

DIE EXPLOSIVSTOFFE

MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG
DER NEUEREN PATENTE
ERSTES HEFT

SCHWARZPULVER UND SPRENGSALPETER

VON

DR. RICHARD ESCALES

MIT ZAHLREICHEN ABBILDUNGEN UND EINER TAFEL

ZWEITE, VÖLLIG UMGARBEITETE UND ERWEITERTE AUFLAGE



LEIPZIG
VERLAG VON VEIT & COMP.
1914

DIE EXPLOSIVSTOFFE

MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG

DER NEUEREN PATENTE

BEARBEITET

VON

DR. RICHARD ESCALES

ERSTES HEFT

SCHWARZPULVER UND SPRENGSALPETER

ZWEITE, VÖLLIG UMGARBEITETE UND ERWEITERTE AUFLAGE



LEIPZIG

VERLAG VON VEIT & COMP.

1914

SCHWARZPULVER UND SPRENGSALPETER

VON

DR. RICHARD ESCALES

MIT ZAHLREICHEN ABBILDUNGEN UND EINER TAFEL

ZWEITE, VÖLLIG UMGEARBEITETE UND ERWEITERTE AUFLAGE



LEIPZIG
VERLAG VON VEIT & COMP.
1914

Vorwort.

Das vor zehn Jahren erschienene kleinere Büchlein über Schwarzpulver und ähnliche Mischungen hatte nur einen gedrängten Überblick über die Materie gegeben, so daß entsprechend der Anlage des Gesamtwerkes eine neue Bearbeitung von Band 1 nötig wurde. Inzwischen sind Band 2 (Schießbaumwolle, Nitrozellulosen), Band 3 (Nitroglyzerin und Dynamit), Band 4 (Ammonsalpetersprengstoffe) und Band 5 (Chloratsprengstoffe) erschienen, Band 6 (Nitrokohlenwasserstoffe) ist bereits teilweise fertiggestellt, Band 7 (Initialzündungen) und Band 8 (rauchschwache Pulver) sollen baldmöglichst folgen.

Bei dem vorliegenden Buche über Schwarzpulver und Sprengsalpeter sind nach einem einleitenden geschichtlichen Teil zunächst die Rohstoffe ausführlich behandelt, besonders die Herstellung der Holzkohle eingehend beschrieben. — Es folgen die wichtigen Patente, sodann ein größerer Abschnitt über Fabrikation; hierbei sind die Zerkleinerungsmaschinen mit besonderer Ausführlichkeit behandelt, da diese Maschinen nicht nur bei der Herstellung des Schwarzpulvers, sondern auch bei Fabrikation anderer Explosivstoffe eine wichtige Rolle spielen, so daß deren eingehende Besprechung hier im Zusammenhang zweckmäßig erschien. An den Abschnitt über Fabrikation und Fabrikanlagen schließt sich ein Kapitel über Aufbewahrung und Lagerung des Pulvers. — Im 6. Abschnitt wird die physikalische und chemische, im 7. die ballistische und sprengtechnische Untersuchung mitgeteilt, woran sich ein Kapitel über die Verbrennungsprodukte des Schwarzpulvers anreihet.

Die nächsten Abschnitte behandeln die Verwendung des Schwarzpulvers als Treibmittel, als Sprengmittel, in der Feuerwerkerei, Munitions- und Zündschnurfabrikation. — Von größerer praktischer Bedeutung ist der Sprengsalpeter, ein schwarzpulverähnliches Produkt, das aber mit dem billigeren Natronsalpeter hergestellt ist; überhaupt spielen die schwarzpulver-

ähnlichen, handhabungssicheren Sprengstoffe neuerdings eine wichtige Rolle; auch direkte Sprengstoffe aus Natronsalpeter und organischen Salzen, sog. Weißpulver, kommen in Betracht. Der 12. Abschnitt: Schwarzpulverähnliche Sprengstoffe soll hier einen Überblick bringen. — Die beiden letzten Kapitel enthalten Verkehrsbestimmungen und wirtschaftliche Mitteilungen.

Das erste, historische Kapitel wurde nach meiner Anleitung von Herrn cand. hist. Albert Hausenstein-München bearbeitet; bei den Abschnitten über Rohstoffe und Fabrikation hat Herr Ingenieur Egon Neumann-Darmstadt die Ausarbeitung des maschinellen Teiles übernommen, vielleicht manchmal in etwas zu breit angelegter Form. Beiden Herren sei an dieser Stelle für ihre Unterstützung bestens gedankt.

Dr. R. Escales.

Inhalt.

| | Seite |
|---|------------|
| Erster Abschnitt. Geschichtliches | 1 |
| Zweiter Abschnitt. Rohstoffe und Bestandteile. | |
| A. Salpeter | 26 |
| B. Schwefel | 65 |
| C. Holzkohle | 89 |
| D. Verschiedene andere Rohstoffe und Bestandteile | 156 |
| E. Dosierung | 158 |
| Dritter Abschnitt. Patente. | |
| A. Auf die Zusammensetzung bezügliche Patente | 171 |
| B. Auf die Herstellungsverfahren bezügliche Patente | 187 |
| C. Die Apparatur betreffende Patente | 197 |
| Vierter Abschnitt. „Fabrikation.“ | |
| A. Herstellung der gekörnten Schwarzpulver | 209 |
| B. Herstellung der komprimierten Schwarzpulver sowie der Sprengpulver | 346 |
| C. Allgemeines über Fabrikanlagen zur Herstellung von Schwarzpulver und ähnlichen Mischungen | 355 |
| Fünfter Abschnitt. Aufbewahrung und Lagerung des Pulvers | 376 |
| Sechster Abschnitt. Physikalische und chemische Untersuchung des Schwarzpulvers. | |
| A. Physikalische Untersuchung | 381 |
| B. Chemische Untersuchung | 389 |
| Siebenter Abschnitt. Ballistische und sprengtechnische Untersuchung. | |
| A. Entzündlichkeit | 391 |
| B. Verbrennungsgeschwindigkeit | 395 |
| C. Detonationsgeschwindigkeit | 396 |
| D. Der von den Explosionsgasen ausgeübte Druck | 397 |
| E. Bestimmung des Gasvolumens | 400 |
| F. Bestimmung der Verbrennungswärme (Explosionswärme) | 401 |
| G. Größe und Dauer der Explosionsflamme und Verbrennungstemperatur | 402 |
| H. Fluggeschwindigkeit des Geschosses in einem bestimmten Abstände von der Rohrmündung (ballistische Arbeitsleistung) | 402 |
| I. Sprengkraft | 403 |

| | Seite |
|---|-------|
| Achter Abschnitt. Die Verbrennungsprodukte des Schwarzpulvers | 405 |
| Gasförmige Zersetzungsprodukte des Sprengsalpeters | 417 |
| Neunter Abschnitt. Die Verwendung des Schwarzpulvers als Treibmittel | 420 |
| Zehnter Abschnitt. Die Verwendung des Schwarzpulvers als Sprengmittel | 426 |
| Elfter Abschnitt. Die Verwendung von Schwarzpulver in der Feuerwerkerei, der Laborierung von Artilleriemunition und der Zündschnurfabrikation. | |
| A. Feuerwerkerei (Kunst- oder Luftfeuerwerkerei und Kriegsf Feuerwerkerei) | 430 |
| B. Satzscheibenpulver | 431 |
| C. Zündpulver oder Zündschnurpulver | 433 |
| Zwölfter Abschnitt. Schwarzpulverähnliche Sprengstoffe. | |
| A. Mischungen von Salpeter, Kohle und Schwefel | 437 |
| B. Pulver mit geringem Schwefelgehalt und schwefelfreie Pulver | 440 |
| Dreizehnter Abschnitt. Verkehrsbestimmungen | 452 |
| Vierzehnter Abschnitt. Wirtschaftliche Mitteilungen | 455 |
| Literatur | 463 |
| Patente | 467 |
| Autorenregister | 468 |
| Sachregister | 470 |

Erster Abschnitt.

Geschichtliches.

I.

Von allen Erfindungen, die je gemacht wurden, ist zweifellos diejenige des Schießpulvers eine der am meisten umstrittenen, was die Person des Erfinders und die Zeit der Entdeckung anbelangt. Wie jede andere Erfindung hat auch sie ihre Vorgeschichte, aus der sie als notwendiges Ergebnis einer langen Erfindungsreihe erkannt wird.

Zwei sehr wichtige Fragen ergeben sich gleich von vornherein: erstens, welches Volk der Erde darf den Ruhm in Anspruch nehmen, das Schießpulver, d. h. eine Mischung von Salpeter, Schwefel und Kohle zuerst gekannt zu haben, und zweitens, wann und wo kam der Mensch zuerst darauf, eine solche Mischung als Treibmittel für Feuerwaffen zu gebrauchen, mit anderen Worten: in welche Zeit fällt die Erfindung des Schießpulvers und der Feuerwaffen. Denn wir haben es offenbar mit zwei unabhängig voneinander erfolgten Erfindungen zu tun, wie im nachfolgenden bewiesen werden soll.

Als sicher steht fest, daß das Altertum das Schießpulver bei seiner Unbekanntschaft mit dem charakteristischen Bestandteil desselben, dem Salpeter, nicht gekannt hat. Ein arabischer Schriftsteller, Abd Allah, etwa um das Jahr 1200 in der Nähe Malagas geboren, bezeichnet den Salpeter als „Schnee von China“ — bei den Persern finden wir die Benennung „Salz von China“ — und weist damit auf das Ursprungsland dieses wichtigen Pulverbestandteils hin. Dieser Vermerk Abd Allahs, zusammengefaßt mit den Angaben des „Leydener Kriegsbuches“ von 1225, gestattet die Annahme, daß der Salpeter etwa im zweiten Viertel des 13. Jahrhunderts von China aus in den mohammedanischen Ländern bekannt wurde. Weiterhin läßt sich daraus folgern, daß man auch in China erst um diese Zeit die Bekanntschaft des Salpeters gemacht hatte, bzw. letzterer erst damals eine Be-

deutung annahm, welche auch die Aufmerksamkeit der Araber auf ihn lenkte. Ohne Zweifel waren die Chinesen ängstlich bemüht, die Salpeterausfuhr zu hintertreiben; aber die Entführung von Seidenraupeneiern z. B. im Jahre 533 n. Chr. in hohlen Pilgerstäben legt nahe, daß man sich in Europa schließlich auch Salpeter trotz der schärfsten Überwachung von seiten der Chinesen zu verschaffen wußte. Endlich sind Nachrichten, nach denen die Chinesen schon im ersten Jahrtausend unserer Zeitrechnung, oder gar noch früher, salpeterhaltige Brandsätze gekannt haben sollen, nur mit größter Vorsicht aufzunehmen.

In den Annalen der chinesischen Dynastie Sung wird uns berichtet: „Im ersten Jahre der Periode Kai-Khing (1259 n. Ch.) stellte man die ‚Lanze des ungestümen Feuers‘ (to-lo-tsi-ang) her. Man legte in ein langes Bambusrohr eine Handvoll Körner und legte Feuer an; eine heftige Flamme brach hervor, und die Körner wurden mit einem Geräusch, wie das eines ‚Paos‘ (gemeint ist eine Steinschleudermaschine) hinausgestoßen und verbreiteten sich bis auf etwa 150 Schritt.“ Vermutlich hat man es hier mit derselben Waffe zu tun, welche etwa 50 Jahre später bei den Arabern als „Lanze, aus der du einen Pfeil hervorgehen lassen kannst, der in des Gegners Brust eindringt“ im Gebrauch war. Die Kopie eines Manuskripts des Arabers Schems Eddin Mohammed aus dem Beginn des 14. Jahrhunderts im Asiatischen Museum in St. Petersburg zeigt uns eine solche Lanze, die man wohl als das Urbild der aus der Feuerwerkerei bekannten „römischen Kerze“ gelten lassen kann.

Mit den Chinesen standen damals schon die Araber in lebhaftem Seehandelsverkehr, bis sie ihn an die Europäer verloren, so daß die Möglichkeit völlig auszuschließen ist, es habe ganze Jahrhunderte bedurft, bevor die große Erfindung salpeterhaltiger Feuerwerksätze der Chinesen den Weg nach Europa fand. Um das Jahr 1290 schrieb Nedjn-Eddin-Hassan-Alrammah „nach Anleitung seines Vaters, seines Großvaters und anderer berühmter Meister“ eine vollständige Abhandlung über Feuerwerkerei, in welcher der Salpeter bereits eine Hauptrolle einnimmt. Auch der, wohl aus spanisch-arabischen Quellen schöpfende, Philosoph Raymundus Lullus aus Majorca (1235—1315) erwähnt den Salpeter, den er als „Salniter“ (sal nitri) bezeichnet, eine Benennung, die jedenfalls aus einer falsch gedeuteten Stelle bei Plinius stammen dürfte.

Bevor indessen auf irgend eine Art das übrige Europa mit den salpeterhaltigen Feuerwerksätzen bekannt wurde, sollen die Byzantiner schon Jahrhunderte hindurch sich solcher zu Kriegs-

zwecken bedient haben. Sicher ist jedenfalls, daß die Byzantiner vermittle Brandpfeilen und durch ähnliche Waffen, ganz besonders aber durch ein „*πῦρ ὑγρόν*“ oder „*πῦρ θαλάσσιον*“ staunenswerte Erfolge erzielten. Dieses „Seefeuer“, das sie in „Feuertöpfen“ oder in „Siphonen“ anwandten — es sind dies nicht etwa Röhren, sondern eine Art von Feuerspritzen —, verhalf ihnen zu manchem bedeutenden Siege, so bei Kyzikos im Jahre 678 n. Chr., wo sie eine arabische Flotte völlig vernichteten. Die Geheimhaltung der Zusammensetzung dieses „griechischen Feuers“ legte der Kaiser Konstantin VII. Porphyrogenetos, der 959 n. Chr. starb, in seinem Buche „*De administrando imperio*“ seinem Sohne, dem Kronprinzen, sehr angelegentlich ans Herz, da die fürchterlichste Strafe denjenigen Übeltäter treffe, der die Zusammensetzung des „Seefeuers“ verrate. Konstantin Porphyrogenetos hatte aber auch allen Grund, sein Kriegsfeuer hochzuhalten; denn ihm verdankte er im Jahre 941 n. Chr. die Rettung seiner Hauptstadt Konstantinopel vor der drohenden Einnahme durch die Russen unter Igor.

Den ältesten und zuverlässigsten Bericht über die erste siegreiche Anwendung des „griechischen Feuers“ besitzen wir von Theophanes, der unter Konstantin Kopronymos (zwischen 741 und 775) geboren ist und die „Chronographie“ seines älteren Freundes Synkellos fortsetzt. Er erzählt darin, die Araber hätten mit einer großen Flotte einen Überfall auf die byzantinische Hauptstadt geplant; infolgedessen habe der Kaiser (gemeint ist Konstantin Pogonatos) die Ausrüstung von Kriegsschiffen „mit Feuertöpfen und Siphonen“ anbefohlen. Im Frühjahr darauf sei es dann wiederholt zu Kämpfen gekommen, und endlich, nach sieben Jahren, wurden dann die Araber teils durch einen Sturm, teils durch ein künstliches Feuer, das der syrische Architekt Kallinikos aus Heliopolis hergestellt hatte, vernichtet. Dies war die Seeschlacht bei Kyzikos, 678 n. Chr. Jedenfalls hat man auch die „siphones“ schon vor Kallinikos gehabt; durch seine Erfindung aber wurden sie weit wirksamer. Nach Angaben des Marcus Graecus in seinem „Feuerbuch“, dem „*Liber ignium ad comburendos hostes*“, hat Kallinikos mit seinem „griechischen Feuer“ den „Romäern“ einen nicht unwesentlichen Dienst geleistet. Der Ausdruck „griechisches Feuer“, feu grégois, ist abendländischen Ursprungs und stammt aus der Zeit der Kreuzzüge. Die Griechen selbst nannten ihr Kunstfeuer „*πῦρ μηδικόν*“, nach Medea, oder „*πῦρ ὑγρόν*“, meistens aber „*πῦρ θαλάσσιον*“.

Was nun die Zusammensetzung dieses „*πῦρ θαλάσσιον*“ angeht, so waren die Hauptsubstanzen, welche Marcus Graecus

zur Bereitung desselben vorschreibt: Naphta, Erdöl, Harz, Galbanum (eine syrische Doldenpflanze), Teer, Öl, Pflanzensäfte, Metalle, Eiweiß, Eigelb. Sein Rezept für das gewöhnliche „griechische Feuer“ lautet: „Ignem graecum tali modo facies: nimm reinen Schwefel, Weinstein, Sorcocolla (nach Plinius ein zum Farbanrühren gebrauchtes Harz), Pech, Kochsalz, Erd- und Baumöl. Laß es gut zusammen kochen, tränke Werg damit, zünde es an . . . Nur Harn, Weinessig oder Sand vermögen es zu löschen.“

Eine ganz ähnliche Mischung gibt die Kaisertochter Anna Komnena in der „Alexias“. Diese Mischung entspricht auch im wesentlichen ganz den Vorschriften des Vegetius zur Herstellung von Feuerpfeilen. Etwas Geheimnisvolles liegt indessen durchaus nicht in diesem Rezepte, und man müßte sich über die Geheimtuerei der Byzantiner wundern, mit der sie ihr „griechisches Feuer“ vor einer Berührung mit der Außenwelt zu schützen suchten, wenn Marcus Graecus nicht noch ein anderes Feuer erwähnte, das „ignis volans“, das „fliegende Feuer“. Dieses aber besteht aus Salpeter, Schwefel und Kohle, ist also Schießpulver! Eine solche Mischung lohnte sich allerdings der Geheimhaltung! Marcus Graecus gibt uns ganz genauen Aufschluß über die Zusammensetzung dieses Pulvers und seine Verwendung für Raketen und Kanonenschläge (vgl. lib. ign. ed. Par. p. 5). Den Salpeter gewinnt Marcus Graecus, indem er denselben, so wie er sich wild an Gemäuern und in Kellern vorfindet, sammelt, in siedendem Wasser löst, filtriert und kristallisieren läßt. Die Pulvermischung besteht nach Marcus Graecus aus 2 Teilen Kohle, 1 Teil Schwefel und 6 Teilen Salpeter und entspricht somit ganz demselben Pulver, wenigstens im wesentlichen (22 Kohle, 67 Salpeter, 11 Schwefel!), welches bis zur jüngsten Vergangenheit allgemein für Feldsignalraketen angewendet wurde und zwischen Geschütz- und Sprengpulver die Mitte hielt. Das „Feuerbuch“ des Marcus Graecus ist von höchster Bedeutung für die Geschichte pulverartiger Mischungen, und man muß von ihm die Entwicklung der wissenschaftlich erkennbaren Pyrotechnik datieren.

Auch den Indern hat man die Erfindung des Schießpulvers zuschreiben wollen. Aber die beiden Stellen aus dem „Code of Gentoo laws“, auf die man sich beziehen zu dürfen glaubte, sind nicht in dem Sinne zu lesen, wie es versucht wurde, und die von Professor Gustav Oppert aus der „Sukraniti“ gebrachte Beschreibung von Gewehren, sowie der Zusammensetzung und Herstellung von Schießpulver, ist offenbar viel jüngeren Ursprungs, als er annimmt. Auch der indische Gelehrte Praphulla Chandra

Ray verneint ganz entschieden, daß seine Landsleute schon im 14. Jahrhundert das Pulver gekannt hätten.

Aber auch im Abendlande beginnen nun allmählich um die Mitte des 13. Jahrhunderts vereinzelt Berichte über den Gebrauch von schießpulverähnlichen Mischungen aufzutauchen.

In erster Linie ist es der englische Franziskanermönch Roger Bacon, 1214 zu Ilchester geboren, der, als „Doctor mirabilis“ bekannt, eine Verteidigungsschrift schrieb, um sich vom Verdachte der Magie zu läutern: „De secretis operibus artis et naturae et nullitate magiae“; die Abfassungszeit dieser „Epistola“ dürfte um das Jahr 1242 anzusetzen sein. Bei ihm finden wir auch zum ersten Male der merkwürdigen Eigenschaft des Salpeters Erwähnung getan, mit brennenden Körpern zu verpuffen. Bacon spricht von dem mit Salpeter gemischten „ignis volans“, das Blitz und Donner nachahme und von dem eine geringe Menge ausreiche, um eine Stadt oder ein Heer zu vernichten. Um diesen Stoff zu erzeugen, brauche man außer dem Salpeter auch noch Schwefel und das Anagramm: „Luru vopo vir can utri“, in dem angeblich die lateinische Bezeichnung für Kohlenpulver enthalten sei; doch hat man sich, nach Guttman, bisher vergebens der Mühe unterzogen, einen Sinn in die Formel zu bringen; es ist behauptet worden, das Anagramm müsse uns verstümmelt überliefert worden sein und laute ursprünglich: „Lura nope cum ubre“, in dem tatsächlich dieselben Buchstaben enthalten sind, wie in „carbonum pulvere“. Nach Auffassung des englischen Oberstleutnants W. L. Hime sagt Bacon in Kapitel XI seines Buches, wie man Pulver herstellen soll, und das Anagramm, wenn seine Buchstaben in Kenntnis des vorhergehenden Kapitels entsprechend geordnet werden, ergibt die folgende Lesart: „R. VII. PART. V. NOV. CORUL. V. ET SULPH.“ Daraus ergebe sich folgender Satz: „Sed tamen salis petrae recipe vii partes, V. novellae coruli V. et sulphuris“ (mit Berücksichtigung des früheren zusammen: „Laß das Gesamtgewicht 30 sein, jedoch vom Salpeter nehme 7 Teile, 5 von jungem Haselholz und 5 von Schwefel, und du wirst so Donner und Zerstörung hervorrufen, wenn du die Kunst kennst“). Danach war Roger Bacon bereits im Jahre 1242 mit einer Pulvermischung bekannt, doch findet sich in seinen Werken keine Anspielung auf den Gebrauch des Pulvers für Feuerwaffen oder auf deren Kenntnis, und es scheint, daß Bacon nur die zerstörende, nicht aber die treibende Kraft des Pulvers kannte.

Um dieselbe Zeit, da den Arabern die Mischung des Schießpulvers bekannt geworden zu sein scheint, wird sie auch schon

in Deutschland besprochen, und zwar ebenfalls von einem Ordensgeistlichen, dem Grafen Albert von Bollstädt, dem berühmten Albertus Magnus., welcher im Jahre 1193 geboren wurde und im Jahre 1280 starb. Im Gegensatz zu Roger Bacon, der als kühner Reformator auftritt, ist Albertus Magnus Anhänger des Aristoteles; er scheint das „Feuerbuch“ des Marcus Graecus benutzt zu haben und gibt in seinem Werke: „De mirabilibus mundi“ eine Schilderung des aus Salpeter, Schwefel und Kohle gemischten Pulvers und der merkwürdigen Eigenschaft desselben, petardenartig Blitz und Donner zu bewirken oder die Raketen steigen zu lassen. Alberts Schriften fanden eine außerordentlich rasche Verbreitung und nicht zum mindesten durch ihn selbst, da er auf seinen vielen Reisen durch Deutschlands Klöster seinen Gastfreunden Schriften, besonders seine eigenen, zu hinterlassen pflegte. Er ist also wohl jedenfalls derjenige Mann gewesen, der als der hauptsächlichste Verbreiter der Kenntnis von den Eigenschaften des Salpeters in Betracht kommt.

Nun wäre als dritter in der Reihe der „Pulvermönche“ derjenige zu nennen, dessen Namen als Erfinder des Schießpulvers zwar am häufigsten erwähnt wird und der am landläufigsten ist, der deutsche Franziskanermönch Konstantin Anklitzen oder Berthold Schwarz, über den jedoch, da er unseres Dafürhaltens mehr als Erfinder der Feuerwaffen in Betracht kommen dürfte, weiter unten noch ausführlich zu sprechen sein wird.

II.

Besonders schwierig ist der Nachweis der ersten Anwendung der Treibkraft eines Gemisches von Salpeter, Schwefel und Kohle, also der Erfindung des Schießpulvers oder, mit anderen Worten, der Erfindung und des Aufkommens der Feuerwaffen. Die Schwierigkeit ist darin zu suchen, daß anfänglich die Feuerwaffen dieselben Bezeichnungen führten, wie die alten Wurfzeuge, so daß man oft nur aus den etwa vorhandenen Angaben über die erzielte Wirkung auf erstere schließen kann. Jedenfalls gab die Einführung des Pulvergeschützes, wie dem Kriegswesen überhaupt, so auch der Verteidigung und dem Angriff fester Plätze eine wesentlich veränderte Gestalt und ist somit von höchster kulturgeschichtlicher Wichtigkeit. Unrichtig ist es, daß die alte chinesische Feuerwerkskunst sich weiter ausgebildet habe und daß sie sogar bis zur Konstruktion von wirklichen Feuerwaffen vorgeschritten sei. Dafür zeugt erstens einmal Marco Polos völliges Schweigen über derartige Waffen überhaupt, und zweitens das namenlose Staunen und der panische

Schrecken der Chinesen, als drei „Stücke“ versucht wurden, die ihnen die Portugiesen von Macao geschenkt hatten. Schießpulver selbst hatten die Chinesen nach Marco Polos Angaben bei der Belagerung der Stadt Sianfu im Jahre 1268 noch nicht. Ja, selbst im Jahre 1621 waren Kanonen in China noch unbekannt, als sie bei uns im dreißigjährigen Kriege donnerten.

Thierbach ist zwar der Ansicht, die Chinesen hätten schon 618 v. Chr. unter der Dynastie Taing-Off über größere Feuerwaffen verfügt, welche Kugeln auf weite Entfernungen gegen den Feind warfen; es handelt sich aber hier sowohl als auch in seiner Angabe, die Tataren hätten in der Schlacht bei Liegnitz am 9. April 1241 unter Babu Chan gegen das verbündete schlesisch-polnische Heer sich schon der Feuerwaffen bedient, offenbar um Raketen oder ähnliche Feuerwerkskörper, deren Vorkommen in China sich ja bis ins Jahr 969 n. Chr. zurückverfolgen läßt. Zündkörper aus Bambus- oder Holzröhren schossen die Chinesen allerdings schon im Jahre 1257 und etwas später auch die Araber. Es ist auch keineswegs unmöglich, daß sie durch den Stoß wirkende Geschosse ebenfalls aus solchen Röhren zu schießen versuchten; man stellte ja auch noch in viel späterer Zeit mit Geschützröhren aus Holz und Leder ähnliche Versuche an. Diese Versuche zeigten aber stets, daß sich nur aus Metallrohren Geschosse mit solcher Geschwindigkeit schießen lassen, daß von ihrer lebendigen Kraft eine zerstörende Wirkung zu erwarten ist. Erst derjenige also, welcher metallene Feuerrohre erfand, kann als Erfinder der Feuerwaffen angesehen werden.

Die chinesischen Raketen kamen allmählich in der letzten Hälfte des 13. Jahrhunderts von Osten her auch in Europa auf, gerieten seit Beginn des 18. Jahrhunderts wieder völlig in Vergessenheit, und erst im Jahre 1799 lernten sie die Engländer im Feldzuge gegen Tippu Sahib vor Seringapatam wieder kennen.

Auch aus den Wurfmaschinen wurden jene pulverähnlichen Mischungen geworfen, was wohl zu der irrigen Überlieferung von dem Bestehen von Geschützen schon im 11. Jahrhundert und früher Veranlassung gegeben haben mag. Bis jetzt hat sich aber nur nachweisen lassen, daß der Gebrauch dieser Mischungen zum Forttreiben von Geschossen aus Röhren nicht über den Anfang des 14. Jahrhunderts hinausgeht.

Wir wollen nun chronologisch, unter Zuhilfenahme etwa vorhandener Urkunden, Abbildungen, Schriften u. a., zuerst auf das Aufkommen der Geschütze in Europa, und zwar länderweise, näher eingehen.

Die Entwicklung und Verbreitung der Feuerwaffen ging von

Deutschland aus. Dies dürfte unumstößlich feststehen. In erster Linie wird der Name des „Pulvermönchs“ Berthold Schwarz oder Konstantin Anklitzen, des Nigromanten (aus Nekromant = Totenbeschwörer entstanden), als dessen Heimat fast durchweg Freiburg im Breisgau, vereinzelt auch Goslar angenommen wird, mit der Entdeckung der Treibkraft des Pulvers in Zusammenhang gebracht. Viele neuere Autoren wollen ihm diesen Ruhm, die Gigantengewalt des Pulvers oder ähnlicher Mischungen zuerst erkannt zu haben, absprechen, ja, man ging sogar so weit, seine allerdings etwas mysteriöse Persönlichkeit völlig ins Reich der Sage zu verweisen. Nach den gründlichen Forschungen des Freiburger Theologen und Historikers Heinrich Hansjakob gibt es indessen eine ganze Reihe von Momenten, die für Berthold Schwarz als den Erfinder wenn nicht auch des Schießpulvers, so aber doch der Feuerwaffen und für Freiburg als den Ort der Erfindung den unbestreitbaren Ausschlag geben, wie im folgenden dargetan werden soll.

Kurz zusammengefaßt, sprechen für Freiburg als den Ort der Erfindung des Schießpulvers: Vor allem ist es die Sage selbst, die stets einen historischen Hintergrund hat. Zweitens wird in einer Urkunde aus dem Jahre 1245 ein Magister Bertholdus erwähnt, der zwar aus dem Zisterzienserkloster Thennenbach in Baden stammt, aber jedenfalls, wie so viele andere seiner Ordensbrüder auch, von den Ordensregeln von Citeaux zu denen des heiligen Franziskus, der gerade um jene Zeit seinen Orden gegründet hatte, übertrat. Wir haben es in dieser Freiburger Urkunde mit einem „Magister“ Berthold, also einem Meister der freien Künste zu tun. Da wir nun einen solchen finden, der gerade in der Zeit und an dem Orte auftritt, da das Schießpulver erfunden worden ist, so dürfte es keine zu gewagte Kombination sein, in diesem Meister Berthold, der in der Kirche Sankt Martin zu Freiburg 1245 als Zeuge erscheint, den Pulvererfinder zu vermuten. — Einen geradezu klassischen dritten Zeugen besitzen wir ferner in dem Dichter eines komischen Trinkliedes aus dem Jahre 1371, der seiner Sprache und Schreibweise nach im Breisgau beheimatet gewesen sein muß. In dem Trinkliede heißt es:

„Die hund tunt den fűchsen.
 Ich sach uz einer bűchsen
 Schiessen, daz ez nieman hűrt,
 Siben wachteln zerstűrt.“

Der Dichter spricht also von einer Bűchse, die man beim Abfeuern nicht hűrte. Er stellt dies absichtlich als Ungereimt-

heit hin, wie er an anderer Stelle von Fischen spricht, die auf Ästen im Tannenwalde singen. Seine Worte belehren uns aber, daß man zu seiner Zeit wirklich aus Büchsen schoß, daß man Pulver und Schießen kannte.

In demselben Gedichte heißt es dann weiter:

„Grosser Streit
Kommt von süßen Worten.
Wie die Römer schon hörten,
Daß des Grafen Konrad
Zu Freiburg Haus stehe.“

Ohne Zweifel ist mit den letzten Worten Graf Konrad I. von Freiburg gemeint und mit dem „Haus“ das Münster, dessen Langhaus und Turm, die Krone des Ganzen, während Konrads I. Regierung und mit seiner großen Beihilfe angefangen wurden und ihrer Vollendung entgegengingen.

Als vierten Beweis führe ich den Familiennamen des Erfinders an. Er hieß mit seinem bürgerlichen Namen Anklitzen, und tatsächlich finden wir zu jener Zeit den Namen mehr denn einmal unter den Einwohnern Freiburgs. Auch der gute Ruf, den die Stadt Freiburg bei den benachbarten großen Städten in bezug auf Herstellung und Montierung von Geschützen schon früh genoß, spricht für Freiburg. Schließlich zeugt das Freiburger Franziskanerkloster selbst für die hier erfolgte Erfindung. Das Freiburger Kloster nämlich erklärt uns von allen Klöstern des gleichen Ordens allein, warum keine Klösteraufzeichnungen über den Franziskaner Berthold vorhanden sind: weil nämlich die Nachfolger der aus Freiburg vertriebenen Mönche die Pergamenturkunden ihrer Vorgänger abschabten, um anderes darauf zu schreiben.

Romocki kann sich nur in einem Punkte mit Hansjakobs Annahmen nicht einverstanden erklären, weil der letztere vom „schwarzen Berthold“ als dem Erfinder der Feuerwaffen und des Schießpulvers spricht, während doch die Erfindung des Schießpulvers in eine bedeutend frühere Zeit zu verlegen ist. Aus diesem Grunde folgert nun Romocki, Roger Bacon sowohl als auch Albertus Magnus hätten ihre Kenntnis des Schießpulvers von dem „schwarzen Berthold“ erhalten; das genaue Gegenteil scheint aber den Tatsachen zu entsprechen. Zweifellos hat Albertus Magnus auf seinen zahllosen Wanderfahrten auch Freiburg, dessen herrlicher Dom damals gerade fertiggestellt ward, besucht, genoß bei dieser Gelegenheit die Gastfreundschaft der Franziskaner und überließ ihnen dann als Gegengeschenk bei seiner Abreise ein Exemplar seines Werkes „De mirabilibus mundi“ oder ein solches von Roger Bacons „Epistola“. Schließ-

lich ist auch ein persönliches Bekanntsein mit Berthold Schwarz nicht ganz von der Hand zu weisen, mit dem er dann über die wunderbaren Eigenschaften der neuen Feuerkünste gesprochen haben mag. Welchen anderen Grund, als einzig und allein die wirkliche Tatsache, könnte endlich die Überlieferung gehabt haben, die Erfindung der Feuerwaffen gerade nach Freiburg zu verlegen?

Die Quelle nun, welche uns über den mutmaßlichen Pulvererfinder Berthold Schwarz, der in alten Urkunden indessen bisweilen auch mit seinem bürgerlichen Namen Konstantin Anklitzen aufgeführt wird, Aufschluß gibt, ist eine im Jahre 1450 verfaßte Streitschrift des Felix Hemmerlin oder Mal-leolus, eines ebenso gelehrten, freimütigen und charakterfesten, als auch unglücklichen Züricher Mönches. Er erzählt uns in seinem Dialog „Über den Adel und die Bauernschaft“ (Kap. 30, S. 117), daß der „schwarze Berthold“, ein „allgemein bekannter, feiner Alchymist“, das Quecksilber hammerfest machen wollte, damit man es behandeln könne wie reines Silber; er wollte deshalb zunächst den „Basiliken“, d. h. das Leben oder den Geist des Quecksilbers, töten. Und da „der Geist dem Feuer feindlich“ ist, so stellte er das Quecksilber an das Feuer; aber er konnte es nicht töten. Wohl wissend, daß „Gegensätze einander nicht dulden“, brachte er, um auf diesem Wege zu seinem erwünschten Ziel zu gelangen, den von Natur feurigen Schwefel und den kalten Salpeter mit dem Quecksilber in ein ehernes Gefäß zusammen; dieses verschloß er fürsorglich und setzte es über das Feuer. Nun entzündete sich der Schwefel, konnte neben dem kalten Salpeter nicht mehr existieren und zerriß unter furchtbarem Knall die Büchse: hierdurch ward Berthold aufmerksam; er machte weitere Versuche, indem er starke, eiserne Gefäße mit Bändern umgab; aber auch sie flogen in Stücken an die Decke des Laboratoriums. — Und nun heißt es bei Hemmerlin wörtlich weiter: „Da Berthold das sah, machte er durch seinen Erfindungsgeist, zum Staunen aller, die durch einen Zufall erfundenen Gefäße zu dem, was wir jetzt ‚Büchsen‘ nennen, und da er seine Erfindung von Tag zu Tag verbesserte, so kam es, daß sie alle früheren Kriegsinstrumente übertraf.“ Hemmerlin schließt mit den Worten: „Es geht aus Schriften hervor, daß die Erfindung innerhalb zweihundert Jahren zum ersten Male bekannt wurde.“ Daraus ergibt sich, daß der Erfinder um 1250 gelebt haben muß. — Die Angaben über den Zeitpunkt der Erfindung schwanken zwischen den Jahren 1259 und 1354. Auf dieses Schlußergebnis dürfte man nach genauer Prüfung des gesamten zur Verfügung stehenden Quellen-

materials gelangen. Mit allergrößter Wahrscheinlichkeit ist die Erfindung im Jahre 1313 erfolgt.

Oscar Guttman hat in der Universitätsbibliothek zu Gent die alten Handschriften studiert, welche die Listen der jährlich aufgestellten Schöffen enthalten, während am Fuße der Listen sich häufig wichtige Ereignisse verzeichnet finden. In dem ältesten — wahrscheinlich im Jahre 1400 entstandenen — Manuskript G. 6110, das mit dem Jahre 1301 beginnt, findet sich allerdings beim Jahre 1313 keine Bemerkung über das Pulver, dagegen steht beim Jahre 1393 folgendes: „In dit Jaer is geuonden het gebrueck van het buscruit in Duytslant van eenen munninck.“¹ — Ein späteres Manuskript (G. 6100), das im 16. Jahrhundert geschrieben wurde, enthält aber beim Jahre 1313 die Notiz: „Item in dit jaer / was alder erst gheuonden / in duitschland / van eenen Mueninck / het tgebrueck der bussen.“² — Das Manuskript G. 6123 verzeichnet die Erfindung sowohl beim Jahre 1313 wie beim Jahre 1393 und die — ebenfalls aus dem 16. Jahrhundert stammende — Handschrift G. 6095 bringt die Erfindung nur bei 1393. — Nach Guttman kann aber das Jahr 1393 für die Erfindung der Geschütze nicht in Frage kommen, weil eine authentische Abbildung eines solchen aus dem Jahre 1325 und andere frühere verläßliche Nachrichten bekannt sind.

Nach Johann Gottfried Hoyers „Geschichte der Kriegskunst“ berichtet uns vom ersten Geschütz überhaupt Paul von Stetten, nach dessen Angaben sich im Amberger Zeughause eine Büchse, die die Jahreszahl 1303 trägt, befinden soll; dies wäre allerdings ein überzeugender Beweis von dem hohen Alter dieser Erfindung in Deutschland. Allein kein einziger Chronist berichtet uns von dem Vorkommen eines Geschützes aus den beiden ersten Dezennien des 14. Jahrhunderts, so daß wir diese Nachricht wohl ziemlich skeptisch aufnehmen müssen. Über das Geschütz selbst ist Näheres nicht zu ermitteln. Die älteste, zweifellos sichere Nachricht über Geschütze und zugleich die erste zuverlässige Gegenüberstellung von Geschützen (*vasa*) und Handfeuerwaffen (*sclopi*) findet sich zwar auf italienischem Boden, dicht an der Grenze der österreichischen Lande vor der Stadt Cividale in Friaul aus dem Jahre 1331; diejenigen aber, welche die Stadt mit Geschütz angreifen, sind zwei deutsche Ritter, von Krusperg und von Spilemberg.

¹ „In diesem Jahr ist gefunden der Gebrauch des Büchsenpulvers in Deutschland von einem Mönch.“

² „Item in diesem Jahr war zu allererst gefunden in Deutschland von einem Mönch der Gebrauch der Büchsen.“

Nach den „Quellen zur Geschichte der Feuerwaffen“, herausgegeben vom Germanischen Museum, befand sich 1344 beim Erzbischof Heinrich III. von Mainz ein „ignis sagittarius videlicet Furschutz“, ein Feuerschütze. Bald darauf finden wir, 1346, in den Aachener Stadtrechnungen Ausgaben gebucht für eine „eiserne Donnerbüchse“ (*busa ferrea ad sagittandum tonitrum*) und für Salpeter zum Schießen, und Metz hat 1348 bereits gegossene Geschütze von der Art, wie ein solches, eine kleine geschmiedete Kanone, heute noch im Zeughause zu Bern zu sehen ist. In der Stadt Lübeck läßt sich 1352 ein „Feuerschütze“ als Bürger nieder, und vier Jahre darauf, 1356, hatte Nürnberg „bereits eine Menge eiserner und kupferner Büchsen, welche eiserne Kugeln warfen“. Auch bezahlte die gleiche Stadt im nämlichen Jahre an Meister Sänger „Lohn für Geschütz und Pulver“. 1367 werden zu Nürnberg zwei Büchsen erwähnt, „daraus man Feuer schießt“, und im folgenden Jahre, 1368, kaufen die beiden Städte Frankfurt und Nürnberg „Donnerbüchsen“. 1371 stoßen wir in den Augsburger Rechnungsbüchern auf Ausgaben für Pulver, Kugeln und Salpeter. Herzog Magnus von Braunschweig schließt 1370 einen Kauf über „Donnerbüchsen“ ab. Im gleichen Jahre lassen sich in Köln Ausgaben für „Büchsen“ nachweisen. 1372 kauft diese mächtige Handelsstadt eine „forma ad pixides“. Im selben Jahre erhält Meister Walther von Augsburg vom Rat dieser Stadt 160 fl. und ein Ehrengeschenk an Tuch, „als er in eines Chorherrn Hof die Büchsen vollendet und die Pulverbereitung überwacht hatte“. 1372 sucht die Stadt Speier einen neuen Zeugmeister, „der aber auch mit Büchsen schießen könne“. Fünf Jahre später finden, nach Jacobs, die Steinbüchsen in Deutschland Eingang. Augsburg und Regensburg kaufen 1376 „Geschütz und Büchsen“, und kurz darauf, 1378, vermehren Nordhausen und Erfurt ihre Vorräte an eisernen und kupfernen Büchsen. Auch die Deutschritter wandten 1382 schon Geschütze an und errichteten zu Marienburg eine Pulverfabrik, während 1401 der Hochmeister des Deutschen Ordens, Konrad von Jungingen, durch den Stückgießer Fränzel zu Marienburg eine Geschützgießerei anlegen ließ. 1414 brach schließlich der erste Hohenzoller die märkischen Raubburgen mit Hilfe der „faulen Grete“.

Für die Entwicklung der „Feuerkünste“ in Deutschlands Nachbarländern, den Niederlanden, Belgien und der Schweiz, besitzen wir aus dem 14. Jahrhundert ebenfalls zahlreiche Belege, deren wichtigste hier folgen mögen.

In Brügge werden schon 1339 offenbar aus Eisen gegossene

Geschütze genannt. Nach einem vollständig einwandfreien Dokumente des Archivs von Tournay versuchte Peter von Brügge, ein Zinngießer von Beruf, im Jahre 1346 zu Doornik bei Tournay in Gegenwart des Stadtrats eine Kanone. Seine „conoilles“, wie er sie nannte, schossen Bolzen, die mit zweipfündigen Bleistücken beschwert waren, zwei Mauern durchschlugen, in das Stadttinnere eindrangen und einen Menschen töteten. Offenbar handelt es sich hier um ein gegossenes Geschütz, denn sonst hätte dieser Peter von Brügge nicht Zinngießer, sondern Schmied sein müssen. Die Abbildung dieses Geschützes zeigt große Ähnlichkeit mit dem Geschütz Millemetes, von dem später noch ausführlich zu reden sein wird.

Auch Gent bezeugt 1347 den Besitz von Geschützen, und 1356 kauft dieselbe Stadt „12 Donnerbüchsen“, was Löwen 1370 gleichfalls bewerkstelligt, wie uns der Brabanter Petrus Diräus erzählt. Pontus Heuteurus, ein Holländer, berichtet, daß bei der Belagerung von Ypern im Jahre 1383 „einige wenige Geschütze, welche um das Jahr 1366 erfunden worden seien, obwohl noch roher Art, doch den Einwohnern von Ypern gute Dienste geleistet hätten“.

Basel besitzt, laut Zeughausinventar von 1361, noch keine Feuergeschütze, schaffte aber solche nach dem Freiburger Aufstand von 1366 an. In der Schweiz fällt das früheste Beispiel von Feuerwaffen in das Jahr 1371, von welchem Jahr die Stadt Basel mehrere „Donnerbüchsen“ nachweist und einen Büchsenmeister anstellt. Die Stadt Bern läßt sich 1403 zu Nürnberg ein Riesengeschütz gießen.

Was die nordischen Länder angeht, so erhielten sie ihre Feuerwaffen wohl ausschließlich von Deutschland. Bereits 1360 ist das Vorkommen des Schießpulvers in Dänemark nachweisbar. 1361 werden in einer Seeschlacht zwischen den Dänen und Hanseaten, wo Herzog Christoph, Waldemars III. Sohn, von einer Bombarde verwundet wird, zuerst Feuerwaffen gebraucht. Die Pulvergeschütze scheinen dann in Dänemark um das Jahr 1372 schon ziemlich verbreitet gewesen zu sein, denn es ward einem Bürger von Ripen, Niklas von Rüne, der Kopf abgeschlagen, weil er dem Feinde auf dem Schlosse Gram zwei Fäßchen mit Schwefel und Schießpulver zugeführt hatte („... duas lagunculas plenas sulfure, dicta Swavel, et salpeter dicta Byss-Krud...“).

In Rußland ist der Gebrauch von Schießpulver nach der Golizinschen Chronik im Jahre 1389, in Schweden erst 1400 nachweisbar. Die Hansa besetzt 1395 den Stockholmer

Hafen; aber erst 1431 ist von einheimischen Festungsgeschützen die Rede.

In der blutigen Schlacht bei Tannenberg 1410 verfügten die Polen über 60 Geschütze; aber erst im Jahre 1475 lehrte Aristoteles von Bologna die Russen das Gießen der Feuer-
geschütze.

Der kürzlich verstorbene Londoner Chemiker Oskar Gutt-
mann fand auf der letzten Seite einer prachtvoll illustrierten
Handschrift „De officiis regum“ des Walter de Millemete aus
der Bibliothek von Christchurch in Oxford aus dem Jahre 1325
eine reichverzierte Textumrahmung und an deren unterem Rande
die Abbildung eines flaschenförmigen Geschützes, das
auf einer Holzbank ruht. Die Form ähnelt der einer antiken
Urne; sie ist verschlossen durch einen mit einer Kugel am unteren
Ende versehenen Pfeil, und ein Krieger in voller Rüstung ist
eben im Begriff, dieses Geschütz mit einer glühenden Stange ab-
zufeuern, um durch den Schuß ein Schloßtor zu sprengen. Dies
gibt uns einerseits ein authentisches und zugleich das älteste
Datum für den Gebrauch des Schießpulvers und anderer-
seits eine interessante Abbildung der frühesten Geschütze, sowie
der Art, wie dieselben abgefeuert wurden. Diese Entdeckung
beweist, daß den Engländern der Gebrauch der Feuer-
geschütze schon sehr früh bekannt gewesen sein muß, wenn nicht über-
haupt England den ältesten und sichersten Nachweis, wie Gutt-
mann meint, für diese Waffenart hiermit erbracht hat. Nun
wird auch eine Stelle in John Barbour's „Leben von Robert
Bruce, König von Schottland“, das 1375 geschrieben wurde,
vollständig glaubwürdig, die man bisher als fabelhaft ansah.
Barbour schreibt nämlich vom Jahre 1327, „daß man an dem
Tage zwei Neuigkeiten sah, die bisher nicht in Schottland waren,
die eine Wappen für Helme und die andere ‚Kriegsgeschütze‘
(crakys of wer), welche sie nie vorher gehört hatten.“ Auch
enthalten die Kammerrechnungen König Eduards III. von Eng-
land aus den Jahren 1344 bis 1347, sowie die „Verrechnungen
der großen Garderobe“ desselben Herrschers von 1345 bis 1349
Eintragungen über Zahlungen für Pulver, sowie Schwefel und
Salpeter „für des Königs Kanonen“. 1378 ließ Richard II.
Geschütz aus Flandern herbeischaffen, und 1386 galt
Schießpulver als das wertvollste Beutestück, so daß sogar
1413 Heinrich V. dessen Ausfuhr verbot.

Die Spanier bedienten sich wohl am längsten der maurischen
Maschinen mit „griechischem Feuer“, und zu ihnen kam das
Pulvergeschütz fast hundert Jahre später. So erzählt wenigstens

der Schriftsteller de Mayerne Turquet. Demnach beruhten die Nachrichten, in Spanien seien Geschütze schon in der Zeit zwischen 1325 und 1342 bei den Belagerungen von Granada, Alicante, Tarifa und Algeciras zur Anwendung gelangt, auf Irrtum. Hoyer (I, 45) hält sich allerdings für berechtigt, gewisse Stellen des Juan Nunnez de Villasan buchstäblich zu verstehen und demnach anzunehmen, daß die Mauren 1342 vor Algeciras sich der Feuerwaffen bedient hätten, wie ja der Chronist schon aus den Jahren 1312 und 1323 berichtet, daß der maurische König von Granada Abal-Valid-Ismael-ben-Nassar zur Belagerung von Baza eine Reihe von „Maschinen“ aufgestellt hatte, die unter großem Donner „Kugeln von Feuer“ warfen, welche den Türmen großen Schaden taten. Ebenso wird aus dem Jahre 1331 berichtet, Alicante sei vom Könige von Granada mit einer Maschine beschossen worden, „die Kugeln durch Feuer fortreibt“. Vor Algeciras sind 1342 nach Juan Nunnez große eiserne Bombarden verwendet worden. Die Bombarden schießen Kugeln wie Äpfel so groß, die mit Feuer und stinkenden Substanzen gefüllt sind. Sie sollen eine Kraft des Zerschmetterns gezeigt haben, die früher ganz unbekannt war; das „Pulver“, womit die Kugeln abgeschossen werden, heißt „donnernde Naphta“. Übrigens wendet der König von Tunis in einem Seegefecht gegen den König von Sevilla im selben Jahre Maschinen an, die Blitze werfen. Wohl eine der ältesten und zuverlässigsten Nachrichten über den Gebrauch der Feuergeschütze in Spanien stammt erst aus dem Jahre 1407, aus der Zeit der Belagerung von Balaguer und Setenil.

Was Italien anbelangt, so wird uns allerdings verschiedentlich von einem bronzenen Geschütz berichtet, das aus Mantua stammte und im Besitze des Grafen Arco war, jetzt aber verschollen ist. Diese „Büchse von Arco“ soll die Jahreszahl 1322 getragen haben; von den neueren Schriftstellern glaubt indessen besonders Jacobs, diese Waffe für eine geschickte Fälschung halten zu müssen. Aber schon am 11. Februar 1326 befahl die Signoria von Florenz, wenn wir Libri Glauben beimessen wollen, die Beschaffung metallener Kanonen und eiserner Kugeln. Im Jahre 1365 werden die Venezianer bei Claudia fossa von einigen Deutschen unterstützt, „so zwei kleine eiserne Stücklein besaßen“, und im folgenden Jahre äußert sich Petrarca in seinem Dialoge: „De remediis utriusque fortunae“: „Da ruft der Eine: ‚Ich besitze unzählige Maschinen und Ballisten!‘ Der Dichter antwortet: ‚Es ist ein Wunder, daß du nicht auch jene metallenen Eicheln hast, die ein Flammenstoß unter schrecklichem

Donner entsendet. Es war nicht genug, daß der erzürnte Gott vom Himmel blitzte, auch das Menschlein muß von der Erde donnern! Seine Wut ahmte den Blitz nach, und was sonst aus den Wolken geschleudert wurde, das wirft man nun aus einem hölzernen aber höllischen Instrumente, das nach Einiger Meinung die Erfindung des Archimedes ist. Der aber brauchte es, um seiner Mitbürger Freiheit zu schützen; ihr aber unterdrückt damit freie Völker! Diese Pest war bisher noch so selten, daß man sie wie ein Wunder bestaunte; nun aber ist sie, da man bei den schlechtesten Dingen stets am gelehrigsten ist, so gemein wie jede andere Art von Waffen.“ 1371 lassen sich in Italien Steinbüchsen nachweisen, 1372 erwähnen italienische Geschichtsschreiber die Feuergeschütze, 1374 ist Padua im Besitz von solchen und im Krieg zwischen Genua und Venedig (1377—81) waren beide Teile mit aus Deutschland bezogenem Geschütz versehen. Gegen 1400 bestanden auch in Italien selbst schon einige Pulvermühlen, von denen die venezianische am berühmtesten war, und italienisches Pulver wird zu einem sehr wichtigen Handelsartikel, der sich bereits 1405 schon jenseits der Alpen, in Bern, findet.

Die ältesten zuverlässigen Beweise für den Gebrauch des Schießpulvers in Frankreich liefern uns die Rechnungen des französischen Kriegskommissärs Barthélémy du Drach aus den Jahren 1338 und 1339. 1338 stellen die Franzosen auch die nötige Menge Pulver zu ihrer beabsichtigten Landung in England her. Pfeile aus eisenbeschlagenen Holzbüchsen schossen die französischen Krieger bereits 1342, und das Pfund Schießpulver kostete damals etwa 30 Mark. Ob aber in der Schlacht von Crécy 1346 Feuerwaffen verwendet wurden, ist trotz der französischen Quelle, die dies behauptet, zweifelhaft; dagegen ist der Beweis erbracht, daß 1347 bei der Belagerung von Calais solche in Tätigkeit traten. Am 17. Mai 1354 wurden (nach Guttmann) auf Johanns I. Befehl in Frankreich Geschütze versucht. Steinbüchsen lassen sich in Frankreich 1374, also etwas früher als in Deutschland und Italien, nachweisen. Selbst 1415, bei Azincourt, scheinen nach Barantes Bericht noch keine Feuerwaffen angewendet worden zu sein.

Was nun die Handfeuerwaffen angeht, so findet sich über dieselben in den ältesten kriegswissenschaftlichen Arbeiten nur wenig, und man gewinnt fast die Überzeugung, als habe man sich mit ihnen anfänglich nicht recht befreunden können. Man

ist daher in dieser Hinsicht in der Hauptsache auf die Prüfung etwa überkommener Stücke angewiesen.

Die ältesten erhaltenen Handrohre sind aus Bronze. Erstmals erwähnt werden die Handbüchsen im Jahre 1364, wo die Stadt Perugia 500 Büchsen machen läßt, eine Spanne lang, welche man in der Hand führte und die dennoch so stark waren, daß sie durch jeden Harnisch schossen. Als der Markgraf Friedrich von Thüringen 1365 den Herzog Albrecht von Braunschweig in dem Schlosse Salzderhelden belagerte, konnte er, wie es im „Sächsischen Heldensaal“ heißt, den Ort nicht erobern, „weil die Belagerten mit einem Geschütze herausgeblitzt und ihm vielen Schaden zugefügt hätten“. Dies war eine Bleibüchse, die den Belagerern solchen Schrecken einjagte, daß sie, obgleich 18000 Mann stark, abzogen. Die rebellischen Freiburger stürmen 1366 das Schloß ihres Grafen, wobei sie, wie die Chronik sagt, imstande waren, „binaufzuschießen“. Bald darauf, 1370, hatte Herzog Magnus von Braunschweig bei seinem Heere „driewende Werke, Armbröste, Bussen und Wehre“. In den Stadtrechnungsbüchern von Speier fand Lehmann bei dem Jahre 1372 vermerkt: „2 Pfund 13 Schilling 4 Pfennige gab man dem neuen Meister, der Büchsen schiessen kund, und ward viel auf Büchsen und Armbrüst gewendet“. Die Straßburger besetzen 1375 ihre Mauern mit „Geschütz und Büchsen“. 1381 stellt der Rat der Stadt Augsburg 30 Büchenschützen mit Handröhren in dem Städtekrieg gegen den fränkischen, bayrischen und schwäbischen Adel; 1388 werden in Nürnberg Handbüchsen erwähnt, und bei der Berennung des Schlosses Tannenberg in Hessen im Jahre 1399 wird ebenfalls der „Faustbüchsen“ gedacht. Bei Nachgrabungen in den Ruinen dieser Burg im Jahre 1849 fand man tatsächlich ein kurzes Handrohr, das sich nun im Germanischen Museum in Nürnberg befindet und sicherlich aus der Zeit von 1380 bis 1400 stammt. Auch auf dem Schlosse Hohosterwitz in Kärnten ward ein gußeisernes Handrohr gefunden, das aus derselben Zeit herührt und sich im Besitze des Oberpostdirektors von Az in Linz befindet. Eine dritte sehr alte Handbüchse, die man 1871 aus dem Kurischen Haff bei Memel herausbagerte, hat ihren Platz in der Waffensammlung des Rittergutsbesitzers Blell auf Tüngen bei Wormditt. Diese Waffe stammt jedenfalls aus dem Beginn des 15. Jahrhunderts, vermutlich aus der Zeit zwischen 1400 und 1420.

Die ersten Geschützrohre kleinen Kalibers waren geschmiedete Läufe, die größeren wurden aus schmiedeeisernen

Stäben mit darübergetriebenen Reifen wie ein Faß zusammengesetzt; in das eine Ende wurde das Bodenstück, durch welches das Zündloch ging, mit einem Zapfen eingeschraubt.

Erst von bescheidener Größe, wachsen die Geschütze bald zu mächtigen Dimensionen an. Die Geschütze mit kleinerem Kaliber wurden Lotbüchsen, diejenigen, welche Steinkugeln schießen, Steinbüchsen genannt. Bei den Handfeuerwaffen indessen haben wir zu unterscheiden: Luntenbüchsen, Hakenbüchsen, Radschloßbüchsen u. a.

Manche der alten Geschütze führten auch recht absonderliche Namen; z. B. die „Tolle Grete“, die „Faule Grete“, die „Siegerin“, das „Scharfe Tindlein“, „Die Taube“, die „Zwölf Apostel“, die „Böse Else“, „Ungnade“ usw.

Daß Schiffe mit Feuergeschützen bewehrt wurden, finden wir zuerst mit Bestimmtheit im Jahre 1372, wo die mit den Franzosen verbündeten Spanier vor La Rochelle große Schiffe auffahren ließen, die „Armbrüste und Feuerrohre (canons)“ führten. Sechs Jahre später sind Geschütze auf englischen, 1379 auf venezianischen und 1384 auf hanseatischen Schiffen nachweisbar. Das erste Kanonenboot benutzte wohl Karl der Kühne, als er 1474 die Stadt Neuß von der Rheinseite her beschoß, und sozusagen die erste „moderne“ Seeschlacht fand 1512 vor Brest statt. Späterhin treffen wir schon eine stattliche Anzahl von Schiffsgeschützen; so war beispielsweise Ludwigs XII. „Charente“ mit 200 Kanonen armiert. Garcias von Toledo endlich, ein befähigter Offizier Karls V., gebrauchte 1535 bei der Belagerung Algiers ein Mittel, das er schon früher anlässlich eines Seemanövers bei Messina erprobt hatte: er verfiel auf die „schwimmende Batterie“, die aus 8 Belagerungsgeschützen bestand, welche auf zwei flachen Schiffen vor der belagerten Stadt verankert waren.

III.

Endlich sollte das Schwarzpulver, dieses „Teufelswerk“, wie es Erasmus von Rotterdam nennt, auch noch auf dem Gebiete des Minenwesens bahnbrechend wirken. Schon in den frühesten Zeiten verstand man es, zu Kriegszwecken unterirdische Gänge anzulegen, um durch diese in einen belagerten Ort einzudringen oder die Stadtmauern durch das Untergraben derselben zum Einsturz zu bringen, wie beispielsweise Saladin, der machtvolle Beherrscher Ägyptens, durch solche Gänge oder Minen die Mauern Jaffas zu Fall brachte.

Aus Unfällen, wie derjenige, der 1360 das Lübecker Rathaus, das man unvorsichtigerweise zugleich als Pulverfabrik benutzte, betraf, mußte man die gewaltigen, zerstörenden Wirkungen größerer Pulvermengen indessen bald erkannt haben. Aber es war wohl in erster Linie die Gefährlichkeit des Stoffes, verbunden mit den zu jener Zeit fast unerschwinglichen Kostenverhältnissen, welche die kriegführenden Parteien vor praktischer Ausnutzung des Pulvers zu Sprengzwecken immer wieder zurückgeschreckt haben dürfte.

Wohl hatten schon im Jahre 1403, wie Buonaccorso Pitti erzählt, die Florentiner, als sie mit den Pisanern im Streit lagen, beabsichtigt, einen unter den Mauern Pisas hindurchführenden, mangelhaft zugemauerten und vergessenen Gang durch ihren Ingenieur Domenico di Matteo mit Pulver anfüllen und durch Entzündung desselben eine breite Bresche legen zu lassen. Als man aber an die Ausführung des Planes gehen wollte, habe man ihn verraten gefunden. Etwa um dieselbe Zeit stellt auch Konrad Kyser von Eichstätt im 9. Kapitel seines 1405 beendeten „Bellifortis“ bereits Sprengminen dar. Der italienische Militärschriftsteller Taccola beschreibt zwischen 1427 und 1449 als erster das Aussehen einer solchen Mine in seinem Buch über „Ingenieurkunst“. Die Minenabbildung Taccolas findet sich ganz unverändert auch bei Paolo Santini.

Etwa ums Jahr 1475 kam nun ein genuesischer Ingenieur Francesco di Giorgio Martini (1423—1506), wohl durch die furchtbare Pulverexplosion von Ragusa im August 1459, wobei 25000 Maß Pulver, die in den Kellern der Signoria aufbewahrt waren, sich entzündeten, auf den Gedanken, solche unterirdischen Höhlungen, wie man sie ja bisher im Krieg öfter angewendet hatte, mit Schießpulver anzufüllen und dieses zu entzünden, um so mit dessen Hilfe die schrecklichen Wirkungen des Erdbebens hervorzubringen. Zunächst erprobte er diese Sprengminen, als genuesische Scharen 1487 das florentinische Schloß Sarzanello im Lucchesischen hartnäckig belagerten. Die Angst der eingeschlossenen Florentiner erreichte ihren Höhepunkt, als sie erfuhren, daß die Angreifer mit der Anlage einer gänzlich neuartigen Sprengmine beschäftigt wären. In der Tat erfolgte auch eine gewaltige Explosion, doch war die Mine nicht unter die Festungsmauern zu liegen gekommen, so daß diese unversehrt blieben.

Biringuccio aus Siena bezeichnet Francesco di Giorgio als den Erfinder der Sprengminen, was nach den vorhergegangenen Ausführungen nicht ganz zutreffend ist.

Jedenfalls sind die Minen anfänglich sehr selten benutzt worden.

Mit mehr Erfolg wendete Pedro Navarro die neuerfundene Minenkunst bei Sankt Giorgio auf Kephalenia an (1500). Hier minierte er den Felsen, auf welchem das Schloß stand und sprengte ein Stück desselben mit der Mauer ab. Hierauf nahm er 1503 das Castel Nuovo und dann Castello dell' Uovo bei Neapel durch Sprengminen ein, welche letzteres mitten im Golf auf einem Felsen stand und als uneinnehmbar galt. Gerade diese Leistung war besonders geeignet, überall zur Verwendung von Sprengminen anzuregen, und von diesem Zeitpunkte an ist die Geschichte des Sprengminenwesens kaum noch in einem Punkte zweifelhaft.

Schließlich sei auch noch einer Hinterlist gedacht, die Veit Wulff von Senfftenberg in seinem aus dem 16. Jahrhundert stammenden Werk: „Criegsbuch von mancherley Stratagematibus“ in dem Kapitel: „Wie einer seinen feind erschieszen kann, ob er gleich etzlich hundert Meilen von jhm where“, empfiehlt. Er erwähnt an genannter Stelle einen Mordbrief voll Sprengmasse, der „etwa durch einen Juden oder Übeltäter zu überbringen“ sei. Überhaupt spielen in seinem Buche Sprengkisten und Sprengbriefe eine bedenkliche Rolle.

Die intelligente Beherrschung und Meisterung der Pulverkraft übt aber nicht allein im Kriegswesen ihre Wirkungen, auch im friedlichsten Sinne hat die Gewalt des Pulvers die Bahnen unseres Fortschritts geöffnet und dies hauptsächlich durch die Verwendung des Schießpulvers im Berg- und Straßenbau.

Nachdem das Pulver beinahe drei Jahrhunderte lang fast ausschließlich der Kriegskunst gedient hatte, begann vor etwa 280 Jahren auch sein Gebrauch zum Sprengen in Bergwerken.

Löhneyss spricht noch im Jahre 1617 in seiner Beschreibung des Bergwerksbetriebs nur von Keilhauen, Bergeisen und Handfäusteln. Dadurch wird die Behauptung ziemlich hinfällig, ein gewisser Martin Weigold oder Weigel in Freiberg habe im Jahre 1613 bereits Gesteinsprengungen mittels Schießpulvers vorgenommen, da sonst Löhneyss von einer derartigen Neuerung im Bergbaubetrieb sicherlich etwas hätte wissen müssen. Der Engländer Edward Brown, welcher um 1670 die hervorragendsten Bergwerke des Kontinents bereiste, erzählt in seinem 1673 zu London gedruckten Reisebericht voller Staunen, daß er in dem ungarischen Bergwerk Herrngrund bei Neusohl gesehen habe, „wie man länglichrunde Höhlungen (Bohrlöcher) in das harte

Gestein trieb, mit Schießpulver anfüllte und entzündete; dann sei alles in die Luft geflogen“. Erwähnt wird freilich das Schießpulver im bergmännischen Betrieb schon etwa 50 Jahre früher, als Brown davon berichtet, und zwar gibt uns das Schemnitzer Berggerichtsbuch vom 8. Februar 1627 Aufschluß über die erste Verwendung des Schießpulvers zu Sprengzwecken. An diesem Tag hat nämlich ein gewisser Kaspar Weindl aus Tirol im Oberbiberstollen des genannten Bergwerks die erste Sprengung durchgeführt. Diese äußerst wichtige Neuerung im Bergbaubetrieb konnte sich indessen nur sehr langsam einbürgern. Die Furcht vor Einstürzen mag es wohl auch gewesen sein, welche ein Aufkommen der bei weitem wichtigsten bergmännischen Sprengarbeit, des Sprengens des Gesteins von Bohrlöchern aus, so lange verhinderte. Mitbestimmend mag auch der Mangel an geeigneten Bohrwerkzeugen gewesen sein. Von Schemnitz in Ungarn aus gelangte dann die Kenntnis der Gesteinsprengung mittels Pulver nach Böhmen, dann nach dem Harz. 1632 finden wir das Pulver zu Sprengzwecken in Clausthal verwendet, 1645 in Freiberg, 1648 in Falun (Schweden). Um 1700 stand das „Schießen“ in den Bergwerken schon in hoher Blüte; doch bleibt selbst dann, im ganzen betrachtet, die Verwendung der Explosivstoffe zu zivilen Zwecken der militärischen gegenüber bis in unsere Zeit hinein völlig im Hintergrund und beschränkt sich im wesentlichen eben auf die bergmännische Sprengarbeit. Deutsche Bergleute brachten dann die neue Erfindung nach England und 1724 treffen wir das Sprengpulver in den Bergwerken von Schweden. 1768 findet es auch in der Saline von Aussee Anwendung. Ungarische Bergleute führten 1749 im Harz den Meißelbohrer ein, der von Henning Hutmann 1863 durch eine Art von Maschinenbohrer abgelöst ward.

Aber auch die Masse der Hochgebirge hat die Kraft des Pulvers gesprengt und durchbohrt, die Felsentore der Berge geöffnet, die gefahrdrohenden Klippen der Ströme, Häfen und Küsten zerschmettert, um den Straßen des Weltverkehrs Raum zu schaffen. Mineralien, Baumaterial, Trinkwasser werden durch Sprengungen gewonnen.

So beginnt man zu Ausgang des 17. Jahrhunderts mit dem Bau von festen Straßen im Hochgebirge mit Hilfe des Sprengpulvers. Es entsteht so 1696 die Albulastraße am Bergünstein, indem man einen alten Saumpfad, der schon seit undenklichen Zeiten über das Gebirge führte, durch Pulverkraft erweiterte; es folgen 1707 die Sprengarbeiten am Urner Loch am Sankt Gotthard, 1736 am Leukerweg und 1738

in der Via Mala des Splügen. Vollständig nur durch Sprengarbeit entstanden dann in neuerer Zeit die modernen Straßen am Simplon, Mont Cénis u. a.

Daß auch der Flußbau der Sprengkraft des Pulvers die Beseitigung großer Hindernisse verdankt, zeigt sich an unserem Rheine am deutlichsten. Zwischen 1631 und 1647 bemühten sich schwedische und französische Ingenieure wiederholt, die Felsklippen bei Bingen zu beseitigen, die dann endlich 1829 bis 1831 von der preußischen Regierung in der Hauptsache beiseite geschafft wurden.

IV.

Endlich sei noch ein übriges über die Bereitung und Zusammensetzung des Pulvers gesagt.

Betreffend die Herstellung des Schießpulvers in den ältesten Zeiten begnügte man sich damit, die Rohsubstanzen, aus denen das Pulver zusammengesetzt ward, auf gewöhnlichen Mahlmühlen zu zermahlen und hierauf zusammen zu mischen. So bestanden Pulvermühlen bereits 1340 in Augsburg, 1344 in Spandau, 1348 in Liegnitz, 1360 in Lübeck u. a. m. Allein die mit dem Zermahlen in den Pulvermühlen verbundene Gefahr des Entzündens durch das Reiben zwischen den Mühlsteinen führte bald zur Erfindung der Stampfmühlen. Eine Pulvermühle dieser Art stand bereits 1435 vor der Stadt Nürnberg.

Die heutzutage für Salpeter gebräuchliche Benennung „Nitrum“ bezeichnete im Altertum die natürliche Soda. Deshalb sind die Nachrichten über die erste Bekanntschaft mit Salpeter nicht ganz sicher zu verfolgen. Roger Bacon hat ihn im Jahre 1242 ausdrücklich als Bestandteil des Schießpulvers erwähnt und auch die älteste Methode zur Reinigung des natürlichen Salpeters angegeben. Der von den Salpeterern, einer übeln Zunft, von den Mauern abgekratzte oder auf Haufen künstlich erzeugte Salpeter wurde in Wasser aufgelöst oder gekocht und so lange vom Schaum gereinigt, bis die Lösung klar war. Diese ließ man kristallisieren und löste sie wieder in Wasser auf. Die Lösung wurde dann mit zwei ungenannten reinigenden Substanzen gemischt, erhielt einen Zusatz von tierischer Kohle, ward eifrig umgerührt und kristallisierte dabei. Später hat man den Salpeter mit Holzasche gereinigt, was schon Hassan Alrammah im Jahre 1290 bekannt war.

Die Herstellung des zweiten Bestandteils des Schwarzpulvers, des Schwefels, war schon lange im Bergbau bekannt; für Schießpulver ward er überdies schon sehr zeitig geläutert.

Ähnlich verhielt es sich mit der Kohle. Da schon von allem Anfang an Wert darauf gelegt wurde, Kohle aus besonders gewählten Hölzern für die Erzeugung des Pulvers zu verwenden, so konnte man sich nicht der üblichen Meilerkohle bedienen, und bei den sehr geringen Mengen Pulvers, welche zu Anfang benötigt wurden, war das Brennen in Meilern zu umständlich. Man hat deshalb die Kohle immer in Öfen oder Kesseln gebrannt und, wie es den Anschein hat, schon zeitig junge Zweige benützt. In der Wiener Bilderhandschrift befindet sich eine Abbildung, in welcher Arbeiter unter Aufsicht des Meisters im Begriff sind, Holzknüppel in ein offenbar mit Ziegelsteinen ausgekleidetes Holzfaß zu geben.

Was nun die Erzeugung des Schießpulvers angeht, so scheint es, als ob man lange Zeit im Mörser gearbeitet habe; die einzige Verbesserung, die man einführte, war die, daß man den Stössel an einem federnden Holzstück aufhängte, um dem Arbeiter die Last des Hebens zu ersparen. In einem Artilleriebuch aus dem 16. Jahrhundert in der Großherzoglichen Bibliothek in Weimar, welches nach einer Eintragung auf dem ersten Blatt wahrscheinlich einem „Hanns Henntz von Nürnberg, jetziger Zeyt Organyst bey Sankt Martin“ gehörte, befindet sich eine derartige Abbildung unter dem Titel: „Ein behend Anrichtung pulfer zemache“. Sie wurde im Manuskripte Saint Germain François 1914 der Pariser Nationalbibliothek und nach diesem von Napoléon, Jähns u. a. nachgezeichnet. Das Stampfen des Pulvers in einem Handmörser ist noch in der Pyrotechnie von Hanzelet aus dem Jahre 1630 dargestellt. Die älteste Abbildung eines Mörsers mit federndem Stössel ist aber schon im Codex Germanicus Nr. 600 um etwa 1350 zu sehen.

Die älteste Abbildung einer Stampfmühle ist die im „Rust und feuerwerck buych“ aus dem 15. Jahrhundert, in welcher vier Stempel einer offenbar längeren Stampfe dargestellt sind. Je zwei schlagen in ein Stampfloch, und der Wellbaum wurde anscheinend durch ein Rad gedreht. Auf demselben Bilde sieht man auch das Mischen der Materialien in einem Handmörser, gleichfalls mit zwei federnden Stösseln.

In bezug auf das Körnen und Sieben des Schießpulvers finden sich nur wenige alte Abbildungen. Im Heidelberger Codex Palatinus Nr. 126 findet sich ein Sieb dargestellt.

Das Trocknen des Schießpulvers scheint ursprünglich in Töpfen geschehen zu sein, welche in einen Ofen gestellt wurden; wenigstens läßt sich dies daraus schließen, daß sowohl der

Münchener Codex Nr. 600, wie auch die Wiener Bilderhandschrift darauf bezügliche Darstellungen bringen.

Über die Zusammensetzung des Schießpulvers gibt es natürlich eine sehr große Menge von Vorschriften, auf die hier nicht näher eingegangen zu werden braucht. Das älteste abendländische Pulverrezept, welches uns erhalten ist, scheint aus den dreißiger Jahren des 14. Jahrhunderts zu stammen und steht in einer sehr gemischten Handschrift der Münchener Hof- und Staatsbibliothek (Cod. l. m. 4350). Auf der ersten Seite von Blatt 92 steht „an. 1338“ usw.

Auch hinsichtlich der Bezeichnung „Pulver“ läßt sich eine interessante Tatsache feststellen. Während fast alle Sprachen das lateinische Wort „pulvis“ zur Benennung dieses neuen Treibsatzes annahmen, entwickelte sich für „Schießpulver“ in der niederdeutschen Mundart ein eigener Ausdruck: „Kraut (krut, kruyt, kryt“), ein Wort, das, wie das griechische *φάρμακον*, zugleich Heilmittel und Zaubermittel bedeutet. Auch im Dänischen und Schwedischen hat sich bis auf den heutigen Tag das Wort „Kraut“ für Schießpulver erhalten. Merkwürdig ist indessen hinsichtlich der Bezeichnung immerhin auch der Umstand, daß in einem aus dem 13. Jahrhundert herrührenden chinesischen „Feuerbuche“ als Name für einen primitiven Raketenbrandsatz „Yo“ angegeben wird, ein Wort, welches noch heute im Chinesischen mit „Schießpulver“ identisch ist, in früherer Zeit aber die vielumfassende Bedeutung „Kraut“ oder „Droge“ besaß.

Im 14. und auch noch im 15. Jahrhundert hat man das Schießpulver häufig gefärbt, über welchen Vorgang sich in alten Abbildungen einige wenige Belege finden.

Von einer chemischen Analyse des Pulvers war natürlich im Mittelalter noch keine Rede. Man beschränkte sich lediglich darauf, zu prüfen, ob das Schießpulver nicht feucht sei, und eine übliche Probe war, es in einer Schale zu verbrennen, um zu sehen, ob ein Rückstand bleibe. Es ist interessant, daß auf den meisten alten Bildern, wo Kanonen, Petarden und dergl. abgefeuert werden, der Büchsenmeister eine Hand vor die Augen hält, gewöhnlich noch bei abgewendetem Gesicht. Später hat man die Kraft des Pulvers prüfen gelernt. Gewöhnlich nahm man ein kleines Mörserchen, dessen Deckel beim Auffliegen durch einen gezahnten Bogen mit Feder zurückgehalten wurde. Furttenbach, der berühmte Büchsenmeister, hat im Jahre 1627 in seiner in Ulm erschienenen „Halinitro-Pyrobolia“ eine Pulverprobe abgebildet, von welcher sich ein wohlerhaltenes Exemplar im Wiener K. K. Hofmuseum befindet. Der Deckel des Mörsers

wird an einem mit Schraube spannbarem Draht geführt und durch die nach aufwärts nachgebenden Klinken am Fallen verhindert.

Hauptsächlich in den Niederlanden ging man bald daran, das Schießpulver zu verbessern, und zwar durch Herstellung eines reinen Salpeters; gerade die Niederlande unterhielten zur Zeit der Kreuzzüge lebhaftere Verbindungen mit Byzanz, während die Grafen von Flandern in den Jahren 1204 bis 1261 den Thron des lateinischen Kaisertums innehatten.

Man sieht also: um die Mitte des 14. Jahrhunderts ist das Pulver überall bekannt, sein Gebrauch ein allgemeiner. Ja, auch die Opfer, welche die Herstellung dieses gefährlichen Stoffes fordert, verschweigt uns die Geschichte nicht. Das erste, von dem sie uns berichtet, ist das Rathaus zu Lübeck, welches 1360 durch eine Pulverexplosion ein Raub der Flammen wurde. Hermann Korner erzählt darüber in seiner *Histor. Dan. pag. 1102* folgendes: „... consistorium urbis Lubecensis incensum est et combustum per negligentiam illorum, qui pulveres pro bombardis sive petrariis parabant, secundum *Chronicam Lubecensem* . . .“

Fassen wir nun zum Schlusse nochmals alles zusammen, so sehen wir, wie die Erfindung des Schießpulvers zur Herstellung von Feuerwaffen führte, durch welche zunächst die unheilvolle Macht des Rittertums, insbesondere des Raubrittertums, gebrochen wurde. Der Gewalt der Kanonen vermochten die alten Burgen nicht zu widerstehen, und damit war der Übermut des Rittertums an der Wurzel angegriffen.

Mit den Fortschritten, welche die europäische Rasse in ihrem Kriegswesen gemacht und darin andere Völker so unendlich überholt hat, bewies dieselbe ihre Überlegenheit und brachte sie zur Geltung. Mit der Feuerwaffe hat sie die neuentdeckten Weltteile betreten und mit bewunderungswürdig raschem Erfolge Land und Leute erobert, um sie der Kultur zu gewinnen.

Außerdem tritt in allen Fällen, wo es gilt, die Trägheit und Kohäsion gewaltiger Massen durch eine augenblickliche Wirkung zu besiegen, das Sprengpulver in sein altes Recht, alle Menschen- und Maschinenkräfte überbietend und dennoch lenkbar durch den menschlichen Willen, begrenzt in seinen Wirkungen nach Plan und Zweck!

Zweiter Abschnitt.

Rohstoffe und Bestandteile.

A. Salpeter.

1. Allgemeines.

In der Natur stoßen wir vielfach auf Ansammlungen von salpetersauren Salzen, die von stickstoffhaltigen organischen Körpern herrühren; zunächst bildet sich infolge von Zersetzung und Fäulnis der in vegetabilischen und animalischen Stoffen enthaltenen Eiweißstoffe Ammoniak, das durch Nitrifikationsorganismen (mikroskopisch kleine Spaltpilze) in Ammoniumnitrit übergeführt wird; letzteres geht unter Oxydation zu Nitrat und Umsetzung mit den im Erdboden vorhandenen Salzen in Kalium- bzw. Calciumnitrat über; handelt es sich um Zersetzungsprodukte von Meerespflanzen, so bildet sich ausschließlich Natronsalpeter. — In einzelnen Gegenden der subtropischen und tropischen Zonen Asiens und Afrikas ist der Boden oft so reich an Kalisalpeter, daß das Brunnenwasser salzig danach schmeckt; die Ausbeutung salpeterhaltiger Erde wurde in Ostindien früher in großem Maßstabe betrieben, es beschäftigte sich eine besondere Kaste (die Sorrahvallahs) damit; der ostindische Salpeter wird jetzt noch, besonders in der Niederung des Gangesflusses in der Gegend von Bihar (Provinz Lucknow) gewonnen, von wo er nach Kalkutta gesandt wird, um raffiniert und dann exportiert zu werden. — Auch in Vorderasien und in Ägypten wird regelmäßig von der Natur Salpeter produziert; die Überschwemmungen durch die Wässer des Euphrat und Tigris bzw. des Nils verwandeln die anstoßenden Länder förmlich in einen Sumpf; nachdem sich das Wasser verlaufen hat, geht in kurzer Zeit ein so intensiver Verwesungsprozeß vor sich, daß das ganze Land gleichsam von Salpeter durchsetzt wird. — Auch in Rußland (an der Wolga und in der Ukraine), in Spanien, in Ungarn und Galizien wurden früher natürliche Salpeterfelder ausgebeutet. — Neuerdings war davon die Rede, daß in der Wüste Sahara abbauwürdige Salpeterlager gefunden worden seien, die sich in der Gegend des Salzumpfes von Timinum befinden sollen.

Als gegen Ende des 14. Jahrhunderts die allmähliche Einführung des Schießpulvers begann, war der Bedarf fast hundert Jahre lang ein so geringer, daß er durch den mittels des Levantehandels von Ostindien nach Europa gebrachten Kalisalpeter gedeckt werden konnte. Dann aber — besonders seit der Mitte

des 16. Jahrhunderts — trat mit zunehmender Bedeutung des Schießpulvers für das Kriegswesen gesteigerter Salpeterbedarf ein, sowie der Wunsch, sich durch Gewinnung im Inlande vom Import unabhängig zu machen. Trifft man auch — von den eingangs erwähnten größeren Salpeterlagern abgesehen — nur selten größere Fundstätten natürlicher Salpetererde, so finden sich doch überall, wo Tiere und Menschen längere Zeit verweilt haben, und wo stickstoffhaltige organische Stoffe bei Anwesenheit lehmiger oder kalkiger Bestandteile in Zersetzung übergehen, Salpeterbildungen, z. B. Salpeterausschlag an den Mauern, Salpetererde in Ställen, Scheunen und Wohnungen. Fast in allen Ländern Europas wurde daher bis zum Beginne des 19. Jahrhunderts die heimische Salpetergewinnung betrieben; in Frankreich, Preußen, Bayern und anderen Staaten bestand eine eigene, staatlich organisierte Salpeterwirtschaft mit eigener Verwaltung und eigenem Regal. Durch die Regalität erhielt die Salpetergewinnung einen besonderen Charakter und man betrachtete sie in vielen Staaten als ein dem Herrscher allein zustehendes Hoheitsrecht, das sich zu einem hervorragenden Merkmale des Despotismus ausbildete. Die Salpetersieder waren staatliche bzw. fürstliche Lohnwerker, welche den Schrecken der „Untertanen“ bildeten; letztere waren nicht nur verpflichtet, die sich auf ihrem Grund und Boden, in ihren Häusern usw. natürlich bildenden Salpeterstoffe den Siedern zu überlassen, sondern mußten auch für den Siedereibetrieb noch Brennholz, Asche, Geschirr, nicht selten sogar eine Hütte zur Verfügung stellen; das Salpeterregal ward zu einer der härtesten Volksbedrückungen. Die Zeiten der Aufklärung und des Liberalismus führten daher zur Beseitigung oder wenigstens Einschränkung des Salpeterwesens; vielfach bemühte man sich, eine rationelle künstliche Salpetergewinnung auszubilden; so führte man in Frankreich und Schweden durch Betrieb von Salpeterplantagen eine Verwendung von allerlei Abfällen in großem Maße durch.¹ — Inzwischen hatte sich aber die Ausfuhr von ostindischem Kalisalpeter sehr entwickelt, und seit dem Jahre 1830 begann der sich bald enorm steigernde Export von natürlichem Natronsalpeter aus Chile, den man durch billige Kalisalze „konvertieren“, d. h. in Kalisalpeter überzuführen lernte.

In ein neues Stadium ist die ganze Salpeterfrage getreten durch die mit Erfolg gekrönten Bemühungen, den in der Atmosphäre in so enormen Mengen enthaltenen Stickstoff mit dem

¹ Eingehendere Angaben bei Dr. Ottomar Thiele, „Salpeterwirtschaft und Salpeterpolitik“. Tübingen 1905.

Sauerstoff der Luft zu vereinigen (in elektrischen Öfen) und auf diese Weise Salpetersäure bzw. Nitrate zu erzeugen; im Jahre 1903 schufen die Norweger Birkeland und Eyde die Grundlagen der synthetischen Salpeterindustrie, an deren Ausgestaltung neuerdings besonders auch die Badische Anilin- und Sodafabrik (Schönherr) sich beteiligten. Neben dieser bereits praktisch in großem Maßstabe durchgeführten Industrie scheint die Oxydation von Ammoniak vorläufig noch weniger Bedeutung zu haben; nachdem aber Professor Haber die Synthese des Ammoniaks aus Stickstoff und Wasserstoff gelehrt hat, könnte auch die Nitratbildung über Ammoniak größere Wichtigkeit erlangen. Es würde zu weit führen, auf die Einzelheiten der neuen Salpetersynthesen hier näher einzugehen und es sei daher auf die Schriften von Prof. Jurisch verwiesen („Salpeter und sein Ersatz“, Leipzig 1908 und „Über Luftsalpeter“, Leipzig 1910), woselbst auch sehr ausführliche Literaturangaben zu finden sind; ferner ist zu empfehlen die Arbeit von Dr. H. Grossmann, „Die Stickstofffrage und ihre Bedeutung für die deutsche Volkswirtschaft“, Berlin 1911.

2. Natronsalpeter.

Das salpetersaure Natrium (Natronsalpeter, Natriumnitrat, Chilesalpeter) findet sich in größter Menge in der Küstenregion des westlichen Südamerikas; dieses nahezu regenlose und aus diesem Grunde fast jeder Vegetation entbehrende Gebiet zieht sich vom 4. bis 26. Grad südlicher Breite in einer Ausdehnung von 1300 engl. Meilen (= 2350 km) hin.

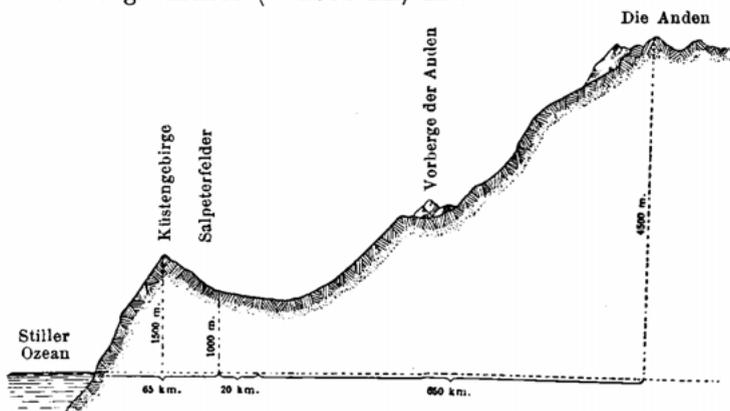


Fig. 1. Aufbau der Küste im nördlichen Teile.

Der Aufbau der Küste im nördlichen Teile, wo sich die Salpeterablagerungen befinden, wird durch die Fig. 1 wiedergegeben; es lassen

sich vier deutlich voneinander geschiedene Zonen erkennen, die mit der Küste parallel laufen: die steil bis auf 1500 m ansteigende Küste, darauf folgend eine sich bis in das Hinterland erstreckende Hochebene, die Vorberge der Anden und schließlich die schneebedeckten Anden, welche einen Schutzwall gegen die feuchtwarmen Winde aus dem Gebiet des Amazonas bilden. Vom stillen Ozean her bildet die Feuchtigkeit der Abendbrise nur selten — und dann nur im Winter — leichte Niederschläge, so daß fast täglich über der öden Hochebene sich Nebel oder Wolkenbänke bilden, die aber mit höhersteigender Sonne verschwinden, ohne daß es zu Niederschlägen kommt; hiermit geht Hand in Hand eine starke elektrische Spannung der Luft, durch welche häufig der Telegraphen- und Telephonverkehr unterbrochen wird. — Das Natriumnitrat wird nur in kleinen Mengen in reinem Zustande gefunden, gewöhnlich als eine Mischung dieses Salzes mit Sulfaten und Chloriden sowie mit Erde und Gestein, welches Rohmaterial ohne Rücksicht auf Zusammensetzung und Lagerung als „Caliche“ bezeichnet wird. Nachstehende Skizze (Fig. 2) zeigt den Abbau einer typischen Lagerstätte;

Chuca ist die obere lose Deckschicht, unter der die Costra, ein Konglomerat von Gestein mit Kochsalz und geringen Mengen Salpeter, liegt; einen beträchtlich höheren Salpetergehalt zeigt die darunterliegende, sonst ähnlich zusammengesetzte Caliche; das Congelo ist eine Schicht von Sulfaten und Chloriden des Calciums, Magnesiums und Natriums, die sich alle — jedoch in sehr geringen Mengen — in der Coba, einer lockeren Erde, finden. Die

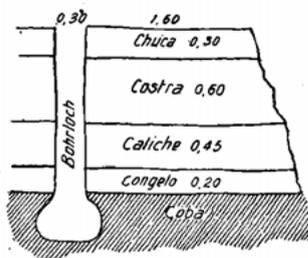


Fig. 2. Abbau einer typischen Lagerstätte.

Aufsuchung von Calichefundstätten erfolgt in der Weise, daß man in einer Entfernung von je 100 bis 300 m Bohrlöcher niedertreibt; zeigt das eine von zwei solchen Bohrlöchern Caliche, das andere nicht, so wird zwischen beiden ein drittes Bohrloch niedergetrieben, um Lage und Ausdehnung genauer zu bestimmen; man fährt so weiter, bis die Entfernung zwischen den fündigen Bohrlöchern etwa 50 m beträgt, fertigt dann genaue Pläne an und entnimmt von jeder fündigen Stelle Proben, deren Salpetergehalt durch Titrieren mit Ferrosulfat in schwefelsaurer Lösung bestimmt wird; man kann sich dann — nach Abzug von etwa 20% als unausbleiblichen Verlust — ein genaues Bild von der Größe und Mächtigkeit der Lager machen. — Der eigentliche Abbau vollzieht sich noch immer in der ursprünglichen primitiven Weise; es werden dicht nebeneinander Bohrlöcher niedergetrieben, die sich unten erweitern, um so die Einführung einer größeren Ladung zu ermöglichen. Zum Wegschießen dient ein an Ort und Stelle bereitetes Schwarzpulver; die Ladung beträgt 100 bis 300 engl. Pfund. Die Caliche wird herausgesucht, auf Haufen geschichtet und zur sog. Oficina geschickt, wo sie weiter verarbeitet wird; ein Arbeiter kann so täglich 5000 bis

10 000 engl. Pfund fördern. Während man früher nur die reichsten Lager abbaute, ist man bei der allmählichen Erschöpfung derselben nun gezwungen, auch die ärmeren abzubauen; man geht dabei bis zu einem Gehalte von 18% NaNO_3 herunter. Die Caliche wird auf kleinen zweirädrigen Karren von 4500 engl. Pfund Ladefähigkeit mittels drei nebeneinandergespannter Maulesel herabgeschafft. Die Kosten für die Tonne Caliche auf den Werken stellt sich zu etwa \$ 1.06; es entfallen hiervon auf das Bohren und Schießen 10 Cents, Sortieren 64 Cents, Schärfen der Bohrer 4 Cents, Transport 24 Cents, Aufsicht 4 Cents. Enthält die Caliche 30% NaNO_3 und beträgt die wirkliche Ausbeute 22%, so stellen sich die Gewinnungskosten auf \$ 4.90 pro Tonne Salpeter.

Die Extraktion des Salpeters und der Caliche erfolgt durch Auslaugen in der Wärme, Trennung vom Unlöslichen und Kristallisation der Laugen, wobei Schwierigkeiten besonders daraus entstehen, daß die Löslichkeit des in der Caliche mit anderen Salzen gemischten Natriumnitrats eine andere ist als die von reinem Natronsalpeter; besonders unangenehm ist hierbei das stets vorhandene Chlornatrium. Während Wasser bei Zimmertemperatur 0.85 Teile Salpeter löst, ist die Löslichkeit bei Gegenwart von Chlornatrium auf 0.53 Tle. herabgedrückt, wobei gleichzeitig 0.26 Tle. Kochsalz in Lösung gehen; bei 120° dagegen beträgt die Löslichkeit der Nitate 2.20 Tle., während die gleichzeitig gelöste Menge Kochsalz auf 0.15 Tle. heruntergeht. Allgemein nimmt in einer Mischung von Salpeter und anderen Salzen die Löslichkeit des Natriumnitrats mit steigender Temperatur zu, die der anderen Salze ab. Fig. 3 zeigt die Löslichkeit von NaNO_3 , KNO_3 , NaCl und Na_2SO_4 , jedes für sich allein, Fig. 4 zeigt die gegenseitige Beeinflussung der Löslichkeit von Natriumnitrat und Chlornatrium.

Bei der Extraktion arbeitet man in der Weise, daß die beladenen Karren in große Behälter mit geneigtem Boden, sog. Rutschen, geschüttet werden und das Gut von dort in die Brecher gelangt, um dann in zerkleinertem Zustande zu den Cachuchos, den Auslaugetanks, geschafft zu werden. Der Inhalt der Tanks wird vermittelst 6 bis 8 Heizschlangen, durch welche Frischdampf von etwa 6 Atmosphären Überdruck strömt, erwärmt; die Lösung wird von einem der Tanks (meist stehen 6 nebeneinander) in den andern gebracht, bis sie genügend konzentriert ist. Extraktion in geschlossenen Kesseln würde eine bedeutende Ersparnis der in der dortigen Gegend sehr teuren Kohlen und des Wassers herbeiführen, findet aber nur schwer Eingang.

Schon in den letzten Lösetanks findet ein Auskristallisieren der Verunreinigungen statt. Bevor die Laugen zur Kristallisation gelangen, müssen sie erst absitzen, um von schlammigen Beimengungen geklärt zu werden; mit dem Absetzen des Schlammes geht gleichzeitig eine

Abkühlung vor sich, die besonders wichtig ist, da hierbei ein Teil der Verunreinigungen mit herausfällt, besonders da, wo man nicht auf völlig gesättigte Lösungen arbeitet. Bei 100° und völliger Sättigung müßten in 1 Liter Wasser 1600 g NaNO_3 enthalten sein; ein Gehalt von nur 1314 g NaNO_3 entspricht einer Sättigungstemperatur von 85°C ; zugleich gehen dabei 166 g NaCl (Sättigung bei 85°) und x g NaCl in Lösung, letztere infolge der um 15° höheren Temperatur

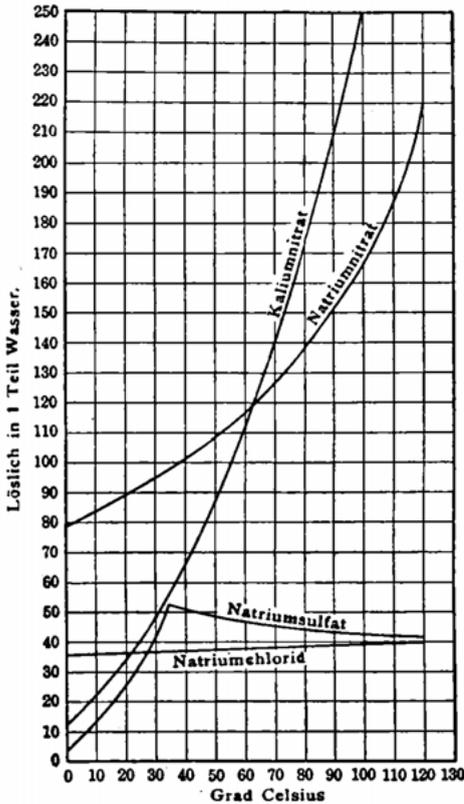


Fig. 3. Löslichkeit von NaNO_3 , KNO_3 , NaCl und Na_2SO_4 , jedes für sich allein.

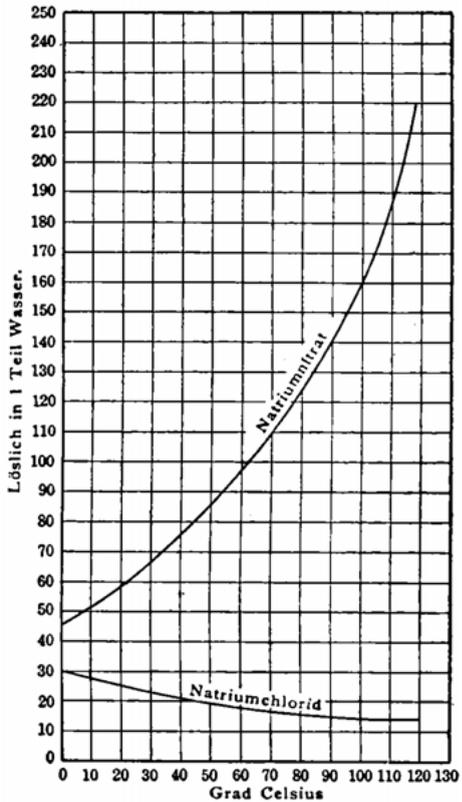


Fig. 4. Gegenseitige Beeinflussung der Löslichkeit von Natriumnitrat und Chlornatrium.

und der Nichtsättigung mit NaNO_3 ; beim Abkühlen kristallisieren zunächst diese x g Kochsalz aus: der Schlamm enthält danach dann auch 50% Kochsalz. — Beim weiteren Abkühlen der in die Kristallisiertanks verbrachten klaren Lösungen von $\text{NaNO}_3 + \text{NaCl}$ nimmt die Löslichkeit des NaNO_3 ab, der Salpeter kristallisiert aus, während die Löslichkeit des NaCl zunimmt. Die Lösungen bleiben fünf Tage in den Kristallisiertanks, welche einen etwas geneigten Boden besitzen; alsdann wird das

Kristallmehl an die höchste Stelle des Bodens gebracht, wo es, nachdem die Mutterlauge abgelassen ist, abtropfen kann; der Salpeter wird dann in die Vorratsschuppen gebracht und verfrachtet. Die einzelnen Säcke hatten früher 130 bis 140 kg Gewicht; durch Verfügung der Sanitätsbehörde ist aber das Höchstgewicht auf 100 kg festgesetzt. — Nachstehend zwei Analysen von Handelswaren:

| | | |
|---------------------------|----------------|---------|
| NaNO ₃ | 94.164 | 94.245 |
| KNO ₃ | 1.763 | 1.249 |
| NaCl | 0.933 | 1.180 |
| NaJO ₃ | 0.010 | 0.017 |
| KClO ₃ | 0.282 | 0.239 |
| MgSO ₄ | 0.219 | 0.303 |
| MgCl ₂ | 0.289 | 0.342 |
| CaSO ₄ | 0.102 | 0.041 |
| Unlösliches . . . | 0.138 | 0.174 |
| Feuchtigkeit . . . | 2.100 | 2.210 |
| | <hr/> | <hr/> |
| | 100.000 | 100.000 |

Das in den Mutterlauge vorhandene Natriumjodat wird auf Jod verarbeitet, indem man in der Kälte mit einem Überschuß von Natriumbisulfat versetzt bis zu einer bestimmten Braunfärbung und nun ein Viertel des Volumens frischer Mutterlauge hinzugibt; der Niederschlag wird abgepreßt, getrocknet und sublimiert; das Jod hat einen Reinheitsgrad von 99.6%.

Wirtschaftliches. Man hat früher angenommen, daß die Salpeterlager von Chile bald erschöpft seien; neuerdings ist man jedoch zu der Ansicht gekommen, daß die früheren Schätzungen zu pessimistisch gewesen sind und daß die Lager jedenfalls noch für einige Generationen genügendes Material enthalten; nach den letzten Schätzungen der chilenischen Regierung soll eine Minimalmenge von 340 Millionen Tonnen in leicht abbauwürdigen Lagerstätten vorhanden sein, was für eine jährliche Produktion von 2½ Millionen Tonnen eine Minimaldauer von 136 Jahren gibt. — Die bedeutende Verbrauchssteigerung seit dem Entdecken der Lager ergibt sich aus folgender Tabelle:

Weltkonsum an Chilesalpeter (in Tonnen zu 1000 kg).

| | | | |
|--------------|-------------------|----------------------|-----------|
| 1831 | 100 | | |
| 1840 | 7 000 | | |
| 1850 | 20 000 | | |
| 1860 | 50 000 | | |
| 1870 | 103 000 | | |
| 1880 | 230 000 | hiervon Verbrauch in | |
| 1885 | 445 000 | Amerika | Europa |
| 1890 | 893 810 | 50 000 | 395 450 |
| 1895 | 1 025 920 | 104 000 | 779 810 |
| 1900 | 1 334 000 | 110 000 | 915 220 |
| | | 185 000 | 1 129 000 |

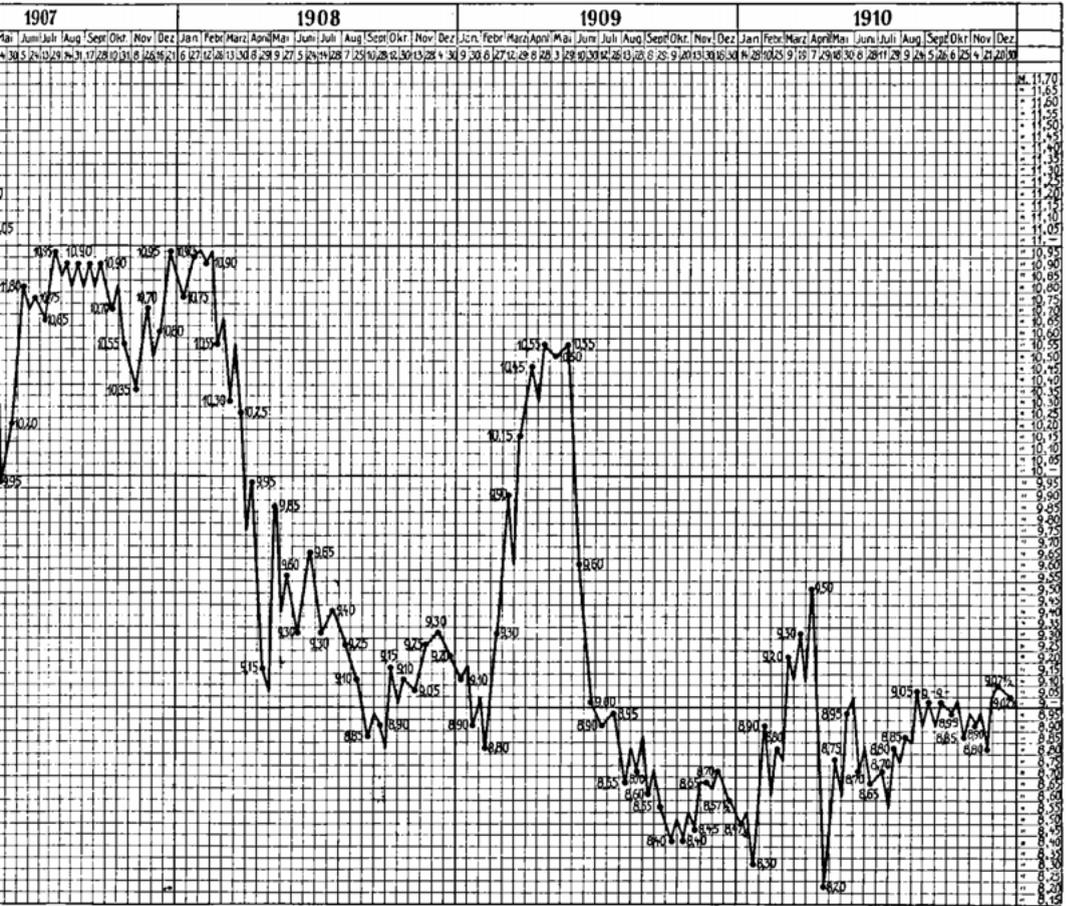


Fig. 5.
Hamburg in den Jahren 1904 bis 1910.

| | | hiervon Verbrauch in | |
|------|-----------|----------------------|-----------|
| | | Amerika | Europa |
| 1905 | 1 566 000 | 315 000 | 1 201 000 |
| 1906 | 1 640 000 | 355 000 | 1 247 000 |
| 1907 | 1 672 000 | 355 000 | 1 274 000 |
| 1908 | 1 764 000 | 310 000 | 1 390 000 |
| 1909 | 1 945 000 | 410 000 | 1 476 000 |
| 1910 | 2 274 000 | 514 000 | 1 677 000 |

Der Salpeterverbrauch Deutschlands in den letzten Jahren betrug (in Tonnen): 1904: 606050; 1905: 647870; 1906: 694875; 1907: 686275; 1908: 755663; 1909: 786800; 1910: 896225 Tonnen.

Für den chilenischen Staat ist die Salpeterindustrie von allergrößter Bedeutung; auf einen spanischen Zentner (= 46 kg) Salpeter werden 28 Pence Ausfuhrzoll erhoben, was z. B. im Jahre 1908 einen Gesamtbetrag von 5.2 Millionen Pfd. Sterl. (104 Millionen Mark) ausmachte; tatsächlich werden fast zwei Fünftel (also 40%) der gesamten chilenischen Staatskosten durch den Salpeterausfuhrzoll gedeckt. Der chilenische Staat hat also an einer weiteren Ausdehnung des Salpeterkonsums bzw. Mehrexport ein großes Interesse, während den Salpeterwerken mehr an guten Preisen gelegen ist. Zur Erhöhung der letzteren hat man schon fünfmal Vereinigungen („combinaciones“) gebildet, die aber nur zeitweise eine Preiserhöhung durchsetzen konnten, da bei der Gestaltung des Salpeterpreises noch eine ganze Reihe anderer Momente mitspielen, wie die Arbeiterverhältnisse, die Gestehungskosten des Salpeters in Chile, die Frachtkosten auf den Salpeter-Bahnen, die wirtschaftliche Konjunktur in Chile und den Absatzgebieten, die Lage der Landwirtschaft in Europa und den Vereinigten Staaten, der Stand der Zuckerindustrie und die Spekulation. Insbesondere aber bildeten sich zu Zeiten hoher Preise neue Salpeterunternehmungen, welche die Produktion aufnahmen und dadurch eine Überproduktion herbeiführten, welche zur Auflösung der Kombination führte. Ob die chilenische Regierung einmal genötigt sein wird, zum Schutze ihrer Salpeterindustrie Zwangssyndikate einzuführen (wie Italien für seine Schwefelgewinnung in Sizilien) oder ähnliche Schutzmaßnahmen zu treffen (wie Deutschland für seine Kali-Industrie), läßt sich zurzeit nicht übersehen. — Die letzte Vereinigung hat mit dem 31. März 1908 aufgehört, die Aussichten auf ein erneutes Zustandekommen sind sehr gering, da die kapitalkräftigen und auf solider Basis arbeitenden Werke sich keine Produktionseinschränkung mehr gefallen lassen wollen; zu den führenden Werken gehören die H. B. Sloman & Co., Salpeterwerke A.-G. und die Deutschen Salpeterwerke Foelsch & Martin A.-G.; im ganzen arbeiten in Chile zurzeit 77 aktive Salpeterfirmen mit insgesamt 142 Werken, von denen ein Teil stillliegt und nur etwa 100 Werke produzieren; die Gesamtproduktion derselben betrug im Jahre 1910 etwa 53.6 Millionen spanische Zentner (à 46 kg), wovon 50.8 Millionen exportiert wurden, und zwar:

| | |
|--------------------------------|------------------|
| nach Europa | 36 311 832 |
| „ Nordamerika (Ostküste) . . . | 11 428 321 |
| „ „ (Westküste) . . . | 1 001 625 |
| „ verschiedenen Ländern . . . | 1 994 337 |
| „ Chile | 45 226 |
| | <hr/> 50 781 831 |

Das chilenische Salpetergebiet wird in zwei Provinzen: Tarapacá und Antofagasta, eingeteilt, von denen die erste die Häfen Iquique, Caleta Buena, Junin und Pisagna aufweist (Gesamlexport 1910: 23.4 Millionen span. Zentner), während in der Provinz Antofagasta sich die Häfen Tocopilla, Mejillones, Antofagasta, Caleta Coloso und Taltal befinden (Gesamlexport 1910: 27.4 Millionen). — Nachstehend geben wir eine Übersicht über die Salpeterpreise in Hamburg seit 1851 (für 50 kg):

| | | | | | |
|---------|------------|-----------|-----------|------|-----------|
| 1851/55 | Mark 23.54 | 1891/95 | Mark 8.58 | 1904 | Mark 9.79 |
| 1856/60 | „ 17.55 | 1896/1900 | „ 7.51 | 1905 | „ 10.43 |
| 1861/65 | „ 14.06 | 1901/05 | „ 9.37 | 1906 | „ 10.73 |
| 1866/70 | „ 15.16 | 1906/09 | „ 10.21 | 1907 | „ 10.81 |
| 1871/75 | „ 13.46 | 1901 | „ 8.55 | 1908 | „ 9.85 |
| 1876/80 | „ 13.91 | 1902 | „ 9.10 | 1909 | „ 9.41 |
| 1881/85 | „ 11.20 | 1903 | „ 8.96 | 1910 | „ 9.25 |
| 1886/90 | „ 9.05 | | | | |

sowie eine, nach den Berichten der Firma Blumenfeld in Hamburg zusammengestellte graphische Übersicht der Preisgestaltung der letzten Jahre (Fig. 5, Taf. I).

Raffination des Chilesalpeters. Der Chilesalpeter kommt als 95⁰/₀iger Salpeter in den Handel; er enthält durchschnittlich 90 bis 95⁰/₀ Natriumnitrat, außerdem Chlornatrium, Kaliumnitrat, Kaliumperchlorat, Feuchtigkeit, Spuren von Jodiden und Jodaten, sowie unlösliche Beimengungen. — Die Raffination besteht gewöhnlich darin, daß man den Salpeter aus Natronsalpetermutterlauge (zur Sparung des in Chile teuren Wassers benutzt man die Laugen früherer Operationen) und Dampf bis zu einer Konzentration von 50⁰ Bé aufkocht, die erhaltene Lauge heiß filtriert und in die Kristallisationsgefäße laufen läßt; beim Abkühlen scheidet sich Natronsalpeter aus, während die leicht löslichen Salze (Chlornatrium usw.) in der Mutterlauge verbleiben; letztere wird so lange zu neuen Auflösungen verwendet, bis sie mit den leicht löslichen Salzen gesättigt ist. Hierbei tritt aber, wie H. Fölsch & Cie. in ihrem D.R.P. 125 206 (vom 1. VI. 1900) ausführen, eine Sättigung der Mutterlauge mit dem in der Kälte sehr schwer löslichen Kaliumperchlorat häufig schon nach der ersten, sicher aber nach der zweiten Operation ein, so daß bei weiterer Be-

nutzung perchlorathaltigen Rohmaterials und der mit Perchlorat gesättigten Mutterlauge der raffinierte Natronsalpeter wohl frei ist von Chlornatrium, dagegen nicht von Kaliumperchlorat; die Gesamtmenge des im Chilesalpeter vorhandenen Perchlorats geht dann in den raffinierten Natronsalpeter über. Fölsch & Cie. entziehen das Perchlorat in folgender Weise:

Zum Umkristallisieren von je 1000 kg Chilesalpeter wird 1 cbm Mutterlauge verwendet; letztere wird aus den Kristallisierpfannen bei 20° C abgelassen. Sobald sich im raffinierten Salpeter Kaliumperchlorat nachweisen läßt, ist die bei 20° abgelaufene Mutterlauge mit Perchlorat gesättigt; ehe nun neue Mengen Rohsalpeter verarbeitet werden, wird die Mutterlauge auf folgende Weise vom Kaliumperchlorat befreit: In dem zu verarbeitenden Chilesalpeter wird das Gewicht des Perchlorats bestimmt; auf gefundene je 10 kg KClO_4 wird 1 cbm der bei 20° abgelassenen Mutterlauge auf 0° C abgekühlt. Die dadurch abgeschiedene Salzmenge besteht aus Natronsalpeter und Kaliumperchlorat, und zwar fallen aus 1 cbm 160 kg Salz aus: 150 kg NaNO_3 und 10 kg KClO_4 . Die von diesem Salzgemenge getrennte Mutterlauge wird nun mit der eventuell restierenden vereinigt; in diesem Gemisch wird die gewogene Menge Chilesalpeter heiß aufgelöst und umkristallisiert. Die Lauge wird wieder bei 20° C abgelassen, der zu verarbeitende Salpeter untersucht und so fort, bis die Mutterlauge, mit Chlornatrium gesättigt, zum Eindampfen reif ist und durch neue Mutterlauge ersetzt werden muß. Die durch die Abkühlung erhaltene Salzmenge wird mit wenig kaltem Wasser gewaschen (160 kg mit etwa 200 Liter); während das Natriumnitrat vollständig in Lösung geht, löst sich nur wenig Kaliumperchlorat; der größere Teil des Perchlorats, etwa $\frac{2}{3}$, bleibt in Form eines feinen Mehles zurück, welches, mehrmals mit kaltem Wasser gewaschen, ein technisch reines Produkt ergibt. Die durch das Auflösen des Salzgemenges erhaltene Lauge wird gesammelt; sie ist gesättigt mit Natriumnitrat und Kaliumperchlorat, enthält dagegen nur geringe Mengen Chlornatrium und tritt an Stelle nicht mehr verwendbarer, mit Chlornatrium gesättigter Lauge, nachdem — dem Perchlorat des Rohsalpeters entsprechend — die nötigen Kubikmeter davon auf 0° C abgekühlt worden sind. Beispiel: 10000 kg Chilesalpeter mit 0.75% Kaliumperchlorat sind zu raffinieren; von den dazu nötigen 10 cbm Mutterlauge werden 7.5 cbm auf 0° C abgekühlt und dann nach Trennung von dem abgeschiedenen Salz mit den restierenden 2.5 cbm vereinigt und hierauf die 10000 kg Rohsalpeter damit umkristallisiert. Aus dem Salzgemenge, das durch die Abkühlung erhalten wird, erhält man etwa 1.5 cbm frischer Lauge und etwa 50 kg Kaliumperchlorat.

In anderer Weise raffiniert Dr. Ernst Eger in Hamburg (D.R.P. 165310 vom 19. V. 1904); danach erhält man einen von Kalisalpeter und Kaliumperchlorat freien Natronsalpeter, wenn man den Chilesalpeter in folgender Weise behandelt:

Man stellt durch Analyse den Gehalt an Kaliumnitrat plus Kaliumperchlorat fest; er betrage a Prozent. Der Chilesalpeter wird fein gemahlen und in einen eisernen Behälter gebracht, wie sie als Kristallisationsgefäße üblich sind. Das Mahlgut wird mit wenig kaltem Wasser (von 10 bis 15° C) angerührt und unter fortwährendem Umrühren wird allmählich so viel kaltes Wasser zugesetzt, daß auf je 100 kg des angewandten Chilesalpeters (100 — $3a$) kg Wasser kommen. Anfangs sinkt die Temperatur auf unter 0° und steigt dann allmählich wieder. Durch diese Art des allmählichen Einwirkens von kaltem Wasser auf den fein gemahlenden Chilesalpeter wird bewirkt, daß eine gesättigte Natronsalpeterlauge bei einer niedrigen Temperatur erreicht wird, so daß weder Kalisalpeter noch Kaliumperchlorat mit in Lösung gehen. Die Zuführung des kalten Wassers muß allmählich geschehen, damit die erhaltene Natronsalpeterlauge bei jedem ferneren Wasserzusatz nur wenig verdünnt wird und auf diese Weise jedesmal noch etwas Natronsalpeter, aber keinen Kalisalpeter und Kaliumperchlorat aufnimmt. Versuche haben ergeben, daß man die günstigsten Ergebnisse durch einen Zusatz von (100 — $3a$) kg Wasser erzielt; durch einen geringeren Zusatz von Wasser würde nicht genügend Natronsalpeter gelöst, was unvorteilhaft ist, dagegen durch einen höheren Zusatz von Wasser bereits Spuren von Kaliumnitrat und Kaliumperchlorat in Lösung gebracht. — Die Lauge wird abgehebert, filtriert und verdunstet.

Der raffinierte Salpeter kommt in den Handel mit der Angabe: „Enthaltend minimal 96% Natron, maximal 1% Salz“; er soll 96 bis 98% Natronsalpeter enthalten.

3. Chemische Untersuchung des Natronsalpeters.

Qualitativ. Auf Kaliumchlorat prüft man am leichtesten auf mikrochemischem Wege (nach Breukeleeven) durch Zusatz von wenig Rubidiumchlorid zu einigen Tropfen einer konzentrierten filtrierten Lösung, die sich auf einem Objektträger befinden; man färbt die Flüssigkeit mit Kaliumpermanganat weinrot und verdunstet, bis einzelne Kriställchen entstehen, worauf man unter dem Mikroskop beobachtet, ob neben den farblosen Salpeterkriställchen auch rotviolette Kristalle von Rubidiumperchlorat auftreten. — Kali als Perchlorat und Nitrat kann durch Platinchlorid nachgewiesen werden. — Zum Nachweis von Jod (als Jodid und Jodat) reduziert man in einem Reagenzglas 5 g des in 15 ccm Wasser gelösten und mit wenig verdünnter Schwefelsäure versetzten Nitrates mit einem Stückchen metallischen Zinks; man erhitzt alsdann zum Sieden und schüttelt nach dem Erkalten mit einigen Tropfen Schwefelkohlenstoff aus; aus der Stärke der Violett-färbung kann man auf den Jodgehalt schließen.

Die Prüfung des Natronsalpeters erfolgt gewöhnlich sofort quantitativ. Da ungeheure Quantitäten aus Chile in großen Schiffsladungen (hauptsächlich nach London, Liverpool und Hamburg) kommen, ist es üblich, daß die Analyse eines an Ort und Stelle in Chile gezogenen Musters durch Analytiker in Europa geprüft und auf Grund dieser Prüfung die schwimmende Schiffsladung gekauft wird. Bei der Analyse am wichtigsten ist die quantitative Bestimmung der Salpetersäure, sowie des Kaliumchlorats; ferner sind zu berücksichtigen: der Feuchtigkeitsgehalt, die Beimengungen von Kochsalz, von Sulfaten (schwefelsaure Salze von Natrium, Calcium und Magnesium), von Kalisalpeter, sowie der etwa vorhandene unlösliche Rückstand. Im einzelnen sei folgendes bemerkt:

a) Feuchtigkeit. Man wägt ungefähr 10 g Chilesalpeter auf einem Uhrglase ab, trocknet bei 120 bis 130° im Luftbad bis zum konstanten Gewicht, läßt im Exsikkator über Schwefelsäure erkalten und wägt. Oder man wägt von einer gut durchgemischten, fein zerriebenen größeren Probe etwa 0.8 g in einen Platintiegel und erwärmt vorsichtig mit einer ganz kleinen Flamme, bis der Salpeter eben schmilzt; man läßt im Exsikkator erkalten und wägt, wiederholt dann das Erhitzen, um sich von der Gewichtskonstanz zu überzeugen.

b) In Wasser Unlösliches. Man wägt 20 g des feuchten Chilesalpeters ab (Wage muß 0.05 g noch scharf anzeigen), löst in Wasser und filtriert durch ein Filter, welches durch ein genau gleich schweres zweites Filter tariert wurde; der gut ausgewaschene Rückstand wird gleichzeitig mit dem Tarafilter getrocknet und gewogen. In dem auf 250 ccm aufgefüllten Filtrat bestimmt man

c) Chlornatrium, indem man 50 ccm Filtrat mit $\frac{n}{10}$ Silbernitratlösung — Indikator: Kaliumchromat — titriert;

$$1 \text{ ccm } \frac{n}{10} \text{ AgNO}_3 = 0.146\% \text{ NaCl.}$$

d) Natriumsulfat, indem man weitere 50 ccm des Filtrats mit Salzsäure ansäuert und in der Siedehitze mit Chlorbariumlösung fällt;

$$0.01 \text{ g BaSO}_4 = 0.15\% \text{ Na}_2\text{SO}_4.$$

e) Kaliumnitrat. Man löst 1 g Chilesalpeter in wenig Wasser, filtriert und dampft mehrere Male mit konz. Salzsäure ein, um alle Salpetersäure zu entfernen; dann gibt man verdünnte Platinchloridlösung (1:10) hinzu und dampft bis zur Sirupdicke ein, worauf man mit Alkohol aufnimmt, durch ein getrocknetes und tariertes Filter filtriert, mit Alkohol wäscht (bis die ablaufenden Tropfen farblos erscheinen) und nach dem Trocknen wägt ($0.1 \text{ g K}_2\text{PtCl}_6 = 4.16\% \text{ KNO}_3$).

f) Kaliumperchlorat.¹ Der Gehalt des Salpeters an Perchlorat

¹ Sjollema sowie Maercker haben nachgewiesen, daß der rohe Chilesalpeter große Schwankungen im Perchloratgehalt aufweist und zu-

wird gewöhnlich nicht direkt ermittelt, sondern aus der Differenz zwischen dem im ursprünglichen Salpeter gefundenen Chlorgehalt der Chloride¹ und dem Gesamtchlorgehalt des Salpeters nach erfolgter Umwandlung des Perchlorats in Chlorid durch längeres Erhitzen auf seine Zersetzungstemperatur. Die Zersetzung des Perchlorats in Salpeter wird in der mannigfaltigsten Weise vorgenommen in Metall- oder Porzellan-gefäßen entweder ohne jeden Zusatz oder mit Zusatz von Substanzen, welche durch katalytische Wirkung die Zersetzung des Perchlorats beschleunigen oder auch den Zweck haben, einen etwaigen Verlust (Entweichen) von Chlor bzw. Chloriden zu verhindern. Als derartige Zusätze sind u. a. in Vorschlag gebracht worden: Blei, Eisen, Mangansuperoxyd, Kalk, Natriumbikarbonat usw. — Nach Lenze wird im deutschen Militär-Versuchsammt in folgender Weise gearbeitet: 10 bis 50 g des gut getrockneten und gemischten Salpeters werden in einem mit Uhrglas bedeckten Porzellantiegel, welcher von einer durchlocherten Asbestscheibe getragen und von einem Asbestmantel umgeben wird, eine halbe Stunde bis auf nahezu 600° erhitzt; man reguliert die Flamme so, daß diese Temperatur erst nach einer Viertelstunde erreicht wird und sich in der folgenden Viertelstunde konstant auf 580 bis 600° hält. Da ein Überschreiten der Temperatur leicht zu Chlorverlusten führen kann, und andererseits beim Heruntergehen unter 580° die Zeitdauer des Erhitzens verlängert werden müßte, so ist beides möglichst zu vermeiden. Man läßt, um ein Zerspringen des Tiegels zu verhindern, die Salpeterschmelze nicht völlig erkalten, sondern löst sie noch warm mit heißem Wasser aus dem Tiegel heraus, filtriert erforderlichenfalls und bestimmt den Chlorgehalt entweder gewichts- oder maßanalytisch. — Um zu prüfen, bei welcher Flammengröße und Entfernung des Brenners von dem Tiegelboden die verlangte Temperatur erreicht wird, führt man einen Vorversuch aus, bei welchem man sich zum Messen der Temperatur des Le Chatelierschen Pyrometers bedient. In Ermangelung eines solchen läßt sich die Temperaturregulierung auch in der Weise erreichen, daß man einen kleinen Tiegel mit reinem Perchlorat auf einen passend geschnittenen Scheibchen von Asbest in die Mitte des Versuchstiegels bringt und prüft, bei welcher Flammenhöhe das Perchlorat unter ruhiger gleichmäßiger Gasentwicklung sich zersetzt.²

weilen 6% und mehr von dieser Verunreinigung enthält; Maercker berichtet, daß das Perchlorat im Chilesalpeter anscheinend nesterweise vorkomme, derart, daß von einer Schiffsladung oft nur einige Säcke einen besonders hohen Perchloratgehalt aufweisen.

¹ Enthält der Salpeter Chlorate, so wird der Chlorgehalt derselben zusammen mit dem der Chloride bestimmt, nachdem erstere mittels schwefliger Säure zu Chloriden reduziert worden sind.

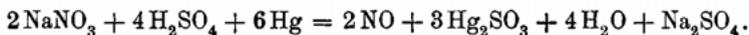
² Berliner Kongreßbericht 1903. Bd. II, S. 396. Literatur ebenda S 414/15. Verschiedene Methoden zur Bestimmung des Perchlorats in Salpeter sind angegeben in Lunge-Berl, Chemisch-technische Untersuchungsmethoden, Bd. I, S. 393—396.

Vielfach wird auch der Chilesalpeter in der Weise analysiert, daß man den Gehalt an Feuchtigkeit, Chlornatrium, Natriumsulfat und Wasserunlöslichem bestimmt, dieses zusammen als Refraktion bezeichnet und annimmt, daß der Rest wirkliches Natriumnitrat sei; dieses Verfahren ist durchaus ungenau und zu verwerfen. Wichtig und angebracht ist dagegen eine Bestimmung des Stickstoffs bzw. der gebundenen Salpetersäure im Chilesalpeter. Die hierfür vorgeschlagenen Methoden sind sehr zahlreich, wir erwähnen hier nur folgende:

- α) und β) Reduktion zu Stickoxyd (nach Crum-Lunge mit Schwefelsäure und Quecksilber oder nach Schlösing mit Eisenchlorür und Salzsäure) und Auffangen und Messen des Stickoxyds im Nitrometer von Lunge bzw. dem Apparat Tiemann-Schulze oder einem ähnlichen.
- γ) und δ) Überführung in Ammoniak (nach Ulsch: Reduktion durch Ferr. hydrog. red. und verdünnter Schwefelsäure unter Abdestillieren des Ammoniaks aus der mit Natronlauge alkalisch gemachten Flüssigkeit oder nach Devarda: Reduktion in alkalischer Lösung durch die Devardasche Legierung [45 Al, 50 Cu, 5 Zn]).
- ε) Fällungsmethode mit Nitron.

Im einzelnen seien über die verschiedenen Methoden folgende Angaben gemacht:

α) Nitrometrische Methode von Lunge. — Das von W. Crum zuerst angegebene Prinzip der Methode besteht darin, daß salpetersaure Salze, bei Gegenwart von sehr viel überschüssiger Schwefelsäure in innige Berührung mit Quecksilber gebracht, ihren Stickstoff quantitativ als Stickoxyd abgeben, dessen Volumen gemessen wird; ohne auf die Zwischenphasen der Reaktion einzugehen, läßt sich der Vorgang durch die Formel ausdrücken:



Zur Analyse nimmt man so viel Salpeter, daß bei der herrschenden Temperatur und Barometerstand das entwickelte Stickoxyd keinesfalls unter 100 ccm oder über 120 ccm beträgt; es genügen etwa 0.35 g; um eine richtige Durchschnittsprobe zu haben, trocknet man ca. 20 g Salpeter bei 110°, zerreibt äußerst fein, entnimmt die genaue Durchschnittsprobe und trocknet diese abermals bis zum konstanten Gewicht. Das Nitrometer besteht aus einem 50 ccm enthaltenden, oben mit Dreiweghahn abgeschlossenen, unten verjüngten Gasmeßrohr, das in $\frac{1}{10}$ ccm eingeteilt und durch einen dickwandigen Gasschlauch mit einem sog. Niveauröhr verbunden ist; da die gewöhnlichen Gasmeßrohre höchstens 40 ccm Gas zu messen gestatten, so ist in dem sog. Nitrometer für Salpeter oben unter dem Hahn eine fast 100 ccm fassende Kugel angebracht; die Teilung beginnt unter derselben bei 100 ccm