

Auf einem Pulverfass sitzen

Fabrikation, Transport, Verwendung und Lagerung von Pulver in Festungen des 18. und 19. Jahrhunderts

Festungskolloquium Saarlouis 23.10.2021

Klöffler, Martin: Auf einem Pulverfass sitzen. Fabrikation, Transport, Verwendung und Lagerung von Pulver in Festungen des 18. und 19. Jahrhunderts, in: Loew, Benedikt; Thewes, Guy; Klauck, Hans Peter (Hrsg.): Intra muros - Infrastruktur und Lebensalltag in Festungen - Von Pulvermagazinen und Laboratorien in der Festungsstadt; Schriftenreihe Festungsforum Saarlouis, Band 5, Saarlouis, Vereinigung für die Heimatkunde im Landkreis Saarlouis e.V. (2022)

Einleitung

Kriege der Neuzeit waren in Europa und dessen Kolonien ohne die Entwicklung des Schwarzpulvers nicht vorstellbar. Dieses war nicht allein ein Sprengmittel, sondern es war auch eng mit der Entwicklung der Feuerwaffen, also Handfeuerwaffen und Artillerie, verbunden. Mit dem Aufkommen der Belagerungsartillerie zur Mitte des 14. Jahrhunderts ergaben sich neue Anforderungen an den Festungsbau, die sich vor allem in der Entwicklung der bastionären-Befestigungsmanieren bis zum Anfang des 19. Jahrhunderts niederschlugen. Wer also Schwarzpulver besaß und besser nutzen konnte, war auf dem Schlachtfeld und bei den Belagerungen überlegen. Kurz gesagt, Pulver war kriegsentscheidend und genoss dementsprechende Wertschätzung. Mit dieser Entwicklung wurden auch besondere Magazine notwendig, um das Pulver aufzubewahren und zu schützen. Die vielfach verbreiteten Redeweisen über Pulver belegen die Bedeutung im Alltag der Soldaten und Bürger (siehe Anlage).

Erst ab ca. 1890 wurde das Schwarzpulver durch leistungsfähigere, rauchlose Sprengstoffe auf Basis von Pikrinsäure oder Zellulosenitrat abgelöst.

Fabrikation, Transport, Verwendung und Lagerung sind moderne Begriffe, die wir auf den historischen Umgang mit Schwarzpulver anwenden. Letztendlich handelt es sich, modern ausgedrückt, um die Herstellung und den Umgang mit einem Explosivstoff, also Gefahrgut, für den militärischen und zivilen Einsatz, der heute streng nach dem Sprengstoffgesetz¹ und den Vorschriften für den Transport von Gefahrgut reguliert ist. Im Deutschen Reich wurde der Gebrauch des Pulvers erstmals mit dem „Gesetz gegen den verbrecherischen und gemeingefährlichen Gebrauch von Sprengstoffen“ vom 9. Juni 1884 geregelt.

Im Folgenden soll der Stand der Technik und des Wissens aus der 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts (also das Zeitalter der Glattrohrvorderlader vor der Einführung der gezogenen Geschütze) mit unserem jetzigen Wissensstand verglichen und bewertet werden.

Herstellung, Verwahrung und Transport des Schwarzpulvers unterstanden den Artillerieoffizieren. Der Artillerieoffizier und die ihm unterstellten Unteroffiziere sollten in der Lage sein, alle Schritte von Fabrikation, Verladung, Transport, Einlagerung und Laborierung zu kontrollieren und anzuleiten. Das verfügbare praktische Wissen über den militärischen Umgang mit Schwarzpulver findet sich folglich in Lehrbüchern der Artillerie, wie z. B. in den unten ausgewerteten Werken von Morla, Scharnhorst und Hoyer.

Im Folgenden werden Schwarz- oder Schießpulver nur noch kurz Pulver genannt.

Chemische und physikalische Grundlagen

Aus heutiger Sicht können die Grundlagen wie folgt zusammengefasst werden:

Bei der Entzündung des Schwarzpulvers handelt es sich um eine schnell ablaufende, exotherme (Wärme freisetzende) Reaktion, bei der drei Feststoffe in Gase umgewandelt werden. Die Haupt- und Nebenreaktion lauten:



Es reagieren bei der Verbrennung die Startmaterialien Kohlenstoff C, Kalisaltpeter KNO_3 und Schwefel S zu den Feststoffen Kaliumcarbonat K_2CO_3 ,

¹ Gesetz über explosionsgefährliche Stoffe

Kaliumsulfat K_2SO_3 , Kaliumsulfid K_2S und den Gasen Stickstoff N_2 , Kohlenmonoxid CO und Kohlendioxid CO_2 . In weiteren Nebenreaktion, die auch die Verunreinigungen umfassen, und die noch heute Gegenstand der Forschung sind, entstehen weitere Produkte, die hier außer Betracht bleiben sollen.

Die Rezeptur für das Gemisch kann je nach Reinheitsgrad der Rohstoffe schwanken und weicht von den aus Reaktionsgleichung berechneten Verhältnissen geringfügig ab. Empirisch bewährt hat sich das folgende Massen-Verhältnis:

- 15% Holzkohle
- 10% Gelber Schwefel
- 75% (Kali)Salpeter

Die Einsatzstoffe übernehmen die folgenden Rollen: Holzkohle als zu oxidierender Brennstoff, aus dem Kohlendioxid entsteht, Schwefel als Oxidationsmittel und Kalisalpeter (Kaliumnitrat) als Sauerstofflieferant. Kaliumnitrat kann auch durch Natriumnitrat und Chlorate ersetzt werden, jedoch ist die Herstellung mit Chloraten wegen der erhöhten Schlag- und Explosionsempfindlichkeit nur schwer zu beherrschen und kam daher kaum zur Anwendung.

Aus der zeitgenössischen Sicht um 1800 war der atomistische Aufbau der Materie noch höchst umstritten, aber immerhin begann sich ab 1808 das Gesetz der multiplen Proportionen von John Dalton (1766-1844) durchzusetzen. Dieses Gesetz sagt aus, dass sich die Elemente in gleichbleibenden natürlichen Zahlen zu chemischen Stoffen zusammensetzen und auch in gleichen Verhältnissen miteinander reagieren (s. o. Reaktionsgleichung). Dies war zunächst nur empirisch zu beweisen, da die Atommassen noch unbekannt waren, und physikalische Messverfahren und die chemischen Analysemethoden erst noch erfunden werden mussten. Dieses Gesetz kann dazu benutzt werden, um das optimale Massen-Verhältnis der Rohstoffe zu bestimmen.

Die Herstellung von Pulver wurde als eine Geheimwissenschaft, also Alchemie, gehandelt, und die Hersteller hielten (wie auch heute bei anderen Produkten) ihre Rezepturen geheim. Selbst bei den veröffentlichten Rezepturen haben wir es mit einer verwirrenden Vielfalt zu tun, deren Tauglichkeit nicht mehr zu beurteilen ist, da die alten Herstellungsverfahren kaum noch nachzuvollziehen sind und viele der damaligen Rohstoffe heute nicht mehr beschafft werden können. Letztendlich ist der Test der Wirksamkeit die Nagelprobe, die alle Pulversorten zu bestehen haben (s. u. Qualitätsprüfung).

Eigenschaften

Das Schwarzpulver ist vergleichsweise reaktionsträge, d. h. es ist wenig schlagempfindlich, und entzündet sich nicht spontan, d. h. es muss mit einem Zündmittel oder einer elektrischen Ladung zur Explosion gebracht werden. Das aufgeschüttete Pulver ist erst ab ca. 1 kg massenexplosiv, d. h. bei geringeren Mengen brennt es nur mit einer Stichflamme ab, es verpufft also mit geringer Wirkung (Deflagration).

Das Pulver einer eingeschlossenen Ladung verbrennt explosionsartig, d. h. große Gas- und Energiemengen werden freigesetzt, und es entsteht eine Stoßwelle oberhalb der Schallgeschwindigkeit. Die Flamme ist ca. 2.000° heiß und die Abbrandgeschwindigkeit beträgt ca. 300-600 m/s. Das Schwandvolumen ist relativ groß, d. h. aus einem Kilogramm Pulver werden ca. 250 bis 340 Liter Gase freigesetzt. Dies ist die zu nutzende Druck-Volumen-Arbeit für die Feuerwaffen, d. h. die Umwandlung der chemischen Energie in die kinetische Energie des Geschosses.

Unerwünschte Nebenwirkung bei Feuerwaffen²

Der gemahlene Salpeter macht das Pulver sehr hygroskopisch, und die aufgenommene Feuchtigkeit mindert die Wirkung. Für die Qualität des Pulvers sind Restfeuchte, Vermischung, Dichte der Ladung und die Körnung entscheidend (s. u. Qualitätsprüfung).

Nachteile des Schwarzpulvers sind die starke Rauchentwicklung der festen Kaliumsalze, welche den Standort der Feuerwaffen weithin sichtbar macht, und die Rückstände im Rohr:

Diese zurückbleibenden festen Bestandteile, wie Nitrate, Sulfide und Sulfate, korrodieren Metalle, d. h. besonders die Geschützzöhrn der Vorderlader und die Läufe der Musketen, die deshalb immer gereinigt werden mussten.³ Die festen Rückstände setzten außerdem den Musketenlauf zu, sodass nach vielen Schüssen die Kartuschen nur noch mit Mühe in den Lauf gerammt werden konnten. Bei den Geschützzöhrn sorgte das nasse Auswischen dafür, dass sich wasserlösliche Rückstände nicht festsetzen konnten, und dass Glutnester gelöscht wurden. Die ausgebrannten bronzenen Zündlöcher der Geschütze mussten regelmäßig im Arsenal ausgetauscht werden. Rutzky⁴ gibt viele Beispiele von Geschützen, die durch die Wirkung des Pulvers sprangen. Beim Abfeuern der Geschütze entsteht

² Rutzky, 66ff.

³ Rutzky, Die zerstörende Wirkung des Pulvers auf die

Feuerwaffen, 75ff.

⁴ Rutzky, 83-88.

außerdem die mehrere Meter lange Feuerlanze, welche ebenfalls die Position verrät.

Bei heiß geschossenen Läufen traten Selbstentzündungen des Pulvers auf.⁵

In den Kasematten mussten Vorrichtungen für den Abzug des Rauchs und der toxischen Gase geschaffen werden, die sog. Rauchabzüge.

Die schwankende Qualität des Pulvers erzeugte eine ungleichmäßige Wirkung bei gleichen Ladungen.

Rohstoffe⁶

Wichtig waren die allgemeine Verfügbarkeit, die Qualität, der Einkaufspreis und die Transportkosten.

Die beste einheimische Holzkohle sollte aus Linden-, Weiden-, Faul- und Eisenholzbaum gewonnen werden.

Der mineralische Salpeter wurde aus Chile oder Indien auf dem Seeweg nach Europa importiert, und war daher nicht immer verfügbar. Der einheimische Salpeter wurde durch die bakterielle Nitrifikation des Harnstoffs gewonnen, d. h. er stammte von den Salpeterausblühungen an den Mauern von Viehställen, wo er abgekratzt werden musste, oder er wurde aus salpeterhaltiger Erde durch Auskochen gewonnen. Der rohe Salpeter musste durch das Raffinieren der Salpetersieder gereinigt werden.

Der gelbe Schwefel in Europa wurde auf Sizilien, Island, in Goslar und Ancona abgebaut.

Logistik des Pulvers und der Munition

Die Herstellung des Pulvers bis hin zur Auslieferung der Munition für die Festungen und Feldarmeen war ein mehrstufiger Prozess. Aus den Rohstoffen wurde in den Pulvermühlen das Schießpulver hergestellt, welches zur Festung oder dem Depot der Feldarmee transportiert wurde. In den Festungen oder Depots wurde das Pulver in Magazinen gelagert, bevor es in den Laboratorien zu Geschossen weiterverarbeitet wurde. Diese laborierte Munition wurden dann entweder von der Festungsartillerie vor Ort verwendet oder per Munitionstransport zu einer Feldarmee oder einem Blockadekorps transportiert.

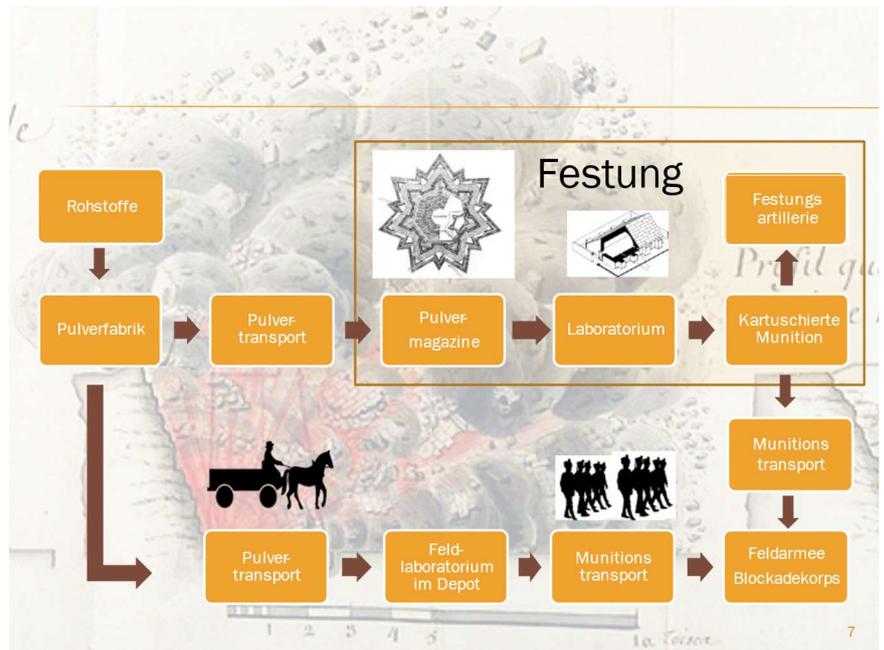


Abbildung 1: Schema der Logistik von der Pulverfabrikation bis zur laborierten Munition in den Festungen und bei der Feldarmee.

Fabrikation des Schwarzpulvers⁷

Die Herstellung des Pulvers war immer ein kritischer Prozess, bei dem die Explosionsfähigkeit des Pulvers ständig unter Kontrolle gehalten werden musste, wie zahlreiche Unglücksfälle belegen.

Pulvermühlen

Stampfmühle⁸

Die Bestandteile wurden einzeln gebrochen, dann angefeuchtet und miteinander grob vermisch. Diese feuchte Mischung wurde in den Pulvermühlen bis zu 30 Stunden gestampft oder gemahlen, um eine intensive und gleichmäßige Durchmischung der mineralischen Bestandteile zu erzielen. Das fortwährende Anfeuchten sollte das Verstäuben und Entzünden des Pulvers verhindern.

Der entstandene pappige Kuchen (auch: Knollen) wurde erst getrocknet, dann gebrochen, oder der feuchte Kuchen wurde durch Siebe nach Größen gepresst. Die Körner wurden auf Brettern getrocknet.

Die gewöhnliche Pulvermühle war die Stampfmühle (moulin à pilon), bei welcher eine Nockenwelle über Wasserkraft angetrieben wurde: Diese hob die hölzernen Stampfer an und ließ die Stampfer in einen

⁵ Rutzky, 103ff.

⁶ Malinowsky-Bonin, I, 397-603.

⁷ Malinowsky-Bonin, I, 395ff; allgemeine Lexika.

⁸ Scharnhorst, Artillerie I, 244ff.

hölzernen Trog fallen, in dem sich das Mahlgut befand. Damit wurde binnen 24-30 Stunden eine vollständige Durchmischung der drei Bestandteile erreicht, die immer feucht gehalten werden mussten.

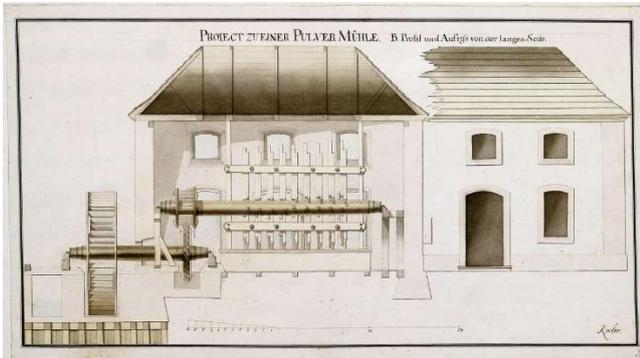


Abbildung 2: Pulvermühle mit 9 Stampfern und unterschächtigem Wasserrad (kurhessisch, Ende des 18. Jahrhunderts, DIGAM HStAM Karten WHK 43/32 + 43/32a).

Die Stampfmühlen wurden wegen der inhärenten Explosionsgefahr an Bächen weit außerhalb der Ortschaften errichtet.

Walzmühle⁹

Die Walzmühle¹⁰ (Moulin à meules) bestand aus einem marmornen Bodenstein, auf die das Mahlgut eingebracht wurde, und zwei marmornen Läufern, die mit ihrem Gewicht die körnigen Rohstoffe zerstiessen und vermengten. Als weiteres Material für Läufer und Bodenstein wurde das Geschützmetall Bronze verwendet. Die Walzmühlen galten als weniger explosionsgefährdet, d. h. sie waren betriebssicherer. Der Antrieb erfolgte entweder durch ein pferde-betriebenes Göpelwerk oder über Wasserkraft. Allgemein galt das Pulver aus den Walzmühlen als höherwertig, da eine gleichmäßigere Durchmischung erzielt wurde.¹¹ Die Tagesproduktion von Walzmühlen soll bis ca. 2 Tonnen betragen haben.

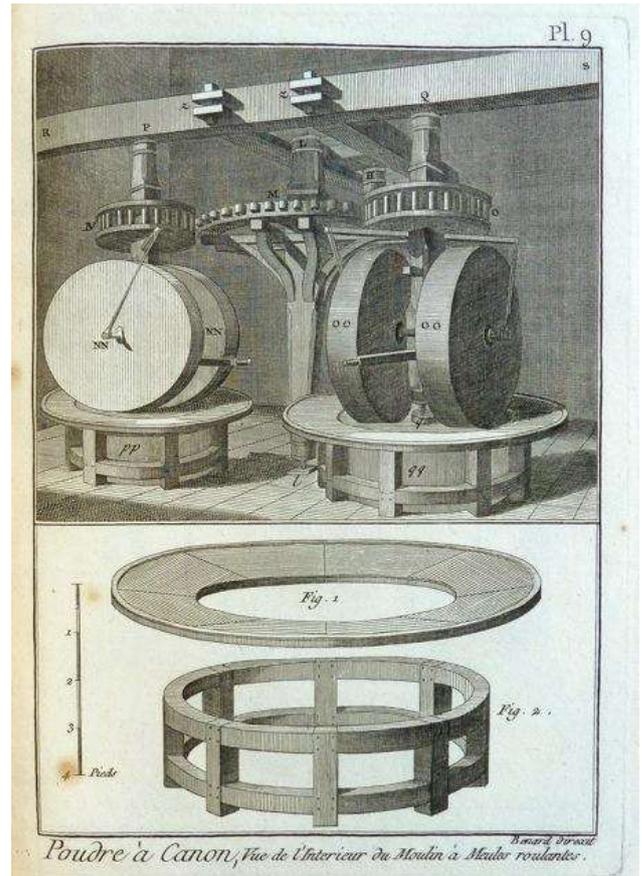


Abbildung 3: Walzmühle mit Bodenplatte und Läufer (Diderot, Encyclopédie, Poudre à canon, Planche 9)

Kugelmühlen¹²

In Frankreich waren Kugelmühlen (Moulin à billes) nach Champy¹³ eingeführt, in denen mehrere Kugeln in einer sich horizontal drehenden Tonne die Mischung sehr fein zermahlten. Die gleichmäßige Körnung wurde in einer weiteren Trommel erreicht, in der Körnchen durch Anlagern von Mehlpulver erzeugt wurden, die ständig mit Wasser angesprüht wurden.

Pulverfabriken

Die Pulverfabriken lagen außerhalb größerer Ortschaften und niemals innerhalb von Festungen, nicht allein wegen der Gefährdung, sondern auch weil in den Festungen keine Fläche für die weitläufigen Anlagen verfügbar waren.

Die königliche Pulverfabrik von Berlin wurde 1717 errichtet und nach 1830 nach Spandau verlegt. Die Jahresproduktion der Stampfpulvermühlen war relativ gering, so dass eine Vielzahl von Mühlen erforderlich war, um den Bedarf zu decken. Weitere Pulverfabriken sind z. B. aus Harburg, Löbtau bei Dresden, Düsseldorf-Bilk, Lamboy bei Hanau,

⁹ Scharnhorst, Artillerie I, 242ff.

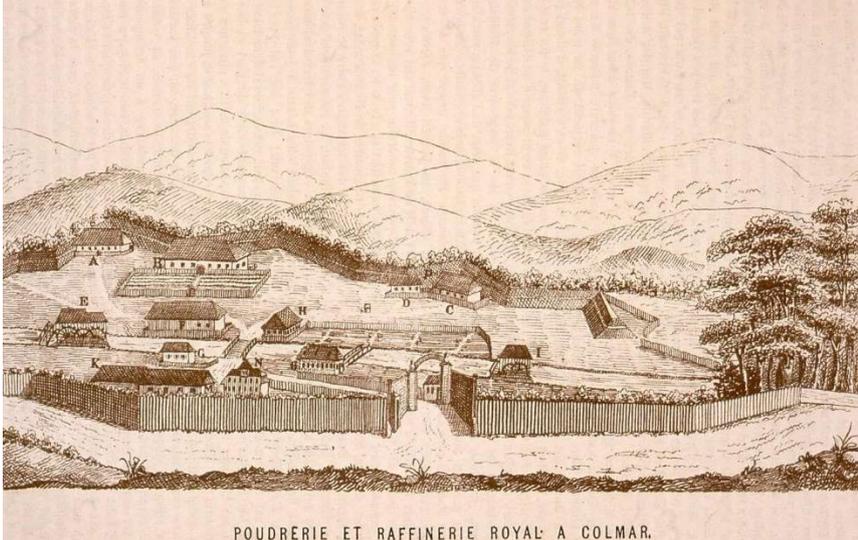
¹⁰ Hoyer, Lexikon, IV, 50.

¹¹ Malinowsky-Bonin, I, 693ff.

¹² Scharnhorst, Artillerie I, 246ff.

¹³ Egen, Pulvermühlen, 179.

Rüdenhausen in Unterfranken, Waischerfeld in Oberfranken und Wöhrd bei Nürnberg bekannt. Für die preußischen Provinzen Westphalen und Rheinland nennt Egen¹⁴ 1830 insgesamt 14 Pulvermühlen, wovon alleine 13 im Regierungsbezirk Köln und Düsseldorf mit einer Jahresproduktion von insgesamt 83 Tonnen lagen.



POUDRERIE ET RAFFINERIE ROYAL A COLMAR.

Abbildung 4: Königliche Pulverfabrik und Raffinerie bei Colmar mit den über das Gelände verteilten Einrichtungen, 1. Hälfte des 19. Jahrhunderts. Im Hintergrund sind die Wälle zu sehen, welche den Explosionsdruck umleiten sollten. Die von Colmar 3 km entfernte Pulverfabrik flog am 26. Juli 1822 auf. (BNF ark:/12148/btv1b102172338)

Gefährliche Schritte bei der Erzeugung¹⁵

Häufige Unfälle ergaben sich

- Beim Mengen und Verdichten des Pulveransatzes
- Durch kleine Steine im Kuchen der Stampfmulden
- Bei Selbstentzündung durch elektrostatische Aufladung
- Durch Explosion der Körnmaschine
- Beim Sortieren des Pulvers, bei dem viel Mehlstaub entstand

Unfälle

Man kann sagen, dass im 18. und 19. Jahrhundert Unfälle beinahe an der Tagesordnung waren. „Nach Chaptal gingen von 18 französischen Stampfmühlen im Durchschnitt jährlich drei in die Luft!“¹⁶ Bei Rutzky werden die bekannten Explosionen ab 1745 aufgelistet.¹⁷

Eine der größten Explosionen einer Pulvermühle ereignete sich am 31. August 1794 in Grenelle bei Paris, als ca. 150 Tonnen Schießpulver einen

ganzen Stadtteil verwüsteten. Man zählte 536 Tote und 827 Verletzte. Die Ursachen konnten nicht geklärt werden, da keine Überlebenden als Zeugen vernommen werden konnten. Man konnte also nur fehlerhaften Umgang bei der Herstellung oder dem Abfüllen des Pulvers vermuten. Eine Folge war unter anderem, dass die Pulverfabrik aus Paris verlegt wurde und die Belästigungen durch die industrielle Produktion im Allgemeinen geregelt werden sollten, was mit dem kaiserlichen Dekret vom 10. Oktober 1810 geschah: «Décret relatif aux Manufactures et Ateliers qui répandent une odeur insalubre ou incommode.»

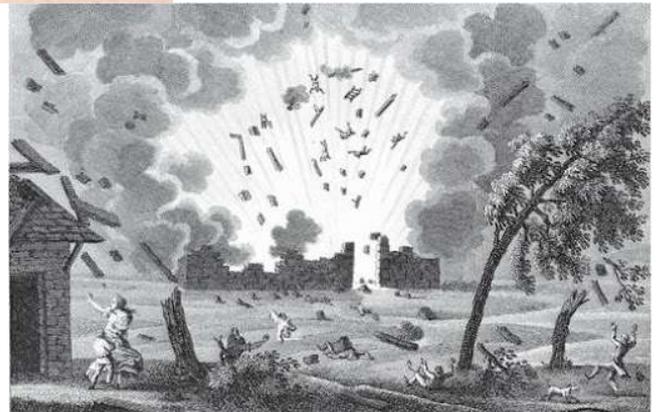


Abbildung 5: Explosion der Pulverfabrik bei Grenelle am 31. August 1794

Pulversorten¹⁸

Gekörntes Pulver: Gemeines Schießpulver, grobes Pulver: Dieses grob gekörnte Pulver hatte eine etwas geringere Abbrandgeschwindigkeit und war deshalb nur für Geschütze geeignet. Feiner gekörntes Pulver wurde daher für die Handfeuerwaffen verwendet.

Poliertes Pulver: Durch Zusatz von Graphit erhalten die Körner eine glatte Oberfläche und diese werden dadurch staubfreier; auch nimmt poliertes Pulver weniger Feuchtigkeit auf. Durch Versuche in La Fère wurden 1796 etwas größere Reichweiten des

¹⁴ Egen, Pulvermühlen, 176ff.

¹⁵ Rutzky, 24ff.

¹⁶ Rutzky, 25.

¹⁷ Rutzky, 31ff.

¹⁸ Rouvroy, I, §39-41.

Probemörser ermittelt.¹⁹

Mehlpulver, Zündkraut: Dieses nichtgekörnte, schnell abbrennende, aber stark hygroskopische Pulver wurde für die Feuerwerkerei, zum Füllen der Bomben oder zum Einpudern von Zündmitteln der Artillerie, wie Ludelfaden, Schlagröhren etc. Beim Transport vermehrt das Mehlpulver das Risiko einer zufälligen Pulverexplosion.

Haltbarkeit

Durch Feuchtigkeit konnte der Salpeter weißlich ausblühen, allzu große Hitze ließ den Schwefel schmelzen. Das extrem entzündliche Mehlpulver neigte auf langen Transportwegen zum Entmischen und musste dann wieder in Pulvermühlen aufbereitet werden.

Pulverfässer²⁰

Das lose, nicht-laborierte Pulver wurde in Holzfässern zur Aufbewahrung in den Pulvermagazinen und zum Transport abgefüllt, die eine Kapazität von 1 bis 2 Zentner Pulver²¹ hatten. Die knapp 60 cm hohen Fässer sollten mit einem Leinensack ausgekleidet werden, bevor das Pulver eingefüllt wurde. Für Mehlpulver wurde noch ein staubdichter Ledersack auf das Leinen gesetzt. Der Deckel wurde von einem Böttcher mit hölzernen Werkzeugen eingeschlagen.

Die sonst verbreiteten eisernen Reifen wurden wegen des möglichen Funkenschlags beim Rollen oder Stoßen der Fässer durch 8 Weidenreifen oder manchmal auch durch Kupferreifen ersetzt. Die Dauben mussten aus gut abgelagerten Holz gefertigt werden, damit sich keine Risse oder Spalten bilden konnten, aus denen der Pulverstaub heraustrat. Allerdings verstärkte die geforderte trockene Lagerung des Pulvers die Bildung von Spalten und Ritzen!

Die bei Krünitz genannten Kupferbehältnisse für die Kriegsschiffe hielten zwar die Feuchtigkeit fern, waren aber zu teuer und an Land unüblich.



Abbildung 6: Pulverfass mit Reifen aus Weiden.

Die Kapazität der Pulvermagazine war also über die Anzahl der Fässer zu berechnen. Eine metrische Tonne entsprach also in etwa dem Inhalt von ca. 20 Pulverfässern²² zu je einem Zentner.

Zuständigkeiten

Die Pulverfabriken standen in Preußen unter Aufsicht eines Artillerieoffiziers. Major Turte²³ war 1822 gleichzeitig Mitglied der Artillerieprüfungskommission und Lehrer an der Berliner Ingenieur- und Artillerieschule.



Abbildung 7: Pulverfabrik auf der Hasenheide, die später nach Spandau verlegt wurde (Rang- und Quartierliste der königlich-preußischen Armee für das Jahr 1822)

Qualitätsprüfung²⁴

Die schwankende Qualität des Pulvers, bedingt durch Fertigung und Lagerung, musste nicht nur bei jeder Charge, sondern auch vor der Verwendung ständig kontrolliert werden. Diese schwankende Qualität hatte, neben anderen Ursachen, die Folge, dass die Geschossbahnen der Geschütze stark streuten, und so eine Standardisierung der Treibladungen, Anfangsgeschwindigkeit v_0 bzw. der

¹⁹ Hoyer, Wörterbuch Artillerie, IV, 45.

²⁰ Morla, I, §105-112.

²¹ Hoyer, Wörterbuch Artillerie, IV, Pulverfässer, 52ff.

²² Abhängig von der regionalen Definition des Pfundes. 1 Zentner = 100 Pfund.

²³ Zur Pulverfabrik bei Berlin und zu seiner Laufbahn siehe: Schöning, III, 524.

²⁴ Rouvroy, I, Von der Untersuchung der innern Güte und der Stärke des Pulvers, §47, 67ff; Scharnhorst, Artillerie I, 251-263; Krünitz, Pulverprobe.

Schussweiten praktisch nicht erreichbar war.

Gutes Pulver durfte nicht mehr als 2% Feuchtigkeit enthalten. Der Salpeter löste sich bei höherer Feuchtigkeit auf und war als weißer Anflug auf den Körnern zu erkennen. Hier wurde der Gewichtsverlust nach dem Trocknen mit einem Sikkativ (Trocknungsmittel) gemessen.

Die Untersuchung nach Augenschein sollte schiefergraues Pulver mit guter Durchmischung und gleichmäßiger Korngröße zeigen.

Gekörntes Pulver sollte knirschen, wenn man es in die Hand nahm.

Eine kleine Probe auf dem Papier sollte fast ohne Rückstände verbrennen. Gelbe Flecken wiesen auf überschüssigen Schwefel hin, wenn schwarze Flecken zurückblieben, auf zu viel Holzkohle.

Die Dichte wurde mit einem kupfernen Gefäß mit normiertem Volumen gemessen. Eine aufwendige chemische Analyse zerlegte das Pulver in seine Bestandteile.

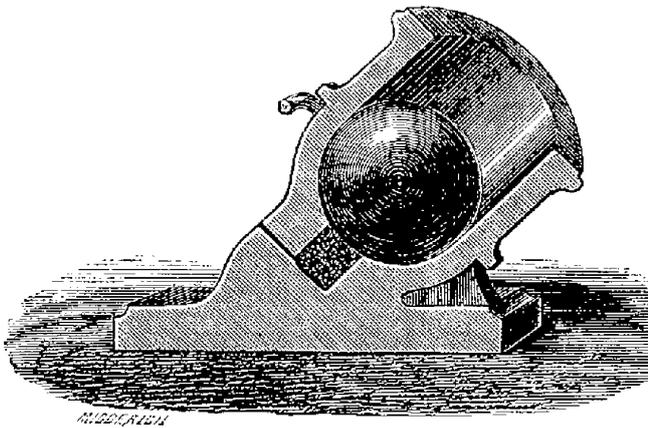


Abbildung 8: Französischer Probemörser aus der Mitte des 19. Jahrhunderts (Figuier)

Die Stärke des Pulvers wurde auf folgende Weise getestet:

1. Radprobe: Je stärker das Pulver war, desto mehr wurde das Rad gedreht (Abbildung 9).
2. Federprobe: Das Pulverprobe drückte gegen die Kraft einer Feder.
3. Stangenprobe: Ein kleiner Probiermörser, der ein Gewicht zwischen zwei Stangen in die Höhe warf. Zwei kleine Federn rasteten am Höhepunkt in eine doppelte Zahnstange ein. Je höher das Gewicht geworfen wurde, desto besser war die Qualität des Pulvers. (Abbildung 10).
4. Mörserprobe: Hier wurden entweder kleine Pulverprobiermörser²⁵ oder große Mörser mit 45° Elevation eingesetzt, aus welchen eine Kugel bzw. Bombe mit schwacher Ladung geworfen wurde. Je größer die Reichweite (Wurfweite), desto besser war das Pulver. Der kleine

²⁵ Fuß- oder Schemelmörser, d. h. mit angegossener Fußplatte, siehe auch Anhang „Probiermörser nach

Probemörser war nach Scharnhorst am besten für den Feldgebrauch geeignet. (Abbildung 8).

5. Pendelprobe: Der Ausschlag des ballistischen Pendels gab Auskunft über die Güte des Pulvers.

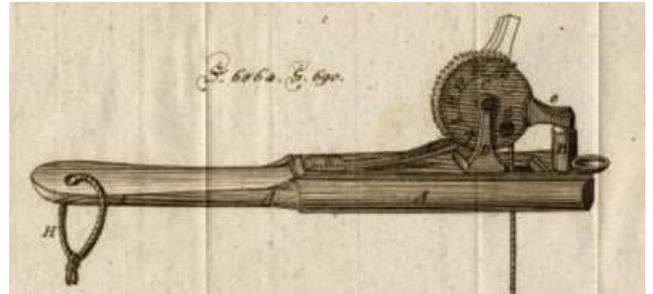


Abbildung 9: Feldtaugliche Radprobe (Krünitz, Fig. 690)

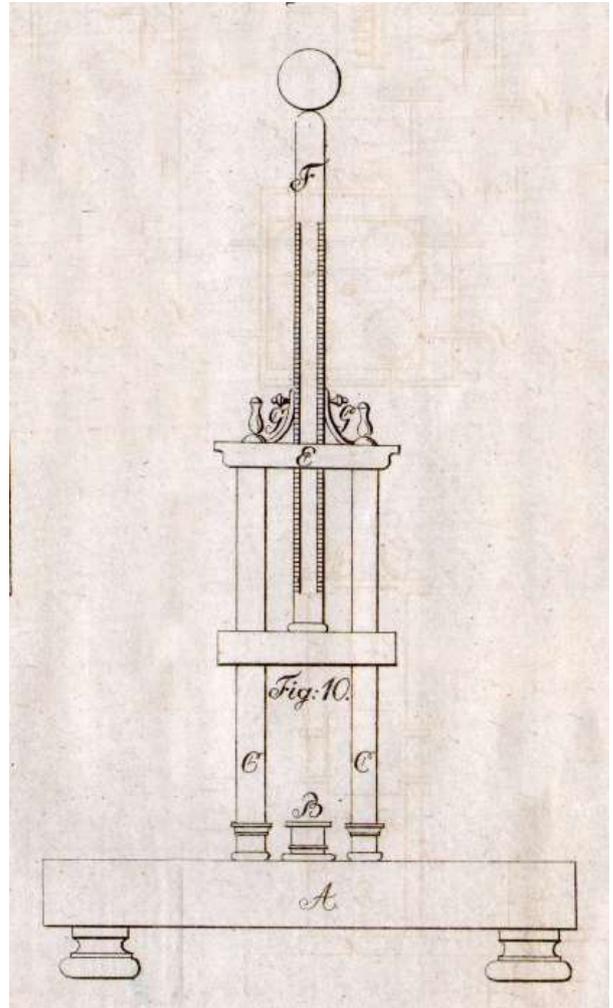


Abbildung 10: Stangenprobe mit Gewichten (Rouvroy, I, Tab. II, Fig. 10)

Militärische Verwendung

Krünitz“; Scharnhorst, Artillerie I, 253ff.

Das Pulver wurde für die Treibladungen der Geschütze und der Handfeuerwaffen, als Explosivstoff für Granaten, Bomben und Handgranaten, als Sprengmittel für Minen aller Art (Flutterminen, Demolitionsminen, überladene Minen etc.), für Congreve-Raketen, Alarmraketen und für die Ernstfeuerwerkerei im Allgemeinen verwendet. Unter Lustfeuerwerkerei wurden die heutigen Feuerwerke verstanden.

Transport

Munitionstransport der Feldartillerie²⁶

Die kartuschierte Artilleriemunition der Feldartillerie und die patronierte Infanteriemunition wurden in Munitionswagen transportiert: In Preußen unterschied man ab 1809 die sechsspännigen Kartuschwagen für 6- und 12-pfündige Kanonen mit Fächern für 135 Schuss, den Granatwagen für die 7- und 10-pfündigen Haubitzen mit Fächern für 72 Würfe und den Patronenwagen für die Infanterie. Die Kastenprotzen erhielten 84 Fächer für die Verbrauchsmunition. Pro Batterie, bestehend aus 8 Geschützen, wurden 2 Munitionswagen in der Trainkolonne mitgeführt. Die Laboratoriumskolonie mit 6 Wagen war dazu bestimmt, in den Depots hinter der Armee den Abgang der Feldmunition aller Art zu ersetzen.

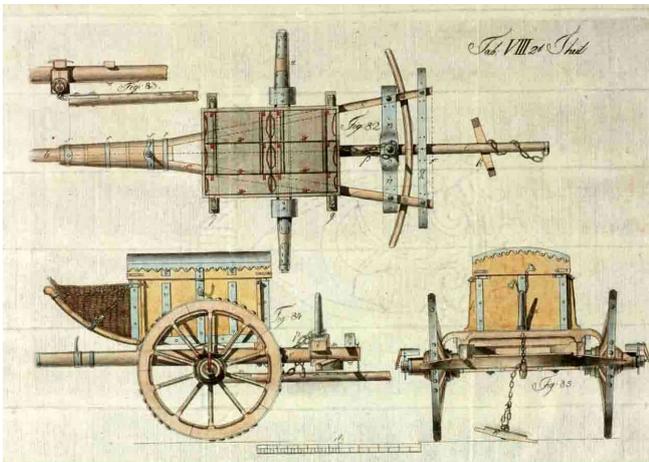


Abbildung 11: Sächsische Sattelprotze mit aufgesetztem Munitionskasten für die kartuschierte Munition (Rouvroy, Manuskript 1809)

Auf den Feldzügen waren die Brigadebatterien und die Reserverartillerie eines Armeekorps gewöhnlich über die mitmarschierende Infanterie oder Kavallerie gedeckt. Die mit schwacher Bedeckung marschierende Batterien und Parks waren das Ziel von

Überfällen, wie z. B. der Überfall auf einen französischen Artilleriepark durch das Streifkorps v. Colomb bei Zwickau am 29. Mai 1813. Colomb erbeutete 24 Geschütze, deren Lafetten er zerstörte, und 30 Munitionswagen, die er sprengen ließ.²⁷

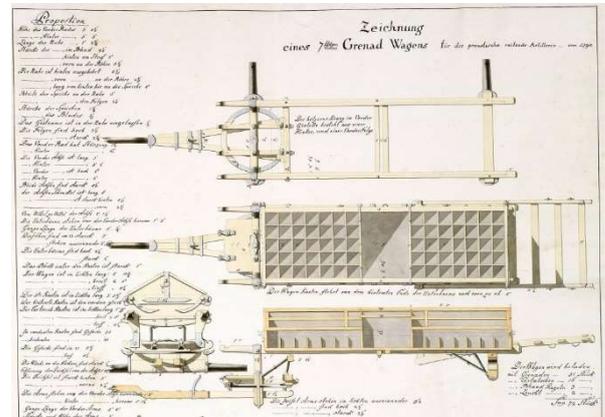


Abbildung 12: Preußischer Granatwagen mit Fächereinteilung für 51 laborierte Granaten. Dazu kamen 16 Kartuschen, 3 Brand- und 2 Leuchtkugeln, insgesamt 72 Stück, 1790 (DIGAM HStAM Karten WHK 43/33b).

Pulvertransporte über Land²⁸

Der Transport über die Landstraßen und Chausseen zu den Festungen erforderte besondere Maßnahmen gegen Unfälle, in Kriegszeiten auch gegen Überfälle des Gegners.

Ein besonderer Wagentyp zum Pulvertransport wie bei der Munition war bei den Armeen i.a. nicht eingeführt. Auf einen gewöhnlichen vierspännigen Landwagen rechnete man 12 Zentner und auf einen Frachtwagen 30-40 Zentner Pulver, also in etwa dementsprechend ebenso viele Pulverfässer. Auch die normalen, universell zu verwendenden Leiterwagen kamen zum Einsatz.

Alle eisernen Beschläge der Wagen sollten mit Stroh umwunden werden und die Fässer mit Strohseilen (zur Dämpfung der Stöße) umwickelt werden. Unter und auf die verladenen Fässer kamen dicke Strohlagen bzw. Haardecken. Die Ladung wurde mit einem dichten Plantuch abgedeckt, auf das in Preußen ab ca. 1850 ein deutliches P wie Pulver gemalt werden sollte. An den Wagen wurde eine schwarze Flagge gesteckt. 1-2 leere Wagen mit Werkzeugen sollten als Reserve mitgeführt werden. Fuhrleute und Pferde wurden i.a. angemietet.

Das Begleitkommando in Friedenszeiten²⁹ bestand aus einem Offizier als Transportkommandanten und beispielsweise einer Sektion Infanterie. Ein

²⁶ Malinowsky-Bonin, I, 367-368; II, 259, 303-304, 311.

²⁷ Colomb, Friedrich August Peter von; Colomb, Enno von (Hrsg.): Aus dem Tagebuche des Rittmeisters v. Colomb; Streifzüge 1813 und 1814; Berlin, Mittler & Sohn (1834), 206ff.

²⁸ Streffleur, Instruktion für die Eskorte des Pulvertransportes, 30-33; Buschbeck-Helldorf, Versendung des Pulvers zu Lande, 179ff; Morla, §126; Rouvroy, Artillerie I, §55: Vorsicht im Transport des Pulvers.

²⁹ Streffleur, 30-33.

Unteroffizier und ein Mann gingen dem Transport um 1.000 Schritte voraus, 50 Schritt vor dem ersten Wagen marschierte ein Unteroffizier. An jedem Wagen war mindestens ein Mann zur Aufsicht kommandiert. Das Kommando hatte die Befugnis von Schildwachen, d.h., es konnte bei Zuwiderhandlungen die betreffenden Personen arretieren. Es galt striktes Rauchverbot für die Mannschaft und die vorbeipassierenden Reisenden. Andere Wagen und Reiter hatten mindestens 10 Schritt Abstand zu halten, und der im Schrittempo fahrende Pulvertransport hatte absoluten Vorrang vor allen anderen Fahrzeugen. Die Wagen sollten untereinander 150 Schritt Abstand halten. Bei Halt und in den Nachtquartieren waren die gleichen Abstände einzuhalten und Schildwachen aufzustellen. Bei 10 Wagen ergab sich eine Kolonne von 1.500 Schritt oder ca. 1.200 Metern!

Auch hier sind Unglücke bekannt: Am 1. September 1801 passierte ein Pulvertransport von etwa 20 Leiterwagen Eisenach am sog. Eisernen Brunnen. Der Zug geriet ab dem 4. Wagen in Unordnung und blieb stehen. Am 1. Leiterwagen des Zuges hatte sich der Deckel eines Pulverfasses gelöst, und das ausrieselnde Pulver hatte unbemerkt eine Pulverspur hinterlassen. Unter den Hufen oder Rädern des nachfolgenden Gespanns löste sich anscheinend ein Funke auf dem Pflaster, der in die Pulverspur sprang und die drei ersten drei Wagen auffliegen ließ. Der restliche Zug ab dem 4. Wagen blieb unbeschädigt. Es gab 70 Tote und mehrere hundert Verletzte.³⁰ Weitere Unglücke nennt Rutzky.³¹

In Kriegszeiten gingen die Pulvertransporte³² den Truppen aus den rückwärtigen Kriegsdepots und Festungen zu. Den Pulvertransporten, wenn sie sich nicht der Armee anschlossen, wurde zur Eskorte beispielsweise ein Bataillon Infanterie und zur Flankensicherung leichte Kavallerie beigegeben, um Überfälle abwehren zu können. Die Pulvertransporte wurde wegen ihres Wertes und ihrer Langsamkeit bei der Erklärung des Belagerungszustandes, spätestens aber bei Armierung in die Festung geführt. Ein überfallener Pulvertransport war in der Regel kaum zu retten. Im äußersten Fall sollten die Wagen in die Luft gesprengt werden.³³

Die enorme Größe mancher Pulvertransporte belegt ein Journaleintrag am 15. Juli 1813 aus der

Residenzstadt Altenburg:

„Eine französische Marschkolonne, aus Abteilungen der kaiserlichen Garde, Linieninfanterie, Kavallerie und Train bestehend (23 Offizier, 900 Mann) [kam] mit einem Pulvertransport von 57 (!) Wagen an.“³⁴

Bei Einhaltung der vorgeschriebenen Abstände wäre die Kolonne knapp 7 km lang gewesen, wobei hier allerdings anzunehmen ist, dass die Abstände zwischen den Wagen verringert wurden.

Obwohl die Vorsichtsmaßnahmen sicher schon bis zum Anfang des 19. Jahrhunderts handschriftlich niedergelegt worden sind, so sind die entsprechenden gedruckten Regularien für Friedenstransporte erst ab ca. 1830 in den Amtsblättern der preußischen Provinzial-Regierungen³⁵ zu finden. Beim preußischen Militär wurden die Dienstvorschriften für den Pulvertransport in etwa zeitgleich ab 1829 gedruckt.³⁶

Pulvertransporte innerhalb der Festungen

Größere Pulvertransporte in Friedenszeiten erforderten besonders verschärfte Vorsichtsmaßnahmen, die auch von der Bürgerschaft zu beachten waren. Alle Feuer längs des Weges, besonders die der Schmieden waren zu löschen, die Gassen waren zu räumen, die Fenster sollten geschlossen werden etc. (siehe Anlage, Pulvertransport in der Bundesfestung Luxemburg 1826).

Bei kleineren Transporten wurden nur einzelne Fässer bewegt, was sicher auch während der Belagerungen zutraf: Pulverfässer wurden von zwei Arbeitern auf einer Trage³⁷ mit unterlegten Decken transportiert. Auf diese Weise wurde verhindert, dass durchgerieseltes Mehlpulver beim Tragen unkontrolliert verstreut wurde. Für den Transport auf zweirädrigen Handkarren hat sich kein Nachweis gefunden.

Rouvroy berichtet:

„Die Pulverfässer dürfen weder in noch außer dem Magazine geschoben, geworfen oder auf Schubkarren gefahren werden. [...] Am sichersten ist es, sie auf Tragen von Leinwand, oder vermittelt zweyer um das Fass gelegte Tragebänder fortzuschaffen, durch welche eine Stange dergestalt gesteckt wird, dass das Faß ungefähr

³⁰ Buchner, Wilhelm: Die Pulverexplosion zu Eisenach am 1. September 1810. In: Beiträge zur Geschichte Eisenachs. Heft V. H. Kahle Hofbuchdruckerei, Eisenach 1896, S. 26.

³¹ Rutzky, 51ff.

³² Lühe, 6, 661ff.

³³ Lühe, 6, 6621ff.

³⁴ Wagner, August Friedrich Carl: Chronik der Herzoglichen Residenz- und Hauptstadt Altenburg vom

Jahre 1801 bis zum Jahre 1825, (1827)

³⁵ Siehe zum Beispiel: Amtsblatt der königlichen Regierung zu Merseburg (1830), „Verordnung zu Vorschrift bei der Versendung des Schießpulvers“, gemeinsam unterzeichnet vom Innenminister v. Schuckmann und Kriegsminister v. Hake, 155ff.,

³⁶ Dienstvorschrift für die Unteroffiziere der Preußischen Artillerie, 195 ff.; Leitfaden für den Unterricht der Artillerie, 305ff.

³⁷ Vogt, Ernstfeuerwerkerei, 24.

¾ Elle über der Erde getragen wird.“³⁸

6. Jedes Pulverfaß, wenn es von der Trage genommen wird, muß stets auf untergelegte Decken gestellt werden. Soll es aufgeschlagen werden, so muß zuvor, mittelst eines Vorfwisches, aller Sand, Staub u. sowohl vom Boden, als von den Wänden entfernt werden. Beim Zuschlagen der Fässer muß man außerdem noch den sich etwa in den Fugen für den Deckel eingeseigten Pulverstaub, mit dem Vorfwisch wegschaffen. Soll das Faß wieder nach dem Magazin gebracht werden, so muß solches zuvor von Sand, Erde, u. gänzlich rein gemacht werden.

Lagerung der Pulverfässer und der Munition

Die Pulverfässer in den Magazinen waren zu schützen vor Feuchtigkeit, Feuer, Funkenflug, Beschuss und Blitzschlag, weiter vor unbefugtem Zugriff oder Ausspähung bzw. Sabotage. Dieser Schutz erforderte eine besondere Bauweise der Pulvermagazine. Sollte ein Pulvermagazin dennoch einmal in Brand geraten, so sollte die Explosion möglichst geringen Schaden anrichten. Die Pulvermagazine gehörten zu denjenigen Einrichtungen einer Festung, die ständig bewacht wurden, wie Tore, Brücken, Kommandantur, Kasernen, Magazine, Zeughäuser und Arsenale.

Zuständigkeiten

In Preußen waren die Zeugoffiziere für die Pulvermagazine und Laboratorien verantwortlich.

„Zeugoffiziere sind solche Artillerieoffiziere, welche die besondere Aufsicht in den Zeughäusern, und sonstigen Waffen-Depots haben.“

„Die Verwaltung des Depots geschieht durch den Artillerie-Offizier des Platzes und die Zeugoffiziere gemeinschaftlich. Sie führen teils unmittelbar theils unter dem besonderen Befehle höherer Artillerie-Offiziere, alle hierher gehörenden Geschäfte.“³⁹

Kriegspulvermagazine (KPM)⁴⁰

Die Kriegspulvermagazine im Innern der Festungen wurden entweder als permanente Bauten freistehend oder in den Kasematten mit bombenfesten Gewölben errichtet. In Ihre Seitenwände wurden Zuglöcher zur Belüftung angebracht, ein in die Mitte der Zuglöcher gesetzter Würfel verhinderte das Eindringen von anderen Gegenständen und Feuer. Die KPM erhielten nur eine Türe und ein Fenster aus Eichenholz. Die Türen wurden von außen mit Kupferblech beschlagen, von innen mit roher

Ochsenhaut überzogen. Die KPM waren von einer Mauer oder Palisade umzogen, deren Eingang auf der gegenüberliegenden Seite des KPM liegen sollte. Auf dem gewachsenen Boden wurden zur Belüftung ca. 2 Fuß starke Balken (Rippen) gelegt, auf die dann die Bretter (Dielen) gelegt wurden. Bis zu 6 Fuß hoch sollten die Wände mit Brettern bekleidet werden, die ca. 4 bis 6 Zoll von den Wänden abstanden. In den Zwischenraum wurden Kohlestaub oder Asche gefüllt, um das Eindringen von Feuchtigkeit zu verhindern. Die Magazine sollten an trockenen Sommertagen gelüftet werden.

Um die Wucht einer Explosion zu mindern, rät Krünitz:

„die äußern Mauern des Pulvermagazins nicht ganz von Steinen, sondern von Säulen und Riegelwerk mit ausgeklebten Feldern gemacht wurden. Eine solche Wand widersteht dem Pulver wenig und mindert also die Wirkung desselben und der Schaden, der durch Zersprengung derselben verursacht wird, kann nur gering seyn, weil die hölzernen Säulen und Riegel nicht weit geworfen wurden.“

Allerdings ist eine Mauer diesen Typs weniger widerstandsfähig gegen Beschuss.

Ein erster Versuch im Jahr 1811, die Feuchtigkeit mit gebranntem Kalk in einer Holzkammer zu binden, war zwar erfolgreich, konnte sich aber wegen des hohen Aufwands nicht durchsetzen.⁴¹

Auf den Bretterfußboden kamen paarweise die Lagerbalken, um die unterste Reihe Fässer darauf zu legen. Zwischen den Reihen sollten 4 Fuß frei gelassen werden, um mit den Fässern arbeiten zu können. Die Seitenfässer wurden durch befestigte Pfähle oder Säulen gehalten.

Rouvroy⁴² und andere empfahlen⁴³ die folgenden Vorsichtsmaßnahmen in den unbeleuchteten Pulvermagazinen:

- Mindestabstand der Fässer von den Wänden, breite Gänge zwischen den Fässern.
- Der Fußboden war nach jeder Bewegung der Fässer wieder zu reinigen, damit sich kein Mehlstaub sammelte.
- Die Aufbewahrung von Munition wird nicht empfohlen.
- Prüfung verdächtiger Fässer auf Risse, schlechtsitzende Deckel.
- Pulverfässer nicht schieben oder werfen.
- Rollen der Pulverfässer nur auf Rohrdecken

³⁸ Rouvroy, Artillerie I, 91-92.

³⁹ Leitfaden Unterricht Artillerie, 228.)

⁴⁰ Morla, I, Abschnitt, §116-117. Der Begriff Kriegspulvermagazin wurde in Preußen erst ab 1815 üblich, als auch die Friedenspulvermagazine erbaut wurden. Vorher hießen sie üblicherweise einfach nur Pulvermagazine.

⁴¹ Rouvroy, I, 93, Anmerkung 1, Fort de la Crèche bei Boulogne.

⁴² Rouvroy, I, 90-92 ; Rutzky, 58ff.

⁴³ Krünitz, Pulvermagazine.

(Haardecken).

- Nur hölzerne Werkzeuge zum Öffnen der Deckel.
- Fässer niemals im Magazin reparieren.
- Keine Entnahme vom Pulver aus den Fässern im Magazin.
- Transport der Fässer auf Tragen (s. o.).
- Nach der Bewegung der Fässer den Boden mit feuchten Sägespänen bestreuen, um den Pulverstaub zu binden, und diese Späne ausfegen.
- Kein offenes Licht, also nur Sicherheitslaternen wie Stalllaternen oder indirekte Beleuchtung durch Glasscheiben.
- Magazin niemals als Laboratorium nutzen.
- Betreten der Magazine nur mit Filzschuhen.
- Ablegen des Seitengewehrs, aller weiteren Waffen, der Stöcke und der Sporen etc.
- Requisiten zum Feuermachen, Tabakrauchen, Feuerzeuge etc. sind abzulegen.

Nach dem Verlassen Kleidung reinigen.

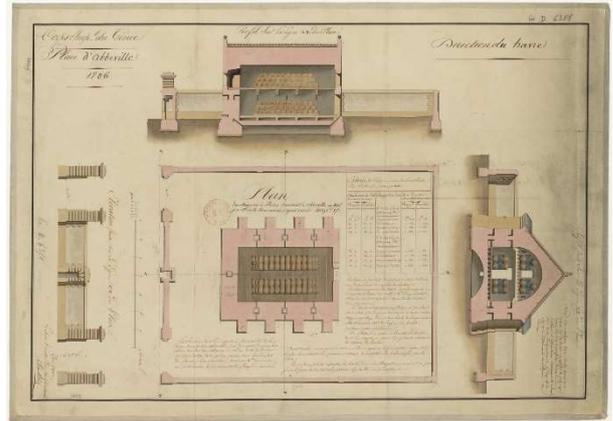


Abbildung 13: Freistehendes, doppelstöckiges Kriegspulvermagazin Vaubanschen Typs in der Bastionskehle, Festung Abbeville, Plan von 1766. Auf dem Plan fehlt kurioserweise der Treppenaufgang in den 1. Stock (BNF btv1b8445272w).

Lage

Krönitz empfiehlt bei den Pulvermagazinen:

„Soll ein Pulvermagazin sicher angelegt werden, so muß 1) das darin verwahrte Pulver sich nicht leicht entzünden können, und wenn dieses, aller Vorsichtigkeit ungeachtet, geschehen sollte, so muß 2) doch dadurch so wenig Schaden als möglich verursacht werden.“

Also war die beste Lage außerhalb der Städte zu suchen:

„Die beste Lage eines solchen Gebäudes ist außen vor der Stadt und in einiger Entfernung von derselben, wodurch bey einer Entzündung desselben doch die Stadt nicht in Gefahr geräth. Allein bey Festungen geht dieses nicht an, und da muß das Pulvermagazin in der Stadt selbst angelegt seyn, entweder mitten in derselben, oder am Ende der Stadt in den Außenwerken der Festung, wozu die Ravelins und Demilünes sich am besten schicken.“

Beleuchtung⁴⁴

Das Pulvermagazin war, baulich bedingt, ein finsterner Ort. Es musste so viel Licht in das Pulvermagazin gebracht werden, um bei den Arbeiten mit den Pulverfässern hinreichend sehen zu können. Eine spärliche Beleuchtung durch Tageslicht war durch ein Fenster im Giebel oder die geöffnete Tür gegeben. Auch das von einem Spiegel reflektierte Sonnenlicht konnte in das Magazin gelenkt werden.

Offenes Licht verbot sich wegen der Explosionsgefahr. Kerzen-, Talg- oder Öllichter waren daher in ein Glas-Gehäuse zu bringen und in eine Nische zu setzen, damit sie nicht umgestoßen werden konnten. Handlaternen (wie die Stalllaternen) waren wegen der Gefahr des Umstoßens und der heißen Abluft verboten. Im sächsischen Bergbau waren zum Beispiel ab 1740 Öllampen, „Freiberger Blende“

⁴⁴ Die Verbrauchspulvermagazine in den Festungen, Archiv für die Offiziere der königlich preußischen Artillerie und Ingenieur-Korps, 30. Jahrgang, 59. Band, Berlin

1866, 17ff.

genannt, verbreitet. Hier wurde ein Messinglämpchen auf einen Dorn in ein mit Messing beschlagenes Gehäuse gesetzt, welches in der Front mit einer Glasscheibe verschlossen wurde.



Abbildung 14: Freiburger Blende, 18.-19. Jahrhundert

Noch besser war es, das Licht hinter Glas in einem Vor- oder Seitenraum zu setzen, womit die Gefahr des Umstoßens, der leuchtenden Flamme und der heißen Abluft gebannt war.

Um ca. 1860 wurde der Gebrauch der Reverber⁴⁵-Petroleum-Lampe empfohlen, „welche unter Blindierung⁴⁶ des Vorhauses in eine Mauer Nische seitwärts der Eingangs-Thüre ausgespart wurde.“ Die heiße Abluft wurde über eine Tonröhre in den Vorraum abgeführt. Die Laterne sollte natürlich von außen bedient werden und einen parabolischen Reflektor erhalten. Die innere Wand der Magazinräume sollten deshalb einen möglichst weißen Anstrich auf glattem Untergrund erhalten. Es wurden dann auch Lampen mit Brennöl und einem Glaszylinder als Schornstein üblich.

Kapazität von Magazinen

Die Kapazität des oben in Abbildung 13 dargelegten Pulvermagazins beträgt:

- 264 Fässer = 2 Stockwerke x 4 Reihen x 3 Lagen pro Reihe x 11 Einzentner-Fässer pro Lage

was etwa 13,2 metrischen Tonnen entspricht. Gewöhnliche Pulvermagazine waren nur eingeschossig, was hier eine Kapazität von 6,6 Tonnen ergäbe.

⁴⁵ Eigentlich Réverbère; als Grubenlampe im Bergbau üblich.

⁴⁶ Eigentlich Blindierung, von frz. Blindage, Abdeckung mit Holzbalken gegen Beschuss. Hoyer, Wörterbuch der Kriegsbauchkunst, I, 142.

Größere Magazine lagerten nach Krünitz etwa 60 Tonnen, in der Festung Luxemburg konnte die Kapazität ca. 80-90 Tonnen betragen.

Friedenspulvermagazine (FPM)

Ab 1815 suchte man das Risiko der Explosionen in Kriegspulvermagazinen in Friedenszeiten durch die außerhalb der Hauptumwallung gelegenen Friedenspulvermagazine zu mindern. Diese waren zum Teil nur einfache Fachwerkbauten oder sogenannte defensible Friedenspulvermagazine, die das Reduit von Vorwerken bildeten. Bei der Armierung sollten diese Magazine geräumt werden und die Pulverfässer in die sicheren Kriegspulvermagazine verbracht werden.

Handmagazine, Walkkästen, Traversen und Bereitschaftspulvermagazine⁴⁷

Die kleinen Magazine sollten bei den Geschützen auf dem Wall oder in den Kasematten die unmittelbar zu verbrauchende Munition bereithalten.

Aus der Zeit vor 1815 gibt es hierzu nur wenige Nachrichten und keine Abbildungen. Morla schlägt vor, in der Brustwehr am Wallgang sphäroide Behältnisse einzugraben, in die das Pulver oben eingegeben, und unten wieder herausgenommen werden kann. Die Hohltraversen, die sich auch als Munitionsmagazine eigneten, verbreiteten sich erst nach 1815, obwohl schon vorher mit ihnen experimentiert wurde. Unterberger erwähnt schon 1807 ein Handmagazin als Bretterschlag, gibt aber keine genauere Beschreibung.⁴⁸ In diesem Zusammenhang werden auch Walkkästen genannt. Dies sind kleine Holzkästen, die bei der Armierung (?) in die innere Seite der Brustwehr gesetzt wurden, um die Munition der Wallgeschütze aufzunehmen. In den Spezifikationen der preuß. Artillerie Nr. 76 von 1816 ist ein Walkkasten zu 20 6-pfündigen Kugelschüssen und 30 Kartätschenschüssen abgebildet.

Magazine in Belagerungsbatterien⁴⁹

Die feldmäßig errichteten, kleinen Batteriemagazine waren vor Beschuss von der Feindseite zu schützen und hielten nur kleine Munitionsmengen vor, zum Beispiel den Tagesbedarf einer ½ Batterie. Der Zugang erfolgte über einen L-förmigen Graben, sodass die Öffnung gegen direkte Treffer gedeckt war. Die bombensichere Eindeckung bestand aus Bohlen, Brettern, Faschinen und einem Erdaufwurf.

⁴⁷ Morla, I, §120-

⁴⁸ Unterberger, 104.

⁴⁹ Rouvroy, Batteriebau, 88ff.

Die mit Brettern abgedeckte Sohle des Magazins sollte wegen der Feuchtigkeit nicht zu tief gelegt werden (Abbildung 1/Abbildung 16).

minderte dadurch das Eindringen der Feuchtigkeit. Der L-förmige Eingang verhinderte, dass Geschosse von der Feindseite direkt in das Magazin einschlagen konnten. (Carl Gottfried Maximilian Zschaschler, um 1794, SLUB/HS 70300259)

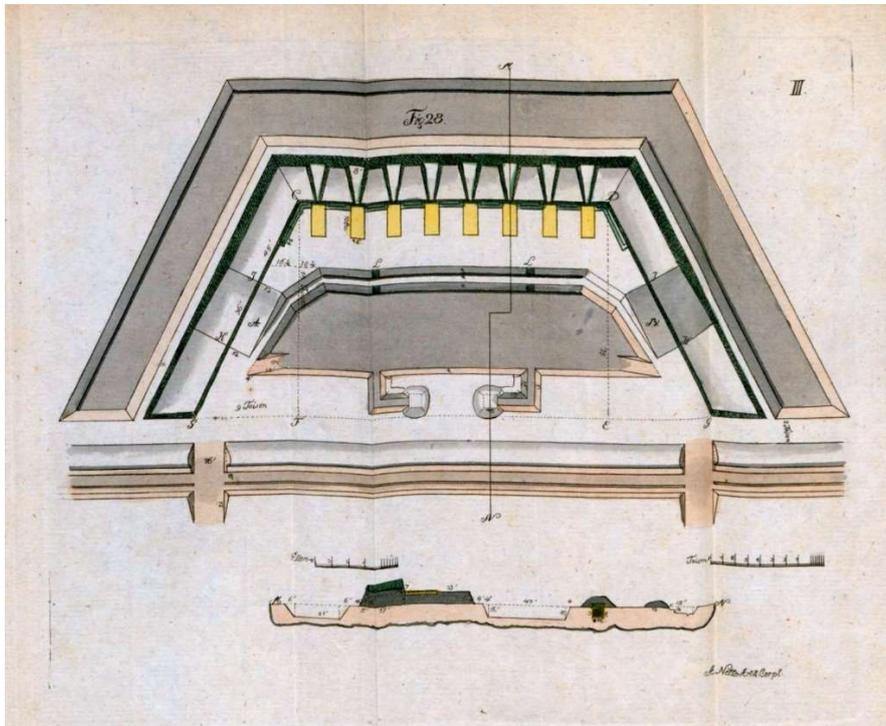


Abbildung 15: Erhöhte Haupt-Belagerungsbatterie (Royal Batterie) nach sächsischem Muster mit zwei versenkten Batteriemagazinen in der Kehle (Rouvroy, Batteriebau, Tafel III).

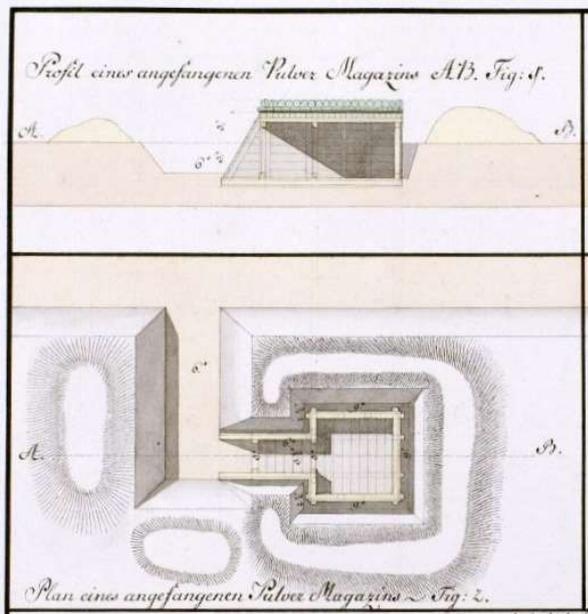


Abbildung 16: Versenktes, gedecktes provisorisches Magazin einer Belagerungsbatterie im Schnitt und in Aufsicht. Der Boden wurde durch Planken abgedeckt und

Blitzableiter⁵⁰

Die Explosion eines Magazins mit 90 Tonnen Pulver der venezianischen Festung Brescia durch Blitzschlag am 18. August 1769 und die dadurch bewirkte Verwüstung von 1/6 der Stadt an der Bastion San Nazaro wurde in ganz Europa bekannt.

Benjamin Franklin forderte ab 1752 den Schutz durch Blitzableiter, der sich bis zum Ende des 18. Jahrhunderts in ganz Europa auf Kirchen, öffentlichen Gebäuden und an den Pulvermagazinen durchsetzte. Gegen die Einführung wurde zunächst theologisch argumentiert, dass es allein dem allmächtigen Gott zukomme, Blitze zu schleudern, der Mensch also nicht dem göttlichen Willen in den Arm fallen dürfte.⁵¹ Obwohl der physikalische Vor-

gang noch nicht vollständig verstanden war, erwiesen sich die Schutzmaßnahmen als überaus wirkungsvoll.

Zunächst wurden die Blitzableiter, auch Wetterableiter genannt, neben die Magazine gesetzt, ab Beginn des 19. Jahrhunderts wurden sie direkt auf die Dachecken oder dem Dachfirst montiert. Elektrische Aufladungen der Atmosphäre sollten dadurch ebenso abgeleitet werden. Morla schreibt 1821:

„Demzufolge besteht der Blitzableiter aus einer metallenen Stange von hinreichender Höhe, die sich oben in einer Spitze endet, und durch sich selbst, oder vermittelt einer metallenen Kette, das elektrische Feuer bis zu einem Wasser ableitet. [...] Ein Pulvermagazin [...] muß wenigstens 2 oder wohl 4 Blitzableiter erhalten, die an [...] den 4 Ecken zu stehen kommen. Jeder besteht aus einer eisernen Stange, 12 bis 18 Linien stark...“⁵²

Abbildung 17: Frühe Form des Blitzableiters am Pulvermagazin der Festung Königstein / Sachsen um ca. 1800 (Deutsche Digitale Bibliothek, Kupferstichkabinett Dresden A 1995-7867)

Krönitz schreibt:

„Die Ursachen der Entzündung der Pulvermagazine sind entweder äußere oder innere. Die äußeren sind hauptsächlich der Blitz oder auch in den benachbarten Häusern entstandene Feuersbrünste. Da hohe spitzige, mit Metallplatten versehene Körper die Lufterklichkeit stärker

⁵⁰ Hochadel, Entwaffnung Gottes; Morla, §122-124.

⁵¹ Hochadel.

⁵² Morla, 56.



an sich ziehen, und der Blitz hier leicht einschlägt, so müssen daher die Pulvermagazine nicht sehr hoch angelegt werden, und man muß auch alles Metall, als kupferne Platten, Eisendraht und dergleichen, sorgfältig vermeiden. Um dem Einschlagen des Blitzes aber ganz vorzubeugen, ist es am besten, auf dem Magazine einen Gewitterableiter anzubringen.“

Geschoßzubereitung in den Laboratorien⁵³

Die Geschosse und andere Feuerwerkerarbeiten wurden in einem Laboratorium der Festung, d. h. einem bombensicheren Unterstand, entfernt von den Bürgerhäusern, vom Pulvermagazin und den Geschütz Batterien zubereitet. Das Laboratorium sollte, wie die Pulvermagazine, an einem trockenen Ort stehen und mit Blitzableitern sowie einer Umzäunung versehen sein. Türe und Fenster sollten gegen direktes Feuer gesichert sein. Das Laboratorium bestand aus dem eigentlichen Arbeitshaus, worin die gewöhnliche Munition gefertigt wurde, und ferner dem Schmelzhaus für die Fertigung des „geschmolzenen Zeugs“⁵⁴, der Bleikugelgießerei und dem Vorratshaus, in welchem die Materialien für die Laborierung sowie die fertige Munition für die anderen Handpulvermagazine aufbewahrt wurden. Ein besonderes Zimmer war für die Laborgeräte, wie Waagen etc, vorgesehen.

Die Zimmer, in welchen mit Pulver, gearbeitet wurde, waren täglich mit feuchten Sägespänen auszukehren. In den Arbeitszimmern durfte sich immer nur der Tagesbedarf an Pulver befinden; ebensowenig durfte fertige laborierte Munition stehenbleiben.

⁵³ Lühe, IV, 452ff.; Rutzky, 61ff.

⁵⁴ Brandsatz, z.B. für Leuchtkugeln und als Füllung für Bomben gebraucht, bestehend aus Salpeter, Schwefel und Mehlpulver. Auch mit Zusatz von Harz, Antimon und Terpentin. Rumpf, Allgemeine Real-Encyclopädie der gesamten Kriegskunst, Band I, 356-357.



Abbildung 18: Laborierung und Transport der kartuschierten Munition in Festungen

Es waren diejenigen Maßnahmen einzuhalten, die auch für die Pulvermagazine galten, und zusätzlich:

Bereithalten von Löschwasser und Feuerspritzen in jedem Raum.

Schlagen, Reiben und Stoßen vermeiden, insbesondere von Eisen auf Eisen, Sand oder Stein.

Eiserne Geschosse nicht rollen.

Rutzky⁵⁵ berichtet über eine Reihe von Unfällen, wie zum Beispiel:

1778 Wien: Explosion des Laboratoriums beim Füllen der Patronen

1790 Mainz: Explosion des Laboratoriums

1850 Rendsburg: Auffliegen des Laboratoriums mit mehreren hundert Toten

Transport der Munition innerhalb der Festungen und bei Belagerungen

Die fertig laborierte Munition wurde entweder in Munitionskisten wie bei der Feldartillerie oder auf zweirädrigen Handkarren, den sogenannten Kugelkarren, „zum Fortschaffen durch Mannschaften“ befördert, wie von Kameke⁵⁶ beschrieben. Diese Karren oder andere improvisierte Karren waren sicher schon vorher in Gebrauch, nur eben noch nicht spezifiziert.⁵⁷

⁵⁵ Rutzky, 64ff.

⁵⁶ Kameke, Erläuterungen, 109ff.

⁵⁷ Trancheekarre und Pulverkarre wurden in den Spezifikation der Preuß. Artillerie von 1816-1822 noch nicht genannt.

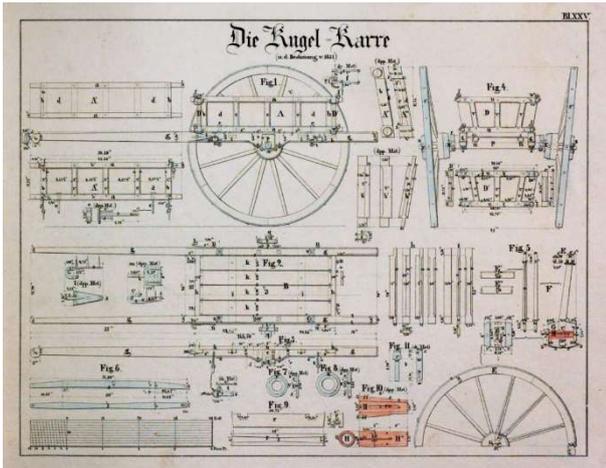


Abbildung 19: Kugelkarre nach den Bestimmungen von 1831, mit Bemaßungen und zu verwendenden Beschlägen. Der mittig sitzende Aufsatzkasten nahm die Munition auf. (Kameke, Bl. XXV).



Abbildung 20: Arsenal-Modell eines Gribeauval-Munitionskastens mit Fächereinteilung (Sammlung Bertrand Malvaux, CAISSON À MUNITIONS POUR SYSTÈME GRIBEAUVAL, TYPE AN IX, MODÈLE D'ARSENAL, PREMIER EMPIRE, ca. 10,5 x 12 x 5,5 cm)

Pulverbedarf für Eisenmunition in einer Festung nach Cormontaigne⁵⁸

Wenn die Anzahl der Geschütze und deren Kaliber einer armierten Festung bekannt waren, ließ sich der gesamte Pulverbedarf für die Artillerie bei einer förmlichen Belagerung einfach abschätzen: Es wurden beispielsweise durchschnittlich 200 Schuss pro Kanone mit der 1/3-kugelschweren vollen Ladung in Pfund angenommen. Das für die Zündmittel verwendete Pulver hatte keinen merklichen Beitrag zur Gesamtmenge. Die Reservegeschütze im Arsenal oder Zeughaus wurden in dieser Abschätzung nicht berücksichtigt. Es wurden 3.000 Mann Infanterie angenommen, das sind die üblichen 500 Mann pro

⁵⁸ Weiterentwicklung der Vaubanregeln; Hoyer, Vorlesungen, §44, 56ff. In den Tafeln ab S. 59 werden wesentlich höhere Geschützzahlen angenommen. Hoyer setzte ca. 1.000 Schuss pro Geschütz und Vauban nahm 90

Bastion.

Anzahl	Waffe	Typische Ladung in Pfund	Ladung der Granaten und Bomben	Anzahl der Geschosse	Berechnete Mengen in Pfund	Berechnete Menge in Tonnen
30	6-Pfünder	2	0	200	12.000	5,9
20	12-Pfünder	4	0	200	16.000	7,8
10	24-Pfünder	8	0	200	16.000	7,8
5	7-pfündige Haubitzen	2	1	50	750	0,4
2	10-pfündigen Haubitzen	3	2	20	200	0,1
5	Mörser 10 zöllig	2	3	500	12.500	6,1
5	Mörser 20 zöllig	5	6	100	5.500	2,7
3000	Handfeuerwaffen	0,03	0	200	18.000	8,8
10	Flatterminen	50	0	1	500	0,2
	Summe				75.450	39,9

Abbildung 21: Überslag für Pulverbedarf einer Festung mit 6 Bastionen

Für eine Festung mit 6 Bastionen ergibt sich also beispielsweise ein Pulverbedarf von insgesamt mindestens 40 Tonnen für Artillerie, Handfeuerwaffen und Minen. Es wären also nach dem obigen Beispiel 3 Kriegspulvermagazine mit einer Kapazität von 13 Tonnen Fassungsvermögen notwendig,

Im niederländischen Winterfeldzug 1813-14 mussten viele blockierte Festungen 2. bis 4. Klasse mit wesentlich geringeren Vorräten auskommen. Bei schwindenden Pulvorräten musste das Feuer der Festungsartillerie gedämpft werden, um noch genügend Pulver für die letzte Phase der Belagerung und für die Abwehr eines Sturms vorzuhalten. Die Festung Landau musste 1714 vor den Franzosen aus Mangel an Pulver kapitulieren, was aber in der Geschichte der förmlichen Belagerungen ziemlich singulär dasteht.

Bei der Übergabe der Festung Schweidnitz am 8. Oktober 1762 fanden sich noch 1017 Zentner Pulver⁵⁹, also in etwa 50 Tonnen, vor. Es dürften sich in der Festung vor Beginn der Belagerung das 2- bis 3-fache dieser Pulvermenge befunden haben.

Strategische Rolle der

Geschütze an, somit ergibt sich sehr unrealistischer Pulverbedarf von ca. 190 Tonnen.

⁵⁹ Malinowsky-Bonin, III, 334.

Pulvervorräte

Das Pulver in den sogenannten Depotfestungen, also den Festungen 1. Klasse wie Magdeburg 1813, diente nicht nur der eigenen Verteidigung, sondern die laborierte Munition sollte auch an die im Felde operierenden Armeen des umgebenden Kriegstheaters abgegeben werden, da längere Transporte über Land oder die Flüsse leicht abgefangen werden konnten. Zusätzliche Kapazitäten mussten also in den Magazinen vorgehalten werden.

Das Beispiel der kleinen Festung 3. Klasse Avesnes⁶⁰ belegt die Bedeutung der Munitionsreserven für die Offensive der französischen Nordarmee im Juni 1815, also in der sogenannten „Belgischen Campagne“.

„Es fehlte der Garnison nicht an Pulver, da in Avesnes die französische Reserve-Munition [15.000 Schuss für die Artillerie] aufbewahrt wurde.“⁶¹

Daraus geht auch die zentrale Bedeutung der Festungen als „Vorratshaus“ für die mobilen Armeen hervor, selbst wenn die Festungen gar nicht angegriffen wurden. Eine einfache Blockade genügte allerdings, um die Kommunikation der Festung mit der Feldarmee abzuschneiden.

Pulverexplosionen bei Belagerungen

Obwohl viele Vorsichtsmaßnahmen bei der Lagerung des Schießpulvers ergriffen wurden, kam es doch immer wieder zu spektakulären Treffern auf die Magazine.⁶²

Artilleristischer Angriff

Das Bombardement auf eine Stadt und Festung vor dem eigentlichen förmlichen Angriff hatte das Ziel, durch Brände eine Demoralisierung von Bürgerschaft und Garnison und damit eine schnellere Kapitulation zu bewirken. Dabei sollten durch das streuende Feuer vor allem Quartiere, Kasernen, Vorratshäuser, Magazine und Arsenale zerstört werden. Die meist gut gedeckten Pulvermagazine oder Laboratorien wurden oft nur durch einen Zufallstreffer erreicht, dann allerdings mit fataler Wirkung, die fast immer die bedingungslose Kapitulation zur Folge hatte.

Unglücke in Laboratorien wurden, weil sie meist weniger spektakulär als das Auffliegen eines Pulvermagazins waren, weitaus weniger in den Journalen der Verteidiger erwähnt. Als die Festung Neisse 1807 von den Franzosen förmlich angegriffen

wurde, notierte ein Tagebuchschreiber:

„Neisse, den 22. Mai 1807. [...] Um den heutigen Tag recht blutig zu machen, fügte es der Zufall, dass in dem Laboratorium, welches in die Kasematte Nr. 9 verlegt worden war, der ganze Pulver-Apparat entzündet wurde. Das hierdurch entstandene Getöse glich einem Erdbeben und erschütterte die ganze Stadt. Von der Explosion des Pulvers wurden 11 Kanoniere schrecklich verwundet, 6 derselben haben tödtliche Verletzungen davon getragen. Ein glückliches Ungefahr rettete die Kasematte 9 von ihrem gänzlichen Untergange. Kurz vorher, ehe der Pulvervorrath entzündet wurde, hatte man eine Menge gefüllte Bomben, Granaten, Leuchtkugeln u. s. w. in das angrenzende Zimmer gebracht, jedoch war die Thüre dazu offen gelassen worden.

Als vom Auflodern des Pulvers alle in dem Arbeits-Zimmer befindlichen Utensilien in Brand gerathen, besitzt ein in der Ferne stehender, aber nur schwach verletzter Kanonier Geistesgegenwart genug, die zu dem Zimmer, wohin die gefüllten Bomben u. s. w. gebracht worden waren, führende Thüre zu verschliessen und wird dadurch der Retter der ganzen Kasematte; denn da das Feuer in der Laborirstube von den herbeigeeilten Menschen baldigst gedämpft wird; so konnte die Flamme jene Thüre nicht erreichen.“⁶³

Leider verrät der Chronist nicht, ob das einzige Laboratorium der Festung überhaupt bombensicher war, ob das Laboratorium in Kasematte Nr. 9 einen Treffer erhalten hatte, oder ob es schlicht und einfach ein handwerklicher Fehler war.

Die preußisch-niederländische Belagerung der französisch besetzten Festung Gorinchem (alt: Gorkum) von Dezember 1813 bis Februar 1814 möge die Wirkung der Bomben illustrieren.⁶⁴ Die Artilleriemannschaft wurde von einigen niederländischen Küstenkanonieren in französischen Diensten gestellt: Diese war aber so schwach, dass nur die wichtigsten Wallgeschütze bedient werden konnten. Die artilleristische Verteidigung am 30. Januar konzentrierte sich daher auf die Pelmoltenbastion an der Kehlseite der Festung, die vom gegenüberliegenden Merwede-Ufer von einer preußisch-niederländischen Batterie aus ca. 800 m Entfernung bombardiert wurde. Die Pelmoltenbastion war mit schweren 12- und 24-Pfündern eigentlich als Flussbatterie zur Bestreichung der Merwede eingerichtet und konnte von der Landseite praktisch nicht entfiliiert werden. Daher fehlten wohl die sonst üblichen Traversen und Handpulvermagazine, wie Skizzen belegen. Die benötigte Munition musste in Kisten zu den Geschützen herangezogen und dort in Bereitschaft gehalten werden. Zum Unglück für die Bedienung traf am Nachmittag eine Bombe oder Granate eine Munitionskiste auf der Rampe hinter der Bastion, die daraufhin aufflog: Sie verwundete oder

⁶⁰ Explosion des Pulvermagazins siehe unten.

⁶¹ Malinowsky-Bonin, III, 555.

⁶² Rutzky, 59-61.

⁶³ Kastner, Neisse 1807, 140.

⁶⁴ Sabron, Frederik Henri Alexander: De Vesting Gorinchem van November 1813 tot Maart 1814; Koninklijke Militaire Academie (1902)

tötete 15 Kanoniere, demolierte die nahe gelegene Ölmühle (Pelmoles) und beschädigte die hinter der Brustwehr aufgestellten Geschütze. Damit fiel auch ein erheblicher Teil der Kanoniere für die Geschützbedienung aus. Dieser glückliche Treffer war wohl ein Auslöser für die wenige Tage später ausgehandelte bedingungslose Kapitulation. Dieses Ereignis belegt, dass bei einem Bombardement der Transport der Munition vom Magazin zur offenen Batterie und das Abstellen an den Geschützen immer einem erheblichen Risiko ausgesetzt ist. Bei der Lagerung der Munition in einem Handmagazin bzw. Walkasten vor dem Beginn des Bombardements wäre dies möglicherweise vermeidbar gewesen.

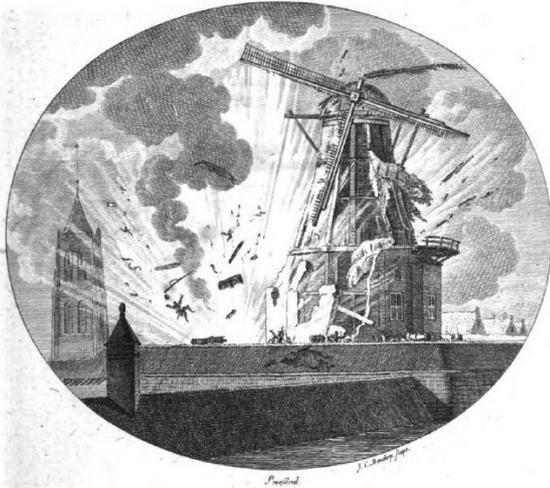


Abbildung 22: Bombardierung von Gorinchem (Gorkum) am 30. Januar 1814 durch eine preußisch-niederländische Batterie am gegenüberliegenden Merwedeufer: Auf-fliegen einer Pulverkiste an der Pelmolmolenbastion (Graaff, Titelvignette).

Weitere Beispiele⁶⁵ sind:

1762: Preußische Belagerung von Schweidnitz, Auf-fliegen des Pulvermagazins im Jauernicker Fort nach dem Treffer durch eine Haubitzengranate. Zusammen mit der springenden 4. überladenen Mine führte dies die sofortige Kapitulation der österreichischen Garnison herbei (s. u.).⁶⁶

1810: Französische Belagerung der Festung Almeida in Portugal, eine nicht beseitigte Pulverspur wurde angeblich von einer Bombe getroffen. Das Auf-fliegen des Hauptpulvermagazins im Schloss rasierte fast die ganze Stadt. Die Festung kapitulierte am folgenden Tage.⁶⁷

1815: Preußischer Versuch auf Avesnes, der 14. Wurf einer 10-pfündigen Haubitze traf nach Mitternacht das „schlecht gesicherte“ Pulvermagazin,

dessen Aufliegen die Verwüstung der Stadt und die sofortige Kapitulation zur Folge hatte.⁶⁸



Abbildung 23: Pulvermagazin der Festung Avesnes-sur-Helpe, welches im Juni 1815 nach einem glücklichen Treffer einer preußischen Haubitzengranate aufflog (BNF btv1b8445249n_1)

Minenkrieg

Für die Minen wurden erhebliche Mengen Pulver benötigt; eine Flattermine brauchte beispielsweise ein Fass Pulver, d. h. ca. 1 Zentner; eine überladene Mine (globe de compression, Druckkugel) erforderte dagegen um die 5 Tonnen Schießpulver. Bei der preußischen Belagerung von Schweidnitz⁶⁹ 1762 sprangen vier überladene Minen gegen das Jauernicker Fort, woraus sich die gesamte Pulvermenge mit etwa 20 Tonnen abschätzen lässt. Der selten geführte Minenkrieg war auch eine Frage der Ressourcen, welche dem Angreifer in diesem Fall die Überlegenheit sicherten.

⁶⁵ Rutzky, 54ff.

⁶⁶ Tielke, Johann Gottlieb: Die drey Belagerungen und Loudonsche Ersteigung der Festung Schweidnitz in den Feldzügen von 1757 bis 1762, Freyburg (1781)

⁶⁷ Belmas, Jacques-Vital: Tome III, in: Belmas, Jacques-

Vital: Journaux des sièges faits ou soutenus par les Français dans la Péninsule de 1807 à 1811; 4 Bände, Paris (1836-37), 335-406.

⁶⁸ Malinowsky-Bonin, III, 555.

⁶⁹ Malinowsky-Bonin, III, 334.

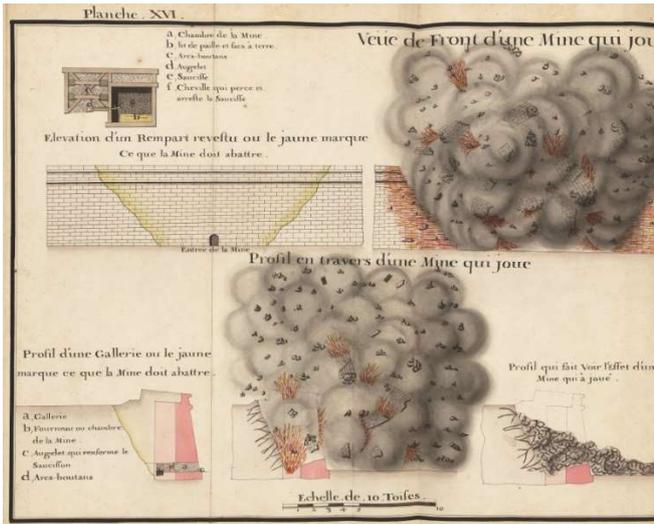


Abbildung 24: Breschierung der Futtermauer eines Hauptwalls mit einer Mine (Vauban, Manuskript, *Traité de l'attaque*, Planche XVI)

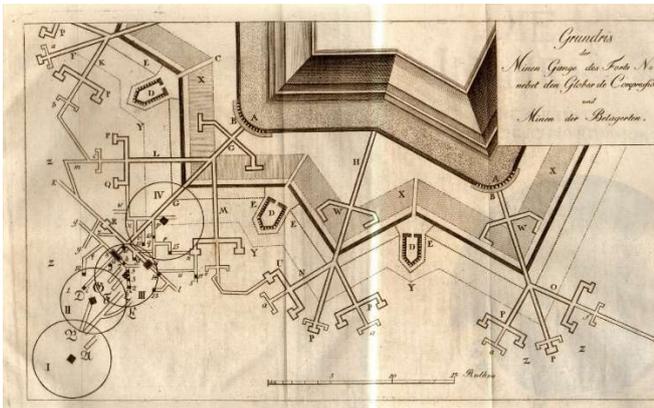


Abbildung 25: Minenkrieg vor Schweidnitz 1762; die Trichter der vier überladenden Minen vor dem Jauernicker Fort. Die zweite und dritte Mine zerstörten das Kontermiensystem, die vierte Mine warf den Vorgraben zu und verschüttete den Wall (Tempelhof, 1762, Plan III)

Wirkung der Explosionen

Eine Druckwelle breitet sich bekanntlich entlang der kürzesten Widerstandslinie aus. Krünitz schreibt darüber

„Die dritte Ursache [der Wirkung] ist der Widerstand, den das Pulver bey seiner Entzündung findet. Das entzündete Pulver kann, indem es sich ausbreitet, nicht wirken, wenn es nicht einen Widerstand findet. Je näher dieser Widerstand der Flamme ist, desto größer ist die Wirkung, daher bey der Entzündung eines Pulvermagazins der Schlag am stärksten auf die Mauern des Behältnisses wirkt, worin sich der Pulvervorrath befindet.“

Wenn das Explosionszentrum an der Erdoberfläche lag (wie bei einem freistehenden Munitionswagen), breitete sich die Druckwelle mehr oder weniger

gleichmäßig nach allen Seiten aus; der angerichtete Schaden auf die Umgebung war relativ gering, zumal es sich auch um kleinere Mengen handelte. Die massive, bombensichere Einwölbung der Kriegspulvermagazine verstärkte dagegen durch die Verdämmung den Effekt der Explosion: Bei einem in der Bastionskehle liegenden Pulvermagazin wurde die Druckwelle teilweise von den Wällen nach oben abgelenkt, bei unter den Wällen liegenden Kasematten blies die Explosion sehr wahrscheinlich durch die Fenster, Türen und leichten Schalenmauern ins Freie. Aus diesem Grunde erhielten die Pulvermühlen massive Mauern, aber leichte Dächer. Modern ausgedrückt: Die Dächer, Türen und Fenster waren die Druckentlastungsflächen.

Das Auffliegen eines freistehenden Pulvermagazins hatte typischerweise die folgende Wirkung:⁷⁰

Zone 1: Keine Überlebenden im Epizentrum. Pulvermagazin abrasiert bis zu den Fundamenten, evtl. auch Krater mit Erdaufwurf. Darunterliegende Gewölbe eingedrückt, nahestehende Gebäude bis zum Erdgeschoss zerstört. In Leiden ein Radius von 109 m (Abbildung 26).

Zone 2: Schwer Verletzte: Verbrennungen, Lungenrisse, Lungenversagen, Knochenbrüche, Schockzustand. Durch die Druckwelle wurden Soldaten z. B. von den Wällen geschleudert, Wände eingedrückt, Dächer abgeworfen, Wagen umgeworfen, Geschütze umgestürzt, Brände und evtl. weitere Explosionen ausgelöst. In Leiden ein Radius von 109-168 m.

Zone 3: Leicht Verletzte, Verletzung durch Stürze, Traumata. Umherfliegende Trümmerteile, herabfallende Ziegel und Glassplitter; geringere Schäden an den Gebäuden wie eingedrückte Fenster und Türen. In Leiden ein Radius ab 168 m.



Abbildung 26: Explosion einer Pulverschute 1807 in Leiden. Obwohl die Verdämmung auf der Schute nicht mit

⁷⁰ Borg, secret of Leiden.

der eines Pulvermagazins zu vergleichen war, so ist doch die Staffelung der Schäden klar zu erkennen: Im Explosionszentrum sind die Häuser bis auf die Grundmauern rasiert, dahinter stehen nur noch Mauerreste der Erdgeschosses, dann fast eingestürzte Häuser, dahinter sind die Dächer abgedeckt, zuletzt sind Fenster und Türen eingedrückt. Das eiserne Brückengitter im Vordergrund ist unbeschädigt. Man zählte 154 Tote und ca. 2.000 Verletzte. Untersuchungen lassen darauf schließen, dass die Explosion der 18 Tonnen Pulver von der Kombüse an Bord der Schute ausgelöst wurde. Für den Pulvertransport über Leichter und Schuten galt offenbar nicht das, was für Pulvertransporte über Land galt: nämlich kein Aufenthalt innerhalb der Städte. Es waren weder Schildwachen aufgestellt noch ein Transportoffizier ernannt. (Ludwig Gottlieb Portman: *Puinhoppen na de ramp van Leiden*, 12 januari 1807)

Ein auffliegendes Kriegspulvermagazin hinter dem Hauptwall zog in der Regel die bedingungslose Kapitulation einer Festung nach sich: Die Explosion demoralisierte und schwächte durch die Verluste die überlebende Besatzung, die medizinischer Versorgung brach zusammen, der Verlust der Pulvervorräte, sei es teilweise oder vollständig, erlaubte keine weitere Verteidigung, die ausgelösten Brände waren kaum unter Kontrolle zu bringen. Die Auswirkungen auf die Wallanlagen, also besonders auf die Eskarpenmauern, welche die Sturmfreiheit sicherten, war allerdings in den meisten Fällen gering.

Ursachen der Unfälle

Die Analyse der vorkommenden Unfälle bis ca. 1860 zeigt als wichtigste Ursachen für das Auffliegen von Magazinen auf:

- Blitzschlag, womöglich auch elektrostatische Aufladungen.
- Undichte Deckel oder Dauben der Fässer, aus denen Pulver rieselte und eine leicht zu entzündende Spur hinterließ.
- Verstäubung des hochentzündlichen Mehlpulvers bei der Bewegung der Fässer in den Magazinen und während der Transporte
- Die nachlässige Handhabung funkenschlagender Materialien wie Eisen, wie z. B. benagelte Schuhe, Sporen, Beschläge an Türen und Fenstern.
- Rauchen von Pfeifen, Funkenflug oder offenes Licht in den Magazinen, beim Transport oder beim Entleeren bzw. Befüllen der Pulverfässer.
- Sabotage

Beim Laborieren kamen vor:

- Unvorsichtige Handhabung
- Fensterscheiben, die als Brennspiegel wirkten

Bei den Transporten sind bekannt:

- Durch Reibungshitze ausgelöste Brände der hölzernen Achsen von Munitions- oder Pulverwagen
- Funkenschlagen der Hufe und der

eisenbereiften Wagenräder auf dem Pflaster, was eine Pulverspur entzünden konnte

Während der Belagerungen kamen hinzu:

- Direkte Treffer in die Magazine und Laboratorien
- Direkte Treffer in die Munitionswagen oder Kugelkarren etc.
- Brände der umgebenden Gebäude, verursacht durch Bomben, Granaten, Brandgeschosse oder durch Feuerstellen in den Häusern
- Offenstehende oder nicht verblendete Türen und Öffnungen an den Magazinen
- Das Auffliegen von Munitionskisten der Artillerie bei den Batterien

Die Unfälle beim Laden der Feuerwaffen sind ein eigenes Thema und werden hier nicht behandelt.

Eine ziemlich umfassende Übersicht über die Unfälle mit Pulver und ihre Ursachen, soweit sie überhaupt aus Zeugenaussagen ermittelt werden konnten, gibt Rutzky in „Das Schießpulver und seine Mängel“.

Zusammenfassung

Der Artikel behandelt den zeitgenössischen Stand des Wissens und der Technik bei Fabrikation, Transport, Laborierung, Verwendung und Aufbewahrung von Schießpulver im 18. und 19. Jahrhundert. Obwohl das Bewusstsein und Wissen über die Risiken im Umgang mit den Explosivstoffen in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts bedeutend zunahm, kam es immer wieder zu schweren Unglücken in Friedenszeiten. Die Einführung der Blitzableiter schaltete zwar ein Risiko aus, es blieb aber die Gefahr der falschen Handhabung und weiterer nicht-kontrollierbarer Faktoren. In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurden Dienstvorschriften entwickelt, die zusammen mit baulichen Vorschriften und den Einrichtungen der Magazine den Umgang mit Pulver erheblich sicherer machten. Entscheidend war die Abkehr von den herkömmlichen freistehenden Pulvermagazinen Vaubanschen Typs zu kasemattierten Pulvermagazinen in der Kehlseite der Werke und die Auslagerung in Friedenspulvermagazine vor der Hauptumwallung.

Erst die schrittweise Einführung der modernen Explosivstoffe nach 1880 beseitigte die Risiken bei der Lagerung von losem Schießpulver in Festungen, da die Munition ab diesem Zeitpunkt fertig kartuschiert angeliefert wurde.

Bei Belagerungen der Festungen waren die Pulvermagazine und Laboratorien ein Schwachpunkt in der Verteidigung, wie anhand ausgewählter Beispiele demonstriert wird. Das Auffliegen der Pulvermagazine durch einen Treffer führte fast immer zur unmittelbaren Kapitulation der Festung. Der Artikel analysiert außerdem die Ursachen und

Auswirkungen der Explosionen und mögliche zeitgenössische Maßnahmen zur Minimierung der Risiken.

Der Autor dankt Thomas Hemmann, Bornheim, für die kritische Durchsicht des Manuskripts, und Oliver Schmidt, Heidelberg, für weitere Literaturhinweise.

Referenzen

Literatur

- Buschbeck, F.; Helldorf, K. von; Ritz, Th.: *Feld-Taschenbuch für Offiziere aller Waffen der Deutschen Armee zum Kriegs- und Friedens-Gebrauch*; Band 1, Berlin, Hempel (1874)
- Dawson, Anthony L.; Dawson, Paul L.; Summerfield, Stephen: *Napoleonic Artillery*; Ramsbury, Marlborough, Crowood Press (2007)
- Dienstvorschrift für die Unteroffiziere der Königlich Preußischen Artillerie; Berlin, Friedrich Laue (1832)
- Diderot, Denis; Alembert, D': *Encyclopédie, ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers. Planches*; Paris (1751-1780)
- Drouin, Pierre: *Thunder and Powder: May They Never Meet! Lightning Conductors at the Esplanade Powder Magazine*, Quebec City; *Northeast Historical Archaeology*, Volume 20, Article 4 (1991)
- Egen, P. M. E.: *Untersuchungen über den Effekt einiger in Rheinland-Westphalen bestehenden Wasserwerke*; Bände 1-2, Erfurt, Ministerium des Innern (1831)
- Figuier, Louis: *Les poudres de Guerre*; in: *Les Merveilles de la science ou description populaire des inventions modernes*, Furne, Jouvet et Cie, (1867) S. 209-308
- Graaff, Diederik de: *Verhaal betrekkelijk het beleg, bombardement en de overgave van Gorinchem in den Winter van 1813 of 1814*; Gorinchem, J. van der Wal (1864)
- Hochadel, Oliver: *Entwaffnung Gottes - 250 Jahre Blitzableiter*; *Der Freitag - die Wochenzeitung* (2002)
- Hoyer, Johann Gottfried von: *Allgemeines Wörterbuch der Artillerie*; 4 Teile und ein Ergänzungsband, Tübingen, Cottasche Buchhandlung (1804)
- Hoyer, Johann Gottfried von: *Lehrbuch der Kriegsbaukunst, den Angriff und die Vertheidigung der Festungen enthaltend, zum Behuf der Vorlesungen in Kriegs- und Ingenieurschulen*; zweiter Theil, Berlin, Sandersche Buchhandlung (1818)
- Kameke, H. F.: *Sammlung von Zeichnungen die Einrichtung der materiellen Gegenstände der Preussischen Artillerie darstellend, nach den neuesten Bestimmungen - Laffeten, Protzen und Wagen der Festungs-Artillerie*; Berlin (1837)
- Kameke, H. F.: *Erläuterungen zur Sammlung von Steindruckzeichnungen durch welche die Einrichtung der materiellen Gegenstände der Preußischen Artillerie dargestellt ist*, Berlin (1837)
- Kastner, August: *Tagebuch über die Belagerung der Stadt und Festung Neisse 1807*; S. 54.-152, in: *Bericht der Philomathie in Neisse vom Oktober 1869 bis zum April 1872*; Band 17, Neisse, Graueur'sche Buchhandlung (1872)
- Krünitz, Johann-Georg: *Oekonomische Encyclopädie oder allgemeines System der Staats- Stadt-Haus- und Landwirthschaft*; 242 Bände, Berlin, Pauli (1773-1858), Stichworte Pulvermagazin, Pulvermühle, Pulverprobe, Schießpulver, etc.
- Leitfaden zum Unterrichte in der Artillerie für die Königl. Preuß. Brigade-Schulen dieser Waffe; Berlin, Reimer (1829)
- Lühe, Hans Eggert Willibald von der (Hrsg.): *Militair-Conversations-Lexikon*; Band 6: N-Q, Adorf, Rückmann (1837)
- Malinowsky, Louis von; Bonin, Robert von: *Geschichte der brandenburgisch-preußischen Artillerie*; Drei Bände, Berlin, Duncker & Humblot (1842), Band 2 - Reprint, LTR-Verlag, Wiesbaden 1982
- Morla, Don Thomas de; Hoyer, Johann Gottfried von (Übers.): *Lehrbuch der Artilleriewissenschaft*; 2 Bände, 2. Aufl. Leipzig, Johann Ambrosius Barth (1821)
- Rouvroy, Friedrich Gustav: *Handbuch des Batteriebaus oder die Anlegung und Erbauung der Batterien beim Angriff auf feste Plätze*; Leipzig, Fleischer (1809)
- Rouvroy, Friedrich Gustav: *Vorlesungen über die Artillerie zum Gebrauch der Königl.-Sächs. Artillerie-Akademie Dresden*; 3 Bde., Dresden, Arnoldische Buch- und Kunsthandlung (1809, 2. Auflage 1823)
- Rumpf, H. F.: *Allgemeine Real-Encyclopädie der gesammten Kriegskunst: eine Handbibliothek für Offiziere aller Waffen*; 2 Bände, 2. Auflage Berlin (1827)
- Rutzky, Andreas; Grahl, Otto von: *Das Schießpulver und seine Mängel. Ein Beleg für die Nothwendigkeit eines neuen Schießpräparats*; Wien, Typographisch-literarisch-artistische Anstalt (1863)
- Scharnhorst, Gerhard von; Hoyer, Johann Gottfried von (Bearb.): *Handbuch der Artillerie, worin von der Einrichtung, der Bedienung und den Ausrüstungs- und Erhaltungskosten des Geschützes, und von der Wirkung und dem Gebrauch desselben im Felde gehandelt wird*; *Handbuch für Offiziere in den angewandten Theilen der Kriegswissenschaften*, Erster Band, 2. Auflage Hannover, Hellwingsche Hofbuchhandlung (1815)
- Schöning, Kurd-Wolfgang von: *Historisch-biographische Nachrichten zur Geschichte der*

Brandenburgisch-Preußischen Artillerie – aus Original-Rapporten zusammengestellt, Band 3, Berlin, Ernst-Siegfried Mittler (1845)

Streffleur, Valentin von: Die Dienst-Vorschriften sämtlicher Waffengattungen und Branchen der k. k. österreichischen Armee. als Handbuch für Militär-Individuen; Wien (1844)

Tempelhof, G. F. von: Geschichte des Siebenjährigen Krieges zwischen dem Könige von Preußen und der Kaiserin Königin mit ihren Alliierten als eine Fortsetzung der Geschichte des Generals Lloyd; Berlin, Johann Friedrich Unger (ca. 1795-1801)

Unterberger, Leopold von: Abhandlung über die beständige Befestigungskunst und nöthige Begriffe von dem Angriffe und der Vertheidigung der Festungen; Wien, Wapler und Beck (1807) - zum Gebrauch der Officiere der k.k. Oestreichischen Armee

Vauban, Sebastian le Prestre de: Traité de l'attaque et de la défense des places. Manuscrit calligraphié et illustré.; Œuvres militaires du maréchal Vauban, Paris (ca. 1718)

Vogt: Ernstfeuerwerkerei für die Königlich Preussische Artillerie; Berlin, Reimer (1835)

Websites

Borg, Antoine P.: The hidden secret of the Leiden explosion, URL <#<https://www.unexpectedtraveler.com/the-hidden-secret-of-the-leiden-explosion/#>> [26.10.2021]

DIGAM: Digitales Archiv Marburg, WHK (Wilhelmshöher Kriegskarten); Marburg, Staatsarchiv Marburg (2018) URL <#<http://www.digam.net/#>> [07.12.2018] - Digitalisierte Karten, Pläne und Dokumente zur Militärgeschichte des 17-18. Jahrhunderts

Deutsche Digitale Bibliothek URL <#<https://www.deutsche-digitale-bibliothek.de/#>> [14.11.2021]

BNF (Bibliothèque Nationale de France), Gallica, URL <#<https://www.bnf.fr/fr#>> [14.11.2021]

Archivalien

Spezifikationen der preußischen Artillerie 1816-1822 (1816-1822) - 98 Zeichnungen, British Library, Signatur CUP 1248 b22.98Anhänge

Anhänge

Redeweisen in Bezug auf Pulver, Artillerie und Feuer

„Auf einem Pulverfass sitzen“

„Die Flinte ins Korn werfen“

„Die Lunte riechen“

„Er hat das Schießpulver nicht erfunden“

„Er hat sein letztes Pulver verschossen“

„Er ist keinen Schuss Pulver wert“

„Kein Pulver riechen können“

„Pulver auf der Pfanne haben“

„Sein Pulver trocken halten“

„Sein Pulver verschossen haben“

„Sich wie ein Lauffeuer verbreiten“

„Das geht aus wie das Hornberger Schießen“

„Er ist wie vernagelt“

„Jemanden Zunder geben“

Pulverprobiermörser nach Krünitz

„Kleine Mörser, zum Probieren des Pulvers.“

In Frankreich probiert man das Pulver mittelst eines kleinen Mörsers. Der Diameter desselben ist 7 Zoll und 3/4 Linien. Der Diameter der Kammer ist 1 Zoll 10 Linien. Die Länge der Seele ist 8 Zoll 10 Linien. Die Länge der Kammer ist 2 Zoll 5 Linien. An diesem Mörser wird ein metallener Fuß, welcher 16 Zoll lang, 9 Zoll breit und 1 1/2 Zoll dick ist, so angegossen, daß er mit der Fläche desselben einen Winkel von 45 Grad machet. Von dem Pulver nun, dessen Güte erforscht werden soll, werden 3 Unzen in die Kammer dieses Mörsers geladen. Auf dieses Pulver kommt eine kupferne Kugel, die 7 Zoll im Durchschnitte ist, und 60 Pfund wiegt. Wenn nun die 3 Unzen Pulver diese Kugel auf 50 bis 55 französische Klafter weit werfen: so wird das Pulver für gut gehalten, und in die Magazine angenommen.

So richtig auch diese Probe zu seyn scheint, so mancherley Schwierigkeiten befinden sich doch dabey: 1) Wenn viele Fässer Pulver probiert werden sollen, so geht die Arbeit gar zu langsam von statten. Der Mörser muß vor einer neuen Ladung allemahl erst wieder erkalten, die Kugel muß immer zurück gehohlet werden, und also wäre man genöthiget, wenn sehr viele Fässer mit Pulver probiert werden sollen, und die Arbeit nicht gar zu lange währen soll, die Probe nur bey etlichen Fässern zu machen, die übrigen aber auf gute Treu und Glauben anzunehmen, welches anderweitigen Schwierigkeiten unterworfen ist. 2) Hat die Erfahrung gelehret, daß einerley Pulver in einerley Menge genommen, in einerley Mörser geladen, eben dieselbe Bombe zu verschiedenen Zeiten auf sehr ungleiche Weiten gebracht hat. 3) Diese Ungleichheit hat wahrscheinlicher Weise ihren Grund in der großen Ungleichheit, die sich zwischen dem Gewichte der Kugel und der Menge des Pulvers, womit dieselbe fortgetrieben wird, befindet.“

Vorsichtsmaßnahme bei Pulverarbeiten 1874⁷¹

1. Im Allgemeinen. — Keine Pulverarbeit wird ausgeführt, ohne die Arbeiter*) unter Aufsicht (in der Regel eines Officiers, ausnahmsweise eines Zeugfeldwebels resp. Mitgliedes des Feuerwerks-Personals) zu stellen. — Nie werden mehr Arbeiter angestellt, als durchaus nothwendig sind. — Aufseher und Arbeiter legen ihre Waffen und alle feuergefährlichen Dinge ab. Dahin sind zu rechnen: Tabackspfeifen, Stahl, Stein, Eisen, Messer etc. — Die Arbeiter werden über ihr Verhalten bei der

Arbeit belehrt und vorzugsweise auf folgende Punkte aufmerksam gemacht: Ruhe, Ordnung und Stille sind bei Pulverarbeiten in erhöhtem Maasse nothwendig. Niemand tritt ohne Erlaubniss aus. Ein willkürliches Wechseln des angewiesenen Platzes ist untersagt. Ist Pulver oder Satz verstreut worden, so muss das Verstreute mit dem Borstwisch zusammengefegt und entfernt werden. Jede Reibung von Eisen auf Eisen, Sand, Stein etc. ist sorgfältig zu vermeiden und deshalb Sand und Staub von den Geräthen und Arbeitsstellen stets zu entfernen.

⁷¹ Buschbeck-Helldorf, Feld-Taschenbuch, 177-179.

2. In Magazinen. — Im Magazin selbst wird nie eine andere Arbeit vorgenommen als das Heraus- und Hineinschaffen der Pulvertonnen oder der Munition. Die Behandlung oder Ausbesserung dieser Dinge, sowie alles Hämmern, Sägen, Bohren, muss stets im Freien und wenigstens 50 bis 100 Schritt vom Magazin entfernt geschehen. — Im Magazin werden alle Gänge und Treppen mit Haardecken belegt. — Jeder, der ins Magazin tritt, muss Filzschuhe anziehen. — Der Eintritt ins Magazin ist nur so viel Personen gestattet, als zum Heraus- und Hineinschaffen des Pulvers und zur Aufsicht unumgänglich nöthig sind. Sie tragen die Tonnen beim Herausbringen bis in die Vorhalle, von wo sie von anderen Arbeitern weiter geschafft werden und nehmen sie auch daselbst wieder beim Bringen in Empfang. — Die Fässer werden beim Herab- und Hinauflegen nie geschoben, stets gehoben und wo sie gerollt werden müssen, darf dies nur auf Decken geschehen. Beim Transport bis zur Vorhalle und von da weiter werden sie stets auf zwillichen Pulvertragen fortgeschafft und nie gerollt. — Im Freien werden die Fässer von der Trage auf ausgebreitete Haardecken, unter welche bei feuchtem Wetter noch Bohlen und Bretter zu liegen kommen, niedergestellt und vor dem Aufschlagen vom Staube u. s. w. bez. vor dem Hineinbringen von Sand, Erde u. s. w. mit dem Borstwisch sorgfältig gereinigt. Die bürgerlichen Böttcher dürfen sich beim Auf- und Zuschlagen der Fässer nur des in jedem Magazin vorhandenen Fassbindezeugs bedienen. — Bei Annäherung eines Gewitters hört die Arbeit auf,*) die Fässer werden hineingeschafft, Luken und Thüren geschlossen und die Arbeiter entlassen. — Nach beendigter Arbeit werden alle gebrauchten Decken windabwärts und einige hundert Schritt vom Magazin, am besten über Wasser, rein ausgestäubt. — In Magazinen dürfen nur die für den Gebrauch daselbst besonders eingerichteten Sicherheitslaternen benutzt werden.

3. Bei Munitions-Arbeiten. — Die Munitionsarbeiten werden theils in den Räumen des Laboratoriums ausgeführt, theils im Freien. Im Freien oder, zum Schutz gegen das Wetter unter leichter Bedachung, alle gefährlicheren, das sind: Solche, bei denen grosse Mengen Pulver gebraucht werden, als das Füllen der Kartuschen u. s. w. oder solche, bei denen durch Schlagen oder Bohren eine Entzündung und gefährliche Explosion stattfinden könnte, z. B. das Laden und Entladen der Hohlgeschosse. — Alle Arbeiten, bei denen ein Satz festgeschlagen wird, werden in ungedielten Räumen ausgeführt und der Fussboden wird feucht erhalten. — Nie darf eine zu grosse Menge Satz oder fertiger

*) Bei zweifelhaftem Wetter ist die Anzahl der auf die Arbeitsstelle zu schaffenden Tonnen mit Rücksicht hierauf zu bemessen.

Stücke im Arbeits-Local vorhanden sein. — Gefässe, welche über Feuer gewesen sind, werden, ehe sie nach der Arbeitsstelle kommen, mit feuchten Lappen abgewischt und ihre Rüsse in Wasser abgekühlt.

Pulvertransport in der Festung Luxemburg am 26. April 1826⁷²

Schreiben

des Militärgouvernements der Bundesfestung Luxemburg an den Stadtmagistrat
dieselbst, d. d. Luxemburg 6. April 1826.

Nachdem das Pulvermagazin Theresia ganz hergestellt worden ist, und zur Herstellung des Pulvermagazins Heiligengeist geschritten werden soll, so ist Seitens des unterzeichneten Militärgouvernements angeordnet worden, daß zu diesem Zwecke die bedeutenden Vorräthe aus diesem Magazin in jenes geschafft werden sollen.

Montag den 10. d. M. wird dieser Pulvertransport beginnen; die Dauer desselben kann jetzt noch nicht bestimmt werden, jedoch sind die Arbeitsstunden für denselben täglich von des Morgens von 6 bis 12 Uhr und des Nachmittags von 2 bis 5 Uhr festgesetzt.

Während dieser Zeit wird die Passage längst des Balles von der Theresiencaferne, bis zum Bastion Heiligengeist, mit Ausnahme der beim Transporte beschäftigten Mannschaft, für Jedermann gänzlich gesperrt bleiben.

An den Debouchées der auf diesen Theil des Balles stoßenden Strassen, werden zu diesem Behufe Schildwachen aufgestellt seyn.

Das Festungsgouvernement hat ausserdem durch Instructionen für die bei dem Pulvertransporte beschäftigte und aufgestellte Mannschaft nichts gespart, um die Sicherheit der Stadt bei dieser Gelegenheit zu fördern.

Eine Wohlöbliche Stadtregerung ersucht dasselbe aber auch ganz ergebenst, Ihrerseits ebenfalls dabei gefälligst alle mögliche Sicherheitsmaassregeln zu ergreifen, den Einwohnern die Passage an dem bezeichneten Orte und während der angegebenen Zeit zu untersagen und den in der Höhe wohnenden Bürgern, besonders den Schülern und Lehrern des Atheneums, die sorgsamste Vorsicht aufzugeben.

Sobald der Pulvertransport beendet seyn wird, wird das Militärgouvernement nicht ermangeln, Einer Wohlöblichen Stadtregerung solches zur Kenntniß zu bringen.

Militärgouvernement der Bundesfestung Luxemburg.

In Abwesenheit des Gouverneurs,

(signé) du Moulin,

Obriß und Commandant.

Pour copie conforme, le Secrétaire de la ville,

(signé) Schrobilgen.

⁷² Protokolle der Deutschen Bundesversammlung, Band 12 (1827), 326.