verwendung gefunden hat. Man erhält es durch Umsatz von Tetranitrocarbazol mit wässriger Kalilauge.

Tetranitrodiglycerin

diglycerol tetranitrate; tétranitrate de diglycérine;
Diglycerintetranitrat



wasserhelles Öl
 Bruttoformel: $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{N}_4\text{O}_{13}$
 Mol.-Gew.: 346,2
 Sauerstoffwert: -18,5 %
 Stickstoffgehalt: 16,18 %
 Dichte: 1,52 g/cm³
 Bleiblockausbauchung: 470 cm³
 Schlagempfindlichkeit: 0,15 kp m = 1,5 Nm

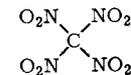
Das reine Tetranitrodiglycerin ist ein sehr dickflüssiges, wasserhelles Öl, nicht hygroskopisch, unlöslich in Wasser, leicht löslich in Alkohol und Äther. Es hat eine geringere Sprengkraft als Nitroglycerin, ist weniger schlagempfindlich und gelatiniert Nitrocellulose schlechter als dieses.

Bei längerem Erhitzen von Glycerin bildet sich neben wenig anderen Polyglycerinen Diglycerin. Nitriert man solche Gemische von Glycerin und Diglycerin, so erhält man Gemische von Nitroglycerin und Tetranitrodiglycerin, die einen tieferen Erstarrungspunkt haben als das reine Nitroglycerin.

Tetranitrodiglycerin fand bei der Herstellung nicht gefrierbarer Dynamite Anwendung, bevor das Glykol über technische Großsynthesen zugänglich war.

Tetranitromethan

tetranitromethane; tétranitrométhane; TNM



farblose Flüssigkeit
 von durchdringendem Geruch
 Bruttoformel: CN_4O_8
 Mol.-Gew.: 196,0
 Sauerstoffwert: +49 %
 Bildungsenergie: +63,0 kcal/kg = +263,7 kJ/kg
 Bildungsenthalpie: +44,9 kcal/kg = +187,9 kJ/kg
 Normalgasvolumen: 685 l/kg
 Explosionswärme: 540 kcal/kg *) = 2259 kJ/kg
 Spezif. Energie: 70,1 mt/kg = 687 kJ/kg
 Dichte: 1,65 g/cm³
 F.: +14,2 °C
 Siedepunkt: 126 °C
 Dampfdruck:

Millibar	Temperatur °C
12	20
57	50
420	100
1010	126

*) Geringe Verunreinigungen erhöhen den experimentell ermittelten Wert leicht über 1 000 kcal/kg.

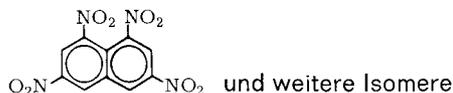
Verpuffung: bei 140 °C Zersetzung
 Detonationsgeschwindigkeit: 6360 m/s bei
 $\rho = 1,65 \text{ g/cm}^3$
 Kp.: 126 °C
 Schlagempfindlichkeit: 2 kp m = 19 Nm

Tetranitromethan ist in Wasser nicht löslich, wohl aber in Alkohol und Äther. Die leichtflüchtige Verbindung ist ein starkes Lungengift. Für sich allein ist das sauerstoffreiche Derivat nur wenig explosiv, doch bildet es mit Kohlenwasserstoffen (z. B. Toluol) Gemische von höchster Brisanz.

Bei der Nitrierung von aromatischen Kohlenwasserstoffen mit hochkonzentrierten Säuren bei hoher Temperatur entsteht das Tetranitromethan als Nebenprodukt durch Ringspaltung. Es kann auch durch Einwirkung von Salpetersäure auf Acetylen bei Anwesenheit von Quecksilbernitrat als Katalysator dargestellt werden. Nach einer neueren Methode wird Tetranitromethan erhalten, wenn man einen langsamen Strom von Keten in 100 %ige gekühlte Salpetersäure einleitet. Beim Eingießen des Reaktionsgemisches in Eiswasser wird Tetranitromethan abgeschieden.

Tetranitronaphthalin

tetranitronaphthalene; tétranitronaphtalène



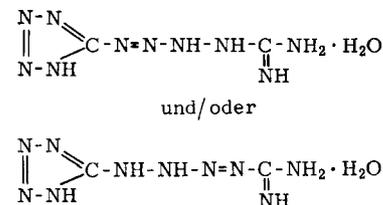
bräunliche Kristalle
 Bruttoformel: $\text{C}_{10}\text{H}_4\text{N}_4\text{O}_8$
 Mol.-Gew.: 308,2
 Bildungsenergie: +23,7 kcal/kg = +99,2 kJ/kg
 Bildungsenthalpie: +8,4 kcal/kg = +35,3 kJ/kg
 Sauerstoffwert: -72,7 %
 Stickstoffgehalt: 18,18 %
 F. (Isomerengemisch): erweicht ab 190 °C

Tetranitronaphthalin ist ein Isomerengemisch, das durch Weiternitrierung der Dinitronaphthaline entsteht.

Die Tetrastufe ist nur schwierig zu erreichen. Das Rohprodukt ist unrein und unregelmäßig in seinem Aussehen. Es läßt sich mittels Eisessig reinigen.

Tetrazen

*tetrazene; tétrazène; Tetrazolyl-guanyl-Tetrazen-Hydrat**



flaumige, farblose bis schwachgelbe Kristalle
 Bruttoformel: $\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_{10}\text{O}$
 Mol.-Gew.: 188,2
 Bildungsenergie: +270,2 kcal/kg = +1130 kJ/kg
 Bildungsenthalpie: +240,2 kcal/kg = +1005 kJ/kg
 Sauerstoffwert: -59,5 %
 Stickstoffgehalt: 74,43 %
 Dichte: 1,7 g/cm³
 Bleiblockausbauchung: 155 cm³/10 g
 Verpuffungspunkt: ca. 140 °C
 Schlagempfindlichkeit: 0,1 kp m = 1 Nm

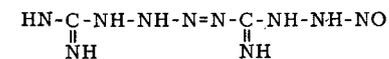
Tetrazen wird der Gruppe „Initialsprengstoffe“ zugeordnet. Die eigene Initiierungswirkung ist jedoch gering.

Tetrazen ist praktisch unlöslich in Wasser, Alkohol, Äther, Benzol und Tetrachlorkohlenstoff.

Tetrazen wird durch Umsetzung wäßriger Lösungen von Aminoguanidinsalzen und Natriumnitrit hergestellt.

Tetrazen ist ein wirkungsvoller, rückstandslos zerfallender Zündstoff, er dient bei erosionsfreien Zündsätsen auf Basis von Bleitri-nitroresorcinat als Zusatz, um die Ansprechempfindlichkeit zu erhöhen. Seine Schlag- und Reibungsempfindlichkeit sind etwa gleich der von Knallquecksilber. Auch Zündsätze für Sprengnieten enthalten Tetrazen.

*) Die bisher in der Literatur aufgeführte Strukturformel:



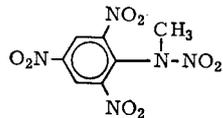
wurde 1954 durch Patinkin richtiggestellt (Chem. Zentralblatt 1955, S. 8377.)

Technische Reinheitsforderungen

Feuchtigkeit: nicht über	0,3 %
Reaktion des wäßrigen Auszugs mit Universalindikatorpapier:	keine Säureanzeige
mechanische Verunreinigungen:	keine
Schüttdichte: etwa	0,3 g/cm ³
Verpuffungspunkt: nicht unter	138 °C

Tetryl

tetryl; tetryl; trinitro-2,4,6-phényl-méthyl-nitramine;
Trinitrophenylmethylnitramin; Tetranitromethylanilin; Pyronite;
Tetra; Tetralit; Tetralita; CE



feines gelbliches Pulver
Bruttoformel: C₇H₅N₅O₈
Mol.-Gew.: 287,2
Bildungsenergie: +46,7 kcal/kg = +195,4 kJ/kg
Bildungsenthalpie: +28,1 kcal/kg = +117,7 kJ/kg
Sauerstoffwert: -47,4 %
Stickstoffgehalt: 24,39 %
Normalgasvolumen: 800 l/kg
Explosionswärme: 1140 kcal/kg = 4773 kJ/kg
Spezif. Energie: 122 mt/kg = 1200 kJ/kg
Dichte: 1,73 g/cm³
F. (technisches Produkt 128,5 °C): 131 °C (Zersetzung)
Schmelzwärme: 22,2 kcal/kg = 93,0 kJ/kg
Bleiblockausbauchung: 410 cm³
Detonationsgeschwindigkeit: 7850 m/s bei
 $\rho = 1,71 \text{ g/cm}^3$
Verpuffungspunkt: 185-195 °C
Schlagempfindlichkeit: 0,3 kp m = 3 Nm
Reibempfindlichkeit: 36 kp Stiftbelastung
Grenzdurchmesser Stahlhülisentest: 6 mm

Tetryl ist giftig, in Wasser fast unlöslich, schwer löslich in Alkohol, Äther, leichter in Benzol und noch besser in Aceton.

Es wird durch Lösen von Mono- und Dimethylanilin in Schwefelsäure und Eintragen der Lösung unter Kühlung in Salpetersäure gewonnen.

Tetryl ist ein sehr brisanter und kräftiger Sprengstoff von gutem Initiiervermögen, der zur Herstellung von Zündladungen und als Sekundärladung für Sprengkapseln gebraucht wird. Infolge seines verhältnismäßig hohen Schmelzpunktes wird es nicht in gegossenem, sondern in gepreßtem Zustand verwendet. Zusammen mit Trinitrotoluol diente es als Füllung für Granaten und Torpedoköpfe.

Technische Reinheitsforderungen

Schmelzpunkt	mindestens 128,5 °C	
Flüchtige Bestandteile		
einschl. Feuchte	höchstens	0,10 %
Benzolunlösliches	höchstens	0,07 %
Aschegehalt	höchstens	0,03 %
Azidität (als HNO ₃)	höchstens	0,005 %
Alkalität	frei	

Tetrytol

Schlagempfindlichkeit: 0,5 kp m

Reibempfindlichkeit: bis 36 kp Stiftbelastung keine

ist eine gießbare Mischung aus 70 % Tetryl und 30 % TNT.

Thermische Sensibilität

heat sensibility; sensibilité à la chauffe externe

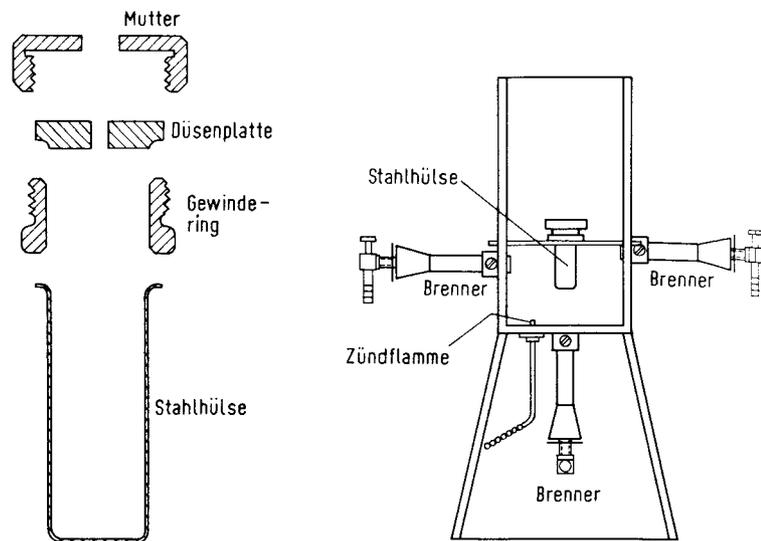
Die thermische Sensibilität wird festgestellt durch die Prüfung der Entzündbarkeit der Explosivstoffe durch glühende Körper, Flammen oder Funken, insbesondere durch Cereisenfunken, den Zündstrahl einer Schwarzpulverzündschnur, einen glühenden Eisenstab oder eine Flamme.

In der Eisenbahnverkehrsordnung ist ferner eine Methode beschrieben, bei der eine Probe von ca. 500 g Sprengstoff in einem Blechkästchen bestimmter Abmessung einem Holzfeuer ausgesetzt und das Verhalten dabei (Abbrand, heftige Zersetzung oder Zerknall) beobachtet wird.

Diese für die Beurteilung der Transportsicherheit wichtigen Prüfungen wurden von der BAM in Gestalt des „Stahlhülisentests“ vervollkommen.

Prüfverfahren

Die Substanz wird in einer zylindrischen nahtlos gezogenen Stahlhülse 25 ϕ \times 24 ϕ \times 75 mm bis zu einer Höhe von 60 mm eingefüllt und die Hülse mit einer Düsenplatte verschlossen, die eine



Die Teile der Stahlhülse

Stahlhülse im Brennerkasten

Abb. 15: Stahlhülstest

kreisrunde zentrale Bohrung von bestimmtem Durchmesser hat. Diese Düsenöffnung kann von 1–20 mm ϕ variiert werden; hinzu kommt die Öffnung von 24 mm ϕ , die gegeben ist, wenn die Hülse ohne Düsenplatte verwendet wird. Die versuchsfertige Hülse wird in einem Schutzkasten durch vier Brenner gleichzeitig erhitzt und die Zeit bis zur beginnenden Verbrennung und die Verbrennungszeit selbst abgestoppt. Weiterhin wird durch Variierung des Düsendurchmessers der Grenzdurchmesser festgestellt, bei dem die Druckstauung beim Abbrand in der Stahlhülse zur Explosion führt. Als Explosion gilt die Zerlegung der Hülse in einige grobe (mindestens drei) oder viele kleine Splitter.

Auf diese Weise werden reproduzierbare Zahlenangaben erhalten, die eine sichere Einstufung der explosionsfähigen Stoffe nach ihrer Gefährlichkeit ermöglichen.

*) Alle Prüfapparaturen nach Vorschriften der BAM können bezogen werden bei Julius Peters, Stromstr. 39, 1 Berlin 21.

Thermische Sensibilität explosionsfähiger Stoffe beim Erhitzen unter Einschluss, ermittelt in Stahlhülsen mit einer definierten Öffnung (Stahlhülsenverfahren der BAM*)

Angegeben ist der größte Durchmesser der kreisrunden Öffnung in mm („Grenzdurchmesser“), bei dem unter drei Versuchen mindestens einmal Explosion eintritt.

Stoff	„Grenzdurchmesser“ mm	Zeit bis zur beginnenden Verbrennung	
		t ₁ s	t ₂ s
A. Einheitliche Sprengstoffe			
Nitroglycerin	24	13	0
Nitroglykol	24	12	10
Nitrocellulose 13,4% N	20	3	0
Nitrocellulose 12,0% N	16	3	0
Hexogen	8	8	5
Ammoniumperchlorat	8	21	0
Nitropenta	6	7	0
Tetryl	6	12	4
Trinitrotoluol	5	52	29
Pikrinsäure	4	37	16
Dinitrotoluol	1	49	21
Ammoniumnitrat	1	43	29
B. Sprengstoffmischungen			
Sprenggelatine	24	8	0
Gurdynamit	24	13	0
Dynamit 1	20	7	0
Ammon-Gelit 1	14	10	0
Wetter-Wasagit B	14	12	0
Geosit 3	12	8	0
Seismogelit 2	10	25	0
Ammon-Gelit 3	3	9	0
Donarit 1	2,5	32	102
Wasamon	2	25	4
Ammonit 1	1,5	24	40
Wetter-Energit B	1	26	43
Wetter-Roburit B	1	28	69

*) Beschreibung des Prüfverfahrens: Arbeitsschutz (Fachteil des Bundesarbeitsblattes), Heft 3/1961, S. 53.

Thermit

werden Mischungen aus Aluminium und Eisenoxid (25/75) genannt, die sich unter starker Wärmeentwicklung zu Aluminiumoxid und Eisen umsetzen. Es wird zum Schienenschweißen verwendet. Im zweiten Weltkrieg wurde es als Brandbombenfüllung eingesetzt (→ Koruskativs).

Thermoanalyse

thermic differential analysis; analyse thermique différentielle

bezeichnet Methoden, bei denen die zu prüfende Substanz bei ansteigender Erwärmung auf kalorisches Verhalten untersucht werden; dazu gehören die Thermogravimetrie („TG“) und die Differential-Thermo-Analyse („DTA“).

Die Thermogravimetrie registriert laufend die Gewichtsänderungen einer Probe, die sich in einem Ofen befindet, der mit einer gewünschten Geschwindigkeit aufgeheizt wird. Solche Gewichtsveränderungen können z. B. durch Abgabe von Feuchtigkeit oder Gasen durch Verbrennung oder chemische Zersetzungsreaktionen eintreten. So kann die Thermowaage auch zur Untersuchung der thermischen Stabilität von Explosivstoffen dienen.

Die Thermowaage kann mit der Differential-Thermo-Analyse gekoppelt werden. Die DTA registriert geringe Temperaturdifferenzen, die während des Aufheizens zwischen der Probe und einer Vergleichsprobe auftreten. Es werden so alle physikalischen und chemischen Prozesse, die mit einer zusätzlichen Wärmeaufnahme oder Wärmeabgabe der Substanz verbunden sind, aufgezeichnet. Beispiele für solche Prozesse sind Kristallgitterumwandlungen, Schmelzen, Verdampfen, chemische Reaktionen und Zersetzungen. Damit erlaubt die „DTA“ eine differenziertere Aussage über das Verhalten von Explosivstoffen bei ansteigendem Erhitzen, als mit der Bestimmung der → Verpuffungstemperatur erhalten wird.

Literatur: Krien, Explosivstoffe **13**, 205 (1965).

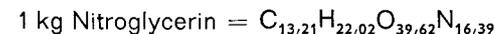
Thermodynamische Berechnung der Umsetzung von Explosivstoffen

Aus der chemischen Formel und der Bildungsenergie der Explosivstoffkomponenten (→ Arbeitsvermögen, Bildungswärme, Explosionswärme) lassen sich wesentliche Kennzahlen der Sprengstoffe und Treibmittel errechnen. Diese sind:

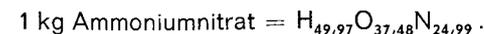
- die Sauerstoffbilanz,
- die Explosionswärme,
- das Volumen der abgekühlten Schwaden (Normalgasvolumen, Normalvolumen, Schwadenvolumen),
- die Explosionstemperatur,
- die „spezifische Energie“, d. h. die durch Gasbildung und -erwärmung erbringbare thermodynamische Arbeit.

Bei der Explosion eines dazu fähigen Stoffes (→ explosionsfähiger Stoff) oder Stoffgemisches geht das durch seine Zusammensetzung und seine Zustandsdaten (Druck p_1 , Volumen V_1 , Temperatur T_1) charakterisierte metastabile System „A“ ohne Hinzutreten anderer damit reagierender Stoffe in den Explosionszustand „X“ (Druck p_2 , Volumen V_2 , Temperatur T_2) unter Freiwerden der Explosionswärme und Entbindung überwiegend gasförmiger Explosionsprodukte über. A möge sich aus den Komponenten A_1, A_2, A_3 usw. in den entsprechenden Gewichtsprozenten a_1, a_2, a_3 usw. zusammensetzen. Bestehen die Komponenten – was meistens der Fall ist – nur aus den Atomen C, H, O und N, so können die Zerfallsprodukte: $\text{CO}_2, \text{CO}, \text{H}_2\text{O}$ (gasförmig), $\text{N}_2, \text{H}_2, \text{O}_2, \text{NO}$ und C (ausgeschiedener Kohlenstoff) gebildet werden.

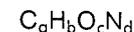
Als ersten Rechenschritt stellt man die einem kg der explodierenden Mischung zugehörige Summenformel auf: Tabelle 18 gibt die Atomzahlen (und die Bildungsenergien und -enthalpien) pro kg für die meisten möglichen Explosivstoffkomponenten und deren Zusätze an. Danach kann man auf das kg bezogene Bruttoformeln aufstellen, z. B.



oder



Durch aliquote Addition läßt sich auch für jede Mischung eine solche, auf 1 kg Mischung bezogene Summenformel



gewinnen. Dieser erste Rechenschritt wird weiter unten an einem Beispiel verdeutlicht.

Beim Übergang der Ausgangsmischung A in den Explosionszustand X treten keine weiteren Stoffe hinzu; also ist

$$1 \text{ kg A} = 1 \text{ kg X.}$$

Aus den genannten Elementen C, H, O und N können sich bilden: CO₂; CO; H₂; H₂O, N₂ und NO, sowie ausgeschiedener Kohlenstoff C; es wäre also

$$C_a H_b O_c N_d = 1 \text{ kg X} = n_1 \text{CO}_2 + n_2 \text{H}_2\text{O} + n_3 \text{N}_2 + n_4 \text{CO} + n_5 \text{H}_2 + n_6 \text{NO} + n_7 \text{C}$$

Enthält die Zusammensetzung Metall-Elemente, z. B. Natrium- oder Kalium-Nitrat, Erdalkali- oder Blei-Salze, so rechnet man (wiederum konventionell) alle Alkali-Anteile auf ihre Karbonate als Explosionsprodukt, bei allen anderen Metallen nimmt man ihre Oxide als Reaktionsprodukt an; enthält der Explosivstoff Chlor, so wird auf Chloride bzw. Chlorwasserstoff, bei Schwefel auf SO₂ gerechnet.

Aus der Stöchiometrie allein lassen sich bereits folgende Beziehungen aufstellen:

$$a = n_1 + n_4 + n_7 \quad (1)$$

(Kohlenstoffhaltige Moleküle, plus ausgeschiedener Kohlenstoff)

$$b = 2 n_2 + 2 n_5 \quad (2)$$

(Wasserstoffhaltige Moleküle)

$$c = 2 n_1 + n_2 + n_4 + n_6 \quad (3)$$

(Sauerstoffhaltige Moleküle)

$$d = 2 n_3 + n_6 \quad (4)$$

(Stickstoffhaltige Moleküle).

Ist der im Stoffgemisch A gebundene Sauerstoff zur vollständigen Umsetzung zu CO₂ und H₂O ausreichend oder überschüssig („positive Sauerstoffbilanz“, s. dort), so kann man die Molzahlen der Schwadenkomponenten in erster Näherung*) sofort berechnen, wenn man den Kohlenstoff und den Wasserstoff voll mit Sauerstoff umsetzt, den überschüssigen Sauerstoff als O₂ und den Stickstoff als N₂ annimmt; die Gleichungen (1) bis (4) werden damit einfacher:

$$a = n_1 \quad (1 \text{ a})$$

$$b = 2 n_2 \quad (2 \text{ a})$$

*) Bei bergmännischen Sprengungen wird auch bei positiver Sauerstoffbilanz neben CO₂, H₂O und N₂ immer etwas CO und etwas NO gebildet, das bei der Schwadenverdünnung mit Luft langsam zu NO₂ aufoxidiert wird (→ „Schwadenbeurteilung“).

$$c = 2 n_1 + n_2 \quad (3 \text{ a})$$

$$d = n_3 \quad (4 \text{ a})$$

Ist dagegen die Sauerstoffbilanz negativ, so wird die Berechnung der Zusammensetzung der Explosionsprodukte erheblich komplizierter. Für die zu errechnende Explosionstemperatur müssen die Molzahlen für H₂, CO, CO₂ und H₂O das Wassergasgleichgewicht erfüllen:

$$\text{CO}_2 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CO} + \text{H}_2\text{O}; \quad K_2(T; p) = \frac{[\text{CO}][\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}_2][\text{H}_2]} \quad (5)$$

Für alle Treibstoffe (Rohrwaffenpulver und Raketentreibsätze) liegen negative Bilanzen vor; zudem handelt es sich dann hierbei nicht, wie bei den gewerblichen Sprengstoffen, um eine Werteermittlung unter konventionellen Annahmen, sondern die exakte Vorausberechnung von zu erwartenden ballistischen Leistungszahlen. Ist die Sauerstoffbilanz erheblich negativ (z. B. bei TNT: –73,9%), so muß auch die Ausscheidung von elementarem Kohlenstoff in Rechnung gestellt und das *Boudouard*-Gleichgewicht

$$\text{CO}_2 + \text{C} \rightleftharpoons 2 \text{CO}; \quad K_2(T; p) = \frac{[\text{CO}]_2}{[\text{CO}_2]} \quad (6)$$

mit einbezogen werden. Bei hochenergetischen Zusammensetzungen, aber auch bei Umsätzen von Raketentreibsätzen, die unter niedrigeren Drucken verlaufen, kommen noch zahlreiche Dissoziationsreaktionen mit ihren temperatur- und druckabhängigen Gleichgewichten hinzu.

Zunächst sei nun der einfachste Fall betrachtet:

1. Konventionelle Datenberechnung für gewerbliche Sprengstoffe

Bei ihrer Umsetzung wird angenommen, daß sie „isochorisch“, d. h. theoretisch in einem unzerstörbaren, wärmeundurchlässigen Einschluß verläuft. Am besten wird die Berechnung an einem Beispiel verdeutlicht:

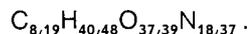
die Zusammensetzung des zu berechnenden Sprengstoff sei:

- 8 % Nitroglycerin
- 30 % Nitroglykol
- 1,5 % Nitrocellulose
- 53,5 % Ammoniumnitrat
- 2 % Dinitrotoluol
- 5 % Holzmehl.

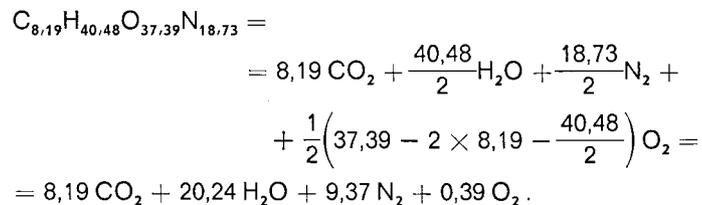
Die Atomzahlen pro kg für C, H, O und N errechnen sich aus folgender Tabelle:

	C	H	O	N
Nitroglycerin 13,21 C; 22,02 H; 39,62 O; 13,21 N; davon 8 %:	1,057	1,762	3,170	1,057
Nitroglykol 13,15 C; 26,30 H; 39,45 O; 13,15 N; davon 30 %:	3,945	7,890	11,835	3,945
Nitrocellulose (12,5 % N) 22,15 C; 27,98 H; 36,3 O; 8,92 N; davon 1,5 %:	0,332	0,420	0,545	0,134
Ammoniumnitrat 49,97 H; 37,48 O; 24,99 N; davon 53,5 %:	—	26,73	20,052	13,37
Dinitrotoluol 38,43 C; 32,94 H; 21,96 O; 10,98 N; davon 2 %:	0,769	0,659	0,439	0,220
Holzmehl 41,7 C; 60,4 H; 27,0 O; davon 5 %:	2,085	3,02	1,35	—
	8,19	40,48	37,39	18,73

Damit kann ein Kilogramm der Sprengstoffmischung als folgende Formel geschrieben werden:



Die gleiche Rechenoperation ist als erster Schritt für Rohrwaffenpulver und Raketentreibsätze genau so vorzunehmen. Für die konventionelle Berechnung der gewerblichen Sprengstoffe mit positiver Sauerstoffbilanz kann nun nach den oben angegebenen Gleichungen (1) bis (4) die Zerfallsreaktion wie folgt geschrieben werden:



Die reale Zusammensetzung der Detonationsgase ist etwas anders, weil in geringerem Umfang auch CO und NO gebildet werden.

1.1. Explosionswärme

In der Tabelle 18 sind auch die Bildungsenergien und -enthalpien der Sprengstoffe und ihrer Komponenten aufgeführt. Da, wie oben gesagt, der Zerfall isochorisch, d. h. bei konstantem Volumen, angenommen wird, sind die Werte für die Bildungsenergien (die sich auf konstantes Volumen beziehen) heranzuziehen. Tabellen 19 und 21 geben die Werte der Bildungsenergien (und -enthalpien) für die Explosionsprodukte. Die Differenz zwischen den errechneten Summenwerten für die Bildungsenergien der Explosionsprodukte und der Ausgangsmischung vor dem Zerfall ergibt die Explosionswärme:

Tabelle 11. Errechnung der Bildungsenergie der Ausgangsmischung:

Komponente	Bildungsenergie kcal/kg	davon %	
Nitroglycerin	— 369,7	8	= — 29,58
Nitroglykol	— 359,8	30	= — 107,94
Nitrocellulose	— 619,9	1,5	= — 9,30
Ammoniumnitrat	— 1054	53,5	= — 563,89
DNT	— 70	2	= — 1,40
Holzmehl	— 1090	5	= — 54,5
			764,6

Tabelle 12. Errechnung der Bildungsenergie der Explosionsprodukte („Schwaden“):

Komponente	Bildungsenergie kcal/mol	Mol-Zahl	Komponenten-Anteil
CO ₂	— 94,05	8,19	— 770,27
H ₂ O (Dampf)	— 57,50	20,24	— 1163,80
			— 1934,1

Damit errechnet sich als Differenz die Explosionswärme:

$$\begin{aligned}
 -764,6 - (-1934,1) &= +1934,1 - 764,6 = 1169,5, \\
 &\text{abgerundet } \mathbf{1170} \text{ kcal/kg, bezogen auf H}_2\text{O-dampfförmig; will man} \\
 &\text{den auf H}_2\text{O-flüssig bezogenen Wert errechnen, muß man die ent-} \\
 &\text{sprechende Bildungsenergie (-67,43 anstelle -57,50 kcal/mol)} \\
 &\text{einsetzen und erhält } 1371 \text{ kcal/kg} = 5740 \text{ kJ/kg.}
 \end{aligned}$$

1.2. Normalgasvolumen

Konventionell wird als Normalgasvolumen das Volumen der gasförmigen Reaktionsprodukte von 1 kg Sprengstoff bei „Normalbedingungen“, d. h. bei 0 °C und 1 Atmosphäre Druck angegeben: ein Mol ideales Gas nimmt unter den Bedingungen bekanntlich 22,4 l ein; durch Multiplikation der Molzahl der gasförmigen Reaktionsprodukte mit 22,4 ergibt sich das Normalgasvolumen:

CO ₂ :	8,19
H ₂ O:	20,24
N ₂ :	9,37
O ₂ :	0,39

Summe: 38,19 × 22,4 = 855 l/kg Normalgasvolumen.

1.3. Detonationstemperatur

Als Detonationstemperatur gilt in diesem Zusammenhang die Temperatur, welche die Reaktionsprodukte annehmen würden, wenn die Detonation isochorisch, also im unzerstörbaren und wärmeundurchlässigem Einschluß abliefe. Diese Definition ist verschieden von der realen Temperatur der Gase in der Detonationswellenfront, wie unter dem Stichwort „Detonation; hydrodynamische Theorie der Detonation“ dargestellt; jene Temperatur ist höher.

Die hier zu ermittelnde Detonationstemperatur wird wie folgt errechnet:

Der Wärmeinhalt der Detonationsprodukte muß gleich sein der berechneten Explosionswärme. Tabelle 22 gibt nun die „inneren Energien“ der verschiedenen Gase und von festem Kohlenstoff als Funktion der absoluten Temperatur K an. Nun nimmt man einen wahrscheinlich zu niedrigen und einen zu hohen Wert für die Detonationstemperatur an und berechnet aus Tabelle 22 die entsprechenden Energie-Inhalte. Für das Rechenbeispiel seien als zu niedrig 3600 K und als zu hoch 3700 K angenommen; dann ergeben sich:

Tabelle 13.

	Mol-Zahl	3600 K	Energie-Inhalt kcal	3700 K	Energie-Inhalt kcal
CO ₂	8,19	38,76	317,4	40,10	328,4
H ₂ O	20,24	30,50	617,3	31,63	640,2
N ₂	9,37	20,74	194,3	21,45	201,0
O ₂	0,39	22,37	8,7	23,15	9,0
			1138		1178

Linear interpoliert auf den oben errechneten Wert 1170 kcal/kg ergibt sich die Detonationstemperatur **3680 K**.

Für den betrachteten Typ von Ammoniumnitrat-Nitroglycerin-Sprengstoffe können folgende Temperaturwerte in Abhängigkeit von den Werten für die Explosionswärme empfohlen werden:

Tabelle 14.

Explosionswärme kcal/kg	zu niedrig K	zu hoch K
900	2900	3000
950	3000	3100
1000	3100	3200
1050	3300	3400
1100	3400	3500
1150	3500	3600
1200	3700	3800

1.4. Spezifische Energie

Bleibt man bei der Modellvorstellung von der Detonation im unzerstörbaren wärmeundurchlässigen Einschluß, so kann man für die eingeschlossenen heißen Gase auch deren Druck berechnen. Dieser Druck multipliziert mit dem Volumen des einen Kilogramm Sprengstoff hat die Dimension einer Energie; er wird daher als „spezifische Energie“ bezeichnet. Auch diese Druckberechnung hat – wie die Detonationstemperatur – mit dem Druck der Detonationsgase in der Detonationswellenfront (→ Detonation; hydrodynamische Theorie) nichts zu tun, wiederum ist jener ganz erheblich höher. Die spezifische Energie ist die beste Rechengröße, um die → Arbeitsleistungen der verschiedenen Sprengstoffe vergleichen zu können; einem Vorschlag von J. F. Roth folgend in einem mechanischen Energiemaß, in Metertonnen pro kg abgegeben, um das Arbeitspotential eines Sprengstoffs anschaulich zu machen.

Die spezifische Energie *f* errechnet sich aus der Gleichung

$$f = n R T_{ex}$$

n: Zahl der gasförmigen Explosionsprodukte;

T_{ex}: die berechnete Detonationswärme in Grad Kelvin K, siehe oben;

R: die Gaskonstante; wird das Resultat in Metertonnen gewünscht, ist für $R 8,478 \cdot 10^{-4}$ *) einzusetzen.

*) Werte in anderen Energiedimensionen: → Tabellen auf dem Vorsatzpapier des Bucheinbands hinten.

Für das Rechenbeispiel ist

$$n = 38,19$$

$$T_{\text{ex}} = 3680 \text{ K}$$

$$f = 38,19 \cdot 8,478 \cdot 10^{-4} \cdot 3680 = 119,1 \text{ mt/kg.}$$

1.5. Energieniveau

Wiederum *J. F. Roth* folgend, wurde auch die Kenngröße „Energieniveau“ geschaffen; sie gibt die spezifische Energie bezogen auf die Volumeneinheit anstelle der Gewichtseinheit an und wird erhalten, wenn man den Wert der spezifischen Energie mit der Ladedichte des Sprengstoffs multipliziert:

$$l = \rho \cdot f$$

l: Energieniveau mt/l
ρ: Dichte in g/cm³
f: spezifische Energie mt/kg.

Eine Zusammensetzung, wie im Rechenbeispiel betrachtet, würde einen gelatinösen Sprengstoff darstellen und eine Dichte $\rho = 1,5 \text{ g/cm}^3$ erwarten lassen; das Energieniveau wäre dann also

$$l = 1,5 \times 119,1 = 178,7 \text{ mt/l.}$$

Bei pulverförmigen Sprengstoffen, deren Dichte meistens in der Nähe von 1 g/cm^3 liegt, sind spezifische Energie und Energiedichte numerisch praktisch gleich.

1.6. Sauerstoffbilanz

Diese Berechnung ist unter dem Stichwort „Sauerstoffwert“ dargestellt; siehe dort. Das Rechenbeispiel ergäbe +1,2 %.

2. Sprengstoffe und Treibstoffe mit negativer Sauerstoffbilanz

2.1. Berechnung von Rohrwaffenpulvern

Auch dieser Vorgang wird isochorisch, also bei konstantem Volumen angenommen (exaktere innenballistische Rechnungen müssen allerdings die Volumenvergrößerung berücksichtigen, welche sich aus dem Beginn der Geschößbewegung im Lauf der Waffe ergibt).

Der erste Rechenschritt ist auch hier die Aufstellung der Summenformel $C_a H_b O_c N_d$, allerdings ist nun

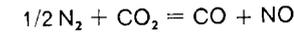
$$c < 2a + \frac{1}{2}b$$

und, wie oben (Seite 277) bereits dargelegt, müssen die Gleichgewichte (5) und (6) berücksichtigt werden. Bei der Gleichgewichtsreaktion (5) treten

keine Molzahländerungen ein, das Gleichgewicht ist Temperatur-, aber nicht Druck-abhängig, daher kann Gleichung (5) auch

$$K_1 = \frac{n_2 \cdot n_4}{n_1 \cdot n_5} \tag{5a}$$

geschrieben werden. Als weiteres zu berücksichtigendes Gleichgewicht muß die NO-Bildung einbezogen werden



mit der Gleichgewichtsbeziehung

$$K_3 = \frac{[\text{CO}] \cdot [\text{NO}]}{[\text{N}_2]^{1/2} \cdot [\text{CO}_2]} = \frac{\frac{p}{n} n_4 \cdot \frac{p}{n} n_6}{\frac{p}{n} n_2^{1/2} \cdot \frac{p}{n} n_1}$$

oder

$$K_3 = \sqrt{\frac{p}{n} \frac{n_4 \cdot n_6}{n_2 \cdot n_1}} \tag{7}$$

K_3 : Gleichgewichtskonstante Reaktionsgase;

p : Gesamt-Druck; $\frac{p}{n} n_1, \frac{p}{n} n_2$ usw. die Partialdrucke der entsprechenden

n : Gesamt-Molzahl, $n_1, n_2 \dots n_6$ die Molzahlen von $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}, \text{N}_2, \text{CO}, \text{H}_2$ und NO ; n_7 bezeichnet die Menge ausgeschiedenen Kohlenstoffs.

Die Gleichgewichtsbeziehung (6), das Boudouardgleichgewicht (s. o.) ist ebenfalls druckabhängig, da eine Molzahländerung eintritt.

Alles in allem entsteht für die sieben Unbekannten n_1 bis n_7 ein System von 7 nicht-linearen Gleichungen innerhalb deren jede Änderung der Molzahlen eine Änderung von Temperatur und Druck bewirkt, die wiederum die Höhe der Gleichgewichtskonstanten K_1, K_2 und K_3 beeinflussen. Das System ist nur durch sog. „Iteration“, d. h. unter Durchrechnung auf Annahmen von Temperatur- und Druckwerten und schrittweise Annäherung an die richtigen Werte, bei denen alle Gleichgewichtsbeziehungen erfüllt werden, zu erreichen (ein besonders einfacher Fall einer „Iteration“ wurde oben bei der Berechnung der Detonationstemperatur der sauerstoffpositiven Sprengstoffe gezeigt).

Müssen Dissoziationsgleichgewichte berücksichtigt werden, so bedeutet jedes Gleichgewicht mehr eine Unbekannte und eine Gleichung mehr im Gleichungssystem.

Heute werden solche komplizierten Rechenoperationen praktisch nur noch mit Hilfe von Computer-Anlagen durchgeführt.

Als Resultat werden erhalten

- die Explosionswärme,
- die Explosionstemperatur,
- das mittlere Molekulargewicht der Reaktionsgase,
- die Gesamt-Molzahl,
- die spezifische Energie,

die Zusammensetzung der Reaktionsprodukte,
das Verhältnis der spezifischen Wärmen c_p/c_v
das Covolumen der Gase *), usw.

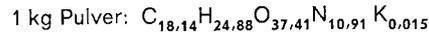
Damit werden die benötigten Daten für weitere innenballistische Rechnungen und Messungen (→ Abbrandgeschwindigkeit; → ballistische Bombe) erhalten.

Als Beispiel sei hier das Resultat der Berechnung eines zweibasigen Geschützpulvers **) mitgeteilt:

Zusammensetzung

Nitrocellulose (13,25 % N)	57,23 %
Nitroglycerin	40,04 %
Kaliumnitrat	1,49 %
Centralit I	0,74 %
Äthanol (Lösemittel-Rest)	0,50 %

Summenformel:



Die Resultate, bezogen auf eine Ladedichte (0,21 g/cm³):

Explosionstemperatur	3810 K
Explosionsdruck	3000 bar
mittleres Molekulargewicht der Gase	27,31 g/mol
Gesamt-Molzahl	36,61 mol/kg
spezifische Energie	$116,0 \cdot 10^4$ Nm/kg = 1160 kJ/kg
Covolumen	0,095 cm ³ /g

Die Zusammensetzung der Reaktionsprodukte ist dann in Volum-Prozent

28,98 % H ₂ O	} dissoziierte Atome und Radikale
28,56 % CO	
20,98 % CO ₂	
14,65 % N ₂	
3,93 % H ₂	
0,18 % O ₂	
0,47 % NO	
0,37 % KOH	
1,39 % OH	
0,37 % H	
0,08 % O	
0,04 % K	

*) Das Covolumen, annähernd das „Eigenvolumen“ der Gasmoleküle, ist eine wichtige Größe zur Aufstellung der Zustandsgleichung für reale (d. h. also: nicht ideale) Gase.

**) Berechnet mit dem „Fortran“-Computer-Programm des Instituts für Chemie der Treib- und Explosivstoffe, Pfnitztal-Berghausen.

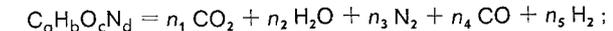
2.2. Annäherungsberechnungen unter vereinfachenden Annahmen

Zunächst sei auf Tabelle 9, Seite 126, über die „partiellen Explosionswärmen“ nach A. Schmidt hingewiesen. Damit kann die Explosionswärme z. B. einer Treibstoffzusammensetzung in erster Näherung recht gut und sehr schnell durch einfache aliquote Addition der partiellen Werte berechnet werden (das Ergebnis bezieht sich auf H₂O flüssig und kann leicht auf H₂O-Dampf umgerechnet werden).

Auch die oben geschilderte komplizierte Problemlage vereinfacht sich erheblich, wenn vereinfachende Annahmen gemacht werden können (dies trifft vor allem auf die Berechnung von konventionellen Kennzahlen für Sprengstoffmischungen zu, die nur etwas sauerstoffunterbilanziert sind; → Andex; → Supramit und → Schlammsprengstoffe. Diese Annahmen seien

- keine NO-Bildung und
- keine Ausscheidung von festem Kohlenstoff.

Damit entfallen die Gleichgewichtsbeziehungen nach (6) und (7). Die Zerfallsgleichung reduziert sich auf



die stöchiometrischen Gleichungen (1), (2), (3) und (4) werden einfacher

- a = n₁ + n₄ (1)
- b = 2 n₂ + 2 n₅ (2)
- c = 2 n₁ + n₂ + n₄ (3)
- d = 2 n₃ (4)

und als Gleichgewicht verbleibt das Wassergasgleichgewicht

$$K_1 = \frac{[CO][H_2O]}{[H_2][CO_2]}$$

bzw.

$$K_1 = \frac{n_2 n_4}{n_1 n_5} \tag{5}$$

Eine Abschätzung der Explosionswärme ist nach dem oben Dargelegten leicht zu gewinnen und damit auch eine Schätzung von einer etwas zu geringen und einer zu hohen Explosionstemperatur, zwischen denen man wiederum, wie unter 1.1. dargelegt, interpolieren kann. Zur Erläuterung diene wiederum ein Beispiel; die Zusammensetzung sei

Nitrocellulose (13,0 % N):	58 %
Nitroglycerin:	40 %
Centralit I:	1 %
Dibutylphthalat:	1 %

Als Summenformel errechnet sich

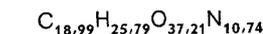


Tabelle 15. Berechnung der Explosionswärme aus den partiellen Werten nach A. Schmidt (→ Tabelle 9, Seite 126).

	partielle Explosionswärme kcal/kg	%	aliquot
Nitrocellulose 13,0 % N	+1022	58	+592,8
Nitroglycerin	+1785	40	+714,0
Centralit I	-2381	1	-23,8
Dibutylphthalat	-2071	1	-20,7

Explosionswärme annähernd (H₂O flüssig): 1262,3 ≈ 1262 kcal/kg.

Für Nitrocellulose- und Nitroglycerin-Pulver kann die folgende Tabelle zur Abschätzung einer zu niedrigen und einer zu hohen Explosionstemperatur verwendet werden:

Tabelle 16.

Explosionswärme (H ₂ O flüssig) kcal/kg	T _{ex} zu niedrig K	T _{ex} zu hoch K
900	2500	2700
950	2700	2900
1000	2900	3100
1050	3100	3300
1100	3300	3500
1150	3500	3700
1200	3700	3900
1250	3900	4000

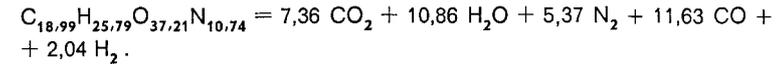
Damit ist ein erster Anhaltswert gefunden: man sollte K = 3900 und damit (gemäß Tabelle 14, Seite 281) K₁ = 8,43 versuchen. Für die Berechnung der Unbekannten n₁, n₂, n₃, n₄ und n₅ sei folgende Überlegung angestellt: die Gleichung (5), die Gleichgewichtsbeziehung, wird am stärksten durch die Unbekannte n₅ (die Wasserstoffmolzahl) beeinflusst, da diese klein ist und daher auch durch nur kleine Änderungen beeinflusst wird. Man sollte daher den Bestwert für n₅ finden und dann aus der stöchiometrischen Gleichung die übrigen Unbekannten ausrechnen. Die Variation von n₅ und ihre Konsequenzen auf K₁ zeigt folgende Übersicht:

Tabelle 17.

ist [H ₂] n ₅	dann sind [CO ₂] n ₁	[H ₂ O] n ₂	[CO] n ₄	K ₁ = $\frac{n_2 \cdot n_4}{n_5 \cdot n_1}$
= 1,8	7,12	11,10	11,87	10,3
= 1,9	7,22	11,00	11,77	9,4
= 2,0	7,32	10,90	11,67	8,7
= 2,1	7,42	10,80	11,57	8,0
= 2,2	7,52	10,70	11,47	7,4

Durch Interpolation auf den K₁-Wert 8,43 gewinnt man n₅ = 2,04 und weiter aus den stöchiometrischen Beziehungen: n₁ = 7,36.

Die Zerfallsgleichung ist nun (vorläufig):



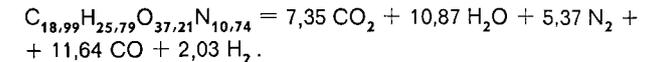
Damit geht man auf den gleichen Rechenweg, wie oben für sauerstoffüberbilanzierte Sprengstoffe (→ Tabellen 11, 12, 13 und 14) gezeigt und erhält

1129 kcal/kg als Explosionswärme (H₂O-Dampf), und 3933 K als Explosionstemperatur.

Die Explosionswärme liegt damit – nach Umrechnung von H₂O-Dampf auf H₂O-flüssig – etwa 25 kcal niedriger als der aus den partiellen Explosionswärmen errechnete Wert. Die Gleichgewichtskonstante K₁ beträgt für die errechnete Explosionstemperatur 3933 K nunmehr 8,46 (anstelle der oben einstweilen angenommenen Zahl 8,43); geht man damit nochmals zurück in die n₅-Berechnung nach Tabelle 17, so ändert sich die Zahl für n₅ nur etwas und beträgt nunmehr 2,03.

Resultate:

Zerfallsgleichung (endgültig):



Explosionswärme:	1129 kcal/kg = 4727 kJ/kg
Explosionstemperatur:	3933 K
mittleres Molekulargewicht	
der gasförmigen Reaktionsprodukte:	26,83
Gesamt-Molzahl der Gase:	37,26
spezifische Energie:	122,1 · 10 ⁴ N m = 1221 kJ
Zusammensetzung der Reaktionsprodukte in Volumenprozent:	
	19,75 % CO ₂
	29,17 % H ₂ O
	14,41 % N ₂
	31,24 % CO
	5,45 % H ₂

Soll wiederum die Explosionswärme bezogen auf H₂O-flüssig berechnet werden, so sind für 10,87 Mole H₂O als Bildungswärme -67,43 anstelle -57,50 kcal/mol in Ansatz zu bringen; die Explosionswärme für H₂O-flüssig wird dann 1228 kcal/kg = 5142 kJ/kg.

3. Raketentreibstoffe

Die Berechnung der Leistungsdaten von Raketentreibstoffen geschieht in gleicher Weise, wie für die Rohrwaffenpulver beschrieben, jedoch läuft der Abbrandprozeß in der Raketenkammer bei konstantem Druck und nicht bei konstantem Volumen ab. Anstelle der Energie-Werte sind den Tabellen des Buches die immer daneben aufgelisteten Enthalpie-Werte zu entnehmen; für die inneren Wärme-Inhalte der Reaktionsgase → gilt Tabelle 23 anstelle 22.

Die ersten Rechenoperationen sind die gleichen wie oben: Aufstellung der Zerfallsgleichung, Berechnung der Reaktionswärme und der Reaktionstemperatur T_c .

Der zweite Schritt ist nun, die gleichen Gaszustandsdaten für den Düsen-Austritt zu ermitteln, also $p_e = 1$ bar, T_e usw.; die Grundannahme ist, daß dieser Übergang „isentropisch“*, d. h. ohne Entropie-Zunahme erfolgt, also mit maximal möglichem Aufbringen von kinetischer Energie zur Beschleunigung der Raketenmasse.

Die Rechenmethode beginnt mit einer Annahme für die Temperatur am Gas-Austritt, z. B. $T_e = 500$ K. Der Übergang von den thermodynamischen Bedingungen in der Kammer zu denen am Düsen-Austritt wird als momentan angenommen, d. h. die Gaszusammensetzung bleibt unverändert („eingefrorene Gleichgewichte“). Nun setzt man die Entropiewerte für den Zustand in der Kammer S_c der Entropie am Düsen-Austritt S_e gleich; S_c

*) Die Entropie ist ein wichtiger Begriff der Thermodynamik und stellt anschaulich beschrieben, den Anteil des Wärmeinhalts eines thermodynamischen Systems dar, der sich nicht in mechanische Arbeit umsetzen läßt, bzw. ist ein Maß für die durch die Wärmebewegung der Moleküle entstehenden „Unordnung“. Für die hier betrachteten Gaszustände bei konstantem Druck ist mathematisch beschrieben die Entropie

$$S = \int \frac{c_p}{T} dT$$

- S: Entropie
- c_p : spezifische Wärme bei konstantem Druck
- T: absolute Temperatur.

Näheres über die Entropie-Definition und ihre Verwendung bei der Berechnung von Raketen-Triebwerken: E. Büchner, Zur Thermodynamik von Verbrennungsvorgängen, 2te Auflage, München 1974.

ist berechenbar, da der Gaszustand in der Kammer bekannt ist; für H_e wird die angenommene Temperatur solange gehoben, bis Gleichheit erreicht ist. Danach sind die entsprechenden Enthalpiewerte H_c und H_e berechenbar; ihre Differenz ist der kinetischen Energie (einhalb Raketenmasse mal Geschwindigkeitsquadrat gleichzusetzen, und für den spezifischen Impuls ergibt sich (→ auch Seite 250):

$$I_s = \sqrt{2J(H_c - H_e)} \quad \text{Newton-Sekunden pro Kilogramm}$$

oder

$$I_{s \text{ froz}} = 91,507 \sqrt{H_c - H_e} \quad \text{N s/kg}$$

J: mechanisches Wärmeäquivalent;

Dimension:

$I_{s \text{ froz}}$ spezifischer Impuls für eingefrorene Gleichgewichte N s/kg

H_c	Enthalpie der Gase in der Kammer	kcal/kg bzw. kJ/kg
H_e	Enthalpie der Gase am Düsenaustritt	kcal/kg bzw. kJ/kg
T_c	Gastemperatur in der Kammer	K
T_e	Gastemperatur am Düsenaustritt	K

Mit einem Computer-Programm sind auch gleitende (nicht als gefroren betrachtete) Gleichgewichte berechenbar.

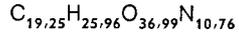
Als Resultat der thermodynamischen Berechnung von Raketentreibsätzen mit entsprechenden Computer-Programmen werden erhalten:

- die Temperatur in der Kammer (die adiabatische Flammtemperatur);
- die Temperatur am Düsenaustritt bei eingefrorenen Gleichgewichten;
- die Temperatur am Düsenaustritt bei gleitenden Gleichgewichten;
- die Gaszusammensetzung in der Kammer und am Düsenaustritt;
- das mittlere Molekulargewicht der Gase in der Kammer und am Düsenaustritt;
- die Gesamt-Molzahl der Gase in der Kammer und am Düsenaustritt;
- der spezifische Impuls bei eingefrorenen und bei gleitenden Gleichgewichten;
- das Verhältnis der spezifischen Wärmen $\frac{c_p}{c_v}$

Als Beispiel sei folgende zweibasige Treibstoffzusammensetzung angenommen:

Nitrocellulose (13,25 % N)	52,15 %
Nitroglycerin	43,54 %
Diäthylphthalat	3,29 %
Centralit I	1,02 %

Daraus ergibt sich als Summenformel



Die Bildungsenthalpie der Ausgangsmischung ist $-510,81 \text{ kcal/kg} = -2138,7 \text{ kJ/kg}$.

Der Kammerdruck betrage – gegeben durch entsprechende Wahl des Querschnittsverhältnisses – 70 bar (1015 p. s. i.).

Die Resultate der Computer-Kalkulation

Temperatur in der Brennkammer:	3052 K
Temperatur am Düsenaustritt:	1379 K
(bei eingefrorenen Gleichgewichten)	
mittleres Molekulargewicht:	26,35 g/mol
Gesamtmolzahl:	37,95 mol/kg
spezifischer Impuls bei eingefrorenen Gleichgewichten:	2390 N s/kg
spezifischer Impuls bei gleitenden Gleichgewichten:	2422 N s/kg
	= 247,0 kp s/kg

*) Berechnet mit dem „Fortran“-Computer-Programm des Instituts für Chemie der Treib- und Explosivstoffe, Pfnztal-Berghausen.

Tabelle 18. Bildungsenthalpie und Bildungsenergie der Explosivstoff- und Treibstoffkomponenten, bezogen auf 298,15 K = 25 °C und auf Graphit als Kohlenstoffmodifikation

Symbolerklärung:

- | | | |
|---------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| (1): Initialsprengstoff | (7): Stabilisator | (13): Andicker |
| (2): Sekundärsprengstoff | (8): Gelatinator | (14): Trennmittel |
| (3): Tertiärsprengstoff | (9): Abbrandmoderator | (15): Säurebinder |
| (4): Treibstoffkomponente | (10): polymerer Binder | (16): Wettersprengstoffkomponente |
| (5): Sauerstoffträger | (11): Präpolymer | (17): Sprengschlammkomponente |
| (6): Brennstoff | (12): Härter | |

Name	Bruttoformel	Bildungs-enthalpie		g-Atome pro kg				Verwendet als		
		kcal/kg	kJ/kg	C	H	O	N			
Äthyltrinitrat	$C_4H_{11}O_6N_3$	– 426	– 1 783	– 401	– 1 678	22,30	40,88	33,44	11,45	(4)
Äthylendiamindinitrat	$C_2H_{10}O_4N_4$	– 837	– 3 502	– 805,2	– 3 369	10,75	53,73	32,24	21,49	(2)
Akardit I	$C_{13}H_{12}ON_2$	– 125,8	– 526	– 104,9	– 439	61,25	56,54	4,71	9,42	(7)
Akardit II	$C_4H_4ON_2$	– 100,0	– 418,4	– 78,1	– 326,6	61,86	61,86	4,42	8,84	(7); (8)
Akardit III	$C_{15}H_{16}ON_2$	– 139,0	– 581,6	– 116,0	– 485,3	62,42	66,58	4,16	8,32	(7); (8)
Aluminium	Al	–	–	–	–	–	–	–	–	Al: 37,08 (6); (17)
Ammoniumchlorid	H_4NCl	– 1401	– 5 862	– 1368	– 5 724	–	74,77	–	18,69	Cl: 18,69 (16)
Ammoniumnitrat	$H_4O_3N_2$	– 1091	– 4 563	– 1057	– 4 424	–	49,97	37,48	24,99	(3); (5); (16); (17)

Name	Bruttoformel	Bildungs-enthalpie		Bildungs-energie		g-Atome pro kg				Verwendet als
		kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg	C	H	O	N	
Ammoniumoxalat	$C_2H_{10}O_8N_2$	-2394	-10 020	-2362	-9 890	14,07	70,36	35,18	14,07	(6); (16)
Ammoniumperchlorat	H_4O_4NCl	-602	-2 518	-578	-2 414	-	34,04	34,04	8,51	Cl: 8,51 (3); (5)
Bariumnitrat	O_8N_2Ba	-906,7	-3 794	-897,4	-3 755	-	-	22,96	7,65	Ba: 3,83 (5)
Bleiacetylsalicylat	$C_{18}H_{16}O_9Pb$	-823	-3 444	-810	-3 391	30,85	27,42	15,42	-	Pb: 1,71 (9)
Bleiazid	N_8Pb	+391,3	+1 637	+397,6	+1 664	-	-	-	24,08	Pb: 4,01 (1)
Blei-äthylhexoat	$C_{16}H_{30}O_4Pb$	-724	-3 027	-703	-2 940	32,31	60,78	8,10	-	Pb: 2,03 (9)
Bleinitrat	O_8N_2Pb	-330	-1 382	-316	-1 323	-	-	18,11	6,04	Pb: 3,02 (5)
Bleitrioresorcinat	$C_6H_3O_9N_3Pb$	-436,0	-1 824	-426,6	-1 785	12,81	6,41	19,22	6,41	Pb: 2,13 (1)
Calciumcarbonat	CO_3Ca	-2892	-12 110	-2883	-12 070	10,00	-	30,00	-	Ca: 10,00 (15)
Calciumnitrat	O_4N_2Ca	-1365	-5715	-1351	-5657	-	-	36,56	12,19	Ca: 6,09 (5); (17)
Calciumstearat	$C_{36}H_{70}O_4Ca$	-822	-3442	-786	-3291	59,30	115,31	6,59	-	Ca: 1,65 (6); (14)
Campfer	$C_{10}H_{16}O$	-513	-2146	-480	-2008	65,69	105,10	6,57	-	(8)
Centralit I	$C_{17}H_{10}ON_2$	-93,5	-391,5	-68,2	-285,6	63,34	74,52	3,73	7,45	(7); (8)
Centralit II	$C_{15}H_{16}ON_2$	-60,8	-254	-37,3	-156	62,42	66,58	4,16	8,32	(7); (8)

Centralit III	$C_{14}H_{10}ON_2$	-96,7	-404,9	-72,4	-303,1	62,90	70,76	3,93	7,86	(7); (8)
Diämylphthalat	$C_{18}H_{26}O_4$	-715	-2992	-688	-2879	58,75	84,85	13,06	-	(8)
Dibutylphthalat	$C_{16}H_{22}O_4$	-723	-3027	-696	-1913	57,47	79,02	14,37	-	(8)
Diglykoldinitrat	$C_4H_8O_7N_2$	-528	-2208	-502	-2101	20,40	40,79	35,69	10,20	(4)
Dimethylhydrazin	$C_2H_8N_2$	+198	+828	+247	+1035	33,28	133,11	-	33,28	(4)
2,4-Dinitrotoluol	$C_7H_6O_4N_2$	-89,5	-374,5	-70,0	-292,8	38,43	32,94	21,96	10,98	(4); (6)
2,6-Dinitrotoluol	$C_7H_6O_4N_2$	-57,7	-241,2	-38,1	-159,5	-	-	-	-	(4); (6)
Diphenylamin	$C_{12}H_{11}N$	+164,9	+689,8	+186,1	+778,4	70,92	65,01	-	5,91	(7)
Diphenylurethan	$C_{15}H_{15}O_2N$	-334,9	-1404	-312,8	-1309	62,16	62,16	8,29	4,14	(7); (8)
Eisen-Acetylacetonat	$C_{15}H_{21}O_6Fe$	-859	-3593	-836	-3498	42,47	59,46	16,99	-	(9)
Ferrocen	$C_{10}H_{10}Fe$	+181	+758	+189	+787	53,76	53,76	-	-	Fe: 5,38 (9)
Glykol	$C_2H_6O_2$	-1752	-7336	-1714	-7177	32,22	96,66	32,22	-	(6)
Guanidinnitrat	$CH_6O_3N_4$	-767	-3187	-726,1	-3038	8,19	49,14	24,57	32,76	(4)
Guarmehl	CH_4ON_2	-1671	-7000	-1648	-6900	37,26	55,89	31,05	-	(13)
Harnstoff	CH_4ON_2	-1327	-5556	-1292	-5410	16,65	66,60	16,65	33,30	(6); (17)
Harnstoffnitrat	$CH_5O_4N_3$	-1096	-4589	-1061	-4442	8,12	40,62	32,49	24,37	(2)
Hexanitrodiphenylamin	$C_{12}H_5O_{12}N_7$	+21,8	+91,2	+38,7	+162	27,32	11,38	27,32	15,94	(2)
Hexogen (RDX)	$C_3H_6O_6N_6$	+76,1	+318,3	+99,6	+416,9	13,50	27,01	27,01	27,01	(2)
Holzmehl	H_4N_2	-1116	-4672	-1090	-4564	41,7	60,4	17,0	-	(6)
Hydrazin	$H_5O_3N_3$	+377,5	+1580	+433,1	+1812	-	124,80	-	62,40	(6)
Hydrazinnitrat	$H_5O_3N_3$	-620,7	-2597	-586,4	-2453	-	52,60	31,56	31,56	(2); (4)
Kaliumnitrat	O_3NK	-1169	-4891	-1157	-4841	-	-	29,67	9,89	K: 9,89 (5); (16)
Kerosin	$C_{15}H_{32}$	-540	-2260	-500	-2100	71,14	135,42	-	-	(6)
Kohle (Steinkohle)	O_3CMg	0	0	0	0	65,12	49,90	5,24	-	(6)
Magnesiumcarbonat	O_3CMg	-3175	-13 290	-3164	-13 250	11,86	-	35,60	-	Mg: 11,86 (14); (15)

Name	Bruttoformel	Bildungs-enthalpie kcal/kg	Bildungs-enthalpie kJ/kg	Bildungs-energie kcal/kg	Bildungs-energie kJ/kg	g-Atome pro kg C	g-Atome pro kg H	g-Atome pro kg O	g-Atome pro kg N	Verwendet als
Mannithexanitrat	$C_6H_8O_{18}N_6$	- 340,6	- 1 425	- 319,6	- 1 337	13,27	17,70	39,82	13,27	(2)
Methylamininitrat (MAN)	$CH_6O_3N_2$	- 896	- 3 748	- 862	- 3 604	10,63	63,78	31,89	21,26	(17)
Metrioftrinitrat	$C_2H_3O_2N_3$	- 416	- 1 739	- 389	- 1 627	19,60	35,27	35,27	11,76	(4)
Natriumbicarbonat	CHO_3Na	- 2695	- 11 280	- 2681	- 11 230	11,90	11,90	35,71	-	Na: 11,90 (15)
Natriumnitrat	O_3NNa	- 1315	- 5 506	- 1301	- 5 447	-	-	35,29	11,76	Na: 11,76 (5); (16)
Nitrocellulose, 13,3% N		- 593,6	- 2 483	- 572,3	- 2 394	21,10	25,83	36,66	9,50	(4)
Nitrocellulose, 13,0% N		- 611,6	- 2 563	- 590,1	- 2 469	21,55	26,64	36,52	9,28	(4)
Nitrocellulose, 12,5% N		- 641,6	- 2 683	- 619,9	- 2 593	22,15	27,98	36,30	8,92	(4)
Nitrocellulose, 12,0% N		- 671,8	- 2 811	- 649,9	- 2 719	22,74	29,33	36,08	8,57	(4)
Nitrocellulose, 11,5% N		- 701,8	- 2 936	- 679,7	- 2 844	23,33	30,68	35,86	8,21	(4)
Nitrocellulose, 11,0% N		- 739,1	- 3 094	- 716,7	- 2 999	23,94	32,17	35,65	7,84	(4)
Nitrodiphenylamin	$C_{12}H_{10}O_2N_2$	+ 79,1	+ 331	+ 91,0	+ 381	56,01	46,68	9,34	9,34	(7)
Nitroglycerin	$C_3H_5O_9N_3$	- 392,0	- 1 633	- 369,7	- 1 547	13,21	22,02	39,62	13,21	(2); (4)
Nitroglycol	$C_2H_2O_6N_2$	- 383,2	- 1 603	- 359,8	- 1 506	13,15	26,30	39,45	13,15	(2)
Nitroguanidin	$CH_4O_2N_4$	- 213,3	- 893,0	- 184,9	- 773	9,61	38,42	19,21	19,21	(4)
Nitromethan	CH_3O_2N	- 443,1	- 1 854	- 413,7	- 1 731	16,39	49,17	31,78	16,39	(2)
Nitropenta	$C_3H_8O_{12}N_4$	- 402,4	- 1 683	- 379,9	- 1 590	15,81	25,30	37,95	12,65	(2)

Octogen (HMX)	$C_4H_8O_8N_8$	+ 60,4	+ 252,8	+ 84,6	+ 353	13,50	27,01	27,01	27,01	(2)
Paraffin		- 540	- 2 261	- 500	- 2 094	71,0	148	-	-	(6)
Petroleum		- 440	- 1 842	- 400	- 1 675	70,5	140	-	-	(6)
Pikrinsäure	$C_6H_3O_7N_3$	- 225,7	- 944,3	- 208,8	- 873	26,20	13,10	30,55	13,10	(2)
Polybutadien mit Carboxyl-Endgruppe	$(C_4H_6)_{100}C_2H_2O_4$	- 140	- 586	- 107	- 448	73,10	109,65	0,73	-	(6); (10)
Polyisobutylen	$(CH_2)_n$	- 374	- 1 570	- 331	- 1 386	71,29	142,58	-	-	(10)
Polypropylenglycol	$(C_3H_6O)_nH_2O$	- 888,1	- 3 718	- 852,9	- 3 571	51,19	103,37	17,56	-	(11)
Polyvinylnitrat	$(C_2H_3O_3N)_n$	- 298,6	- 1 250	- 275,6	- 1 531	22,46	33,68	33,68	11,23	(4)
										(gerechnet für % N = 15,73)
N-Propylnitrat	$C_3H_7O_3N$	- 487,8	- 2 041	- 436,8	- 1 911	28,55	66,63	28,55	9,52	(4)
Tetranitromethan	CN_4O_6	+ 44,9	+ 187,9	+ 63,0	+ 264	5,10	-	40,81	20,40	(2)
Tetryl	$C_7H_5O_8N_5$	+ 28,1	+ 117,6	+ 46,7	+ 195	24,40	17,40	27,86	17,40	(12)
Toluylendiisocyanat (TDI)	$C_9H_7O_2N_2$	- 183,7	- 769	- 167,1	- 700	51,71	34,47	11,49	11,49	(12)
Trimethylamininitrat	$C_3H_{10}O_3N_2$	- 612	- 2 561	- 576	- 2 410	24,57	81,90	24,57	16,38	(17)
Trinitrobenzol	$C_6H_3O_6N_3$	- 39,8	- 167	- 23,2	- 97	28,15	14,08	28,15	14,08	(2)
Trinitrochlorbenzol	$C_6H_2ClO_6N_3$	+ 25,9	+ 108	+ 40,4	+ 169	24,24	8,08	14,24	12,12	Cl: 4,04 (2)
Trinitroresorcin	$C_6H_3O_8N_3$	- 424	- 1 775	- 407	- 1 704	24,48	22,01	26,40	13,20	Bleisalz
2,4,6-Trinitrotoluol (TNT)	$C_7H_5O_6N_3$	- 62,5	- 262	- 44,2	- 185	30,82	22,01	26,40	13,20	(2)
Wasser	H_2O	- 3792	- 15 880	- 3743	- 15 670	-	111,01	55,51	-	(17)

Tabelle 19. Bildungs-Enthalpie und -Energie gasförmiger Schwadenbestandteile

	Formel	Mol- gewicht g/Mol	Bildungs- Enthalpie kcal/Mol	Bildungs- Enthalpie kJ/Mol	Bildungs- Energie kcal/Mol	Bildungs- Energie kJ/Mol
Kohlenoxid	CO	28,01	-26,42	-110,6	-26,72	-111,9
Kohlendioxid	CO ₂	44,01	-94,05	-393,8	-94,05	-393,8
Wasser (dampförm.)	H ₂ O	18,02	-57,80	-242,0	-57,50	-240,8
Wasser (flüssig)	—	—	-68,32	-286,1	-67,43	-282,3
Stickstoffdioxid (Gas)	NO	30,01	+21,57	+ 90,3	+21,57	+ 90,3
Stickstoff	NO ₂	46,01	+ 7,93	+ 33,2	+ 8,23	+ 34,5
Stickstoff	N ₂	28,02	± 0	± 0	± 0	± 0
Wasserstoff	H ₂	2,016	± 0	± 0	± 0	± 0
Sauerstoff	O ₂	32,00	± 0	± 0	± 0	± 0
Chlorwasserstoff	HCl	36,47	-22,06	- 92,4	-22,06	- 92,4

Tabelle 20. Molzahl pro Kilogramm fester Explosionsprodukte und Inertzusätze

	Formel	Mole je kg
Aluminiumoxid	Al ₂ O ₃	9,808
Bariumsulfat	BaSO ₄	4,284
Calciumcarbonat	CaCO ₃	9,991
Kieselensäure	SiO ₂	16,65
Eisenoxid	Fe ₂ O ₃	6,262
Magnesiumsulfat	MgSO ₄	11,858
Kaliumchlorid	KCl	13,413
Natriumchlorid	NaCl	17,11
Talkum	Mg ₃ (SiO ₃) ₂ (OH) ₂	2,636 (21 Atome)
Wasser*) (als Slurrykomponente)	H ₂ O	55,509

*) Verdampfungswärme: 555,5 kcal/kg = 2325,9 kJ/mol = 10,01 kcal/mol = 4191,2 kJ/mol

Tabelle 21. Daten der Feststoff-Explosionsprodukte

Formel	Mole- kular- gewicht	Bildungs- Energie kcal/mol	Anzahl der Atome im Molekül	molare Schmelz- wärme kcal/mol	molare Subli- mationswärme kcal/mol
Natriumchlorid	NaCl	58,44	— 414,4	2	2
Kaliumchlorid	KCl	74,56	— 436,2	2	2
Magnesiumchlorid	MgCl ₂	95,23	— 641,5	3	3
Natriumcarbonat	Na ₂ CO ₃	105,99	— 1132	6	6
Kaliumcarbonat	K ₂ CO ₃	138,21	— 1147	6	6
Calciumcarbonat	CaCO ₃	100,09	— 789,2	5	5
Magnesiumcarbonat	MgCO ₃	84,33	— 266,8	— 1117	5
Bariumcarbonat	BaCO ₃	197,37	— 291,3	— 1120	5
Bleicarbonat	PbCO ₃	267,22	— 167,3	— 784,2	5
Aluminiumoxid	Al ₂ O ₃	101,96	— 396,0	— 1666	5
Eisenoxid	Fe ₂ O ₃	159,70	— 827,4	5	5
Blei	Pb	207,21	± 0	± 0	1
Quecksilber	Hg	200,61	± 0	± 0	1

bei 2480 K

115,7 484
46,34 194,0
14,0 58,6

Tabelle 22. Molare innere Energien der Reaktionsprodukte = $c_v(T-T_0)$: mittlere spezifische Wärme mal Temperaturdifferenz gegen $25\text{ }^\circ\text{C} \approx 300\text{ K}$

Temperatur K	CO		CO ₂		H ₂ O		H ₂		O ₂		N ₂		NO		C*)	
	kcal /mol	kJ /mol	kcal /mol	kJ /mol	kcal /mol	kJ /mol	kcal /mol	kJ /mol	kcal /mol	kJ /mol	kcal /mol	kJ /mol	kcal /mol	kJ /mol	kcal /mol	kJ /mol
1000	3.65	15.28	6.34	26.55	4.64	19.43	3.41	14.28	4.33	18.13	3.59	15.03	3.77	15.78	3.31	13.86
1200	4.86	20.35	8.59	35.97	6.26	26.21	4.47	18.72	5.62	23.53	4.78	20.01	5.02	21.02	4.33	18.13
1400	6.11	25.35	10.91	45.68	7.99	33.45	5.58	23.36	6.93	29.02	6.01	25.16	6.30	26.38	5.32	22.27
1500	6.75	28.26	12.10	50.66	8.89	37.22	6.14	25.71	7.58	31.74	6.64	27.80	6.95	29.10	5.88	24.62
1600	7.39	30.94	13.31	55.73	9.81	41.07	6.72	28.14	8.22	34.42	7.28	30.48	7.61	31.86	6.38	26.71
1700	8.05	33.71	14.51	60.75	10.75	45.01	7.31	30.61	8.67	36.30	7.92	33.16	8.28	34.67	6.92	28.97
1800	8.69	36.39	15.77	66.03	11.52	48.23	8.13	34.04	9.61	40.24	8.57	35.88	9.02	37.77	7.48	31.32
1900	9.34	39.11	16.94	70.92	12.43	52.04	8.64	36.17	10.17	42.58	9.20	38.52	9.66	40.44	7.95	33.27
2000	9.99	41.83	18.13	75.91	13.38	56.02	9.17	38.39	10.77	45.09	9.84	41.20	10.31	43.16	8.46	35.42
2100	10.64	44.55	19.33	80.93	14.35	60.08	9.74	40.78	11.39	47.68	10.49	43.92	10.97	45.93	8.94	37.43
2200	11.31	47.35	20.56	86.08	15.34	64.22	10.32	43.20	12.04	50.41	11.15	46.68	11.64	48.73	9.53	39.90
2300	11.98	50.16	21.81	91.31	16.36	68.49	10.92	45.72	12.71	53.21	11.81	49.44	12.31	51.54	10.10	42.28
2400	12.65	52.97	23.07	96.59	17.39	72.81	11.54	48.31	13.39	56.06	12.48	52.25	12.99	54.38	10.68	44.71
2500	13.33	55.81	24.34	101.91	18.43	77.16	12.17	50.95	14.09	58.99	13.15	55.05	13.67	57.23	11.28	47.22
2600	14.02	58.70	25.61	107.22	19.49	81.60	12.81	53.63	14.80	61.96	13.83	57.90	14.36	60.12	11.88	49.74
2700	14.70	61.55	26.90	112.63	20.56	86.08	13.47	56.39	15.52	64.98	14.51	60.75	15.06	63.05	12.50	52.33
2800	15.39	64.44	28.20	118.07	21.63	90.56	14.13	49.16	16.25	68.03	15.20	63.64	15.75	65.94	13.12	54.93
2900	16.08	67.33	29.50	123.51	22.72	95.12	14.80	61.96	17.00	71.17	15.88	66.48	16.45	68.87	13.75	57.57
3000	16.78	70.26	30.81	129.00	23.81	99.69	15.47	64.77	17.75	74.31	16.57	69.37	17.15	71.80	14.30	59.87
3100	17.47	73.15	32.12	134.48	24.91	104.29	16.16	67.66	18.50	77.45	17.26	72.26	17.85	74.73	15.04	62.97

Temperatur K	CO		CO ₂		H ₂ O		H ₂		O ₂		N ₂		NO		C*)	
	kcal /mol	kJ /mol	kcal /mol	kJ /mol	kcal /mol	kJ /mol	kcal /mol	kJ /mol	kcal /mol	kJ /mol	kcal /mol	kJ /mol	kcal /mol	kJ /mol	kcal /mol	kJ /mol
3200	18.17	76.08	33.44	140.01	26.02	108.94	16.84	70.50	19.26	80.64	17.96	75.19	18.56	77.71	15.69	65.69
3300	18.87	79.01	34.77	145.58	27.13	113.59	17.54	73.43	20.03	83.86	18.65	78.08	19.26	80.64	16.35	68.45
3400	19.57	81.94	36.10	151.15	28.25	118.28	18.23	76.32	20.80	87.08	19.35	81.01	19.97	83.61	17.01	71.22
3500	20.27	84.87	37.43	156.71	29.37	122.97	18.93	79.25	21.58	90.35	20.05	83.94	20.68	86.58	17.67	73.98
3600	20.97	87.86	38.76	162.28	30.50	127.70	19.64	82.23	22.37	93.66	20.74	86.83	21.39	89.55	18.34	76.78
3700	21.67	90.73	40.10	167.89	31.63	132.43	20.35	85.20	23.15	96.92	21.45	89.81	22.11	92.51	19.01	79.59
3800	22.38	93.71	41.44	173.50	32.76	137.16	21.06	88.17	23.94	100.23	22.15	92.74	22.82	95.54	19.69	82.44
3900	23.08	96.64	42.78	179.11	33.89	141.89	21.78	91.19	24.73	103.54	22.85	95.67	23.53	98.52	20.36	85.24
4000	23.79	99.61	44.13	184.77	35.03	146.67	22.49	94.16	25.53	106.89	23.55	98.60	24.25	101.53	21.04	88.09
4100	24.50	102.58	45.47	190.38	36.17	151.44	23.21	97.18	26.33	110.24	24.26	101.57	24.97	104.54	21.73	90.98
4200	25.20	105.51	46.82	196.03	37.32	156.25	23.94	100.23	27.13	113.59	24.96	104.50	25.68	107.52	22.41	93.83
4300	25.91	108.49	48.17	201.68	38.46	161.03	24.66	103.25	27.93	116.94	25.67	107.48	26.40	110.53	23.10	96.71
4400	26.62	111.46	49.52	207.34	39.61	165.84	25.39	106.30	28.74	120.33	26.37	110.41	27.12	113.55	23.79	99.60
4500	27.33	114.43	50.88	213.03	40.76	170.66	26.12	109.36	29.54	123.68	27.08	113.38	27.84	116.56	24.49	102.53
4600	28.04	117.40	52.23	218.68	41.91	175.47	26.85	112.42	30.35	127.07	27.79	116.35	28.56	119.58	25.17	105.38
4700	28.75	120.38	53.59	224.38	43.07	180.33	27.58	115.47	31.16	130.46	28.50	119.32	29.28	122.59	25.86	108.27
4800	29.46	123.35	54.95	230.07	44.22	185.14	28.31	118.53	31.98	133.90	29.21	122.30	30.00	125.61	26.56	111.20
4900	30.17	126.32	56.31	235.76	45.38	190.00	29.04	121.59	32.79	137.29	29.91	125.23	30.72	128.62	27.26	114.13
5000	30.88	129.29	57.67	241.46	46.54	194.86	29.78	124.68	33.60	140.68	30.62	128.20	31.44	131.63	27.95	117.02
5100	31.60	132.31	59.03	247.15	47.70	199.71	30.52	127.78	34.42	144.11	31.33	131.17	32.16	134.65	28.65	119.95
5200	32.31	135.28	60.39	252.85	48.86	204.57	31.25	130.84	35.24	147.54	32.04	134.15	32.89	137.71	29.35	122.88
5300	33.02	138.25	61.76	258.59	50.02	209.43	31.99	133.94	36.06	150.98	32.76	137.12	33.61	140.72	30.05	125.81

*) Im Fall von Kohlenstoffausscheidung.

Tabelle 23. Molare innere Enthalpien der Reaktionsprodukte = $c_p(T-T_0)$: mittlere spezifische Wärme mal Temperaturdifferenz gegen $25\text{ }^\circ\text{C} \approx 300\text{ K}$

Temperatur K	CO kcal /mol	CO kJ /mol	CO ₂ kcal /mol	CO ₂ kJ /mol	H ₂ O kcal /mol	H ₂ O kJ /mol	H ₂ kcal /mol	H ₂ kJ /mol	O ₂ kcal /mol	O ₂ kJ /mol	N ₂ kcal /mol	N ₂ kJ /mol	NO kcal /mol	NO kJ /mol
700	4.99	20.89	7.68	32.16	5.98	25.04	4.75	19.89	5.22	21.85	4.93	20.64	5.11	21.39
900	6.60	27.63	10.33	43.25	8.00	33.49	6.21	26.00	6.91	28.93	6.52	27.29	6.75	28.30
1100	8.24	34.50	13.04	54.59	10.12	42.37	7.71	32.28	8.62	36.09	8.14	34.00	8.43	35.29
1200	9.08	38.01	14.43	60.41	11.22	46.98	8.47	35.46	9.49	39.73	8.97	37.55	9.28	38.86
1300	9.92	41.53	15.84	66.32	12.34	51.67	9.25	38.73	10.36	43.38	9.81	41.07	10.14	42.46
1400	10.78	45.14	17.25	72.23	13.48	56.44	10.04	42.03	11.25	47.10	10.65	44.59	11.01	46.10
1500	11.62	48.66	18.70	78.30	14.45	60.50	11.06	46.31	12.54	52.50	11.50	48.15	11.95	50.03
1600	12.47	52.21	20.07	84.03	15.56	65.15	11.77	49.28	13.30	55.69	12.33	51.63	12.79	53.55
1700	13.32	55.77	21.46	89.86	16.71	69.96	12.50	52.33	14.10	59.04	13.17	55.14	13.64	57.11
1800	14.16	59.29	22.85	95.67	17.87	74.82	13.26	55.52	14.91	62.43	14.00	58.62	14.49	60.67
1900	15.03	62.93	24.28	101.66	19.06	79.80	14.04	58.79	15.76	65.99	14.87	62.26	15.36	64.31
2000	15.81	66.20	25.73	107.73	20.29	84.91	14.84	62.14	16.63	69.63	15.73	65.86	16.23	67.96
2100	16.77	70.22	27.19	113.84	21.51	90.06	15.66	65.57	17.51	73.31	16.60	69.50	17.11	71.64
2200	17.65	73.90	28.66	120.00	22.79	95.42	16.49	69.04	18.41	77.08	17.47	73.15	17.99	75.32
2300	18.54	77.63	30.16	126.28	24.01	100.53	17.33	72.56	19.32	80.89	18.35	76.83	18.88	79.05
2400	19.42	81.31	31.62	132.39	25.28	105.85	18.19	76.16	20.24	84.74	19.23	80.52	19.78	82.82
2500	20.30	85.00	33.11	138.63	26.54	111.12	19.04	79.72	21.16	88.60	20.11	84.20	20.66	86.50
2600	21.19	88.72	34.61	144.91	27.83	116.52	19.91	83.36	22.11	92.60	20.99	87.90	21.56	90.27
2700	22.09	92.49	36.12	151.23	29.12	121.93	20.78	87.01	23.06	96.55	21.88	91.61	22.46	94.04
2800	22.98	96.22	37.63	157.56	30.42	127.37	21.67	90.73	24.01	100.53	22.77	96.34	23.36	97.81
2900	23.88	99.99	39.15	163.92	31.73	132.85	22.55	94.42	24.97	104.55	23.67	99.11	24.27	101.62
3000	24.78	103.75	40.68	170.33	33.04	138.34	23.48	98.31	25.94	108.61	24.56	102.83	25.17	105.39
3100	25.68	107.52	42.21	176.73	34.36	143.87	24.34	101.91	26.91	112.67	25.46	106.60	26.08	109.20

Temperatur K	CO kcal /mol	CO kJ /mol	CO ₂ kcal /mol	CO ₂ kJ /mol	H ₂ O kcal /mol	H ₂ O kJ /mol	H ₂ kcal /mol	H ₂ kJ /mol	O ₂ kcal /mol	O ₂ kJ /mol	N ₂ kcal /mol	N ₂ kJ /mol	NO kcal /mol	NO kJ /mol
3200	26.57	111.25	43.73	183.10	35.67	149.35	25.21	105.64	27.88	116.73	26.35	110.33	26.98	112.97
3300	27.47	115.02	45.26	189.50	37.00	154.92	26.14	109.45	28.87	120.88	27.24	114.05	27.89	116.78
3400	28.37	118.79	46.80	195.95	38.33	160.49	27.05	113.26	29.85	124.98	28.15	117.86	28.81	120.63
3500	29.28	122.60	48.34	202.40	39.66	166.06	27.96	117.07	30.84	129.13	29.05	121.63	29.72	124.44
3600	30.18	126.36	49.88	208.85	40.99	171.63	28.88	120.92	31.83	133.27	29.95	125.40	30.63	128.25
3700	31.09	130.17	51.43	215.34	42.33	177.24	29.79	124.73	32.83	137.46	30.85	129.17	31.55	132.10
3800	32.00	133.98	52.97	221.79	43.67	182.85	30.71	128.58	33.83	141.65	31.76	132.98	32.47	135.95
3900	32.89	137.71	54.51	228.23	45.01	188.46	31.69	132.69	34.82	145.79	32.65	136.71	33.37	139.72
4000	33.80	141.52	56.06	234.72	46.35	194.07	32.55	136.29	35.82	149.98	33.56	140.52	34.29	143.57
4100	34.71	145.33	57.61	241.21	47.70	199.72	33.48	140.18	36.83	154.21	34.46	144.28	35.21	147.42
4200	35.62	149.14	59.17	247.74	49.05	205.37	34.41	144.07	37.83	158.39	35.37	148.09	36.13	151.28
4300	36.53	152.95	60.72	254.23	50.40	211.02	35.34	147.97	38.85	162.66	36.28	151.90	37.05	155.13
4400	37.44	156.76	62.28	260.77	51.76	216.72	36.27	151.86	39.85	166.85	37.19	155.71	37.97	158.98
4500	38.35	160.57	63.84	267.30	53.11	222.37	37.20	155.76	40.78	170.75	38.10	159.52	38.89	162.83
4600	39.26	164.38	65.40	273.83	54.47	228.07	38.13	159.65	41.88	175.35	39.00	163.29	39.81	166.68
4700	40.17	168.19	66.96	280.36	55.84	233.80	39.07	163.59	42.89	179.58	39.91	167.10	40.73	170.54
4800	41.08	172.00	68.51	286.85	57.18	239.41	40.00	167.48	43.90	183.81	40.81	170.87	41.64	174.35
4900	41.99	175.81	70.07	293.38	58.54	245.11	40.93	171.37	44.92	188.08	41.72	174.68	42.57	178.24
5000	42.90	179.62	71.64	299.96	59.90	250.80	41.87	175.31	45.94	192.35	42.63	178.49	43.49	182.09

Die Werte für C können aus Tabelle 22 entnommen werden.

Tabelle 24. Gleichgewichtskonstanten

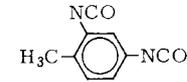
Tempe- rature K	$K_1^*) = \frac{[\text{CO}] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{CO}_2] \cdot [\text{H}_2]}$	$K_2 = \frac{[\text{CO}] \cdot [\text{NO}]}{[\text{N}_2]^{1/2} \cdot [\text{CO}_2]}$	$K_3^{**}) = \frac{[\text{CO}]^2}{[\text{CO}_2]}$
1000	0.6929	$1.791 \cdot 10^{-16}$	$2.216 \cdot 10^{-3}$
1200	1.3632	$2.784 \cdot 10^{-13}$	$5.513 \cdot 10^{-2}$
1400	2.1548	$5.238 \cdot 10^{-11}$	$5.346 \cdot 10^{-1}$
1500	2.5667	$4.240 \cdot 10^{-10}$	1.317
1600	2.9802	$2.638 \cdot 10^{-9}$	2.885
1700	3.3835	$1.321 \cdot 10^{-8}$	5.744
1800	3.7803	$5.520 \cdot 10^{-8}$	10.56
1900	4.1615	$1.982 \cdot 10^{-7}$	18.15
2000	4.5270	$6.254 \cdot 10^{-7}$	29.48
2100	4.8760	$1.767 \cdot 10^{-6}$	45.61
2200	5.2046	$4.536 \cdot 10^{-6}$	67.67
2300	5.5154	$1.072 \cdot 10^{-5}$	96.83
2400	5.8070	$2.356 \cdot 10^{-5}$	134.2
2500	6.0851	$4.858 \cdot 10^{-5}$	181.0
2600	6.3413	$9.467 \cdot 10^{-5}$	238.1
2700	6.5819	$1.755 \cdot 10^{-4}$	306.5
2800	6.8075	$3.110 \cdot 10^{-4}$	387.0
2900	7.0147	$5.295 \cdot 10^{-4}$	480.2
3000	7.2127	$8.696 \cdot 10^{-4}$	586.8
3100	7.3932	$1.383 \cdot 10^{-3}$	706.9
3200	7.5607	$2.134 \cdot 10^{-3}$	841.0
3300	7.7143	$3.207 \cdot 10^{-3}$	989.1
3400	7.8607	$4.704 \cdot 10^{-3}$	1151
3500	7.9910	$6.746 \cdot 10^{-3}$	1327
3600	8.1144	$9.480 \cdot 10^{-3}$	1517
3700	8.2266	$1.307 \cdot 10^{-2}$	1720
3800	8.3310	$1.772 \cdot 10^{-2}$	1936
3900	8.4258	$2.364 \cdot 10^{-2}$	2164
4000	8.5124	$3.108 \cdot 10^{-2}$	2406
4100	8.5926	$4.030 \cdot 10^{-2}$	2656
4200	8.6634	$5.160 \cdot 10^{-2}$	2919
4300	8.7296	$6.530 \cdot 10^{-2}$	3191
4400	8.7900	$8.173 \cdot 10^{-2}$	3474
4500	8.8442	$1.013 \cdot 10^{-1}$	3765
4600	8.8888	$1.243 \cdot 10^{-1}$	4064
4700	8.9304	$1.511 \cdot 10^{-1}$	4370
4800	8.9698	$1.823 \cdot 10^{-1}$	4684
4900	9.0001	$2.181 \cdot 10^{-1}$	5003
5000	9.0312	$2.591 \cdot 10^{-1}$	5329
5100	9.0524	$3.056 \cdot 10^{-1}$	5659
5200	9.0736	$3.581 \cdot 10^{-1}$	5993
5300	9.0872	$4.171 \cdot 10^{-1}$	6331

*) Neuere Werte, entnommen aus JANAF Thermochemical Tables, The Dow Chemical Company, Midland, Michigan, 1965. Die Werte für K_2 stammen aus Cook, The Science of High Explosives, Chapman & Hall, London 1958.

***) Nur im Fall von Kohlenstoffausscheidung in Rechnung zu stellen.

2.4-Toluylendiisocyanat

toluylene diisocyanate; diisocyanate de toluylène; TDI



farblose Flüssigkeit

Bruttoformel: $\text{C}_9\text{H}_6\text{N}_2\text{O}_2$

Molekulargewicht: 174,1

Bildungsenergie: $-167 \text{ kcal/kg} = -700 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-184 \text{ kcal/kg} = -769 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-174,6$

Stickstoffgehalt: 16,09 %

Dichte 20/4: $1,22 \text{ g/cm}^3$

Schmelzpunkt: $19,5 - 21 \text{ }^\circ\text{C}$

TDI dient als Bindekomponente zu Hydroxylgruppen (z. B. Polypropylenglykol) bei der Bildung von Polyurethan-Bindern in \rightarrow Verbundtreibsätzen; siehe auch \rightarrow Gießen von Treibsätzen.

Torpex

sind gießbare Mischungen aus Hexogen, Trinitrotoluol und Aluminiumpulver, z. B. 41:41:18, $\rho = 1,81 \text{ g/cm}^3$, Detonationsgeschwindigkeit $7\,600 \text{ m/s}$, für Bomben- und Torpedofüllungen. Torpex 2 enthält 1% Wachszusatz. Weitere phlegmatisierte Gemische ähnlicher Zusammensetzung sind „DBX“ und „HBX“.

Tränkungssprengen

water infusion blasting; tir sous pression d'eau

verbindet die Wirkung einer Sprengladung beim Sprengen in der Kohle mit der Wirkung des Wasserdrucks, wobei gleichzeitig das Tränkwasser den Staub bindet. Das Bohrloch wird geladen, dann wird mittels sog. Stoßtränksonden Wasser in das Bohrloch gedrückt und die Ladung unter Aufrechterhaltung des Wasserdrucks gezündet. Der Druckstoß im Wasser bewirkt das Lösen der Kohle in grobstückigem Anfall.

Trauzl-Block

→ Bleiblockausbauchung

Trauzl, ein österreichischer Pionier-Offizier, schlug die Bleiblock-Methode zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit der Explosivstoffe vor, die bereits 1904 ihre erste internationale Normung erfuhr.

Treibstoff

propellant; propergol

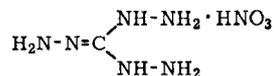
Im Gegensatz zu brisanten Sprengstoffen sind Treibstoffe solche Stoffe und Stoffgemische, welche zu einer exothermen gasentwickelnden Zersetzungsreaktion ohne Zutritt von Luftsauerstoff mit einer Geschwindigkeit fähig sind, die durch Verdichtung, Formgebung, Druckregelung während des Abbrandes (→ Abbrandgeschwindigkeit) zu einem vorausbestimmten zeitlichen Ablauf gebracht werden kann; → Schießpulver → Feststoffraketen → Verbundtreibsätze, → POL-Pulver.

Trialene

im zweiten Weltkrieg für die Füllung von Bomben und Torpedoköpfen verwendete Mischungen aus Trinitrotoluol, Hexogen und Aluminiumpulver in den Zusammensetzungen 80/10/10; 70/15/15; 60/20/20; 50/10/40 und 50/25/25.

Triaminoguanidinnitrat

triaminoguanidine nitrate; nitrate de triaminoguanidine; TAGN



weiße Kristalle

Bruttoformel: $\text{CH}_9\text{N}_7\text{O}_3$

Bildungsenergie: $-66,8 \text{ kcal/kg} = -279,4 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-67,07 \text{ kcal/kg} = -280,6 \text{ kJ/kg}$

Mol.-Gew.: 167,1

Sauerstoffwert: $-33,5 \%$

Stickstoffgehalt: $58,68 \%$

Explosionswärme: $948 \text{ kcal/kg} = 3969 \text{ kJ/kg}$

Dichte: $1,5 \text{ g/cm}^3$

F. (Zersetzung): $216 \text{ }^\circ\text{C}$

Bleiblockausbauchung: 350 cm^3

Detonationsgeschwindigkeit: 5300 m/s

bei $\rho = 0,95 \text{ g/cm}^3$

Verpuffungspunkt: $227 \text{ }^\circ\text{C}$

Schlagempfindlichkeit: $0,4 \text{ kp m} = 4 \text{ Nm}$

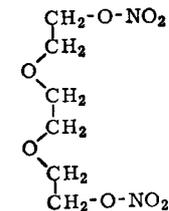
Reibempfindlichkeit: ab 12 kp Stiftbelastung Knistern

Die Synthese erfolgt durch Umsetzung von 1 Mol Guanidinnitrat mit 3 Molen Hydrazinhydrat bei $100 \text{ }^\circ\text{C}$ 4 Stunden unter Ammoniak-Abspaltung.

Das Produkt, das sich durch hohe Molzahlen an Wasserstoff und Stickstoff auszeichnet, hat noch keinen Eingang in die Praxis gefunden.

Triglykoldinitrat

triethyleneglycoldinitrate; dinitrate de triéthylèneglycol; TEGN



hellgelbe Flüssigkeit

Bruttoformel: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_2\text{O}_8$

Mol.-Gew.: 240,0

Sauerstoffwert: $-66,7 \%$

Bildungsenergie $-576,6 \text{ kcal/kg} = -2412 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-603,7 \text{ kcal/kg} = -2526 \text{ kJ/kg}$

Stickstoffgehalt: $11,67 \%$

Normalgasvolumen: 1202 l/kg

Explosionswärme: $725 \text{ kcal/kg} = 3036 \text{ kJ/kg}$

Spezif. Energie: $97,3 \text{ mt/kg} = 954 \text{ kJ/kg}$

Dichte: $1,335 \text{ g/cm}^3$

Bleiblockausbauchung: $320 \text{ cm}^3/10 \text{ g}$

Verpuffungspunkt: $195 \text{ }^\circ\text{C}$

Schlagempfindlichkeit: $1,3 \text{ kp m} = 13 \text{ Nm}$

Triglykoldinitrat ist weniger flüchtig als Diglykoldinitrat. Es gelatiert Nitrocellulose ebensogut wie Diglykoldinitrat, d. h. besser als Nitroglycerin.

Die chemische Stabilität ist besser als die von Nitroglycerin und von Nitrocellulose und ist mindestens so gut wie die von Diglykoldinitrat.

Triglykoldinitrat wird beim Nitrieren von Triglykol mit Mischsäure erhalten. Die Löslichkeit des Triglykoldinitrats in der Abfallsäure ist sehr hoch (8–9 %). Wegen der niedrigen Explosionswärme ist Triglykoldinitrat zur Herstellung von „kalten Pulvern“ und zusammen mit Metrioltrinitrat für sogenannte Tropenpulver besonders geeignet.

Triglykol (Ausgangsmaterial)

Daten:

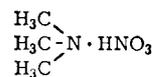
Bruttoformel: $C_6H_{14}O_4$
 Molekulargewicht: 150,2
 Siedepunkt: 287,4 °C
 Refraktion 20/D: 1,4559
 Dichte 20/4: 1,1233 g/cm³
 Viskosität bei 20 °C: 47,8 cP

Technische Reinheitsforderungen

Dichte 20/4:	1,1230— 1,1234 g/cm ³
Siedeanalyse; Beginn: nicht vor	280 °C
90 % destilliert: nicht über	295 °C
Feuchtigkeit: nicht über	0,5 %
Chloride:	nur Spuren
Säure als H_2SO_4 : nicht über	0,02 %
Verseifungswert als Na_2O : nicht über	0,05 %
reduzierende Bestandteile ($AgNO_3 - NH_3$ -Test):	keine

Trimethylaminnitrat

trimethylamine nitrate; nitrate de triméthylamine



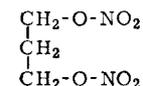
Bruttoformel: $C_3H_{10}N_2O_3$
 Mol.-Gew.: 122,1
 Sauerstoffwert: — 104,8 %

Bildungsenergie: — 562,2 kcal/kg = — 2352 kJ/kg
 Bildungsenthalpie: — 598 kcal/kg = — 2504 kJ/kg
 Stickstoffgehalt: 22,95 %
 Normalgasvolumen: 1297 l/kg
 Explosionswärme: 548 kcal/kg = 2294 kJ/kg
 Spezif. Energie: 78 mt/kg = 768 kJ/kg

Dieses Salz ist wie andere Methylaminnitrate als Komponente für gießbare und schlammförmige Sprengstoffmischungen vorgeschlagen worden (→ „Sprengschlamm“).

Trimethylenglykoldinitrat

trimethyleneglycol dinitrate; dinitrate de triméthylène glycol



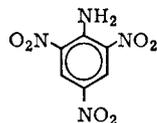
wasserhelle, ölige Flüssigkeit
 Bruttoformel: $C_3H_6N_2O_6$
 Mol.-Gew.: 166,1
 Sauerstoffwert: — 28,9 %
 Stickstoffgehalt: 16,87 %
 Dichte: 1,393 g/cm³ (20/4)
 Kp. (bei 10 mm Hg): 108 °C
 Bleiblockausbauchung: 540 cm³/10 g
 Verpuffungspunkt (Zersetzung ab 185 °C): 225 °C
 Schlagempfindlichkeit: bis 2 kp m keine Reaktion

Trimethylenglykoldinitrat ist weniger flüchtig als Nitroglykol, aber flüchtiger als Nitroglycerin. Es zeigt etwa die gleichen Löslichkeits-eigenschaften wie Nitroglycerin und bildet wie dieses eine gute Gelatine mit Nitrocellulose. Es verursacht Kopfschmerz.

Trimethylenglykoldinitrat wird hergestellt durch Nitrierung von Trimethylenglykol mit Salpetersäure oder Mischsäure bei einer Temperatur von 0–10 °C. Es ist weniger schlagempfindlich als Nitroglycerin und wesentlich lagerbeständiger als dieses. Technisch ist das Trimethylenglykoldinitrat als Vorläufer des Nitroglykols anzusehen.

Trinitroanilin

trinitranilin; trinitraniline; picramide; Picramid; TNA



orangerote Kristalle

Bruttoformel: $C_6H_4N_4O_6$

Mol.-Gew.: 228,1

Bildungsenergie: $-59,9 \text{ kcal/kg} = -250,4 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-78,0 \text{ kcal/kg} = -326,5 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-56,1 \%$

Stickstoffgehalt: $24,56 \%$

Normalgasvolumen: 630 l/kg

Explosionswärme: $1070 \text{ kcal/kg} = 4480 \text{ kJ/kg}$

Dichte: $1,76 \text{ g/cm}^3$

F.: $188 \text{ }^\circ\text{C}$

Bleiblockausbauchung: $310 \text{ cm}^3/10 \text{ g}$

Detonationsgeschwindigkeit:

7300 m/s bei $\rho = 1,72 \text{ g/cm}^3$

Verpuffungspunkt: $346 \text{ }^\circ\text{C}$

Schlagempfindlichkeit: $1,5 \text{ kp m} = 15 \text{ Nm}$

Reibempfindlichkeit: bis 36 kp Stiftbelastung keine Reaktion

Grenzdurchmesser Stahlhülstentest: $3,5 \text{ mm}$

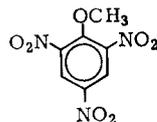
Die Herstellung erfolgt durch Umsetzung von Trinitrochlorbenzol mit Ammoniak oder durch Nitrierung von p-Nitranilin.

Trinitroanisol

methylpicrate; trinitroanisol; 2,4,6-Trinitrophenylmethyläther;

Pikrinsäuremethyläther; Methoxytrinitrobenzol; Trisol;

Trinol; Nitrolit



weiße bis hellgelbe Kristalle

Bruttoformel: $C_7H_5N_3O_7$

Mol.-Gew.: 243,0

Bildungsenergie: $-131,0 \text{ kcal/kg} = -548,2 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-150,6 \text{ kcal/kg} = -630,1 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-62,5 \%$

Stickstoffgehalt: $17,29 \%$

Normalgasvolumen: 760 l/kg

Explosionswärme $1030 \text{ kcal/kg} = 4313 \text{ kJ/kg}$

Spezif. Energie: $95,2 \text{ mt/kg} = 934 \text{ kJ/kg}$

Dichte: $1,61 \text{ g/cm}^3$

F.: $67-68 \text{ }^\circ\text{C}$

Bleiblockausbauchung: $295 \text{ cm}^3/10 \text{ g}$

Detonationsgeschwindigkeit:

6800 m/s bei $\rho = 1,58 \text{ g/cm}^3$

Verpuffungspunkt: $285 \text{ }^\circ\text{C}$

Schlagempfindlichkeit: $2,0 \text{ kp m} = 20 \text{ Nm}$

Reibempfindlichkeit: bis 36 kp Stiftbelastung keine Reaktion

Grenzdurchmesser Stahlhülstentest: 12 mm

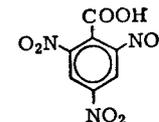
Trinitroanisol ist nicht löslich in Wasser, löslich in heißem Alkohol und Äther. Es ist giftig.

Trinitroanisol wird aus Dinitrochlorbenzol durch Behandeln mit Methylalkohol und Alkali und Weiternitrierung des so gewonnenen Dinitroanisols hergestellt. Umkristallisiert aus Methylalkohol erhält man das reine, schwachgelb gefärbte Produkt.

Es gehört zu den unempfindlichsten, schocksichersten Sprengstoffen. Seine Wirkung liegt zwischen der des Trinitrotoluols und der Pikrinsäure. Mit Hexanitrodiphenylsulfid gemischt hat Trinitroanisol als Bombensprengstoff Verwendung gefunden. Es ruft leicht Haut-ekzeme hervor und ist physiologisch nicht ungefährlich. Dies und sein niedriger Schmelzpunkt haben das Produkt in den Hintergrund treten lassen.

Trinitrobenzoesäure

trinitrobenzoic acid; acide trinitrobenzoique



gelbe Nadelkristalle

Bruttoformel: $C_7H_3N_3O_8$

Mol.-Gew.: 257,1

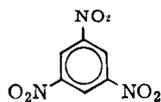
Bildungsenergie: $-358,4 \text{ kcal/kg} = -1500 \text{ kJ/kg}$
 Bildungsenthalpie: $-374,6 \text{ kcal/kg} = -1567 \text{ kJ/kg}$
 Sauerstoffwert: $-46,7 \%$
 Stickstoffgehalt: $16,35 \%$
 Normalgasvolumen: 630 l/kg
 Explosionswärme: $1017 \text{ kcal/kg} = 4260 \text{ kJ/kg}$
 Spezif. Energie: $83,0 \text{ mt/kg} = 815 \text{ kJ/kg}$
 F.: $229 \text{ }^\circ\text{C}$
 Bleiblockausbauchung: $283 \text{ cm}^3/10 \text{ g}$
 Schlagempfindlichkeit $1 \text{ kp m} = 10 \text{ Nm}$
 Reibempfindlichkeit: bis 36 kp Stiftbelastung keine
 Reaktion
 Grenzdurchmesser Stahlhülisentest: 2 mm

Trinitrobenzoesäure ist etwas löslich in Wasser, löslich in Alkohol und Äther. Trinitrobenzoesäure wird durch Oxidation von Trinitrotoluol mit Salpetersäure oder mit salpetersaurer KClO_3 -Lösung oder mit Chromschwefelsäure hergestellt.

Zur Reinigung wird das Rohprodukt in verdünnter Sodalösung aufgelöst und mit Schwefelsäure wieder ausgefällt. Bei längerer Behandlung mit Wasserdampf entsteht aus Trinitrobenzoesäure unter CO_2 -Abspaltung \rightarrow Trinitrobenzol.

1, 3, 5-Trinitrobenzol

trinitrobenzene; trinitrobenzène; Benzit; TNB



hell-grün-gelbe Kristalle
 Bruttoformel: $\text{C}_6\text{H}_3\text{N}_3\text{O}_6$
 Mol.-Gew.: $213,1$
 Bildungsenergie: $-23,2 \text{ kcal/kg} = -96,9 \text{ kJ/kg}$
 Bildungsenthalpie: $-39,8 \text{ kcal/kg} = -166,7 \text{ kJ/kg}$
 Sauerstoffwert: $-56,3 \%$
 Stickstoffgehalt: $19,72 \%$
 Normalgasvolumen: 678 l/kg
 Explosionswärme: $1170 \text{ kcal/kg} = 4899 \text{ kJ/kg}$
 Spezif. Energie: $97,0 \text{ mt/kg} = 951 \text{ kJ/kg}$
 Dichte: $1,68 \text{ g/cm}^3$
 F.: $123,2 \text{ }^\circ\text{C}$
 Schmelzwärme: $16,0 \text{ kcal/kg} = 67,2 \text{ kJ/kg}$

Dampfdruck:

Millibar	Temperatur $^\circ\text{C}$
0,5	122
2	150
14	200
133	270

Bleiblockausbauchung: $325 \text{ cm}^3/10 \text{ g}$
 Detonationsgeschwindigkeit:
 bei $\rho = 1,60 \text{ g/cm}^3$: 7300 m/s
 Schlagempfindlichkeit: $0,75 \text{ kp m} = 7,4 \text{ Nm}$

Trinitrobenzol ist unlöslich in Wasser, wenig löslich in heißem Alkohol, leicht löslich in Aceton, Äther und Benzol.

Trinitrobenzol entsteht durch Decarboxylierung aus Trinitrobenzoesäure. Man kann es auch aus Trinitrochlorbenzol durch Reduktion mit Kupfer in heißem Wasser oder Alkohol darstellen. Auch die Weinternitrierung des Dinitrobenzols führt zum Trinitrobenzol, läßt sich jedoch nur unter schärfsten Bedingungen (hohe SO_3 -Konzentration in der Mischsäure, hohe Nitriertemperatur) und mit geringen Ausbeuten erzwingen.

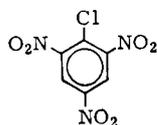
Alle Verfahren sind schwierig durchzuführen und wenig wirtschaftlich. Daher hat das Trinitrobenzol, obwohl es das Trinitrotoluol an Sprengkraft und Detonationsgeschwindigkeit übertrifft und sehr stabil ist, bisher noch keine praktische Verwendung gefunden.

Technische Reinheitsforderungen

Erstarrungspunkt: nicht unter	$121 \text{ }^\circ\text{C}$
Feuchtigkeit und flüchtige Bestandteile:	
nicht über	$0,1 \%$
Glührückstand: nicht über	$0,2 \%$
Benzol-unlösliches: nicht über	$0,2 \%$
HNO_3 :	nur Spuren
Sulfate als H_2SO_4 : nicht über	$0,02 \%$
Säure, als H_2SO_4 : nicht über	$0,005 \%$
Alkali:	0
Abel-Test bei $80 \text{ }^\circ\text{C}$: nicht unter	30 min

Trinitrochlorbenzol

trinitrochlorobenzene; trinitrochlorobenzène; chlorure de picryle; Picrylchlorid



hellgelbe Kristallnadeln

Bruttoformel: $C_6H_2N_3O_6Cl$

Mol.-Gew.: 247,5

Bildungsenergie: $+40,4 \text{ kcal/kg} = +169 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $+25,9 \text{ kcal/kg} = 108 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-45,3 \%$

Stickstoffgehalt: $16,98 \%$

Dichte: $1,797 \text{ g/cm}^3$

F.: $83 \text{ }^\circ\text{C}$

Schmelzwärme: $17,5 \text{ kcal/kg} = 73,3 \text{ kJ/kg}$

Dampfdruck:

Millibar	Temperatur $^\circ\text{C}$
0,05	83
0,2	100
2,0	150
12,5	200
100	270

Bleiblockausbauchung: $315 \text{ cm}^3/10 \text{ g}$

Detonationsgeschwindigkeit:

7200 m/s bei $\rho = 1,76 \text{ g/cm}^3$

Verpuffungspunkt: $395\text{--}397 \text{ }^\circ\text{C}$

Schlagempfindlichkeit: $1,6 \text{ kp m} = 16 \text{ Nm}$

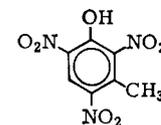
Trinitrochlorbenzol ist wenig löslich in Alkohol und Benzol, etwas mehr löslich in Äther, unlöslich in Wasser.

Man gewinnt Trinitrochlorbenzol aus Dinitrochlorbenzol durch Nitrierung. Die Herstellung ist schwierig und bedarf des Einsatzes höchstkonzentrierter Säuren (60%igen Oleums und 98%iger Salpetersäure).

Trinitrochlorbenzol ist ebenso unempfindlich wie Trinitrotoluol, ist ihm an Brisanz sogar überlegen, trotzdem fand die Verbindung wenig Eingang in die Praxis, obgleich Dichte und die thermische Stabilität interessante Zahlen zeigen.

2, 4, 6-Trinitrokresol

trinitrometacresol; 2,4,6-trinitrométacrésol; crésylithe; Kresylith



gelbe Nadeln

Bruttoformel: $C_7H_5N_3O_7$

Mol.-Gew.: 243,1

Bildungsenergie: $-229,7 \text{ kcal/kg} = -961,2 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-248,0 \text{ kcal/kg} = -1038 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-62,52 \%$

Stickstoffgehalt: $17,95 \%$

Normalgasvolumen: 714 l/kg

Explosionswärme: $1024 \text{ kcal/kg} = 4287 \text{ kJ/kg}$

Spezif. Energie: $85,5 \text{ mt/kg} = 838 \text{ kJ/kg}$

Dichte: $1,68 \text{ g/cm}^3$

Bleiblockausbauchung: $285 \text{ cm}^3/10 \text{ g}$

Detonationsgeschwindigkeit:

6850 m/s bei $\rho = 1,65 \text{ g/cm}^3$

Verpuffungspunkt: $150 \text{ }^\circ\text{C}$

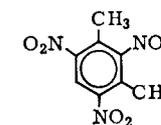
Schlagempfindlichkeit: $1,2 \text{ kp m} = 12 \text{ Nm}$

Trinitrokresol ist in Alkohol, Äther und Aceton leicht, in Wasser schwer löslich.

Man stellt Trinitrokresol durch Nitrierung der m-Kresol-Disulfolsäure her. Während des ersten Weltkrieges wurden als Kresylit Mischungen aus Trinitrokresol und Pikrinsäure (60/40) als Granatfüllungen eingesetzt, da diese Gemische schon bei $85 \text{ }^\circ\text{C}$ flüssig werden.

2, 4, 6-Trinitro-m-Xylol

trinitroxylene; trinitrometaxylène; TNX



farblose Kristallnadeln

Bruttoformel: $C_8H_7N_3O_6$

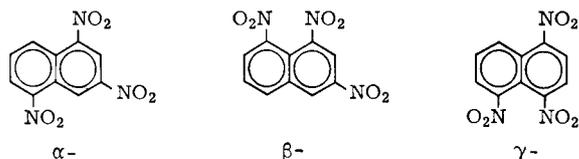
Mol.-Gew.: 241,2
 Bildungsenergie: $-79,9 \text{ kcal/kg} = -334,2 \text{ kJ/kg}$
 Bildungsenthalpie: $-99,4 \text{ kcal/kg} = -415,9 \text{ kJ/kg}$
 Sauerstoffwert: $-89,57 \%$
 Stickstoffgehalt: $17,42 \%$
 Normalgasvolumen: 856 l/kg
 Explosionswärme: $875 \text{ kcal/kg} = 3664 \text{ kJ/kg}$
 Spezif. Energie: $83,2 \text{ mt/kg} = 816 \text{ kJ/kg}$
 F.: $182 \text{ }^\circ\text{C}$

Die Trennung der Isomeren des Xylols ist nicht einfach, auch die vollständige Nitrierung zur Tristufe ist technisch schwierig, man begnügt sich daher meist mit einem Produkt, das nur 85% Trinitro-m-xylol enthält.

Trinitro-m-xylol wurde im ersten Weltkrieg als Zusatz zu Trinitrotoluol (40/60) für Granatfüllungen verwendet.

Trinitronaphthalin

trinitronaphthalene; trinitronaphthalène; Naphtit; Trinal



bräunliche Kristalle

Bruttoformel: $\text{C}_{10}\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6$

Mol.-Gew.: 263,2

Sauerstoffwert: $-100,3 \%$

Stickstoffgehalt: $15,97 \%$

Normalgasvolumen: 840 l/kg

Explosionswärme: $733 \text{ kcal/kg} = 3068 \text{ kJ/kg}$

Spezif. Energie: $77,4 \text{ mt/kg} = 759 \text{ kJ/kg}$

F. (Isomerengemisch): erweicht ab $115 \text{ }^\circ\text{C}$

Bleiblockausbauchung: $175 \text{ cm}^3/10 \text{ g}$

Verpuffungspunkt: $350 \text{ }^\circ\text{C}$

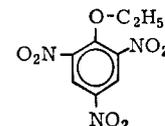
Schlagempfindlichkeit: $2 \text{ kp m} = 19 \text{ Nm}$

Trinitronaphthalin ist löslich in Eisessig, wenig löslich in Alkohol und Äther. Trinitronaphthalin wird durch Lösen von Mononitronaphthalin in konzentrierter Schwefelsäure und Zusatz von Mischsäure hergestellt. Man erhält so ein ab $115 \text{ }^\circ\text{C}$ schmelzendes Gemisch der Isomeren, 1,3,5-(α); 1,3,8-(β) und 1,4,5-(γ).

Trinitronaphthalin ist ein schwer detonierbarer Sprengstoff. Es hat im Gemisch mit anderen Nitrokörpern Anwendung als Granatfüllung gefunden, vor allem in Frankreich und Belgien. Heute wird es praktisch nicht mehr eingesetzt.

2, 4, 6-Trinitrophenetol

ethylpicrate; 2,4,6-trinitrophenétol; Äthylpicrat



blaßgelbliche Nadeln

Bruttoformel: $\text{C}_8\text{H}_7\text{N}_3\text{O}_7$

Mol.-Gew.: 257,2

Bildungsenergie: $-167,1 \text{ kcal} = -699,0 \text{ kJ/kg}$

Bildungsenthalpie: $-186,7 \text{ kcal/kg} = -781 \text{ kJ/kg}$

Sauerstoffwert: $-77,8 \%$

Stickstoffgehalt: $16,34 \%$

Normalgasvolumen: 780 l/kg

Explosionswärme: $980 \text{ kcal/kg} = 4103 \text{ kJ/kg}$

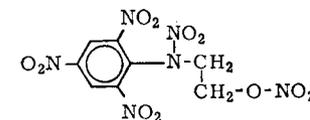
Spezif. Energie: $85,7 \text{ mt/kg} = 840 \text{ kJ/kg}$

F.: $78 \text{ }^\circ\text{C}$

Man stellt es in analoger Weise wie \rightarrow Trinitroanisol her.

Trinitrophenyläthanolnitraminnitrat

2,4,6-trinitrophenylnitramino-ethylnitrate; nitrate de trinitrophenyl-nitramineéthyl; Pentryl



gelblich-weiße Kristalle

Bruttoformel: $\text{C}_8\text{H}_6\text{N}_6\text{O}_{11}$

Mol.-Gew.: 362,2

Sauerstoffwert: $-35,4 \%$

Stickstoffgehalt: $23,19 \%$

Dichte: $1,75 \text{ g/cm}^3$

F.: 128 °C

Bleiblockausbauchung: 450 cm³/10 g

Verpuffungspunkt: 235 °C

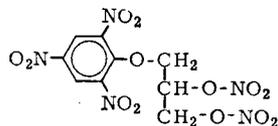
Schlagempfindlichkeit: 0,4 kp m = 4 Nm

Es ist in Wasser unlöslich, leicht löslich in den meisten gebräuchlichen organischen Lösungsmitteln und löslich in Nitroglycerin. Seine Beständigkeit ist gut, allerdings ist eine der fünf Nitrogruppen als Salpetersäureester eingebaut; die Verbindung kann daher nicht so stabil wie ein Nitrokörper sein.

Die Verbindung wird durch Nitrieren von Dinitrophenylaminoäthanol, das durch Kondensation von Dinitrochlorbenzol mit Monoäthanolamin entsteht, hergestellt.

Trinitrophenylglycerinätherdinitrat

glycerol-trinitrophenylether-dinitrate; dinitrate de trinitrophenyl-glycérineéther



gelbliche, lichtempfindliche Kristalle

Bruttoformel: C₇H₇N₅O₁₃

Mol.-Gew.: 393,2

Sauerstoffwert: -52,9 %

Stickstoffgehalt: 17,81 %

F.: 128,5 °C

Bleiblockausbauchung: 420 cm³/10 g

Verpuffungspunkt: 200–205 °C

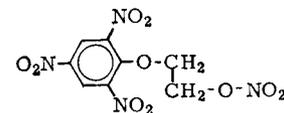
Schlagempfindlichkeit: 0,4 kp m = 4 Nm

Trinitrophenylglycerinätherdinitrat ist unlöslich in Wasser, leicht löslich in Aceton und gelatiniert Nitrocellulose nicht.

Die Verbindung wird durch Nitrierung des Phenylglycerinäthers oder seiner niederen Nitrierungsprodukte mit Salpetersäure/Schwefelsäure gewonnen.

Trinitrophenylglykoläthernitrat

trinitrophenoxethylnitrate; nitrate de trinitrophénoxéthyle; Trinitrophenoxiäthylnitrat



gelblich-weiße Kristalle

Bruttoformel: C₈H₆N₄O₁₀

Mol.-Gew.: 318,2

Bildungsenergie: -193 kcal/kg = -807 kJ/kg

Bildungsenthalpie: -212 kcal/kg = -885 kJ/kg

Sauerstoffwert: -45,3 %

Stickstoffgehalt: 17,61 %

Normalgasvolumen: 750 l/kg

Explosionswärme: 1150 kcal/kg = 4815 kJ/kg

Spezif. Energie: 107 mt/kg = 1050 kJ/kg

Dichte: 1,68 g/cm³

F.: 104,5 °C

Bleiblockausbauchung: 350 cm³/10 g

Detonationsgeschwindigkeit:

7600 m/s bei ρ = 1,65 g/cm³

Verpuffungspunkt: über 300 °C

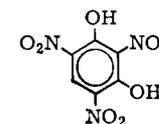
Schlagempfindlichkeit: 0,8 kp m = 7,9 Nm

Es ist unlöslich in Wasser, löslich in Aceton und Toluol. Trinitrophenylglykoläthernitrat ist sehr stabil und gelatiniert Nitrocellulose in der Wärme.

Man erhält Trinitrophenylglykoläthernitrat durch Nitrierung der entsprechenden Dinitroverbindung mit Salpetersäure/Schwefelsäure-Gemisch.

Trinitroresorcin

trinitroresorcinol; styphnic acid; trinitrorésorcinol; acide styphnique; 2,4,6-Trinitro-1,3-dioxybenzol; Styphninsäure; Oxypikrinsäure; Tricin; Trizin



gelbbraune bis rotbraune Kristalle

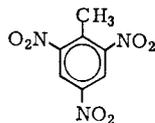
Bruttoformel C₆H₃N₃O₈

Mol.-Gew.: 245,1
 Bildungsenergie: $-407,0 \text{ kcal/kg} = -1703 \text{ kJ/kg}$
 Bildungsenthalpie: $-423,9 \text{ kcal/kg} = 1774 \text{ kJ/kg}$
 Sauerstoffwert: $-35,9 \%$
 Stickstoffgehalt: $17,15 \%$
 Normalgasvolumen: 680 l/kg
 Explosionswärme: $1020 \text{ kcal/kg} = 4271 \text{ kJ/kg}$
 Spezif. Energie: $92 \text{ mt/kg} = 900 \text{ kJ/kg}$
 Dichte: $1,83 \text{ g/cm}^3$
 F.: $176 \text{ }^\circ\text{C}$
 Bleiblockausbauchung: $284 \text{ cm}^3/10 \text{ g}$
 Verpuffungspunkt: $257 \text{ }^\circ\text{C}$
 Schlagempfindlichkeit: $0,75 \text{ kp m} = 7,4 \text{ Nm}$
 Reibempfindlichkeit: bis 36 kp Stiftbelastung keine
 Reaktion
 Grenzdurchmesser Stahlhülstentest: 14 mm

Trinitroresorcin wird unter Rühren in einem heiz- und kühlbaren Reaktionsgefäß durch Auflösen von Resorcin in konz. Schwefelsäure und anschließendes Nitrieren der schwefelsauren Resorcin-disulfosäurelösung mit konz. Salpetersäure hergestellt. Es ist ein relativ schwacher Sprengstoff. Technische Verwendung findet sein Bleisalz (\rightarrow Bleitritroresorcinat) als Initialsprengstoff.

2, 4, 6-Trinitrotoluol

trinitrotoluene; trinitrotoluéne; Trotyl; Trilite; Tolit; Tutol; Triton; Tri; Füllpulver 02; TNT



schwach gelbliche Kristalle oder Schuppen
 Bruttoformel: $\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6$
 Mol.-Gew.: 227,1
 Bildungsenergie: $-44,2 \text{ kcal/kg} = -184,8 \text{ kJ/kg}$
 Bildungsenthalpie: $-62,5 \text{ kcal/kg} = -261,5 \text{ kJ/kg}$
 Sauerstoffwert: $-73,9 \%$
 Stickstoffgehalt: $18,50 \%$
 Normalgasvolumen: 730 l/kg
 Explosionswärme: $1080 \text{ kcal/kg} = 4522 \text{ kJ/kg}$
 Spezif. Energie: $89 \text{ mt/kg} = 870 \text{ kJ/kg}$

Dichte, Kristall: $1,64 \text{ g/cm}^3$
 geschmolzen: $1,47 \text{ g/cm}^3$
 Erstarrungspunkt: $80,8 \text{ }^\circ\text{C}$
 Schmelzwärme: $23,1 \text{ kcal/kg} = 96,6 \text{ kJ/kg}$
 spezifische Wärme: $0,331 \text{ kcal/kg} = 1,38 \text{ kJ/kg}$

Dampfdruck:

Millibar	Temperatur $^\circ\text{C}$
0,057	81
0,14	100
4	150
14	200
86,5	250

Bleiblockausbauchung: $300 \text{ cm}^3/10 \text{ g}$
 Detonationsgeschwindigkeit:
 6900 m/s bei $\rho = 1,60 \text{ g/cm}^3$
 Verpuffungspunkt: $300 \text{ }^\circ\text{C}$
 Schlagempfindlichkeit: $1,5 \text{ kp m} = 15 \text{ Nm}$
 Reibempfindlichkeit: bis 36 kp Stiftbelastung keine
 Reaktion
 Grenzdurchmesser Stahlhülstentest: 5 mm

Trinitrotoluol ist nahezu unlöslich in Wasser, schwer löslich in Alkohol, löslich in Benzol, Toluol, Aceton.

Es ist sehr stabil, reagiert neutral und greift Metalle nicht an.

Trinitrotoluol wird durch Nitrierung von Toluol in mehreren Stufen mit Salpetersäure/Schwefelsäure hergestellt. Die einzelnen Stufen-nitrierungen können kontinuierlich oder diskontinuierlich durchgeführt werden. Das Rohprodukt wird in heißem Wasser mehrfach gewaschen. Zur Trennung von Isomeren und Oxydationsprodukten kann man eine Wäsche mit Natriumsulfitlösung vornehmen, wobei die Nebenprodukte von der Waschflüssigkeit unter Bildung tiefrot gefärbter Verbindungen aufgenommen werden. Das Rohprodukt kann durch Umkristallisieren aus Alkohol, Toluol, Benzol oder auch aus 62%iger Salpetersäure gereinigt werden.

Zur Bestimmung des Reinheitsgrades wird der Erstarrungspunkt anstelle des Schmelzpunktes zugrunde gelegt, er läßt sich auf zehntel Grade genau feststellen. Für militärische Zwecke wird ein Erstarrungspunkt des Trinitrotoluols von mindestens $80,2 \text{ }^\circ\text{C}$ verlangt. Reinstes Trinitrotoluol erstarrt bei $80,8 \text{ }^\circ\text{C}$. Trinitrotoluol ist infolge seiner guten Sprengkraft und Brisanz, wegen seiner Gießbarkeit in günstigem Temperaturbereich und wegen seiner Hand-

habungssicherheit der am meisten gebrauchte militärische Sprengstoff. Gegossenes Trinitrotoluol wird durch eine Sprengkapsel nicht sicher gezündet, es bedarf einer gepreßten Verstärkerladung.

In gepreßtem oder gegossenem Zustande wird Trinitrotoluol zum Füllen von Granaten, Minen und Torpedos verwendet. Außerdem ist es ein wesentlicher Bestandteil der gewerblichen Sprengstoffe. Man verwendet es schließlich auch als Zusatz zu rauchschwachen Schießpulvern.

Technische Reinheitsforderungen

Aussehen:		hellgelbe Schuppen oder Kristalle
Erstarrungspunkt, je nach Güteklasse	mindestens	80,6 °C 80,4 °C 80,2 °C
für gewerbl. Sprengstoffe		auch darunter
Tetranitromethan:		0
flüchtige Bestandteile: nicht über		0,1 %
Säure als H ₂ SO ₄ : nicht über		0,005 %
Alkali als Na ₂ CO ₃ : nicht über		0,001 %
Benzolunlösliches: nicht über		0,05 %
Asche: nicht über		0,01 %

Dazu können weitere Forderungen treten, wie die Limitierung von Kalt-Wasser-löslichen organischen Bestandteilen in Wasser, das unter Sieden mit dem Prüfmuster TNT behandelt, abgekühlt und filtriert wurde („Permanganat-Test“) und das Verhalten von Preßkörpern in bezug auf exsudierende Bestandteile bei 70 °C (→ Ausschwitzen, Fleckprobe).

Toluol als Ausgangsprodukt:

Daten	Bruttoformel: C ₇ H ₈
	Molekulargewicht: 92,1
	Siedepunkt: 110,6 °C
	Dichte 20/4: 0,8659 g/cm ³
	Refraktion 20/D: 1,4947

Technische Reinheitsforderungen

Siedeanalyse:	109—111 °C
Test mit konzentrierter Schwefelsäure:	keine Braunfärbung
Thiophen: nicht über	0,005 %
ungesättigte Kohlenwasserstoffe (Br ₂ -Verbrauch): nicht über	0,25 %

Tabelle 25. Daten für die nicht-symmetrischen TNT-Isomere

TNT-Isomere	Schmelzpunkt °C	Schmelzwärme kcal/kg	kJ/kg	Zersetzungsbeginn °C
2,3,4-	112	25,8	108	282
2,3,5-	97	20,3	85	283
2,3,6-	108	24,9	104	280
2,4,5-	104	26,3	110	262
3,4,5-	132	21,2	89	288

TNT-Isomere	Bildungsenergie		Bildungsenthalpie	
	kcal/kg	kJ/kg	kcal/kg	kJ/kg
2,3,4-	+ 34,2	+ 143	+ 15,9	+ 67
2,3,5-	− 5,9	− 25	− 24,2	− 101
2,3,6-	+ 0,7	+ 3	− 17,6	− 74
2,4,5-	+ 2,0	+ 8	− 16,3	− 68
3,4,5-	+ 13,0	+ 54	− 5,3	− 22

Tritonal

ist eine gießbare Mischung aus 20–40 % Aluminium und 80–60 % Trinitrotoluol.

Trioxogen

eine Mischung von Trinitrotoluol-Hexogen.

Übertragung

→ Detonationsübertragung.

Ummantelte Sprengstoffe

sheathed explosives; explosifs gainés

Diese, zur Zeit in der BRD nicht mehr verwendeten Wettersprengstoffe bestanden aus einem Kern-Sprengstoff, der durch einen „kühlenden“ Mantel zur Erzielung erhöhter Wettersicherheit (→ Wettersprengstoffe) umhüllt war. Es wurden inerte und „aktive“ Mäntel verwendet; die aktiven Mäntel bestanden aus einem gut übertragenden „Mantelsprengstoff“ aus ca. 90 % inerten Salzen, wie Natriumbikarbonat oder Natriumchlorid, und 10 % → Sprengöl. In der Bundesrepublik wurden die ummantelten Wettersprengstoffe durch Salzpaar-Sprengstoffe, in England durch e.q.s. (equal sheathed explosives) abgelöst.

Umweltschutz

gegenüber Explosivstoffgefahren

Das Sprengstoffwesen hat, nicht zuletzt wegen der spektakulären Erscheinungsform einer Explosion, die frühzeitigste (das Reichsgesetz gegen den verbrecherischen und gemeingefährlichen Gebrauch von Sprengstoffen wurde bereits 1884 erlassen) und eingehendste Reglementierung aller Gewerbebezüge erfahren: Das alte Reichsgesetz wurde 1969 durch das Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe (→ Sprengstoffgesetzgebung) und seine Durchführungsbestimmungen abgelöst; eine Neufassung des Gesetzes wurde 1976 erlassen*). Weitere Reglementierungen enthalten die Gewerbeordnung, die Sprengstofflagerverordnung, bergbehördliche Vorschriften, die Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie und der Steinbruchberufsgenossenschaft, sowie militärische Vorschriften (ZDv 34/2).

Die Herstellung und die Anwendung von Explosivstoffen bedarf einer Erlaubnis, die anwendbaren Explosivstoffe einer Zulassung; der Hersteller und Anwender muß zur Erlangung der Erlaubnis Fachkunde nachweisen.

Sowohl in der Herstellung wie in der Anwendung der Explosivstoffe stehen die Unfallziffern von beteiligten und von unbeteiligten Personen in der Statistik im Vergleich zu anderen Industrien an relativ unteren Stellen.

*) Text und Kommentare: *Apel-Keusgen*, Das Sprengstoffgesetz, Heymanns Verlag, Köln, 16. Lieferung, 1978.
Ferner → Literaturverzeichnis, Seite 359.

Unterwasserdetonationen*)

underwater detonations; détonations dans l'eau

Bei der zerstörenden Wirkung von Unterwassersprengungen muß zwischen Fern- und Nahwirkung unterschieden werden. Während die erstere allein auf der Wirkung der Druckstoßwelle beruht, ist die letztere überwiegend dem Schub, den die expandierende Gasblase erzeugt, zuzuschreiben.

Grundsätzlich kann man den Vorgang bei einer Unterwassersprengung in 3 Abschnitte gliedern:

1. Detonation

Die durch Zündung ausgelöste Detonation eines Sprengkörpers. Hierbei handelt es sich um einen mit großer Geschwindigkeit ablaufenden chemischen Zerfall des Sprengstoffes, wobei sich unter starker Wärmeentwicklung eine große Gasmenge bildet, die zunächst den kleinen, vom festen Sprengstoff vorher eingenommenen Raum ausfüllt und daher unter hohem Druck steht. Diese heiße zusammengepreßte Gasmenge trägt die gesamte arbeitsfähige Energie.

2. Druckwelle

Unter dem Einfluß dieses hohen Druckes wird die angrenzende Wasserschicht zusammengedrückt, drückt selbst auf die Nachbarschicht, diese wieder auf die nächste und so fort. Da die Fortpflanzungsgeschwindigkeit mit dem Druck steigt, steilt die Druckfront auf, was der Druckwelle unter Wasser den Charakter einer Stoßwelle gibt. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist am Anfang höher als die Schallgeschwindigkeit und klingt mit zunehmender Entfernung zur Schallgeschwindigkeit, d. h. auf ca. 1450 m/s ab.

Der Maximaldruck ist in erster Näherung der 3. Wurzel aus dem Ladungsgewicht direkt proportional und klingt umgekehrt proportional zur Entfernung ab, so daß sich folgende Näherungsformel ergibt:

$$p_{\max} = c \frac{L^{\frac{1}{3}}}{e}$$

p: Druck in bar

L: Ladegewicht in kg

e: Entfernung in m

c: empirischer Faktor; = 500

*) Diese Ausführungen sind ein teilweiser Auszug aus einem von *W. E. Nolle*, Erprobungsstelle 71 der Bundeswehr, Eckernförde, 1973, in Karlsruhe gehaltenen Vortrag.

3. Gasblase

Wie schon gesagt, erfüllen die bei der Detonation unter Wasser entstehenden Gase zunächst das vom Sprengstoff eingenommene kleine Volumen und bilden so eine Gasblase, die unter hohem Druck steht. Das umgebende Wasser gibt nach und die Gasblase dehnt sich aus. Dabei strömen die Wassermassen mit großer Geschwindigkeit radial vom Sprengpunkt weg. Diese Strömung wird als Schub bezeichnet. Die maximale kinetische Energie, die das Wasser bei der Detonation erhalten kann, heißt Schubenergie. Die Ausbildung der Gasblase verläuft viel langsamer als die Abstrahlung der Druckwelle. Je mehr die Gasblase sich ausdehnt, um so mehr sinkt der Druck auf die eingeschlossenen Gase, so daß die Ausdehnung immer langsamer vor sich geht, bis schließlich die kinetische Energie aufgezehrt ist. Hierbei sinkt der Druck des Gasblaseninhalts unter den statischen Wasserdruck und die Wassermassen schlagen wieder zusammen. Die Gase werden erneut komprimiert bis zu einem 2. Minimum, in dem es wieder zur Ausbildung und Abstrahlung einer Druckwelle (Sekundärdruckwelle) kommt. Die Schwingung der Gasblase kann sich mehrmals wiederholen, wobei sich ein 3. Minimum und unter günstigen Umständen noch weitere Minima ausbilden können. Die Gasblase steigt dabei infolge ihres Auftriebes zur Wasseroberfläche auf, wobei sie im Minimum nicht kugelförmig ist. Durch die Druckdifferenz der Blasenoberseite zur Blasenunterseite bewegt sich die Unterseite schneller und wölbt sich in die Gasblase hinein. Die beiden Flächen können zusammenschlagen. Das Wasser erfährt in einem eng begrenzten Bereich eine zur Wasseroberfläche gerichtete Beschleunigung und es entsteht der sogenannte Wasserhammer (waterjet).

Danach ist klar, daß für Unterwaffen solche Sprengstoffe besonders wirksam sind, welche für die Schuberzeugung eine besonders hochgespannte Gasblase liefern können. Mischungen mit erheblichem Prozentsatz an Aluminiumpulver haben sich besonders bewährt (→ Aluminium; → Torpex; → Trialen; → Tritonal).

Literatur

G. Bjarnholt und R. Holmberg, Explosive Expansion Work in Underwater Detonations, Reprints of the Sixth Symposium on Detonation, San Diego, 1976 (über: Office of Naval Research, San Diego, USA).

S. Paterson und A. H. Begg, Underwater Explosion, Propellants and Explosives 3, 63—69, (1978).

Unterwasserzünder

water resistant detonator; détonateur pour tir sou l'eau

unterscheiden sich von den üblichen Sprengzündern durch eine besonders gute Abdichtung, die bewirkt, daß auch bei stärkerem Wasserdruck kein Wasser in den Zünder eintreten kann (→ Brückenzünder).

Vakuum-Test

Dieser in den USA entwickelte und in neuerer Zeit in verschiedenen Ländern zum Einsatz kommende Test stellt eine Abänderung des → Taliani-Testes insofern dar, als die Zersetzungsgase nicht manometrisch, sondern volumetrisch bestimmt werden. Die bei einbasigen Treibmitteln bei 100 °C und bei mehrbasigen Treibmitteln bei 90 °C durchgeführte Prüfung wird nicht, wie bei dem Taliani-Test, nach Erreichen eines bestimmten Druckes bzw. Volumens, sondern nach 40 Stunden beendet.

Der Vakuumtest wird als Verträglichkeitstest in Form des sogenannten Reaktivitätstestes angewandt. Hierbei wird die Verträglichkeit zwischen Explosivstoff und einem Kontaktstoff (z. B. Kleber, Lacke und dergleichen) in der Weise geprüft, daß die Gasabspaltung des Explosivstoffes allein, des Kontaktstoffes allein, sowie beider Komponenten gemeinsam bestimmt werden. Als Maß für die Reaktivität bzw. Verträglichkeit wird die Differenz zwischen der Gasabspaltung, der Summe der Einzelkomponenten und dem Wert, der sich bei der gemeinsamen Lagerung von Explosivstoff und Kontaktstoff ergeben hat, bezeichnet. Bei Werten zwischen 3 und 5 ml wird die Verträglichkeit als „bedenklich“ bezeichnet, ab 5 ml liegt Unverträglichkeit vor.

Verbrennung

combustion; brûlage

Verbrennung bezeichnet jede Oxidationsreaktion, auch unter Zutritt von Luftsauerstoff; viele Explosivstoffe vermögen abzubrennen, ohne in Detonation überzugehen, wenn sie sich nicht in Einschluß befinden (→ Verdämmung). Außerdem wird zuweilen auch die Oxidationsreaktion ohne Sauerstoffzutritt bei Treibstoffen mit Verbrennung bezeichnet; besser sollte man den Vorgang als Abbrand bezeichnen (→ Abbrandgeschwindigkeit, → Deflagration).

Verbrennungswärme

combustion heat; chaleur de combustion

Im Gegensatz zur Explosionswärme stellt die Verbrennungswärme den kalorischen Wert bei vollständiger Verbrennung des betreffenden Produktes dar. Sie wird im Bombenkalorimeter unter überschüssigem Sauerstoffdruck bestimmt. Allgemein dient die Verbrennungswärme zur Ermittlung der Bildungswärmen.

Die Verbrennungswärme hängt nur von der Konstitution bzw. Zusammensetzung des Stoffes, nicht z. B. von der Ladedichte ab.

Verbundtreibsätze

composite propellants; poudres composites

ist die Bezeichnung für Raketen-Festtreibstoffe, die sich aus sauerstoffgebenden anorganischen Salzen und einem vernetzbaren Kunststoffbinder zusammensetzen.

Die heute gebräuchlichen hochpolymeren Binder sind: Polysulfide („PS“), Polybutadien-Acrylsäure („PBAA“), Polybutadien-Acrylsäure-Acrylonitril („PBAN“), Polyurethan („PU“) und Polybutadien mit Carboxyl-Endgruppen („CTPB“) und mit Hydroxylendgruppen („HTPB“).

Als sauerstoffabgebende Salze werden Perchlorate, besonders Ammoniumperchlorat, verwendet.

Die Herstellung dieser Treibmittel kann im Gieß- oder Preßverfahren erfolgen. Die Kornfeinheit des verwendeten Salzes spielt eine wesentliche Rolle für die Brenneigenschaften. An die mechanischen – vorzugsweise gummi-elastischen – Eigenschaften des Kunststoffbinders müssen besondere Anforderungen gestellt werden.

CDB-Treibsätze sind Kombinationen von Verbundtreibsätzen mit → double base-Sätzen, Treibstoffe mit denen sonst schwer erreichbare „Plateaus“ erzielbar sind (→ Abbrandgeschwindigkeit).

Ausführliche Angaben s. *Zähringer: Solid Propellant Rockets*, 1958 *Barrère, Jaumotte, Fraeijs de Veubeke, Vandekerckhove: „Raketenantriebe“*, Elsevier Publishing Company, Amsterdam 1961. *Dadieu, Damm, Schmidt: Raketentreibstoffe*. Springer, Wien 1968.

Vernichten von Explosivstoffen

Unter „Vernichten“ wird hierbei das Vernichten von Explosivstoffen, von explosivstoffbehafteten Abfällen und explosivstoffhalti-

gem Kehrriecht, das Unschädlichmachen von Explosivstoffresten an Maschinen, Apparaten, Leitungen usw. und das Behandeln explosivstoffbehafteter Gegenstände verstanden (für das Entleeren und Behandeln von Munition → Delaborieren). Das Vernichten von Explosivstoffen muß unter Leitung und Verantwortung eines Fachkundigen *) geschehen. Einzelheiten über das Vernichten regeln die Richtlinien der Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie (**).

Als Vernichtungsoperation für Explosivstoffe kommen in Frage:

1. Abbrennen; das ist für die meisten Explosivstoffe mit Ausnahme der Initialsprengstoffe möglich; diese – an sich wichtige – Vernichtungsoperation ist auf Herstellerbetriebe beschränkt. Für Anwenderbetriebe wurde das Abbrennen inzwischen verboten.
2. Einschütten und Verrühren mit viel Wasser; das ist möglich bei Stoffen, die ganz oder zum wesentlichen Teil wasserlöslich sind (Schwarzpulver, ANC- bzw. PAC-Sprengstoffe);
3. Behandlung mit Chemikalien (Säuren, Laugen, Kochen mit Wasser); so wird Bleiazid durch Behandeln mit Salpetersäure unter Natriumnitritzusatz, Bleitrinitroresorcinat durch Behandeln mit Salpetersäure und Knallquecksilber durch längere Einwirkung durch Salpetersäure bei Siedetemperatur vernichtet;
4. Sprengen.

Bei Abbrenn-Operationen muß ein zugelassener umwallter Brandplatz mit ausreichendem Abstand von gefährdeten Gebäuden (Minimum 50 m) vorhanden sein, der durch einen Drahtkäfig vor dem Wegfliegen brennender Teile bewahrt und über gesicherte Schutzräume für das Personal verfügt. Die zulässige Menge ist je nach Art des Explosivstoffs verschieden, beträgt maximal (mit Ausnahme von gewissen Raketensätzen) 100 kg; der Stoff wird in Windrichtung in langen Bahnen auf zuverlässig brennbarer Unterlage (Holz- wolle, die an der Zündstelle getränkt wird) ausgeschüttet. In Metalleinschluß befindliche Stoffe werden unter Sicherheit vom Einschluß befreit oder aus ihm ausgedampft (→ Delaborieren). Wird die Vernichtung durch chemische Behandlung vorgenommen, müs-

*) Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe von 1976 mit seinen Durchführungsbestimmungen; Text und Kommentare:

Apel-Keusgen, Sprengstoffgesetz, 16. Lieferung 1978, C. Heymanns Verlag, Köln.

**) Richtlinien für das Vernichten von Explosivstoffen, Richtlinie Nr. 5, und Richtlinien für das Zerlegen und Vernichten von Munition, Richtlinie Nr. 13 der Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie, Verlag Chemie GmbH, 1973.

sen die Behandlungsgefäße aus Materialien bestehen, welche durch die Behandlungsflüssigkeit oder durch den Explosivstoff nicht angegriffen werden; die Behandlungstemperatur ist so zu regeln und abzusichern, daß die Entzündungstemperatur des Stoffes erheblich unterschritten bleibt.

Beim Vernichten durch Sprengen muß der Sprengplatz einen noch größeren Abstand (Minimum 300 m) von anderen gefährdeten Gebäuden haben; dem Wegfliegen von Wurfstücken ist in geeigneter Weise (Umwallungen, Palisaden, Überdeckungen) vorzubeugen; als allgemeine Sicherheitsmaßnahmen gelten selbstverständlich die gleichen wie für anderen Sprengungen auch.

Verpuffungstemperatur

deflagration point; température d'inflammation; Entzündungstemperatur

Als Verpuffungspunkt wird diejenige Temperatur bezeichnet, bei welcher eine kleine Sprengstoffprobe im Probierring durch Erhitzen von außen in Entflammung, Verpuffung oder gar heftige Explosion übergeht.

Proben von je 0,5 g, bei Initialsprengstoffen von 0,01 g, werden in einem Probierring in ein geschmolzenes Metallbad (zweckmäßig Woodsche Metalle) 2 cm tief bei 100 °C eingesetzt und die Temperatur um 20 °C/min so lange gesteigert, bis Verpuffung oder Zersetzung eintritt.

Diese Methode entspricht der Vorschrift, wie sie in der Eisenbahnverkehrsordnung festgelegt ist.

Für Nitrocellulose und Nitrocellulosepulver tritt anstelle des Woodschen Metallbades ein Paraffinbad mit Rührvorrichtung, bei dem die Temperatursteigerung 5 °C/min beträgt.

Verstärkungsladungen

booster; relais; Übertragungsladungen

sind Ladungen aus gepreßten leistungsstarken Sprengstoffen ohne eingebautes Zündmittel (→ Zündladungen), die zum sicheren Zünden von relativ unempfindlichen Sprengladungen dienen. Gegossene TNT-Ladungen sind z. B. durch eine Sprengkapsel allein nicht mit Sicherheit zündbar. Auch nicht-kapseeempfindliche → Sprengschlämme („slurries“) gehören zu den Explosivstoffen, die

mit Übertragungsladungen gezündet werden müssen. Zu diesem Zweck dienen auch kapseeempfindliche patronierte → gewerbliche Sprengstoffe.

Versuchsstrecken

test galleries; galeries d'essai; Sprengstoffprüfstrecken

dienen der Prüfung der Wettersprengstoffe und Schlagwetter- und Kohlenstaubsicherheit. Über die verschiedenen Prüfmethode und die Anforderungen an die zu prüfenden Sprengstoffe → Wetter-sprengstoffe.

Verzögerungssätze

delay compositions; compositions retardatrices

sind Stoff-Mischungen, die in Verzögerungsröhrchen eingepreßt ohne Entbindung gasförmiger Reaktionsprodukte reagieren und damit eine möglichst geringe Schwankung der Verzögerungszeit erzielen lassen: Derartige Gemische sind: Kaliumpermanganat/Antimon; Bleidioxid oder Mennige/Silizium; Oxidations-Reduktions-Reaktionen mit Halogeniden und Fluoriden.
→ auch Koruskativs.

Verzögerungszünder

delay fuse; fusée retardatrice

Militärisch bezeichnet man als Verzögerungszünder einen kompletten Geschoßzünder, der nach Ansprechen am Ziel die Sprengladung erst nach einer gewissen Verzögerung detonieren läßt.

Vieille-Test

Nach dieser von Vieille im Jahre 1896 vorgeschlagenen Stabilitätsprüfung von Treibmitteln wird die Probe abwechselnd bei 110 °C in Gegenwart eines Streifens Lackmus-Papieres erhitzt und sodann über Nacht bei Zimmertemperatur an der Luft ausgebreitet. Dieses Verfahren wird solange fortgesetzt, bis sich das Lackmus-Papier innerhalb einer Stunde rötet. Die Summe der jeweiligen Erhitzungszeiten gilt als Maß für die Stabilität.

Diese Methode besitzt den Vorteil, daß das Treibmittel bei der zwischenzeitlichen Ausbreitung an der Luft erneut Feuchtigkeit aufnehmen kann und daß somit die Zersetzung unter diesbezüglich wirklichkeitsnahen Bedingungen verläuft. Der Test hat seine einstige Vorrangstellung eingebüßt, nachdem sich ein mittels dieses Testes geprüft Pulver (Amylalkoholpulver) an Bord von zwei Kriegsschiffen zersetzt und nach erfolgter Explosion zum Untergang der Schiffe geführt hatte (1911). Der Vieille-Test wird, nach entsprechend vorgenommener Korrektur der Glasgefäße bzw. deren Schiffe, heute im wesentlichen nur noch in Frankreich und Belgien angewandt.

Warmlagerteste

werden angewandt, um die bei Normaltemperatur im allgemeinen sehr langsam verlaufende Zersetzung eines Explosivstoffes zu beschleunigen und um so aus der Art und Menge der Abbauprodukte Rückschlüsse auf die Stabilität bzw. voraussichtliche Lebensdauer zu ziehen. Man bedient sich zu diesem Zweck verschiedener, bei unterschiedlichen Temperaturen arbeitender Methoden. Im wesentlichen handelt es sich um:

1. Methoden, welche die abgespaltenen Nitrosen entweder unmittelbar mit dem Auge oder mit Hilfe eines im sauren Bereich umschlagenden, auf Filtrierpapierstreifen aufgetragenen Farbstoffes erkennen lassen. Zu ersteren gehören die sogenannten „Qualitativen Prüfungen“ bei 132 °, 100 °, 75 ° und 65,5 °C, letzterer als US-Überwachungstest bekannt; zu letzteren der Methylviolett-Test, der Abel-Test und der Vieille-Test.
2. Methoden, welche die abgespaltenen Gase quantitativ zu erfassen vermögen. Hierbei unterscheidet man in Prüfmethode, die lediglich saure Produkte (Nitrose) erfassen, wie z. B. Bergmann-Junk-Test, und solche Methoden, die sämtliche gasförmigen Abbauprodukte erfassen können; hierzu gehören die manometrischen und die Gewichtsverlust-Methoden.
3. Methoden, welche aus Art und Menge der bei der Lagerung entstehenden Stabilisator-Abbauprodukte Rückschlüsse auf die Zersetzung des Explosivstoffes und damit auf dessen Stabilität gestatten. Hierzu gehören die polarographischen, dünn-schicht-chromatographischen und spektrophotometrischen Verfahren.
4. Methoden, die auf Grund der bei der Lagerung des Explosivstoffes auftretenden Zersetzungswärme Aussagen über die Stabilität zulassen (Silbergefäßtest).
5. Methoden, die auf Grund des zugleich physikalischen Abbaues eines Nitrocellulose-Gels eine Beurteilung der Stabilität ermöglichen (Viskositätsmessungen).

Je nach der Art des Explosivstoffes (Sprengstoffe, 1-, 2- oder 3-basige Pulver und Festtreibstoffe) sowie nach der voraussichtlichen zeitlichen und thermischen Beanspruchung (Eisenbahntransport oder langjährige Lagerungen unter verschiedenen klimatischen Bedingungen) werden die jeweils geeigneten bzw. erforderlichen Teste angewandt. So werden für den Eisenbahntransport bei Treibmitteln lediglich Kurzzeitprüfungen gefordert. Wird jedoch eine Aussage bezüglich der voraussichtlich zu erwartenden Lebensdauer gewünscht, dann müssen sogenannte Langzeit-Teste bei 75 °C und darunter durchgeführt werden. Die Dauer derartiger Lagerungen beträgt, je nach Treibmitteltyp, bis zu 24 Monate. Für die laufende Kontrolle von Treibmitteln bekannter Zusammensetzung und damit als bekannt vorauszusetzender Lebensdauer werden im allgemeinen die sogenannten Kurzzeit-Teste, wie der Bergmann-Junk-Test, der Holland-Test, der Methylviolett- und der Vieille-Test, sehr selten noch der Abel-Test angewandt. Bei der Wahl der jeweiligen Prüfmethode ist darüber hinaus die Zusammensetzung des Treibmittels und die hieraus resultierende Art und Menge der Zersetzungsprodukte zu berücksichtigen.

Im Gegensatz zu den im wesentlichen salpetersäureesterhaltigen Treibmitteln können die sogenannten Composites-Festtreibstoffe zufolge der relativ guten chemischen Stabilität der eingearbeiteten anorganischen Sauerstoffträger nicht nach den üblichen Testen geprüft werden. In diesen Fällen ist der Zustand des Binders und dessen chemische und physikalische Veränderung maßgebend für die Beständigkeit dieses Treibmittels.

Wasacord

ist die Handelsbezeichnung für eine → Sprengschnur der WASAG-CHEMIE Sythen GmbH mit ca. 12 g Nitropenta/m.

Kennzeichnende Farbe: grün; → auch: Dynacord; Multicord; Supercord; Geocord.

scanned by *wantsomfet*
<http://kangaroo.cjb.net/>
<http://internettrash.com/users/altreal/>

Wasagel 1 und Wasagel 1 K

Sprengtechnische Daten Wasagel	1	1 K
Beschaffenheit	schlammförmig, grau	
Sauerstoffwert*)	-16,4 %	-20,8 %
Normalgasvolumen	735 l/kg	793 l/kg
Explosionswärme	1265 kcal/kg = 5297 kJ/kg	1152 kcal/kg = 4823 kJ/kg
Spezif. Energie	104 mt/kg = 1020 kJ/kg	100 mt/kg = 981 kJ/kg
Dichte	1,4 g/cm ³	1,4 g/cm ³
Bleibblockausbauchung**)	360 cm ³	350 cm ³
Detonationsgeschwindigkeit im Einschluß	4880 m/s	4800 m/s
Schlagempfindlichkeit	bis 5 kpm = 49 Nm keine Reaktion	

Wasagel ist die Handelsbezeichnung für → Sprengschlämme der WASAG-CHEMIE Sythen GmbH. „K“ bezeichnet eine gegen Kälte (Sprengschlämme enthalten 12 % und mehr Wasser als Komponente) beständigere Zusammensetzung; → auch Dynagel.

*) Der Sprengschlamm ist nicht für den Einsatz im Untertagebau bestimmt.

**) Der Wert wurde aus Sprengungen in „Großbleibblöcken“, die 300 g Einwaage gestatteten, auf den Normalblock umgerechnet.

Wasamon F und Wasamon W

Sprengtechnische Daten:	W	Wasamon F
Beschaffenheit	gelblich-weiß, pulvrig	violett-schwarz, pulvrig
Sauerstoffwert	+0,50 %	+0,07 %
Normalgasvolumen	906 l/kg	884 l/kg
Explosionswärme	922 kcal/kg = 3860 kJ/kg	976 kcal/kg = 4087 kJ/kg
Spezif. Energie	104 mt/kg = 1020 kJ/kg	101 mt/kg = 990 kJ/kg
Energieniveau	115 mt/l = 1128 kJ/l	106 mt/l = 1039 kJ/l
Dichte	1,1 g/cm ³	1,05 g/cm ³
Bleibblockausbauchung	310 cm ³	315 cm ³
relative weight strength	65 %	75 %
Detonationsgeschwindigkeit im Papprohr, Zündung mit Zündladung	3700 m/s	4200 m/s
Schlagempfindlichkeit	2 kp m = 20 J	2 kp m = 20 J

Wasamon F und Wasamon W sind die Handelsnamen für pulverförmige, nicht kapselempfindliche Ammonsalpetersprengstoffe der WASAGCHEMIE Sythen GmbH. Sie enthalten keine chemisch einheitlichen Explosivstoffe (z. B. Nitroglycerin oder TNT) als Bestandteil; in der Terminologie im englischen Sprachraum sind sie den „blasting agents“ zuzuordnen. Wasamon F enthält Zusätze, welche die freie Schüttbarkeit eine gewisse Zeitspanne aufrecht erhalten.

Wasserbesatz

water stemming; bourrage à l'eau

für Sprengbohrlöcher besteht aus mit Wasser gefüllten Kunststoffpatronen und gibt eine gewisse Sicherung gegen Schlagwetter- und Kohlestaubzündungen.

Wasserfestigkeit

water resistance; résistance à l'eau

In den USA wird zur Prüfung der Wasserfestigkeit der gewerblichen Sprengstoffe die nachfolgende Methode angewendet:

16 Löcher mit einem Durchmesser von ca. 6 mm werden in regelmäßiger Anordnung in die Hülle einer Patrone von 30 mm Durchmesser und 200 mm Länge des zu prüfenden Sprengstoffes geschnitten und die stirnseitigen Klappenverschlüsse mit Talg versiegelt. Die so beschaffenen Patronen werden in eine flache, mit einer Porzellanschicht überzogene Schale gelegt, mit einer dünnen Sandschicht bedeckt und mit Wasser von 17–25 °C bis zu einer Höhe von ungefähr 25 mm über der Sandschicht überschichtet. Nachdem man die Patronen eine bestimmte Zeit hat abstehen lassen, werden sie entfernt, an einem Ende der Verschluss abgeschnitten und mit einer Sprengkapsel Nr. 6 auf Zündung und Übertragung geprüft. Als Maß der Wasserbeständigkeit von Sprengstoffen wird die Zeit angenommen, die ein Sprengstoff dem Wasser ausgesetzt werden kann, ohne dabei die Fähigkeit zu verlieren, die Detonation der Patrone bei drei Versuchen ohne Zurücklassung von nicht detonierten Sprengstoffbestandteilen auszulösen.

Eine einheitlich festgelegte Güteklasseinteilung gibt es nicht. Man kann jedoch die Wasserfestigkeit als gut bezeichnen, wenn in der ausgeführten Probe der Sprengstoff nach 24 Stunden, als mittel, wenn er nach acht Stunden und als gering, wenn er nach zwei Stunden noch detonierbar bleibt.

In Deutschland gelten für die Prüfung von pulverförmigen Wetter-sprengstoffen auf Wasserfestigkeit die folgenden von der Berg-gewerkschaftlichen Versuchsstrecke Dortmund-Derne festgelegten Prüfanordnungen:

Vier auf einer Holzlatte hintereinander angebrachte Patronen, deren erste mit einem scharfen Zünder Nr. 8 versehen wird, werden waagrecht in Wasser, 20 cm tief unter der Oberfläche, für eine Zeitdauer von fünf Stunden untergetaucht und danach gesprengt.

Die Patronen werden mit je fünf 2 cm langen Einschnitten in Längsrichtung und gleichmäßiger Verteilung über den gesamten Umfang versehen. Die Ladung muß vollständig detonieren.

Web Thickness

eines Schießpulvers ist die Schichtdicke eines Pulverkorns oder -körpers, die für die Berechnung der Brennzeit desselben entscheidend ist (→ Abbrandgeschwindigkeit).

Weichkornpulver

ist eine Lieferform von → Schwarzpulver für Feuerwerkereien. Beim Weichkorn wird die Verdichtung auf hydraulischen Pressen unterlassen und der „Pulverkuchen“ in der Verdichtung belassen, wie sie bereits durch die Bearbeitung im Läuferwerk erreicht wird.

Wetter-Carbonit C

Sprengtechnische Daten

Beschaffenheit	weiß, pulverförmig
Sauerstoffwert	+ 4,8 %
Normalgasvolumen	624 l/kg
Explosionswärme	361 kcal/kg = 1513 kJ/kg
Spezif. Energie	34,2 mt/kg = 335 kJ/kg
Energieniveau	41,0 mt/l = 402 kJ/l
Dichte	1,2 g/cm ³
Bleiblockausbauchung	90 cm ³
relative weight strength	37 %
Detonationsgeschwindigkeit freiliegend	—
Detonationsgeschwindigkeit im Einschluß	1500 m/s
Stauchung nach <i>Kast</i>	1,7 mm
Stauchung nach <i>Heß</i>	4,5 mm
Schlagempfindlichkeit	2 kp m = 20 Nm
Übertragung freihängend	20 cm
im Kohlezementrohr 20:1	10 cm
im Kohlezementrohr 2:1	5 cm

Wetter-Carbonit C ist der Handelsname für einen von der Dynamit Nobel AG hergestellten pulverförmigen Wettersprengstoff der höchsten Sicherheitsklasse III.

Er ist in der Sprengstoffprüfstrecke mit der höchsten, in einer einreihigen Ladesäule in der Nut des 2 m langen Kantenmörser unterzubringenden Lademenge bei allen Kantenmörserstellungen gegen Schlagwetter sicher. Darüber hinaus besitzt er eine hohe

Wasserbeständigkeit, so daß er auch in feuchten Bohrlöchern verwendet werden kann. Seine Deflagrierbarkeit ist nur gering.

Über den von der Bergbehörde zugelassenen Anwendungsbereich der Sprengstoffe der Sicherheitsklasse III → Wettersprengstoffe.

Wetter-Devinit A

Sprengtechnische Daten

Beschaffenheit	pulverförmig, grau-weiß
Sauerstoffwert	+ 1,9 %
Normalgasvolumen	337,1 l/kg
Explosionswärme	301,2 kcal/kg = 1261 kJ/kg
Spezif. Energie	19,7 mt/kg = 191 kJ/kg
Energieniveau	24,6 mt/l = 241 kJ/l
Dichte	1,25 g/cm ³
Bleiblockausbauchung	65 cm ³
relative weight strength	18 %
Detonationsgeschwindigkeit freiliegend	1400 m/s
Detonationsgeschwindigkeit im Einschluß	1700 m/s
Stauchung nach Heß	5,5 mm
Schlagempfindlichkeit	5 kp m = 49 Nm
Übertragung	
im Kohlezementrohr 20:1	10 cm
im Kohlezementrohr 2:1	10 cm

Wetter-Devinit A ist der Handelsname für einen pulverförmigen Wettersprengstoff der WASAGCHEMIE Sythen GmbH. Er stellt einen abgeschwächten Typ der Sicherheitsklasse III dar. Er ist speziell für ein mildes, schonendes Sprengen geeignet. Er erzeugt bei Lockerungs- und Gewinnungssprengungen im Streb nur eine geringe Haufwerksstreuung.

In gebirgsschonender Anwendung eignet er sich besonders gut zur Verringerung von Mehrausbrüchen bei gebrächem Hangenden.

Der Sprengstoff ist ferner besonders geeignet für seismische Aufschlußmessungen im Untertagebereich.

Wetter-Energit B

Sprengtechnische Daten:

Beschaffenheit	pulverförmig, weiß
Sauerstoffwert	+ 3,7 %
Normalgasvolumen	576 l/kg
Explosionswärme	464 kcal/kg = 1944 kJ/kg
Spezif. Energie	42 mt/kg = 415 kJ/kg
Energieniveau	51 mt/l = 498 kJ/l
Dichte	1,2 g/cm ³
Bleiblockausbauchung	130 cm ³
relative weight strength	38 %
Detonationsgeschwindigkeit im Einschluß	1700 m/s
Stauchung nach Kast	2,4 mm
Stauchung nach Heß	7 mm
Schlagempfindlichkeit	1,5 kp m = 15 Nm
Übertragung freihängend	20 cm
im Kohlezementrohr 20 : 1	18 cm
im Kohlezementrohr 2 : 1	15 cm

Wetter-Energit B ist der Handelsname eines von der Dynamit Nobel AG hergestellten pulverförmigen Wettersprengstoffs der Sicherheitsklasse II. Er basiert auf dem Salzpaar Alkalinitrat-Ammoniumchlorid. Zur Erzielung einer geschlossenen Ladesäule und damit einer guten Detonationsübertragung werden die Patronen eingeschlaucht.

Der gleiche Sprengstoff kann auch in Patronen mit 40 mm ϕ geliefert werden, um eine bessere Wirtschaftlichkeit der Bohr- und Sprengarbeit zu erzielen; allerdings wird er dann der Sicherheitsklasse I zugeordnet.

Über den von der Bergbehörde zugelassenen Anwendungsbereich der Sicherheitsklassen I und II → Wettersprengstoffe.

Wetter-Nobelit B

Sprengtechnische Daten:

Beschaffenheit	weiß, gelatinös
Sauerstoffwert	+2,7 %
Normalgasvolumen	510 l/kg
Explosionswärme	678 kcal/kg = 2840 kJ/kg
Spezif. Energie	51 mt/kg = 500 kJ/kg
Energieniveau	82 mt/l = 800 kJ/kg
Dichte	1,6 g/cm ³
Bleiblockausbauchung	220 cm ³
relative weight strength	44 %
Detonationsgeschwindigkeit freiliegend	2600 m/s
Detonationsgeschwindigkeit unter Einschluß	5200 m/s
Stauchung nach <i>Kast</i>	4,4 mm
Stauchung nach <i>Heß</i>	18 mm
Schlagempfindlichkeit	0,3 kp m = 3 Nm
Übertragung freihängend	6,5 cm

Wetter-Nobelit B ist der Handelsname für einen gelatinösen Wettersprengstoff der Dynamit Nobel AG. Als solcher gehört er zur Sicherheitsklasse I. Er eignet sich für alle Arbeiten in der Ausrichtung und Vorrichtung für feste, dickbankige und verspannte Kohle und in festem Gestein. Wegen seines hohen Sprengölgehalts ist er auch für feuchte und nasse Bohrlöcher verwendbar.

Er darf nur nach Maßgabe der bergbehördlichen Vorschriften eingesetzt werden → Wettersprengstoffe.

Wetter-Roburit B

Sprengtechnische Daten:

Beschaffenheit	pulverförmig, weiß
Sauerstoffwert	+3,1 %
Normalgasvolumen	577 J/kg
Explosionswärme	472 kcal/kg = 1975 kJ/kg
Spezif. Energie	43,5 mt/kg = 426 kJ/kg
Energieniveau	52 mt/l = 510 kJ/l
Dichte	1,2 g/cm ³
Bleiblockausbauchung	130 cm ³
relative weight strength	38 %
Detonationsgeschwindigkeit freiliegend	1800 m/s
Detonationsgeschwindigkeit unter Einschluß	2000 m/s
Stauchung nach <i>Kast</i>	1,8 mm
Stauchung nach <i>Heß</i>	8 mm
Schlagempfindlichkeit	1,2 kp m
Übertragung freihängend	20 cm
im Kohlezementrohr 20 : 1	10 cm
im Kohlezementrohr 2 : 1	10 cm

Wetter-Roburit B ist der Handelsname eines von der WASAG-CHEMIE Sythen GmbH hergestellten pulverförmigen Wettersprengstoffs der Sicherheitsklasse II. Er basiert auf dem Salzpaar Alkalinitrat-Ammoniumchlorid. Er bietet neben seiner beträchtlichen Sicherheit gegen Kohlenstaub- und Schlagwetterzündungen eine vergleichsweise hohe Sprengkraft und Wasserbeständigkeit. Zur Erzielung einer geschlossenen Ladesäule und damit einer guten Detonationsübertragung findet Wetter-Roburit B nur eingeschlaucht Verwendung.

Über den von der Bergbehörde zugelassenen Anwendungsbereich der Sprengstoffe der Sicherheitsklasse II → Wettersprengstoffe.

Wetter-Salit A

Sprengtechnische Daten:

Beschaffenheit	pulverförmig, grau
Sauerstoffwert	+0,23 %
Normalgasvolumen	87 l/kg
Explosionswärme	188 kcal/kg = 787 kJ/kg
Spezif. Energie	3,5 mt/kg = 34 kJ/kg
Energieniveau	4,7 mt/l = 46 kJ/kg
Dichte	1,32 g/cm ³
Bleiblockausbauchung	25 cm ³
relative weight strength	6 %
Detonationsgeschwindigkeit freiliegend	1500 m/s
Detonationsgeschwindigkeit unter Einschluß	1700 m/s
Stauchung nach <i>Kast</i>	1,2 mm
Stauchung nach <i>Heß</i>	3,5 mm
Schlagempfindlichkeit	0,7 kp m = 7 Nm
Übertragung freihängend	15 cm

Wetter-Salit A ist ein pulverförmiger aus Gemischen von inerten Salzen und Sprengöl bestehender sogenannter Übertragungssprengstoff. Er besitzt die hohe Schlagwetter- und Kohlenstaubsicherheit der Klasse III Wettersprengstoffe, hat jedoch nur eine geringe Sprengleistung.

Infolge der geringen Sprengleistung kann er für sich allein nur in mildestem Gestein oder Kohle eingesetzt werden.

Wetter-Securit C

Sprengtechnische Daten:

Beschaffenheit	pulverförmig, grau-weiß
Sauerstoffwert	+4,2 %
Normalgasvolumen	542 l/kg
Explosionswärme	387 kcal/kg = 1620 kJ/kg
Spezif. Energie	36,2 mt/kg = 355 kJ/kg
Energieniveau	42,7 mt/l = 419 kJ/kg
Dichte	1,18 g/cm ³
Bleiblockausbauchung	108 cm ³
relative weight strength	37 %
Detonationsgeschwindigkeit freiliegend	1500 m/s
Detonationsgeschwindigkeit unter Einschluß	1500 m/s
Stauchung nach <i>Kast</i>	1,3 mm
Stauchung nach <i>Heß</i>	5,0 mm
Schlagempfindlichkeit	0,4 kp m = 4 Nm
Übertragung freihängend	20 cm
im Kohlezementrohr 2 : 1	10 cm
im Kohlezementrohr 20 : 1	10 cm

Wetter-Securit C ist der Handelsname für einen von der WASAG-CHEMIE Sythen GmbH hergestellten pulverförmigen Wetter-sprengstoff der höchsten Sicherheitsklasse III.

Er ist in der Sprengstoffprüfstrecke mit der höchsten, in einer einreihigen Ladesäule in der Nut des 2 m langen Kantenmörser unterzubringenden Lademenge bei allen Kantenmörserstellungen gegen Schlagwetter sicher. Darüber hinaus besitzt er eine hohe Wasserbeständigkeit, so daß er auch in feuchten Bohrlöchern verwendet werden kann. Seine Deflagrierbarkeit ist nur gering. Über den von der Bergbehörde zugelassenen Anwendungsbereich der Sprengstoffe der Sicherheitsklasse III → Wettersprengstoffe.

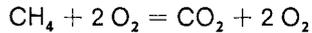
Wettersprengstoffe

permissibles; explosifs antigrisouteux

1. Definition

Wettersprengstoffe sind Sprengstoffe für den Untertageeinsatz im Kohlebergbau, die durch die Art ihrer chemischen Zusammensetzung bzw. durch bestimmte Zusätze kurze Detonationsflammen aufweisen und die sogenannten Schlagwetter, also Methan-Luftgemische

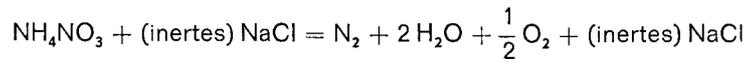
sche und Kohlenstaub-Luftgemische nicht zünden. Die Zündung schlagender Wetter tritt nur dann ein, wenn eine gewisse Einwirkungsdauer der Zündursache gegeben ist. Die Oxidationsreaktion des Methans



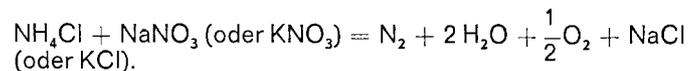
benötigt für ihren Kettenreaktionsablauf eine (temperaturabhängige) „Induktionsperiode“ *). Ist die Zeitdauer der Einwirkung der Detonationsflamme kürzer als die Induktionsperiode, bzw. beschränkt man bei der Detonation eines Wettersprengstoffes diese Einwirkungsdauer auf die kurzzeitige Detonation selbst, findet keine Schlagwetterzündung statt. Die Zusammensetzung des Sprengstoffs muß also bewirken, daß länger dauernde Nachreaktionen nach der Primär-Umsetzung in der Detonationsfront unterbunden und die Möglichkeit einer langsamen → Deflagration vermieden wird (→ Audibert-Rohr).

Die Wettersprengstoffe werden in USA als „permissibles“, in England als „permitted explosives“, in Frankreich als „explosifs anti-grisouteux“, in Belgien als „explosifs S.G.P.“ (sécurité, grisou, poussière) bezeichnet. In Deutschland sind sie nach dem Grad ihrer Sicherheit in die Klassen I, II und III eingeteilt. (→ Kantenschußbedingung).

Um die gewünschte Sicherheit gegen die Zündung von Schlagwettern zu erreichen, wurde ursprünglich Salz (NaCl) den üblichen Zusammensetzungen der gewerblichen Sprengstoffe hinzugefügt, um die Detonationstemperatur (→ thermodynamische Berechnung der Umsetzung von Explosivstoffen) herabzusetzen und die Zeitdauer der Detonationsflammen zu kürzen. Höhere Sicherheitsgrade werden erreicht, wenn die Wettersprengstoffe auf der sog. Salzpaarreaktion basieren; anstelle der Umsetzung



ist die Salzpaarreaktion:



Auf diese Weise entsteht aus der Zerfallsreaktion selbst zum wirksamen Flammenabbruch ein feinstverteilter Salznebel. Über das Verhalten bei offengelegtem Einschluß → Selektive Detonation,

*) Im Gegensatz hierzu ist die Zündung der Wasserstoffoxidation
 $2 \text{H}_2 + \text{O}_2 = 2 \text{H}_2\text{O}$
 unverzögert und momentan.

S. 81. Auch Kombinationen von Salzpaar-Zusammensetzungen mit „klassischen“ Wettersprengstoffmischungen sind möglich (z. B. → Wetter-Devinit A und das Carrifrax der ICI, England).

Salzpaarsprengstoffe sind pulverförmig; sie enthalten den minimalen Prozentsatz an Nitroglycerin-Nitroglykol-Gemisch, um die Initiierbarkeit und die Übertragung sicherzustellen und das Eintreten von → Deflagrationen zu verhüten; → auch: Detonation; selektive Detonation und → Kantenschußbedingung, sowie weiter unten: → Sicherheitsklassen. Mit den Salzpaarsprengstoffen ist in bezug auf das sicherheitliche Verhalten eine Größenordnung an Verbesserung erreicht worden. Nur mit ihnen können Prüfbedingungen erfüllt werden, bei denen ganze Ladesäulen dem Schlagwettergemisch ausgesetzt werden; auch bei der Bohrlochmörser-Prüfung bei Zündungen vom Bohrlochmund und aus dem Tiefsten zeigen sie erheblich sichereres Verhalten als die „klassischen“ Wettersprengstoffe.

2. Versuchsstrecken

test galleries; galleries d'essai; Sprengstoffprüfstrecken

Die Länder, in denen Kohlebergbau betrieben wird, haben eingehende Vorschriften über die Prüfung, die Zulassung und die Anwendung der schlagwettersicheren Sprengmittel erlassen. Die wichtigste Prüfvorrichtung hierfür ist die Versuchsstrecke (Sprengstoffprüfstrecke).

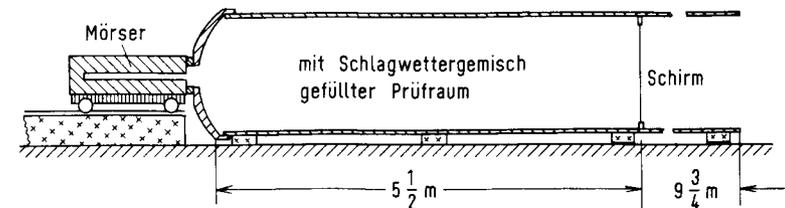


Abb. 16. Versuchsstrecke mit Bohrlochmörser.

Eine Sprengstoffprüfstrecke besteht aus einem Tunnel aus Stahl oder (früher) auch in bewehrter Holzkonstruktion von ca. 2 m² Querschnitt mit einer festen Abschlußwand, in dem sich durch Papierbespannung ein Raum von ca. 10 m³ abteilen läßt. Darin wird eine zündempfindliche Schlagwettermischung eingebracht. Die verschiedenen Mörser werden in der entsprechenden Anordnung mit dem zu prüfenden Sprengstoff beladen und gezündet. Das Schlagwettergemisch soll nicht gezündet werden.

Zu den verschiedenen Mörserarten und Prüfmethode:

Der Bohrlochmörser, wie in Abb. 16 dargestellt, ist ein Stahlzylinder von etwa 1,5 m Länge und 35 cm Durchmesser, mit einer Bohrung von 55 mm Durchmesser und 1,20 m Länge. Der zu prüfende Sprengstoff wird als Patronenreihe in das Bohrloch mit der Schlagpatrone als letzter in das Bohrloch geladen (manche Prüfbestimmungen (nicht die deutsche) erlauben auch das Verdämmen der Ladung mit Lehmbesatz). Es können auch Prüfungen vorgenommen werden, bei denen die Schlagpatrone als erste in die Bohrung eingeführt wird (die Zündwahrscheinlichkeit wird damit größer).

Die verschiedenen Mörserkonstruktionen und Prüfanordnungen bezwecken den möglichst naturgetreuen Nachbau einer Situation unter Tage. Der Bohrlochmörser mit der Versuchsstrecke imitiert eine Einzelsprengung eines Bohrlochs in einer schlagwetterführenden Strecke.

Den Fall, daß durch Risse und Spalten eine ganze Ladesäule in Kontakt mit der gasführenden Atmosphäre tritt, illustrieren der britische „Break-Test“ und der polnische Schlitzmörser:

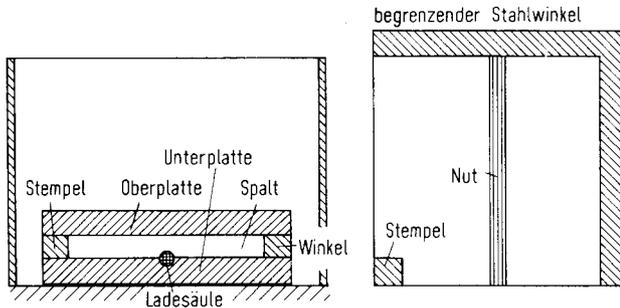


Abb. 17. Break-Test. Ansicht von vorn Ansicht von oben

Zwei Stahlplatten werden mit einem Stempel und einem winkelförmigen Einschluß aus Stahl auf einen bestimmten Abstand fixiert. Die untere Platte hat eine halbkreisförmige Rinne zur Aufnahme der Ladesäule. Die Plattenanordnung wird durch zwei feste Seitenwände und eine darüber gespannte Polyäthylenfolie gasdicht eingeschlossen; der Gasraum wird mit dem zündgefährlichen Methan-Luft-Gemisch gefüllt und die Ladesäule abgetan. Wettersprengstoffe, welche den Break-Test erfüllen, werden der höchsten britischen Sicherheitsklasse P 4 zugeordnet.

Eine ähnliche Prüfung wird in Polen mit dem Schlitzmörser vorgenommen:

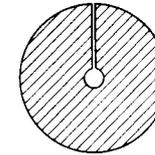


Abb. 18. Schlitzmörser.

Der Schlitz erstreckt sich nicht auf die gesamte Länge des Mörsers und beginnt auch nicht am Bohrlochmund.

Eine zündgefährliche Situation kann entstehen, wenn (wie meistens) mehrere Sprengungen in einem Zündgang mit zeitlich gestuften elektrischen Zeitzündern oder auch Millisekundenzündern abgetan werden. Es kann besonders beim Zünden mit größerem Zeitintervall passieren, daß eine vorhergehende Sprengung für das folgende Bohrloch die geplante Vorgabe bereits fortreißt und so die Ladesäule ganz oder teilweise offenlegt. Hinzu kann kommen, daß durch die vorher gezündete Sprengladung die Entgasung des abzuschlagenden Flözteils intensiviert wurde. Man spricht vom Eintreten einer „Kantenschußbedingung“; zu ihrer Simulation dient der Kantenmörser:

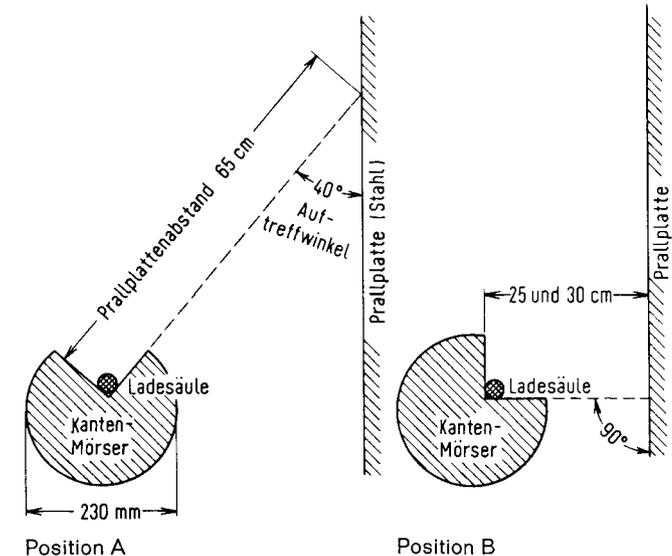


Abb. 19. Kantenmörser.

Ein Stahlzylinder von 230 mm ϕ und 2 m Länge mit einer rechtwinkligen Ausnehmung entlang der Längsachse („Kante“) wird in der Gaskammer einer Versuchsstrecke (siehe Abb. 13) festgelegt und der Kante gegenüber gemäß den gezeichneten Positionen A und B eine stählerne Prallplatte montiert. Ladesäulen von einer bestimmten Patronenzahl oder in der gesamten 2-m-Länge werden in die Kante gelegt und nach Füllen des Gasraums mit Methan-Luft-Gemisch abgetan.

3. Sicherheitsklassen

Gemäß dem Verhalten bei den Prüfungen in den verschiedenen Mörsertypen und Prüf-Anordnungen haben die kohlebergbaureichenden Länder verschiedene Sicherheitsklassen definiert; in Frankreich werden drei Klassen: „explosif roche“, „couche“ und „couche amélioré“ je nach Schwere des Bohrlochmörserstestes (Zündung von vorn, aus dem Tiefsten, langer und kurzer Mörser, mit und ohne Verdämmung mit Stahlplatten) unterschieden. In England muß die P 1 Gruppe, die der „klassischen“ Kochsalz-verdünnten Sprengstoffe, die leichteste Bohrloch-Prüfung: Zündung von vorn und verdämmt, erfüllen; die Gruppe P 2 bezeichnet die inzwischen aufgegebenen ummantelten Wettersprengstoffe (\rightarrow sheathed explosives); P 3 ist die Nachfolger Gruppe der „gleich-ummantelt“-sicheren Eq. S. („equivalent to sheathed“) Sprengstoffe; P 4 und P 5 erfüllen den oben beschriebenen Break-Test.

Belgien und die Niederlande haben sich der deutschen Klassenteilung angeschlossen, welche nach dem Verhalten im Kantentmörser klassifiziert. Klasse I sind auch hier die „klassischen“ Kochsalz-verdünnten Wettersprengstoffe; Klasse II erfüllt mit 4 Patronen und in Position A (Abb. 19) die Kantenprüfung, Klasse III auch in der schärferen Prüfbedingung Position B mit vollbelegter Kante, also mit 2 m Ladelängen. Tabelle 26 zeigt das Prüfschema, das natürlich auch Prüfungen gegen Kohlenstaub-Luft-Gemische enthält.

Hinzu kommt, daß die deutschen Wettersprengstoffe bei ihrer Zulassungsprüfung weitere Tests bezüglich Deflagrationsneigung (\rightarrow Audibert-Rohr), ihrer \rightarrow Wasserfestigkeit und ihrer Übertragung (\rightarrow Detonationsübertragung, Prüfung im Kohle-Zementrohr, S. 83) erfüllen müssen. Zur Sicherung der Übertragung werden die Sprengstoffe der Klassen II und III in der Bundesrepublik in einem überspritzten Kunststoffschlauch geliefert und angewendet, damit nicht einrieselndes Bohrmehl die Übertragung hindern kann.

Die einzelnen Klassen sind durch die Farbe der Verpackung der Patronen gekennzeichnet:

Tabelle 26. Prüfschema für die Klassen I, II und III

Wettersprengstoffe der Sicherheitsklasse	Sicherheit gegen Zündung des Kohlenstaub-Luftgemisches bei Zündung aus dem Bohrloch-tiefsten	Sicherheit gegen Zündung des Schlagwettergemisches in einem Stahlmörser mit einer Bohrung von 55 mm ϕ und 60 cm Länge, Zündung vom Bohrlochmund	Sicherheit gegen Zündung des Schlagwettergemisches mit dem Kantentmörser 2 m lang
I	Ladungen von 20 cm bis zu 60 cm Länge im Stahlmörser 60 cm, 55 mm ϕ	Ladungen von 20 cm bis zu 50 cm Länge	
II	Ladungen von 0,4 m bis zu 2 m Länge im Stahlmörser 40 mm ϕ , 2 m tief		Ladungen von mind. 40 cm Länge bei einem Abstand von 65 cm von der Prallwand und einem Auftreffwinkel von 40°
III	Ladungen von 0,4 m bis zu 2 m Länge im Stahlmörser 40 mm ϕ , 2 m tief		einreihig voll ausgelegter Mörser sowie einreihige Ladesäule von 1,3 m Länge bei Abständen von 20, 25 und 30 cm von der Prallwand unter einem Auftreffwinkel von 90°

Klasse I: weißes Patronenpapier

Klasse II: grün-weiß gestreiftes Patronenpapier

Klasse III: grünes Patronenpapier.

Abweichend von den bisher in der Bundesrepublik Deutschland für Wettersprengstoffe verwendeten Patronendurchmessern von 30 mm werden neuerdings auch größere Patronendurchmesser erprobt mit dem Ziel, eine Reduzierung der Bohrlochzahl und damit größere Wirtschaftlichkeit der Bohr- und Sprengarbeit zu erreichen.

Tabelle 27 zeigt nun den Anwendungsbereich, für den die verschiedenen Sicherheitsklassen in der Bundesrepublik Deutschland bergbehördlich zugelassen sind:

Tabelle 27. Sprengtabelle des Landes-Oberbergamts Dortmund über die Anwendung von Sprengstoffen im Kohlebergbau.

Die Verwendung von Sprengstoffen ist nur nach folgender Sprengtabelle zulässig:

Betriebspunkte		CH ₄ -Gehalt der Wetter in v. H. ¹⁾	Sprengstoff- art und -klasse ²⁾
1	2	3	4
a	Gesteinsbetriebe ohne Kohle ³⁾ mit Ausnahme der Aufbrüche	bis 0,5 unter 1,0	G W I
b	Gesteinsbetriebe mit Kohle- streifen bis 0,2 m Mächtigkeit mit Ausnahme der Aufbrüche	bis 0,5 unter 1,0	W I W II
c	Gesteinsbetriebe mit anstehender Kohle über 0,2 m Mächtigkeit sowie Flözstrecken mit Ausnahme der Aufbrüche	bis 0,3 bis 0,5 unter 1,0	W I W II W III
d	Auf- und Abhauen, Abbaustrecken, Kohlenstoß und Nebengestein in Streben, Aufbrüche	unter 1,0	W III

- Die in Spalte 3 angegebenen CH₄-Gehalte gelten für die Sprengstelle und die Grubenbaue im Umkreis von 10 m sowie auf 30 m in gerader Richtung.
- G = Gesteinssprengstoff
W I = Wettersprengstoff der Klasse I
W II = Wettersprengstoff der Klasse II
W III = Wettersprengstoff der Klasse III
- Ein „Gesteinsbetrieb ohne Kohle“ ist ein Betrieb, an dem im Umkreis von 3 m um den Ausbruchsquerschnitt nicht mit dem Auftreten von Kohle mit über 0,2 m Mächtigkeit zu rechnen ist.

Wetter-Wasagit B

Sprengtechnische Daten:

Beschaffenheit	weiß, gelatinös
Sauerstoffwert	+6,0 %
Normalgasvolumen	515 l/kg
Explosionswärme	575 kcal/kg = 2408 kJ/kg
Spezif. Energie	46 mt/kg = 451 kJ/kg
Energieniveau	76 mt/l = 745 kJ/kg
Dichte	1,70 g/cm ³
Bleiblockausbauchung	210 cm ³
relative weight strength	44 %
Detonationsgeschwindigkeit freiliegend	2350 m/s
Detonationsgeschwindigkeit unter Einschluß	5100 m/s
Stauchung nach <i>Kast</i>	3,6 mm
Stauchung nach <i>Heß</i>	15 mm
Schlagempfindlichkeit	0,6 kp m = 6 J
Übertragung freihängend	10 cm

Wetter-Wasagit B ist der Handelsname für einen gelatinösen Wettersprengstoff der WASAGCHEMIE Synthen GmbH. Als solcher gehört er zu Sicherheitsklasse I. Er eignet sich für alle Arbeiten in der Ausrichtung und Vorrichtung für fest, dickbankige und verspannte Kohle und in festem Gestein. Wegen seines hohen Sprengölgehalts ist er auch für feuchte und nasse Bohrlöcher verwendbar.

Er darf nur nach Maßgabe der bergbehördlichen Vorschriften eingesetzt werden, → Wettersprengstoffe.

Wetter-Westfalit B

Sprengtechnische Daten:

Beschaffenheit	pulverförmig, weiß
Sauerstoffwert	+3,1 %
Normalgasvolumen	577 J/kg
Explosionswärme	472 kcal/kg = 1975 kJ/kg
Spezif. Energie	43,5 mt/kg = 426 kJ/kg
Energieniveau	52 mt/l = 510 kJ/l
Dichte	1,2 g/cm ³
Bleiblockausbauchung	130 cm ³
relative weight strength	38 %
Detonationsgeschwindigkeit freiliegend	1800 m/s
Detonationsgeschwindigkeit unter Einschluß	2000 m/s
Stauchung nach <i>Kast</i>	1,8 mm

Sprengtechnische Daten:

Stauchung nach <i>Heß</i>	8 mm
Schlagempfindlichkeit	1,2 kp m
Übertragung freihängend	20 cm
im Kohlezementrohr 20 : 1	10 cm
im Kohlezementrohr 2 : 1	10 cm

Wetter-Westfalit B ist der Handelsname eines pulverförmigen Wettersprengstoffs Klasse I der Wasagchemie GmbH. Er basiert zwar, ebenso wie die höheren Sicherheitsklassen II und III auf dem Salzpaar Alkalinitrat-Ammoniumchlorid, darf jedoch mit dem Patronendurchmesser von 40 mm angewendet werden. Er ist geeignet für alle Sprengarbeiten in der Aus- und Vorrichtung sowie für feste, dickbankige und verspannte Kohle.

Zündhütchen

→ Anzündhütchen.

Zündkreisprüfer

circuit tester, blasting galvanometer; épreuveur, galvanomètre

dienen zur elektrischen Prüfung von verlegten Zündkreisen. Der zum Messen verwendete Strom muß in seiner Stärke erheblich unter der Mindest-Ansprech-Stromstärke der elektrischen Zünder liegen; die Prüfer sind daher beidpolig mit Widerständen gesichert. Es dürfen nur zugelassene Zündkreisprüfer verwendet werden. Man unterscheidet Leitprüfer, die lediglich am Schanzeichen erkennen lassen, ob Durchgang oder nicht, und Ohmmeter, die den Zündkreiswiderstand zu messen gestatten.

Zündladungen

primers; charges d'amorçage

sind Ladungen zum Zünden von (z. T. besonders unempfindlichen) Sprengladungen, welche das Zündmittel (Sprengkapsel, elektrische und andere Zünder) eingebaut enthalten. Im gewerblichen Sprengwesen werden Zündladungen, die durch Anstecken einer Sprengpatrone und Einsetzen der Sprengkapsel oder des elektrischen Zünders hergerichtet werden, als Schlagpatronen bezeichnet.

Zündmaschinen

blasting machines; explodeurs

dienen zum elektrischen Zünden von Sprengschüssen durch Abgabe eines Stromimpulses (angegeben in Milliwattsekunden/Ω; die Stromstärke soll das Mehrfache der Mindest-Ansprech-Stromstärke des elektrischen Zünders betragen) über die Zündleitung an die in Serie geschalteten elektrischen Zünder. Unbetätigt sind Zündmaschinen stromlos.

In schlagwettergefährdeten Betrieben muß die Stromabgabe auf vier Millisekunden durch den sogenannten Endkontakt beschränkt werden („Kurzzeitzündmaschinen“), damit kein Wurfstück die noch unter Spannung stehende Schießleitung anschlagen und einen Kurzschlußfunken entstehen lassen kann. Die Gehäuse müssen dann außerdem einem Innendruck von 10 atm. standhalten.

Im nicht-schlagwettergefährdeten Sprengwesen sind Langzeitmaschinen ohne die Vier-Millisekunden-Endkontakt-Schaltung zugelassen.

Man unterscheidet:

Zündmaschinen mit unmittelbarer Energieabgabe, mit eigenerregten oder Dauermagnet-Generatoren, die durch Drehgriff, Stoßgriff oder Feder-Aufzug in Drehung gesetzt werden,

und

Zündmaschinen mit mittelbarer Energieabgabe, bei denen die im Generator umgesetzte mechanische Betätigungsenergie erst auf einem Kondensator gespeichert und nach Erreichen einer Mindestspannung als Entladung auf die Zünderkette gegeben wird.

Eine Fehlzündung infolge mangelhafter Betätigung ist ausgeschlossen.

Die Kondensatormaschinen haben die Direkt-Generator-Maschinen praktisch verdrängt. Besonders große Leistungen müssen die Maschinen zum Zünden parallel geschalteter Brückenzünder erbringen, da über 95% der Zündenergie in der Zündleitung verloren geht. Zum Zünden von HU-Zündern, hochunempfindlichen Spezialzündern für Sprengungen im Hochgebirge und anderen Hochspannungs-Induktions-gefährdeten Räumen, die einen extrem hohen Zündimpuls (3000 Milliwattsekunden pro Ohm) verlangen, sind ebenfalls Spezialmaschinen erforderlich.

Zündmittel; Anzündmittel

Zündmittel (→ Sprengmittel) sind (Auszug aus § 3 des Sprengstoffgesetzes) „Hilfsmittel, die explosionsgefährliche Stoffe enthalten und die ihrer Art nach zur Auslösung einer Sprengung, zur Zündung pyrotechnischer Gegenstände oder zur Zündung von Treibsätzen bestimmt sind.

Dazu gehören: Sprengkapseln, Sprengzünder, Zündschnüre, Sprengschnüre, Anzündlitzen und Anzündlitzenverbinder.

Zündpille

fuse head; perle d'allumage

eine Kurzbezeichnung für den Teil eines elektrischen Sprengzünders, an dem der Stromstoß die Zündung auslöst.

Zündschalter

blasting switch; commande de tir

dienen zum Auslösen elektrischer Zündungen aus der Netzspannung, z. B. im Kalibergbau, wenn die Auslösung von Übertage erfolgt. Im allgemeinen sind zum Zünden Zündmaschinen vorgeschrieben, die im unbetätigten Zustand spannungslos sind.

Zündschnur

→ Schwarzpulverzündschnur.

Zündschraube; Anzündschraube

dient zum Anzünden einer Treibladung. Sie besteht aus einem Anzündhütchen, dem eine kleine Schwarzpulvermenge zur Verstärkung vorgelagert ist, und einem Armierungsteil mit Gewinde zum Einschrauben in das Bodenstück einer Kartusche.

Zündung und Anzündung

initiation; amorçage

Die Umsetzung vieler Explosivstoffe verläuft je nach Intensität und Art der Zündung und nach Stärke des → Einschusses sehr verschieden. Nicht brisantes, also Flammenzünden wird mit → „Anzünden“ bezeichnet. Brisante Zündmittel sind → Sprengkapsel, → Zündladungen und → Sprengschnur.

Brisante Zündungen werden als „Initiierung“ bezeichnet.

Zündverzug; Anzündverzug

Bei → hypergolischen Treibstoffpaaren für Raketen bezeichnet man als Anzündverzug die Zeit, die vom Kontaktbeginn der Reaktionspartner bis zur Zündung vergeht; sie liegt im Millisekundengebiet und soll einen gewissen Grenzbetrag nicht überschreiten; z. B. liegt der Anzündverzug beim Reaktionspaar Furfurylalkohol-Salpetersäure bei 20 ms.

Bei Festtreibstoffraketen wird der Anzündverzug, der im Prüfstandversuch ermittelt wird, als das Zeitintervall bezeichnet, das vom Anlegen der Zündspannung an das elektrische Anzündelement bis zum Erreichen einer Druckhöhe von ungefähr 10 % des Maximaldruckes vergeht. Dieser Wert hängt naturgemäß sowohl von dem verwendeten Anfeuerungssatz als auch von der Zündwilligkeit des Festtreibstoffes ab. Die zulässige Zündverzugszeit richtet sich nach dem gedachten Einsatzzweck.

Literatur über Explosivstoffe

Bücher *)

1. Allgemeine Lehr- und Handbücher:

- Escales, R.*: Die Schießbaumwolle, Veit, Leipzig 1905
Escales, R.: Nitroglycerin und Dynamit, Veit, Leipzig 1909
Escales, R.: Ammonsalpetersprengstoffe, Veit, Leipzig 1909
Escales, R.: Chloratsprengstoffe, Veit, Leipzig 1910
Brunswig, H.: Schlagwettersichere Sprengstoffe, W. de Gruyter, Leipzig 1910
Escales, R.: Schwarzpulver und Sprengsalpeter, Veit, Leipzig 1914
Escales, R.: Nitrosprengstoffe, Veit, Leipzig 1915
Escales, R., und Stettbacher, A.: Initialsprengstoffe, Veit, Leipzig 1917
Kast, H.: Spreng- und Zündstoffe, Vieweg, Braunschweig 1921
Brunswig, H.: Explosivstoffe, W. de Gruyter, Leipzig 1923
Beyling, C., und Drekopf, K.: Sprengstoffe und Zündmittel, Springer, Berlin 1936
Stettbacher, A.: Spreng- und Schießstoffe, Rascher, Zürich 1948
Naoûm, Ph., und Berthmann, A.: Explosivstoffe, Hanser, München 1954
Davis, T. L.: The Chemistry of Powder and Explosives, Wiley, New York 1956
Cook, M. A.: The Science of High Explosives, Chapman & Hall, London 1958; deutsche Übersetzung: Lehrbuch der brisanten Sprengstoffe, MSW-Chemie, Langelsheim 1965
McAdam, R., und Westwater, R.: Mining Explosives, Oliver & Boyd, London 1958
Taylor, J., und Gay, P. F.: British Coal Mining Explosives, George Newnes, London 1958
Taylor, Wilfried: Modern Explosives, The Royal Institute of Chemistry, London 1959
Berthmann, A.: Explosivstoffe, Hanser, München 1972 (In: Winnacker-Küchler, Chemische Technologie, Bd. 5)
Urbanski, T.: Chemie und Technologie der Explosivstoffe, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1961–1964, 3 Bde.; englische, erweiterte Auflage: Chemistry and Technology of Explosives, Pergamon Press, Oxford 1964–1967
Kreuter, Th.: Spreng- und Zündmittel, VEB Deutscher Verlag für Grundstoff-Industrie, Leipzig 1962
Roth, J.: Sprengstoffe, in Bd. 16 von Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie, Urban & Schwarzenberg, München und Berlin 1965
Fordham, S.: High Explosives and Propellants, Pergamon Press, Oxford 1966

*) Die Reihenfolge wurde nach den Erscheinungsjahren vorgenommen. Die vor 1930 datierten Titel haben nur noch historisches Interesse, sind vergriffen und nur noch in wenigen Bibliotheken zu finden.

- Calzia, J.*: Les Substances Explosives et leurs Nuisances, Dunod, Paris 1969
Newhouser, C. R.: Introduction to Explosives, The National Bomb Data Center, Galthersburg, USA, 1973
Cook, M. A.: The Science of Industrial Explosives, Copyright 1974 by Ireco Chemicals, Salt Lake City, Utah, USA
Meyer, R.: Explosives, Verlag Chemie, Weinheim, New York 1977
Bartknecht, W.: Explosionen; Ablauf und Schutzmaßnahmen, Springer, Berlin 1978
Biasutti, G. S.: Histoire des Accidents dans l'industrie des Explosifs, Hrsg. Mario Biazzì, Vevey 1978

2. Anwendungstechnik:

- Peithner-Jenne*: Handbuch des Sprengwesens, OGB, Wien 1951
Weichelt, F.: Handbuch der Sprengtechnik, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1975
Lathan, W.: Bohr- und Schießarbeiten, VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig 1960
Manual Bickford, Etbls. Davey Bickford, Rouen
Fraenkel, H.: Handbuch für Sprengarbeiten, Atlas Diesel AB, Stockholm 1953–1963
Langefors, U., und Kihlström, B.: The Modern Technique of Rock Blasting, Almquist & Wiksell, Stockholm 1963
Biermann, G.: Neuzeitliche Sprengtechnik, Bauverl. Wiesbaden, Berlin 1966
Cole, R. H.: Underwater Explosions, Dover Publ., New York 1965
Wahle, M., und Begrich, K.: Der Sprengmeister, Heymanns Verl., Köln 1969
Blasters' Handbook, Du Pont de Nemours, Wilmington 1978; laufend Neuauflagen
Manual Bickford, Etbls. Davey Bickford, Rouen
Blasting Practice, ICI, Nobel Division, Stevenston, England
Gustafson, R.: Swedish Blasting Technique, SPI, Gothenburg, Schweden 1972
Sprengtechnik. Begriffe, Einheiten, Formelzeichen, DIN 20 163, Beuth-Vertrieb GmbH, Köln und Berlin 1973
Holluba, H.: Sprengtechnik, 2. Aufl., Österreichischer Gewerbeverlag, Wien 1977
Waffentechnisches Taschenbuch, 3. Aufl., Rheinmetall GmbH, Düsseldorf 1977
Saint-Arroman, Chr.: Pratique des Explosifs, Eyrolles, Paris 1977
Thum, W., und Hattwer, A.: Sprengtechnik im Steinbruch und Baubetrieb, Bauverlag GmbH, Wiesbaden und Berlin 1978
Wild, H. W.: Sprengtechnik im Bergbau, Tunnel- und Stollenbau, Verlag Glückauf, Essen 1978

3. Spezialgebiete:

- Naoûm, Ph.*: Nitroglycerin und Nitroglycerinsprengstoffe, Springer, Berlin 1924
Fabel, K.: Nitrocellulose, Enke, Stuttgart 1950
Miles, F.: Cellulose Nitrate, Oliver & Boyd, London 1955

Kraus, A.: Handbuch der Nitrocellulose-Lacke, 3 Bde., Pansegrau, Berlin 1955–1961
Nauckhoff, S., und Bergström, O.: Nitroglycerin och Dynamit, Nitroglycerin A. B. Gyltorp 1959
Schumacher, J. C.: Perchlorate, Their Properties, Manufacture and Use Reinhold, New York 1960
Feuer, H.: The Chemistry of the Nitro and Nitroso Groups, Interscience Publ., New York 1969
Lindemann, E.: Nitrocellulose, in Bd. 12 von Ullmanns Enzyklopädie der technischen Chemie, 3. Aufl., Urban & Schwarzenberg, München und Berlin 1965
Fair, H. D., und Walker, R. F.: Energetic Materials, 2 Bde. (über Azide), Plenum Press, New York und London 1977
Shimizu, T.: Feuerwerk (vom physikalischen Standpunkt aus), Hower Verlag, Hamburg 1978

4. Treibstoffe:

Brunswig, H.: Das rauchlose Pulver, W. de Gruyter, Berlin und Leipzig 1926
Muraour, H.: Poudres et Explosifs, 1947
Taylor, J.: Solid Propellants and Exothermic Compositions, George Newnes, London 1959
Penner, S. S., und Ducarme, J.: The Chemistry of Propellants and Combustion, Pergamon Press, London 1960
Hagenmüller, P.: Les Propergols, Gauthiers-Villars, Paris 1966
Sarner, St.: Propellant Chemistry, Reinhold, New York 1966
Tavernier, P., Boisson und Crampel, B.: Propergols Hautement Energétiques, Agardographie Nr. 141, 1970
James, R.: Propellants and Explosives, Noyes Data Corporation, Parkridge, New Jersey 1974

5. Raketen und Raketentreibstoffe:

Zähringer, A. J.: Solid Propellant Rockets, Wyandotte 1958
Summerfield, M.: Solid Propellant Rocket Research, Academic Press, London 1960
Wiech, R. E., und Strauss, R. F.: Fundamentals of Rocket Propulsion, Reinhold, New York 1960
Barrère, M., u. a.: Raketenantriebe, Elsevier, Amsterdam 1961
Warren, F. A.: Rocket Propellants, Reinhold, New York 1960
Penner, S. S.: Chemical Rocket Propulsion and Combustion Research, Gordon & Breach, New York, London 1962
Kit, B., und Evered, D. S.: Rocket Propellant Handbook, Macmillan, New York 1960
Hagenmüller, P.: Les Propergols, Gauthiers-Villars, Paris 1966
Sarner, St.: Propellant Chemistry, Reinhold, New York 1966
Dadieu, A., Damm, R. und Schmidt, E. W.: Raketentreibstoffe, Springer, Wien 1968
Wolff, W.: Raketen und Raketenballistik, 4. Aufl., Militärverlag der DDR, Berlin 1976

Köhler, H. W.: Feststoff-Raketenantriebe, 2 Bände, Girardet Essen, 1971/72
Schmucker, P. H.: Hybrid-Raketenantriebe, Goldmann, München 1972
Pollard, F. B., und Arnold, J. H.: Aerospace Ordnance Handbook, Prentice Hall, Englewood, New Jersey 1966
Sutton, G. P., und Ross, D. M.: Rocket Propulsion Elements, 4. Aufl., Wiley, N.Y. 1976
Ross, D. M.: Propellants, Hrsg. *Considine, D. M.*, McGraw-Hill, New York 1977

6. Theorien der Detonations- und Abbrandvorgänge:

Jouguet, E.: Mécanique des Explosifs, Doin et Fils, Paris 1917
Becker, R.: Stoßwelle und Detonation, Z. Physik 9, 321–362 (1922)
Bowden, F. P., und Yoffe, A. D.: Initiation and Growth of Explosions in Liquids and Solids, University Press, Cambridge 1952
Taylor, J.: Detonation in Condensed Explosives, Clarendon Press, Oxford 1952
Bowden, F. P., und Yoffe, A. D.: Fast Reactions in Solids, Butterworth, London 1958
Büchner, E.: Zur Thermodynamik der Verbrennungsvorgänge, München 1974 (2. Aufl.)
Penner, S. S., und Mullins, B. P.: Explosions, Detonations, Flammability and Ignition, Pergamon, London, New York 1959
Zeldovich, J. B., und Kompaneets, A. S.: Theory of Detonation (Übersetzg.), Academic Press, New York und London 1960
Berger, J., und Viard, J.: Physique des explosifs, Dunod, Paris 1962
Andrejev, K. K.: Thermische Zersetzung und Verbrennungsvorgänge bei Explosivstoffen (Übersetzg.), Barth, Mannheim 1964
Andrejev, K. K., und Beljajev, A. F.: Theorie der Explosivstoffe (Übersetzg.), Svenska National Kommittee för Mekanik, Stockholm
Zeldovich, J. B., und J. Raizer: Physics of Shock Waves and High Temperature, Hydrodynamic Phenomena (Übersetzg.), Academic Press, New York, London 1966
Johansson, C. H., und Persson, P. A.: Detonics of High Explosives, Academic Press, London, New York 1970
Glassmann, I.: Combustion, Academic Press, New York 1977
Fickett, W. und Davis, W.: Detonation, University of California Press, Berkeley 1979
Mader, Ch.: Numerical Modeling of Detonations, University of California Press, Berkeley 1979

7. Ballistik:

Cranz, C.: Lehrbuch der Ballistik (3 Bde.), Springer, Berlin 1925–1927
Hänert: Geschütz und Schuß, Springer, Berlin 1940
Gallwitz, U.: Die Geschützladung, Heereswaffenamt, Berlin 1944

8. Militärische Sprengstoffe und Munition:

Ohart, T. C.: Elements of Ammunition, Wiley, New York 1952
Hofmann, Fr.: Praktische Sprengstoff- und Munitionskunde, Verl. Wehr u. Wissen, Darmstadt 1961

Noack, H.: Lehrbuch der militärischen Sprengtechnik, Dt. Militärverl., Berlin 1966

Ellern, H.: Military and Civilian Pyrotechnics, Chemical Publishing Comp. Inc., New York 1968

Properties of Explosives of Military Interest, Picatinny Arsenal, Dover, N.J. 1971

9. Untersuchungsmethoden:

Berl-Lunge: Chemisch-Technische Untersuchungsmethoden, Bd. 3: Explosivstoffe und Zündwaren, Springer, Berlin 1932

Kast, H., und Metz, L.: Chemische Untersuchung der Spreng- und Zündstoffe, Vieweg, Braunschweig 1944 (2. Aufl.)

Analytical Methods for Powders and Explosives, Bofors A. B., Göteborg 1960

Krien, G.: Thermoanalytische Ergebnisse der Untersuchung von Sprengstoffen, Bericht Az. 3.0–3/3960/76, Bundesinstitut für Chemisch-Technische Untersuchungen, Swisttal-Heimerzheim 1976

Malone, H. E.: Analysis of Rocket Propellants, Academic Press, London 1977

10. Enzyklopädien und Tabellenwerke:

Schmidt, A.: Thermochemische Tabellen für die Explosivchemie, Z. für d. ges. Schieß- und Sprengstoffwesen 29 (1934)

Médard, M. L.: Tables Thermochimiques, Mémorial de l'Artillerie Française 28, 415–492 (1954)

Fedoroff, B. T. t., und Kaye, S. M.: Encyclopedia of Explosives and Related Items, seit 1958 im Erscheinen begriffen, letzter Bd. M–P 1978, National Technical Information Service, Springfield, Virginia 22161

Ullmann, Enzyklopädie der technischen Chemie, 3. Auflage, Urban und Schwarzenberg, Stichworte: „Raketentreibstoffe; Sprengstoffe. Die 4. neu überarbeitete und erweiterte Auflage ist im Verlag Chemie, Weinheim, im Erscheinen begriffen.

JANAF Thermochemical Tables, Hrsg. D. R. Stull, The Dow Chemical, Michigan 1965; 3 Erg.-Bde.

Selected Values of Chemical Thermodynamics Properties NBS Technical Note 270-3, 1968

Stull, D. R., Westrum, E. F., Sinke, G. C.: The Chemical Thermodynamics of Organic Compounds, Wiley, New York 1969

Cox, J. D., Pilcher, G.: Thermochemistry of Organic and Organometallic Compounds, Academic Press, London 1970

Volk, F., Bathelt H. und Kuthe, R.: Thermodynamische Daten von Raketentreibstoffen, Treibladungspulvern und Sprengstoffen sowie deren Komponenten Berghausen/Karlsruhe 1972, Selbstdruck des → ICT

Dobratz, B. M.: Properties of Chemical Explosives and Explosive Simulants, University of California, Livermore, 1974

Rossi, B. und Pozdnyakov, Z.: Commercial Explosives and Initiators — a Handbook, Übersetzung aus dem Russischen in Englisch, NTIS National Technical Information Service U. S. Department of Commerce, Springfield, 1973

Moda, M. C., Explosive Property Data, Los Alamos Data Center, University of California Press, Berkeley 1980

11. Behördliche Vorschriften, Gesetze, Kommentare:

Apel u. Keusgen: Sprengstoffgesetz. 3. Bde., 16. Lieferung, Carl Heymanns Verlag Köln, 1978; darin auch: Gesetz über die Beförderung explosionsgefährlicher Stoffe; Sprengstofflager-Verordnungen der Länder Sprengstofflager-Richtlinien, Bekanntmachung des Bundesarbeitsministers vom 20. 7. 1978 erschienen in „Arbeitsschutz“ 9/1978 Seite 305 ff. Unfallverhütungsvorschriften der Berufsgenossenschaft der Chemischen Industrie und der Steinbruchsberufsgenossenschaft, das Explosivstoffgebiet betreffende Einzelvorschriften:

UVV 46a Allgemeine Sprengstoffvorschrift,
UVV 46b „Herstellung von Schwarzpulver“,
UVV 46c „Herstellung von rauchschwachem Pulver“,
UVV 46d „Herstellung und Verarbeitung von Pikrinsäure“,
UVV 46e „Herstellung und Verarbeitung von Trinitrotoluol“,
UVV 46f „Herstellung von Nitroglycerin und Nitratsprengstoffen“,
UVV 46h „Herstellung von Zündern“,
UVV 46i „Herstellung von Sprengkapseln und Zündhütchen“,
UVV 46j „Herstellung von Zündschnüren“,
UVV 46k „Herstellung pyrotechnischer Gegenstände“,
UVV 46l „Herstellung von Patronen unter 20 mm“; alle aufgeführten UVV in den Fassungen vom 1. 8. 1978; ferner:

„Richtlinien für das Vernichten von Explosivstoffen“ (Richtlinien Nr. 5 der BG-Chemie)

„Richtlinien für das Zerlegen und Vernichten von Munition“ (Richtlinien Nr. 13 der BG-Chemie) Fassung von 1973

Richtlinien für das Herstellen von sprengkräftiger Munition mit Ausnahme der Geschosse unter 2 cm Kaliber (Richtlinien Nr. 9, „Munitionsrichtlinien“, Nachdruck 1961)

Unfallverhütungsvorschriften der Steinbruch-BG:

Unfallverhütungsvorschrift „Sprengarbeiten“ (VBG 46) vom 1. 4. 1971

Merkblatt über Vernichten von Sprengstoffen und Zündmitteln Ausg. 4. 1971 Sicherheitsregeln für das Sprengen mit elektrischer Zündung in der Nähe von Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen über 1 kV und Leitungen elektrischer Bahnen Ausgabe: 1. 1973

Bergverordnungen der Oberbergämter der Länder

The Handling and Storage of Liquid Propellants. Office of the Director of Defense Research and Engineering, Washington D. C. 1963

IATA regulations relating to the carriage of restricted articles by air, International Air Transport Ass., Montreal 1965

Transport of dangerous goods. United Nations, New York 1966

Code maritime international des marchandises dangereuses, Organisation Intergouvernementale Consultative de la Navigation Maritime, London 1966 („IMCO“)

→ „RID“, Règlement International concernant le Transport des Marchandises dangereuses par Chemin de Fer, Annexe 1 de la Convention Inter-

nationale concernant le Transport des Marchandises par Chemins de Fer, 1967
gleichlautend mit der Anlage C der Eisenbahnverkehrsordnung → „E.V.O.“, Tarifbüro der Bundesbahn, Hannover
Accord Européen relatif au transport des Marchandises Dangereuses par Route („ADR“)

Zeitschriften

AIAA-Journal, New York
Acta Astronautica Pergamon Press, New York, Oxford
Bohren, Sprengen, Räumen, Erwin Barth Verlag, Neustadt/Weinstraße
Bundesarbeitsblatt: Beilage Arbeitsschutz, Stuttgart
Combustion, Explosion and Shock Waves, Faraday Press, New York (cover to cover translation of Fizika Goreniya i Vzryva)
Combustion and Flame, American Elsevier Publ. Comp., New York
Combustion Science and Technology, Gordon and Breach Science Publ., New York, London, Paris
Explosifs, Edition Commerciales Industrielles, Brüssel
Explosivstoffe, Erwin Barth Verlag, Neustadt/Weinstraße, bis 1973
Glückauf, Verlag Glückauf, Essen
Industrie der Steine und Erden, herausgegeben von der Steinbruchsberufsgenossenschaft, Verlag Gebr. Janecke, Hannover
Interavia, Luftfahrt-Raumfahrt-Elektronik, Inveravia S.A. Genf
Journal of Ballistics, Douglas Documentation Systems, Easterville, Philadelphia
Journal of the Industrial Explosives Japan, Tokio
Journal of Spacecraft and Rockets, AIAA, New York
Mémorial de l'Artillerie Française, l'Imprimerie Nationale, Paris
Mémorial des Poudres, l'Imprimerie Nationale, Paris, bis 1965
Mining and Minerals Engineering (früher: Mine and Quarry Engineering, London)
Mining Engineer, London
Mining Engineering, New York
Missiles and Rockets, Washington, bis 1966
Nobelhefte, Sprengtechnischer Dienst der Dynamit Nobel AG und der WASAGCHEMIE Sythen GmbH, Dortmund
Oxidation and Combustion Reviews, Elsevier Publ. Comp., Amsterdam, bis 1973
Propellants and Explosives, Verlag Chemie, Weinheim
Raumfahrtforschung, Deutsche Ges. f. Luft- und Raumfahrt, Ottobrunn
Sprengtechnik, GEFAS (Gesellsch. f. angewandte Sprengtechnik), Effretikon, Schweiz
Tätigkeitsberichte der Bundesanstalt für Materialprüfung, Selbstverlag, Berlin
The Explosives Engineer, Wilmington, Delaware
U.S. Bureau of Mines, PB-Reports, Washington
Wehrtechnik, Verlag Wehr und Wissen, Darmstadt
Wehrwissenschaftliche Rundschau, Verlag Mittler & Sohn, Frankfurt
Zeitschrift für das gesamte Schieß- und Sprengstoffwesen, Verlag August Schrimpf, München, bis 1944

Schlagwortverzeichnis*)

A
A → composition A 66
A → Kennzeichnung 168
A → black blasting powder 255
A → Brückenzünder A 59
AA = antiaircraft
A-IX-2 = Hexogen/Aluminium/Wachs 73/23/4
abattage par chambre de mine 167
Abbrand 1, 70, 114, 160, 233, 304
Abbrandgeschwindigkeit 1, 56, 167
abbrandmoderierender Zusatz 49, 112, 128
Abbrennen (Vernichten) 327
Abelsche Gleichung 37
Abel-Test 2
Abkerben, Abspalten → schonendes Sprengen 239
abschlagen einer Sprengladung 345
Abstand; Sicherheitsabstand 2
Abstechen (Delaborieren) 71
Abstichladung 3
Acardite → Akardite 10, 11, 259, 291
Accord Européen relatif au Transport International des Marchandises Dangereuses par Route → A. D. R. 5, 229
α-Cellulose-Gehalt 192
acétate-dinitrate de glycérine 4
Acetonperoxid 3, 228
acétylacétonate de fer 112
Acetyldinitroglycerin 4
Acetylsilber 247
acétylsalicylate de plomb 49
acétylure d'argent 247
acide picramique 218
acide picrique 219
acide styphnique 317
acide trinitrobenzoïque 309
Acremite → Akremite 11
A. D. C. test = Ardeer double cartridge (gap test)
A. D. R. 5, 229,
Aeroplex K = Feststoffraketen-treibstoff auf Basis $KClO_4$ und Harz
Aeroplex N = Feststoffraketen-treibstoff aus Basis NH_4ClO_4 und Harz
Aerozin 5, 160, 226
Äthioltrinitrat 5, 291
Äthanolamindinitrat 183
Äthyl-diphenylharnstoff 11
Äthylendiamindinitrat 6, 15, 53, 291
Äthylendinitramin 7, 112
Äthylenglykoldinitrat 53, 189
Äthylenharnstoff 7
Äthylglykoldinitrat → Propylenglykoldinitrat 224
Äthylnitrat 8

*) Das Schlagwortverzeichnis gibt vielfach Direkt-Informationen ohne Textanführung; sie sind durch ein = Gleichheitszeichen gekennzeichnet. Viele von ihnen sind entnommen aus der ausgezeichneten Zusammenstellung von W. Kegler, Abkürzungen, Deck- und Handelsnamen aus der Sprengstoff- und Schießstoffliteratur. Dokumentation D 3/68 des → ISL.

Äthylphenylurethan 11
 Äthylpikrat
 = Trinitrophenetol 315
 Äthyltetryl 9
 AGARD 10
 Airbreaker 33
 Airdox-Verfahren 33
 airloader 257
 Akardite 230
 Akardit I 10, 126, 291
 Akardit II 10, 126, 291
 Akardit III 11, 126, 291
 Akremit 11, 23, 213
 Albanite 105
 Alex 20 = → Composition B plus
 20% Aluminium 66
 Alginate 12
 Alkaliazide 38
 Alkylhydrazine 91, 150
 Allseitsbrenner 128
 allumer 25
 Almatrity = russischer Handelsname
 für Chlorat- und Perchlorat-
 Sprengstoffe
 Alumatol = AN/TNT/Aluminium
 77/20/3
 Aluminiumpalmitat 186
 Aluminiumpulver 12, 23, 70, 144,
 145, 150, 234, 256, 291, 303, 304
 Amatex 12
 Amatole 13, 140
 amidosulfosaures Kalium
 → Hexogen, W-Verfahren 156
 Amilol = Diamylphthalat 88
 Aminoguanidinnitrat
 → Tetrazen 269
 Ammodyte = pulverförmiger ge-
 werblicher Sprengstoff (USA)

Ammoksil (Ammokcil; Ammonxyll)
 = russischer Name für die Mi-
 schung Ammoniumnitrat/Tri-
 nitroxylol/Aluminium 82/12/6
 Ammonale 13
 Ammonex 1 13
 ammon gelatin dynamites → Am-
 monsalpetersprengstoffe 23
 Ammongelatinen 14
 ammon gelatin dynamites → Am-
 monsalpetersprengstoffe 23
 Ammon-Gelite 1, 2 und 3 14, 23,
 53, 111, 120, 228, 237, 273
 ammonia dynamites 15
 ammoniinaya selitra = NH_4NO_3
 (russisch)
 Ammonite 15, 23
 Ammonite 1, 3 und W 6 15, 53, 120,
 237, 273
 Ammoniumazid, ammonium azide
 16
 Ammoniumchlorid 16, 231, 291,
 342
 Ammoniumdichromat, ammonium
 dichromate 17, 122
 Ammoniumnitrat; ammonium
 nitrate → Ammonsalpeter
 Ammoniumperchlorat 17, 53,
 231, 236, 273, 291, 326
 Ammonpek = AN/Teer 95/5 (rus-
 sisch)
 Ammonpulver 20, 233
 Ammonsalpeter 6, 20, 53, 70, 119,
 126, 231, 234, 237, 273, 291
 Ammonsalpetersprengstoffe
 13, 14, 15, 23, 119, 137, 139
 Amogel = Handelsname für einen
 halbgelatinösen Sprengstoff
 (USA)
 Amolit = Handelsname für ANFO-
 Sprengstoff (Schweiz)

amorçage 253
 amorce 24
 amorce à pont 59
 amorce électrique à l'étincelle
 249
 AN = Ammoniumnitrat
 analyse thermique différentielle
 274
 ANC-Sprengstoffe → PAC-Spreng-
 stoffe 213
 Andex 24
 ANF-58 = Oktan als Flüssig-Treib-
 stoff
 ANFO → PAC-Sprengstoffe 213
 ANG = Mischung von Nitroglycerin
 und Nitroglykol
 angle shot mortar test 345
 Anilite = Mischung von N_2O_4 und
 Butan (Frankreich)
 Anlage C → E.V.O. (Eisenbahnver-
 kehrsordnung) 114, 229
 Anlaufstrecke 25
 Anobel = ANFO-Sprengstoff (Eng-
 land)
 Anolit = ANFO-Sprengstoff (Nor-
 wegen)
 anti caking 132
 antigrisouteux 341
 antilueur = Additiv zur Mündungs-
 Feuertämpfung (Frankreich)
 Antimon = Komponente in Verzö-
 gerungssätzen
 anwürgen → Sprengkapseln;
 Zündschnüre
 Anzünden 25, 353
 Anzündhütchen 25, 120, 169, 248
 Anzündlitze 26, 120, 253, 352
 Anzündlitzenverbinder 26, 253
 Anzündmittel 352

Anzündschraube 352
 Anzündverzug 353
 AP = armor piercing
 APC = Ammoniumperchlorat
 Apcogel = Handelsname für einen
 halbgelatinösen Sprengstoff
 (USA)
 Apcomite = Handelsname für
 einen pulverförmigen Spreng-
 stoff (USA)
 Aquagel, Aquanite, Aquaram =
 Slurries (USA)
 Aquariumtest 26
 Arbeitsvermögen 27, 40, 51, 57,
 249, 275
 AR = aircraft rocket
 area ratio = propellant area ratio
 („Klemmung“) 170
 Argol = Kaliumbitartrat als Zusatz
 gegen Mündungsfeuer
 Argon-Blitz 33
 Armor-plate-test 33
 Armstrongverfahren 33
 Arsol = Trimethyltrinitrosamin
 artifice → Feuerwerk 130
 Artillerie-Treibmittel 232
 as-dimethylhydrazine 91
 ASTM = American Society for Te-
 sting Materials 34
 Astrolite 34, 131
 AT = anti-tank
 Atlas 6-B = Handelsname für
 einen Wettersprengstoff (USA)
 Audibert-Rohr 34, 346
 Auflegerladung 34
 Aurol 37, 226
 Ausbauchung → Bleiblockaus-
 bauchung 51
 ausschwitzen 35, 320

- Ausströmgeschwindigkeit **36**, 250
- Austinite etc. = Handelsnamen für gewerbliche Sprengstoffe (USA)
- A-Wolle → Nitrocellulose 191
- Azide 16, **36**, 50, 246
- azoture d'ammonium 16
- azoture d'argent 246
- azoture de plomb 50
- A-Zünder 59
- B**
- B → B-black powder = Sprengsalpeter 255
- B → Composition B 66
- B → poudre B = Nitrocellulose-Pulver 192
- B → B-Stoff = deutscher Tarn-Name für Methanol
- B 4 = Mischung aus 60–70% Trinitroanisol und 30–40% Aluminium (Italien)
- Bachmann-Verfahren 156
- ballistic bomb 37, 133
- ballistic modifiers 49, 112, 128
- ballistic mortar 39
- Ballistische Bombe 1, **37**, 133
- Ballistischer Mörser 27, **39**
- Ballistisches Pendel
→ ballistischer Mörser 39
- Ballistit 197
- ball powder 172
- BAM **40**, 53, 227, 235, 271
- BAM-Prüfmethoden 53, 227, 235, 272
- banc d'essal 220
- Baratole 40
- Bariumchlorat; barium chlorate 41
- Bariumnitrat; barium nitrate 41
- Bariumperchlorat; barium perchlorate 43
- Barlow bomb = Mischung von flüssigem Sauerstoff mit Brennstoff (USA)
- barricade 240
- Barythsalpeter
→ Bariumnitrat 41
- Baumwoll-Linters 189
- Bazooka 43
- B-black blasting powder 255
- Befähigungsschein 45, 257
- Belex = Handelsname für einen halbgelatinösen Sprengstoff (GB)
- Bengalisches Feuer; bengal firework 43
- Benzit 310
- Bergbausprengstoffe → gewerbliche Sprengstoffe; Wettersprengstoffe; Sprengmittel; Kennzeichnung
- Bergmann-Junk-Test **44**, 259
- Bernoullische Gleichung 129
- Berstscheibe 133
- Berthelotsches Produkt 116
- Bertholletsches Knallsilber 247
- Berufsgenossenschaft 71, 134, 359
- Besatz 44
- Beschuß-Sicherheit 45
- Beutemunition 71
- Bezug von Explosivstoffen 45
- BF-122; -151 = Polysulfidbinder-Treibstoff (Thiokol)
- BGQ; BGY; BIC; BID; BIE; BIL; BIM; BIP; BLB; BLC; = verschiedene zweibasige Treibstoffe (USA).
- Bickford-Züandschnüre → Schwarzpulverzüandschnüre 243

- bilan d'oxygène 230
- Bildungsenergie;
Bildungsenthalpie 46
- Bildungswärme →
Bildungsenergie 46
- Binitrotoluol →
Dinitrotoluol 103
- Bis-cyclopentadienyl-Eisen 128
- bi-trinitroethylnitramine 195
- bi-trinitroethylurea; -urée 194
- Bitumen 243
- black powder 241
- Blättchenpulver →
Schießpulver 232
- Blasgeräte – Sprengstoffladege-
räte 257
- blast effect 109
- blasting agents 48
- blasting cap 252
- blasting galvanometer 350
- blasting gelatin 252
- blasting machines 350
- blasting powder 255
- blasting switch 352
- blasting soluble nitrocotton 190
- Blechkästchenmethode 271
- Bleiacetylsalicylat **49**, 291
- Bleiäthylhexoat **49**, 291
- Bleiazid 36, **50**, 119, 132, 162, 228, 237, 252
- Bleiblockausbauchung 27, 29, **51**, 304
- Bleininitrat **54**, 292
- Bleistyphnat, Bleitrinitroresorcinat,
Bleitrizinat 25, 31, 50, **54**, 119, 122, 162, 228, 237, 248, 252, 292, 318
- BN → Bariumnitrat 41
- Böllerpulver → Schwarzpulver 241
- Bohrpatrone = Pioniermunition (100 g TNT-Preßkörper)
- Boloron = Mischung Dinitrochlorbenzol-HNO₃
- Bombe, ballistische; kalorimetrische → ballistische usw. 37
- bombe Crawford 67
- bombe pour essais balistiques 37
- Bonit → Composition B 66
- Booster **55**, 237, 328
- Boronite A, B, C = Mischungen von AN, TNT und Bor
- Borotorpex = gießbare Mischung aus Hexogen, TNT und Bor, z. B. 46/44/10 (USA)
- Boudouard-Gleichgewicht 277, 302
- boullies 255
- bouillage 44
- bouillage a l'eau 333
- BP = russische Kurzbezeichnung für Hohlladungen
- BPZ = russische Bezeichnung für Hohlladungen mit Brandwirkung
- branchement en parallèle 214
- break test 344
- Brenngeschwindigkeit 1, 67
- Brennkammer 56
- Brennkammerdruck 36
- Brennit = Handelsname für einen pulverförmigen Sprengstoff (Norwegen)
- Brennschluß 56
- Brennschlußgeschwindigkeit 57
- Brennstoff **57**, 226
- Brennverhalten von Wettersprengstoffen 34, 71, 343
- bridgewire detonators 59

Brisanz; brisance 27, 57, 76, 109, 174

Brisanzwert nach Kast 57

BRL-1 = Festtreibstoff, auf NC und Polyurethan basiert

Brückenzünder; bridgewire detonator 59, 260

brûlage 1, 325

B-Stoff = Methanol (deutsch)

BSX = 1,7-Diacetoxy-2,4,6-Tetramethylen-2,4,6-Trinitramin

BTM = gießbare Mischung aus Tetryl, TNT und Aluminium 55/25/20

BTNENA = Bi-trinitroäthylnitramin (USA) 195

BTNEU = Bi-trinitroäthylharnstoff (USA) 194

BTT; BTTN = Butantrioltrinitrat 60

bulk powder = poröses NC-Jagdpulver (USA)

Bundesanstalt für mechanische und chemische Materialprüfung → BAM 40

burning chamber 56

burning rate 1, 67

Butantrioltrinitrat 60, 122, 126, 130, 233

Butarez = Polybutadien

BWC = board wood cellulose (UK)

BZ = russische Bezeichnung für panzerbrechend mit Brand-Wirkung

C

C → siehe Anlage C der E.V.O. 114

C → composition C, C-2 usw. 66

CA₁ = Nitrocellulose 12% N für Lacke;

CA₂ = Dynamit-Collodiumwolle 11 – 12,5% N (Frankreich)

Cäsium 163

Calciumcarbonat 292

Calciumnitrat 61, 292

Calciumstearat (Hydrophobierzusatz) 292

Campher; camphor; camphre 61, 126, 211, 258, 292

Candelilla-Wachs 126

cannon = Mörser (→ Wettersprengstoffe) 341

caps, detonating 252

cap sensitive 48

capacitator (blasting) machines 351

Caput mortuum 62

Carbagel; Carbamal = Handelsnamen für einen Sprengschlamm (USA)

Carbamite = Centralit I (USA) 63

Carbazol = Tetranitrocarbazol 265

Carben 62

Carbonit → Wetter-Carbonit 335

carboxyl-terminated polybutadiene 326

Cardox 62, 133

Carrifrax = Handelsname für einen Wettersprengstoff (UK)

carry over effect = Erhöhung von Detonations-Druck und -Geschwindigkeit durch Überlagerung zweier Wellenfronten

cartouche 214

cartridge 214

cartridge density 214

case bonding 63, 128

casting of explosives 139

casting of propellants 140

Catergol = Raketentreibstoff durch katalytischen Zerfall (z. B. Hydrazin) (USA)

cavity effect 157

CBI = „clean burning igniter“ (USA)

CBS = plastischer Sprengstoff aus 84% Hexogen und 16% Butylstearat + 1,5 Tl. Stabilisator

CBS-128 K; – 162 A = → Verbundtreibsätze (USA)

C. C. = „collodion cotton“ = Nitrocellulose 11 – 12% N (GB)

C. C.-propellants = „Cyclonit canon“ = Hexogen-enthaltende Pulver (USA)

CDB-Treibstoffe = „double base“ – Verbundtreibstoff-Kombinationen

CDT (80) = gießbarer double base – Raketentreibstoff (USA)

CE = Tetryl 270

Cellamite = Handelsname für einen Ammoniumnitrat-Sprengstoff (Frankreich)

cellular explosive = Schaum-Sprengstoff mit geschlossenen Poren (USA)

Celluloidwolle 190

Cellulosenitrat, cellulose nitrate → Nitrocellulose 189

Centralite 211, 232, 258

Centralit I 63, 126, 293

Centralit II 64, 126, 293

Centralit III 64, 126, 293

Centralite TA = Handelsname für einen Ammoniumnitrat-Sprengstoff (Belgien)

CH₄ 238

Chakatsuyaku = TNT (Japan)

chaleur de combustion 326

chaleur de formation 46

chaleur d'explosion 124

chaleur partielle d'explosion 126

chambre de combustion 56

chambre de mine, abattage par 167

channel effect 167

Chapman-Jouguet -Punkt 78

Charbonniersche Gleichung 1

Charbrit = Handelsname für einen Wettersprengstoff der Kasse III (Belgien)

charcoal → Schwarzpulver 241

charge creuse 157

charges d'amorçage 350

charges génératrices de gaz 133

charges nucléaires 210

charge superficielle 34

Chauyaku = RDX (Japan)

Cheddite = Handelsname für einen → Chloratsprengstoff (Schweiz)

Chemecol 193

chemische Zünder 8

Chilesalpeter → Natriumnitrat 186

chlorate de barium 41

chlorate de potassium 164

chlorate de sodium 186

Chloratit 65

Chloratsprengstoffe; chlorate explosives 65, 119, 164

Chlordinitrobenzol = Dinitrochlorbenzol 94

Chlorhydrindinitrat 95

Chlortrifluorid 132

chlorure de picryle 312

Chorny porokh = Schwarzpulver (russisch)

„cigarette“-burning 259

circuit tester 350
 CJ-Punkt 78
 Cloraita = Chloratsprengstoff (spanisch)
 closed vessel 37
 coal dust 171
 Coalite = Handelsname für einen Wettersprengstoff (USA)
 coating 172
 coefficient de transmission de la détonation 83
 coefficient de selfexitation 83
 coefficient d'utilisation pratique 51
 Collier C = Handelsname für einen Wettersprengstoff (USA)
 collodion;
 Collodiumwolle = Nitrocellulose 189
 comburant 230
 combustible 57
 combustion 1, 325
 combustion en cigarette 259
 combustion érosive 114
 combustion heat 326
 combustion-modifying additive 112, 128, 173
 combustion of explosives 327
 commande de tir 352
 compatibility testing 325
 composite propellants 18, **326**
 composition A 66
 composition B 66
 composition C 66
 compositions I; II 67
 compositions lumineuses 43, 174
 compositions
 pyrotechniques 43, 130
 compositions retardatrices 329
 confinement 112
 contour blasting 239
 conventional explosive performance data 277
 copperchromite 173
 cordeau Bickford = bleiummantelte Sprengschnur mit TNT
 cordeau détonant 256
 corde d'allumage 26
 Cordite = double base Pulver (GB)
 Corpent = PETN 206
 Cortex = Sprengschnur 256
 Coruscatives 172
 coulée de charges des projectiles 139
 coulée de propergol 140
 coyote blasting 167
 CP 1 BFP = nitrocellulose 13% N
 CP 2 = nitrocellulose 11.7–12.2% N
 CP SD = nitrocellulose 11.6% N (Frankreich)
 crater method 28
 Crawford-Bombe 67
 crésylite = Mischung von Trinitrokresol und Pikrinsäure
 critical diameter 172
 CR-propellants = Hexogen-haltige Pulver (USA)
 cross section ratio 226
 crusher 58
 C.T.D. = „coefficient de selfexitation“
 C.T.I.: jetzt → BICT 46
 C.T.R. heißt: die (ehemalige) Chemisch-Technische Reichsanstalt
 CTPB = carboxyl-terminated polybutadiene (USA)

cumulative priming 173
 CUP; c.u.p. = coefficient d'utilisation pratique (Frankreich)
 Cupren 62
 cutting charge 238
 C. W. = Nitrocellulose 10–12% N (deutsch)
 Cyanur triazid **68**, 122, 228
 Cyclofive = RDX/Fivonite 53/47 (→ Seite 264) (USA)
 Cyclonite = RDX = Hexogen 155
 Cyclops = hoch-energetischer Raketen-treibstoff
 Cyclopentadienyl-Eisen 128
 Cyclotetramethylentranitramin = HMX = Octogen 211
 Cyclotol = RDX-TNT (USA)
 Cyclotrimethyltrinitramin = RDX = Hexogen 155
 Cyclotrimethyltrinitrosamin 69
D
 D-1; D-2 = Phlegmatisierungsmittel für Sprengstoff = 84% Paraffinwachs, 14% Nitrocellulose und 2% Lecithin (USA)
 DADNPh = Diazodinitrophenol (USA) 88
 Dampfphasennitrierung 188, 205
 danger d'explosion en masse 176
 DAP = Diamylphthalat (USA) 88
 DATNB; DATE = Diaminotrinitrobenzol (USA)
 Dautriche-Methode 69
 DBP = Dibutylphthalat (USA)
 DBS = Dibutylsebacat (USA)
 DBT = Mischung Dinitrobenzol/TNT (russisch)
 DBT = Dibutyltartrat (USA)
 DBX = „depth bomb explosive“ (USA) 70
 DCDA = Dicyandiamid (USA)
 DD = Mischung Pikrinsäure/Dinitrophenol (Frankreich)
 DDNP = Diazodinitrophenol (USA) 88
 Deflagration; deflagration; déflagration 34, **70**, 342
 deflagration point 328
 DEGN = Diglykoldinitrat 90
 Dehnungsmeßstreifen 240
 Dekadenzähler (Chronograph) 82
 Delaborieren 71
 delay compositions 329
 delay fuse 329
 densité; density; densité de chargement 174
 Dentex = Mischung RDX/DNT/Aluminium 48/34/18 (GB)
 DEP = diethylphthalate, Diäthylphthalat (USA)
 depth charge = Wasserbombe
 DER 332 = Epoxy-Komponente (USA)
 destruction of explosive matters 326
 Detacord = Kleindurchmesser-Sprengschnur aus:
 Detaflex = Folien-Sprengstoff aus Nitropenta und Binder
 Detasheet = Sprengstoff-Platte aus Nitropenta und Binder (USA)
 détonateur 252
 détonateur à fil explosé = „mild detonating fuse“ = nicht-sprengkräftige detonierende Zündschnur
 détonateur instantané 254

- détonateur pour tir sou l'eau 325
 detonating fuse 256
 Detonation; détonation; hydrodynamische Theorie der Detonation 57, **72**, 109
 détonations dans l'eau 323
 détonation par influence 82
 selektive Detonation 81
 stabile Detonation 78
 sympathetic detonation 82
 detonation rate 82
 Detonationsdruck 76
 Detonationsgeschwindigkeit 27, 32, 57, 69, 77, **82**
 Detonationstemperatur 124, 280
 Detonationsübertragung 82
 Detonationswelle 76
 Detonatoren; detonators = Sprengkapseln 252
 detoninooyuschii shnoor = Sprengschnur (russisch)
 detonierende Zündschnur, Sprengschnur 256
 Deutsch-Französisches Forschungsinstitut St. Louis I.S.L. 163
 Dextrin 50
 Diäthanolamintrinitrat 122
 Diäthylidiphenylharnstoff = Centralit I 63
 Diäthylenglykoldinitrat = Diglykoldinitrat **90**, 122
 diamètre critique 172
 Diamylphthalat **88**, 126, 258, 293
 Diazodinitrophenol; diazodinitrophenol **88**, 119, 122, 162, 219
 Diazol = Diazodinitrophenol 88
 Dibutylphthalat; dibutylphthalate **89**, 126, 258, 293
 dichromate d'ammonium 17
 Dichte 174
 Dicyandiamid 141
 Dieselöl → PAC-Sprengstoffe 213
 diethyldiphenylurea; diéthylidiphénylurée = Centralit I 63
 Differentialthermoanalyse 274
 Diglycerintetranitrat → Tetranitrodiglycerin 266
 diglycerol tetranitrate 266
 Diglykoldinitrat 30, **90**, 126, 130, 166, 221, 233, 293
 Diglykolpulver 119, 166
 diisocyanate d'hexaméthylène 145
 diisocyanate d'isophorone 163
 diisocyanate de toluylène 303
 Dimazin = UDMH = Dimethylhydrazin 91
 Dimethyldiphenylharnstoff; dimethyldiphenylurea; diméthylidiphénylurée = Centralit II 64
 Dimethylhydrazin; diméthylhydrazine 5, **91**, 132, 293
 Dina 105
 Dinal = Dinitronaphthalin 99
 Dingu = Dinitroglycoluril 92
 dinitrate de diéthylèneglycol 90
 dinitrate de dioxyéthylidinitroxamide 96
 dinitrate de dioxyéthylnitramine 105
 dinitrate d'éthanolamine 183
 dinitrate d'éthylènediamine 6
 dinitrate d'éthylnitropropandiol 188
 dinitrate de formylglycérine 96
 dinitrate de glycérine 98

- dinitrate de glycérine-dinitrophenyléther 101
 dinitrate de glycérinenitrolactate 99
 dinitrate de glycol 189
 dinitrate de méthylnitropropandiol = dinitrate de nitrométhylpropanediol 205
 dinitrate de propylèneglycol 224
 dinitrate de triéthylèneglycol 305
 dinitrate de triméthylèneglycol 307
 dinitrate de trinitrophenylglycérineéther 316
 dinitrate d'hexaméthylène-tetramine 145
 dinitrate d'isosorbitol 164
 Dinitroacetin 4
 Dinitroäthylendiamin 7
 Dinitroäthylenharnstoff 7
 Dinitroaminophenol = Pikraminsäure 122, **218**
 Dinitrobenzol 53, **93**, 131, 220, 228, 231, 237
 Dinitrochlorbenzol, dinitrochlorobenzène **94**, 148, 150, 309, 312, 316
 Dinitrochlorhydrin 95
 Dinitroäthanoloxamidinitrat **96**, 122
 Dinitrodiglykol → Diglykoldinitrat 90
 Dinitrodimethyloxamid; dinitrodimethyloxamide, dinitrodiméthylloxamide **96**, 122
 Dinitrodioxyäthylloxamidinitrat; dinitrodioxyethylloxamide dinitrate **96**, 122
 Dinitrodiphenylamin; dinitrodiphénylamine 97
 Dinitroformin 97
 Dinitroglycerin 98
 Dinitroglycerinnitrolactat 99
 Dinitroglykol → Nitroglykol 198
 Dinitrokresol 100
 Dinitronaphthalin; dinitronaphthalène 99
 Dinitro-o-kresol; dinitroorthocresol 100
 Dinitrophenol 53-Metallsalze 122
 Dinitrophenoxyäthylnitrat 101
 Dinitrophenylglycerinätherdinitrat 101
 Dinitrophenylglykoläthernitrat 101, 122
 Dinitrophenylhydrazin; dinitrophenylhydrazine 102
 dinitrosobenzène; Dinitrosobenzol 102
 dinitrotoluène; Dinitrotoluol 23, 53, **103**, 127, 192, 211, 231, 237, 273, 293
 Dinitryl 101
 Dinol → Diazodinitrophenol 88
 Dioxyäthylnitramindinitrat; dioxyethylnitramine dinitrate 105
 DIPAM = Diaminohexanitrodiphenyl
 DIPEHN, Dipenta; Dipentaerythrithexanitrat; dipentaerythrolhexanitate; Dipentrit **106**, 122
 Diphenylamin; diphenylamine **106**, 127, 293
 Diphenylharnstoff; diphenylurea; diphenylurée = Akardit I 10
 Diphenylurethan **107**, 127, 258, 293
 Dipicrylamin 149
 Dipicrylharnstoff; dipicrylurea; dipicrylurée 148

Dipricrylsulfid 152
 Dipicrylsulfon 153
 dipikrinsaures Glycerinnitrat 151
 dismantling of ammunition 71
 Di-(trinitroäthyl)-Harnstoff;
 di-trinitroéthylurée 194
 Di-(tritoäthyl)-nitramin;
 di-trinitroéthylnitramine 195
 ditching dynamite 108
 Dithekite 108
 Divers'sche Lösung = hochkonzentrierte Lösung von AN und NH₃ in Wasser; als Monergol vorgeschlagen
 DMEDNA = Dimethyläthylendinitramin (USA)
 DMNA = Dimethyldinitramin (USA)
 DMSO = Dimethylsulfoxid (USA)
 DNAP = Dinitrodiazophenol (USA)
 DNB = Dinitrobenzol 93
 DNBA = Dinitrobenzaldehyd (USA)
 DNCB = Dinitrochlorbenzol (USA) 94
 DNDMOxm = Dinitrodimethylloxamid (USA) 96
 DNDMSA = Dinitrodimethylsulfamid (USA)
 DNDPhA = Dinitrodiphenylamin (USA) 97
 DNEtB = Dinitroäthylbenzol (USA)
 DNEU = Dinitroäthylharnstoff (USA)
 DNF = Dinitrofuran (USA)
 DNG = Dinitroglycerin (USA) 98
 DNMA = Dinitromethylanilin (USA)
 D.N.N. = Dinitronaphthalin
 DNPA = 2,2-Dinitropropylacrylat (USA)
 DNPh = Dinitrophenol (USA)
 DNPT = Dinitrosopentamethylentetramin (USA)
 DNR = Dinitroresorcin (USA)
 DNT = Dinitrotoluol 103
 DNX = Dinitroxylol (USA)
 Donarit 1 und 4 108
 DOP = Dioctylphthalat (USA) 127
 DOS = Dioctylsebacat (USA)
 double base propellants 109, 197, 221, 233
 DPA = Diphenylamin (USA) 106
 DPEHN = Dipentaerythrithexanitrat 106
 DPhA = Diphenylamin 106
 DPP = Diphenylphthalat (USA)
 Drehgriffmaschine → Zündmaschinen 351
 dreibasiges Pulver 233
 Drop-Test 109
 Druck, spezifischer → spezifische Energie 249, 281
 Drucksprung → hydrodynamische Theorie der Detonation 72 ff.
 Druckexponent 1
 Druckkochen 190
 Druckluft-Sprengverfahren 33, 133
 Druckstoßwirkung 109
 DTA = Thermo-Analyse 274
 Düse 109
 Düsenplatte 272
 Dunnit = Ammoniumpicrat (USA) 19
 Duobel = Handelsname für einen Wettersprengstoff (USA)
 dutch test → Holland-Test 159

Duxita = Hexogen phlegmatisiert mit 3% castor oil (Italien)
 Dynacord = Handelsname für eine Sprengschnur 110
 Dynafrax; Dynagex = Handelsnamen für Wettersprengstoffe (GB)
 Dyalite = Handelsname für einen halbgelatinösen Sprengstoff (Frankreich)
 Dynamex = Handelsname für einen gelatinösen Sprengstoff (Schweden)
 dynamic vivacity 38
 Dynamite No. 2 = Handelsname für einen halbgelatinösen Sprengstoff
 Dynamite gélatiné couche = Handelsname für einen Wettersprengstoff (Frankreich)
 Dynamit-Collodiumwolle 190
 Dynamite; dynamites 111
 dynamite gomme 252
 Dynamite LVD = Sprengstoff mit niedriger Detonationsgeschwindigkeit; Zusammensetzung: 17,5% Hexogen, 67,8% TNT, 8,6% Pentaerythrittrinitrat, 4,1% Binder 68/32, Polybuten/Dioctylsebacat, 2,0% Acetylcellulose
 Dynamite MVD = Sprengstoff mit mittlerer Geschwindigkeit; Zusammensetzung: 75% Hexogen, 15% TNT, 5% Stärke, 4% Öl, 1% Vistanex Ölgel (USA)
 Dynamon 48
E
 E → Kennzeichnung 168
 E → E-Prozeß (Hexogen-Synthese) 156
 E → E-Wolle = esterlösliche Nitrocellulose 190
 EBW = elektrischer Zünder mit Zerknall-Brückendraht (USA)
 EC = Platzpatronen-Pulver
 Echolote 111
 écran → Schutzwall 240
 Ecrasit; Ekrasit = Pikrinsäure 219
 EDA = Äthylendiamin (USA)
 EDD = Äthylendiamindinitrat, auch: EDADN (USA) 6
 EDNA = Äthylendinitramin (USA) 7
 Ednafive = EDNA/Fivonite 50/50 (Fivonite → S. 264)
 Ednatol 112; Ednatoal = Ednatol + 20% Aluminium (USA)
 effet Neumann = Hohlladungseffekt 157
 effet de souffle 109
 EF poudre = Platzpatronen-Pulver (Frankreich)
 EGDN = Nitroglykol 198
 einbasige Pulver 182, 232
 eingeschlachte Ladung 346
 Einschluß 112
 Eisen-Acetylacetonat 112
 Eisenbahnverkehrsordnung → E.V.O. 114
 Eisenoxidrot 62
 Ekrasit = Pikrinsäure 219
 EL-506 = Plattensprengstoff („Detasheet“) (USA)
 Elektrische Zünder → Brückenzünder 59
 E.L.F. heißt extra low freezing 137
 Empfindlichkeit 113, 227, 234, 271

EMMET = Äthyltrimethylolmethantrinitrat (USA)

Emulsionsförderung 119

end-burning velocity 57

Endkontakt → Zündmaschinen 351

Energie, spezifische → spezifische E. 249, 281

Energieniveau 282

Energit → Wetter-Energit 337

Entzündungstemperatur 328

environmental testing 227

Eprouvette; éprouveur 113

eqs = equal sheathed explosives-346

Erlaubnis → Sprengstoffgesetzgebung 257

erosive burning; erosiver Abbrand 106

Erstarrungspunkt 319

ErTeN = Erythrittetranitrat (USA) 193

essai au bloc de plomb 51

Essigsäureanhydrid → Hexogen 156

EST, ESW → Kennzeichnung 168

Estane = Polyester aus Adipinsäure, 1,4-Butandiol und Diphenylmethan-diisocyanat (USA)

ethanolamine dinitrate 183

Ethriol trinitrate 5

Ethyl-Centralit = Centralit I 63

ethyldiphenylurea = Akardit III 11

ethylenediamine dinitrate 6

ethylenedinitramine; éthylenedinitramine 7

ethyleneglycoldinitrate 198

éthylhexoate de plomb 49

ethylnitrate 8

ethylphenylurethane; éthyphénylurethane 8

ethylpicrate 315

ethyl-tetryl 9

E-Verfahren → Hexogen 156

E.V.O., Eisenbahnverkehrsordnung 114

E-Wolle → Nitrocellulose 191

exploseur 351

explosif antigrisouteux 341

explosif à oxygène liquide 131

explosif au nitrate d'ammonium 23

explosif chloraté 65

explosif chloruré 341

explosif d'amorçage 162

explosif de mine 43, 139

explosif gainé = ummantelter Wettersprengstoff

explosif – liant plastique 173

explosif liquide 130

explosif nitraté 23

explosif perchloraté 217

explosif pour usage industriel 43, 139

explosif primaire 162

explosif pulvérulent 225

explosif secondaire 162

explosif S.G.P. 341

explosion heat 124

explosionsfähiger Stoff 116

explosionsgefährlicher Stoff 121, 257

Explosionsprodukte; CO₂, CO, H₂O usw. 276

Explosionstemperatur; explosion temperature 124, 280

Explosionswärme; partielle Explosionswärme 124, 126, 279

explosive casting 139

explosive „D“ 19

explosive forming 178

explosives equal sheathed 341

exsudation 35

exsudierende Bestandteile 35

extra dynamites → Ammon salpetersprengstoffe 23

Extragummidynamit = Handelsname für einen gelatinösen Sprengstoff (Norwegen)

extra low freezing 137

extrudeuse à vis 238

exudation 35

F

F; FF; FFF; FFFF → Schwarzpulver, Kornfeinheiten 243

F8 = Mischung aus Aluminium und Bariumnitrat (USA)

F(Φ) = Hochleistungs-Sprengstoff (russisch)

FA = Furfurylalkohol (USA)

FA/AN = Mischung aus Furfurylalkohol, Anilin und Hydrazin 46/47/7

face burning 259

Fallhammer 121, 127, 234

Fallhammer-Methode mit Stempelvorrichtung 235

farine de guar 143

Favier-Sprengstoffe = Ammoniumnitrat-Sprengstoffe (Belgien; Frankreich)

Federzugmaschine → Zündmaschinen 351

Ferrocen; ferrocène 128, 293

fertilizer grade ammonium nitrate; FGAN, → Ammonsalpeter 20

Feststoffraketen 56, 128, 226

Feuerwerk; Feuerwerkssätze 130, 165

Feuerwerkspulver → Schwarzpulver 243

Feuerwerkszündschnüre 120, 130

fin de combustion

fire damp = Schlagwetter 341

firework 130

Firstensprengen 239

Fişolite, Fivonite 264

Flächenstrahl 238

Flammenzündung 25

Flachladung → Hohlladungen 158

flegmatiser 218

Flogel = Handelsname für einen slurry (USA)

FLOX = Mischung aus flüssigem Sauerstoff und flüssigem Fluor

flüssiges Ammoniak 132

flüssige Luft 131

flüssiges N₂O₄ 230

flüssiger Sauerstoff 132, 175, 230

flüssiger Wasserstoff 132

flüssiges Fluor 132, 230

flüssige Sprengstoffe 130

Flüssig-Luft-Sprengstoffe 62, 131

Flüssig-Treibstoff-Raketen 35, 132

FNR = Tetrafluoräthylen-trifluornitrosomethan Copolymer

Folien aus Sprengstoff 173

force 27

Formen → Metallbearbeitung durch Sprengstoffe 178

Formfunktion → Abbrand 1

Formgebung 1

Formyldinitroglycerin 97

formylglycerol dinitrate 97

Fp 02 = TNT 318

Fp 60/40 = TNT/AN 60/40

Fräsen → Delaborieren 71

free flowing – Sprengstoffe 132, 225

Freie Radikale 36, 132

friction sensibility 229

fuel 57

Füllpulver 02 = TNT = Trinitrotoluol 318

fugasnost = Bleiblock-Test (russisch)

fulmicotone = Nitrocellulose (Italien)

fulminate d'argent 247

fulminate de mercure 170

fulminates → Initialsprengstoffe 162

fumées de tir; fumes 240

fume volume 210

Fundmunition 71

fusée retardatrice 329

fuse head = Zündschraube 352

FV = Fivonite = Tetramethylolpentanontrinitrat (USA) 264

FV/EDNA = Ednave = Mischung aus Fivonite und Äthylendinitramin

FV/PENT = Pentafive = Mischung aus Fivonite und Nitropenta

FV/RDX = Cyclofive = Mischung aus Fivonite und Hexogen (USA)

G

g – Atomzahlen 291–295

galerie d'essai 343

galette 225

galvanomètre 350

Gamsit = Handelsname für einen gelatinösen Sprengstoff (Schweiz)

gap test 83

Gasdruck 133

Gas-erzeugende Ladungen; gas generating units 133

gaslose Verzögerungssätze 329

gaslos reagierende Stoffpaare 172

gas pressure 133

Gasschlagwirkung 12, 324

Gasvolumen → Normalvolumen 210, 280

GC = gun cotton = Nitrocellulose mit ca. 13% N (GB)

GcTNB = Glycoltrinitrobutyrat (USA)

GDN = glycoldinitrat (USA) 198

Gefrieren von Nitroglycerinsprengstoffen 137

Gegenlaufzündung 173

Gelamite = Handelsname für einen halbgelatinösen Sprengstoff (USA)

Gelatinatoren 258

Gelatine Donarit = Handelsname für einen gelatinösen Sprengstoff (Österreich)

Gélatinée No. 1 = Handelsname für gelatinösen Sprengstoff (Frankreich)

gelatin dynamites; Gelatine-Dynamite

gelatin explosive; gelatinöse Sprengstoffe; gelatins 137

gelatinizer 258

gelatinous permitted explosive → Wettersprengstoffe 341

Gel Coalite = Handelsname für einen Wettersprengstoff (USA)

Gelex: Handelsname einer Halbgelatine (USA)

gelnignite 137

Gélnignite D = Handelsname für einen gelatinösen Sprengstoff (Frankreich)

Gelobel = Handelsname für einen Wettersprengstoff (USA)

Gelodyn = Handelsname für einen halbgelatinösen Sprengstoff (USA)

Generator-Zündmaschine 351

Geofranex = Handelsname für einen gelatinösen Sprengstoff (Frankreich)

Geomit = Handelsname für einen pulverförmigen Sprengstoff (Norwegen)

Geophex = Handelsname für einen seismischen Spezialsprengstoff (GB)

Geosit = Handelsname für einen seismischen Spezialsprengstoff (BRD) 138

gepreßte Sprengladungen 223

Geschützpulver → Schießpulver 232

Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe 121, 257

Gesteinsprengstoffe 139; → gewerbliche Sprengstoffe

Gewehrpulver → Schießpulver 232

Gewerbeordnung 322

gewerbliche Sprengstoffe 13–15, 23, 24, 43, 45, 108, 110, 131, 137, 138, 139, 143, 184, 213, 245, 252, 255, 261, 332–349

Gheksogen = Hexogen (russisch) 155

Giant Gelatin = Handelsname für einen gelatinösen Sprengstoff (USA)

gießbare Sprengstoffgemische 6, 13, 40, 66, 68, 70, 112, 139, 144, 234, 271, 303, 304, 318, 321

Gießen von Sprengladungen 139

Gießen von Treibsätzen 140

Gleichgewichtskonstanten 302

Globarpulver → Kugelpulver 172

Glühbrücke → Brückenzünder 59

GLTN = Dinitroglycerin-nitrolactat 99

Glycerin; technische Reinheitsforderungen 197

Glycerin-acetat-dinitrat; Acetyldinitroglycerin 4

Glycerinchlorhydrindinitrat; Dinitrochlorhydrin 95

Glycerindinitrat 98

Glycerin-formiat-dinitrat; Dinitroformin 97

Glycerin-nitrolactat-dinitrat → Dinitroglycerinnitrolactat 99

Glycerintrinitrat → Nitroglycerin 195

glyceroldinitrophenylether dinitrate 101

glyceroltrinitrophenylether dinitrate 316

glycerolnitrate → Nitroglycerin 195

glyceryldinitrate 98

Glycidnitrat → Nitroglycid 198

Glykol 200

Glykoldinitrat → Nitroglykol 198

GN; GND; GNN → Kennzeichnung 168

- Goma pura, Gomma A und Gomme A = Handelsnamen für Sprengelatine (Spanien, Italien, Frankreich)
- Grade A Nc = Nitrocellulose 12.6 – 12.7% N
- Grade B Nc = Nitrocellulose 13.35% N
- Grade C Nc = Nitrocellulose-Mischung von A und B
- Grade D Nc = Nitrocellulose 12.2% N, ebenso Grade E (USA)
- grade strength 40
- Granatfüllung 88 = Pikrinsäure 219
- Graphit 140
- Grenzdurchmesser 172
- grisou 238, 341
- Grisoudynamite chlorurée No. 1, Grisoudynamite Roche à la cellulose usw. = Handelsnamen für Wettersprengstoffe (Frankreich)
- Grøftedynamit = Handelsname für einen gelatinösen Sprengstoff
- Großbleibblock 28
- Großbohrlochsprengverfahren 48, **141**, 167
- group P 1 u. s. w. = Wettersprengstoffgruppen (GB) 346
- Groupe d'Etude International pour la Normalisation des Essais d'Explosifs; Sekretär: Dr. Per Anders Persson, Swedish Detonic Research Foundation, Box 32058, S 12611 Stockholm, Schweden
- Grubengas 238, 341
- Guanidinnitrat, Guanidinsalpeter; guanidine nitrate 53, **141**, 201, 293
- Guanidinperchlorat; guanidine perchlorate 122, **142**
- Guanidinpicrat; guanidine picrate 122, **142**
- Guanite = Nitroguanidin 201
- Guarmehl; guar gum 143
- Gummidynamit = Handelsname für einen gelatinösen Sprengstoff (Norwegen)
- GUNI = Guanidinnitrat 141
- gun cotton = Nitrocellulose 189
- gun powder 232
- Gurdynamit 143
- Gurit = Spezialsprengstoff für → schonendes Sprengen (Schweden)
- H**
- H; HN; HU → Kennzeichnung 168
- H-6 = Mischung Hexogen/TNT/Aluminium/Wachs 45/30/20/5 (USA)
- H-16 = 2-Acetyl-4,6,8-trinitro 2,4,6,8-tetrazanonandiacetat (USA)
- HADN = Hexamethyldiamindinitrat (USA)
- Haftvermögen → case bonding 63
- Halbgelatinen 246
- Halbsekundenzünder 59
- Haleite, Halite → Äthylendinitramin
- Halogenfluorid 230
- Hansentest 143
- harine de guar 143
- Harnstoffnitrat 144
- HBX-1 = Mischung von Hexogen, TNT und Aluminium (USA)
- HC = Mischung von Hexachloräthan und Zink (Rauchsatz) (USA)
- HE = „high explosive“ (USA)
- HEAP = „armorpiercing“
- HEAT = antitank-Hohlladung

- HEATT = „hollow charge with tracer“
- heat of combustion 326
- heat of explosion 124
- heat of formation 46
- heat sensitivity 273
- HEF = „high energy fuel“, z. B. Borane (USA)
- HEF-2 = Propylpentaboran
- HEF-3 = Triäthyldekaboran
- HEF-5 = Butyldekaboran (USA)
- Helneiyaku = Trinitrophenetol (Japan) 315
- Heizsatz 133
- Hellhoffite 131
- HeNBu = Hexanitrobutan (USA)
- Heptanitrophenylglycerin 151
- Heptryl = 2,4,6-Trinitrophenyltrinitromethylolmethylnitramin-trinitrat
- Hercogel = Handelsname für einen gelatinösen Sprengstoff
- Hercol; Hercon; Hercomite = Handelsnamen für pulverförmige Sprengstoffe
- Hercomix = Handelsname für ein → ANFO-Sprengmittel
- Hercosplit = Handelsname für einen Spezialsprengstoff für → schonendes Sprengen (USA)
- Hess, Stauchung nach 59
- HEX-24; -48 = Mischungen aus KClO₄, Aluminium, Hexogen und Asphalt (USA)
- Hex 144
- Hexal 12, **145**
- Hexamethyldiisocyanat 145
- Hexamethylenetetramin 155
- Hexamethylenetetramindinitrat; Hexamindinitrat; hexamethylen-tetramine dinitrate 145, 156
- Hexamethyltriperoxididamin; hexaméthylétriperoxyd-diamine 122, **146**, 229
- Hexamin → Hexanitrodiphenylamin
auch: Kurzform für Hexamethylentetramin
- Hexanite 147
- hexanitate de dipentaerythrite 106
- hexanitate de mannitol 203
- Hexanitroäthan 147
- Hexanitroazobenzol;
hexanitroazobenzene 122, **148**
- Hexanitrobiphenyl 122, 149
- Hexanitrocarbanilid 122,
- Hexanitrodipentaerythrit 106
- Hexanitrodiphenyl;
hexanitrodiphényle 122, **149**
- Hexanitrodiphenyläther
→ Hexanitrodiphenyloxid 122
- Hexanitrodiphenylamin;
hexanitrodiphénylamine 122, 147, **149**, 234, 293
- Kaliumsalz 122, 150, 229
- Hexanitrodiphenylaminoäthyl-nitrat;
hexanitrodiphenylaminoethyl-nitrate 151
- Hexanitrodiphenylglycerinmononitrat; hexanitrodiphenylglycerolmononitrate 122, **151**
- Hexanitrodiphenylharnstoff
= Hexanitrocarbanilid 148
- Hexanitrodiphenyloxid;
hexanitrodiphényloxyde 152
- Hexanitrodiphenylsulfid; hexanitrodiphénylsulfide 152
- Hexanitrodiphenylsulfon;
hexanitrodiphénylsulfone 153
- hexanitroethane; hexanitroéthane 147

Hexanitromannit 123, **203**
 Hexanitro-oxanilid;
 hexanitrooxanilide 154
 Hexanitrostilben;
 hexanitrostilbene 154
 Hexanitrosulfobenzid
 = Hexanitrodiphenylsulfon
 153
 Hexil; Hexite
 = Hexanitrodiphenylamin 149
 Hexastit = Hexogen, mit 5% Wachs
 phlegmatisiert (Schweiz)
 Hexocire = Hexogen, mit 5% Bie-
 nenwachs phlegmatisiert (Frank-
 reich)
 Hexogen; hexogène = RDX 30,
 53, 66, 67, 68, 70, 119, 123, 144,
 145, **155**, 229, 237, 252, 257, 273,
 293, 303, 304, 321
 Hexolit; Hexotol 66
 Hexoplast = plastischer Spreng-
 stoff aus Hexogen, Nitrocellulose
 und DNT-TNT-Gemisch
 Hexotonal 12, 156
 Hexyl = Hexanitrodiphenylamin
 149
 HiCal = hochenergetischer Rake-
 tentreibstoff (USA)
 HMTA = Hexamethylentetramin
 (USA)
 HMTD = Hexamethylentriperoxid-
 diamin
 HMX = Oktogen 211
 HN = Hydrazinnitrat (USA) 160
 HN → Kennzeichnung 168
 HNAB = Hexanitroazobenzol
 (USA) 148
 HNB = Hexanitrosobenzol (USA)
 HNCb1 = Hexanitrocarbanilid
 (USA) 148
 HNDPA = Hexanitrodiphenyl
 (USA) 149
 HNDP; HNDPa = Hexanitrodi-
 phenylamin (USA) 149
 HNDPaEN = Hexanitrodiphenyl-
 aminoäthylnitrat (USA)
 HNDPaBzl = hexanitrodiphenyl-
 benzyl (USA)
 HNDPaGu = Hexanitrodiphenylgu-
 anidin (USA)
 HNDPaSfi = Hexanitrodiphenylsul-
 fid (USA) 152
 HNDPaSfo = Hexanitrodiphenyl-
 sulfon (USA) 153
 HNDPaU = Hexanitrodiphenyl-
 harnstoff (USA) 148
 HNEt = Hexanitroäthan (USA) 147
 HNG = Hydrine-nitroglycerin (USA)
 HNH = Hexanitroheptan (USA)
 HNO = Hexanitrooxanilid (USA)
 154
 HNS = Hexanitrostilben (USA)
 154
 hochkonzentrierte Salpetersäure
 131, 230
 hochkonzentriertes Wasserstoff-
 peroxid 230
 Hohlladung: hollow charge 157
 Hoko = Kurzbezeichnung für
 „hochkonzentrierte Säure“
 (BRD)
 Holland-Test 159
 Holtex 159
 Holzkohle 241
 Holzmehl 23, 231, 293
 Holzzellstoff 190
 Homocyclonit = Oktogen
 HOX = Bi-trinitroäthylnitramin
 (USA) 195
 HTA = Hexogen/TNT/Aluminium
 40/40/20
 HTA-3 = Oktogen/TNT/Aluminium
 49/29/22 (USA)

HTP = Wasserstoffsuperoxid (GB)
 HTPB = Polybutadien mit Hydro-
 xyl-Endgruppen (USA)
 HU-Zünder 59
 Hugoniot-Gleichung;
 Hugoniot-Kurve 77
 HVD = high-velocity detonation
 (USA)
 Hybrids 128, **160**, 226
 Hydrazin; hydrazine 5, 132, **160**,
 226
 Hydrazinnitrat; hydrazine nitrate
 119, 123, **160**, 293
 Hydrazinperchlorat; hydrazine
 perchlorate 123, **161**
 Hydrodynamische Theorie der De-
 tonation **72**, 124
 Hydropruf = Handelsname für
 einen gelatinösen Wetterspreng-
 stoff (GB)
 Hydrox-Verfahren 133
 HYDYNE = Dimethylhydrazin/
 Diäthylentriamin 60/40 USA
 Hygroskopizität → Wasserfestig-
 keit 334
 Hyman = Nitromethylglycolamid-
 nitrat (USA)
 Hypergole 132, 160, **162**, 353
I
 IBEN = Brandbombe mit Spreng-
 ladung (USA)
 ICBM heißt intercontinental ballis-
 tic missile
 ICT; Institut für Chemie der Treib-
 und Explosivstoffe 162
 Igdanite = Handelsname für
 ANFO-Sprengstoffe (russisch)
 igniter cord,
 igniter cord connector 26
 Imatrix = schwedischer Handels-
 name für Miedziankit (vor Ort
 gemischter Chloratsprengstoff)
 IMCO = Intergovernmental Mariti-
 me Consultative Organization
 162
 impact sensitivity 234
 Impedanz 79
 Impuls; impulse spécifique
 → Spezifischer Impuls 250
 Incendiary → Thermit 274
 Independent A usw. = Handelsna-
 men für Wettersprengstoffe
 (USA)
 industrial explosives 139
 to inflame; inflammer 25
 infusion blasting → water infusion
 blasting 303
 Ingolin 35
 Initialsprengstoffe; initiating explo-
 sives 162
 initiation; Initiierung 253
 Injektoren; water driven injector
 transport; transport par injection
 d'eau → Emulsionstransport
 113
 Injektor-Nitrierverfahren 197
 Innenbrenner 128
 Innenhütchen 252
 Innere Energie, Tabelle 298
 Instantaneous detonators 254
 Institut für Chemie der Treib- und
 Explosivstoffe → ICT 162
 Institut für Chemisch-Technische
 Untersuchungen, jetzt Bundesin-
 stitut, → BICT 46
 internal energy 280, 298
 internal enthalpy 288, 300
 International Study Group for the
 Standardization of the Methods
 of Testing Explosives

Internationale Studiengruppe zur Vereinheitlichung der Sprengstoffprüfmethoden
Secretär: Dr. Per-Anders Persson, Swedish Detonic Research Foundation, Box 32058, S 12611 Stockholm, Schweden

inverses Salzpaar,
ion exchanged (salt pair) permitted explosives 342

Ionentreibstoffe 163

IPN → Isopropylnitrat 224

IRFNA = „inhibited red fuming nitric acid“ (HNO₃/N₂O₄/HF/H₂O 82.5/14/0.5/3) (GB)

iron acetylacetonate 112

Irregel = slurry – Sprengstoff (Kanada)

I. S. L. Deutsch-Französisches Forschungsinstitut St. Louis 163

Isophoron diisocyanat 163

Isopropylnitrat; isopropyl nitrate 224

J

Jagdpulver → Schießpulver 232

JATO heißt jet assisted take off charge

jet perforating → Perforation von Bohrlöchern 217

jet tapper → Abstichladungen 3

Jodkalistärke-Test; Jodzinkstärke-Test → Abeltest 2

JP, JP-1; -2; -3; -4; -5; = Raketen-Brennstoffe (versch. Kohlenwasserstoffe) (USA)

JPT = double base – Treibstoff, Röhrrchen, für → Bazooka

JP-X = JP-4/UDMH 60/40 = hypergolischer Brennstoff (USA)

Juinite = Äthylendiurethan (Frankreich)

jumping mortar test 28

Jute 243

K

K-1; -2 Splav = Mischung von TNT und TNB oder Dinitronaphthalin (russisch)

K1F = Chlortrifluoräthylen-Polymer (USA)

KA-Prozeß (Hexogen-Synthese) 156

Kalisalpeter → Kaliumnitrat 165

Kaliumbitartrat 185

Kaliumchlorat 164, 230, 231

Kaliumnitrat 127, 165, 230, 231, 293, 342

Kaliumperchlorat 166

Kaliumsulfat 127, 185

Kalksalpeter → Calciumnitrat 15, 61, 292

kalorimetrische Bombe 125

„Kalte“ Pulver 166

Kammerminensprengungen 167

Kampfer → Campher 61, 292

Kanaleffekt 167

Kantenmörser; Kanten-Ladungsverhalten 345

Karben → Carben 62

Karitto = Schwarzpulver (Japan)

KA-Salz = Hexogen aus der Synthese nach *Knöfler-Apel* 156

Kast, Brisanzwert nach;
Kast, Stauchung nach 58

Katamerit = Handelsname für einen pulverförmigen Sprengstoff (Österreich)

Kcilil = Trinitroxylol (russisch)

KDNBF = Kaliumdinitrobenzofuroxan (USA)

Kel-F = Chlortrifluoräthylen – Polymer
9010 = RDX/Kel-F 90/10

Kennzeichnung 167

Kerosen 293

Kerosole = Metall-Dispersionen in Kerosen (USA)

Keten → Bildung von Tetranitromethan 268

Keyneyaku = trinitrophenetol (Japan)

Kibakuyaku = Initialsprengstoff (Japan)

Kieselgur 143

Klasse I; Klasse II; Klasse III-Sprengstoffe → Wetter-Sprengstoffe 346

Kleen Kut = Speziälsprengstoff für → schonendes Sprengen

Klemmung 170

Knäpper; knäppern 34, 138

Knallquecksilber 25, 31, 119, 162, 170, 228

Knallsilber 220

Knauerit = Handelsname für einen gelatinösen Speziälsprengstoff für seismische Messungen (Österreich)

KN-Pulver = Diglykoldinitrat – Pulver mit KNO₃

Kochsalz 342

Koeffizient → coefficient
→ CTD; CUP. 29, 83

Kohlenstaub; Kohlenstaubsicherheit 171

Kohle-Zement-Rohr 83

Kokoshokuyaku = Schwarzpulver (Japan)

Kollergang 242

Kollodiumwolle → Nitrocellulose 190

Kolloksilin = Nitrocellulose 11–12% N (russisch)

Kondensatorzündmaschinen 351

kontinuierliche Herstellungsverfahren 196

Kontursprengen 239

Koomooliativuyye = Hohlladung (russisch)

Korngröße; Kornverteilung 1

Koruskativs 172

Krater-Methode 28

Kreide → Calciumcarbonat 292

Kresylith 313

kritischer Durchmesser 172

krut = Pulver (Schweden)

K-Salz = RDX (Hexogen) nach dem K-Verfahren (*Knöfler*) 156

Kugelpulver 172, 234

kumulative Zündung 173

Kunkeln 173, 255

kunststoffgebundene Sprengstoffe 173, 215

Kupferchromit 173

Kuppelbare Patronen 244

Kurzzeitmesser 82

Kurzzeit-Zündmaschinen
→ Zündmaschinen 351

K-Verfahren → Hexogen 156

L

L → Kennzeichnung 168

laboratory combustion chamber 58

Lacke, Nitrocellulose für 191

Ladedichte 57, 80, 174, 214

Ladeschlauch 346

Ladungen zum Sprengen heißer Massen 3

Lade- und Misch-Lade-Geräte 257

Lagermunition 71

Lambrit = Handelsname für einen ANFO – Sprengstoff (Österreich)

Langzeit-Teste 259

Langzeit-Zündmaschinen → Zündmaschinen 351

large hole blasting 141

LDNR = Bleidinitroresorcinat (USA)

LE = „low explosive“; Treibstoff (GB)

lead acetylsalicylate 49

lead azide 50

lead block test 51

lead ethylhexoate 49

lead nitrate 54

lead styphnate 54

Lebensdauerteste 251

Lebhaftigkeitsfaktor 1

Leistungsfähigkeit von Sprengstoffen → Arbeitsvermögen 27

Leitschnur 26, 256

Leitungsprüfer → Zündkreisprüfer 254

Leuchtgeschosse, Leuchtsätze 174

LF heißt low freezing

LH₂ = „liquid hydrogen“ (USA)

Lichtspur 174

Ligamita 1; 2; 3 = Handelsnamen für Nitroglycerin-Sprengstoffe (Spanien)

lined cavities → Hohlladung 157

Linters 189, 192

liquid explosives 130

liquid fluorine 132

liquid hydrogen 132

liquid N₂O₄ 132

liquid oxygen (LOX) 131, 132

liquid oxygen explosives 131

lissage 210

Lithergole 160

Lithiumnitrat; lithium nitrate 175

Lithiumperchlorat; lithium perchlorate 175

LMNR = Bleimononitratresorcinat (USA)

LN₂ = flüssiger Stickstoff

LN → Bleinitrat (lead nitrate) 54

loading density 174

7-Loch-Pulver; 19-Loch-Pulver; lösemittelfreie Pulver; POL-Pulver; Schießpulver
Lösemittelpulver → Schießpulver 232

low freezing explosives 137

Lox → flüssiger Sauerstoff

LOZ = flüssiges Ozon

Lucite = m-m-Acrylsäuremethyl esterpolymer (USA)

lueur à la bouche 184

Lump Coal AA = Handelsnamen für pulverförmige Wettersprengstoffe (USA)

LVD = „low velocity dynamite“ (USA)

LX-04 = Mischung 85,1% Oktogen und 14,9% Viton A (Fluor-Kohlenstoff-Polymer)

Lyddit → Pikrinsäure 219

M

M-1; M-6; M-15 usw. sind Typenbezeichnungen für amerikanische Rohrwaffenpulver

M 3 = Kerosen, hypergolisiert durch Zusatz von 17% UDMH (USA)

MABT = Mischung aus TNT, Pikrinsäure und Dinitrophenol (Italien)

Macarite = Mischung von TNT und Bleinitrat (Belgien)

MAF-40 = Amin-Brennstoffmischung (Hydine) (USA)

MAF-X = aminhaltiger Brennstoff

Magnesiumpulver 12

Magnesiumtrinitroresorcinat; Magnesiumstyphnat 55

MAN = Methylaminnitrat 178

Mannithexanitrat; mannitol hexanitrate → Nitromannit 203

Manöverpulver → Schießpulver 232

Mantelsprengstoffe → Wettersprengstoffe 341

MAPO = Methylaziridinphosphinoxid 176

Martinite = Handelsname für einen gelatinösen Sprengstoff (Frankreich)

Marschsatz; Marschschub 201

Massen-Durchsatz 1

Massen-Explosionsfähigkeit; Massen-Explosionsgefährlichkeit; mass explosion risk 176

Massenverhältnis 36, 177

MAT = Mischung von TNT und Pikrinsäure (Frankreich, Italien)

Matagnite = Handelsname für einen Sprengstoff (Belgien)

Matsu = Sprenggelatine (Japan)

MBT = Mischung von Pikrinsäure und Dinitrophenol (Frankreich; Italien)

MDF = „mild detonating fuse“ (0,2–0,4 g Nitropenta/m) (USA)

MDN = Mischung von Pikrinsäure und Dinitronaphthalin (Frankreich)

MeAN = MAN = Methylaminnitrat (USA) 178

mèches 243

MeDINA; MeEDNA = Methyläthylendinitramin (USA)

Mehlpulver 130, 177, 243

Mehrlochpulver 1, 192, 232

Meiaku = Tetryl (Japan)

Melinit → Pikrinsäure 219

Mélinite/0 („ordinaire“) = Pikrinsäure mit 0,3% Trinitrokresol

Mélinite/P = Pikrinsäure mit 12% Paraffin (Frankreich)

MeN = Methylnitrat (USA) 179

MeNENA = 1-Nitroxytrimethylen-3-nitramin (USA)

Menkayaku = Nitrocellulose (Japan)

mercury fulminate → Knallquecksilber 170

merlon → Schutzwall 240

Mesa-Abbrand 1

MeBei 133

Meßgeber 240

metadinitrobenzene; métadinitrobenzène 93

Metallbearbeitung durch Sprengstoffe 178

metatelnji zariad = Treibladung (russisch)

Methan, méthane 238, 341

Methoxy-trinitrobenzol → Trinitroanisol 308

Methyläthylidiphenylharnstoff; méthyléthylidiphénylurée → Centralit III 65

Methylaminnitrat; methylamine nitrate 178

Methyldiphenylharnstoff; methyldiphénylurea;

méthylidiphénylurée → Akardit II 10

methylenamidosulfonsaures Kalium 156

Methylendinitrotetrazacycloctan (Vorstufe Oktogen) 212

Methylglycerintrinitrat 60

Methylnitrat; methylnitrate 179

Methylnitroglykol → Propylenglykoldinitrat 224

Methylnitropropandioldinitrat 205

Methylphenylurethan 258

methyl picrate; Methylpikrat → Trinitroanisol 308

Methyltrimethylolmethantrinitrat → Metrioltrinitrat 181

Methylviolett-Test 180

Metolit = Lösung von Methylamin in konz. HNO₃

Metrioltrinitrat, „MetrTN“ 181

Mexobel no. 2 = Handelsname für einen Wettersprengstoff (USA)

MF = mercury fulminate = Knallquecksilber (USA) 170

MHF = Hydrazin-Raketenbrennstoff mit Hydrazinnitrat (USA)

MHN → Nitromannit 203

Miedziankit 251

mild detonating fuse = nichtsprengkräftige detonierende Zündschnur

millisecond delay blasting; millisecond delay detonator 182

Millisekunden-Sprengen 59, **182**

Millisekundenzünder 59, 182

mine explosives 43

Minex = Mischung RDX/TNT/AN und Aluminium 182

Minex = Handelsname für einen pulverförmigen Sprengstoff (Frankreich)

Minol = Mischung RDX/TNT und Aluminium 182

Minolex = Mischung aus den gleichen Komponenten wie bei Minex

Minurex = Handelsname für einen gewerblichen Sprengstoff (Frankreich)

Mischdynamite 40

Mischeinrichtung, fahrbare 256

Mischsäure 182

missile 226

M. J. = mineral jelly = Vaseline (GB)

ML → Kennzeichnung 168

MltON = Maltoseoctanitrat (USA)

MMeA = Mononitromethylanilin (USA)

MMA = Methylmethacrylat (USA)

MMH = Monomethylhydrazin (USA)

MN = Mononitrotoluol 208

MNA = Mononitroanilin (USA)

MNAns = Mononitroanisol (USA)

M.N.B. = Mononitrobenzol (USA; GB)

MNBA = Mononitrobenzaldehyd (USA)

MNBAC = Mononitrobenzoesäure (USA)

MNCrs = Mononitrokresol (USA)

MNM = Mononitromethan (USA) 204

M.N.N. = Mononitronaphthalin (USA; GB)

MnnHN = Mannosehexanitrat (USA) 203

MNO = Dinitrodimethyloxamid (USA) 96

M.N.T. = Mononitrotoluol (USA; GB) 208

MXN = Mononitroxylol

Mörser → ballistischer M.; 39 Kohle-Zement-M.; 83 Kanten-M.; 345 Spring-M.; 28 Tonnen-M. 28

Momentzünder 59, 254

Monergol 132, 183

Monoäthanolamindinitrat 123, **183**

Monobel 184

Monochlordinitrin; Monochlordinitroglycerin → Dinitrochlorhydrin 95

mononitrate d'hexanitrodiphényleglycérine 151

Mononitrotoluol 208

Monsanto M Pak = frei rieselnder pulverförmiger Sprengstoff (USA)

Montanwachs → phlegmatisieren 218

mortier balistique 39

moteur fusée 226

moulage d'explosifs 223

mouton de choc 127

MOX = „metal oxidizer explosives“ (USA) 184

MP = Pikrinsäure mit 12% Paraffin (Frankreich)

MP 14 = KMnO₄ als Katalysator für den H₂O₂-Zerfall

M-Stoff = Methylalcohol, auch mit Zusatz von Hydrazinnitrat

MTN = Metrioltrinitrat (USA) 181

mud cap 34

Mündungsfeuer; mündungsfeuerfreie Treibsätze 184

Muenyaku = rauchloses Pulver (Japan)

Multicord = Sprengschnur mit 40 g und 100 g/m Nitropenta (BRD) 185

Munroe-Effekt 185

Musketpulver → Schwarzpulver 241

muzzle flash 184

MVD = „medium velocity dynamite“, 75/15/10 RDX/TNT/Plastifiziermittel (USA)

Myrol → Methylnitrat 179

N

Nabit A = Handelsname für einen pulverförmigen Sprengstoff (Schweden)

NAC = Nitroacetylcellulose (USA; Italien)

Nachdetonation, Nachflammen 184

Nachheizung 12

Nafolit = Tetranitronaphthalin (Frankreich) 268

NAGu = Nitroaminoguanidin (USA)

Napalm 186

Naphtit = Trinitronaphthalin 314

NATO advisory group for aeronautical research and development → AGARD 10

Natriumazid 50

Natriumbikarbonat 294

Natriumchlorat **186**, 231

Natriumchlorid 294, 342

Natriumnitrat = Natronsalpeter **186**

Natriumperchlorat 187

méthylidiphénylurée → Akardit II 10

methylenamidosulfonsaures Kalium 156

Methylendinitrotetrazacycloctan (Vorstufe Oktogen) 212

Methylglycerintrinitrat 60

Methylnitrat; methylnitrate 179

Methylnitroglykol → Propylenglykoldinitrat 224

Methylnitropropandioldinitrat 205

Methylphenylurethan 258

methyl picrate; Methylpikrat → Trinitroanisol 308

Methyltrimethylolmethantrinitrat → Metrioltrinitrat 181

Methylviolett-Test 180

Metolit = Lösung von Methylamin in konz. HNO₃

Metrioltrinitrat, „MetrTN“ 181

Mexobel no. 2 = Handelsname für einen Wettersprengstoff (USA)

MF = mercury fulminate = Knallquecksilber (USA) 170

MHF = Hydrazin-Raketenbrennstoff mit Hydrazinnitrat (USA)

MHN → Nitromannit 203

Miedziankit 251

mild detonating fuse = nichtsprengkräftige detonierende Zündschnur

millisecond delay blasting; millisecond delay detonator 182

Millisekunden-Sprengen 59, **182**

Millisekundenzünder 59, 182

mine explosives 43

Minex = Mischung RDX/TNT/AN und Aluminium 182

Minex = Handelsname für einen pulverförmigen Sprengstoff (Frankreich)

Minol = Mischung RDX/TNT und Aluminium 182

Minolex = Mischung aus den gleichen Komponenten wie bei Minex

Minurex = Handelsname für einen gewerblichen Sprengstoff (Frankreich)

Mischdynamite 40

Mischeinrichtung, fahrbare 256

Mischsäure 182

missile 226

M. J. = mineral jelly = Vaseline (GB)

ML → Kennzeichnung 168

MltON = Maltoseoctanitrat (USA)

MMeA = Mononitromethylanilin (USA)

MMA = Methylmethacrylat (USA)

MMH = Monomethylhydrazin (USA)

MN = Mononitrotoluol 208

MNA = Mononitroanilin (USA)

MNAns = Mononitroanisol (USA)

M.N.B. = Mononitrobenzol (USA; GB)

MNBA = Mononitrobenzaldehyd (USA)

MNBAC = Mononitrobenzoesäure (USA)

MNCrs = Mononitrokresol (USA)

MNM = Mononitromethan (USA) 204

M.N.N. = Mononitronaphthalin (USA; GB)

MnnHN = Mannosehexanitrat (USA) 203

MNO = Dinitrodimethyloxamid (USA) 96

M.N.T. = Mononitrotoluol (USA; GB) 208

MXN = Mononitroxylol

Mörser → ballistischer M.; 39 Kohle-Zement-M.; 83 Kanten-M.; 345 Spring-M.; 28 Tonnen-M. 28

Momentzünder 59, 254

Monergol 132, 183

Monoäthanolamindinitrat 123, **183**

Monobel 184

Monochlordinitrin; Monochlordinitroglycerin → Dinitrochlorhydrin 95

mononitrate d'hexanitrodiphényleglycérine 151

Mononitrotoluol 208

Monsanto M Pak = frei rieselnder pulverförmiger Sprengstoff (USA)

Montanwachs → phlegmatisieren 218

mortier balistique 39

moteur fusée 226

moulage d'explosifs 223

mouton de choc 127

MOX = „metal oxidizer explosives“ (USA) 184

MP = Pikrinsäure mit 12% Paraffin (Frankreich)

MP 14 = KMnO₄ als Katalysator für den H₂O₂-Zerfall

M-Stoff = Methylalcohol, auch mit Zusatz von Hydrazinnitrat

MTN = Metrioltrinitrat (USA) 181

mud cap 34

Mündungsfeuer; mündungsfeuerfreie Treibsätze 184

Muenyaku = rauchloses Pulver (Japan)

Multicord = Sprengschnur mit 40 g und 100 g/m Nitropenta (BRD) 185

Munroe-Effekt 185

Musketpulver → Schwarzpulver 241

muzzle flash 184

MVD = „medium velocity dynamite“, 75/15/10 RDX/TNT/Plastifiziermittel (USA)

Myrol → Methylnitrat 179

N

Nabit A = Handelsname für einen pulverförmigen Sprengstoff (Schweden)

NAC = Nitroacetylcellulose (USA; Italien)

Nachdetonation, Nachflammen 184

Nachheizung 12

Nafolit = Tetranitronaphthalin (Frankreich) 268

NAGu = Nitroaminoguanidin (USA)

Napalm 186

Naphtit = Trinitronaphthalin 314

NATO advisory group for aeronautical research and development → AGARD 10

Natriumazid 50

Natriumbikarbonat 294

Natriumchlorat **186**, 231

Natriumchlorid 294, 342

Natriumnitrat = Natronsalpeter **186**

Natriumperchlorat 187

Noburex = Handelsname für einen gewerblichen Sprengstoff (Frankreich)

Nonel = Handelsname für ein „non electric“-Zündsystem (Schweden) 209

Normalgasvolumen; Normalvolumen **210**, 275, 280

Normalkorn → Schwarzpulver 242

Norm-Brennkammer 56

Novit = Mischung von Hexanitrodiphenylamin, TNT und Aluminium (Schweden)

nozzle 109

NQ → Nitroguanidin 200

NS = Nitrostärke (USA) 208

NSP = Treibstoffkombination aus Schwarzpulver und rauchlosem Pulver (BRD)

NSug = Nitrozucker (USA) 209

NTNT = AN/TNT 80/20
NT = TNT/AN 30/70
N2N = AN/SN/TNT 50/30/20 (Frankreich)

Nudelpulver → Schießpulver 232

Nukleare Sprengsätze 210

NX = AN/Trinitroxylol (Frankreich)

O

Oberflächenbehandlung 172, 193, **210**, 232

Oberflächenhärtung 178

Octogen = Homocyclonite = HMX = Oktogen 211

Octol 211

Octyl = Bitetryl = N,N'-Dinitro-N,N'-bis(2,4,6-trinitrophenyl)-äthylendiamin (GB)

Ohmmeter 350

Oktogen 30, 123, 157, **211**, 294

onayaku = Mischung von Pikrinsäure und Dinitronaphthalin (Japan)

onde de choc; onde de détonation 72

ONERA heißt „Office Nationale d'Etudes et de Recherches“ in Paris

optischer Chronograph 82

Optolene = flüssiger Raketenbrennstoff aus Vinyläthyläther, Anilin, Teer, Benzol und Xylol

oshokuyaku = Pikrinsäure-Preßkörper (Japan)

ouvreuses explosives de percée = Abstichladungen 3

Ox = Carboran-Fluorcarbon-Kopolymer (USA)

oxidizer 230

oxygen balance 230

Oxyliquit 131

Oxypikrinsäure = Trinitroresorcin 317

Oxytetryl = Trinitromethylnitraminophenol

P

P 1 = Methylenglykoldinitrat

P 2 = Methylendioxydimethanol-dinitrat (USA)

P; PA; PAC; PAW; PCI; PI; PII; PIII; P IV
→ Kennzeichnung 168

P (salt) = Piperazindinitrat (USA)

P. A. = Pikrinsäure (Frankreich)

PA-Sprengstoffe 15, 168

PAC-Sprengstoffe 13, 21, 45, 120, 132, 139, 162, 168, **213**, 225, 257

PAN = Sprengstoff aus Nitropenta, Pentaerythrittetraacetat und AN

PANA = gleiche Mischung plus Aluminium (Italien)

Panklastit 131

Panzerfaust 43

parallelconnection;
Parallelsprengen;
Parallelschaltung 59, 214

Parazol = Dinitrochlorbenzol (USA) 94

partielle Explosionswärme 126, 286

Patrone 214

Patronendichte 214

PBAA = Polybutadienacrylsäure

PBAN = Polybutadien-Acrylsäure-Acrylnitril

PBTC = Polybutadien mit Carboxyl-Endgruppen (USA)

PB-RDX = 90% RDX, 8.5% Polystyrol und 1.5% Dioctylphthalat (USA)

PBX = „plastic bonded explosive“ (USA)

PCX = 3,5-Dinitro-3,5-diazopiperidinnitrat (USA)

PDNA = Propylendinitramin (USA)

PE 1; 3A = plastifiziertes Hexogen (USA)

pellet powder 215

PE-Wolle = Nitrocellulose (niedrig. % N) (BRD)

PEG = Polyäthylenglycol (USA)

pelletol = freirieselndes TNT-Granulat (USA)

Pellite = Handelsname für ein ANFO blasting agent (USA)

Pelonit D = Handelsname für einen pulverförmigen Sprengstoff (Österreich)

Pendel; pendulum test
→ ballistischer Mörser 39

Penta; Pentaerythrittetranitrat; pentaerythrol tetranitrate; Pentaryth → Nitropenta 206

Pentaerythrit 206, 216

Pentaerythrittrinitrat; pentaerythrol trinitrate 215

Pentastit 216

Pentolite 216

Pentrit; Pentryl
→ Nitropenta 206

PENTRO = Mischung von Nitropenta, TNT und Paraffin 49/49/2 (Schweiz)

Pentryl = Trinitrophenylnitramin-äthylnitrat 315

PEP-2; PEP-3; PIPE = Mischungen von Nitropenta mit Gulf Crown Oil (USA)

Perchlorat-Sprengstoffe; perchlorate explosives 217

Perchlorat-Treibmittel
→ Verbundtreibsätze 328

perchlorate d'ammonium 17

perchlorate de barium 43

perchlorate de guanidine 142

perchlorate d'hydrazine 161

perchlorate de lithium 175

perchlorate de potassium 166

perchlorate de sodium 187

percussion cap 25

Perforation von Bohrlöchern 217

perle d'allumage 352

Perlit → Pikrinsäure 219

permissibles; permitted explosives
→ Wetter-Sprengstoffe 341

Peroxide, organische 217

peroxyde de tricycloacétone 3

Perspex = Acrylsäuremethylesterpolymer (= Plexiglas; Lucite) (USA)

Pertite = Pikrinsäure (Italien) 219

pétardage = Auflegerladung 34

- PETN = Nitropenta 206
- PETRIN = Pentaerythritrinitrat 215
- Petrogel = Handelsname für einen gelatinösen Spezialsprengstoff für seismische Messungen (USA)
- Petroleum jelly = Vaseline 217
- Petron A = Handelsname für ein blasting agent für seismische Messungen (USA)
- PETS = Pentaerythrittetrestearat
- PGTN = Pentaglycerintrinitrat
- pH-Messung nach Hansen → Hansen-Test 143
- PH-Salz = Äthylendiamindinitrat 6
- phlegmatisieren; to phlegmatize 218
- phthalate diamylique 88
- phthalate dibutylique 89
- Phthalsäuredibutylester 89
- Picramid; picramide → Trinitroanilin 308
- picramin acid 218
- picrate d'ammonium 19
- picrate de guanidine 142
- Picratol 218
- picric acid 219
- Picrinita = Pikrinsäure (spanisch) 219
- picrite = Nitroguanidin 200
- Picrylchlorid = Trinitrochlorbenzol 312
- Picrylsulfid 152
- Picurinsan = Pikrinsäure (Japan) 219
- Piezoquarz 240
- Pikramid = Trinitroanilin 308
- Pikraminsäure 218
- Pikrate 123, 220
- Pikrinsäure 30, 53, 119, 123, 219, 229, 231, 237, 295
- Pikrinsäureäthyläther = Trinitrophenetol 315
- Pikrinsäuremethyläther = Trinitroanisol 308
- Pirosilinovyve porokha = Nitrocellulosepulver (russisch)
- Piroksilins N° 1 = Nitrocellulose 12 - 13% N; N° 2 = > 13% N (russisch)
- plane charge → Flachladung (Hohlladung) 158
- plane wave generators = Ladungen zur Erzeugung ebener Detonationsfronten
- Plastex = Handelsname für einen plastischen Nitropenta-Sprengstoff (Schweiz)
- plastic bonded explosives 66, 173, 215
- plastic explosives → P. E. 66, 215
- Plastifizierungsmittel 66
- plastische Sprengstoffe 66, 215
- Plastisol = Raketen-Festtreibstoff aus Ammoniumperchlorat, PVC und Plastifizierungsmitteln
- Plateau-Abbrand 1
- Plattieren → Metallbearbeitung durch Sprengstoffe 178
- Plumbatol = $Pb(NO_3)_2/TNT$ 70/30 (USA)
- PLX = „Picatinny liquid explosive“ = 95% Nitromethan und 5% Äthylendiamin (USA)
- PMA; PMMA = Acrylsäure methylesterpolymer (Plexiglas, Lucite, Perspex)
- PN = „poudre noir“ = Schwarzpulver
- PNA = Pentanitroanilin (USA)

- PNDPhEtI = Pentanitrodiphenyläthanol (USA)
- PNDPhEth = Pentanitrodiphenyläther (USA)
- PNDPhSfo = Pentanitrodiphenylsulfon (USA)
- Polar Ajax = Handelsname für einen gelatinösen Wettersprengstoff (GB)
- POL-Pulver = double base Pulver „ohne Lösemittel“
- Polyacetylen → Carben 62
- Polybutadien-Acrylsäure; -Acrylsäure-Acrylnitril; Polybutadien mit Carboxylendgruppen 173, 326
- Polypropylenglykol 303
- Polysulfide 173, 326
- Polytropenexponent 76
- Polyurethan 173, 303, 326
- Polyvinylalkohol 222
- Polyvinylnitrat; polyvinyle nitrate 30, 222, 295
- poröse Pulver 222
- poröse Ammonsalpeterprills 21, 213
- Positivliste → Sprengstoffgesetzgebung; explosionsgefährlicher Stoff 122-124, 257
- potassium bitartrate 185
- potassium chlorate 164
- potassium chloride = Kaliumchlorid
- potassium nitrate 165
- potassium perchlorate 166
- potassium permanganate 329
- potassium sulfate 185
- poudre à double base 197, 221
- poudre à simple base 192
- poudre B 223
- poudres composites 326
- poudre noire 241
- poudre noire au nitrate de soude 255
- poudre progressive 192, 223
- poudre sphérique 172
- poudres composites 326
- Pourvex = Handelsname für einen Slurry (USA)
- poussée 239
- poussière 153
- powder 232
- powder explosives 225
- PPG = Polypropylenglycol (USA)
- Prallplatte → Kantenmörser 345
- Pressen von Sprengstoffen; press molding 223
- Pressen von Treibsätzen 223
- pression de gaz 133
- Preß-Gieß-Verfahren 174
- pressure exponent 1, 37
- Prillit 1 B = Handelsname für ein ANFO blasting agent (Schweden)
- Prills → Ammonsalpeter 20
- Primärladung → Sprengkapseln 252
- Primärsprengstoffe; primary explosives 162
- primer 55
- primitive mass 225
- produits de détonation 240
- Progressiv-Pulver 223
- progressiver Abbrand; progressive burning 210, 223
- projectil impact sensitivity 45
- projektilbildende Ladung → Hohlladung 158
- propellant 232, 304

propellant casting 140
 Propergole; propergols 223
 propulseur 226
 Propylenglykoldinitrat;
 propylenglycol dinitrate 123,
 224
 Propylnitrat;
 Isopropylnitrat 123, 224
 protection contre les courants va-
 gabonds 260
 Protivotankovaya roochnaya zazhi-
 gatel'naya granata = Molotow
 cocktail (Chlorat-Brennstoffge-
 misch; Zündung mit konz. H₂SO₄)
 Prüfmethode → BAM-
 Prüfmethode 229, 236, 273
 PS bezeichnet Polysulfide in Treib-
 sätzen (war auch Kurzbezeich-
 nung für Pikrinsäure)
 PT₁; PT₂ → Kennzeichnung 168
 PTX-1 = Picatinny ternary explosi-
 ve = RDX/Tetryl/TNT 30/50/20
 PTX-2 = RDX/PETN/TNT
 44/28/28
 PTX-3 = Mischung von Äthylendi-
 nitramin (EDNA) Tetryl und TNT
 PTX-4 = Mischung von EDNA,
 Nitropenta und TNT (USA)
 PU bezeichnet Polyurethan
 in Treibstoffen
 Pulver → Schießpulver 232
 Pulverförmige Sprengstoffe 225
 Pulver-Lebhaftigkeit 1, 37
 Pulver ohne Lösemittel
 → POL-Pulver 221
 Pulverrohmasse 225
 Pulversprengmittel
 → Schwarzpulver 242
 Pulverzündschnüre → Schwarz-
 pulverzündschnüre 243
 PVN = Polyvinylnitrat 222
 Pyrocore = Sprengschnur für
 Raketenzündung
 Pyronite = Tetryl 270
 Pyropowder = Nitrocellulose-
 Pulver (GB)
 Pyroschliff
 → Aluminiumpulver 12
 Pyrotechnik → Feuerwerk 130
 pyrotechnical compositions 130
Q
 quality requirements for industrial
 and military explosives 32
 QDX = SEX = 1-Acetyloctahydro-
 3,5,7-trinitro-1,3,5,7-tetrazocin
 (USA)
 Quecksilberfulminat
 → Knallquecksilber 170
 Quellgießverfahren 140
 Quellmittel 12, 143
 Querschnittsverhältnis 226
 Quervernetzung 256
 quickness 37
R
 R → Kennzeichnung 168
 R-Salz = Cyclotrimethylentrinitros-
 amin 69
 Radikale → freie Radikale 132
 Rakete;
 Raketenmotor 226
 Raketenprüfstand 226
 Raketentreibmittel 5, 17, 21, 30,
 49, 91, 112, 128, 132, 140, 160, 183,
 197, 222, 223, 326
 Ramjet = Luft-atmendendes Raketen-
 triebwerk
 rapport d'expansion 226
 RATO = „rocket assisted take off“
 rauchloses; rauchschwaches Pul-
 ver 232

Rayleigh-Gerade 77
 RDX → Hexogen 155
 RDX Polar PE = Hexogen, plastifi-
 ziert mit 12% Gulf 300 process oil
 und Lecithin
 RDX/Kel-F 90/10 = Hexogen,
 phlegmatisiert mit 10% Chlortri-
 fluoräthylen-Polymer
 RDX class A–H = Hexogen in
 verschiedenen Auswahlkörnun-
 gen
 RDX type A = Hexogen aus dem
 HNO₃-Nitrierverfahren
 RDX type B = Hexogen aus dem
 Bachmann-Prozeß (→ S. 156); es
 enthält 3–12% → Oktogen
 (USA)
 reactivity test 325
 Red Cross „Extra“ = Handelsna-
 me für einen halbgelatinösen
 Sprengstoff (USA)
 Red HA; HB usw. = Handelsnamen
 für pulverförmige Wetterspreng-
 stoffe (USA)
 Red Diamond = Handelsname für
 ein → ditching dynamite
 Règlement International concer-
 nant le Transport des Marchand-
 ises Dangereuses → RID 229
 Reibapparat der BAM
 → BAM-Prüfmethode 229
 Reibempfindlichkeit 229
 relais 55, 328
 relative weight strength 40
 Reolit; Reomex = Handelsname
 für slurry-Sprengstoffe (Schwe-
 den)
 résistance à l'eau 334
 Resonanz → erosiver Abbrand
 114
 resserrement („Klemmung“) 170
 RF-208 = organische Phosphor-
 verbindung zum Hypergolisieren
 von Raketenbrennstoffen
 RFG = „rifle fine grain powder“
 RFNA = „red fuming nitric acid“
 (GB)
 RG → Kennzeichnung 168
 Richtlinien der Berufsgenossen-
 schaft der Chemischen Industrie
 (→ auch: Unfallverhütungsvor-
 schriften) 71, 359
 RID = Règlement International
 concernant le transport des mar-
 chandises dangereuses 229
 RIPE = Hexogen, plastifiziert mit
 15% Gulf Crown Oil (USA)
 Roburit → Wetter-Roburit 339
 Roche Cellulose Plastique = Han-
 delsname für einen gelatinösen
 Sprengstoff (Frankreich)
 rocket;
 rocket motor;
 rocket test stand 226
 Röhrchenpulver; Röhrenpulver
 → Schießpulver 232
 Rohmasse → Pulverrohmasse
 225
 Rohrlebensdauer 233
 roquette 226
 roquette à propergol liquide 132
 roquette à propergol solide 128
 Round Robin-Test 229
 Rossite = Guanyl Nitroharnstoff
 (USA)
 RP-1 = Kerosen-Type als Raketen-
 brennstoff (USA)
 rubberlike propellant = Polysulfid-,
 Polyurethan oder Plastisol-
 basierter → Verbundtreibstoff
 russische Methode
 → Nitrocellulose 190

- Russkii Koktel = „russischer Cocktail“ = KClO_3 und Nitrotoluol in Glasbehältern; Zündung durch konz. H_2SO_4
- Russkii Spalv = Mischung von Pikrinsäure und Dinitronaphthalin (russisch)
- RX-05-AA = Hexogen/Polystyrol/Dioctylphthalat 90/8/2
- RX-09-AA = Oktogen/Dinitropropylacrylat/Äthyl-dinitropentanonat 93,7/5,7/0,6
- RX-04-AV = Oktogen/Polyäthylen 92/8
- RX-04-BY = Oktogen/ → FNR 86/14
- RZ-04-AT = Oktogen/ → Ox 88/12
- RZ-04-PI = Oktogen/Viton 80/20 (USA)
- S**
- SA → Kennzeichnung 168
- safety explosives
→ Wettersprengstoffe 341
- safety fuses 243
- Saint-Venant-Formel
→ Ausströmgeschwindigkeit 36
- SAK → Kennzeichnung 168
- Salit → Wetter-Salit 340
- Salpeter; salpêtre, saltpeter = Kaliumnitrat 165
- Salpetersäure 131, 132, 230
- Salpetersäureester 30
- Salzpaar-Wettersprengstoffe 342
- Sand-Test 230
- Sanshokitoruoru = TNT (Japan)
- Sauerstoffbilanz, Sauerstoffwert 230
- Sauerstoffträger 230
- Sauerstoffüberschuß;
Sauerstoffunterschuß 277
- sautage à grand trou 141
- sautage par grands fourneaux de mines 167
- SBA = „slurry blasting agent“ (USA)
- schiebende Wirkung 12
- Schießbaumwolle → Nitrocellulose 186
- Schießpulver 232
- Schießpulverzusätze 10, 11, 49, 61, 63, 64, 88, 89, 103, 106, 217, 232, 258
- Schießschalter → Zündschalter 352
- „Schießwollen“ = Torpedo-Ladungen 12, 13, 147, **234**
- Schlagempfindlichkeit 236
- Schlagpatrone 350
- Schlagwetter;
Schlagwettersicherheit 341
- schlagwettersicherer Zünder 59
- Schmelzwärme fester
Schwadenbestandteile 279
- Schneckenpressen 238
- Schneiderite 100
- Schneidladungen 238
- schonendes Sprengen 239
- Schub
- Schubmessung 240
- Schutzwall 240
- Schwaden 240
- Schwadenbeurteilung 241
- Schwadenvolumen
→ Normalvolumen 210
- Schwadenzusammensetzung 276

- Schwarzpulver 113, 119, 130, 165, 173, 177, **241**, 255, 335
- Schwarzpulverzündschnüre 243
- Schwefel 244
- screw extruder 238
- SD = → POL-Pulver (Frankreich)
- SDMH = Symmetrisches Dimethylhydrazin (USA)
- SE = „slurry explosive“ (USA)
- secondary explosives 246
- Securit → Wetter-Securit 341
- sécurité à l'impact de projectiles 45
- Sedimentations-Gießverfahren 174
- Seismex; Seismex Primer = Handelsnamen für pulverförmige Sprengstoffe in kuppelbaren druckfesten Dosen für seismische Sprengungen (USA)
- seismische Sprengstoffe 244
- Seismo-Gelit 245
- Sekundärladung → Sprengkapseln 252
- Sekundär-Sprengstoff 246
- selektive Detonation 81
- semigelatin dynamite 246
- Sensibilisierung 113
- Sensibilität → Empfindlichkeit; 113
Reibungsempfindlichkeit;
Schlagempfindlichkeit; thermische Sensibilität 229, 236, 273
- sensibilité à la chauffe externe 273
- sensibilité à l'impact 236
- sensibilité au frottement 229
- sensibility; sensitivity 113
- S. G. P. bezeichnet Wettersprengstoff in Belgien
- shaped charge → Hohlladung 157
- sheathed explosives 346
- shelf life (storage life) 258
- Shellite waren Gemische aus Pikrinsäure und Dinitrophenol
- Shimose = Pikrinsäure 219
- shock pass heat filter 84
- shock wave 72
- Shoeyaku = Nitropenta 206
- Shotoyaku = AN/TNT 50/50
- Shouyaku-koshitsu = plastifiziertes Hexogen (Japan)
- SH-Verfahren → Hexogen 156
- Sicherheitszündschnüre
→ Schwarzpulverzündschnüre 243
- Silberacetylid → Silbercarbhid 247
- Silberazid 246
- Silberfulminat 247
- silver azide 246
- silver carbide 247
- silvered vessel test 248
- silver fulminate 247
- single base powder
→ Nitrocellulose-Pulver 192
- Sinoxid-Sätze 248
- Sixelite; Sixonite 264
- SK → Kennzeichnung 168
- Slagbjønn Dynamit = Handelsname für einen pulverförmigen Sprengstoff (Norwegen)
- slotted mortar = Schlitzmörser 345
- slurries → Sprengschlamm 255
- smooth blasting = Schonendes Sprengen 239
- SN = Natriumnitrat 186

Sodatol 248
sodium chlorate 186
sodium chloride 341
sodium nitrate 186
sodium perchlorate 187
Sofranex = Handelsname für einen gelatinösen Sprengstoff (Frankreich)
solid propellant rockets 128
Sorgyl = Tetranitroglycoluril (Frankreich) 93
Spaltzünder 249
Span = Sorbitanmonooleat
spark detonator 249
specific energy 249
specific impulse 250
spezifische Energie, spezifischer Druck
→ spezifische Energie 249
spezifisches Gasvolumen 210
spezifischer Impuls 250
spinner = drallstabilisierte Rakete
Spränggummi = Handelsname für Sprenggelatine (Norwegen)
Sprachenschlüssel → Buchanfang
Sprengel-Sprengstoffe 251
sprengen heißer Massen 3
Sprenggelatine 252
Sprengkapseln 50, 55, 120, 162, 168, 206, **252**, 253, 270, 352
Sprengkraft → Arbeitsvermögen; Bleiblockausbauchung; Brisanz 27, 51, 57
Sprengkulturverfahren 253
Sprenglanze 3
Sprengluft-Verfahren 131
Sprengmittel 43, 45, 120, 167, **253**
Sprengniete 120, 254
Sprengöl 23, 195, 254
Sprengpulver 120, 242, 255
Sprengsalpeter 255
Sprengschlamm 12, 23, 120, 131, 139, 143, 179, 253, **255**
Sprengschnur 70, 120, 141, 167, 253, **256**, 352
Sprengstoff-Befähigungsschein 45, 257
Sprengstoff-Gesetz 134, 167, **257**, 322, 327, 359
Sprengstoff-Ladegeräte 254
Sprengstoffe, gewerbliche
→ gewerbliche Sprengstoffe 139
Sprengstoffe, plastische
→ plastische Sprengstoffe 221
Sprengstoff-Folien → kunststoffgebundene Spr. 173
Sprengstoff-Lager-Verordnung 322
Sprengstoff-Prüf-Strecken 343
Sprengstoffvorschrift 46a 2, 71, 137, 359
Sprengverfahren 33, 34, 62, 131, 133, 167, 182, 209, 210, 239, 253, 303
Sprengzubehör 45, 168, 253
Sprengzünder 59, 252, 352
Springmörser 28
SS → Kennzeichnung 168
stabile Detonation 78
Stabilisatoren; stabilisateurs; stabilizer 10, 11, 63, 64, 106, 107, 192, 211, 217, 232, **258**
Stabilität; stabilité; stability 2, 44, 113, 143, 211, 217, 232, 248, **258**, 263, 329
Stachel → Hohlladung 158
Stahlhülsenverfahren 273

Stärkenitrat 208
standard combustion chamber 56
Standardization of tests: International Study Group for the Standardization of the Methods of Testing Explosives
Sekretär: Dr. Per-Anders Persson, Swedish Detonic Research Foundation, Box 32058, S 12611 Stockholm, Schweden
Startladung; Startrakete, Startschub → Booster 55
Startex = Handelsname für einen Slurry (Schweden)
Stauchapparat nach Kast; Stauchprobe; Stauchkörper
→ Brisanz 58
stemming 44
Stickstofftetroxid 230
stickstoffwasserstoffsäures Ammonium → Ammoniumazid 16
Stirnabbrand 259
Stoppinen 259
Stoßgriffmaschinen
→ Zündmaschinen 351
Stoßtränkungs-Sprengen → Tränkungs-sprengen 303
Stoßwelle 72
straight dynamites 111
straight gelatin dynamites 111
strands 67
stray current protection 260
Streifenpulver → Schießpulver 232
strength 27
Streustromsicherheit 260
Strontiumazid 229
Strontiumnitrat; strontium nitrate 260
styphnic acid; Styphninsäure 317
Sublimationswärme von festen Schwadenbestandteilen 296
Subsidol = konz. H₂O₂
sulfur 244
Super No. 2 – 4 usw. = Handelsnamen für pulverförmige Wetter-sprengstoffe (USA)
Surveillance Teste 258
SV → Kennzeichnung 168
sympathetic detonation 82
T
T → Kennzeichnung 168
T 4 = Hexogen 155 (Italien)
T-Stoff = konz. H₂O₂ (BRD)
TA = Triacetin
Tacot 262
TAGN = Triaminoguanidinnitrat 304
Taliani-Test 263
Tanoyaku = Mischungen von Hexogen, TNT und Tetryl (Japan)
TAX = Acetylhexahydrodinitrotriazin (USA)
TATNB = Triaminotrinitrobenzol (USA)
TDI = Toluylendiisocyanat
TEGMN = Triäthylenglycolmononitrat (USA)
TEGN = Triglykoldinitrat 305
Telsit = Handelsname für einen gelatinösen Sprengstoff (Schweiz)
température de détonation 78, 280
température d'explosion 124, 280
température d'inflammation 328
Temperaturkoeffizient 2
Temperatursprung → hydrodynamische Theorie 73

temperatur-unempfindliche Sprengstoffe 138, 149, 233, 269

TEN = Nitropenta (russisch) 206

TeNA = Tetranitroanilin (USA) 265

TeNAns = Tetranitroanisol (USA)

TeNAzxB = Tetranitroazoxybenzol (USA)

TeNB = Tetranitrobenzol (USA)

TeNBPh = Tetranitrodiphenylamin (USA)

TeNBu = Tetranitrobutan (USA)

TeNCB = Tetranitrochlorbenzol (USA)

TeNCbl = Tetranitrocarbanilid (USA)

TeNCbz = Tetranitrocarbazol (USA) 265

TeNDG = Tetranitrodiglycerin (USA) 266

TeNDMBDNA = Tetranitrodimethylbenzidindinitramin (USA)

TeNDPhEtA = Tetranitrodiphenyläthan (USA)

TeNDPhEtla = Tetranitrodiphenyläthanolamin (USA)

TeNHZB = Tetranitrohydrazobenzol (USA)

TeNMA = Tetranitromethylanilin (Tetryl) (USA) 270

TeNME = Tetranitromethan (USA) 267

TeNN = Tetranitronaphthalin (USA) 268

TeNOx = Tetranitrooxanilid (USA)

TeNPhMNA = Tetranitrophenylmethylnitramin (USA)

TeNT = Tetranitrotoluol (USA)

TeNTMB = 3,5,3',5'-Tetranitro-4,4'-tetramethyldiaminobiphenyl (USA)

TePhUr = Tetraphenylharnstoff (USA)

Territ = plastischer Sprengstoff aus Nitroglycerin, Ammoniumperchlorat, DNT, TNT, Natronsalpeter und Nitrocellulose (Schweden)

test gallery 343

Tetra; Tetralit; Tetralita = Tetryl 270

Tetramethylammoniumnitrat; tetramethylammonium nitrate 263

Tetramethylentetranitramin → Oktogen 211

Tetramethylolcyclo-hexanoltetranitrat; -hexanolpentanitrat; -hexanontetranitrat; -pentanol-tetranitrat; -pentanolpentanitrat; pentanontetranitrat 123, **264**

tétranitrate de diglycérine 266

tétranitrate de érythrol 193

tétranitrate de pentaérythrol 206

tétranitrate de tétraméthylol-pentanone 264

Tetranitroacridon 123

Tetranitroäthylanilin = Äthyltetryl 9

Tetranitroanilin; tétranitroaniline 123, **265**

Tetranitrocarbazol; tétranitrocarbazol 265

Tetranitrodibenzotétrazapentalen; tétranitrodibenzotétrazapentalène → Tacot 233

Tetranitrodiglycerin 266

Tetranitroerythrit 193

Tetranitromethan; tétranitrométhane 131, **267**, 295

Tetranitromethylanilin = Tetryl 270

Tetranitronaphthalin; tétranitronaphthalène 123, **268**

Tetrasin = Tetrazen (russisch) 269

Tetratetryl = Tetra-(trinitrophenyl-nitraminoäthyl)methan (USA)

Tetrazen; tétrazène 30, 55, 123, 162, 229, 237, 248, **269**

Tetrazolyl-guanyl-Tetrazen-Hydrat = Tetrazen

Tetryl = Tetryl (russisch) 270

Tetritol-Cyclonite = Tetryl/TNT/RDX 11.7/16.4/71.9 (russisch)

Tetroxyl = Trinitrophenylmethoxy-nitramin (USA)

Tetryl; tétryl 53, 123, 221, 231, 237, 252, **270**, 273, 295

Tetrytol 271

TG → Kennzeichnung 168

TFENA = Trifluoräthylnitramin (USA)

TG = Thermogravimetrie 274

TG = Trotil-Gheksogen = TNT/RDX-Mischungen (russisch)

théorie hydrodynamique de la détonation 72

thermic differential analysis 274

thermische Sensibilität 113, 121, **271**

Thermit 274

thermodynamische Berechnung der Umsetzung von Explosivstoffen 125, 210, 240, 249, **275**

thermohydrodynamic theory of detonation 72

thermogravimetrische Analyse; TGA; Thermowaage; TG 274

Thional = Pentanitrodiphenylsulfon (USA)

thrust 239

tir d'impregnation 303

tir à microretard 182

tir sou pression d'eau 323

TLP = Treibladungspulver; weitere Buchstaben bezeichnen: A: Nitrocellulose-Pulver; D: DNT enthaltend; F: Nitroglycerin-Pulver; G: Diglykoldinitrat-Pulver; K: Kugel-Pulver; N – P: dreibasige Pulver; V – W: poröse Pulver (BRD)

TMEMT = Trimethyltrinitrosamin (USA) 69

TNA = Trinitroanilin 308

TNAmpH = Trinitroaminophenol (USA)

TNnd = Trinitroanilid (USA)

TNAns = Trinitroanisol (USA) 308

TNB = Trinitrobenzol 310

TNBA = Trinitrobenzaldehyd

TNBac = Trinitrobenzoesäure (USA) 309

TNBzN = Trinitrobenzoylnitrat

TNC = Tetranitrocarbazol 265

TNCB = Trinitrochlorbenzol (USA) 312

TNCrs = Trinitroresol (USA) 313

TNDCB = Trinitrodichlorbenzol (USA)

TNDMA = Trinitrodimethylanilin (USA)

TNDPhA = Trinitrodiphenylamin (USA)

TNEB = Trinitroäthylbenzol (USA)

TNEDV = Trinitroäthyl-dinitrovalerat (USA)

TNETB = 2,2,2-Trinitroäthyl-4,4,4-trinitrobutyrat (USA)

TNG = Trinitroglycerin (USA) 195

TNM = Tetranitromethan 267

TNMA = Trinitromethylanilin (USA)

TNMeL = Trinitromelamin (USA)

TNMes = Trinitromesitylen (USA)

TNN = Trinitronaphthalin (USA) 314

TNPE = PETN (spanisch) 206

TNO = Tetranitrooxanilid (USA)

TNPh = Trinitrophenol = Pikrinsäure (USA) 219

TNPhBuNA = Trinitrophenylbutylnitramin (USA)

TNPhDA = Trinitrophenylendiamin (USA)

TNPhENA = Trinitrophenyläthylnitramin (USA) 9

TNPhIGl = Trinitrophenylglucine (USA)

TNPhMNA = Trinitrophenylmethyl-nitramin (USA)

TNPhMNAPh = trinitrophenylmethylnitraminophenol (USA)

TNPht = Trinitrophenetol (USA) 315

TNR = Trinitroresorcin (USA) 317

TNRS = lead styphnate = Bleitri-nitroresorcinat (USA) 54

TNStl = Trinitrostilben (USA)

TNT = Trinitrotoluol 318
Weitere Seitenzahlen → Trinitro-toluol

TNTAB = Trinitrotriazidobenzol (USA)

TNTCIB = Trinitrochlorbenzol (USA) 312

TNTMNA = Trinitrotolylmethyl-nitramin (USA)

TNX = Trinitroxylol 313

TOFLOX = Lösung von Ozonfluorid in flüssigem Sauerstoff (USA)

Tolamite = Handelsname für einen gelatinösen Sprengstoff (Frank-reich)

Tolite }
Tolita } = Trinitrotoluol 318
Tolite }

Tolite/D = TNT, Erstarrungspunkt 80,6°C

Tolite/M = TNT, Erstarrungspunkt 78°C

Tolite/O = TNT, Erstarrungspunkt 79°C

Tolite/T = TNT, Erstarrungspunkt 80,1°C (Frankreich)

Toluylendiisocyanat 303

Tonka = deutscher Tarn-Name für eine flüssige Treibmittelkombi-nation aus Anilin, Dimethylanilin und Salpetersäure

Tonnenmörser → Arbeitsvermö- gen 29

Torpex 12, 303

Totalit = AN mit ca. 6% Paraffin (Schweiz)

Toval = Handelsname für einen gelatinösen,

Tovite = für einen pulverförmigen Sprengstoff,

Tovex = für einen Sprengschlamm (USA)

TPEON = Tripentaerythritoctani- trat (USA)

tracer ammunition → Leuchtsätze 174

Tränkungssprengen 303

transport par injection d'eau 113

Transport von Explosivstoffen 4, 114, 162, 229

Trauzl-Block → Bleiblockausbau- chung 53

Treibladung; Treibladungspulver → Schießpulver 232

Treibstoff 232, 304

Triacetonperoxid;
triacétoneperoxide 3

Trialene 12, 304

Triaminoguanidinnitrat;
triaminoguanidine nitrate 304

triazide cyanurique 68

Tribride = 3-Componenten-Treib- stoff, mit suspendiertem Metall- pulver (USA)

Tricinat = Bleitri-nitroresorcinat 54

Tricycloacetanperoxid
= Acetonperoxid 3

Triergol = Tribride

triethyleneglycol dinitrate;
Triglykoldinitrat 127, 130, 182, 233, **305**

Trilita;
Trilite = Trinitrotoluol 318

Trimethylaminnitrat;
trimethylamine nitrate 306

Trimethylenglykoldinitrat;
trimethyleneglycol dinitrate 307

Trimethylentrinitramin
= Hexogen 155

Trimethylentrinitrosamin **69**, 119

Trimethyloläthylmethantrinitrat
= Äthrioltrinitrat 5

Trimethyloläthyltrinitrat
= Metrioltrinitrat 181

trimethylol-ethylmethane trinitra- te 5

Trimethylolnitromethantrinitrat
= Nitroisobutylglycerin 202

Trimethylolpropantrinitrat
= Äthriol 5

Trinal = Trinitronaphthalin 314

Trinitranilin = Trinitroanilin 308

trinitrate de butantriol 60

trinitrate de glycérine 195

trinitrate de métriol 181

trinitrate de nitroisobutyleglycéri- ne 202

trinitrate de pentaérythrite 215

trinitrate de triméthyloléthyl- méthane 5

trinitrate de trimethylolméthyl- méthane 181

Trinitroäthylalkohol 194

Trinitroanilin 53, 123, **308**

Trinitroanisol 123, **308**

Trinitrobenzoesäure,
trinitrobenzoic acid 123, **309**, 311

Trinitrobenzol;
trinitrobenzène 123, 295, **310**

Trinitrochlorbenzol;
trinitrochlorobenzène 95, 123, 295, 311, **312**

Trinitrodioxybenzol
= Trinitroresorcin 317

Trinitroglycerin = Nitroglycerin 195

Trinitrokresol;
trinitrométacrésol 123, **313**
Metallsalze 123

trinitrométaxylène 313

Trinitromethan = Nitroform 194

Trinitro-m-Xylol;
trinitroxylene 123, **313**

Trinitronaphthalin;
trinitronaphthalène 123, **314**

Trinitrooxybenzol → Pikrinsäure 319

Trinitrophenetol;
trinitrophénétol 315

Trinitrophenol → Pikrinsäure 319
Metallsalze 123

Trinitrophenoxyäthylnitrat 317

Trinitrophenyl-
äthanolnitraminnitrat 315

- Trinitrophenyläthylnitramin
= Äthyl-Tetryl 9
- Trinitrophenylglycerinätherdinitrat
123, **316**
- Trinitrophenylglykoläthernitrat;
trinitrophenoxethylnitrate 123,
317
- Trinitrophenylmethyläther
= Trinitroanisol 308
- Trinitrophenylmethylnitramin
= Tetryl 270
- trinitrophenylnitramino-ethylnitrate
315
- Trinitroresorcin; trinitrorésorcino-
l 56, **317**
- trinitrorésorcinate de plomb 56
- Trinitrotoluol; trinitrotoluène 23,
30, 35, 40, 53, 66, 70, 72, 104, 112,
119, 123, 127, 139, 144, 147, 150,
154, 208, 228, 231, 234, 237, 248,
256, 273, 295, 303, 310, **318**, 321
- trinitroxyllène; Trinitroxylo 313
- Trinol = Trinitroanisol 308
- Triogen = Trimethylentrinitros-
amin (USA) 69
- triple base powder 233
- Trisol = Trinitroanisol 308
- Tritex = Handelsname für ein
pulverförmiges blasting agent
(USA)
- Tritol; Triton → Trinitrotoluol 318
- Tritonal 321
- Trioxogen 321
- Trizin → Trinitroresorcin 317
- Trizinat 56
- Trojamite = Handelsname für
einen pulverförmigen Spreng-
stoff (USA)
- Trojel = Handelsname für einen
Slurry (USA)
- Trommelkameraverfahren
→ ballistische Bombe 38
- Tropenpulver 61, 182
- Tropföl ist Trinitrotoluol-
Isomerenmischung
- Trotyl; Tutol = Trinitrotoluol 318
- Tunnel Gelatine = Handelsname
für einen gelatinösen Sprengstoff
(GB)
- tuyère 109
- U**
- U-Zünder → Brückenzünder 59
- UDMH = Dimethylhydrazin 91
- Übertragung → Detonationsüber-
tragung 82
- Übertragungsladung 55, 328
- Übertragungssprengstoffe
→ Wettersprengstoffe 340
- ummantelte Wettersprengstoffe
322
- Umrechnungstabellen
→ Buchende
- Umweltschutz 322
- Unfallverhütungsvorschriften der
Berufsgenossenschaft 71, 240,
322, 359
- Unigel = Handelsname für einen
Wettersprengstoff (GB) und Han-
delsname für einen halbgelatinö-
sen Sprengstoff (USA)
- Unigex; Unipruf = Handelsnamen
für Wettersprengstoffe (GB)
- underwater detonations; Unter-
wasserdetonationen 323
- Unterwasserprüfmethode 26
- Unterwassersprengstoffe 12,
234, 303, 304, 321, 323
- Unterwasserzünder 325
- urea nitrate 144
- Urethane → Stabilisatoren 258
- U.V.V. = Unfallverhütungsvor-
schriften 359

- V**
- Vakuum-Test 325
- Veltex = Mischung aus Oktogen,
Nitrocellulose, Nitroglycerin, Ni-
trodiphenylamin und Triacetin
(USA)
- Verbrennung 326
- Verbrennungsgeschwindigkeit
→ Abbrand 1
- Verbrennungswärme 326
- Verbundtreibsätze 326
- Verdämmen 44, 112
- Verdampfungswärme → thermo-
dynamische Berechnung der
Umsetzung von Explosivstof-
fen 296
- Vergleichspulver 37
- Vernichten 326
- Verpuffung; Verpuffungspunkt;
Verpuffungstemperatur 328
- Verstärkungsladungen 55, 328
- Versuchsstrecken 343
- Vertrieb → Bezug von Explosivstof-
fen 45
- Verzögerungssätze;
Verzögerungszünder 329
- vessel mortar = Tonnenmörser
28
- Viatra = Handelsname für eine
inerte Besatzpatrone (Schweiz)
- Vibrogel; Vibromite = Handelsna-
men für seismische Spezial-
sprengstoffe (USA)
- Vibrationstest 227
- Vieille-Test 329
- Viskosität von Nitrocellulose 190
- Visol; Visol -1; -4; -6 = Vinyläthyl-
äther und Mischungen mit Iso-
propylalcohol und Vinylbutyl-
äther; flüssiger Raketenbrenn-
stoff (BRD)
- Vistac N° 1 = Polybutan mit niedri-
gem Molekulargewicht (USA)
- vitesse de combustion 1
- vitesse de détonation 82
- vitesse en fin de combustion 57
- Viton A = Perfluorpropylen-
vinylidin-fluorid-Copolymer
(USA)
- volume of detonation gases 210,
280
- Volumex = Handelsname für einen
Spezialsprengstoff für → scho-
nendes Sprengen
- Vorkerben; Vorspalten
→ schonendes Sprengen 239
- VV = Vzryvchatoiye veschestvo =
Sprengstoff (russisch)
- W**
- W I; W II; W III → Kennzeich-
nung 168
- Warmlagerteste 330
- Wasacord 331
- WASAG-Collodiumwollen → tech-
nische Collodiumwollen 191
- Wasagel 332
- Wasagit → Wetter-Wasagit 349
- Wasamon 333
- Wasserbesatz 333
- Wasserfestigkeit 334
- Wassergas-Gleichgewicht 277,
302
- water driven injector transport
113
- water infusion blasting 303
- water resistance 334
- water resistant detonator 325
- water stemming 333
- web thickness 335
- Weichkornpulver → Schwarzpul-
ver 242

- Weichmacher 258
 weight strength 27, 40
 Wellenfront 72
 Wetter-Carbonit C 335
 Wetter-Devinit A 336
 Wetter-Energit B 337
 Wetter-Nobelit B 338
 Wetter-Roburit B 339
 Wetter-Salit A 340
 Wetter-Securit C 341
 Wettersprengstoffe 341
 Wetter-Wasagit B 349
 Wetter-Westfalit B 349
 WFNA; WFN = „weiße“ (nicht rote)
 rauchende HNO_3 (GB)
 WhC = white compound = 1,9-
 Dicarboxy 2,4,6,8-tetranitrophen-
 azin-N-oxid (USA)
 Würfel-Pulver → Schießpulver
 232
 W-Verfahren → Hexogen 156
- X**
- X-310 A = Zünder für „mild detona-
 ting fuse“ (USA)
 Xilit = Trinitroxytol (russisch)
 313
 Xyloidine = Nitrostärke 208
 Xytolite = Handelsname für einen
 halbgelatinösen Sprengstoff
 (Frankreich)
- Y**
- Yonkite = Handelsname für einen
 gewerblichen Sprengstoff (Bel-
 gien)
 Yuenyaku = Schwarzpulver (Ja-
 pan) 241
- Z**
- Z; ZA; ZEBA; ZEBHU; ZEBU
 → Kennzeichnung 168
 Z-Salz, Z-Stoff = KMnO_4 als
 Zerfallskatalysator für H_2O_2
 Zazhigateinaya = Molotow-Cock-
 tail
 Zeitzünder → Brückenzünder 59
 Zellstoff 190
 Zellulosenitrate = Nitrocellulose
 189
 ZEMA; ZEMHU; ZEMSA,
 ZEMSHU; ZEMSU; ZEMU
 → Kennzeichnung 169
 Zentralit → Centralit 63
 ZEPA; ZEPHU; ZEPU; ZEVA;
 ZEVHU; ZEVSA; ZEVSHU;
 ZEVSU; ZEZA; ZEZHU;
 ZEZU; ZI → Kennzeichnung
 169
 Zhirov = Mischungen von Tetryl
 mit Ammonium- oder Kalium-
 perchlorat (russisch)
 Zigarrenbrenner;
 Zigarettenabbrand 259
 ZLE; ZLG; ZLV; ZK; ZM; ZP
 → Kennzeichnung 168
 Zuckernitrate → Nitrozucker 209
 Zündblättchen → Amorces 24
 Zünder, chemische 8
 Zünder, elektrische
 → Brückenzünder 59
 Zündgang 59
 Zündhütchen → Anzündhütchen
 25
 Zündkabel 45
 Zündkreisprüfer 350
 Zündimpuls → Brückenzünder
 59
 Zündladungen 55
 Zündmaschinen 45, 254, 351
 Zündmittel 26, 45, 59, 120, 162,
 209, 243, 252, 253, 256, **352**
 Zündpille 352

- Zündschalter 352
 Zündschnur → Schwarzpulver-
 zündschnur 243
 Zündschnurpulver
 → Schwarzpulver 242
 Zündschraube 352
 Zündung 353
 Zündverzug 353
 ZV → Kennzeichnung 168
 zweibasige Pulver 109, 197, 221,
 232
 ZZB; ZZG; ZZT; ZZW
 → Kennzeichnung 168

scanned by *wantsomfet*
<http://kangaroo000.cjb.net/>
<http://internettrash.com/users/altreal/>

Sprachenschlüssel						
Bruttoformel	gross formula	formule brute		fórmula bruta	валовая формула	sumární vzorec
Molekulargewicht	molecular weight	poids moléculaire		peso molecular	молекулярный вес	molekulová váha
Bildungswärme	heat of formation	chaleur de formation		energía de formación	теплота образования	slučovací teplo
Sauerstoffwert	oxygen balance	bilan d'oxygène		balance de oxígeno	кислородный баланс	kyslíková bilance
Stickstoffgehalt	nitrogen percentage	taux d'azote		porcentaje de nitrógeno	содержание азота	obsah dusíku
Normalgasvolumen	volume of detonation gases	volume de gaz de détonation		volumen de gases de detonación	объем газообразных продуктов взрыва при нормальных условиях	objem plynných zplodin výbuchu za norm. podmínek
Explosionswärme	explosion heat	chaleur d'explosion (chaleur spécifique)		calor de explosión	теплота взрыва	výbuchové teplo
Spezifische Energie	specific energy	énergie spécifique		energía específica	удельная энергия	specifická energie
Dichte	density	densité		densidad	плотность	hustota
F.:	fusion point	point de fusion		punto de fusión	точка плавления	bod tání
Bleiblockausbauchung	lead block test	évasement du bloc de plomb		ensayo del bloque de plomo	расширение канала свинцового блока трауцля	vádat' v olověném bloku
Detonationsgeschwindigkeit	detonation rate	vitesse de détonation		velocidad de detonación	скорость детонации	det. rychlost
Verpuffungspunkt Entzündungs- temperatur	deflagration point	point de déflagration		punto de deflagración	температура вспышки	bod výbuchu
Schlag-Empfindlichkeit	impact sensitivity	sensibilité au choc		sensibilidad al choque	чувствительность к удару	citlivost k nárazu
Reib-Empfindlichkeit	friction sensitivity	sensibilité au frottement		sensibilidad a fricción	чувствительность к трению	citlivost k tření
Grenzdurchmesser Stahlhülisentest	critical diameter of steel sleeve test	diamètre critique dans l'essai en douille d'acier		diámetro crítico en el ensayo con vaina de acero	критический диаметр при испытании в стальных гильзах	Kritický průměr pro stanovení v ocelov. trub.

Druck = Kraft/Fläche		bar	kp/cm ²	Atm.	p. s. i.
bar = 10 Newton pro cm ² :	1 bar =	1	1,0197	0,98692	14,504
physikalische Norm-Atmosphäre:					
= 760 Torr = 760 mm Hg	1 Atm. =	1,01325	1,0332	1	14,696
technische Norm-Atmosphäre:	1 kp/cm ² =	0,98067	1	0,96784	14,223
Wassersäule:	10 m =	0,98064	0,99997	0,96781	14,223
pound per square inch:	1 p. s. i. oder lb/in ² =	6,8947 · 10 ⁻²	7,0307 · 10 ⁻²	6,8046 · 10 ⁻²	1
pound per square foot:	1 p. s. ft. oder lb/ft ² =	4,7880 · 10 ⁻⁴	4,8824 · 10 ⁻⁴	4,7254 · 10 ⁻⁴	6,9444 · 10 ⁻³

Energie = Kraft × Weglänge		kJ	kcal	m t	l atm	l bar
Joule = Meter-Newton:	1 J = 1 m N =	10 ⁻³	2,3884 · 10 ⁻⁴	1,0197 · 10 ⁻⁴	9,8687 · 10 ⁻³	10 ⁻²
Kilojoule:	1 kJ =	1	2,3884 · 10 ⁻¹	1,0197 · 10 ⁻¹	9,8687	10
Kilokalorie:	1 kcal =	4,1868	1	4,2694 · 10 ⁻¹	41,319	41,869
Meter-Tonne (1000 kp):	1 m t =	9,8067	2,3423	1	96,782	98,069
Liter-Atmosphäre:	1 l atm =	1,0133 · 10 ⁻¹	2,4202 · 10 ⁻²	1,0333 · 10 ⁻²	1	1,0133
Liter-Bar:	1 l bar =	10 ⁻¹	2,3885 · 10 ⁻²	1,0197 · 10 ⁻²	9,8687 · 10 ⁻¹	1
Kilowattstunde:	1 kWh =	3600	859,85	367,10	35 528	36 000
Pferdestärke:	1 PS h =	2647,8	632,42	270	26 131	26 478
Gasgleichungs-Energiewert	R · °K · Mol =	8,313 · 10 ⁻³	1,9858 · 10 ⁻³	8,478 · 10 ⁻⁴	8,204 · 10 ⁻²	8,313 · 10 ⁻²
British Thermal Unit	1 BTU =	1,055	2,520 · 10 ⁻¹	1,076 · 10 ⁻¹	10,41	10,55

Spezifischer Impuls		$\frac{\text{kp s}}{\text{kp}} = \text{s}$	$\frac{\text{kp s}}{\text{kg}}$	$\frac{\text{N s}}{\text{kg}} = \frac{\text{m}}{\text{s}}$
$\frac{\text{kp s}}{\text{kp}} = \frac{\text{lb (wt) s}}{\text{lb (wt)}} = \text{s}$		1	1	9,8067
$\frac{\text{kp s}}{\text{kg}} = \frac{\text{lb (wt) s}}{\text{lb}}$		1	1	9,8067
$\frac{\text{N s}}{\text{kg}} = \frac{\text{m}}{\text{s}}$		1,0197 · 10 ⁻¹	1,0197 · 10 ⁻¹	1

Masse		kg	g	oz.	lb.
Kilogramm:	1 kg =	1	1000	35,274	2,2046
grain:	1 gr. =	$6,4799 \cdot 10^{-6}$	$6,4799 \cdot 10^{-3}$	$2,2857 \cdot 10^{-4}$	$1,4286 \cdot 10^{-5}$
ounce:	1 oz. =	$2,8350 \cdot 10^{-2}$	28,350	1	$6,25 \cdot 10^{-2}$
pound:	1 lb. =	$4,5359 \cdot 10^{-1}$	453,59	16	1
short ton:	1 sh. t. =	907,18			
metrische Tonne:	1 t =	1000 = 1,1023 sh. t.			

Länge		m	in.	ft.	yd.
Meter:	1 m =	1	39,370	3,2808	1,0936
inch:	1 in. =	$2,54 \cdot 10^{-2}$	1	$8,3333 \cdot 10^{-2}$	$2,7778 \cdot 10^{-2}$
foot:	1 ft. =	$3,048 \cdot 10^{-1}$	12"	1	$3,3333 \cdot 10^{-1}$
yard:	1 yd. =	$9,144 \cdot 10^{-1}$	36"	3	1
mile:	1 mi. =	1609,3	63 360	5280	1760

Fläche		m ²	cm ²	in. ² ; s. i.	ft. ² ; s. ft.
Quadratmeter:	1 m ² =	1	10 000	1550,0	10,764
square inch:	1 in. ² =	$6,4516 \cdot 10^{-4}$	6,4516	1	$6,9444 \cdot 10^{-3}$
square foot:	1 ft. ² =	$9,2903 \cdot 10^{-2}$	929,03	144	1
acre:	1 A. =	4046,9 \approx 0,4 ha			

Volumen:			l	gal
Liter:	1 l =		1	$2,2007 \cdot 10^{-1}$
Milliliter:	1 ml =		10^{-3}	$2,2007 \cdot 10^{-4}$
Kubikzentimeter:	1 cm ³ =		"	"
cubic inch:	1 in ³ =		$1,6387 \cdot 10^{-2}$	$3,6063 \cdot 10^{-3}$
fluid ounce:	1 oz fl =		$2,8413 \cdot 10^{-2}$	$6,2528 \cdot 10^{-3}$
liquid pint:	1 pt =		$5,68 \cdot 10^{-1}$	$1,25 \cdot 10^{-1}$
liquid quart:	1 qt = 2 pt =		1,136	$2,5 \cdot 10^{-1}$
gallon:	1 gal = qt =		4,544	1
cubic foot:	1 ft ³ =		28,317	6,2317
dry barrel:	1 bbl dry =		115,63	25,447

Kraft; Gewicht = Masse \times Beschleunigung		N	kp	lb (wt)
Newton = 10 ⁵ Dyn	1 N =	1	$1,0197 \cdot 10^{-1}$	$2,2409 \cdot 10^{-1}$
Kilopond	1 kp =	9,8067	1	2,2046
pound weight:	1 lb (wt) =	4,4482	$4,5359 \cdot 10^{-1}$	1