

Salpeter und Salpetergewinnung im Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit

von Wilfried Tittmann, Ferdinand Nibler und Wolfgang John

(Erstveröffentlichung 2011 – verbesserte und aktualisierte Fassung vom 15.10.2017)

Überblick

Im 13. Jahrhundert tauchte in Europa ein explosives Material auf, aus dem binnen hundert Jahren „Schießpulver“ werden sollte, das Treibmittel für sämtliche Feuerwaffen, die um 1400 auf allen Kriegsschauplätzen gebräuchlich waren. Eine wesentliche Komponente des Schießpulvers war ‚Salpeter‘ („an Felsen vorzufindendes Salz“), der einerseits aus Asien eingeführt und andererseits mittels „Salpeterbeeten“ in Europa produziert wurde. Beide Salpetervarianten wirkten im Schießpulver gleich und waren nicht zu unterscheiden.

Die Natur des Salpeters war unbekannt, bis die moderne Chemie am Ende des 18. Jahrhunderts endlich die Erklärung liefern konnte: „Salpeter“ ist Kaliumnitrat KNO_3 . Dies wurde sowohl von Chemikern als auch Historikern akzeptiert und ging ins Allgemeinwissen über, weil mit ‚Kaliumnitrat‘ alle Nachrichten über das Schwarzpulver seit dem Mittelalter erklärt werden konnten.

Jedoch am Ende des letzten, 20. Jahrhunderts kam eine neue Theorie mit der Hypothese auf, dass ein sog. „Mittelalterpulver“ Kalziumnitrat $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ statt Kaliumnitrat enthalten haben solle. Um die sich bald entwickelnde Diskussion über die ‚Salpeterfrage‘ zu klären, haben die Autoren eine Vielzahl von Rezepten und die zugehörigen Manuskripte, die größtenteils dem 15. und 16. Jahrhundert angehören, analysiert und versucht, die historischen Rezepte mit modernem chemischem Wissen zu erklären, beispielsweise durch die Entwicklung chemischer Formeln für die unterschiedlichen Arten des „Salpeterläuterns“.

Die Ergebnisse zeigen in aller Deutlichkeit, dass es das fragliche „Mittelalterpulver“ auf Basis von Kalziumnitrat niemals gegeben hat, sondern dass durchweg – vom 13. Jahrhundert bis zur Gegenwart – das Schießpulver nur Kaliumnitrat enthielt und enthält.

Fazit: Es gibt tatsächlich keinen Grund, die Geschichte des Pulvers neu zu schreiben!

Summary

In the 13th century an explosive material appeared in Europe that became within 100 years gunpowder, the propellant used in guns, around 1400 common in European theatres of war. An essential component of gunpowder was “saltpetre” (salt found on rocks) that was partly imported from Asia and partly produced in “saltpetre plants” in Europe. Both variants of saltpetre worked in gunpowder and were not to be discerned!

The nature of saltpetre was not asked for until modern chemistry appeared in the end of the 18th century and gave the explanation: “saltpetre” is potassium nitrate KNO_3 . That was accepted by historians and chemists and became common knowledge because with

“potassium nitrate” all traditions concerning gunpowder from the middle ages on could be explained.

But in the outgoing 20th century a new theory was presented with the hypothesis that “medieval gunpowder” contained calcium nitrate $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ instead of potassium nitrate. To end the soon starting discussion about the saltpetre-problem the authors analysed a great many manuscripts and recipes, mostly dating back to the 15th and 16th century, and tried to explain the historic recipes with modern chemistry, for instance by developing chemical formulas for the different ways of “refining saltpetre”.

The results show clearly that there never was a “medieval gunpowder” containing calcium nitrate but that always, from the 13th century up to now, gunpowder contained and still contains potassium nitrate.

Conclusion: There really is no need to rewrite the history of gunpowder!

I. Zum aktuellen Stand der Kontroverse um Pulver und Salpeter

Pulver und Salpeter als Fundament einer neuen Militärtechnologie, welche Krieg und Militärwesen revolutionierte, haben seit jeher die Menschen beschäftigt und schon zu Anfang des 15. Jahrhunderts zur handschriftlich verbreiteten Legende vom Schwarzen Berthold (*niger Bertholdus*) geführt.¹ Die wissenschaftliche Auseinandersetzung um das Aufkommen der Pulverwaffen konnte erst mit der Wandlung der berichtenden Geschichtsschreibung zur Geschichtswissenschaft im 19. Jahrhundert erfolgen und ging ganz selbstverständlich von dem als sicher angesehenen Wissen aus, dass der Kalium- oder Kalisalpeter jederzeit als die wichtigste Komponente im Schwarzpulver fungiert habe. Eine eingehende Analyse der alten Salpeter- und Pulverrezepte erschien deshalb gleichermaßen unbegründet wie überflüssig. Die

¹ Vgl. Wilfried TITTMANN: Der Mythos vom „Schwarzen Berthold“. In: *Waffen- und Kostümkunde* 25 (1983), S. 17 - 30; Franz Maria Feldhaus: Was wissen wir von Berthold Schwarz? In: *Zeitschrift für Historische Waffenkunde* 4 (1906 - 08), S. 65 - 69, 113 - 118 (veraltet); Hans Jürgen Rieckenberg: Berthold, der Erfinder des Schießpulvers. Eine Studie zu seiner Lebensgeschichte. In: *Archiv für Kulturgeschichte* 36 (1956), S. 316 - 332 (veraltet). Vgl. auch PARTINGTON (wie Anm. 2), S. 91 ff (Kapitel: The legend of Black Berthold).

ältere Fachliteratur² begnügte sich deshalb mit der chronologischen Aneinanderreihung der überlieferten Rezepte und befasste sich nur gelegentlich mit weiterführenden Fragen wie speziell des „Raffinierens“ des Salpeters und dem damit verbundenen Postulat, dass erst der Konversionssalpeter oder wenigstens ein hoher Kaliumnitratanteil aus dem deflagrierenden Proto-Schwarzpulver das explosive „Schießpulver“ (*true gunpowder*) gemacht habe.³

Auf diesem nicht vollständig geklärten Stand der Erkenntnis verblieb die Forschung bis zur Gegenwart, als eine neue Theorie aufkam. Sie wurde international erstmals auf dem Gunpowder Symposium in Bath 1994 vorgestellt.⁴ Ihrem Urheber W. G. Kramer zufolge sollte anfänglich Kalzium- statt Kaliumsalpeter in selbstzündenden Brandsätzen gebräuchlich gewesen sein und zu einem generell minderwertigen „Mittelalterpulver“ anstelle des bekannten Schwarzpulvers geführt haben.⁵ Mit diesem angestrebten Paradigmenwechsel

² **Frankreich:** Ludovic LALANNE: *Recherches sur le feu grégeois et sur l'introduction de la poudre à canon en Europe*. Paris 1845; Joseph Toussaint REINAUD / Ildéphonse FAVÉ: *Histoire de l'artillerie*. I^{re}. partie: *Du feu grégeois, des feux de guerre et des origines de la poudre à canon d'après des textes nouveaux*. Paris 1845 (bahnbrechendes Werk); Maurice MERCIER: *Le feu grégeois, les feux de guerre depuis l'antiquité, la poudre à canon*. Paris / Avignon 1952. – **England:** Henry W.L. HIME: *Gunpowder and Ammunition. Their Origin and Progress*. London / New York / Bombay 1904; Henry W. L. HIME: *The Origin of Artillery*. London / New York / Bombay / Calcutta / Madras 1915; James R. PARTINGTON: *A History of Greek Fire and Gunpowder*. Cambridge 1960. – **Deutschland:** J. UPMANN: *Das Schießpulver, die Explosivkörper und die Feuerwerkerei*. In zwei Abteilungen. 1. Abteilung: *Das Schießpulver, dessen Geschichte, Fabrikation, Eigenschaften und Proben*. Braunschweig 1874; S. J. (Siegfried Julius) v. ROMOCKI: *Geschichte der Explosivstoffe*. Mit einer Einführung von Max Jähns, Bd. 1: *Geschichte der Sprengstoffchemie, der Sprengtechnik und des Torpedowesens bis zum Beginn der neuesten Zeit*, Hannover 1895 (Reprint Hildesheim 1976, ²1983); Richard ESCALES: *Schwarzpulver und Sprengsalpeter*. Zweite völlig umgearbeitete und erweiterte Auflage. Leipzig 1914 (Reprint Radolfzell 2003).

³ Vgl. die These von HIME 1915 (wie Anm. 2), S. 95: "There is no trustworthy evidence, so far as I am aware, to prove that the Chinese invented gunpowder"; S. 115 f: "... We are justified that gunpowder was discovered by Roger Bacon." – Die Urheberfrage wurde wieder aufgegriffen bei PARTINGTON 1960 (wie Anm. 2), S. 259 f, 266 ("true gunpowder") und auf S. 288 mangels ausreichender Informationen unentschieden belassen.

⁴ S. Brenda J. BUCHANAN (Hrsg.): *Gunpowder. The History of an International Technology*. Bath 1996. – KRAMER veröffentlichte hierin auf S. 45 - 56 den Artikel: *Das Feuerwerkbuch: Its importance in the early history of black powder*. – Einen weiteren Artikel auf der Grundlage von Kramers Kalziumsalpetertheorie steuerte Bert S. HALL bei: *The corning of gunpowder and the development of firearms in the Renaissance*, *ibid.*, S. 87 - 120. Der Autor setzte hier allerdings den Übergang zum Kaliumsalpeter auf ca. 1450 (statt 1530/40) an. – Neuerdings findet sich die Theorie auch in deutschsprachiger Literatur wieder – vgl. R. Werner SOUKUP: *Bergbau, Alchemie und frühe Chemie. Geschichte der frühen chemischen Technologie und Alchemie des ostalpinen Raums unter Berücksichtigung von Entwicklungen in angrenzenden Regionen*. In: *Chemie in Österreich. Von den Anfängen bis zum Ende des 18. Jahrhunderts*, Bd. 1. Wien / Köln / Weimar 2007.

⁵ Vgl. Gerhard W. KRAMER, *Das Pyr Autómaton - die selbstentzündlichen Feuer des Mittelalters*, in: *Waffen- und Kostümkunde* (zitiert: WKK), Bd. 44 (2002), S. 49 - 61. – Eine ausführliche Auseinandersetzung bietet Wilfried TITTMANN mit dem Internet-Aufsatz „Das unaufhaltsame Ende von Berthold Schwarz. Anmerkungen zu Gerhard W. Kramer: *Das Pyr Autómaton - die selbstentzündlichen Feuer des Mittelalters*“ unter der URL <<http://www.ruhr-uni-bochum.de/technikhist/tittmann/Ende.pdf>>.

Den Terminus ‚Mittelalterpulver‘ (medieval gunpowder) für ein Gemisch aus Kalziumsalpeter, Schwefel und Kohle benutzte die sog. Medieval Gunpowder Research Group im Jahr 2002; sie ließ Kramer den selbstgezogenen Kalksalpeter für das selbst hergestellte Versuchspulver raffinieren; vgl. MEDIEVAL

entstand die hier zu diskutierende Frage, ob die pyrotechnischen Schriftquellen des Mittelalters durch die ältere Fachliteratur durchgängig falsch oder zumindest partiell fehlerhaft interpretiert sein könnten und wie sich die historischen Rezepte heute aus der Sicht eines Chemikers und eines Physikers darstellen.

Bevor unsere Untersuchung beginnen kann, ist hinsichtlich der benutzten Terminologie im Voraus zu klären, was im 14. - 15. Jahrhundert für einen Büchsenmeister „Salpeter“ war. Die Antwort könnte ebenso korrekt wie trivial lauten, dass es ein bekanntes Salz war, das „an Felsen wächst“ (daher der Name), als gereinigter „Salniter“ für das Schießpulver benutzt wurde und mit bzw. in diesem erfolgreich zum Schießen benutzt werden konnte.⁶ Für den Naturwissenschaftler von heute ist die Frage nicht mehr so simpel zu beantworten, weil es verschiedene Arten von „Salpeter“ (exakter: Nitraten, d. h. Salze der Salpetersäure) gibt⁷ und zunächst klärungsbedürftig erscheint, welches dieser Salze früher gebräuchlich war – dabei immer vorausgesetzt, dass der mittelalterliche Salpeter einigermaßen „sortenrein“ war und nicht aus einem undefinierbaren Gemisch von verschiedenen Nitraten bestand. Aus den verschiedenen, noch näher zu erläuternden Gründen konnte der zum Schießen verwendete Salpeter oder „Salniter“ eigentlich nur das sein, was in der modernen Chemie ‚Kaliumnitrat‘ (KNO_3) genannt wird. Es gilt daher, die alten Rezepte zur Salpeterherstellung fachgerecht zu entschlüsseln und die Frage nach dem jeweils erzeugten Nitrat möglichst zweifelsfrei zu beantworten. Auch stellt sich die zusätzliche Frage, ob in der Salpetteraffination entscheidende Fortschritte als Anhaltspunkte für die Weiterentwicklung von Artillerie und Handfeuerwaffen festzustellen sind.

Um die nachfolgende Studie von einem allzu üppig wuchernden Anmerkungsapparat zu entlasten, erscheint es angebracht, gleich zu Beginn die kontroversen Positionen in ihren Grundzügen aufzuzeigen und damit auch die Erkenntnis leitenden Interessen bzw. Aspekte zu definieren. Wir gehen in der vorliegenden Studie ganz traditionell wieder davon aus, dass für Schießpulver in verschiedener Form (Mehl-, Knollen- und Kornpulver) ausschließlich Kaliumsalpeter (KNO_3) in unterschiedlicher Güte bzw. Reinheit verwendet wurde und eine

GUNPOWDER RESEARCH GROUP / Mittelaltercentret Nykøbing F., The Firing Trials (Report No. 1: The Ho Experiments), Nykøbing / Falster, September 2002, S. 13, 6 f. - Die Dokumentation ist leider nicht immer im Internet zugänglich und von der englischsprachigen Website des dänischen Mittelaltercenters Nykøbing / Falster herunterzuladen (URL: <<http://www.middelaldercentret.dk>>) – die Autoren können hierbei aushelfen (Adressen am Aufsatzende). Fazit des groß angelegten Experiments: Das Schiessen mit dem stark kristallwasserhaltigen Kalziumsalpeter ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$) erwies sich als unmöglich, so dass die Schießversuche mit dem üblichen Kaliumsalpeter (KNO_3) und käuflichem Schießpulver fortgesetzt werden mussten. Vgl. auch unsere S. 42, 47.

⁶ Das „Feuerwerkbuch von 1420“ definiert Salpeter unter der Rubrik „Was natur der salpeter hat“ wie folgt: „(...) Du solt wissen das Salpeter ain salcz ist vnd bist fast [beisst sehr] vnd haist nach Latin stain salcz. Vnd wenn er gelüttert ist so haißt er nit mer Salpeter. Er haißt dar nach salniter ...“; s. Universitätsbibliothek Heidelberg, Codex palatinus germanicus (Cpg) 122, f. 21 r, v / pp. 41, 42. Diese gut lesbare Handschrift kann online eingesehen werden unter der persistenten URL: <http://digi.ub.uni-heidelberg.de/diglit/cpg122>

⁷ Im vorliegenden Fall sind vor allem Kalium-, Kalzium-, Magnesium-, Natrium- und Ammoniumnitrat zu betrachten, neben denen weitere Nitrate kaum eine Rolle spielen. - „Salpeter“ fungiert außerdem pauschal als Vulgärname.

anfängliche oder auch nur vorübergehende „Kalziumpeterperiode“ mit eigenem „Mittelalterpulver“ niemals existiert hat. Dabei sind fünf Untersuchungsfelder abzustecken:

1. Die Anfänge des Salpeters als Deflagrationsmittel:

Nach Kramer wird die pyrotechnische Brauchbarkeit des Salpeters (hier als Kalziumpeter $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ definiert) bereits in der Spätantike entdeckt und für selbstzündende „automatische“ Brandsätze verwendet.⁸ Entsprechende Versuche von Nibler haben die extrem eingeschränkte Verwendbarkeit derartiger Kriegsfeuer bewiesen, ebenso wie Tittmann anhand der alten Rezepte aufgezeigt hat, dass das „Pyr Automaton“ (Kramer) eine literarische Fiktion war.⁹ Unsere These lautet daher, dass die verbrennungsfördernden Eigenschaften des „richtigen“ Salpeters (KNO_3) erst im Mittelalter außerhalb Europas entdeckt wurden, wo in Asien primär Kalziumpeter als natürliches Produkt der Zersetzung von pflanzlichem Material anfiel.¹⁰

2. Die Verwendung von Salpeter im Schießpulver:

Der ungereinigte „Kehrsalpeter“ ist ungeeignet, eine Deflagration oder Explosion durch seine Mischung mit Schwefel und Kohle herbeizuführen.¹¹ Erst wenn begleitende Salze (Natriumchlorid, Natriumsulfat) und die Nitrate des Kalziums und Magnesiums durch Raffination abgeschieden werden, kann der jetzt mehr oder weniger reine Kalziumpeter seine verbrennungsfördernde Wirkung entfalten. Es bedurfte daher eines längeren zielgerichteten Experimentierens durch Alchemisten, bis der Salpeter ausreichend rein dargestellt werden und als Folgeinnovation die Pulverformel herausexperimentiert werden konnte. Nach altem und neuem Wissensstand fand diese Entwicklung zuerst in China statt. Von dort aus verbreitete sich im 13. Jahrhundert im Zuge der mongolischen Westexpansion die Kenntnis des Schießpulvers in den vorderasiatischen und europäischen Raum. Aus China stammten auch die ersten Anwendungsformen des Pulvers als Treibladung für Raketen,

⁸ Vgl. KRAMER 2002 (wie Anm. 5).

⁹ Vgl. Wilfried TITTMANN: Gab es selbstentzündliche Kriegsfeuer im Mittelalter? Anmerkungen zur Kalziumpeter-Theorie, in: *Technikgeschichte* 72 (2005), S. 275 - 302. Ferdinand NIBLER: Überlegungen zum chemischen Anzünder auf Kalziumoxidbasis, in: *Technikgeschichte* 72 (2005), S. 303 - 312; derselbe: Experimente zum chemischen Anzünder mittelalterlicher Kriegsfeuer, in: *Technikgeschichte* 74 (2007), S. 69 - 81).

¹⁰ Vgl. dazu Ottomar THIELE: Salpeterwirtschaft und Salpeterpolitik. Eine volkswirtschaftliche Studie über das ehemalige europäische Salpeterwesen, besonders Deutschlands und Frankreichs. Köthen 1904 (Diss. Münster 1904), S. 7 ff; ROMOCKI 1895 (wie Anm. 2), S. 40 ff; PARTINGTON 1960 (wie Anm. 2), S. 286f. – Der genaue Zeitpunkt ist für unsere Untersuchung nicht relevant.

¹¹ Vgl. ESCALES 1914 (wie Anm. 2), S. 48 f: Die Zusammensetzung des rohen ostindischen und über Kalkutta exportierten Salpeters wechselte je nach Region zwischen 28,86 - 68,40 % KNO_3 und 16,82 - 35,38 % NaCl , während $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ fast nie oder nur geringfügig (Morafferpore: 3,28 %) auftrat; etwas höher lag der Anteil an Magnesiumnitrat: 0,00 - 2,12 - 12,24 %.

Römerkerzen und die ersten rudimentären Feuerwaffen.¹² Aus der „Feuerlanze“ entwickelten sich die Pfeilbüchse und die Lotbüchse, und aus letzterer um 1370/80 wiederum die Steinbüchse – ohne jede Intervention eines schwarzen Bertholds und an verschiedenen Orten in West- und Mitteleuropa faktisch gleichzeitig.¹³

3. Die Körnung von Pulver und das Problem des sog. ‚Knollenpulvers‘:

Nach Auffassung von Kramer, die letztlich auch von Hall geteilt wird, bestand die eigentliche Erfindung des Schießpulvers in der Umwandlung des mehlartigen, angeblich noch nicht zu höheren ballistischen Leistungen fähigen Schwarzpulvers in das von Kramer aus unerfindlichen Gründen so genannte „Kunkelpulver“ (von ‚Kunkel‘, mhd. „Spinnrocken“), das im Feuerwerkbuch mit dem richtigen Terminus „Knollenpulver“ beschrieben und von ihm als Innovation des Freiburger Chemikers und Alchemisten Bertholdus niger reklamiert wird.¹⁴ Die Notwendigkeit dieser Proto-„Körnung“ wird insbesondere durch die unterstellte Verwendung von minderwertigem Kalziumsalpeter begründet. Rein hypothetisch wurde damit auch die Erfindung der sog. Steinbüchse als erstes wirksames Geschütz zum Mauerbrechen um 1380 verbunden (s. Abb. 1 a).¹⁵ Der Denkfehler Kramers und aller, die ‚Knollenpulver‘ (also Staubpulver aus den ‚Knollen‘) für geformte Pulverknollen in Gestalt von handgroßen Ballen oder Spinnwirteln (‚Kunkeln‘) halten, liegt in der mangelnden Beachtung der Quellenangaben, zu welchem eingeschränkten Zweck die besagten Knollen hergestellt wurden.

¹² Vgl. Joseph NEEDHAM, *Science and Civilisation in China*, Bd. 5: Chemistry and Chemical Technology, Teil 7: Military Technology. *The Gunpowder Epic*. Cambridge, London u.a. 1986, S. 147 ff., 220 ff.

¹³ Vgl. Wilfried TITTMANN: Die importierte Innovation: China, Europa und die Entwicklung der Feuerwaffen. In: Uta LINDGREN (Hrsg.): *Europäische Technik im Mittelalter 800 bis 1400: Tradition und Innovation*. Ein Handbuch. Berlin 1996, ⁴2001, S. 317 - 336.

¹⁴ Vgl. Gerhard W. KRAMER: Berthold Schwarz. Chemie und Waffentechnik im 15. Jahrhundert, in: *Abhandlungen und Berichte*, hrsg. vom Deutschen Museum, N.F. Bd. 10, München 1995, S. 86 f.; Derselbe: *The Firework Book: Gunpowder in Medieval Germany – Das Feuerwerkbuch* (Anonymous). German, circa 1400. Translation of MS 362 dated 1432 in the Library of the University of Freiburg/Br., Germany. Translated into English by Klaus Leibnitz, in: *The Journal of The Arms & Armour Society* (JAAS), Vol. 17, No. 1, March 2001, S. 71. Eine kritische, primär kodikologisch orientierte Besprechung der letztlich missglückten Edition liegt seit 2004 vor; s. Wilfried TITTMANN (Rez.), Gerhard W. Kramer: *The Firework Book*, in: *Technikgeschichte* Bd. 71 (2004), Heft 2, S. 173 -175.

¹⁵ KRAMER 1995 (wie Anm. 14), S. 100, 104 ff; KRAMER 2001 (wie Anm. 14), S. 13.

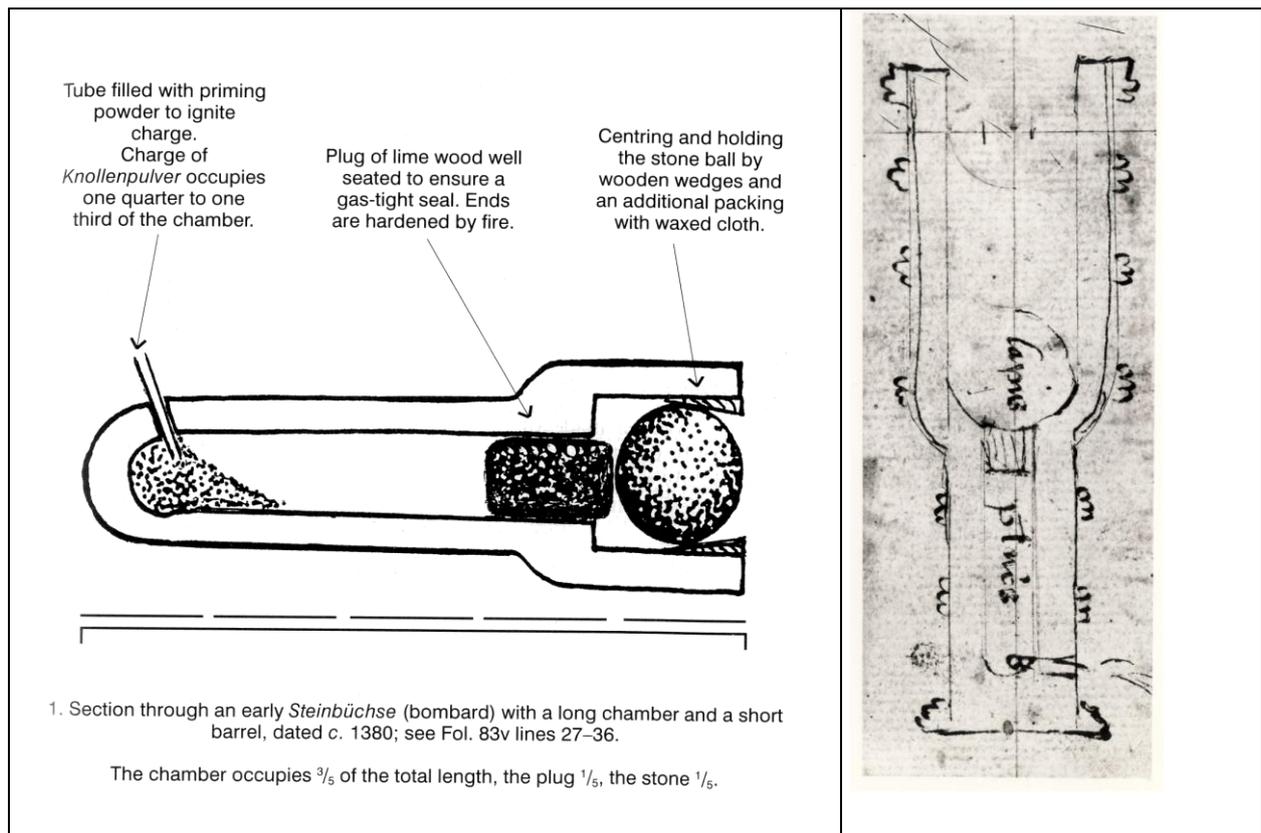


Abb. 1 a, b

Links: Rekonstruktion der Urform der Steinbüchse durch Kramer (Fundstelle: KRAMER 2001, S. 23)
 Rechts: Steinbüchse mit korrekter Aufteilung der Pulverkammer und Mehlpulverladung um 1420/30 (Fundstelle: Germanisches Nationalmuseum, Hs. 24 347, f. 125 verso)

Auf der historischen Abbildung ist die Pulverkammer, wie die Inschrift „pulvis“ anzeigt, mit Mehlpulver gefüllt. Der „freie Raum“ hinter dem Holzklotz, vorschriftsmäßig ein Fünftel der ‚Kammer‘, ist nicht sichtbar abgeteilt. Der mittlerweile 3 Kugeldurchmesser lange ‚Flug‘ erübrigte um 1420/30 ebenso eine Verkeilung des Stein („lapis“), wie er sie praktisch undurchführbar machte.

Die Rekonstruktion Kramers ist stark fehlerhaft. So wird loses statt festgestampftes Pulver dargestellt, der ‚freie Raum‘ ist bei weitem zu groß, der überlange ‚Klotz‘ ragt in den ‚Flug‘ hinein, anstatt ihn nach Vorschrift bündig abzuschließen. Die Steinkugel läuft auf die Keile auf, die sie nur mittig halten dürfen – eine Laufsprengrung erscheint somit geradezu vorprogrammiert.

Wir vertreten eine vollständig andere Position und betrachten das Knollenpulver als Sonderform des Schießpulvers ohne einen hypothetischen Zusammenhang mit angeblich umwälzenden Erfindungen. So wichtig das ‚Feuerwerkbuch von 1420‘¹⁶ als

¹⁶ So der in der Sekundärliteratur eingeführte Titel; vgl. Wilhelm HASENSTEIN (Hrsg.), Das Feuerwerkbuch von 1420. 600 Jahre deutsche Pulverwaffen und Büchsenmeisterei (Die Bücher der deutschen Technik), München 1941. – Der Versuch Kramers, an seine Stelle das „Feuerwerkbuch von 1400“ zu setzen, war bisher nicht erfolgreich. Die sein bisheriges Schrifttum zusammenfassende Monographie von 1995 (wie Anm. 14) enthält auf S. 199 ff das komplette Faksimile der Hs. 362 in Fotokopie und ist als Ergänzung zu Hassensteins Edition des Feuerwerkbuch-Drucks von 1529 nützlich. Da beide Editionen jeweils nur auf einem Exemplar des

Quelle zur Technologie von Schießpulver und Geschütz auch sein mag, so ist es doch nicht das kriegstechnisch singuläre Lehrwerk und fordert geradezu zu einem Vergleich mit früheren und späteren Traktaten heraus. Die für die Entwicklung der Pulverwaffen höchst relevante Pulverkörnung vollzog sich bekanntlich abseits der Artillerie auf dem Sektor der Handfeuerwaffen und führte zu langrohrigen Hand- und Hakenbüchsen, die z. T. durch Voll- oder Halbschäftung und Zündvorrichtungen das typische Aussehen von Schulterwaffen annahmen und Kriegsführung und Taktik im Zeichen der Wagenburg maßgeblich mitbeeinflussten.¹⁷ Existenz und Funktion des Knollenpulvers bei den Geschützen muss und wird daher anders begründet werden (s. den nachfolgenden Abschnitt über das „Feuerwerkbuch von 1420“).¹⁸

4. Die Erzeugung von „Grubensalpeter“:

Es besteht Einigkeit darüber, dass die rasante Entwicklung der mauerbrechenden Artillerie und die rasch zunehmende Verwendung von Feuerwaffen den Bedarf an Pulver dramatisch steigerten und folgerichtig zur Eigenproduktion von europäischem Salpeter¹⁹ führten. Die Innovation des künstlich angelegten Salpeterzuchtbeets ist schon 1405 bei Konrad Kyeser zu beobachten (s. u.) und ist dadurch gekennzeichnet, dass gebrannter Kalk (CaO) zugegeben wurde. Das Ergebnis musste trotzdem kein oder nur wenig Kalziumsalpeter sein. Hier befinden wir uns sozusagen am sachlichen Ausgangspunkt der Kontroverse. Die Analyse der weiteren chemischen Vorgänge wird zeigen, dass der Kalkzusatz in der Salpetererde für eine maximale Ausbeute an Kaliumnitrat erforderlich war.

5. Die Konvertierung von Salpeter und das Problem der Zeitstellung:

„Feuerwerkbuches“ beruhen und es versäumen, zur Herstellung eines einigermaßen kritischen Textes und zur Korrektur von Übertragungsfehlern weitere Handschriften heranzuziehen, sei hier auf die „synoptische Darstellung zweier Texte des Feuerwerkbuches“ – beruhend auf Hs. 362 und den Stainer-Druck von 1529 - in der korrigierten und kommentierten Bearbeitung von Ferdinand NIBLER unter der URL www.feuerwerkbuch.de als empfehlenswerte Alternative hingewiesen.

¹⁷ Vgl. Volker SCHMIDTCHEN: Kriegswesen im späten Mittelalter: Technik, Taktik, Theorie. Weinheim 1990, S. 206 ff, 212 ff.

¹⁸ Auch Pulverkrollen sowie der bestgereinigte Salpeter konnten nicht verhindern, dass das Pulver etwas Feuchtigkeit anzog. Es war jedoch primär die Holzkohle, die den Wasserdampf der Atmosphäre adsorbierte, bis im 16. Jahrhundert das Polieren und noch später das Graphitieren der Pulverkörner erfunden wurden.

¹⁹ Der Hussitenkrieg (1419-36) spielte dabei eine entscheidende Rolle. Nürnberg lieferte z. B. häufig Pulver an verbündete Reichsstände, wie die Ratskorrespondenz ausweist, geriet aber selber zu Beginn der Kämpfe in akuten Salpetermangel und sah sich 1421 gezwungen, 28 Zentner 61 Pfd. Salpeter (den Zentner zu 14 Gulden!) und 79,84 Ztr. Schwefel (den Zentner zu 4,47 - 5 Gulden) einzukaufen; weitere 90 Zentner Orientalsalpeter Nürnberger Gewichts wurden in Venedig beschafft und kosteten einschließlich Fracht 1484 lb. 9 sol. Heller; vgl. Paul SANDER: Die reichsstädtische Haushaltung Nürnbergs dargestellt auf Grund ihres Zustandes von 1431 bis 1440. Leipzig 1902, S. 766.

An der Frage, wo und wann Kalziumsalpeter durch Applikation von Pottasche zu Kaliumsalpeter umgewandelt wurde, entscheidet sich auch nachträglich die Richtigkeit oder das endgültige Scheitern von Kramers Versuch, die Geschichte der Pulvertechnologie umzuschreiben. Wir halten diese Frage insofern für vorentschieden, als erstens die pyrotechnische Unbrauchbarkeit von Kramers Kalziumsalpeter experimentell nachgewiesen ist und zweitens der früheste in Europa gebrauchte Salpeter aus dem Orient bezogen wurde (s. u.), womit sich das Konversionsproblem zunächst auf sehr einfache Weise löste, indem es sich erst gar nicht stellte, weil im Osten - anders als im Okzident – fast nur der Kaliumsalpeter beheimatet war.²⁰ Der orientalische Importsalpeter des 14. Jahrhunderts war ein natürlich gegebener Kalisalpeter (KNO₃) mit Beimischungen und wurde insbesondere gern mit Salz (NaCl) gestreckt. Die Säuberung dieses verunreinigten Salpeters durch Pottasche, als einfaches „Waschen“ (miss-)verstanden, lässt sich bis zu den Arabern und Roger Bacon (13. Jahrhundert) zurückverfolgen und musste lediglich im größeren Maßstab beim Läutern zu „Salniter“ praktiziert werden, was offenbar keine besonderen Schwierigkeiten bereitete.

Das konvertierende „Salpeterbrechen“ – wenn es denn je als technologische Herausforderung und bewusster Akt bestand – stellte sich demnach als ein durchaus lösbares Problem dar und wurde erst ab ca. 1400 für die Verwendung des selbstgezogenen Plantagensalpeters virulent. Das auffällige Fehlen von diesbezüglichen Vorschriften beweist keinesfalls, dass man sich nicht auf die Konversion verstand – hier besteht analog zur Pulverkörnung, die im gesamten technischen Schrifttum des 15. Jahrhunderts nicht aufscheint, eine auf Anhieb nicht erklärliche Lücke in den Quellen. Eine daraus abzuleitende Beweisführung *ex silentio* gegen die Gewinnung von Kaliumsalpeter aus Plantagenzucht scheint uns jedoch weder logisch zwingend noch sachlich zutreffend. Im Gegenteil, die „Reinigung“ mit Aschenlauge war die Vorstufe der später routinemäßig betriebenen Konversion mit Pottasche und wurde angewandt, weil empirisch eine Vermehrung der Ausbeute festzustellen war. Die Erkenntnis, dass eine chemische Umwandlung stattfand, wurde erst durch die Arbeiten Lavoisiers im 18. Jahrhundert möglich.

II. Revision der Schriftquellen zur Gewinnung und Reinigung von Salpeter

Das Programm der Untersuchung umfasst insgesamt zwölf verschiedene Quellen, die gleichwohl kritisch gesichtet werden müssen, weil sie entgegen der *opinio communis* vielfach nicht von Spezialisten wie Büchsenmeistern (Artilleristen) und handwerklichen Pulvermachern, sondern nur von schreibenden Laien verfasst und zudem handschriftlich

²⁰ Vgl. Ahmad Y. AL-HASSAN: Gunpowder composition for Rockets and Cannon in Arabic Military treatises in the Thirteenth and Fourteenth centuries. In: *ICON. Journal of the International Committee for the History of Technology*, Vol. 9 (2003), S. 1 – 30. Der Autor belegt die genaue Kenntnis und Anwendung von Schwarzpulver im Mamlukenreich, aber auch im „al-Maghrib“ und insbesondere auch im maurischen Spanien (al-Andalus).

kopiert wurden – also der ideale Nährboden für Verständnis- und Übertragungsfehler aller Art und oft von beschränkter Aussagekraft, da die meisten Quellen aus zweiter Hand stammen (Ausnahmen: Glöckner, Biringuccio und Ercker). Feststellbare Lücken des Schrifttums lassen sich durch seinen Sekundärquellencharakter am besten erklären.

1. Hasan al-Rammah (2. Hälfte des 13. Jahrhunderts)

Ob die Araber vor dem Jahre 1260, als die Mamluken den Vormarsch der Mongolen in Nahost stoppten, wirklich schon im Besitz von Schießpulver und archaischen Pulverwaffen waren, kann hier nicht diskutiert werden.²¹ Die Bezeichnung des Salpeters als „Schnee von China“ (im Westen auch: „barud“) lässt jedenfalls auf einen gewissen Technologietransfer aus dem fernen Osten schließen.²² Zwischen 1270 und 1280 kompilierte Najm al-Din („Stern des Glaubens“) Hasan al-Rammah (gest. 1295) seinen berühmten Reitertraktat mit insgesamt 107 verschiedenen Pulverrezepten und einer schon recht vollständigen Vorschrift zur Reinigung des Salpeters mittels Pottasche.²³ In englischer Übersetzung lautet dieses zweiteilige Rezept:

„Take from white, clean and bright (or fiery) *barud* as much as you like and two new (earthen) jars. Put the saltpetre into one of them and add water to submerge it. Put the jar on a gentle fire until it gets warm. Skim off the scum that rises (and) throw it away. Make the fire stronger until the liquid becomes quite clear. Then pour the clear liquid into the other jar in such a way that no sediment or scum remains attached to it. Place this jar on a low fire until the contents begin to coagulate. Then take it off the fire and grind it finely.“²⁴

Der weiße Salpeter löste sich also in erwärmtem Wasser auf (typisch für den im kalten Wasser schwer löslichen Kaliumsalpeter!) und ließ sich von erdigen und sonstigen festen oder schäumenden Rückständen trennen. Durch weiteres Erhitzen der Flüssigkeit wurde diese langsam klar und konnte anschließend in den zweiten Topf oder Krug abgegossen und durch langsames Verdampfen des Wassers so eingekocht werden, dass der Salpeter beim Abkühlen

²¹ In diesem Kontext sind zwei Abschriften des arabischen Pseudo-Alexanders von 1225 („Buch der Kriegeslisten, der Kriege, der Einnahme von Städten und der Verteidigung von Engpässen“) der Universitätsbibliothek in Leiden (Ms. 92 und Ms. 499) anzuführen, die zwar „naft“-Brandsätze und auch ein Rezept für ein „automatisches Feuer“ enthalten, jedoch nichts über Salpeter und Pulver verlauten lassen; vgl. ROMOCKI 1895 (wie Anm. 2), S. 28 f. – Nach AL-HASSAN 2003 (wie Anm. 20, S. 2) geht die Kenntnis des Kaliumsalpeters auf die Anfänge der arabischen Alchemie im 7. / 8. Jahrhundert zurück.

²² Vgl. ROMOCKI 1895 (wie Anm. 2), S. 87: Die Enzyklopädie der Botanik und Arzneiwissenschaft des Abd-Allah Ibn-Albaytar (gest. 1248) erfasst den „Schnee von China“ unter den Stichworten „Assios“ und „barud“ („barud“ galt als Ausblüfung des „Steines Assios“, „barud“ bedeutete ursprünglich „Hagel“ oder Kristall“).

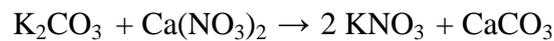
²³ Hasan al-Rammah: *Kitab al-furusiyya wa al-manasib al-harbiyya* („Buch vom Reiterkampf und von Kriegsmaschinen“), Paris, Bibliothèque Nationale, MS Arabe 2825 (ehemals: ancien fonds 1127) und MS 643 (fonds Asselin); vgl. AL-HASSAN 2003 (wie Anm. 20), S. 2, 6 ff; ROMOCKI 1895 (wie Anm. 2), S. 68 f; PARTINGTON 1960 (wie Anm. 2), S. 200 ff.

²⁴ Vgl. AL-HASSAN 2003 (wie Anm. 20), S. 2 f; PARTINGTON 1960 (wie Anm. 2), S. 201. Die jeweiligen Übersetzungen stimmen fast wörtlich überein.

wieder auskristallisierte und danach zu feinem Pulver zerstoßen werden konnte. Bei dieser Gelegenheit trennte sich auch Kalium- vom Kalzium- und Magnesiumsalpeter, denn die wesentlich löslicheren Kalzium- und Magnesiumnitrate verblieben in der Flüssigkeit, während sich der Kalisalpeter am Gefäßboden absetzte.

„Take dry willow wood, burn it, bury it (smother it) as is with the *harraq* (tinder). Take by weight two parts of saltpetre and one part of ashes of wood, which has been carefully pulverised, and put the mixture into a jar, and if the jar is made of copper so much the better. Add a little quantity of water and apply heat, until the ashes and saltpetre no longer adhere together. Beware of sparks.“²⁵

Die Pottasche (K_2CO_3) wurde aus trockenem Weidenholz hergestellt²⁶ und im Verhältnis 1 : 2 mit dem zerstoßenen Salpeter und etwas Wasser gemischt. Vermutlich wurde die dabei entstehende Lauge für die „Reinigung“ verantwortlich gemacht, weil man seinerzeit keine Vorstellung von dem tatsächlich stattfindenden Konversionsprozess – dem Austausch der positiven Kalium- und Kalzium-Ionen - hatte: Der noch dem Kalisalpeter anhaftende Kalziumsalpeter $Ca(NO_3)_2$ wurde durch die Pottasche zu KNO_3 und $CaCO_3$ umgesetzt; letzteres war unlösliches Kalziumcarbonat resp. Kohlensäurer Kalk und fiel aus, während der neu gebildete wie auch der bereits vorhandene Kalisalpeter in der Lösung verblieb und durch Eindampfen auskristallisiert werden konnte.



Pottasche + Kalziumsalpeter → Kalisalpeter + Kalk

Im Endergebnis entstand ein wesentlich reinerer und zur Pulverherstellung geeigneter Salpeter. Dieses Rezept scheint deshalb geradezu auf Europa und den „Westen“ zugeschnitten worden zu sein, wo vermehrt Kalziumsalpeter im Rohsalpeter anfiel.

2. Albertus Magnus, Roger Bacon und „Liber Ignium“ (2. Hälfte des 13. Jahrhunderts)

Die Kenntnis von Schwarzpulver und Salpeter verbreitete sich rasch auch im Abendland. 1252 tauchte das „Windfeuer“ – das *ignis volans* des in Köln beheimateten Albertus Magnus (1193 - 1280) – bereits in einem fetthaltigen Brandsatz (sog. „creisch vuyr“, i. e. Griechisches Feuer) auf, der zur Vernichtung der Kölner Schiffe gedacht war und laut Überlieferung in

²⁵ Ibidem.

²⁶ Der Name „Pottasche“ verrät die Aufbewahrungsmethode: Die salzhaltige Weidenasche wurde gewässert und die mit den verschiedenen gelösten Salzen angereicherte Lauge in Pfannen oder Kesseln eingedampft. Das Resultat bestand aus einem Salzgemenge mit einem hohen Anteil an Kaliumcarbonat K_2CO_3 oder „Pottasche“ (engl. *potash* bzw. *potassium carbonate*), welches stark hygroskopisch war und deshalb in verschlossenen Töpfen aufbewahrt und verkauft werden musste. Der lateinische Name war *Kali carbonicum* oder *cineres clavellati*; vgl. Merck's Warenlexikon, Leipzig ³1884, S. 439, in: <http://peterhug.ch/lexikon/pottasche>.

einem großen Spektakel brennend den Rhein herabfloss.²⁷ Der *doctor universalis* Albert handelte selber in seiner kleinen Schrift „De mirabilibus mundi“ über die noch harmlosen Feuerwerkskörper Kracher, Römerkerze und Rakete ab und kam dabei nur andeutungsweise auf den Salpeter („*sal petrosum*“) zu sprechen.²⁸ Die Rezepte Alberts, die dieser aus unbekanntem mediterranen Quellen geschöpft hatte, fanden sich wenig später im *Liber Ignium* wieder (s. unten).

Explodierende Feuerwerkskörper, die er gleichwohl als weitverbreitetes Kinderspielzeug in Daumengröße abtat,²⁹ faszinierten auch Roger Bacon (1214 – 1292/4). Der 1257 aus Oxford nach Paris verbannte Franziskaner, der *doctor mirabilis*, konnte die damals in Gelehrtenkreisen zirkulierende Pulverformel sogar als anschauliches Beispiel dafür heranziehen, dass scheinbare Zauberei in Wirklichkeit auf Naturkräften und Kunst beruhte. Die insgesamt elf „*Epistolae fratris Rogerii Baconis de secretis operibus artis et naturae et de nullitate magiae*“, eventuell schon dem 1249 verstorbenen Pariser Bischof Guillaume d’ Auvergne zugeeignet, widmen sich ab dem 9. Kapitel (Brief) in kryptischer Form dem „Ei der Philosophen“ und seiner Zubereitung.³⁰ Es besteht in der Forschung Einigkeit darüber, dass Bacon an dieser Stelle und in den nachfolgenden Kapiteln das Schwarzpulver beschreibt, weil er neben den typischen Phänomenen wie Blitz und Donner auch ausdrücklich das *sal petrae* nennt. Hime hat den Versuch unternommen, Bacons Anagramm zur Pulverkomposition (im Mischungsverhältnis 7 : 5 : 5) aufzulösen und auch die Vorschrift zu ergründen, die sich auf die Herstellung des Salpeters bezieht.³¹ Er glaubt aus dem gezielt redundanten Text folgende Anweisungen herauslesen zu können:

²⁷ Vgl. TITTMANN 2005 (wie Anm. 9), S. 291 ff: Der Gewährsmann ist Godefrit Hagen, der Verfasser der „Reimchronik der Stadt Köln“. Das Pulver wurde damals wegen seiner heftigen Gasentwicklung als „fliegendes Feuer“ – *ignis volans, ignis volans in aere, ignis volatilis* – umschrieben; vgl. ROMOCKI 1895 (wie Anm. 2), S. 103 (zu Albertus Magnus: *De mirabilibus mundi*) und S. 119 (zum *liber ignium*).

²⁸ Vgl. ROMOCKI 1895 (wie Anm. 2), S. 95 ff; PARTINGTON 1960 (wie Anm. 2), S. 81 ff. Albertus unterscheidet zwischen echtem und falschem *nitrum*. Letzteres braust als kohlen-saures Natron beim Begießen mit Essig auf.

²⁹ „*Et experimentum huius rei capimus ex hoc ludicro puerili, quod fit in multis mundi partibus, scilicet ut instrumento facto ad quantitatem pollicis humani, ex violentia illius salis, qui sal petrae vocatur, tam horribilis sonus nascitur...*“ (We have an example of these things in that children’s toy which is made in many parts of the world, viz. an instrument made as large as the human thumb. From the force of the salt called saltpetre so horrible a sound is produced...); PARTINGTON 1960 (wie Anm. 2), S. 77, Auszug aus dem *Opus Majus* von 1267. Diese Stelle bezieht sich ziemlich eindeutig auf die Sitte der Araber, ihre Feste mit Feuerwerk zu begehen; in Granada und anderen andalusischen Städten hatten die Einwohner diesen Brauch als erste Europäer übernommen; vgl. AL-HASSAN 2003 (wie Anm. 20), S. 24 ff.

³⁰ Vgl. ROMOCKI 1895 (wie Anm. 2), S. 83 ff; PARTINGTON 1960 (wie Anm. 2), S. 69 ff.

³¹ Vgl. HIME 1915 (wie Anm. 2), S. 102 ff: Die Verschlüsselungsmethode („*the Argyle cipher*“) beruhte auf der „Botschaft in der Botschaft“ – man legte ein Deckblatt über das Schriftstück und schnitt es an den Stellen aus, wo die passenden Worte vorzufinden waren. Der Empfänger konnte mittels des gefensternten Blatts die eigentliche Nachricht in einem größeren und bewusst irreleitenden Text lesen.

(Cap. IX): „De modo faciendi ovum philosophorum. / Calcem [vgl. den weißen *barud*] igitur diligenter / purifica / ut fiat terra pura penitus liberata ab aliis elementis / dissolvatur autem in aqua / cum igne levi, ut decoquatur quatenus separetur pinguedo sua / donec purgetur et dealbetur / iteretur destillatio / donec rectificetur: rectificationis novissima signa sunt candor et crystallina serenitas / Ex hac aqua / materia congelatur. Lapis vero Aristotelis, qui non est lapis, ponitur in pyramide in loco calido.“

(Cap. X): „De eodem, sed alio modo. / Accipe igitur lapidem et calcina ipsum / Sed in fine parum commisce de aqua dulci, et medicinam laxativam compone de / duabus rebus quarum proportio melior est in sesquialtera proportione / Resolve ad ignem et mollius calfac. / Mixto igitur ex / Phoenice / adjunge, et incorpora per fortem motum; cui si liquor calidus adhibeatur habebis propositum ultimum. / Evacuato igitur quod bonum est. / Regyra cum pistillo, et congrega materiam ut potes, et aquam separa paulatim.“³²

Bis auf den Anfang, „wie man das Ei der Philosophen macht“, gleicht das Rezept seinem zweiteiligen Gegenstück bei Hasan al-Rammah: Man nehme weißen „Kalk“ (Salpeter), reinige ihn von Unsauberkeiten, löse ihn im warmen Wasser über einem leichten Feuer auf und schöpfe den aufsteigenden Schaum ab. Diese Prozedur wird wiederholt, bis die Lösung völlig rein erscheint und die „Materie“ beim Auskühlen auskristallisiert – der „Stein des Aristoteles“ (Hime: von Assios?), „der kein Stein ist“, hat sich gebildet und kristallisiert rhombisch-pyramidenförmig („ponitur in pyramide“) an einem heißen Ort aus.

Die „andere Art der Herstellung“ von Kapitel X bedeutet in Wirklichkeit die auch von al-Rammah beschriebene Raffination des soeben gewonnenen und zerpulverten Salpeters durch eine unspezifizierte „*medicina laxativa*“ (wohl ein Reinigungsmittel) und den „Phönix“, das alchemistische Fabeltier des aus der eigenen Asche wiedergeborenen Feuervogels, der hier für eine verborgene Substanz steht, welche Hime als „animal charcoal“ – d. i. Knochenkohle, ein wirksames Reinigungsmittel - interpretiert.³³ Wie dem auch sei, es scheint plausibel, dass Bacon analog zu Albert d. Gr. Kenntnis von den arabischen Rezepten hatte, wobei allerdings unklar bleiben muss, inwieweit er wirklich über alle notwendigen Substanzen informiert war.³⁴ Für die Diffusion und Rezeption des Schießpulvers kam es aber weniger auf gelehrte Mönche als vielmehr auf Männer der militärischen Praxis an, die wie der „Schütze“ (Blidenmeister) des Kölner Erzbischofs 1252 bereits in die neue Kunst des „fliegenden Feuers“ eingeweiht waren und durch ganz andere Kanäle als lateinische Texte oder Unterweisung durch „Pulvermönche“ ihre pyrotechnischen Qualifikationen erlangt hatten.

³² Ibidem, S. 106 ff, 108 ff. – Der Zwischentext ist ausgelassen; die abgeteilten Wortgruppen werden zu einem durchgängigen Text aneinandergesetzt.

³³ Ibidem, S. 109. – Die Substanzen könnten als Lösungs-, Reinigungs- oder Reaktionsmittel gedient haben; die genaue Wirkung muss offen bleiben. Knochenkohle wäre z. B. ein geeigneter Zusatz, um Farben und Gerüche zu binden und den Salpeter schön weiß auskristallisieren zu lassen.

³⁴ Es erscheint auch nachträglich völlig überzogen, aus Friar Bacon den englischen „Berthold Schwarz“ machen zu wollen, wie Hime es 1915 vorschlug: „... he himself was the inventor of gunpowder [...] ...we are justified in holding that gunpowder was discovered by Roger Bacon“; vgl. HIME 1915 (wie Anm. 2), S. 115, 116.

Dieser für das Kriegswesen entscheidende Technologietransfer auf der praktisch-handwerklichen Ebene ist noch gänzlich unerforscht.

Abschließend ist noch das „Buch der Feuer“ (*liber ignium*) des fiktiven Marcus Graecus zu erwähnen, das von Berthelot und Lippmann nach Süditalien (man vergleiche die berühmte Ärzteschule von Salerno) und ins ausgehende 13. Jahrhundert verwiesen wird.³⁵ Es handelt sich um eine Sammlung von insgesamt 33 (auch: 35) Rezepten zu Griechischen und anderen flüssigen Feuern und zuletzt auch zum Schwarzpulver, *ignis volatilis* genannt (§§ 13, 32, 33). Das 14. Rezept bespricht erstmals den einheimischen Salpeter:

§ 14: „Nota quod sal petrosum est minera terrae et reperitur in scrophulis in [auch: contra] lapides. Haec terra dissolvatur in aqua bulliente, postea depurata et destillata per filtrum et permittatur per diem et noctem integram decoqui, et invenies in fundo laminas salis congelatas cristallinas.“³⁶

„Beachte, dass Salpeter ein Mineral der Erde ist und als Ausschwitzung an Steinen [Mauern?] gefunden wird. Diese Erde wird im kochenden Wasser aufgelöst, danach gereinigt und durch ein Filter destilliert. (Die Flüssigkeit) wird einen Tag und eine Nacht gar gekocht, und du findest am Boden die durchsichtig gefrorenen Zapfen des Salzes“.

In Anbetracht dessen, dass der Liber Ignium nur die Kompilation eines unbekanntem Gelehrten (Arztes?) war, kann leider kein fachmännischer Kommentar zum Salpeter erwartet werden. In Ermangelung eines besseren Kompendiums zur Pyrotechnik wurde das „Feuerbuch“ trotz mancher seltsamen Rezepte noch im 15. Jahrhundert häufig abgeschrieben. So findet es sich auch im „Bellifortis“ als 8. Kapitel vor und wurde zur Hussitenkriegszeit sogar ins Deutsche übersetzt.³⁷

3. Konrad Kyser: „Bellifortis“ – der Ruprechtkodex von 1405

Der Autor, 1366 in Eichstätt geboren, war Leibarzt König Sigismunds und begleitete ihn auf dem verhängnisvollen Feldzug gegen die Türken, welcher 1396 in der Niederlage von Nikopolis endete. Als Verbannter (*exul*) kompilierte und redigierte er ab 1402 ein neues Kriegsbuch, der „Kampfstarke“ (*bellifortis*) genannt, um König Wenzel bzw. den Gegenkönig Ruprecht in die Lage zu versetzen, mittels der Kriegskunst der Alten - aber auch mit neuen

³⁵ Zum Text vgl. ROMOCKI 1895 (wie Anm. 2), S. 114 ff; PARTINGTON 1960 (wie Anm. 2), S. 42 ff (mit Paragrapheneinteilung). Zur Verortung vgl. Edmund Oskar v. LIPPMANN: Entstehung und Ausbreitung der Alchemie. Mit einem Anhang: Zur älteren Geschichte der Metalle. Berlin 1919, S. 481.

³⁶ ROMOCKI 1895 (wie Anm. 2), S. 119 f; PARTINGTON 1960 (wie Anm. 2), S. 49.

³⁷ Titel: „Das sind die feuer die Meister Achilles Thabor geschrieben hatt“; Faszikel im Cpv 3062 (d. 1437) der Österreichischen Nationalbibliothek, Wien. Text bei ROMOCKI 1895 (wie Anm. 2), S. 127 ff. – Der Verfasser und Übersetzer war der Leibarzt des Bayernherzogs Albrechts III., Johannes Hartlieb.

Elementen wie Wagenburg, Pulver und Geschütz – der Gefahr aus dem Orient in Zukunft siegreich zu begegnen.³⁸

Bei Kyesers neuen Rezepten beansprucht das Salpeterziehen in großen Töpfen und in einer sog. Salpetergrube besonderes Interesse. Etwas befremdlich wirkt die letzte von drei einschlägigen Vorschriften, den drei Tage abgestandenen Urin von Jungen mit „Salz“ zu versetzen und durch Kochen um ein Drittel zu verdampfen: „Ex hac conficitur sal nitri pretiosum (daraus wird wertvoller Salpeter gewonnen).“³⁹

Das erste Rezept zur Gewinnung von Salpetererde auf f. 106 verso beschreibt erstmals die Salpetergrube und ihre fachgerechte Anlage:

Ingleba plana / saturnina foveam fac Inqua(m) stratu(m) pones / paleis ibi b(e)n(e) cremate(is) Et post t(antu)m t(er)re (pre)dictis commu(ni)cat(is) Asperges stratu(m) (qua)libet cu(m) limpha salita Urina vel bacho/ et post vive calcis repone Stratu(m) sequens trite, it(eru)m limphando p(re)dictis Sic stratum sup(er) stratu(m / vs(que) fac fouea repleat(ur) Quodlibet limphabis / stratu(m) sic salem h(ab)ebis Semp(er) in quindena / collige que sunt colligenda Et infra dies octo / semp(er) bina vice limphabis Sed plus si feceris / lucra maio(r)a requires	In den ebenen fruchtbaren Boden mache eine Grube, in die du eine Lage legst, nachdem das Stroh dort gut verbrannt wurde. Und dann [ebenso] viel Erde, mit dem Vorgenanntem gemischt. Du wirst die Lage mit einer beliebigen salzigen Flüssigkeit besprengen, mit Urin oder Wein, dann lege von ungelöschtem Kalk die folgende Lage darauf, wieder mit dem Vorgenannten gewässert. So mache Lage über Lage, bis die Grube angefüllt ist. Nach Belieben befeuchte die Lage, wenn du Salz hast, Immer in fünfzehn Tagen sammle ein, was einzusammeln ist, Und innerhalb von acht Tagen wirst du immer zweimal gießen. Aber je mehr du so tust, umso mehr Gewinn wirst du erhalten.
---	--

³⁸ Vgl. TITTMANN 2005 (wie Anm. 9), S. 288: Es existieren zwei Kodices des „Bellifortis“, Ms. philos. 63 von 1405 (sog. Ruprechtkodex) und Ms. philos. 64 a von 1402/03 (sog. Wenzelkodex) der Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen. Hier wird das besser bekannte und als Faksimile vorliegende Ms. 63 zugrunde gelegt; s. Götz QUARG: (Bearbeiter): Conrad Kyeser aus Eichstätt: Bellifortis. Bd. 1: Faksimile; Bd. 2: Umschrift - Übersetzung. Düsseldorf 1967.

³⁹ Fundstelle: Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen, Ms. Philos. 63, f. 106 verso; vgl. QUARG 1967 (wie Anm. 38), Bd.2, S. 80, mit Hinweis auf eine ungenannte Substanz, die hinter „predictis“ verborgen sein soll. Das ist semantisch jedoch nicht nachvollziehbar.

Das darauf folgende zweite Rezept im „Bellifortis“ wiederholt die Vorschrift, doch diesmal werden große Tontöpfe mit den oben genannten Materialien schichtweise aufgefüllt:

Ollis magnis p(ar)ibus simile pot(er)is oper(are) Imponendo stratum / sup(er) stratu(m)que limphando Conditis predictis / p(re)pa(ra)tis(que) condiment(is) Hec locabis humo / vel celario adequate Infra quindena(m) collige / sed pluries funde Hec ars nitri salis abexule stat rep(er)tata	Mit großen gleichen Töpfen kannst du ähnlich arbeiten durch Einlegen von Schicht über Schicht und Begießen mit Zusatz des Vorgenannten und Bereitung der Zutaten. Diese [Töpfe] wirst du in die Erde setzen oder in einen entsprechenden Keller, sammele innerhalb von fünfzehn Tagen, aber gieße mehrfach. Diese Salpeterkunst wird vom Verbannten [Kyeser] erneut enthüllt.
--	--

Die Salpetergrube wird also, beginnend am Boden, mit einer Lage Asche aus verbranntem Stroh, gemischt mit Erde, bedeckt und anschließend im Wechsel mit jeweils einer solchen Erdschicht und einer Lage Branntkalk (CaO) angefüllt, wobei auf jede Schicht „salziges“ Wasser, Urin und Wein geschüttet werden sollen; zusätzlich wird noch „Salz“ (?) aufgestreut, sofern davon genug vorhanden ist. Eine Woche lang soll das Beet zweimal täglich mit salzigem Wasser (Restwasser vom Salpetersieden?) begossen und dann innerhalb von fünfzehn Tagen „abgeerntet“ werden; Kyeser drückt sich hierbei so umständlich aus, dass nicht erkennbar wird, dass der ganze Zyklus drei Wochen umfassen soll. Dieses geht aus dem bekannten Wolfegger „Mittelalterlichen Hausbuch“ (um 1480) hervor, wo praktisch das gleiche Rezept in Deutsch (und besser verständlich, wenn auch erneut mit typischen Kopier- oder Flüchtigkeitsfehlern) wiedergegeben wird, weshalb es an dieser Stelle zu Vergleichszwecken angezogen sei:

„Grabe ein grübe in ein ertrich vnd sege [recte: lege] ca. vi. [calcem vivum] dar in zweiger [zweier] finger dick vnd dan geprant stro vseln [Strohasche] vnd ertrich eins schühes dick dar auff vnd wider kalck vnd stro vnd ertrich als vor gieß alle tag harn dar auff uber drey wochen so süde den salpete(r) dar von(n) vnd fülle die grübe wider auß als vor.“⁴⁰

Die einfache Abfolge der Grubenschichten lautete demnach: Zuunterst eine Lage Branntkalk (2 Finger dick) und dann obenauf eine Schicht verbrannter Strohstopfeln mit Erde (1 Schuh

⁴⁰ Entnommen aus der definitiven Faksimileausgabe des Wolfegger Hausbuchs: Christoph Graf zu WALDBURG WOLFEGG (Hrsg.): Das Mittelalterliche Hausbuch. Faksimile und Kommentarband. Mit Beiträgen von Gundolf Keil, Eberhard König, Rainer Leng, Karl-Heinz Ludwig und Christoph Graf zu Waldburg Wolfegg. München / New York 1997. Das zitierte Rezept findet sich auf f. 41 recto.

oder ca. 30 cm dick); diese Prozedur wurde stereotyp wiederholt, bis die Grube angefüllt war. Täglich erfolgte über einen Zeitraum von drei Wochen ein Besprengen mit Harn, dann hatte sich genug Salpeter gebildet und konnte durch Auslaugen der Erde und Sieden der Lösung im Kessel gewonnen werden. Vom Abbrennen des Strohs an der Stelle, wo die Grube ausgehoben werden soll, sowie von „Salz“ und salzigem Wasser wie beim „Bellifortis“ ist im Hausbuch jedoch keine Rede, so dass der Verdacht nahe liegt, dass Kyeser seine Vorlage doch nicht ganz richtig verstanden haben könnte oder etwas frei übersetzt in Hexametern gereimt hat.

Es gibt noch eine dritte Quelle, die ein ähnliches Rezept aufweist – es handelt sich um eine Sammelhandschrift („*Medicinae partium corporis*“) mit elf Bündeln medizinischer Rezepte in Latein, hinter denen als Besitzer ein Arzt, ganz analog zu Kyeser, gestanden haben könnte. Sie ist in zwei Faszikeln auf 1422 und 1427 (Kramer: „1428“) datiert und enthält auf f. 125 verso den Aufriss einer Steinbüchse mit einem ‚Flug‘ von drei Kugeldurchmessern (s. Abb. 1 b) und dazu folgende Anweisungen zur Salpeter- und Pulverbereitung:⁴¹

„Nota / Salniter sic fit / Rade ipsum de Terra follunum aut alia terra vbi inveneris siue de muro / superfunde aquam et moue cottidie bis per septimanam / deinde claram aquam effunde et coque in caldario et spuma bene et proba intingendo calamum et sparge in ignem cum scintillat sicut salniter tunc satis est / deinde effunde in vas latum et pone ad solem et congeletur in salniter.“ [...]

„Merke: Salniter wird so gemacht. Kratze ihn ausblühend von der Erde oder [von] anderer Erde, wo du ihn findest, oder von der Mauer. Gieße Wasser darüber und rühre täglich zweimal sieben Tage lang. Dann gieße das klare Wasser ab und koche es im Kessel und schäume es gut ab und probiere es durch Eintauchen eines Halms und spritze in das Feuer - wenn es Funken sprüht wie Salniter, dann ist es genug. Gieße es daraufhin in einen breiten Bottich und setze es in die Sonne, und es friert zu Salniter.“ [...]

„Terra in prima inbibicione relicta, vbi spargitur facit iterum crescere salniter et sic multiplicatur locus eius qua(cunque?) volueris.“ [...]

„Die in der ersten Wässerung verbliebene Erde lässt, wo sie verstreut wird, wiederum Salniter wachsen, und so wird dessen Ort [die Plantage] nach deinem Belieben vervielfacht.“ [...]

⁴¹ Germanisches Nationalmuseum Nürnberg, Hs. 24 347; Transkription ohne deutsche Übersetzung der obigen lateinischen Pulver- und Salpeterrezepte durch Alwin SCHULTZ: *Durchschnitt und Construction einer Kanone des 15. Jahrhunderts*, in: *Anzeiger für Kunde der deutschen Vorzeit* (AKdV), N.F. 17 (1870), Sp. 363 f. – KRAMER 1995 (wie Anm. 14), S. 43, ignoriert zwar nicht den Kodex und die „älteste Beschreibung des Grubensalpeters zur Herstellung von Calciumsalpeter“ [sic!], spricht aber dem „... unübersetzbaren Wort ‚cinere clavellato‘ [...], das wörtlich ‚genagelte‘ oder ‚geformte‘ Asche bedeutet“..., jede Relevanz ab: „Es ergibt keinen Sinn und lässt deshalb auch der Vermutung keinen Raum, es müsse sich um die erste Beschreibung der Konversion von Kalk- zu Kalisalpeter handeln.“ – Genau das in Abrede Gestellte ist richtig, denn es handelt sich um Pottasche, die in Töpfen „verschlossene Asche“ der Alchemisten; s. Anmerkung 26.

„Item terra rasa in ouili mixta cum calce viua et cinere clauellato de hoc impleatur foue [sic!] facte in ouili ad modum caldarium et permittatur putrescere per annum hoc exceptum soluatur in aqua que cocta ut prius facit salniter multum.“

„Item: Mit im Schafstall zusammengekratzter Erde, gemischt mit Branntkalk und Pottasche, möge eine Grube, angelegt im Schafstall nach Art eines Kessels, gefüllt und ein Jahr lang der Zersetzung überlassen werden. Hier Entnommenes soll in Wasser aufgelöst werden, das wie zuvor [s. o.] gekocht wird. Das gibt viel Salniter.“

Diese Vorschriften gehen noch nicht über Kyeser hinaus. Zusammengefasst haben wir also die ersten Anleitungen zur künstlichen Gewinnung von Salpeter vor uns, die um 1400 sicher schon längere Zeit angewandt wurden (die Theorie hinkte der Praxis immer hinterher) und eine erste Zwischenbilanz erlauben. Die sich aufdrängende Frage lautet, ob Kalium- oder Kalziumsalpeter das Resultat derartiger Bemühungen waren. Für Kramer ist fraglos Kalziumsalpeter gegeben, weil – und jetzt folgt ein Zirkelschluss – das ‚Feuerwerkbuch‘ (s. Abschnitt 5) „sich ausschließlich mit der Chemie des wenig geeigneten Calciumnitrats befasst. (...) Die Reindarstellung und teilweise Entwässerung dieses Calciumnitrats und die Regenerierung verdorbener Pulver ist eines der Hauptanliegen des Feuerwerkbuches“.⁴² Kramer setzt also ohne Einzelprüfung einfach voraus, was er eigentlich beweisen müsste und demzufolge nicht mehr im Detail behandelt. Das ist zweifellos eine bequeme „Methode“, aber weder logisch noch inhaltlich überzeugend.

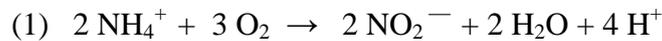
Denn alle bisherigen Rezepte enthalten die Zutaten, welche für die Erzeugung von Kaliumsalpeter (KNO_3) notwendig sind:

1. In erster Linie werden Kalium-Ionen K^+ benötigt. Mit der Verwendung der Ausscheidungen von Pflanzenfressern wie Schafen (s. Hs. 24 347), Kühen oder Pferden etc. war an sich schon genug Kalium vorhanden, aber auch die halbverbrannten Strohstoppln mitsamt ihrer Asche lieferten Stickstoff und Kalium und lockerten im übrigen die Erdschichten der Salpetergruben wie Mull auf, um die Durchlässigkeit für den ständig nachgegossenen Urin und den Zutritt von Sauerstoff zu gewährleisten. Weitere Kalium-Ionen rührten vom Harn eines Weintrinkers her.

2. Der sog. „Mauersalpeter“, vorzufinden als natürliche Ausblühungen an Stallwänden oder Ausschwitzungen an Tontöpfen, war entgegen Kramers Auffassung Kaliumnitrat in sogar ziemlich reiner Form. Die Lösung, die im Tontopf oder Mauerwerk und durch den Putz der Stallwände mittels Kapillarkräfte transportiert wurde, enthielt neben den notwendigen Nitrat-Ionen NO_3^- auch Kalium-, Kalzium- und Ammonium-Ionen. Da aber der Kalisalpeter bei niedrigen Temperaturen die geringste Löslichkeit besaß bzw. besitzt, wurde beim Verdunsten der Lösung an der Wandoberfläche der Ställe oder an der Außenseite der porösen Tontöpfe zuerst Sättigung für Kalisalpeter erreicht, der infolgedessen zuerst ausblühte. Es war demnach nur nötig, den „Mauersalpeter“ öfters abzufegen und durch Sieden und Umkristallisieren zu reinigen, ohne ihn zu konvertieren. Doch was ging in einer Salpetergrube oder -plantage vor?

⁴² Vgl. KRAMER 1995 (wie Anm. 14), S. 35.

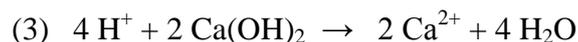
3. Die chemischen Prozesse hängen dort nicht unwesentlich von den verfügbaren Quantitäten an Ausgangsstoffen ab. Betrachten wir zuerst den Harn bzw. die Fäkalien der damit reichlich gedüngten Grube. Der in ihnen enthaltene Harnstoff $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ wird durch Bakterien zu Ammoniak (NH_3) abgebaut, das sich in Wasser löst und NH_4OH bildet. NH_4OH dissoziiert in NH_4^+ - und OH^- -Ionen. Nitritbakterien (Nitrosomonas), die in der Erde enthalten sind, setzen die Ammonium-Ionen unter Sauerstoffverbrauch weiter zu Nitrit-Ionen um:



Die ebenfalls in der Erde vorhandenen Nitratbakterien (Nitrobacter) bilden aus den Nitrit-Ionen mit weiterem Sauerstoff Nitrat-Ionen:



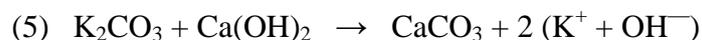
Damit die Reaktionen quantitativ optimal ablaufen, müssen die nach Gleichung (1) gebildeten Wasserstoff-Ionen aus dem System entfernt werden. Diesem Zweck dient der eingestreute Branntkalk, der sich sofort zu gelöschtem Kalk - Kalziumhydroxyd $\text{Ca}(\text{OH})_2$ - umsetzt und das Milieu alkalisch macht. Das wirkt sich günstig auf das Wachstum der Bakterien aus, die dazu einen pH-Wert > 7 benötigen:



Da sich Kalziumhydroxyd bei 20°C nur zu $0,016 \text{ Mol} / \text{l}$ in Wasser löst, hält sich der Anteil an Kalzium-Ionen in Grenzen. Sowohl die Kalzium- als auch die reichlich vorhandenen Kalium Ionen reagieren nun mit den Nitrat-Ionen aus Gleichung (2) und bilden zweierlei Salpeter:



Damit ist auch ohne Pottasche bereits erster Kaliumsalpeter entstanden! Das in der zugefügten Pflanzenasche enthaltene Kaliumkarbonat reagiert jetzt mit dem gelöschten Kalk oder Kalziumhydroxyd zu Kaliumhydroxyd, das sich weiter zu Kaliumnitrat umsetzt:



Jetzt hinzugefügte Pottasche bewirkt die klassische, schon bei Hasan al-Rammah beschriebene Konversion von Kalziumsalpeter zu Kaliumsalpeter:



Das sind in vereinfachter Form die Reaktionen, die überall dort ablaufen können, wo die aufgezählten Substanzen vorhanden sind. Intermediär kann sich auch Ammoniumnitrat bilden, das über das Kalziumhydroxyd aber wieder in den Kreislauf zurückgeführt und zu Kalziumnitrat umgesetzt wird.

Insofern nicht genügend Pflanzenasche, d. h. im wesentlichen Pottasche K_2CO_3 , vorhanden war, wurde ein Gemisch aus Kalium- und Kalziumsalpeter geerntet. Durch das einfache

Auflösen im heißen Wasser wurden die beiden Nitrate im ausreichenden Maße voneinander getrennt, weil der hervorragend lösliche Kalziumsalpeter in der Lösung zurückblieb und der im kalten Wasser sehr schwer lösliche Kaliumsalpeter beim Abkühlen auskristallisierte. Ein Büchsenmeister, dem die Qualität des damit gewonnenen Kalisalpeters noch nicht genüge, konnte die Prozedur wiederholen oder neue Verfahren zur „Reinigung“ bzw. „Stärkung“ des Salpeters vornehmen. Diese oft nicht sehr sinnvollen Manipulationen standen bei dem nachfolgenden Schrifttum im Vordergrund des Interesses.

Fazit der bisherigen Quellenuntersuchung bis ca. 1400 - 1430: Der mittelalterliche Salpeter war Kaliumsalpeter, wie es zu erwarten stand und aus den vorhandenen literarischen Quellen jetzt auch zweifelsfrei abgeleitet werden konnte.

4. Illustrierte Büchsenmeisterlehren: Cpv 3069 und Cgm 600 (d. 1411 bzw. um 1415/18)

Der Codex germanicus monacensis 600 der Bayerischen Staatsbibliothek München – kurz: Cgm 600 – galt einst als „die älteste artilleriewissenschaftliche Handschrift des Abendlandes“ (M. Jähns) und wurde verschiedentlich sogar auf 1350 datiert.⁴³ Er enthielt aber noch vor Erscheinen des ‚Feuerwerkbuchs von 1420‘ das Vademecum eines Büchsenmeisters, die sog. Büchsenmeisterfragen (hier allerdings noch nicht in Frageform, sondern allein in Gestalt der zugehörigen Antworten), und ist deshalb als direkter Vorläufer der nicht illustrierten Lehrschriften à la Feuerwerkbuch einzustufen. Außerdem stellt Cgm 600 nur eine gekürzte Kopie einer auf 1411 datierten Handschrift der Österreichischen Nationalbibliothek – des Codex paläographicus vindobonensis 3069 (kurz: Cpv 3069) – dar und kann nach seinem Ochsenkopf-Wasserzeichen in die Jahre 1415/18 datiert werden.⁴⁴ Deshalb wird nachfolgend der Wiener Cpv 3069 als Schwesterkodex und direkte Vorlage dem Münchner Cgm 600 trotz der erschwerten Transkription vorgezogen.

Mit beiden Kodices beginnt die Ära der „*confortativa*“, der „Stärkungsmittel“, wie die mittelalterlichen Verfasser ihre speziellen Rezepte auslobten. Die Phase der rein konventionellen Läuterung von Salpeter war vorbei. Dies lässt sich exemplarisch an der Herstellung des sog. „Salpeticums“ (auch: „Salpertia“ und „Salpractica“), eines angeblich besonders kräftigen und deshalb teuren Salpeters, demonstrieren, wobei die Nähe zur Topfzucht von Salpeter bei Kyeser 1405 sofort ins Auge springt (s. Abb. 2 a, b).

⁴³ Vgl. Max JÄHNS: Geschichte der Kriegswissenschaften vornehmlich in Deutschland. Bd. I: Altertum, Mittelalter, 15. und 16. Jahrhundert. Leipzig und München 1889 (Reprint Hildesheim – Zürich – New York 1997), S. 229.

⁴⁴ Vgl. die ausführliche Rezension von Wilfried TITTMANN in *Technikgeschichte* 68 (2001), S. 79 - 82, zu Rainer LENG (Hrsg.): Anleitung Schießpulver zu bereiten, Büchsen zu laden und zu beschießen. Eine kriegstechnische Bilderhandschrift im Cgm 600 der Bayerischen Staatsbibliothek München (IMAGINES MEDII AEVI. Interdisziplinäre Beiträge zur Mittelalterforschung, hg. von Horst Brunner, Edgar Hösch, Rolf Sprandel, Dietmar Willoweit, Bd. 5). Wiesbaden 2000.

 <p data-bbox="359 683 758 884"> <i>Also macht man salpeticum Item da nimm salit(er) iiii lb. vnd salarmoniac(um) i lb. campfer i lot vnd süd dz in geprante(m) win wncz d(er) salit(er) zer ge / vnd güß dz den(n) ab in eine(n) herd(n) haue(n) d(er) die form hab vn(d) henk de(n) haue(n) vf in eine(m) kel(e)r / vnd laß eine(n) manot also heng(en) dar nach ge dar vn(d) schab de(m) haue(n) vssne(n) de(n) kid [Cgm 600: kies] ab / vnd dar nach ge alweg üb(er) /n(e)wn/ od(er) üb(er) /x/ tag dar vnd väsch de(n) haue(n) vßn dz wiß dz gräw ab / dz ist das pest salpetic(um) dz jema(n) gehabe(n) mag i lb. gilt vi guldin.</i> </p>	 <p data-bbox="805 728 1220 862"> <i>Also macht man Salpeticum Item da nimm Salit(er) iiii lb. vnd Salarmoniac(um) i lb. campfer i lot vnd süd dz in geprante(m) win wncz d(er) salit(er) zer ge / vnd güß dz den(n) ab in eine(n) herd(n) haue(n) d(er) die form hab vn(d) henk de(n) haue(n) vf in eine(m) kel(e)r / vnd laß eine(n) manot also heng(en) dar nach ge dar vn(d) schab de(m) haue(n) vssne(n) de(n) kid [Cgm 600: kies] ab / vnd dar nach ge alweg üb(er) /n(e)wn/ od(er) üb(er) /x/ tag dar vnd väsch de(n) haue(n) vßn dz wiß dz gräw ab / dz ist das pest salpetic(um) dz jema(n) gehabe(n) mag i lb. gilt vi guldin.</i> </p>
<p data-bbox="327 958 422 987">Abb. 2a</p> <p data-bbox="327 1019 470 1055">Vorlage....</p> <p data-bbox="327 1086 774 1160">(Cpv 3069, f. 7 verso) Fundstelle: LENG 2000 (wie Anm. 44), S. 99</p>	<p data-bbox="794 958 890 987">Abb. 2b</p> <p data-bbox="794 1019 965 1055">... und Kopie</p> <p data-bbox="794 1086 1268 1160">(Cgm 600, f. 8 verso) Fundsstelle: LENG 2000 (wie Anm. 44), S. 98</p>

Der erläuternde Begleittext zu den Illustrationen stimmt im Cpv 3069 mit Cgm 600 fast wörtlich überein und lautet in eigener Lesung:

„Also macht ma(n) salp(er)tic(um) Item da nim salit(er) iiii lb. vnd salarmoniac(um) i lb. campfer i lot vnd süd dz in geprante(m) win wncz d(er) salit(er) zer ge / vnd güß dz den(n) ab in eine(n) herd(n) haue(n) [Cgm 600: Irdein hafene] d(er) die form hab vn(d) henk de(n) haue(n) vf in eine(m) kel(e)r / vnd laß eine(n) manot also heng(en) dar nach ge dar vn(d) schab de(m) haue(n) vssne(n) de(n) kid [Cgm 600: kies] ab / vnd dar nach ge alweg üb(er) /n(e)wn/ od(er) üb(er) /x/ tag dar vnd väsch de(n) haue(n) vßn dz wiß dz gräw ab / dz ist das pest salpetic(um) dz jema(n) gehabe(n) mag i lb. gilt vi guldin.“ (Cpv 3069, f. 7 v)

„Also macht man Salpeticum. Item da nimm 4 Pfd. Saliter, 1 Pfd. Salarmoniac [NH₄Cl] und 1 Lot Kampfer und siede das in Branntwein, bis der Saliter zergeht. Und gieße das dann ab in einen harten Hafen (Cgm 600: irdenen Hafen), der diese Form habe [s. Abb. 2] und hänge den Hafen in einem Keller auf. Und lasse (ihn) so einen Monat hängen. Danach gehe hinzu und schabe dem Hafen außen den „Kitt“ [vgl. ‚Kütt‘ gleich Vogelschmutz] ab und danach immer alle neun oder alle 10 Tage. Und wische dem Hafen außen das Weiße und das Graue ab. Das ist das beste Salpeticum, das man haben kann. 1 Pfd. kostet 6 Gulden.“

Leng identifiziert das Produkt dieses Rezepts, welches er als „salpertia“ (statt *salpeticum*) verliest, als „hochexplosives Ammoniumnitrat, das als Pulverzusatz zur Steigerung der Triebkraft eingesetzt wurde“.⁴⁵ Das ist richtig, denn es bildete sich unter diesen Bedingungen hauptsächlich Ammoniumnitrat, welches aus der Lösung im Tontopf an dessen Außenseite kristallisierte und – wie die Zeichnungen demonstrieren – mit einer Hasenpfote abgefegt wurde. Die Wirkung des Zusatzes tendierte aber nicht nur in Richtung höherer Brisanz des Schießpulvers, sondern erhöhte in geringer Dosierung vor allem das Arbeitsvermögen des gebräuchlichen Geschützpulvers.⁴⁶

Es trifft deshalb auch nicht zu, dass die beiden hier nicht wiedergegebenen Pulverrezepte von Cpv 3069 und Cgm 600 auf gekörntes Pulver abzielten und dieses angebliche Kornpulver mit dem Knollenpulver des Feuerwerkbuches identisch war.⁴⁷

5. Das „Feuerwerkbuch“ (um 1420)

Kramer sieht im Feuerwerkbuch das Herzstück der sog. Büchsenmeisterliteratur und speziell im Freiburger Kodex Hs. 362 eine direkt auf Bertholdus niger und seine Jünger zurückgehende Primärquelle, die wegen des Standorts Freiburg eine unmittelbare Kopie eines „Urtextes“ um 1400 sein soll.⁴⁸ Diese ohne äußere wie innere Quellenkritik konstruierte

⁴⁵ Vgl. LENG 2000 (wie Anm. 44), S. 39 f, 99. – Romocki, der dieses Rezept (Nr. 175 – Nibler-Zählung) auch im Feuerwerkbuch vorfindet und dort korrekt als „salpratica“ respektive „salpertia“ bespricht, sieht darin dagegen „... natürlich nichts Anderes, als viel Salpeter mit wenig Salmiak, beide unter dem Einflusse der Kellerrälte in feinen Nadeln krystallisiert; der Kampfer verflüchtigte sich mit dem Weingeiste wohl auf geringe, durch den Geruch noch wahrnehmbare Spuren“; vgl. ROMOCKI 1895 (wie Anm. 2), S. 202 f. – Die Lesung als „Salpeticum“ im Cpv 3069 bietet sich angesichts der eigenartigen Abbraviatur in „u“-Form am Wortende, die normalerweise für ein ausgelassenes „m“ oder „n“ steht, an; auch ist lat. „sal“ Neutrum und verlangt daher eine Endung auf -um. Die Varianten im Feuerwerkbuch zeigen, dass die Bezeichnung als „Salpeticum“ ebenso wie „Salpertia“ nicht geläufig war und diese als Kunstnamen angesehen werden müssen. Dagegen scheint „salniter“ als Begriff für den geläuterten, gebrauchsfähigen Salpeter weiter verbreitet gewesen zu sein.

⁴⁶ Die Verwendung von Branntwein verbesserte die Ausbeute an Ammoniumnitrat; das abgefegte „salpeticum“ bestand daher zum allergrößten Teil aus Ammoniumnitrat NH_4NO_3 und wurde zusammen mit „salarmoniak“ (Ammoniumchlorid, NH_4Cl) dem Pulver zugesetzt. Cpv 3062, f. 2 v, schreibt dazu vor, dass jeweils eine Unze oder insgesamt 4 Lot dieser Stärkungsmittel auf $5\frac{1}{2}$ Pfund gleich 176 Lot Pulver gegeben werden sollten, „so hastu ein vb(er) stark wirig pulu(er)“; vgl. LENG 2000, S. 73. Die Energiebilanz der zugesetzten *confortativa* ist leicht defizitär, wird aber durch das entstehende große Gasvolumen überkompensiert. Im Endeffekt ist das Arbeitsvermögen des „überstarken“ Pulvers größer als das Arbeitsvermögen des unverstärkten Pulvers – folglich konnte man bei gleicher Ladung weiter schießen.

⁴⁷ Vgl. LENG 2000, S. 41. – Es scheint noch immer nicht hinreichend bekannt zu sein, dass gekörntes Pulver für Steinbüchsen viel zu brisant war und aus innerballistischen Gründen niemals angewendet werden durfte. Die schweren Geschosse in Zentnerschwere bedingten bei zunehmender Masse ein progressives, d. h. „schiebendes“ Treibmittel mit verringertem Initialgasdruck; vgl. Wilfried TITTMANN: „Büchsenwerk“ – die Kunst aus Büchsen zu schießen. In: WKK 42 (2000), S. 141 - 182, hier S. 150 ff. Vgl. auch unsere S. 25 mit Anm. 57.

⁴⁸ Vgl. KRAMER 1995 (wie Anm. 14), S. 102, 123 ff, 134 ff; KRAMER 2001 (wie Anm. 14), S. 76 f. – Es handelt sich um den dritten Faszikel in dem Sammelkodex Ms 362 (ff. 73 recto - 89 recto) der

Theorie verkennt den Charakter des Feuerwerkbuchs als unselbstständige Kompilation „wandernder Rezepte“, die auf eine ordnende Schreibwerkstatt mit unbekanntem Sitz in Oberdeutschland zurückzuführen ist. Als offenbar gut gelungene Zusammenfassung im verständlichen Deutsch fand das kleine Werk jedoch sehr guten Absatz in militärisch interessierten höheren Kreisen (also nicht primär bei den vielgenannten Büchsenmeistern) und wurde mangels „Copyright“ über Jahrzehnte hinweg mit nur wenigen Modifikationen immer wieder handschriftlich vervielfältigt.⁴⁹ Noch 1529 wurde das Feuerwerkbuch gleich an zwei Orten erstmals gedruckt und letztmalig verbreitet.⁵⁰ 1535 löste Franz Helms dickleibiges und weiterhin nur handschriftlich kopiertes „Buch der probierten Künste“ das mittlerweile stark veraltete Feuerwerkbuch ab, was Kramer für seine Zwecke aber offensichtlich gezielt ignoriert, um die hier künstlich angereicherte Berthold-Legende verwerten zu können.⁵¹

Universitätsbibliothek Freiburg / Breisgau, am Ende datiert auf 1432. Es ist nicht bekannt und deshalb rein hypothetisch, ob Freiburg, der heutige Standort, auch der Entstehungsort gewesen ist.

⁴⁹ Beste und aktuelle Beschreibung der Überlieferung mit 57 einzeln aufgeführten Handschriften bei Rainer LENG: *Ars belli. Deutsche taktische und kriegstechnische Bilderhandschriften und Traktate im 15. und 16. Jahrhundert (IMAGINES MEDII AEVI. Interdisziplinäre Beiträge zur Mittelalterforschung, hg. von H. Brunner et al., Bd. 12).* Bd. 1: *Deutsche taktische und kriegstechnische Bilderhandschriften und Traktate im 15. und 16. Jahrhundert.* Wiesbaden 2002. Bd. 2: *Beschreibung der Handschriften.* Wiesbaden 2001, hier S. 441 ff. – Der oberdeutsche Charakter des Feuerwerkbuchs wird u. a. dadurch manifest, dass nur ein Exemplar mit plattdeutschem Einschub erhalten scheint: Staatsbibliothek Preußischer Kulturbesitz Berlin, Ms. germ. quart. 867 (Feuerwerkbuch des Hans Schulten).

⁵⁰ Druck von Heinrich Stainer, Augsburg 1529; Edition durch HASSENSTEIN 1941 (wie Anm. 16); Druck von Christian Egenolph in Straßburg 1529 mit dem neuen Titel „Büchsenmeysterei“; ein seltenes Belegexemplar dieser Ausgabe in der Stadt- und Universitätsbibliothek Frankfurt / M., als Facsimile veröffentlicht in „Flugschriftensammlung Gustav Freytag“, Saur-Verlag München 1980.

⁵¹ Kramer ordnet wider besseres Wissen zwei Handschriften des 16. Jahrhunderts dem „Feuerwerkbuch“ zu, um die erst dort vorzufindenden Ausschmückungen der Berthold-Legende als alte Überlieferung auszugeben; vgl. KRAMER 1995 (wie Anm. 14), S. 128 f, 273. Im Einzelnen handelt es sich um das verschollene Ms. 3 des ehemaligen Berliner Zeughauses, eine Abschrift von Helms „Buch von den probierten Künsten“; vgl. JÄHNS 1889 (wie Anm. 43), S. 608 ff, sowie die neueste Edition des Werks von Rainer LENG: *Franz Helm und sein ‚Buch von den probierten Künsten‘ (IMAGINES MEDII AEVI. Interdisziplinäre Beiträge zur Mittelalterforschung, hg. von H. Brunner et al., Bd. 9).* Wiesbaden 2001, S. 13, 86. – Das zweite Belegexemplar wird von Kramer wie folgt vorgestellt: „Wien: Feuerwerkbuch. cod. 10895 fol. 6 v. Nationalbibliothek Wien. Datiert 1437. Johann Hartlieb.“ Der echte Hartlieb-Kodex von 1437 ist aber unstrittig Cpv 3062 (vgl. LENG 2000 (wie Anm. 44), S. 17, 29 ff) – der zitierte und angeblich von Kramer persönlich eingesehene Cpv 10.895 stammt aus der Feder von Andre Popffinger in München (vor 1576) und ist wiederum nur eine Abschrift von Helms „Buch von den probierten Künsten“; vgl. dazu LENG 2001 a. a. O., S. 374. – Angesichts dieser Häufung von falschen Angaben, welche gleichwohl von Cl. Blair kritiklos gestützt werden, sind die fehlzitierten Quellen ohne Beweiskraft; vgl. KRAMER 2001 (wie Anm. 14), S. 12. Die in der englischen Ausgabe auf S. 81 aufgeführten Quellen enthalten dieselben falschen kodikologischen Angaben wie KRAMER 1995. – Weitere harsche Kritik an Kramers Phantasieangaben in Bezug auf das Feuerwerkbuch findet sich bei LENG 2002 (wie Anm. 49), Bd. 1, S. 206.

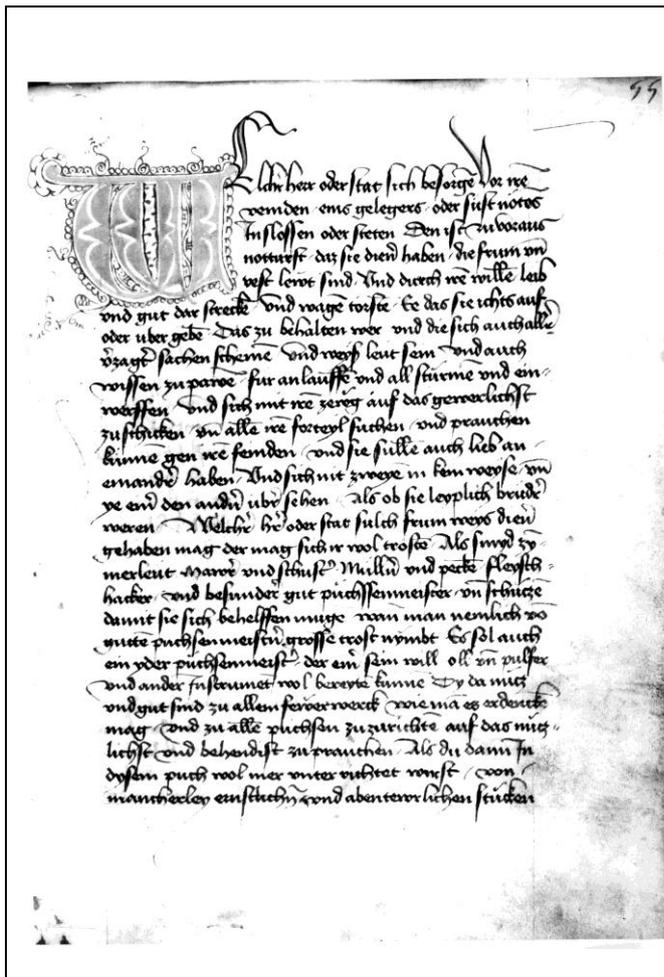


Abb. 3

Kalligraphisches Titelblatt des Weimarer Exemplars des „Feuerwerkbuchs“, um 1450 (Herzogin Anna Amalia Bibliothek, Weimar, Hs. Q 342, f. 55 recto)

Die klassische Einleitung „Welch(e)r herr oder stat sich besorge(n) Vor ire(n) veinden / eins gelegers...“ verrät sofort, dass hier eines der fast 60 bekannten, handschriftlichen Kopien des „Feuerwerkbuchs von 1420“ vorliegt. Dieses enthält zu Anfang die 12 Fragen und Antworten zur „Kunst aus Büchsen zu schießen“ und die zugehörige Legende vom Alchemisten „niger Berchtold“ als Erfinder. Die Büchsen, von welchen die Rede ist, sind die um 1370 allgemein in Europa aufkommenden Steinbüchsen als dritte Generation der Pulverwaffen. Der angebliche Geschützerfinder Berthold hat demnach nie existiert, ebenso wenig wie ein gleichnamiger Freiburger Erfinder von „Mittelalterpulver“ auf Kalksalpeterbasis.

Der Begriff „Feuerwerkbuch von 1420“ hat sich durch Hassensteins Edition⁵² eingebürgert und kann weiterhin als sachlich zutreffend übernommen werden. Die älteste datierte Handschrift von 1429⁵³ ist nur sehr fragmentarisch überliefert, ebenso eine Fassung von 1430 in einem späteren Büchsenmeisterbuch von 1489,⁵⁴ aber auch die von Kramer wegen des „Freiburgers Berthold Schwarz“ bevorzugte Freiburger Hs. 362 von 1432 bricht nach Rezept 229 (Nibler-Zählung) unvollendet ab.⁵⁵ Der Stainer-Druck von 1529, Grundlage von Hassensteins Faksimile, geht glücklicherweise auf ein vollständiges, aber relativ frühes

⁵² HASENSTEIN 1941 (wie Anm. 16).

⁵³ Bayerische Staatsbibliothek München, Cgm 4902 von 1429 (Fragment ohne erste Lage; aus der Schreibwerkstatt des Konrad Kauder in „stußlingen“ / Stühlingen).

⁵⁴ Universitätsbibliothek Heidelberg, Cpg 787 (Sammelhandschrift), erster Faszikel, umfassend ff. 2 recto - 26 recto, datiert 1430. Auf f. 27 recto die Datierung 1489 von Faszikel 2 und der eigenhändige Vermerk: „geschrieben Henchin Stembel bussen meist(er) cu wormß.“ – Von Kramer wird Faszikel 1 völlig freihändig als „Abschrift [sic!] ... eines 1428 [sic!] von Henchin Stembel [sic!] begonnenen Exemplars“ ausgegeben; vgl. KRAMER 1995 (wie Anm. 14), S. 293.

⁵⁵ Vgl. die synoptische Wiedergabe von Hs. 362 und Stainer-Druck von 1529 von Ferdinand NIBLER unter der URL www.feuerwerkbuch.de. Nachfolgende Rezepte des Feuerwerkbuchs werden nach dieser Zählung zitiert.

Exemplar des Feuerwerkbuchs zurück und vermittelt wie der letzterworbene Münchner Clm 30150 den frühen Kenntnisstand um 1420.⁵⁶ Spätere Handschriften aus der Jahrhundertmitte brauchen hier nicht berücksichtigt zu werden, weil sie in bemerkenswerter Texttreue keine wesentlichen Veränderungen im Salpeter- und Pulversektor enthalten.

Mit Salpeter und Pulver befasst sich eine Vielzahl von Rezepten. Zunächst sei auf das sog. Knollenpulver eingegangen, welches in der wissenschaftlichen Literatur (und speziell bei Kramer und Hall) insofern eine verhängnisvolle Rolle spielt, als es immer als erste Form der Körnung ausgerechnet bei der ‚Steinbüchse‘ interpretiert wird. Diese Auffassung beruht auf Unkenntnis der mittelalterlichen Pulverproduktion und Büchsenmeisterei (noch im 16. Jahrhundert wurde für grobes Geschütz wegen des hohen Austreibungswiderstandes der schweren Kugeln nur „schiebendes“, progressives Mehlpulver verwendet).⁵⁷ Die neuen Pulverstampfen um 1400 benötigten mit Weinessig gut durchfeuchtetes Stampfgut und hölzerne Stempel („Stämpfel“), damit die Werkstatt nicht verstaubte und beim ersten Funken in die Luft flog. Dabei entstanden Pulverteig und Pulverknollen – auch als in Näpfen hergestellte Kunstform – quasi von alleine (s. Abb. 4). Die „Kügelchen“ oder „Ballen“ wurden nach gründlicher zehntägiger Trocknung an der Sonne oder in einer „sanft eingeheizten“, aber rauch- und funkenfreien ‚Stube‘ in dünnen (ausgetrockneten) Holzbehältern an sicheren trockenen Orten aufbewahrt und galten als „gehärtetes“ Pulver, weil sich die Knollen beim Transport nicht mehr entmischen konnten und daher als Aufbewahrungsform bestens geeignet waren:

(Feuerwerkbuch, Rezept 150 – Nibler-Zählung) „Wie man ain Büchßen puluer **herten**. Vnd zů Röschem **knollen pulu(er)** mache(n) sol [Ende der Rubrik]. Wilt du ain Büchßen puluer herten. Wan du es dann schon [schön] gemischt durch ain ander vnd wol von welcher michtung [Größe] du es gern hast. So tů sin in ainen grossen morser als vil oder in ainen Stampff als vil du dar in gemachen macht [möchtest]. Vnd begúß das mit gütem win essich. Vnd stoß das wol durch ain and(er) mit ainem hólczen stämpfel Vnd mach also es fúcht mit dem essich das es sich czu samen trucken laut vnd pallen [sic] Wie groß du denn die puluer

⁵⁶ Als Referenz unter den frühen Handschriften kann das besonders vollständige Exemplar im Clm 30150, Bayerische Staatsbibliothek München, dienen. Wie an den 12 Büchsenmeisterfragen als Auftakt zu erkennen ist, enthält Clm 30150 nach dem „Bellifortis“ ein Feuerwerkbuch von ca. 1430 als zweiten Faszikel auf ff. 94 recto - 150 recto.

⁵⁷ Vgl. BIRINGUCCIO (wie Anm. 72), S. 487 f: „Um nun das gewöhnliche Pulver für grobe Geschütze zu machen, nimmt man 3 Teile geläuterten Salpeter, 2 Teile Weidenkohlen und 1 Teil Schwefel und mischt durch Mahlen alles gut durcheinander. Dann entfernt man alle Spuren von Feuchtigkeit durch Trocknen. - Zur Herstellung des Pulvers für mittlere Geschütze nimmt man 5 Teile geläuterten Salpeter, 1½ Teile Kohlen und 1 Teil Schwefel und vermischt sie durch feines Vermahlen zusammen. Zum Schluß **körnt** und trocknet man das Pulver. - Zur Herstellung des Pulvers von Hand- und Hakenbüchsen nimmt man 10 Teile Salpeter, 1 Teil Kohle von sauberen Haselsträuchern und 1 Teil Schwefel, stampft oder mahlt die Stoffe sehr fein und mischt sie durch. Dann **körnt** und trocknet man das Pulver...“. – Folglich blieb das grobe Geschützpulver ungekört und stellte weiterhin progressives Mehlpulver dar. Biringuccio erläutert dazu: „Wenn man nämlich das Pulver der groben Geschütze für Haken- und Handbüchsen verwenden würde, so würde die Kugel kaum 10 Ellen aus dem Rohr fliegen, und wenn man das Arkebusenpulver bei schweren Geschützen verwendet, ohne besondere Vorsicht zu gebrauchen, kann das Rohr leicht platzen oder Schaden erleiden“; *ibidem*, S. 487.

kügelin wilt machen dar nach nim ain verglest sinwel vnd tieff tægeln Oder ain näpflin oder ain kupfrin schal. Vnd truck es also naß darin als der ainen käß in ainen napff dücht [drückt]. Vnd sturcz es dann vmb vff ain pret. So get es gern vß Der puluer kügelin macht du machen als vil als du puluers hast. Ist es in haissem sum(er) So mag man die kügelin wol derren an der Sunnen. Wer des nicht so müst man si derren in ainer stuben die müst man senfteclichen in heißen [einheitzen]. Vnd müst das tûn vff zehen tag Die kügelin so man den(n) nehmen. Vnd sol si legen in ain dürr fas. Oder in ain dürr legeln. Vnd secz es an ain trucken stat. Da es nit fûchti hat Das puluer nimpft nicht ab. Vnd ist gût wie lang es wert vor allen dingen. So man das puluer trucknet in der stuben oder sunst. So sol man es wol hûten vor fûr. Vnd vor liecht. Wann es kûnd [sich] neimand der retten es geschäch grosser schad.⁵⁸



Abb. 4a

Halbmechanische Pulverstampfe mit hölzernem „Stämpfel“ (1411)

(Österreichische Nationalbibliothek Wien, Cpv 3069, f. 4 verso)
Fundstelle: LENG 2002 (wie Anm. 49), Tafel 4

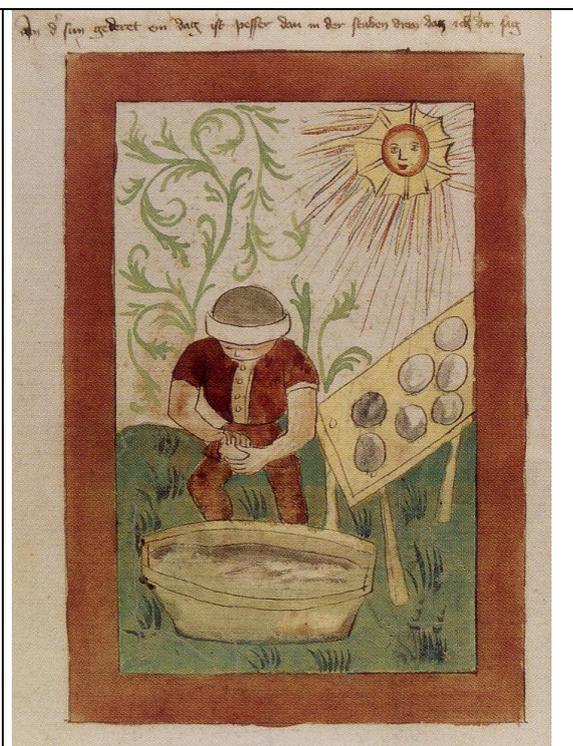


Abb. 4b

Knollenbereitung aus Pulverteig: „An d(er) sun gederet ein dag ist pesser dan in der stuben drey dag ich dir sag“ (um 1430)

(Zentralbibliothek Zürich, Ms. rh. hist. 33 b, f. 36 verso)
Fundstelle: LENG 2002, Tafel 14

⁵⁸ Entnommen aus: Universitätsbibliothek Heidelberg, Cpg 122, f. 43 verso / p. 86. Der oberdeutsch-alpine Dialekt des Rezepts ist unverkennbar. Zum Kodex vgl. LENG 2001 (wie Anm. 49), S. 451.

Da die Knollen nicht zum Verschießen gedacht waren, musste man sie vor Gebrauch wieder zu Mehlpulver zermahlen oder zerstoßen. Dies geschah meist unter Zuhilfenahme von feinen Sieben – das sog. „Reden“ (Sieben) der Pulverknollen hatte also nichts mit der Körnung von Pulver zu tun (so Kramers fehlerhafte Auffassung), sondern bedeutete das genaue Gegenteil: die Wiederherstellung des Pulvermehls aus den eingelagerten Knollen (vgl. unten: Rezept 155 – Nibler-Zählung mit der Vorschrift, die Knollen möglichst lange zu belassen, anstatt sie sofort zu zersieben). Schon in der elften Büchsenmeisterfrage wird einleitend auf die beiden gebräuchlichen Pulversorten – schnell verderbliches Mehlpulver und beständiges Knollenpulver – eingegangen. Der Vergleich zweier Handschriften offenbart dabei die Identität von gestoßenem und „geräden“ (gesiebt) Mehlpulver, welches sich laut Rezept 150 (s. oben) schnell ablagerte, „abnahm“ und deshalb um 33% schwächer als das „rösche“, d. h. frisch bereitete Pulver aus den Knollen beschrieben wird (2 Pfund Knollenpulver wirken wie 3 Pfund Mehlpulver):

(Rezept 111 – Nibler-Zählung) „Die ailff frag [Rubrik]. Ob das puluer besser sy ze tünde in die büchsßen knollen puluer. Oder **gestossen puluer**. Sprich ich das knollen puluer zway pfundt mer tünd dann gestossen puluer drü pfund tün möchten Aber du solt das knollen puluer beraiten vnd machen als in disem bûch hie nach geschriben stet“ (Cpg 122, f. 4 verso / p. 8).

(Rezept 111 – Nibler-Zählung) „Die aylfft frag Ob knollen pulu(er) besser sy zetünde in die buchs den(n) **geråde(e)n pulu(er)** sprich ich das knoll(e)n pulu(er) zbay pfunt mertünd den geråde(e)n pulu(er) drü pfund getün möcht(e)n aber du solt dz knoll(e)n pulu(er) beraitt(e)n vnd mach(e)n als in dis(e)m bûch hienach geschrib(e)n staut“ (CIm 30150, f. 98 recto).

Zur Bestätigung hier noch ein zweites Rezept aus Kramers Referenz, dem Freiburger Kodex: (Rezept 155 – Nibler-Zählung) „Wie sich der zûg schicket von dem stossen [Rubrik]. Wenne du den zûg stossest So wirt er vnder ain annder verwandlet vnd wirt ain wenig fûchtloch [sic] des solt du nicht achtenn wenn es genûg gestossen sye So nym es auß vnd derre es wol So werdent groß knollen da vnd behebt sich [hält, klebt] der zûg an ain annder / **die knollen lauß belyben** wenn der zûg verdierpt vil minder an den knollen denn So er **geräden** were“ (Hs. 362, f. 81 r, v).

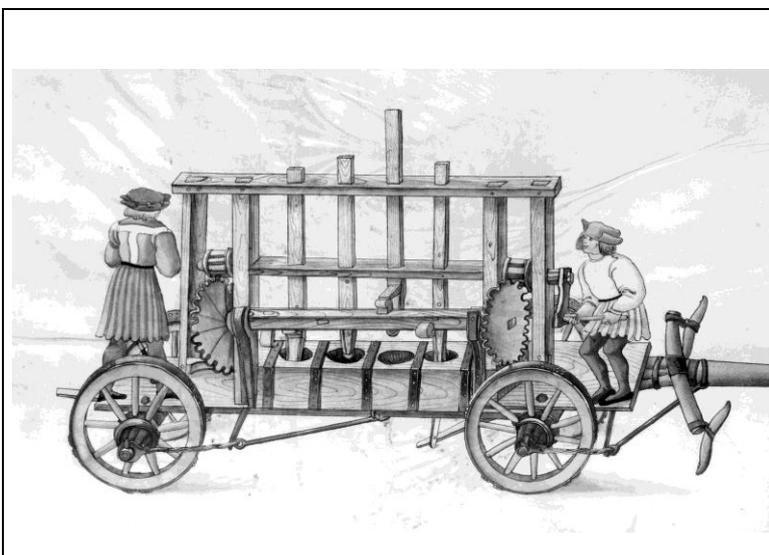


Abb. 5

Fahrbare Hand-Stampfmühle. Aus dem Zeugbuch I (Grafschaft Tirol) von Kaiser Maximilian I. Um 1512.

(Kunsthistorisches Museum Wien, Codex P 5074, f. 137 verso)

Die Pulverstampfe diente im Feld weniger zur „Urproduktion“ von Pulver als primär zum Zerstampfen von mitgeführten Pulverknollen zu Mehlpulver für die „Hauptbüchsen“.

Das „geräden“ bzw. „gestossen“ Pulver war folglich das trocken bereitete Mehlpulver und unterschied sich äußerlich kaum vom „gehärteten“, nass hergestellten Pulver, welches aus den Knollen zurückgewonnen wurde.⁵⁹ Die echte Pulverkörnung vollzog sich ohnehin nicht bei den Geschützen, sondern bei den Handfeuerwaffen und schuf ein hochbrisantes „offensives“ Kornpulver, das jedes größere Geschütz zerstört hätte.⁶⁰ Die zugehörige „Erfindung“ war sehr simpel: Man drückte den feuchten Pulverteig, der aus der Stampfe kam, erst durch ein grobmaschiges Sieb und ließ dann die entstandenen „Körner“ gut trocknen.⁶¹ Bei den Knollen verliefen Trocknung und Einsatz der Siebe in umgekehrter Reihenfolge und mit umgekehrter Wirkung (Zersieben statt Körnen) – von daher ist es einigermaßen erstaunlich, dass weiterhin unreflektiert von den Knollen als Früh- oder Erstform des Pulverkörnens gesprochen und zu allem Überflus noch ein vermeintlicher Zusammenhang mit dem stark hygroskopischen Kalksalpeter hergestellt wird.⁶²

Der Salpeter des Feuerwerkbuchs war durchweg Kaliumnitrat. Dies geht in der gewünschten Deutlichkeit aus der Anweisung hervor, wie beim gekauften Orientalpeter das untergemischte Salz abzuscheiden sei:

(Rezept 125 - Nibler-Zählung) „Aber ain lere ob salcz vnder gelüterten Salpeter gemüschet were Wie man das denne daruon schaiden vnd lútern sol [Rubrik]. Wilt du Salcz von dem glütterten Salpeter schaiden / So nym den Salpeter vnd leg in inn ain kalt wasser. Also das daz wasser nu(n) bloß vber den Salpet(er) gange. Aber du solt den Salpet(er) vor ermess(e)n mit ainem holcz ee du das wasser daran túst. So zergaut das salcz vnd belypt der Salpeter in dem

⁵⁹ Das sekundär gewonnene Mehlpulver aus den Knollen war tatsächlich kräftiger als ein nur trocken gestoßenes Mehlpulver, weil in den pulverisierten Knollen Oxydationsmittel und oxydierbare Substanzen durch das Anteigen des „Zeugs“ mit Weinessig beim vorhergehenden mechanischen Stampfen enger nebeneinander lagen. Diesen Effekt (poröse Holzkohle nimmt gelösten Salpeter auf) beschreibt auch Williams bei seinen Versuchen: Sein „wet-mixed powder“ war ballistisch stärker und führte zu wesentlich weniger Fehlzündungen („misfires“) als „dry-mixed powder“. Beide Arten Mehlpulver repräsentierten, wie unschwer zu erkennen, das „gestoßene“ bzw. „gerädene Pulver“ einerseits und das „Knollenpulver“ andererseits, wobei beachtet werden muss, dass es sich immer um Staubpulver handelt. Vgl. Alan R. Williams: Some firing tests with simulated fifteenth-century handguns. In: *Journal of the Arms & Armour Society*, vol. VIII (1974), S. 114 - 120, hier S. 117 ff.

⁶⁰ Vgl. hierzu TITTMANN 2000 (wie Anm. 47), S. 150 ff. Die Brisanz bzw. Offensivität des Kornpulvers beruhte nicht auf den „Lufteinschlüssen“ in der Ladung, sondern auf der vergrößerten Oberfläche und den Kanälen (Leerräumen) zwischen den Körnern. Bei Zündung schlugen die ersten glühenden Gase vom Zündloch durch die Kanäle der gesamten „löcherigen“ Ladung und setzten diese – anders als das schichtenweise abbrennende Mehlpulver – augenblicklich in Brand. Die Folge war ein rasanter sowie erhöhter Druckanstieg der Treibgase. Die Nürnberger Pulvermacher fertigten um 1550 dreierlei Kornpulver: Scheibenpulver (sehr feinkörnig) – Hakenpulver (feinkörnig) – Schlangepulver (grobkörnig). Je kleiner das Korn, desto größer war die Oberfläche der Ladung und umso höher die Brisanz. Mehlpulver existierte nur noch als „Zündkraut“.

⁶¹ Die Sicherheitsmaßnahme, Pulver nur feucht zu stampfen, war vom Salpeter völlig unabhängig und führte zu einer empirisch feststellbaren höheren Brisanz, weil das zusammengebackene Pulver – Knollenpulver ebenso wie Kornpulver – sich nicht mehr so leicht entmischen konnte; vgl. TITTMANN 2000 (wie Anm. 47), S. 176.

⁶² Vgl. HALL 1996 (wie Anm. 4), S. 91 f. Der Autor unterstützt auch in seiner bekannten militärhistorischen Monographie die Kalksalpetertheorie; vgl. Bert S. HALL: *Weapons and Warfare in Renaissance Europe. Gunpowder, Technology, and Tactics*. Baltimore & London 1997, S. 69 ff.

kalten wasser. Wann Salpter [sic] mag in kaltem wasser niht czergän. Er gestaut wol von der keltin. Vnd güss das wasser ab vnd lauß den Salpet(er) wol erseyhen vnd tû in an die sunnen, das er wol truckenwerd [sic]. So v(er)gät er sich wol für gût“ (Hs. 362, f. 77 recto).

Nur Kaliumsalpeter löste sich sehr schwer im kalten Wasser und fällte aus – daher war seine Scheidung von dem gut löslichen Kochsalz so einfach. Weil aber das Kaliumnitrat immer besser raffiniert werden konnte, spiegelte sich diese Entwicklung auch in den jüngeren Rezepten wieder. Eine verbesserte Vorschrift zur Salpeterzucht machte erstmals Gebrauch vom Weinstein:

(Rezept 117 – Nibler-Zählung) „Wie man Salpeter ziehen sol das er gar vil besser wechßet danne er an den mvre(n) tût [Rubrik]. Wilt du machen das dir Salpeter besser wechßet danne an den mvren. So haiß dir machen ain Rören als groß du wilt die vol klainer löcher sy. Vnd nim wein stain ain pfundt Vnd ain pfundt salcz oder glich als des winstains. Vnd kalch drystund als vil Vnd ains mans harn der wyn trinck. Vnd mach ain Dick muß da mit. Vnd tû es In die Rören Vnd lauß es dreitag an der Sunnen sten. Vn(d) gúß an dem vierden tag her wider vß. Vnd henck die Rören in ain kelt so wechßet gúter Salpeter heruß“ (Cpg 122, ff. 7 v, 8 f / pp. 14, 15).



Abb. 6

Salpeterziehen und Salpetersieden im Keller, tingierte Zeichnung vom Ende des 15. Jahrhunderts (Stadt- und Universitätsbibliothek Frankfurt a. M., Ms. germ. qu. 14 „Rüst- und Feuerwerkbuch“, f. 27 verso)

Der in Rot gekleidete Büchsenmeister ist samt seinem Gehilfen damit beschäftigt, eine salpeterhaltige Lauge aus einem Bottich in den geheizten Kessel zu füllen. An der Decke hängen vier gelöcherte Tonröhren für die Salpeterzucht. Salpetererde, Kalk und Asche werden regelmäßig in verschlossene Büten gefüllt und dort gewässert; durch Zapfhähne fließt die entstehende Lauge in Vorlagen (kleine Bottiche). Im Hintergrund kühlt die erhitzte Flüssigkeit aus dem Kochkessel in einem offenen großen Zuber ab, wobei sich der Kaliumsalpeter in kristalliner Form abscheidet und Zapfen an der Gefäßwandung bildet. Er kann dann in Intervallen entnommen und verarbeitet werden.

Fundstelle: LENG 2002 (wie Anm. 49), Tafel 23

Weinstein ist ein schwer lösliches Gemisch aus Salzen der Weinsäure und besteht überwiegend aus Kaliumhydrogentartrat ($\text{KHC}_4\text{H}_4\text{O}_6$). Wird es – wie im obigen Rezept beschrieben – mit gebranntem Kalk und Harn gemischt, bildet sich aus dem Branntkalk Kalziumhydroxyd, das sich mit Weinstein zu Kalziumtartrat und Kaliumhydroxyd umsetzt:



Kalziumtartrat ist besonders schwer löslich und wird folglich aus dem System entfernt, so dass sich das Gleichgewicht völlig zugunsten der Bildung von Kaliumhydroxyd verschiebt. Dieses ist im Gegensatz zum Kaliumhydrogentartrat vollständig dissoziiert. Dadurch können sich alle Kaliumionen mit den aus dem Harn entstandenen Nitrat-Ionen zu Kaliumnitrat verbinden. Das Auskristallisieren des Kalisalpers an der Oberfläche der Tonröhren wird durch das zugesetzte Kochsalz befördert, das durch Hydratation Wassermoleküle bindet (sog. Aussalzeffekt).

Da so genügend natürlicher, aus Venedig zu beziehender sowie aus Gruben, Töpfen und Röhren artifiziiell gezogener Kaliumsalpeter zur Verfügung stand, beschränkten sich weitere Rezepte des Feuerwerkbuchs auf eine immer künstlichere Läuterung des Salpers zu angeblich immer besserem Salniter. Neben der mehrfach wiederholten Reinigung im Kessel spielte der Grundgedanke einer „Waschung“ (Romocki) mittels scharfer Laugen oder durch extravagante Substanzen wie Grünspan, „Galitzenstein“ (i. e. blaues Kupfervitriol oder grünes Eisenvitriol oder weißes Zinkvitriol), Salarmoniak etc. die Hauptrolle.⁶³ Manche Kopisten verstanden gar nicht mehr, was mit einem Rezept ursprünglich gemeint war, und schrieben frisch von der Leber weg Unverständenes auf das geduldige Papier. Ein hierfür exemplarisches, semantisch streckenweise unverständliches und daher wohl völlig nutzloses Rezept im Feuerwerkbuch ist das folgende:

(Rezept 133 - Nibler-Zählung): „Wie man Salbetter der vor eynmal geleutteret ist / In dem anderen sudte leutern soll / das er sich schön reinige vnd scheidet von allem dem das nit zû im gehöret vnd das nicht fälen kann / noch mag / wan(n) das es gütter gerechter vnnd lauter salbeter wirt vnnd ist auch die best kunst [Rubrik]. Nim Comula oder alumen yspanicum vitriolum romanum / vnnd sal commune / vnnd lege es inn dem anderen [zweiten] syeden des salbeters ein / vnnd das ist vast nutz / ist auch das aller best zû dem schaiden des salbeters / Das yemandt gehalten mage [sic] vnd das bewäre ich also / Alumen das zeucht zû im / vnd

⁶³ Vgl. ROMOCKI 1895 (wie Anm. 2), S. 184 f. - Das Rezept 123 der Nibler-Zählung enthält die Vorschrift, roh abgenommenen Salpeter alternativ mit zwei unterschiedlichen Laugen zu behandeln, welche demzufolge auch unterschiedliche chemische Reaktionen hervorrufen mussten: „... So nim ayn scharpf laug. Oder tu aber **kalck** in ain schaff. Vnd güß wasser daran...“; s. Cpg 122, f. 41 recto / p. 81. Die scharfe Lauge könnte eine konversionsfähige Aschenlauge mit Pottaschegehalt dargestellt haben, während durch die Kalklauge überschüssiges Wasser als Lösungsmittel für den Salpeter bereitgestellt wurde, wobei das sich bildende Kalziumhydroxid $\text{Ca}(\text{OH})_2$ zwecks Fälschung zugesetzten Alaun entfernen konnte. – Bei KRAMER 1995 (wie Anm. 14) lautet die Lesung dieser in Ms 362, f. 76 verso, verschriebenen Stelle zwar zutreffend: „... so nym ain scharffe loug oder tû **kack** in ain schaff...“, was dann aber in der englischen Edition tatsächlich als „Reinigung“ durch Fäkalien (!) ausgegeben wird: „.. take a strong lye or put **dung** in a pot and pour water over it...“; s. KRAMER 2001 (wie Anm. 14), S. 29. Eine Edition „in the forefront of academic excellence“ sollte solche einfachen Schreibfehler emendieren können.

teylet sein gleych / als alant de(n) man in den Salbetter legt / so man in mert Sal commune das zeucht zû im / vnd taylt sein gleich / als salem siluestrem / yspanicum / vn(d) vitriolum romanum / auf heben ein yetlich specie oder materi / vnd von den vorgenannten specien muß es sein würcken / lauff vnd tailung hon / vnd wyß rechter warheyt das diß nicht feelet. Ein leere solt du wyssen / yhe dycker vnd ye mer du den Salbetter leutterst vnd scheydest / yhe minder dir des Salbeters würdt vnnd schwindet fast / aber wer im also thût so wirt der der aller könest vnd best salbetter den yemandt gehalten mag / vnnd wyrckst damit fast wol“ (Stainer-Druck von 1529).⁶⁴

Daran ist zweifellos richtig, dass bei jedem Reinigungsvorgang etwas Salpeter in der Lösung verblieb und die Salpetermenge daher ständig abnahm. Ob das Endprodukt wirklich durch die genannten Zutaten verbessert wurde, sei dahingestellt – vermutlich richteten die Zusätze aber wenigstens keinen Schaden an. Auf dieser vorläufigen Endstufe der Entwicklung war das Salpetermachen in Gefahr, allmählich zur alchemistischen Geheimniskrämerei abzugleiten. Pulver und Salpeter wurden durch ständiges Herumexperimentieren bei den „confortativa“ nicht weiter verbessert, sondern büßten eher an Wirkung ein. Ein beredtes Zeugnis davon legt die Sammlung alter Rezepte bei Franz Helm ab – wirklich Neues hatte der fleißig kompilierende Büchsenmeister aus Köln bei seinen „probierten“ (erprobten) Künsten 1535 nicht zu bieten.⁶⁵ Er kann deswegen noch zum „langen 15. Jahrhundert“ auf dem Sektor von Pulver und Geschützwesen gerechnet werden.⁶⁶

6. Johann Glöckner: „Regimen von der Wehrverfassung“ (München 1442)

Meister Johann Glöckner (Glögkner, Glockner) „von der Sittaw“ (Zittau, Oberlausitz) wird in den Nürnberger Stadtrechnungen der Jahre 1430 bis 1442 häufig erwähnt, denn er beteiligte sich leitend oder zumindest beratend am Ausbau des Stadtgrabens speziell um die Veste und verfasste auch 1431 eine verschollene Wehrordnung für den Fall einer Belagerung Nürnbergs durch die Hussiten.⁶⁷ Durch die jüngst entdeckte Giessener Sammelhandschrift Hs. 996 ist weiterhin bekannt, dass Glöckner 1442 für die Stadt München ebenfalls eine Wehrordnung entwarf, die jetzt in einer Bearbeitung vorliegt und als „Regimen von der Wehrverfassung“ bezeichnet wird.⁶⁸ Dort widmete der Verfasser dem Pulvermachen und Salpetersieden einen

⁶⁴ S. HASSENSTEIN 1941 (wie Anm. 16), S. 22.

⁶⁵ Vgl. die Edition von LENG 2001 (wie Anm. 51), S. 171 ff („Buluer büch“).

⁶⁶ Vgl. die Rezension von LENG 2001 (wie Anm. 51) durch Wilfried TITTMANN in: *Technikgeschichte* 7 (2004), S. 171 ff.

⁶⁷ Vgl. Albert GÜMBEL: Johann Glöckner von Zittau, ein Nürnberger Festungsbaumeister 1430 - 1442. In: *Zeitschrift für Historische Waffenkunde* 9 (1921-22), S. 11 - 17.

⁶⁸ Vgl. Hiram KÜMPER: Regimen von der Wehrverfassung. Ein Kriegsmemorandum aus der Giessener Handschrift 996, zugleich ein Beitrag zur städtischen Militärgeschichte des 15. Jahrhunderts (Berichte und Arbeiten aus der Universitätsbibliothek und dem Universitätsarchiv Giessen, Bd. 55). Gießen 2005, S. 5 ff. – Der Autor bespricht die Pulverrezepte und das Salpeterläutern („im Grundsatz ein Regenerationsverfahren“) nur

eigenen, letzten Abschnitt (Hs. 996, ff. 126 v - 127 v: „Wie man puchsenpulver beraiten sol“) mit sehr praxisnahen Empfehlungen.

Zunächst bemerkt Glöckner, dass viele Städte „mergliche scheden“ durch überlagertes Pulver, „das vil jar gelegen was zusampne gemengt“ erlitten hätten. Deshalb befürwortet er eine neue Methode, die Komponenten getrennt in „Mehlmühlen“ (Kornmühlen) feinzumahlen, durch Mehlbeutel zu „reitteln“ und dann ebenfalls separat in wohlverschlagenen neuen Fässchen zu lagern, um sie im Fall der „notarbit“ erst „mit den mulstempfen oder mit andern stempfen“ zu Büchsenpulver zu verarbeiten. Bemerkenswert ist auch sein Hinweis, zuvor drei Pulversorten mit variiertem Salpeteranteil anzumischen, diese Proben abzubrennen und nach dem Ergebnis das Pulver zu bereiten.⁶⁹

Der Salpeter sollte in „guten micheln [großen] scheffelin“ aus hartem Holz oder in „gutem irden geräten, gedigen geschirre, das von guter Erde geprannt wer“ künstlich gezogen werden, wofür vermutlich die Herstellung von Topfsalpeter oder von „salpeticum“ (s. Abb. 2) die Parallele darstellte. Der gewonnene Salpeter wurde anschließend geläutert:

[Hs. 996, f. 127 r] „Zu dem salpeterlättern sol [**f. 127 v**] man den salpeter tun in ain sip vnd über an [ain] leynlach [Leinlaken] in ainer kuffen rainwaschen mit gar kaltem Wasser. Damit wirt jm das saltz entzogen vnd andere vnraynigkait.

Darnach sol man jn tun in raine kessele, das sie kain fettichait, das ist vnsawberkait, pey jn haben. Vmd sol man darauff giessen raines oder lauter wasser oder ain lawtere abgesotene kalglawg [Kalklauge]. So sol man den salpeter wol rüren mit ainer spatele vnd das wasser sol auff drey vinger über den salpeter gan. Vnd sölichen salpeter sol man geschewmet [schäumend] gemachsam [gemächlich] syeden. Vnd wenn der salpeter gar zergangen ist, so sol man die kesseln setzen in ain kalten keller, drey tage, das nyemant die kessel verrucken oder rüren sol. So wechset der salpeter schone.

Über drey tag oder vier tut man die lawg von dem salpeter vnd den salpeter läst man wol trocken werden vnd nympt dann den salpeter aus den kesseln. Aber was vnder dem salpeter auff dem podem beleibt, das sol man mit der lawge anderweit gar wol syeden vnd aber in ainem keller lassen wachsen als vor. Das syeden tut man als oft piß das nichts gutes in der lawge beleibet.“

[f. 127 r] „So sol man zu dem ersten den salpeter lättern, ob des not wär wurden. Darnach sol man jn wol abtrücken [abtrocknen] oder derren an der sunnen oder in ainer warmen

oberflächlich und folgt Kramer darin, dass „erst gegen die Mitte des 16. Jahrhunderts effektive Konversionsverfahren entdeckt (wurden)“; *ibidem*, S. 124 ff, 127.

⁶⁹ Vgl. *ibidem*, S. 202 f: Die 1. Probe ist zusammengesetzt aus 5 Lot Salpeter - 1 Lot Schwefel - 1 Lot Kohle. Die 2. Probe hat die Formel 4 : 1 : 1; die dritte und letzte Probe die Formel 6 : 1 : 1; damit wäre der Salpeteranteil schon 75%!

stuben, die nicht zu vil heiß sey. Solichen salpeter sol man dann gar clain malen auff ainer rainen melmülen...“⁷⁰

Der konzentrierte Sud mit dem aufgelösten Kalisalpeter blieb nach dem Abschäumen für 3 bis 4 Tage im Kessel stehen und erkaltete, bis der meiste Salpeter auskristallisiert war und entnommen werden konnte. Die Restlauge wurde in dem Sudkessel erneut „gar wohl“ erhitzt und eingedampft, so dass sich der in Lösung verbliebene Salpeter im kalten Keller gestalten konnte. Dieser Vorgang sollte solange wiederholt werden, bis die Lauge unergiebig geworden war („bis nichts Gutes in der Lauge bleibt“). Eine „warme Stube“ wurde einst von außen geheizt und war daher bestens geeignet, den Salpeter gefahrlos zu dörren.

Durch Zufall ist überliefert, wie die für ihr Qualitätspulver berühmte Reichsstadt Nürnberg in der Mitte des 15. Jahrhunderts den Salpeter gewann: Im Marstall waren im Jahr 1462 zwei große „Speisekessel“ aus Kupfer vorhanden, in denen der angekaufte Salpeter wie soeben beschrieben gesotten und geläutert wurde.⁷¹ Die Anlage mit den zugehörigen Öfen wurde von den städtischen Büchsenmeistern im Rahmen ihrer Diensttätigkeit genutzt und dürfte insgesamt unserer Abbildung 6, nach welcher in einem Kellergewölbe zusätzlich Salpeter in Röhren gezogen und mittels Sieden geläutert wird, recht nahe gekommen sein.

7. Vannoccio Biringuccio: „De la Pirotechnia libri X“ (Venedig 1540)

Für die Anhänger der Kalksalpetertheorie ist der Sienese Biringuccio (1480 - 1539) eine Schlüsselfigur, an der sich allerdings die Geister scheiden. Es herrscht nämlich Uneinigkeit darüber, ob die 1540 posthum gedruckte „Pirotechnia“ zum Abschluss einer fast hundertjährigen Transitionsphase (Hall) oder just am Anfang vom Ende (Kramer) der Ära des „Mittelalterpulvers“ auf Kalziumnitratbasis zu datieren ist (s. S. 3, 9). Die Diskussion über eine Zäsur in der Technologie der Salpeterbereitung ist allerdings müßig und kann angesichts der hier bereits vorgebrachten Fakten als erledigt gelten.

Biringuccio war vor allem Metallurg und widmete – obwohl praktizierender Geschützgießer und Artillerist – dem Thema Salpeter sowie Schießpulver nur kurze Kapitel im letzten Buch seines 10-teiligen Werks. Aus diesen geht hervor, dass die Salpetergewinnung dem „Pulverhunger“ der Epoche entsprechend schon in separaten Salpetersiedereien stattfand und

⁷⁰ Ibidem, S. 204, 203.

⁷¹ Vgl. Matthias LEXER (Hrsg.): Endres Tuchers Baumeisterbuch der Stadt Nürnberg (1464 - 1476). Mit einer Einleitung und sachlichen Anmerkungen von Dr. Friedrich von Weech. In: Bibliothek des Litterarischen Vereins in Stuttgart, Bd. LXIV. Stuttgart 1862, S. 287, 289: „Item der hernach geschriben hausratt und kuchengeschirr ist vorhanden auf dem rathaus, dazu herr Hanns Koler, die zeit der stat zu Nuremberg zeugmeister, den slussel hat, anno etc. im zweiundsechtzigsten jare...(…) Item so hat der Koler zu dem sallpeter siden im marstall zwen groß kupferer speisekessel. Item das vorgeschriben geschirr ist alles gezeichnet mit der stat Nuremberg schilt und wappen.“

50, 60 oder 100 Stück Fässer, Zuber und Bottiche in einem Betrieb keine Seltenheit waren.⁷² Die hier besonders interessierende Anwendung von Pflanzen- bzw. Pottasche ging ganz selbstverständlich vonstatten und begann mit der Herstellung des zum Auslaugen in Fässern oder Bottichen bestimmten Komposts aus Salpetererde und einem kleineren Haufen aus Eichenasche (3 Teile) und Branntkalk (2 Teile). Die mit einer großen Salpetermenge geschwängerte und in Trögen aufgefangene Lauge kochte im Kupferkessel schnell auf und schäumte über, wenn nicht als Gegenmittel eine starke Lauge aus Soda, Oliven- und Eichenasche (75%) und Kalk (25%) hinzugeschüttet wurde. So wurde der Rohsalpeter gleich erneut mit Kaliumkarbonat (K_2CO_3) sowie etwas Steinalaun in Kontakt gebracht. Wenn die Flüssigkeit im Kessel zu einem Drittel verdampft und schön blau geworden war, konnte sie in kleinere Kufen oder Zuber umgefüllt werden, wo sich der Salpeter durch „Ausfrieren“ gestaltete und mit einem Meißel von den Wänden der „Ausfriergefäße“ entfernt wurde.⁷³

Zur Raffination des gewonnenen Salpeters beschreibt Biringuccio nun zwei Verfahren, ein nasses und ein feuriges. Bei der nassen Methode filtert man den Salpeter durch Sand. Zunächst wird eine Lauge aus Kalk, Asche und gelöstem Alaun im Kessel zubereitet und so viel Salpeter hineingegeben, „wie das Wasser eurer Ansicht nach gut verflüssigen kann“. Diese Lösung wird kurz aufgekocht und in einen Zuber mit einer 4 Zoll dicken Schicht aus Flusssand am Boden, zusätzlich mit einem Tuch bedeckt, gefüllt. Durch dies Filter dringt die Lösung und wird am Boden durch ein enges Loch abgelassen. Man bringt sie wieder zum Kessel, kocht sie erneut und füllt immer wieder etwas von der alten starken Lauge hinzu, wenn der Schaum aufsteigt. Wenn das Wasser durch Verdampfen „im Begriff ist fest zu werden“, wird die konzentrierte Lösung in bereitstehende Bottiche zum Auskühlen umgefüllt und setzt binnen drei oder vier Tagen den Salpeter ab. Dieser wird wie der rohe Salpeter geläutert (s. o.) und gewinnt eine „vollkommen weiße, schöne Form, und zwar ist er viel besser als der Rohsalpeter“.⁷⁴

Bei der Raffination durch Feuer wird der einfach geläuterte Salpeter in einem „Helm“ (Alembik? Cucurbit?) aus Eisen oder Kupfer gegeben und durch Erhitzen geschmolzen. Dann wird der Deckel gelüftet und feines Schwefelpulver aufgestreut. Der Schwefel verbrennt alle oberflächlichen Verunreinigungen des Salpeters, der nach dem Erkalten zu „einer weißen, marmorähnlichen Masse“ erstarrt und speziell zur Pulverfabrikation verwendet wird.⁷⁵

Über Salpeterzucht äußert sich der Autor an dieser Stelle mehr als vage. Seiner (?) Ansicht nach vermehrt sich der Salpeter um das Mehrfache, wenn man ihn löst und damit die Erde befeuchtet (sic!). Das weckt die Vermutung, dass Biringuccio hier wie auch bei den obigen Rezepten auf eine Vorlage zurückgreift, die nicht mehr vollständig zeitgemäß war und auf

⁷² Vgl. Otto JOHANNSEN: Biringuccios Pirotechnia. Ein Lehrbuch der chemisch-metallurgischen Technologie und des Artilleriewesens aus dem 16. Jahrhundert. Braunschweig 1925, hier S. 478.

⁷³ Ibidem, S. 480 f.

⁷⁴ Ibidem, S. 481 f.

⁷⁵ Ibidem, S. 482 f.

welche sich auch Agricola beruft. „Wenn man bei der Salpeterfabrikation die bereits behandelte Erde an einem bedeckten Platz lagert, wo der Regen sie nicht auswaschen kann, lässt sie sich nach Verlauf von fünf oder sechs Jahren erneut (sic!) verarbeiten, wie feststeht. Man findet, dass sich der Salpeter neu (!) gebildet hat und die Erde sogar bessere Ausbeute liefert als beim ersten Mal.“⁷⁶ Offensichtlich spricht Biringuccio hier von einer regelrechten Salpeterplantage, die er wenige Seiten zuvor als Fachmann präzise geschildert hat – dazu unten im Anhang mehr.

Lose Rezeptsammlungen wie im Feuerwerkbuch oder bei Franz Helm finden sich in der „Pirotechnia“ nicht mehr. Biringuccio schreibt zusammenhängend und klar wie ein moderner Autor, stets bemüht, dem Leser verständliche Zusammenhänge zu bieten und seine Erfahrungen, die er beruflich – u. a. als Leiter einer Salpeterhütte in Siena – sammeln konnte, an die Nachwelt weiterzugeben. Exakt in dieser Absicht, als eine Art Vermächtnis, wurde von ihm die „Pirotechnia“ in seinen letzten Lebensjahren verfasst.

8. Georg Agricola: „De re metallica libri XII“ (Basel 1556). Deutsch von Philipp Bech: „Vom Bergwerck XII Bücher“ (Basel 1557)

Georg Bauer oder Agricola (1494 - 1555) ist zu bekannt, um noch ausführlich vorgestellt zu werden. Er gilt als der herausragende Darsteller von Mineralogie, Bergbau sowie Hüttenwesen und hinterließ posthum sein o. g. Hauptwerk, das ihn zum Mitbegründer der frühen Ingenieurwissenschaften machte. Darin beschäftigte er sich im 12. Buch der Vollständigkeit halber auch mit der Gewinnung des Salpeters, der er aber nur wenig mehr als drei Seiten mit vielen Überschneidungen zu Biringuccio und dessen speziellen Vorlage in Läuterungsfragen widmete.⁷⁷

Agricolas Erwähnung der Anlegung von geschichteten Hochbeeten „mit Ästen von Eichen und sonstigen Bäumen“ unter freiem Himmel lässt erkennen, dass bereits die Anlage von Halden zur Gewinnung von Salpetererde seinerzeit üblich war (vgl. Abb. 8). Die über 5 bis 6 Jahre künstlich gedüngte Erde wurde zum Rohstoff für das nachfolgend beschriebene Auslaugen: Zuerst musste die Geschmacksprobe zeigen, dass die trockene, etwas fette Erde ausreichend salpeterhaltig war. Wenn sie salzig und gleichzeitig scharf schmeckte, konnte sie mit einem „Pulver“ aus 2 Teilen Branntkalk und 3 Teilen Eichenasche (vgl. Biringuccio!) zusammen in wechselnden Lagen in eine „Kufe“ gefüllt und diese dann gewässert werden. Die erste, stark konzentrierte Lösung wurde abgelassen und in einen separaten Bottich gefüllt, wohingegen die nächsten Wasserschüttungen aufgefangen und wieder auf den Inhalt der Kufe

⁷⁶ Ibidem, S. 483.

⁷⁷ Georg AGRICOLA: Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen... sowie sein Buch von den Lebewesen unter Tage. In neuer deutscher Übersetzung bearbeitet von Carl Schiffner unter Mitwirkung von Ernst Darmstädter et al., herausgegeben und verlegt von der Agricola-Gesellschaft beim Deutschen Museum zur Förderung der Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik e.V. Berlin 1928. Reprint Nördlingen 1977, S. 480 - 484. – Eine Faksimileausgabe der deutschen Fassung von 1557 wurde 1985 und 1990 durch den Glückauf-Verlag, Essen, veranstaltet.

gegeben wurden, bis auch hier eine ausreichend hohe Konzentration an gelöstem Salpeter in der aufgefangenen Lauge geschmeckt werden konnte.

Nun wurden die Lösungen zusammengeschüttet und in einer viereckigen Pfanne zum Kochen gebracht (s. Abb. 7). War die Hälfte des Wassers verdampft, wurde die ausgefällten Verunreinigungen beseitigt und der Kochvorgang wiederholt. Schäumte die Flüssigkeit dabei auf, sollte eine Lauge aus 3 Teilen Eichen- oder ähnlicher Asche und 1 Teil ungelöschten Kalks (vgl. Biringuccio!) gegen das Überlaufen zugegeben werden. Zuletzt wurde Alaun in Wasser im Verhältnis 5 : 120 Pfund aufgelöst und so eine bläuliche, klare Lösung in der Pfanne erzielt. Diese wurde letztmalig zum Sieden gebracht und während des Verdampfens vom ausfällenden „Salz“ befreit, das mit Schaufeln entfernt wurde. Die „Mutterlauge“ verteilte man in Kufen, in denen zur Unterstützung des Auskristallisierens waagrecht und senkrecht gelagerte Kupferstäbe eingesetzt waren. Erneut wurde etwas Aschelauge hinzugefügt. Der sich an den Stäben bildende Salpeter wurde nach 3 - 4 Tagen abgeschlagen und auf Brettern getrocknet. Ein Abmeißeln wurde damit weitestgehend vermieden.

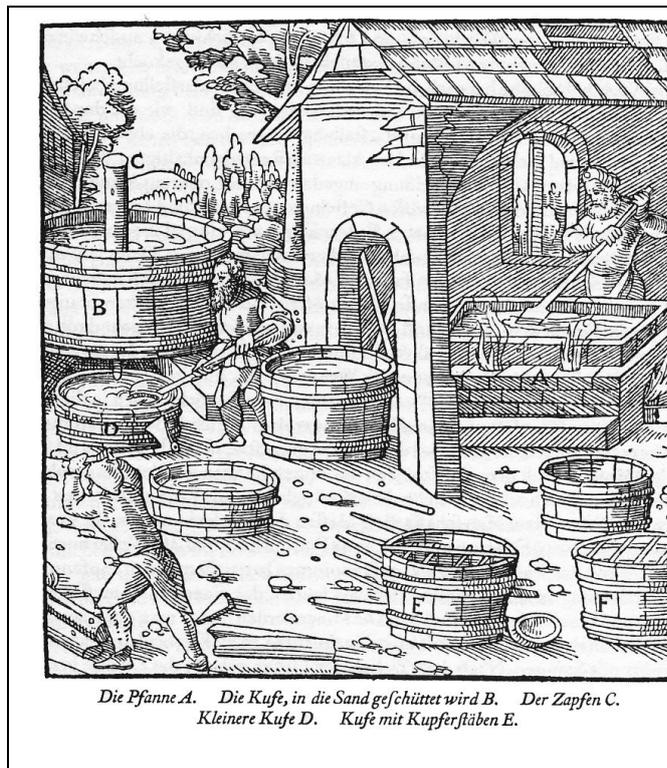


Abb. 7

Salpeterhütte nach Agricola 1556

Zur besseren Veranschaulichung sind zahlreiche Gefäße („Kufen“) ausgelagert und stehen im Freien, was wohl kaum der damaligen Realität entsprochen haben kann. Die große Siedepfanne A befindet sich im Gebäude und wird gerade befeuert. Vor dem Haus leert ein Knecht den Bottich B mit Verschluss C und Filtersand; die gereinigte Lösung strömt aus der Bodenöffnung in die Kufe D. Im Vordergrund befinden sich zwei Kufen E und F mit Kupferstabeinsätzen, an denen sich der Salpeter beim Erkalten der Lauge auskristallisieren soll.

Fundstelle: AGRICOLA 1977, S. 483

Agricola beschreibt nun die zusätzliche Reinigung durch Filtern mit Sand fast genauso wie Biringuccio: Man nehme ungereinigte und gereinigte Mutterlauge zu gleichen Teilen, fülle sie zusammen in die Siedepfanne und gebe soviel bereits auskristallisierten Salpeter hinzu, wie sich auflösen lässt. Wenn die stark konzentrierte Lösung zu sieden beginnt, wird sie in einen speziellen Bottich geschüttet, der mit gewaschenem Flusssand halb gefüllt ist und in der Mitte einen „Zapfen“ (Stopfen) hat, der den Ablauf im Boden verschließt (s. Abb. 7). Die Lösung sickert nun durch den Sand und wird durch Ausziehen des Zapfens abgelassen, um nochmals

in der Pfanne gekocht, weitgehend eingedampft und abschließend zum Erkalten und Auskristallisieren in die Kufen mit den Kupferstäben abgefüllt zu werden.

Die von Biringuccio her bekannte Methode zur Raffinierung mit Feuer erscheint auch hier nicht ganz ungefährlich: Der fertige Salpeter wird in einem Kupferkessel auf glühende Kohlen gesetzt und zum Schmelzen gebracht. Wenn der Inhalt flüssig ist, wird gepulverter Schwefel aufgestreut und mit diesem die obenauf schwimmenden, dicken und fettigen Verunreinigungen des Salpeters verbrannt. Im Endergebnis entsteht ein ganz reiner Salpeter, der wie weißer Marmor aussieht.

Agricola unterscheidet sich folglich nur im Detail von Biringuccio (oder dessen Vorlage), so dass der Eindruck entsteht, dass bald nach 1500 überall der gleiche technologische Stand der Salpeterzucht zu verzeichnen war. Der allgemeine Pulververbrauch war durch die Innovation der ‚Stückbüchsen‘ mit Eisen- statt Steinkugeln und die Einführung einer neuen Generation von Handfeuerwaffen stark gestiegen und verlangte nach neuen Methoden, um den Pulverhunger der Epoche zu stillen. Die Stufe der spezialisierten Salpetermanufaktur wurde jetzt spätestens erreicht und wenig später von Ercker ausführlich und eigenständig behandelt.

9. Lazarus Ercker: „Beschreibung der allervornehmsten mineralischen Erze und Bergwerksarten“ (Prag 1574, Frankfurt / M. 1580)

Wie sich schon bei den vorhergehenden Autoren andeutete, wurde die Salpetergewinnung aus dem Aufgabenbereich des gewöhnlichen Büchsenmeisters ausgegliedert und kapitalistisch-professionell aufgezogen. Es entstanden jetzt regelrechte Salpeterplantagen, welche dem Begriff auch äußerlich sehr nahe kamen (s. Abb. 8). Solche Anlagen müssen bereits in der ersten Hälfte des 16. Jahrhunderts bestanden haben, weil Ercker davon wie selbstverständlich berichtete und sich gelegentlich auf die „alten Meister“ berief, deren handwerkliches Wissen er hoch veranschlagte, auch wenn er deutlich erkennen ließ, dass er nur weitergab, was sein kritischer Verstand als richtig erkannt hatte. Durch die Kombination von Sachverstand und Kritikfähigkeit unterscheidet sich sein Werk wohltuend von den unsystematischen Kompilationen aus den Schreibstuben und Druckereien (vgl. Franz Helm!), die bisher das Bild der kriegstechnischen Literatur bestimmt hatten. Wie bei Biringuccio und Agricola werden keine losen Rezepte mehr überliefert; vielmehr beschrieb Ercker den gesamten Prozess der Salpetergewinnung und Salpetervergütung vom Anfang bis zum Ende und fügte eigene Verbesserungsvorschläge hinzu. Die Phase der zusammengetragenen „Rezeptliteratur“ war damit auch in Deutschland prinzipiell überwunden.

Lazarus Ercker (1528? - 1594), dessen Vorfahren aus Nürnberg stammten und in das 1497 mit Stadtrecht gegründete St. Annaberg umgesiedelt waren, wuchs im Milieu des rasch aufblühenden Silberbergbaus im westlichen Erzgebirge auf und bekleidete schon als junger Mann leitende Stellen als Generalprobationsmeister am Hof zu Dresden, dann aber auch

als Berg- und Münzmeister in Sachsen, Braunschweig und zuletzt in Böhmen.⁷⁸ 1556 verfasste er sein erstes kleines Probierbuch, dem 1569 ein zweites Manuskript und 1574 endlich das mit Privileg Kaiser Maximilians II. gedruckte „Große Probierbuch“ mit dem obigen Titel folgten. Der Foliant enthielt 145 Seiten und gliederte sich in fünf Bücher, deren letztes „Vom Salpetersieden“ überschrieben war. 1580 erfolgte eine zweite Auflage.⁷⁹



Bild 41. Eine Salpeterhütte und ihre Umgebung

- A Der vordere Teil einer Salpeterhütte, in der die Laugenbütten stehen
- B Der hintere Teil der Hütte, in dem die Kessel stehen und gesotten wird
- C Die alten Halden, von denen Salpetererde abgebaut wird
- D Das Holz zum Sieden der Lauge
- E Der Knecht, der die Erde von den alten Halden scharrt

Abb. 8

Die Salpeterhütte der frühen Neuzeit ist eine eigenständige und weitläufige Anlage. Die Arbeitsgänge sind zweckmäßig durchorganisiert und auf einen kontinuierlichen Ausstoß an Salpeter ausgerichtet.

Inmitten von Halden C, die alte und neue Salpetererde enthalten, liegt das aus zwei Teilen bestehende flache Gebäude: rechts Hütte A, in welcher der Salpeter in aufgelöster Form durch Auslaugen von Erde gewonnen wird.

Die rohe Lauge wird dann links im Sudhaus B gereinigt und konvertiert. Der Salpeter kristallisiert dort in Kesseln und Trögen als Salz aus und ist erst jetzt verwendungsfähig.

Fundstelle: ERCKER 1580 (wie Anm. 79), S. 271

Wie es Ercker vom Erzprobieren her gewohnt war, bestimmte nach seiner Vorstellung der Meister einer Salpeterhütte zunächst einmal die Ergiebigkeit der vorhandenen Salpetererden, um zu verhindern, dass eine geringwertige oder untaugliche salzige Erde „abgelaugt und

⁷⁸ Zu Erckers Leben und Wirken vgl. Ludmila KUBATOVA, Hans PRESCHER und Werner WEISBACH: Lazarus Ercker (1528/30 - 1594). Probierer, Berg- und Münzmeister in Sachsen, Braunschweig und Böhmen. Stuttgart 1994.

⁷⁹ Die Sächsische Landesbibliothek / Staats- und Universitätsbibliothek Dresden bietet eine digitalisierte Fassung von 1629 unter folgender URL an: <http://digital.slub-dresden.de/ppn26446415X>, nachfolgend zitiert als ERCKER 1629. - Vgl. dazu Lazarus ERCKER: Beschreibung der allervornehmsten mineralischen Erze und Bergwerksarten vom Jahre 1580. Eingeleitet und in ein verständliches Deutsch übertragen von Paul Reinhard BEIERLEIN. Mit Erläuterungen von Alfred Lange (Freiberger Forschungshefte D 34). Berlin 1960, hier S. 257 ff.

versotten“ wurde.⁸⁰ Geeignete Erde wurde trocken gelagert und zur passenden Zeit in die Laugenbüttenhütte geschafft. Dort sollten planmäßig ein Kupferkessel von 2 Zentnern Gewicht und zu beiden Seiten je 4 große Fässer (Bütten) mit einem Fassungsvermögen von 10 Schubkarren Erde angeordnet stehen. Vor den Bütten leitete je eine Rinne die Lauge in eine eingegrabene Bütte, den „Sumpf“. Die 8 Bütten wurden nun mit einem zweiten Boden ausgelegt, Schilf oder kurz geschnittenes Stroh darauf unverrückbar festgelegt, jeweils 2 bis 3 Schubkarren („Radbären“) voll Gerber- oder Seifensiederasche aufgeschüttet und die restliche Bütte dann mit der Salpetererde bis auf Spanne ganz aufgefüllt. Von oben wurde dann reichlich Wasser zugegeben, bis es eine Hand hoch über der eingebrachten Erde stand. So sollte es 8 Stunden lang stehen und dann als „schwache Lauge“ abgelassen werden. Durch frisches „Nachwasser“ wurde die Erde vollends ausgelaugt, die resultierende noch schwächere Lauge auf die nächste Füllung der Bütten mit frischer Erde gegeben, was endlich die zum Sieden geeignete „rohe Lauge“ ergab, die sich im „Sumpf“ sammelte (s. Abb. 9).⁸¹

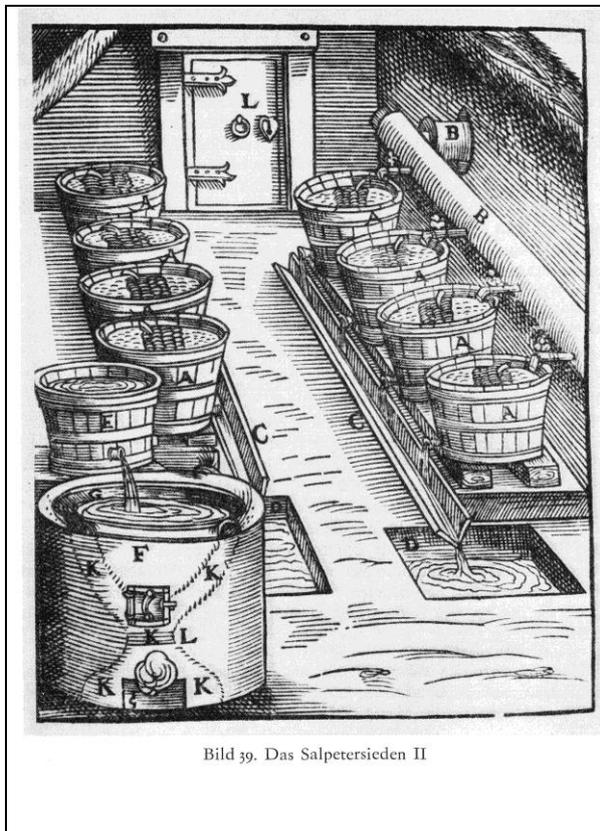


Abb. 9

Das Innere der Laugenbüttenhütte: Hier wird aus Salpetererde, Branntkalk und Pflanzenasche die salpeterhaltige Lauge gewonnen.

An den Seitenwänden befinden sich die jeweils vier Bütten A mit der präparierten Erde und werden durch ein Rohr B bewässert. Über die vorgelegten Rinnen C läuft die „rohe Lauge“ in den Sumpf D und wird dort ausgeschöpft.

Anschließend gelangte die Lösung über die Bütte E in den Kupferkessel F zu einem ersten Kochen zwecks Konzentration und Filtration durch zwei hier nicht dargestellte Aschebütten. Erst die dort gewonnenen Laugen mit konvertiertem Salpeter bildeten das Vorprodukt für die benachbarte Siedehütte (s. Abb. 7).

Fundstelle: ERCKER 1580 (wie Anm. 79), S. 263

Diese rohe Lauge wurde aus einer Bütte über dem Kessel kontinuierlich in die siedende Flüssigkeit zur Ergänzung des verkochenden Wassers geleitet und sollte binnen 2 Tagen und

⁸⁰ Ibidem, S. 258 ff; ERCKER 1629, ff. 126 verso - 127 recto.

⁸¹ Ibidem, S. 260 f; ERCKER 1629, ff. 127 verso - 128 recto.

einer Nacht im Kessel eine stark konzentrierte Lauge erzeugen, die 25 Pfund Salpeter pro 1 Zentner Lauge beinhaltete. Damit nicht genug: Die siedend heiße Flüssigkeit wurde danach in zwei Aschebüten gegossen und sickerte langsam durch feuchte Asche in Stärke einer Elle – die Asche stammte von Ulmen-, Buchen- oder Tannenholz und wurde solange mit der heißen Lauge durchspült, bis alle „Stärke“ heraus war. Die Lauge des ersten Durchgangs war die beste, die nachfolgenden Laugen (der „Nachdruck“ oder „Auszug“) wurden immer schwächer. Die gefilterte Lauge galt damit als genügend vorgereinigt.⁸²



Bild 40. Das Salpetersieden III

Abb. 10

Blick in die Siedehütte: Der Meister ist damit beschäftigt, Salz aus dem Kessel zu kratzen und in das quer aufgelegte Schienenkörbchen zu geben, um noch anhaftende Lauge abtropfen zu lassen.

Im Ofen B siedet und verdampft inzwischen der Sud solange, bis der notwendige hohe Grad an Anreicherung mit Salpeter erreicht ist. Aus der aufgesetzten kleinen Bütte E läuft die aus der Laugenhütte stammende „starke Lauge“ ein.

Dann wird die hochkonzentrierte Lösung in die hohe Bütte A gegossen und soweit abgekühlt, dass sie in die bereitstehenden Mulden F oder in die vier Kessel G sowie in eine „starke Bütte“ H zum langsamen Auskristallisieren verteilt werden kann. Es folgen letzte Arbeiten zur Salpeterreinigung.

Fundstelle: ERCKER 1580 (wie Anm. 79), S. 268

Mit den Laugen aus der Laugenhütte wurde der Sudkessel im Sudhaus (Siedehütte) in umgekehrter Reihenfolge – erst der schwache, dann der starke Auszug – gefüllt. Das eigentliche Salpetersieden und Eindampfen begann. Mit der Kelle wurde ständig der Schaum und ggf. auch etwas Salz entfernt, bis der „Sud“ so angereichert war, dass ein Zentner 70 Pfund Salpeter enthielt. Mit dieser Konzentration konnte der Salpeter jetzt „wachsen“, d. h. auskristallisieren. Vorbereitend wurde der Sud zur ersten Abkühlung in eine hohe schmale Holzbütte gegossen, wo sich letztmals Schlamm absetzte. Dann wurde er zum Wachsen in eine starke Bütte gegeben oder auf flache Kupferkessel verteilt und 2 Tage und 2 Nächte stehengelassen (s. Abb. 10). Der rohe Salpeter wurde abschließend mit Maurerkellen ausgehoben und im Kessel nochmals auf kleinem Feuer bis zum Wallen erhitzt, der schwarze

⁸² Ibidem, S. 261 f; ERCKER 1629, ff. 128 recto – 129 recto.

Schaum mit dem sog. Feimlöffel abgeschöpft und die Lösung mit Essig oder Alaun geläutert. Das Endergebnis war nach 3 bis 4 Tagen Abkühlung ein reiner, weißer Salpeter mit „schönen langen Schüß (Kristallnadeln)“.⁸³

Die ausgelaugte Erde und die nicht mehr verwendbare Asche kippte man auf die Halden und verteilte auf diese ständig alauhaltiges Wasser, Asche, Ruß, „Nuseln“ vom verbrannten Stroh und verdorbene Farben von Tuchmachern und Färbern, um die Hochbeete wieder aufzufrischen und ihre Erde nach einigen Jahren erneut zu verwenden.⁸⁴ Damit wird ein erstes Prinzip sichtbar, das auch sonst aus Sparsamkeitsgründen praktiziert wurde: Nichts wurde nutzlos weggeworfen oder weggeschüttet, sondern stets in den Produktionskreislauf zurückgeführt („recycling“). Um zusätzlich Energie zu sparen (Holz war damals schon knapp und relativ teuer), wurde nach Möglichkeit Tag und Nacht gearbeitet, um die Feuer nicht ausgehen zu lassen. Ercker machte sich daher Gedanken, wie durch verkleinerte Siedewerke mit nur 3 oder 4 statt 8 Büten und durch weitere Anreicherung von armen Laugen der Arbeitsablauf so vorteilhaft gestaltet werden könnte, dass beim Sieden niemals gefeiert werden müsse.⁸⁵ Eine gut geführte Salpeterhütte arbeitete sozusagen im Dauerbetrieb und natürlich auch im Winter. Mit diesem hohen Organisationsgrad bei arbeitsteiliger Herstellung war eine protoindustrielle Herstellung von Kaliumsalpeter gewährleistet, welche nur noch entfernt an den Kleinbetrieb des Büchsenmeisters um 1400 erinnerte und um 1500 schon im Ansatz vorhanden war (s. Abb. 6). Dies war die wirkliche (Prozess-)Innovation, welche künftig mit den Namen Biringuccios und Erckers verbunden werden sollte. Die Produktion von Salpeter hatte damit in der Hoch- und Spätrenaissance eine Entwicklungshöhe erreicht, die in den folgenden Jahrhunderten nur noch graduell verbessert werden konnte.

Anhang: Das Nachleben der Kalksalpetertheorie (2002, 2006, 2008)

Obwohl die Kalksalpeter-Theorie seit 2002 als experimentell falsifiziert gelten kann, tritt K. Leibnitz, der Übersetzer von Kramers „Firework Book“ (KRAMER 2001), weiterhin für sie in Nachfolge von Kramer († 2002) ein und polemisiert insbesondere gegen „die Historiker“. Er betrachtet und bezeichnet sich dabei als „Naturwissenschaftler“ (engl.: scientist), wengleich seine Homepage nur etliche Mitgliedschaften in eingetragenen Vereinen,⁸⁶ aber keinerlei Hinweise auf ein naturwissenschaftliches Studium oder eine sonstige akademische Bildung, Ausbildung oder Titel enthält, wie man aufgrund seines mehr als selbstbewussten Auftretens erwarten könnte. Es handelt sich bei den drei zu kommentierenden Artikeln aus

⁸³ Ibidem, S. 262 ff; ERCKER 1629, f. 129 recto, verso.

⁸⁴ Ibidem, S. 266 f; ERCKER 1629, f. 131 verso.

⁸⁵ Ibidem, S. 261, 270; ERCKER 1629, ff. 128 recto, 133 recto.

⁸⁶ Genannt werden: 1. Deutscher Falkenorden, 2. Gesellschaft für Waffen- und Kostümkunde, 3. Arms and Armour Society (GB), 3. Bayerischer Sportschützenverband, 4. National Rifle Association (USA), 5. Kleinkaliber-Schützenverein Gemünden 1954 e.V. (dort als 1. Schützenmeister aktiv). Der Autor (Jg. 1937) war Manager in einem deutschen Elektronikkonzern und ist beruflich nicht mehr tätig.

seiner Feder also um Arbeiten eines Laien, was per se nicht negativ zu bewerten ist, wäre da nicht der penetrante Anspruch, die Fachwelt – selbst den eigenen Lehrmeister Kramer – belehren und ständig korrigieren zu müssen. Da die nachstehenden Artikel von L. (so die nachstehend gebrauchte Kürzel für Leibnitz) auf größtmögliche Verbreitung bis in die USA und nach Kanada angelegt worden sind, erscheint es nötig, sie hier endlich einer kritischen wissenschaftlichen Bewertung zu unterziehen, weil ihre sicherlich nicht zufällige Publikation in waffenkundlichen Fachzeitschriften ohne wissenschaftliche Kontrolle (non-refereed journals), aber mit kräftiger Unterstützung von befreundeten Waffenkundlern, eine adäquate Würdigung bisher unmöglich gemacht haben.

Dazu noch eine technische Bemerkung: Insofern sich Anmerkungen auf den Autor L. und den jeweils behandelten Aufsatz selbst beziehen, erscheinen sie nicht als Fußnoten, sondern die Seitenzahlen werden in Klammern nach angelsächsischem Brauch in den laufenden Text eingefügt.

1. Klaus Leibnitz: „Büchsenmeisterei, das ist die Kunst, richtig Schießpulver herzustellen, Büchsen damit zu laden und damit zu schießen, bewiesen durch Experimente, die mit einer Replik der Loshultbüchse gemacht wurden“

(Waffen- und Kostümkunde, Bd. 44 (2002), S. 127 - 154)

Eingangs schmückt das bekannte Ranke-Zitat – „zu zeigen, wie es denn wirklich gewesen ist“ – den Aufsatz in der WKK. Nun ist der Nichthistoriker L. gewiss von jedem Verdacht frei, in Bezug auf den Diskurs der sich entwickelnden Geschichtswissenschaft im Zeitalter des Historismus besonders fachkundig zu sein, und tatsächlich geht es dem Autor nur darum, seinen Aufsatz mit dem seltsamen Titel mit den Weihen einer höheren, wenngleich längst verstorbenen Autorität zu adeln. Seine grundsätzliche Einstellung zur Historie und zu Historikern geht aus der später wiederholten Behauptung hervor, dass „im Gegensatz zum Historiker, der Thesen aufstellt und diese nicht beweisen kann [sic!], dem Naturwissenschaftler das Mittel des Experiments zur Verfügung (steht)“ (S. 140).

Man braucht über dieses naive Verdikt über die bedauernswerten Historiker (einschließlich Rankes), welche Thesen nur aufstellen, aber nicht verifizieren können, wohl kein Wort zu verlieren. Es verwundert aber, dass der Autor dies sozusagen im Namen der Naturwissenschaft tut und damit auch den Anspruch erhebt, selber Naturwissenschaftler zu sein und naturwissenschaftliche Experimente durchgeführt zu haben, welche seine bereits vorgefassten Thesen, die in der Regel von Kramer stammen, zweifelsfrei belegen sollen.

Wir haben uns daher mit den Thesen resp. Befunden des „Naturwissenschaftlers“ L. und den Experimenten, auf welchen diese fußen sollen, mit besonderem Interesse befasst. Im Rahmen unserer Abhandlung ist natürlich vorrangig die von L. beanspruchte „Kunst, richtig Schießpulver herzustellen“, relevant, während die Schießversuche mit einer Replik der Loshultbüchse (um 1330) – die von einem dänischen Team 1999 veranstaltet und 2001 publiziert wurden – nur gestreift werden können.

Am Anfang seiner Ausführungen („Über Schießpulver“) muss L. eingestehen, dass noch **keine** Versuche mit dem von ihm und Kramer propagierten Schießpulver auf Kalksalpeterbasis durchgeführt worden sind: „Mit aus Kalziumnitrat $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ hergestelltem Pulver dürften die Werte sehr ähnlich sein, es sind mir jedoch bis jetzt keine Versuche oder Untersuchungen bekannt geworden, die mit dieser Art Pulver gemacht wurden“ (S. 129). Wir können L. hier sogar weiterhelfen, weil 2002 mit Kramers Kalksalpeterpulver die 2002 von L. vermissten (und gescheiterten) Experimente angestellt wurden, an denen L. sogar selber aktiv beteiligt war – aber davon später.

Was nachfolgend über das sog. Mittelalterpulver geschrieben wird, entbehrt also noch jeder experimentellen Grundlage und ist folglich reine Hypothese, also genau das, was L. in einer Art Projektion seiner eigenen Situation der historischen Methode als solcher unterstellt. Was hält L. nun inhaltlich, noch unabgesichert durch experimentelle Beweise, für die künftigen, natürlich umzuschreibenden Lehrbücher fest? „**Schießpulver** (Schwarzpulver) ist, chemisch betrachtet, ein Gemisch und besteht aus drei Hauptbestandteilen: 1. Einem Sauerstoffträger, der erst die Verbrennung im geschlossenen Raum ermöglicht, vulgo **Salpeter**, **chemisch präzise Kalziumnitrat-Tetrahydrat**, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$, welcher in der Anfangszeit des Schießpulvers [daher: Mittelalterpulver!] **ausschließlich** verwendet wurde. Es [sic!] wurde später durch Kaliumnitrat KNO_3 ersetzt“ (S. 129).⁸⁷

Zum Beweis leitet L. die Genese des Kalksalpeters in reiner Papierchemie aus nur einer einzigen Formel ab, die er nach drei Stufen der Umsetzung wie folgt zusammenfasst (S. 130):



L. betont ausdrücklich, dass aus der Verwesung von organischem Material auch andere Nitrate einschließlich Kaliumnitrat entstünden, aber das Hauptprodukt bleibt für ihn der Kalk- oder Kalziumsalpeter. Genauso gut könnte er freilich behaupten, dass seine Gleichung dazu gedient habe, Wasser oder Kohlendioxyd zu gewinnen. Was einfach übergangen wird und demnach hier fehlt, ist die Berücksichtigung wesentlich komplexerer Zersetzungsprozesse mit anderen Ausgangsmaterialien wie z. B. Pottasche, wie sie von uns analysiert wurden und zum Ergebnis führten, dass gleichzeitig Kaliumnitrat entstand. L. dagegen blendet das Eingehen der Asche in den Bildungsprozess von Kaliumsalpeter aus, indem er behauptet, die Holzasche sei lediglich benötigt worden, um tierische „Fette zu verseifen und aufzulösen“ (S. 130).

Die anschließend beschriebene Läuterung des Salpeters besteht für L. ganz einseitig darin, dass dem Kalzium-Tetrahydrat $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ durch Erhitzen das Kristallwasser bis auf einen Rest – $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 1 \text{H}_2\text{O}$ – ausgetrieben wird (S. 131). Ein Nachweis durch experimentelle Archäologie, dass dieses kristallwasserarme Kalziumnitrat tatsächlich

⁸⁷ Die oben aufgestellte Behauptung ist als Axiom für die weiteren Untersuchungen und Überlegungen ungeeignet, weil schlicht falsch. „Salpeter“ war im Mittelalter ein Sammelbegriff für die verschiedenen Salpetersorten, die man beim Rohsalpeter nicht auseinander halten konnte. Kalksalpeter war „feuchter Salpeter“ (und unbrauchbar), Kaliumsalpeter „guter und trockener“ Salpeter. Durch Läuterung im Wasser wurde, wie oben gezeigt, der Kaliumsalpeter abgetrennt und weitgehend rein im Schießpulver verwendet.

gewonnen werden kann, wäre an dieser Stelle besonders wünschenswert, aber leider verrät L. nicht den offenbar nur ihm bekannten Trick, wie das dehydrierte „geläuterte Kalziumnitrat“ auf ca. 100⁰ C Betriebstemperatur zu halten und ins Schießpulver zu mischen ist. Bei wieder sinkenden Temperaturen kommt es nämlich zwangsläufig zur Umkehr des Kristallwasserentzugs, denn der extrem hygroskopische Kalksalpeter baut sich durch Aufnahme von Luftfeuchtigkeit umgehend wieder zum Tetrahydrat auf. Dieser Vorgang ist naturgesetzlich völlig unvermeidbar, und exakt aus diesem Grund sind der real existierende, mit 4 Kristallwassermolekülen gesättigte (also feuchte) Kalksalpeter wie auch ein mit ihm angefertigtes Schießpulver absolut schieß- und explosionsuntauglich.

Da die bisher nur im Titel angekündigte „Kunst, richtig Schießpulver **herzustellen...** **bewiesen** durch Experimente, die mit einer Replik der Loshultbüchse gemacht wurden“, bisher noch nicht durch ein einzige Vorführung bewiesen worden ist, stellt sich die Frage, ob wenigstens am Ende doch mit dem angestrebten Produkt, dem Kalksalpeter-Monohydrat, Experimente unternommen wurden? L. bejaht die Frage, indem er ankündigt: „Um nun einmal das von mir in Teil 1 und 2 Ausgeführte zu **beweisen**, soll jetzt über eine Serie von **Experimenten** berichtet werden, die mit wissenschaftlicher Genauigkeit ausgeführt wurden. Es handelt sich um eine Versuchsreihe, die mit einem Abguß der Loshultbüchse gemacht wurde“ (S. 140). Offensichtlich rechnet L. damit, dass der Leser auf S. 140 schon vergessen hat, was er zuvor auf S. 129 lesen konnte, dass bisher nämlich noch keine Versuche vorliegen.

Wer Versuchsreihen aus dem Physik- oder Chemieunterricht der Schule oder aus eigener beruflicher Praxis kennt, erwartet jetzt Experimente mit der klassischen Vorgehensweise: Hypothesen formulieren, eine Versuchsanordnung dazu aufbauen, experimentelle Überprüfung der Hypothesen, wobei die Ergebnisse valide, d. h. reproduzierbar, sein müssen.

Wie die weitere Lektüre jedoch ergibt, handelte es sich bei der „Versuchsreihe“ um ein einfaches Reenactment mit dem Schwerpunkt auf Pfeilschießen im Rahmen von „experimenteller **Archäologie**“, 1999 durchgeführt durch das Mittelaltercentret in Nykøbing auf Falster (DK).⁸⁸ Schießen mit einer Büchsenreplik bedeutet noch keine experimentelle Naturwissenschaft, was L. (und mit ihm die WKK-Redaktion) eigentlich wissen müsste. Es genügt für unsere Zwecke, die Salpeter- und Pulverfrage bei der „Versuchsreihe“ zu klären, denn wenn L. überhaupt etwas beweisen will, dann muss es doch um die erfolgreiche Anwendung von Kalksalpeter und Kalksalpeter-Schwarzpulver gehen.

Genau dies wird dann auch von L. behauptet: „Das Pulver wurde **genau nach zwei alten Pulverrezepten gemischt**, die in der Zeit, als die Loshultbüchse verwendet wurde, bekannt waren: 1. Die Formel aus dem „liber ignium“ ca. 1300, bestehend aus **41,2% Kalksalpeter**, 29,4% Schwefel und 29,4% Holzkohle. 2. Das Rothenburger Pulverrezept ca. 1377 - 1380, welches aus **66,6% Kalksalpeter**, 16,7% Schwefel und 16,7% Holzkohle bestand“ (S. 142). Die „mit wissenschaftlicher Genauigkeit“ durchgeführten Experimente und die jeweils unmissverständliche Angabe, dass in beiden Rezepten Kalksalpeter verwendet wurde,

⁸⁸ Peter Vemming HANSEN: Casting and firing a replica of the Loshult gun. In: Journal of the Ordnance Society, Vol. 14 (2002), S. 5 – 17. Es handelt sich um die Übersetzung der dänischen Originalversion von 2001.

schließen jeden Irrtum aus: Man schoss 1999 erfolgreich mit der neuen Salpetersorte und erzielte laut L. „erstaunliche Resultate“, die „eine **völlige Neubewertung der Leistungen** mittelalterlicher Geschütztechnik erfordern“ (S. 144).

Ohne weiteren Kommentar unsererseits wird dieser sensationellen Aussage von L. der eigene, authentische Bericht des Mittelaltercentrets von 2002 gegenüber gestellt:

„In **1999** the Middelaldercentret in Nykøbing F., Denmark, made a replica of the small gun in the Historical Museum, Stockholm, the Loshult gun, and carried out a series of test firings (Hansen 2001). **The powder used for these tests was acquired from a commercial company** and made to two formulae provided by the Centre [...].

(Tests **2002**) Saltpetre was acquired from 2 sources. The first was calcium nitrate made by Klaus Leibnitz from the detritus collected from an old stable and outhouses. This was purified by Klaus and then further refined by G W Kramer who stated that the resultant material was 90% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$. We experienced **difficulties igniting gunpowder** made with this calcium nitrate and **were obliged to substitute modern, commercial potassium nitrate (KNO_3) as supplied by the manufacturer** in preparing all the gunpowder recipes given below...”⁸⁹

Sowohl das Schießpulver der Schießversuche von 1999 als auch von 2002 war demnach ganz normales Schwarzpulver auf der Basis von Kalium-, nicht Kalziumsalpeter. Die versuchte Verwendung des sog. Mittelalterpulvers erwies sich 2002 trotz persönlicher Hilfestellung von Kramer als Fehlschlag und zwang das Forschungsteam, vom selbst produzierten Kalksalpeterpulver wieder abzugehen und das übliche Schwarzpulver mit Kaliumsalpeter anzumischen. Die Gebrauchsfähigkeit des feuchten Salpeters hatte sich als Illusion erwiesen.

Was also bleibt übrig vom „Naturwissenschaftler“ Leibnitz und dem hohen Anspruch „zu zeigen, wie es denn wirklich gewesen ist“? Nachweislich falsche Tatsachenbehauptungen und damit ein klarer, für die sichtlich überforderte Redaktion beschämender Täuschungsversuch, der übrigens bis heute aufgrund interner Widerstände noch nicht für die Leser der WKK aufgeklärt werden konnte, dazu die resignierende Einsicht unsererseits, dass die alte Fabel von des Kaisers neuen Kleidern, die bekanntlich auch von einem Dänen stammt („Keiserens nye Klæder“), so aktuell ist wie eh und je.

Aus wissenschaftlicher Sicht haben die dänischen Schießversuche von 1999 und 2002 ergeben, dass entwässerter Kalksalpeter nicht herstellbar ist und der real als Tetrahydrat existierende Kalksalpeter zur Herstellung von Schießpulver untauglich ist. Ein Blick in ein einschlägiges Tabellenwerk hätte dafür allerdings auch genügt.

⁸⁹ MEDIEVAL GUNPOWDER RESEARCH GROUP / Middelaldercentret: The Firing Trials: Report number 1 - September 2002 – The Ho Experiments. URL (23.7.2011): <http://www.middelaldercentret.dk/gunpowder1.pdf>, hier S. 3, 6 f. – Der Report ist ggf. auch von den Autoren zu beziehen.

2. Klaus Leibnitz: „An analysis of the saltpetre extraction and purification recipes in Biringuccio's Pirotechnia”

(Journal of the Ordnance Society 16, 2004, S. 83 - 92)

Die permanent spürbare Absicht, auch in diesem englischen Fachblatt der Kramer'schen Kalksalpetertheorie zum Sieg zu verhelfen, hat L. zu der Formulierung von vier einleitenden Fragen geführt, die im Grunde genommen zu einer Hauptfrage komprimiert werden können, die fast schon rhetorisch klingt: „Does Biringuccio really describe recipes which work?“ (S. 83)

Warum ausgerechnet diese Attacke auf Biringuccio? Der Sienese gilt in der älteren Fachliteratur als erster Autor, welcher die Konversion von Roh- und Kalksalpeter zu Kaliumsalpeter im 10. Buch seiner „Pirotechnia“ (1540) beschreibt und 2004 deshalb in den Fokus von L. gerät, weil dieser trotz der ernüchternden „firing trials“ von 2002 die Kalksalpetertheorie unverdrossen weiter verfährt und sich bemüht, alle gegenteilige Evidenz zu verwischen. Die umständliche „Analyse“ des Autors erscheint deshalb von vornherein in ihren Ergebnissen festgelegt und enthält – sehr seltsam für eine vorgeblich wissenschaftliche Abhandlung – noch mitten im fortlaufenden Text und fünf Seiten vor Schluss bereits folgendes Endergebnis: „It appears that Biringuccio has never tried his own recipes, that they are based on hearsay and have never been used in practice or that he is purposely misleading his readers [sic! Projektion von L.?]“ (S. 85).

Wer jetzt erwarten sollte, dass L. anstelle von Biringuccio das Versäumte nachholt und dessen Rezepte ausprobiert, sieht sich zunächst enttäuscht. L. macht lediglich nach Biringuccio ein Gedankenexperiment: „Let us suppose that we prepare a heap of **nitrous earth** of a volume of 1 m³ or 1000 dm³“ (S. 85). Die nachfolgend beschriebenen fünf chemischen Umsetzungen der Erde führen laut L. trotz Verwendung von konvertierender Pottasche K₂CO₃ bei Überschuss von Branntkalk CaO nur zu einem Kreisprozess, „and we have the status quo ante!“ – nämlich Kalksalpeter, Kalziumkarbonat und Kaliumhydroxid (S. 86). Abgesehen davon, dass diese Gleichung völlig abstrus ist, übersieht bzw. ignoriert L. hier zwei wichtige Dinge: 1. Jede Salpetererde enthält auf Grund der verwendeten Ausgangsstoffe wie Stalldung usw. bereits reichlich Kaliumsalpeter; 2. der Zusatz von Branntkalk und Pottasche diente nach damaliger Vorstellung nur zum Reinigen des Rohsalpeters. Dabei setzte sich der noch vorhandene Kalksalpeter zu Kaliumsalpeter um. Es muss also eine Ausbeute an Kaliumsalpeter (!) geben.

Auch die Läuterungsrezepte Biringuccios für den Rohsalpeter kommen bei L. nicht gut weg: „Does he describe the production of a new, non hygroscopic saltpetre? Definitely not, because the saltpetre thus produced is at best a mixture of calcium and potassium nitrates and as such still hygroscopic“ (S. 88 f). Auch diese Behauptung beruht auf L.s Papierchemie, nicht auf Experimenten. Und woher kommt plötzlich das „potassium nitrate“ (Kaliumsalpeter KNO₃)?

Am Ende keimt doch noch vage Hoffnung auf wissenschaftliche Resultate auf, denn L. verweist auf seine Bestätigung des Gesagten durch eigene Experimente (Überschrift: „verification of the above by experiment“) und doziert mit der ihm eigenen Bescheidenheit: „Unlike the historian who is hardly ever able to prove his theories, the **scientist** has the means of experiment to verify his theories and statements [man vergleiche den Aufsatz von 2002!].

In the following **I will show** the results of a series of experiments with the recipes from the *Pirotechnia*” (S. 89).

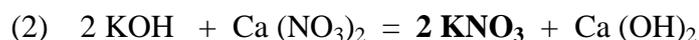
L. beschreibt nun tatsächlich eine Folge von drei persönlich vorgenommenen, aber vergeblichen Versuchen, Salpeter aus „Erde“ zu erzeugen und anschließend den Salpeter zu extrahieren. Er erhielt aber nur einmal eine braune Flüssigkeit, die kaum oder kein Kaliumnitrat, sondern hauptsächlich Kaliumhydroxid (KOH) enthielt (S. 90). Es fehlte also jeglicher Salpeter in der Ausbeute (folglich auch der Kalksalpeter)! Dem Reenacter L. waren somit etliche Fehler als Chemiker unterlaufen, die er aber Biringuccio anlastet.

Zunächst ging und geht L. von der falschen Annahme aus, dass, falls die braune Lösung sowohl Kalksalpeter wie Kaliumsalpeter enthalten sollte, „potassium nitrate is **more** soluble than calcium nitrate [sic!] what **precipitates** is calcium nitrate [sic!]...“ (S. 88). Das genaue Gegenteil ist richtig: Bei Abkühlung der Flüssigkeit fällt aber nicht der besonders gut lösliche Kalksalpeter, sondern stets der schwerer lösliche Kaliumsalpeter KNO_3 zuerst am Kesselboden aus, weswegen das einfache Trennverfahren der Salpeterarten mittels Erhitzen und Abkühlen das Standardverfahren der mittelalterlichen Büchsenmeister bei der Läuterung darstellte und zum Ausfällen und Gewinnen von Kaliumsalpeterkristallen führte. Da das Löseverhalten der Nitrate naturgesetzlich determiniert ist, stellt sich die Frage, was L. bei seinen Läuterungsversuchen – falls er solche Versuche überhaupt angestellt hat, was nicht der Fall gewesen zu sein scheint – eigentlich im Kessel bzw. Behälter gehabt hat?

Diese Frage führt weiter zu seinem gedachten (experimentell nicht realisierten) Salpeterbeet und den dort ablaufenden chemischen Prozessen. Zunächst wird Branntkalk CaO , der sich sofort beim Begießen des Beets in gelöschten Kalk gleich Kalziumhydroxid Ca(OH)_2 verwandelt, in Kontakt mit Pottasche K_2CO_3 gebracht. Die zugehörige Formel (seine Nr. 3) wird von L. richtig bestimmt:



Wenn auch genug Kalziumnitrat $\text{Ca(NO}_3)_2$ vorhanden ist (was L. ja ständig behauptet und im Salpeterbeet voraussetzt), dann muss die nächste Reaktion wie folgt verlaufen:



Es entsteht also dank des Kalksalpeters $\text{Ca(NO}_3)_2$ gleich Kaliumsalpeter (KNO_3), und das zweifellos auch im Beet von L., ohne dass diese Umsetzung in seinen Gleichungen wiederzufinden wäre. KNO_3 bildet sich auch ohne die Zugabe von gelöschtem Kalk, indem Pottasche und Kalksalpeter direkt miteinander reagieren. Bei Anwesenheit von gelöschtem Kalk laufen aber die Reaktionen (1) und (2) bevorzugt ab, so dass sich das von L. als Endprodukt hervorgehobene Kaliumhydroxid KOH nur intermediär bildet. Es entsteht also in jedem Fall Kaliumnitrat und damit wieder die Frage, wieso L. ein Zwischenprodukt und sonst nichts – nicht einmal den angestrebten Kalksalpeter – gewinnen konnte?

Die Antwort ist erschütternd: L. benutzte käufliche Blumenerde (sic!) für seine Versuche (S. 89 f: „500 cm^3 **regular potting earth for plants**, containing about 30% moisture, was used as a basis, i. e. representing the first heap“). Diese 500 g nasser Erde mit 30% Wasseranteil

wurden mit 5 g aufgelöstem Kalksalpeter-Tetrahydrat getränkt und dann mit dem zweiten Haufen, gemischt aus 250 g Eichenasche und 250 g Branntkalk, in ein Glasgefäß gefüllt. Dann wurden in drei Durchgängen jeweils 750 cm³, 1000 cm³ und zuletzt 1500 cm³ Mineralwasser eingefüllt. Beim Ablöschen des Kalks verdampfte das Wasser und hinterließ eine harte Masse, die erst bei der letzten Wasserzugabe 150 cm³ der besagten braunen Brühe mit Kaliumhydroxid (KOH) am Boden absonderte. Dazu kommentiert L.: „The above should have proved clearly and definitely that the recipes which are given in the Pirotechnia do not work” (S. 90).

Das einzige, was nicht „funktionierte“ und auch nicht funktionieren konnte, war die dilettantische Versuchsanordnung des „Naturwissenschaftlers“ L. mit einem viel zu geringen Vorrat an Nitraten nur im Promillebereich, vom Faktor ‚Zeit‘ einmal ganz abgesehen. Wie soll Salpeter aus 2,5 kg Materie entstehen, wenn diese nur 5 g Kalziumnitrat als einziges Nitrat enthält? Klatschnasse Blumenerde ohne eigene Nitrate ist sicher kein Ersatz für die kunstvoll erzeugte, staubtrockene, konzentriert stickstoffhaltige und von Fäkalien durchsetzte Komposterde, wie sie Biringuccio in der Pirotechnia gebieterisch fordert:

„Den künstlichen Salpeter gewinnt man, wie oben gesagt, aus den erwähnten **dunghaltigen** Erden oder an dunklen Orten, wo die Erde **lange Zeit umgewendet und locker gelagert** worden ist, vorausgesetzt, dass der Regen die erdige Trockenheit nicht auslösen kann. Den allerbesten Salpeter macht man aber **aus tierischem Mist**, der sich in den Ställen in Erde verwandelt hat, oder aus dem **Inhalt von lange Zeit unbenutzten Abtritten**. Besonders aber gewinnt man aus dem **Mist von Schweinen** sehr guten und viel Salpeter. Allerdings muss sich der Kompost im Laufe der Zeit in eine richtige, vollkommen trockene Erde verwandelt haben, ja er muss sozusagen **staubtrocken** sein, wenn er gut sein soll. Klarheit darüber, ob er gut ist, erhält man, indem man mit der Zunge prüft, ob und wie beißend er schmeckt. Wenn ihr durch die Probe findet, dass er **so stark beißend ist, dass ihr ihn verarbeiten könnt** [...], schüttet ihr euch davon mitten in der Hütte einen großen Haufen auf. Daneben macht ihr einen nicht halb so großen Haufen, bestehend aus 2 Teilen gebranntem Kalk und 3 Teilen Asche von Zerreichen oder Steineichen... und mischt dann beide Haufen gut miteinander.“⁹⁰

⁹⁰ S. JOHANNSEN (wie Anm. 72), S. 478 f. – Da L. die englische Ausgabe benutzt, sei auch diese zitiert: The Pirotechnia of Vannoccio Biringuccio. The Classic Sixteenth-Century Treatise on Metals and Metallurgy. Translated from the Italian with an Introduction and Notes by Cyril Stanley SMITH and Martha Teach GNUDI. New York 1940, 1943, ²1959, Reprint 1990, S. 405 f: „Now, as I told you above, this saltpeter is extracted from the above mentioned manorial soils and from dark places that have stood turned over and loosened for a long time, provided the rains have not been able to quench the earthy dryness. The best and finest of all saltpeters is that made of animal manure transformed into earth in the stables, or in human latrines unused for a long time. Above all the largest quantity and the best saltpeter is extracted from pig dung. This manorial soil, whatever kind it may be, should be well transformed into a real earth and completely dried of all moisture; indeed, it should be powdery if you wish it to be good. Assurance that it contains goodness is gained by tasting with the tongue to find it is biting, and how much so. If you find from this trial that it has a sufficient biting power so that you decide to work it... make a great heap of it in the middle of the room where you are to work. Near that heap, make another less than half its size which is composed of two parts of quicklime and three of cerris or oak ashes... then mix these two heaps together very well... ”.

Wer die sachliche Erklärung sucht, warum „the recipes which are given in the *Pirotechnia* do not work“, findet hier die Begründung.⁹¹ L. versäumte bei seinen nicht quellengemäßen Versuchen zweierlei: 1. Er verwendete kein ausreichend salpeterhaltiges Ausgangsmaterial, weil er es unterließ, einen „großen Haufen“ salpetrigen Kompost herzustellen, wie er gemäß der zitierten Vorschrift Biringuccios durch Zersetzung von organischem Material entsteht. 2. Für solche organischen Prozesse fehlte L. bei seinen drei kleinformatischen Versuchen die von Biringuccio betonte „**lange Zeit**“ von fünf bis sechs Jahren (s. o.), die eine vorschriftsmäßige Salpeterpflanzung nun einmal zur Kompost- und Salpeterbildung benötigte.

Was ist also von L.s experimentellen Künsten philologisch wie naturwissenschaftlich zu halten? Da L. die relevanten Textstellen bei der englischen Biringuccio-Ausgabe (S. 405 f) gefunden hat, wie sein erstes Gedankenexperiment mit dem „heap of nitrous earth“ (s. o.) beweist, stellt sich die Frage, warum er plötzlich im zweiten und endlich realen Experiment nur Blumenerde verwendet? Wohlgekannt: Der „scientist“ L. macht mit der richtigen Erde nur Gedankenexperimente, die er fälschlich ergebnislos im Kreis laufen lässt („and we have the status quo ante!“), und im realen Experiment gebraucht er die falsche Erde (und gewinnt nur, wie unschwer vorauszusehen, eine braune Brühe ohne jeden Salpeter). Warum also nicht umgekehrt und ganz normal – die richtige Erde im richtigen Experiment?

Da über die Hintergründe dieses Verwirrspiels nur spekuliert werden kann, sollte man sich an Wittgenstein halten: Wovon man nicht sprechen kann, darüber muss man schweigen. Das Fazit unserer Analyse ist auch so eindeutig genug: Falsche oder unvollständige Versuchsanordnungen beweisen nichts. Wieso sie falsch oder unvollständig durchgeführt wurden, liegt nicht in der Quelle, sondern allein in der Person des Autors begründet und befindet sich damit außerhalb der Reichweite unserer Analyse. Der von L. vorgelegte Aufsatz ist wissenschaftlich jedenfalls gänzlich irrelevant und bedauerlicherweise nur geeignet, Verwirrung statt Klarheit zu stiften. Ein Kollateralschaden ist auf jeden Fall eingetreten – L. hat wieder einmal eine technikhistorische und dazu erstrangige Quelle mit erheblichem rhetorischem Aufwand und der üblichen Selbstdarstellung als absoluter Experte beschädigt.

Man lese nur nach, was L. Biringuccio unterstellt, um die Abgründe seiner (absolut unberechtigten) Anschuldigungen zu ermessen: „It appears that Biringuccio has never tried his own recipes, that they are based on hearsay and have never been used in practice **or that he is purposely misleading his readers**“ (S. 85). Hat Biringuccio Blumenerde empfohlen?

Beide Übersetzungen der *Pirotechnia* – also auch die L. vorliegende – enthalten zur Biographie Biringuccios übrigens jeweils die Angabe, dass dieser 1524 bis zur Exilierung 1526 der oberste Aufseher über das Salpeterwesen in Siena war: „In 1524 he was granted a

⁹¹ Eine praktische und lesenwerte Erprobung, wie Salpetererde erzeugt werden kann, wurde schon 1970 und dann wieder 1972/3 durch Williams vorgenommen. Seine ersten „experimental investigations“ schlugen fehl, weil Kuhdung und Kalk zunächst kein Urin zugesetzt wurde. Weiterhin fehlte Erde mit den nitrierenden Bakterien *Nitrosomonas* und *Nitrobacter* (S. 131). Als sie zugegeben wurde, entwickelte sich endlich eine gewisse Menge an Kaliumnitrat im Beet; nach 1½ Jahren lag die maximale Ausbeute aber nur bei 1%, was der Autor kommentierte: „It can never have been a very rapid or efficient process“ (S. 133). Vgl. Alan R. Williams: *The production of saltpetre in the Middle Ages*. In: *Ambix*, Bd. 22 (1975), S. 125 - 133.

monopoly on the production of saltpeter in the entire Sienese dominion.“⁹² Bei mangelnder Sachkompetenz Biringuccios, wie von L. leichthin unterstellt, wäre die kriegswichtige Salpeterproduktion des Sienesischen Stadtstaates sicher sehr bald zusammengebrochen.

3. Klaus Leibnitz: „Fitting round pegs into square holes? Did Balduin of Luxemburg, Archbishop of Trier, use gunpowder artillery in the siege of Eltz castle 1331/33?“

(Waffen- und Kostümkunde 50 (2008), S. 33 - 46)

Anders als noch beim oben behandelten WKK-Aufsatz von 2002 wird hier von L. der Versuch unternommen, die Erfolge der Mediaval Gunpowder Research Group bei der 2002 erfolgten Erprobung der nachgegossenen Loshult-Büchse, einer Pfeilbüchse, gemäß dem Titel mit gleich zwei Fragezeichen kleinzureden und gezielt den Zweifel zu streuen, dass die von Wilfried Tittmann 1984 aufgefundenen Eltzer Büchsenpfeile am Ende doch nur Fälschungen seien (S. 35: „The Eltz Gun arrows: a new Piltdown man?“). Weiterführende Fragestellungen oder neue Forschungsergebnisse wird man im ganzen Artikel, der von den Waffenkundlern Cl. Blair und J. P. Puype unterstützt und dadurch „publizierbar“ gemacht wurde, vergeblich suchen. L. ist erkennbar bemüht, nur die Forschungsergebnisse anderer zu entwerten, um sich als weltweit verständliche Autorität (daher Englisch als gewählte Sprache) zu profilieren.

Ein Großteil dieses Aufsatzes befasst sich mit „kritischen“ Fragen, die außer von L. in der vorgebrachten Schärfe von niemandem bisher aufgeworfen wurden, weil es bis dahin niemandem in den Sinn gekommen war, die Echtheit der Eltzer Büchsenpfeile und die Integrität aller Beteiligten ernsthaft in Frage zu stellen. Wie jüngste Laboruntersuchungen an zwei Eltzer Büchsenpfeilen (2011 noch unpubliziert) im Auftrag von Dr. Karl Graf von und zu Eltz und Germanischem Nationalmuseum in Nürnberg ergeben haben,⁹³ sind die mittelalterlichen Objekte laut den C-14-Testbefunden selbstverständlich echt und L.s Verdächtigungen, wie zu erwarten, deshalb völlig haltlos. Es lohnt sich daher nicht, die Polemik hinsichtlich der „purely speculative... Eltz Gun Arrow Theory“ (eine Wortschöpfung von L.) noch weiter zu beleuchten.

Für die eigene Glaubwürdigkeit und wissenschaftliche Reliabilität ist aber die Gegenüberstellung von L.s aktuellen Aussagen im Vergleich zu denen von 2002 aufschlussreich. Hatte er 2002 bezüglich der Versuche von 1999 mit der rekonstruierten

⁹² SMITH / GNUDI 1959 (wie Anm. 90), S. X.

⁹³ Vgl. die vom Germanischen Nationalmuseum (Autor: MJ) verfasste Pressemitteilung von „Nürnberg aktuell“ zur Ausstellung Mythos Burg: „Sensationelles Ergebnis von Labortests: Die ältesten Feuerwaffen verschossen Pfeile statt Kugeln“, dazu auf S. 2: „Durch die naturwissenschaftliche Datierung der Eltzer Büchsenpfeile wurde nun eine entscheidende Lücke in der Geschichte der frühen Feuerwaffen geschlossen: Die Pfeile sind tatsächlich mittelalterlich, sie passen von ihrer Größe gut zu dem ältesten erhaltenen Geschütz...“. Siehe URL (23.10.2010): <http://aktuell.meinestadt.de/nuernberg/2010/09/21/ausstellung-mythos-burg/>. – Die Lücke wurde natürlich schon 1984 mit der wissenschaftlichen Entdeckung der Pfeile durch W. Tittmann und seine Publikationen in der WKK 1994/95 geschlossen: <http://www.ruhr-uni-bochum.de/technikhist/tittmann/7%20Buechsenpfeile%20kurz.pdf>.

Loshult-Büchse noch rühmend konstatiert: „Ein sehr effektives Waffensystem, welches eine Vielzahl von Geschossen verschießen konnte“ und hervorgehoben, dass „Bleikugeln und hölzerne Pfeile mit eisernen Spitzen auf 20 m Schußentfernung 1,5 mm dicke Eisenplatten sowie andere, ungepanzerte Ziele mit Leichtigkeit durchschlugen“ und „die Pfeile von 250 g Gewicht“ eine „Mündungsgeschwindigkeit von 80 - 110 m/s“ hatten und „etwa 250 m weit“ flogen (2002, S. 145), so klingt seine neueste Bewertung von 2008, als ob nicht dasselbe, sondern 2002 ein anderes Waffensystem getestet worden wäre: „The results were by and large disappointing... so for what purpose then was a gun of Loshult type and design possibly used at the time?“ (S. 40 f). Vorbei damit die anfängliche Euphorie über die „erstaunlichen Resultate“, die angeblich „eine **völlige Neubewertung der Leistungen** mittelalterlicher Geschütztechnik erfordern“ (2002, S. 144).⁹⁴

Eine Pseudoerklärung für die „enttäuschende“ Vorstellung der Büchsenreplik findet der Autor – wie könnte es anders sein? – im verwendeten Pulver (das in beiden Fällen normales Schwarzpulver mit Kaliumsalpeter war): „However, since calcium saltpetre $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ contains the double amount of oxygen as potassium nitrate KNO_3 this would mean that a calcium nitrate, that is free of water and humidity [sic!], reacts more strongly in a gunpowder mixture. Therefore, these results must be taken with a pinch of salt until **new experiments** [sic!] with **a calcium nitrate, which is free of water and moisture** [sic!], have been conducted“ (S. 39). Auch hat L. 2006 bereits angekündigt, er werde das missing link zwischen Mittelaltersalpeter und neuzeitlichem Kalium- gleich Konversionssalpeter noch finden: „My search for the inventor of this conversion process in the alchemical tracts and literature of the period still continues“ (2006, S. 89).

Hier fällt es schwer, angesichts von soviel Unbelehrbarkeit noch sachlich zu bleiben. In der Geschichtswissenschaft, die L. als naturwissenschaftlicher Laie zu übertrumpfen sucht, bezeichnet man die von L. praktizierte „Forschung“ ohne Rücksicht auf Erkenntnisfortschritte und unter Missachtung missliebiger Fakten als „petitio principii“. Sie gilt keineswegs als lässliche Sünde oder Prinzipientreue, sondern als gravierende methodische Fehlleistung mit zwangsläufig irrelevanten bis ungültigen Ergebnissen. Wir haben es aber mit einem noch viel ernsteren Fall zu tun, denn gesucht wird nicht etwas Reales, sondern gewissermaßen ein Phantom der Pyrotechnik: ein Salpeter, der in dem gedachten wasserfreien Aggregatzustand nur bei Temperaturen jenseits von 130^0 C existiert,⁹⁵ aber nichtsdestoweniger die ganze erste

⁹⁴ Peter Vemming HANSEN, Direktor des veranstaltenden Mittelaltercentret, bewertete 2007 die Schießversuche anders und differenzierter: „First of all we could see that the medieval gunpowder recipes [!] were nearly as effective as modern ones and furthermore it was obvious that these recipes were very specialized. Some of them were effective for propelling an arrow from a bronze gun, where it was possible to slowly build up pressure [sic!], while others were effective shooting [sic!] with other kinds of ammunition“; URL (23.07.2011): <http://www.middelaldercentret.dk/Projekter/gunsandgunpowder.html>.

⁹⁵ Vgl. KRAMER 1995 (wie Anm. 14), S. 40: „Bei 40^0 C schmelzen die extrem wasserlöslichen monoklinen Prismen des Calciumnitrat-Tetrahydrats in ihrem eigenen Kristallwasser, was eine erste Spaltung in Trihydrate anzeigt. Über weitere Abspaltungen entsteht mit steigender Lösungstemperatur bei 130^0 C ein wasserfreies Calciumnitrat. Es lässt sich aus konzentrierten Lösungen isolieren...“ – was wir nicht nur für das Mittelalter, sondern generell beim Läutern durch Sieden in Abrede stellen, denn weder erreicht Wasser mehr als 100^0 C noch kann verhindert werden, dass beim Absinken der Temperatur unter 40^0 C (recte: 44^0 C) das Tetrahydrat wieder

Periode des Schießpulvers als dessen wichtigste Komponente beherrscht haben soll – ein abstruses Hirngespinnst und daher nicht mehr wert, dass man sich fürderhin damit auseinandersetzt.

Wir beenden damit die nutzlose Diskussion um das „Mittelalterpulver“ samt „Kalziumnitrat ohne Kristallwasser“ und empfehlen den Redaktionen von „Waffen- und Kostümkunde“ bzw. „Journal of the Ordnance Society“, ein Gleiches zu tun, anstatt gebannt auf des Kaisers neue Kleider zu warten und die von L. angekündigten Publikationen zum erneuten Schaden der eigenen Reputation und der wissenschaftlichen Waffenkunde zu publizieren.⁹⁶

Autoren:

Dr. phil. Wilfried Tittmann: wilfried-tittmann@t-online.de

Prof. i. R. Dr. Ing. Ferdinand Nibler: dr.f.nibler@t-online.de

Dipl. Chem. - Ing. Wolfgang John: wolfgang.john@eastgate.de

Bildnachweis:

Gerhard Kramer (†): Abb. 1a

Germanisches Nationalmuseum, Bibliothek: Abb. 1b

Österreichische Nationalbibliothek: Abb. 2 a, 4 a

Bayerisches Nationalmuseum, Bibliothek: Abb. 2 b

Herzogin Anna Amalia Bibliothek, Weimar: Abb. 3

Zentralbibliothek Zürich: Abb. 4 b

Kunsthistorisches Museum Wien: Abb. 5

Stadt- und Universitätsbibliothek Frankfurt a. M.: Abb. 6

Georg Agricola: De re metallica libri XII. Basel 1556 (s. Anm. 77): Abb. 7

Lazarus Ercker: Beschreibung der allervornehmsten mineralischen Erze und Bergwerksarten vom Jahre 1580 (s. Anm. 79): Abb. 8, 9, 10

neu entsteht. Für die Schießversuche 2002 konnte selbst Kramer daher nur feuchten und schießuntauglichen Tetrahydrat-Salpeter präsentieren.

⁹⁶ Die WKK ist durch einen spürbaren Mangel an qualifizierten Angeboten hinsichtlich ihres ältesten Teils, der historischen Waffenkunde, schon so weit vom Kurs abgekommen, dass 2007 eine Sezession vieler akademischer Kostümkundlerinnen, die eine Neuausrichtung des Vereins forderten, stattfand. Es scheint, als ob die an Reenactment orientierte Waffenkunde gerade im Begriff steht, den Anschluss an die universitäre Forschung zu verlieren. – Nachwort 2017: Die Krise der WKK wurde inzwischen u. a. durch regelmäßiges Lektorat behoben und die Kostümsparte wieder hergestellt. Klaus Leibnitz ist am 25.10.2015 verstorben. Er rezensierte noch in der WKK 2014, Heft 2, und publizierte „Die mysteriöse Geschichte des Berthold Schwarz. Des Rätsels Lösung?“ in PALLASCH, Heft 47, September 2013, S. 45 - 53. In PALLASCH, Heft 58, Oktober 2016, S. 61 - 71, erschien posthum „Schussleistung früher Feuerwaffen. Eine experimentelle Nachprüfung mit erstaunlichen Ergebnissen“. Die resümierenden Titel sprechen für sich und die Annahme, dass der Autor nicht zu geänderten Erkenntnissen gelangt ist. Eine Auseinandersetzung auf der Basis der bekannten Thesen dürfte sich deshalb erübrigen.