

Gab es selbstentzündliche Kriegsfeuer im Mittelalter?

Anmerkungen zur Kalziumsalpeter-Theorie

VON WILFRIED TITTMANN

Überblick

Automatische, d.h. selbstentzündliche Kriegsfeuer werden seit der Antike erwähnt, als die wärmeliefernden Eigenschaften des sich mit Wasser ablöschenden Branntkalks allgemein bekannt wurden. In den 1990er Jahren wurde von Gerhard Kramer die These vorgebracht, dass die *automatischen* Brandsätze auch Salpeter enthalten haben sollen und deshalb als Sprengstoffe und direkte Vorläufer des Schießpulvers zu betrachten seien. Da der im Schwarzpulver gebräuchliche Kaliumsalpeter in Europa nicht natürlich vorkommt, postulierte Kramer die generelle Verwendung von Kalziumsalpeter im Mittelalter und schloss dabei auch China ein. Nach seiner Theorie ist das Schießpulver also eine genuin europäische Innovation auf der Basis der *automatischen* Feuer, welche deshalb eine nähere Untersuchung verdienen.

Der vorliegende Beitrag kommt zu gegenteiligen Ergebnissen. Praktische Schießversuche im September 2002 durch das Mittelaltercentret in Nykøbing/Falster, Dänemark, beweisen, dass der stark hygroskopische Kalziumsalpeter für Schwarzpulver völlig ungeeignet ist – seine vorhergehende Verwendung in Protosprengsätzen (Kramer: „Pyr autómaton“) ist daher mehr als fraglich. Weiterhin stellt sich heraus, dass die bemerkenswerte Häufung von Rezepten für *automatische* Feuer zwischen 1300 und 1480 nicht auf einer entsprechenden Kriegspraxis beruht, sondern auf die literarische Rezeption von „antiker“ Kriegswissenschaft im Spätmittelalter zurückzuführen ist und daher nur theoretischen Charakter hat. Im Zentrum der Überlieferung stehen dabei der *liber ignium* (spätes 13. Jahrhundert), Konrad Kyesers *Bellifortis* (1405) und schließlich das *Feuerwerkbuch* (seit 1420). Besonders bemerkenswert ist, dass neun von zehn Rezepten im *Bellifortis* (1405) keinen Salpeter aufweisen und damit die prinzipielle Unabhängigkeit der *automatischen* Feuer vom Salpeter demonstrieren. Der militärische Nutzen der beschriebenen selbstentzündlichen Feuer ist im Übrigen als sehr gering bis nicht vorhanden zu veranschlagen. Als Fazit ist daher festzustellen, dass es kein „Pyr autómaton“ im Sinne Kramers gegeben hat. Möglicherweise jedoch veranstaltete man im späten Mittelalter Versuche mit *automatischer* Zündung durch Branntkalk. Dies ist aber eher als Folge denn als Ursache der

kriegswissenschaftlichen „Renaissance“ zu betrachten. Die praktische Erprobung von Brandsätzen auf Basis von Branntkalk und Schwefel bleibt weiterhin ein Desiderat der experimentellen Archäologie.

Abstract

Self-igniting (*automatic*) incendiary compositions are mentioned since the Roman ancient world when the heat-generating properties of quicklime became generally known. In the early 1990s Kramer put forward the thesis that these self-igniting mixtures must have contained saltpetre; therefore, these mixtures should be categorized as explosives and would represent the direct ancestors of gunpowder. It is of utmost importance to note that the „standard“ type of saltpetre, i.e. potassium nitrate, cannot be found in Europe, but was obtained by conversion of calcium saltpetre. Kramer concludes from this fact that only calcium nitrate was used in Europe and China during the late Middle Ages. Following his theory, he considers gunpowder a genuine European innovation, invented on the basis of *automatic* fires. Because this is completely contrary to the established theory, a closer survey of the subject is warranted.

The present study of the author reveals different findings. Firing trials which were carried out by the Middelaldercentret in Nykøbing/Falster, Denmark, in September 2002, show that calcium nitrate (calcium saltpetre) type of gunpowder does not ignite due to intense hygroscopy and therefore cannot be used for the fabrication of gunpowder. The previous use of calcium saltpetre in proto-explosives (Kramer: „pyr autómaton“) is more than questionable. Furthermore, the remarkable accumulation of recipes for *automatic* fires which is found between 1300 und 1480 A.D. is not based on an accordant practice of warfare but rather due to the reception of „antique“ warfare science in the literature of the late Middle Ages. Three treatises are of utmost importance: The *Liber ignium* (late 13th century), Konrad Kyeser's *Bellifortis* (1405 A.D.) and, lastly, the *Feuerwerkbuch* (since 1420 A.D.). It is of special relevance that nine out of ten recipes in the *Bellifortis* do not include the use of saltpetre. Conclusively, this demonstrates the independence of *automatic* fires from saltpetre. Also, the military benefit of the described self-igniting incendiaries can be estimated as very little to non-existent. In summary, the absence of the working type of saltpetre in Europe and the thorough review of the current literature reveal no evidence for a „pyr autómaton“ in Kramer's sense. However, experiments with *automatic* ignition using quicklime have potentially been conducted during the late Middle Ages – but as a consequence, not as a reason of the „Renaissance“ of antique art of war science. The practical testing of incendiary compositions on the basis of quicklime and sulfur still remains a desideratum of experimental archeology.

1. Der Stand der neueren Forschung

Auf den ersten Blick scheint die hier aufgeworfene Fragestellung zu speziell, ja fast abwegig zu sein, um ein allgemeines technikhistorisches Interesse beanspruchen zu können. Berücksichtigt man aber die jüngst wieder aufgebrochene Diskussion über die Herkunft von Schießpulver und Salpeter als aktuellen Hintergrund, so gewinnt das mit dem Thema angeschnittene pyrotechnische Problem erheblich an Relevanz.

Selbstzündende (*automatische*) Brandsätze sind nach Gerhard Kramer die direkten Vorläufer des mittelalterlichen Schwarzpulvers und beruhen nach seiner Auffassung ganz wesentlich auf der Verwendung von Salpeter (in Verbindung mit Branntkalk zur Erzeugung von Entzündungswärme).¹ Seit langem vertritt Kramer die These, dass der erste militärisch verwendete Salpeter nicht der übliche Kalium- oder kurz Kalisalpeter (KNO_3) gewesen sei, wie er bis zur Einführung des nitrierten rauchlosen Pulvers Ende des 19. Jahrhunderts international im Gebrauch war, sondern der einheimische und bekanntlich wesentlich hygroskopischere Kalzium- oder Mauersalpeter ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$).² Wegen seiner wasserbindenden Wirkung gilt der „Kalksalpeter“ zur Herstellung von Schießpulver allgemein als unbrauchbar. Gleichwohl bestreitet Kramer dies in Hinblick auf *automatische* Brandsätze und das daraus seiner Meinung nach entwickelte erste Pulver. Gerade weil der im klimatisch gemäßigten Europa vorherrschende Kalziumsalpeter stark wasseranziehend ist, liegt für Kramer der Gedanke nahe, dass man sich seiner zuerst in speziellen Brandsätzen bedient hat, welche Feuchtigkeit vertragen konnten, ja zu ihrer selbsttätigen Zündung Wasser geradezu benötigten. Solche *automatischen*, d. h. ohne Feuer durch Regen oder Tau selbstzündenden Kriegsfeuer sind seit der Mitte des 6. nachchristlichen Jahrhunderts literarisch nachweisbar³ – sollte Kramers Theorie also richtig sein, dann würden

- 1 Gerhard W. Kramer, Das Pyr Automaton – die selbstentzündlichen Feuer des Mittelalters, in: Waffen- und Kostümkunde (WKK) 44, 2002, S. 49-61. Der Aufsatz hat seinen Ursprung in den Berthold-Schwarz-Studien des Autors (s. Anm. 2) und findet sich ein Jahr vor seiner Veröffentlichung in der WKK ansatzweise in der englischen Ausgabe des Freiburger *Feuerwerkbuches*: Gerhard W. Kramer, The Firework Book. Gunpowder in Medieval Germany – Das Feuerwerkbuch (Anonymous) German, c. 1400. Translation of MS 362 dated 1432 in the Library of the University of Freiburg i. Br., in: The Journal of the Arms & Armour Society (JAAS) 17, 2001, H. 1, S. 55, 62. Eine Rezension vom Verfasser (W.T.) liegt vor, in: Technikgeschichte 71, 2004, S. 173ff. Es ist außerdem geplant, auf der Internetseite des Lehrstuhls für Wirtschafts- und Technikgeschichte an der Ruhr-Universität Bochum einen Link für eine ausführliche quellenkundliche Kritik an Kramers WKK-Aufsatz einzurichten (URL: [http://www.ruhr-uni-bochum.de / technikhist](http://www.ruhr-uni-bochum.de/technikhist)). Gerhard Kramer ist 2002 vor der Drucklegung seines Artikels verstorben.
- 2 Gerhard W. Kramer, Berthold Schwarz. Chemie und Waffentechnik im 15. Jahrhundert (Deutsches Museum (Hg.), Abhandlungen und Berichte 10), München 1995, S. 35ff. (Kapitel: Calciumnitrat und Salpetersäure).
- 3 Vgl. 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

sich ganz erhebliche Konsequenzen für die Geschichte der Sprengstoffe ergeben.

Zunächst wäre der Primat Chinas auf dem Sektor von Pulver und Pulverwaffen grundsätzlich in Frage gestellt. Kramer selbst vertritt die Meinung, auch in Fernost habe man den Kalziumsalpeter vor dem Kalisalpeter hergestellt und das ganze Mittelalter hindurch allein gebraucht. Weiter würde sich die Annahme eines pyrotechnischen Technologietransfers von Ost nach West erübrigen, weil der Westen dank der frühzeitigen eigenen Kenntnis von Salpeter – nämlich seit der Völkerwanderungszeit – die Entwicklung zum Schwarzpulver autochthon vollzogen hätte. Für Kramer erfolgt der Schritt zum echten Schwarzpulver sogar erst in der frühen Neuzeit, weil er die Innovation der Konversion von Kalksalpeter zu Kalisalpeter – durch „Läutern“ mittels alkalischer Stoffe wie Pflanzen- oder Pottasche (K_2CO_3) – sehr spät auf ca. 1530/40 datiert und die Erfindung nicht – wie aufgrund des Klimafaktors zu erwarten – Arabern, Indern oder Chinesen, sondern erneut den technisch führenden Europäern zuschreibt.⁴ Folglich hat es laut Kramer vor 1530/40 „weltweit“ nur ein mehr oder weniger schwaches Schießpulver auf Kalziumsalpeter-Basis gegeben, welches erst um 1380 durch den Alchemisten Berthold Schwarz gekörnt und in seiner Brisanz entscheidend verstärkt werden musste, damit die ersten richtigen Geschütze (die so genannten ‚Steinbüchsen‘) entwickelt werden konnten – wiederum mit dem schwarzen Berthold als Inventor der ersten Steinbüchse an der Spitze.⁵ Das Theoriegebäude Kramers bietet so ein völlig neues, ungewöhnliches und in sich schlüssiges Erklärungsmodell für die Entwicklung der gesamten Pulvertechnologie an. Dessen Schwäche liegt, wie leicht zu erkennen ist, in einer monokausalen Ausrichtung auf Europa sowie im Mangel an umfassender Quellenarbeit, denn wesentliche Punkte scheinen rein deduktiv von einem naturwissenschaftlichen Forschungsansatz abgeleitet und quellenmäßig nur oberflächlich oder gar nicht untermauert zu sein.

Es ist hier nicht der Ort, das Pro und Contra zu Kramer aus außereuropäischer oder waffenkundlicher Sicht zu erörtern. Im Mittelpunkt seiner Gesamtheorie, die hier nur partiell untersucht werden soll, steht nicht die Figur des wiederbelebten Erfinderheroen Berthold Schwarz, sondern die technologisch revolutionäre Kalksalpeter-Theorie. Diese hat international viel Anklang gefunden und bildete 1994 auch einen inhaltlichen Schwerpunkt der von Brenda Buchanan geleiteten 22. Tagung des International Committee for the

1976, ²1983), S. 9-13 („Kesten“ des Julius Africanus aus dem 3. Jahrhundert n.Chr.). Da die Kesten Nachträge in byzantinischem Griechisch enthalten und Justinians Feldherren Belisar erwähnen, ist die spätere Zeitstellung gesichert, weil Kapitel 44 mit dem Rezept des „Pyr automaton“ zu den nachträglichen Ergänzungen gehört.

4 Kramer (wie Anm. 2), S. 41 u. 43.

5 Ebd., S. 123ff. (Kapitel: Beruf, Lebensweg, Tod) sowie ders. (wie Anm. 1, 2001), S. 13ff. u. 69ff.

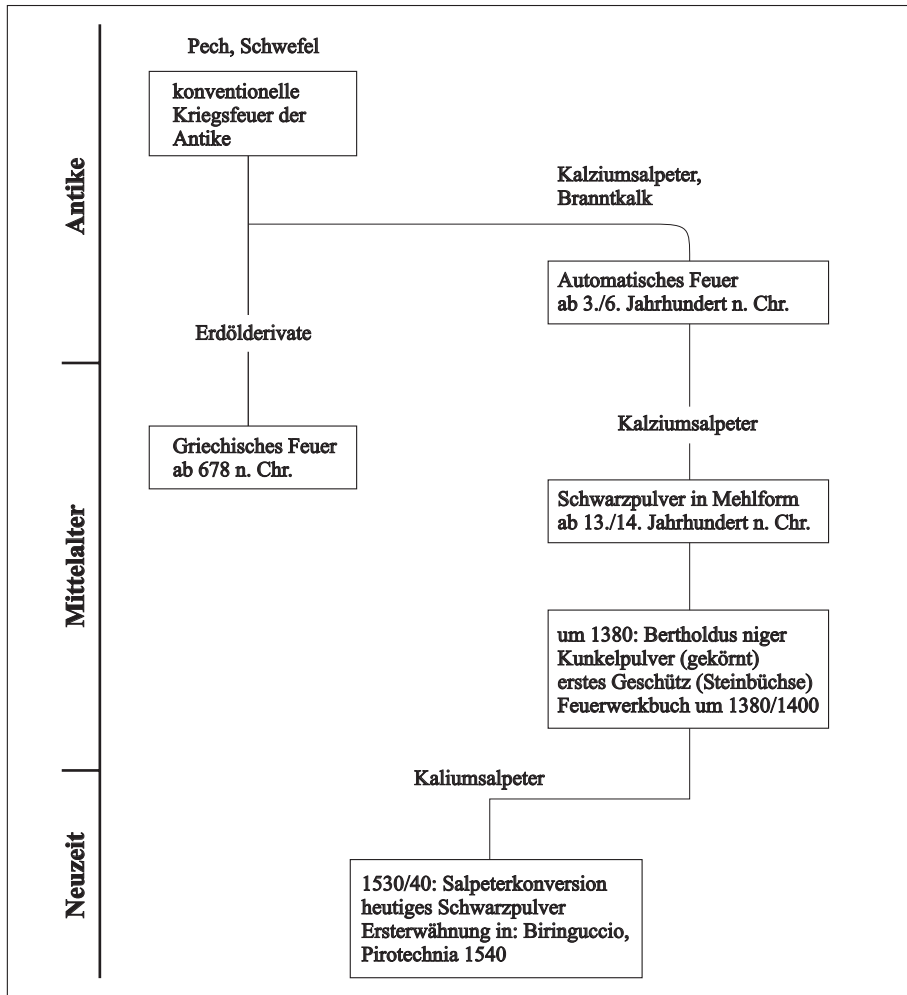


Abb. 1: Der historische Entwicklungsgang von Salpeter und Pulver nach Gerhard Kramer. Die pyrotechnische Nutzung des Kalzium- bzw. Mauersalpeters ist ein Kernstück dieser Theorie und schließt die allgemein anerkannte Pionierrolle Chinas bei der Entwicklung des Schießpulvers aus (Skizze des Verfassers nach Kramer 1995 und 2002, Gestaltung durch U. und G. Nandzik, Bochum).

History of Technology (ICOTECH), des so genannten *Gunpowder Symposiums* von Bath.⁶ Bert Hall akzeptierte dort Kramers „discovery of the importance of lime saltpetre“ und machte lediglich die Einschränkung, dass die Innovation der Salpeterkonversion (und damit die Nutzung des Kalisalpeters) nicht erst um 1540 begann, sondern um diese Zeit bereits vollendet war – nach

6 Die Publikation der Referate erfolgte ebenfalls durch Brenda J. Buchanan (Hg.), *Gunpowder. The History of an International Technology*, Bath 1996. Kramer publizierte hier auf S. 45-56 den Artikel: *Das Feuerwerkbuch: Its importance in the early history of black powder.*

einer längeren Phase des Experimentierens während des 15. Jahrhunderts. Für das 14. Jahrhundert stellte Hall fest: „Kramer is doubtless correct in claiming that fourteenth century gunpowder was made mainly with calcium nitrate.“⁷ Damit wurde die Kalziumsalpeter-Theorie Kramers sozusagen kanonisiert.⁸ Ihre nahtlose Einpassung in die Technikgeschichte war damit aber keineswegs schon gesichert, wie sich bald herausstellen sollte.

2. Das Problem: Anhaltende Zweifel an der Kalziumsalpeter-Theorie

Eine Theorie ist nur dann zielführend, wenn sie Phänomene besser als die früheren Erklärungsversuche verständlich macht und nach Möglichkeit auch Antworten auf bislang ungelöste Fragen anbietet. Die Kalziumsalpeter-Theorie erklärt möglicherweise, wieso im Mittelalter ein in der Tat erstaunlicher Mangel an schriftlich überlieferten Rezepten für die Salpeterkonversion (d. i. die Umwandlung des Kalziumsalpeters in Kaliumsalpeter) festzustellen ist. Sie schafft aber auch neue Verständnisprobleme an bereits geklärten Stellen, die viel gravierender als dieses Problem sind. Für arabische Wissenschaftler wie Ahmad al-Hassan, Aleppo, besteht z.B. weiterhin keine Veranlassung, von der gewohnten Vorstellung des orientalischen Salpeters als Kalisalpeter abzugehen.⁹ Es ist sachlogisch auch kaum einsichtig, dass in tropischen bzw. subtropischen Regionen der „europäische“ Mauersalpeter vorherrschend gewesen sein soll. Da Salpeter – simpel ausgedrückt – ein Zersetzungsprodukt von organischer Materie ist, hängt die Verteilung der verschiedenen Salpeterarten von der vorhandenen Biomasse ab – in heißen Zonen, wo die Natur bei ausreichender Feuchtigkeit rasch Vegetation aufbaut und wieder zerstört, herrscht der aus pflanzlichen Materialien stammende Kali(um)salpeter vor. Folglich findet man damals wie heute in Ostindien (Bengalen), Nord- und Westchina (Szechuan, Shansi, Shantung), Arabien und auch im andalusischen Spanien (laut al-Hassan als einzigem europäischen Landstrich) das Kali- oder Kaliumnitrat (KNO_3) vor.¹⁰ Dagegen entsteht im restlichen Europa der Salpeter hauptsächlich aus tierischen Überresten oder Exkrementen und ist zwangsläufig sehr kalziumhaltig – es handelt sich um den im höchsten Maße wasseranziehenden „Kalk- oder Mauersalpeter“ ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$), der sich

7 Vgl. Bert S. Hall, The coming of gunpowder and the development of firearms in the Renaissance, in: Buchanan (wie Anm. 6), S. 87-120, hier S. 91.

8 Vgl. auch JAAS 17, 2001, H. 1 (wie Anm. 1). Diese Jubiläumsausgabe wurde anlässlich des 50-jährigen Bestehens der Arms & Armour Society, London, ganz dem Freiburger Feuerwerkbuch und Kramers Theorien gewidmet.

9 Ahmad Y. al-Hassan, Gunpowder composition for rockets and cannon in arabic military treatises in the thirteenth and fourteenth centuries, in: ICON 9, 2003, S. 1-30 passim. Für die freundliche Überlassung danke ich Herrn Prof. W. Weber, Bochum.

10 Ebd., S. 20. Vgl. auch 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. 95; James R. Partington, A History of Greek Fire and Gunpowder, Cambridge 1960, S. 286f.

besonders in Viehställen oder im Boden um menschliche Behausungen ansammelt und gern an feuchten Wänden ausblüht.¹¹ Damit ist auch schon angedeutet, dass es in Europa keine natürlichen Ablagerungen von Nitraten gibt (und somit auch kein Milieu für eine zufällige Entdeckung der verbrennungsfördernden Eigenschaften des Salpeters).

Nach wie vor ist also davon auszugehen, dass in Nahost wie in Fernost (Indien, China) der sowohl natürlich als auch gehäuft vorkommende Kalisalpeter der gegebene Sauerstofflieferant für Explosivstoffe gewesen ist. Al-Hassan belegt in seinem jüngsten Artikel die vielfältige Verwendung von stöchiometrisch korrekt gemischtem Schwarzpulver im arabischen Machtbereich seit dem 13. Jahrhundert und beseitigt damit alle Zweifel, ob dieses echte Schwarzpulver auch den europäischen Handelspartnern bzw. Nachbarn der Araber bekannt war.¹² Dafür spricht auch ein technisches Argument: Es besteht weiterhin ein allgemeiner Konsens unter Militär- wie Technikhistorikern, dass das Schießpulver ausschließlich auf der Grundlage des Kalisalpeters dauerhaft pyrotechnisch verwendungsfähig bleibt, während die drei anderen Salpeterarten – die Nitrate von Kalzium, Natrium oder Magnesium – schon bei normaler Luftfeuchtigkeit hygroskopisch wirken und das mit ihnen hergestellte Pulver binnen kurzer Zeit feucht werden lassen. Dass man „sein Pulver trocken halten“ muss, ist seit dem Mittelalter zur Redensart geworden, und „pulvertrocken“ bedeutet noch heute sprichwörtlich, dass nicht die geringste Feuchtigkeit anzutreffen ist. Man kann daher Kramer nicht folgen, dass das Pulver einst kristallwasserhaltig gewesen sein soll.

Das *Feuerwerkbuch* von ca. 1420 erwähnt den Bezug von Salpeter aus Venedig, welcher mit Kochsalz versetzt und solchermaßen gestreckt wurde. Als Herkunftsland dieses orientalischen Importsalpeters wird im Allgemeinen das östliche Indien angenommen – dort fand sich nach jeder Monsunperiode der so genannte Kehrsalpeter (ein Gemisch von Nitraten mit besonderer Häufung des Kaliumsalpeters) in großen Mengen vor. Es darf also davon ausgegangen werden, dass die Araber den bengalischen Salpeter selber gebrauchten und den Überschuss als Kaufmannsgut nach Europa weiterleiteten. Erst als diese Importe im Zeitalter der pulverfressenden Steinbüchsen zu teuer wurden, ging man z.B. in Mitteleuropa dazu über, den Salpeter in Gruben oder Plantagen künstlich und vor allem wesentlich billiger selbst zu ziehen.¹³

Die Kalziumsalpeter-Theorie postuliert dagegen ein mittelalterliches Schießpulver auf der Basis des reichlich kristallwasserhaltigen Mauersalpe-

11 Vgl. Ottomar Thiele, Salpeterwirtschaft und Salpeterpolitik. Eine volkswirtschaftliche Studie über das ehemalige europäische Salpeterwesen, besonders Deutschlands und Frankreichs, Köthen 1904 (Diss. Münster 1904), S. 8f; vgl. Kramer (wie Anm. 2), S. 39f.

12 Vgl. al-Hassan (wie Anm. 9), S. 6ff. u. 17ff.

13 Vgl. Partington (wie Anm. 10), S. 314ff. Den urkundlichen Nachweis des ersten künstlich gezogenen Salpeters führte 1925 Bernhard Rathgen; vgl. ders., Das Geschütz im Mittelalter, Berlin 1928 (Reprint Düsseldorf 1987), S. 25 (Kapitel: Pulver und Salpeter).

ters ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$) und stellt sich damit gegen alle praktische Erfahrung der alten Pulvermacher. Möglicherweise kann dem Kalziumsalpeter durch Kochen oder „Läutern“ vorübergehend etwas Kristallwasser entzogen werden, so dass der Gehalt an Kristallwasser von $4 \text{H}_2\text{O}$ auf $2 \text{H}_2\text{O}$ je Molekül sinkt¹⁴ – es besteht aber kein Zweifel, dass der entwässerte Kalksalpeter anschließend wieder gierig Feuchtigkeit aus der Atmosphäre aufsaugt und erneut zum Tetrahydrat wird. Die Erfahrung, dass Kalksalpeter sich nicht effektiv dehydrieren lässt, musste im September 2002 auch ein Expertenteam, die *Medieval Gunpowder Research Group* unter Leitung von Peter Hansen und Robert Smith in Gegenwart von Bert Hall machen. Der Kalksalpeter wurde vor Ort nach mittelalterlichen Rezepten in einem alten Stall gezogen, durch Kramer raffiniert (d.h. wohl erfolglos dehydriert?) und anschließend an Stelle des Kalisalpers dem Schießpulver untergemischt. Der Report Nr. 1 von Smith schildert die unerwarteten Erfahrungen mit dem Kramer'schen Pulver wie folgt:

„After publishing the results of test firing trials of a replica of the Loshult gun, Peter Vemming was contacted by Klaus Leibnitz. At a meeting in Denmark, at the home of Lars Barfod, it was proposed to produce gunpowder in a medieval manner as far as possible ...“. „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“.¹⁵

Das Experiment darf angesichts der Kompetenz der Beteiligten und der idealen materiellen Rahmenbedingungen als unfreiwillige, aber durchaus gelungene Falsifikation von Kramers Kalziumsalpeter-Theorie angesehen werden.¹⁶

14 So die These von Kramer (wie Anm. 2), S. 40f.; ders. (wie Anm. 1, 2002), S. 55.

15 Vgl. Medieval Gunpowder Research Group/Middelaldercentret Nykøbing F., *The Firing Trials* (Report No. 1: The Ho Experiments), Nykøbing/Falster, September 2002, S. 6f. u. 13. Für die freundliche Überlassung der Dokumentation danke ich Herrn Jan Piet Puype, Legermuseum Delft; sie war nur zeitweise von der englischsprachigen Website herunterzuladen (URL: <http://www.middelaldercentret.dk>). – Leider steht mir die Publikation von Peter V. Hansen, *Rekonstruktion og skydeforsøg med Loshultkanonen*, Nykøbing 2001, nicht zur Verfügung.

16 Ebd., S. 3: „Most important were questions about the type of gunpowder that would have been available to the 14th century gunner. Central to this question is the type of saltpetre that would have been available.“ Der Versuch von 2002 hat schon jetzt ein wichtiges Ergebnis aufgedeckt: Das Problem beim Kalziumsalpeter besteht vermutlich weniger in der Herstellung als vielmehr in der Konservierung eines wasserarmen oder wasserlosen Nitrats. Eine Testreihe müsste zunächst aufzeigen, unter welchen klimatischen Bedingungen „geläutertes“ Kalziumsalpeter kein oder nur minimal Wasser anzieht (was unter

Der ursprüngliche Zweck war ein anderer, denn man wollte endlich die Zweifler überzeugen und die Wirksamkeit von Mauersalpeter als Pulverkomponente in der Praxis demonstrieren. Das Scheitern der praktischen Erprobung schon im Vorfeld bedeutete folglich auch das Ende der Kalziumsalpeter-Theorie sowie des damit verbundenen Postulats, das Schießpulver könnte sich auf Basis des Mauersalpeters in einem autonomen Prozess auf dem europäischen Kontinent entwickelt haben. Unklar bleibt jedoch weiterhin, ob der Mauersalpeter wenigstens die ihm zugeschriebene historische Rolle bei den *automatischen* Feuern zu spielen vermochte, so wie es sich Kramer als Vorstufe zur Pulverinnovation vorstellte.

An diesem Punkt setzt der vorliegende Artikel an. Nach Kramer musste das „Pyr autómaton“ – d.h. jedes selbstentzündliche Kriegsfeuer seit der Erfindung des Mörtels in der Antike – wenigstens drei Kriterien erfüllen, um bei Wasserkontakt Feuer zu fangen. Es musste

- Kalkoxid oder Branntkalk (CaO) als temperaturlieferndes, weil bei Ablösung sich erhitzendes Zündmittel besitzen,
- einen davon getrennten, leicht zündenden Sprengsatz aus Schwefel und Kalksalpeter aufweisen und
- in diesem Sprengsatz wiederum nur „geläuterten“, d.h. um die Hälfte des Kristallwassers reduzierten Kalksalpeter mit der Formel $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ enthalten.

Außerdem sollte der Kalk „holzgebrannt“ und der verwendete Schwefel ausschließlich „kristalliner Naturschwefel“ sein, wollte man laut Kramer „keine unangenehme Überraschung erleben“.¹⁷ Nun ist es aber selbst Kramer als Chemiker nicht gelungen, den dehydrierten Kalksalpeter gemäß der zweiten und dritten Bedingung für die Erprobung von „mittelalterlichem“ Schießpulver herzustellen – folglich beruht seine Definition des „Pyr autómaton“ in diesen Punkten weder auf empirischer noch auf quellenkundlicher Basis und ist daher als *petitio principii* erkennbar. Was also bleibt von Kramers selbstzündenden Kriegsfeuern und dem Kalksalpeter?

3. Die Frage: Gab es selbstentzündliche Kriegsfeuer im Mittelalter?

Die Frage stellt sich hier in veränderter, aber sach- und quellenkritisch sozusagen ursprünglicher Form: Sind die in den kriegstechnischen Handschriften vorhandenen Rezepte für *automatische* Brandsätze eigentlich der militärischen Realität entnommen oder nur „Literatur“? Ein Stolperstein wird bei der Beantwortung von vornherein vermieden – eine dogmatische Definition

mitteleuropäischen oder vergleichbaren Verhältnissen praktisch unmöglich erscheint) und ob im Idealfall wirklich ein zündfähiges Pulver entsteht. Die Beweislast liegt dabei allein bei den Vertretern von Kramers Theorie, weil die Funktionsfähigkeit des normalen Kaliumsalpeters nicht mehr bewiesen werden muss. Eine Verifizierung würde im Übrigen noch nicht bedeuten, dass es keinen Konversionssalpeter im Mittelalter gab.

17 Kramer (wie Anm. 1, 2002), S. 56.

von angeblich unverzichtbaren Komponenten und Eigenschaften wird nicht mehr vorausgesetzt, sondern die Quellen können und sollen selber sprechen. Dabei sind vier Fragen aufzuklären:

- Was enthalten Rezepte für *automatische* Kriegsfeuer außer Branntkalk?
- Wie war die praktische bzw. taktische Verwendung gedacht?
- Können die Rezepte generell, teilweise oder in keinem Fall als Beweis für frühen Salpetergebrauch vor der Ära von Schießpulver und Pulverwaffen dienen?
- Ist hier anders als beim Schießpulver Kalksalpeter nachweisbar? Lässt sich gegebenenfalls die Kalziumsalpeter-Theorie in diesem Punkt aufrecht erhalten?

Das Problem lässt sich von einem pragmatischen Standpunkt aus und mit Beschränkung auf europäische Quellen relativ schnell lösen. Aus Sicht des Chemikers und der naturwissenschaftlichen Theorie spricht sicherlich nichts gegen die Möglichkeit, mittels Wasser Branntkalk zur exothermen Reaktion, starker Hitzeentwicklung und Zündung von Stoffen mit niedrigem Flammpunkt wie z.B. Schwefel (260°C) zu bringen. Für einen Physiker wie Ferdinand Nibler präsentiert sich das Problem im Detail jedoch wesentlich komplizierter. Seine Darlegungen, welche ausführlich in diesem Heft nachzulesen sind, können hier hinsichtlich der ersten drei Fragen bezüglich der *automatischen* Feuer wie folgt zusammengefasst werden:¹⁸

- a) Die Energiequelle für den chemischen „Anzünder“ ist die exotherme Reaktion von Kalziumoxid (Branntkalk) und Wasser: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{W}$.
- b) Die freiwerdende Energie W initialisiert den Anzündvorgang, falls die Reaktionsmasse ausreicht. Dies ist schon bei erstaunlich geringen Mengen in der Größenordnung von einigen Lot bzw. Unzen der Fall. Zum Vergleich: Die im Mittelalter weithin gebräuchliche Kölner Mark von 233,6 g besaß 16 Lot zu 14,6 g und 8 Unzen zu 29,2 g.
- c) Die Energieentwicklung von 5 Lot (74 g) Reaktionsmasse reicht aus, den aktiven Kern auf 400 bis 450°C zu erwärmen – für die unmittelbare Umgebung können geschätzte 300°C erreicht werden. Schwefel kann also z.B. gezündet werden.
- d) Das ist jedoch unmöglich, wenn noch Restwasser die Reaktionsmasse umgibt oder diese im Wasser schwimmt – das den Brandsatz direkt umschließende Wasser wird jeweils auf 100°C aufgeheizt und verdampft am Siedepunkt natürlich unter Energieverbrauch (= Abkühlung des abloschenden Kalks), bis nach vollständiger Verdampfung die Temperatur der Umgebung weiter ansteigen kann. Zuviel Wasser wirkt sich also jenseits

18 Vgl. Ferdinand Nibler, Überlegungen zum chemischen Anzünder auf Kalziumoxidbasis (in diesem Heft). Für die freundliche Überlassung im Voraus danke ich Herrn Prof. Dr. Nibler, Ottobrunn.

- der erwünschten Reaktion mit dem Branntkalk stark kontraproduktiv für den anschließenden Zündvorgang aus und verhindert ihn womöglich.
- e) Nibler schließt daraus, dass zunächst die quantitative wie zeitliche Dosierung der Wassermenge der entscheidende Faktor für die Initialisierung eines *automatischen* Feuers ist. Die erste „praktische“ Erkenntnis lautet also, dass solche *automatischen* Feuer im offenen Wasser oder bei unkontrolliert starker Wasserzuführung völlig nutzlos sind und nicht zünden. Das schließt z.B. den Gebrauch von „Wasserbomben“ – wie von Kramer in Bezug auf China im Jahr 1161 behauptet – definitiv aus.¹⁹ Angesichts der Notwendigkeit, Wasser nur dosiert anzuwenden, ist ein trockenes Milieu wichtigste Voraussetzung für eine reelle Chance auf Zündung. Der Schauplatz *automatischer* Feuer dürfte damit klar einzugrenzen sein: Man kann sie nicht zur See, sondern ausschließlich zu Land (eben auf dem „Trockenen“) benutzen.
- f) Umgekehrt besteht bei zu geringer Wasserzufuhr – z.B. durch den morgendlichen Tau – die Gefahr, dass durch die langsame Energieentwicklung ständig Wärme verlorenggeht, die nutzlos an die Umgebung abgegeben wird, so dass im Endeffekt die zur Zündung des Schwefels nötige Temperatur wiederum nicht erreicht wird. Der Zeitfaktor ist also für Erfolg oder Misserfolg der Zündung mitentscheidend. Die zweite praktische Erkenntnis lautet deshalb: Die zur vollständigen Reaktion des Branntkalks nötige Wassermenge sollte in möglichst kurzer Zeit abgegeben werden.
- g) In den gemäßigten Zonen könnte nur ein kurzer Regenschauer den „Anzünder“ aus Branntkalk und Schwefel ausreichend schnell und komplett zur Reaktion bringen, vorausgesetzt, es steht auch genügend Oberfläche durch eine flächige Verteilung des Brandsatzes zur Verfügung. Die in einigen Rezepten beschriebene Initialisierung der Zündung mit Tau ist dagegen vermutlich nur in tropischen oder benachbarten subtropischen Zonen mit starkem Taufall (bis zur zehnfachen Taumenge im Vergleich zu Mitteleuropa) möglich und könnte auf eine entsprechende Herkunft der betreffenden Rezepte hindeuten.
- h) Da der brennende Schwefel schnell verbraucht ist und massive Holzkonstruktionen wie Dachsparren, Balken oder Kriegsmaschinen nicht entflammen kann, werden zusätzliche langbrennende Übertragungskomponenten für ein nachhaltiges Feuer benötigt. Wirksame („echte“) Brandsätze zeichnen sich also durch zusätzliche Beimischung von Zutaten wie Harz, Öl oder Pech aus. Paradoxerweise besteht dabei die Gefahr, dass z.B. ölige Substanzen in Brandsätzen ohne Sauerstoffträger den anzündenden Schwefel wieder von der Luftzufuhr abschneiden können. Hier würde sich also die Beimischung von Salpeter empfehlen.

19 Vgl. Kramer (wie Anm. 1, 2002), S. 52f. u. 57 (mit Abb. 57).

Untersucht man mit diesem physikalischen Hintergrundwissen das überlieferte Quellenmaterial, so fällt auf, dass die Rezepte für selbstentzündliche Kriegsfeuer sämtliche Vorschriften über die Dosierung der Wasserzugabe vermissen lassen. Die Rezepte taugen also weder als „Konstruktionspläne“ noch als „Betriebsanleitungen“. Diesen Mangel könnte man hypothetisch auf das Bestreben der Urheber zurückführen, dem Leser die entscheidenden Geheimnisse vorzuenthalten und diese dem praktizierenden Feuerwerker für die persönliche Unterweisung („Schule“) vorzubehalten, aber die Vermutung liegt doch näher, dass die Hersteller der Handschriften keine wirklichen Spezialisten waren und nur vom Hörensagen ihre Aufzeichnungen machten, ja diese am grünen Tisch bzw. Schreibpult selber zusammenstellten und mit erfundenen Details ausschmückten.

Ein in dieser Hinsicht typisch zu nennendes Beispiel bietet gleich die älteste abendländische Sammlung von Kriegsfeuerrezepten, der *liber ignium* des (fiktiven) Marcus Graecus.²⁰ Das kleine Buch wurde zu Ende des 13. Jahrhunderts wahrscheinlich in Süditalien zusammengestellt und enthält neben den ersten Pulverkompositionen auch die erste lateinische, sehr phantasiereiche Schilderung eines *automatischen* Feuers, das „Agarener-Rezept“:

„Sequitur alia species ignis quo Aristoteles domos [MS. C: urbes Agarenorum] in montibus sitas destruxit incendio, ut et mons ipse susiderit. R. balsami l. I, alchitran l. V, oleum ovorum et calcis non extinctae ana l. X. Calcem teras cum oleo, donec una fiat massa. Deinde inungas lapides ex ipso et herbas ac renascentias quaslibet in dies canicularibus, et sub fimo ejusdem regionis sub fossa dimittes; primo namque autumnalis pluviae dilapsu succendetur terra et indegenas comburit igne. Aristoteles namque hujus ignem annis IX durare asserit.“

„Another kind of fire with which Aristotle burnt houses [MS. C: cities of Agareni/Arabs] situated in the mountains and burnt the mountain itself. Take petroleum 1 lb., pitch 5 lb., oil of eggs and quicklime 10 parts of each. Grind the quicklime with the oil and make one mass of them all. Then anoint [with the mixture] stones, grass, and young plants during the dog days, and bury it in horse-dung in those places underground. When the autumnal rains begin to fall the earth takes fire and its fire burns the inhabitants. Aristotle affirmed that this fire lasts nine years.“²¹

Es erübrigt sich wohl, dieses vergrabene Feuer ohne Sauerstoffträger (Salpeter) allzu genau unter die Lupe zu nehmen. Was an dem Bericht den heutigen Forscher von einer eingehenden Analyse eher abhalten mag, war für den

20 Übersicht bei Romocki (wie Anm. 3), S. 114ff. sowie Partington (wie Anm. 10), S. 42ff.

21 Vgl. Partington (wie Anm. 10), S. 47; dazu auf S. 58 die Erklärung, dass die Araber für die Byzantiner des 10. Jahrhunderts „Agareni“ waren. Romocki (wie Anm. 3), S. 124f. gibt eine geringfügig abweichende Lesung einer anderen Handschrift des *liber ignium* und zusätzlich noch eine deutsche Version (S. 129).



Abb. 2: Alexander der Große trägt die laut Beischrift grüne siegverleihende Fahnenlanze, welche ihm sein Lehrer Aristoteles überreicht hat. Als seine Schutzgottheit fungiert der Planet Jupiter. Typische Verknüpfung einer kriegswissenschaftlichen spätmittelalterlichen Bilderhandschrift mit der Alexander-Legende (Quelle: Bayerische Staatsbibliothek München [Hg.], Konrad Kyser, Bellifortis, Clm 30150, Stuttgart 2000, Tafel 20 = clm 30150, f. 91r).

mittelalterlichen Leser eine Art pyrotechnische Offenbarung, stammte das Rezept doch von Aristoteles, dem *summus philosophus* der Antike und Lehrer Alexanders des Großen, d.h. vom Mentor des einzigen Eroberers des Orients und wahren Weltenherrschers. So war es glaubhaft, dass Alexander über ein geheimes Kriegsfeuer verfügt haben musste, mit dem er die „Agareni“ (Araber) neun Jahre kampflos niederhalten konnte und dazu nur die Natur als Verbündete benötigte.

Nach dem endgültigen Verlust des Heiligen Landes 1291 und aufgrund des Vordringens der Osmanen nach Europa in der zweiten Hälfte des 14. Jahrhunderts entstand eine spezielle Kriegsliteratur, welche Projekte zu neuen

Kreuzzügen oder die Bekämpfung der Eindringlinge zum Inhalt hatte und dabei insbesondere auf verbesserte Militärtechnik setzte. So vermehrte sich auch die Anzahl der Rezepte, welche wirksame Kriegsfeuer (und weitere *automatische* Feuer mit verschiedenen Funktionen) gegen die Feinde aus dem Osten versprochen. Der 1366 in Eichstätt geborene und als Arzt König Sigismunds in die Niederlage von Nikopolis 1396 verwickelte Konrad Kyeser (Kieser) ist der prominenteste Autor dieser Art Fachliteratur.²² Er machte u.a. vom *liber ignium* regen Gebrauch und schuf 1403/05 gleich zwei häufig kopierte Bilderhandschriften, welche er programmatisch mit *Bellifortis* (der „Kampfesstarke“) betitelte und den römischen Majestäten widmete.²³ Die jüngere und bekannteste Göttinger *Bellifortis*-Handschrift – der so genannte Ruprechtkodex – wurde 1405 abgeschlossen und steht dem *Feuerwerkbuch* von ca. 1420 zeitlich schon recht nah; der Folioband enthält im siebten und achten Kapitel (betitelt: *lumen* bzw. *ignes ad comburendos hostes*) allein zehn Rezepte mit Branntkalk zur *automatischen* Zündung, die nachstehend zum besseren Vergleich in tabellarischer Übersicht dargestellt werden sollen (s. Tab. 1).

Wie die Übersicht in aller Klarheit zeigt, sind bis auf eine Ausnahme (Rezept Nr. 10) noch 1405 alle wasserentzündlichen Kriegsfeuer salpeterfrei. Dieser Umstand spricht erneut gegen die These Kramers vom „Pyr automaton“ als erstem Sprengstoff. Zwei Rezepte (Nr. 2 und 3) des *Bellifortis* sind nur als Initialzündler für andere Brandsätze geeignet, die restlichen acht *automatischen* Feuer besitzen dagegen eine integrierte Übertragungsladung für die Entflammung von Gegenständen, die bekämpft und verbrannt werden sollen. Auf den ersten Blick wirken diese Rezepte vertrauenswürdig. Kann man sie also als „historisch“ im Sinne von „real existierend“ oder „wirklich verwendet“ einstufen? Ein Blick auf das pyrotechnisch fortschrittlichste und deshalb theoretisch wirksamste Rezept Nr. 10 mit Salpeteranteil ist für diese Frage sehr aufschlussreich:

Est hic rarus ignis qui no(n)
incendit(ur) grecus.

Dies ist ein seltenes Griechisches Feuer,
das sich nicht entzündet.

22 Beste Übersicht des Inhalts noch immer bei Romocki (wie Anm. 3), S. 133ff.

23 Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen, Ms. philos. 63 (so genannter Ruprechtkodex). Daneben existiert noch eine etwas ältere Handschrift, Ms. philos. 64a, aus dem Jahre 1402/3 (so genannter Wenzelkodex). Die neueste Übersicht zu den diversen Handschriften und Konrad Kyeser bietet Christoph Graf zu Waldburg Wolfegg, Der Münchener „Bellifortis“ und sein Autor, in: Bayerische Staatsbibliothek (Hg.), Konrad Kyeser, *Bellifortis*. Clm 30150 (Kulturstiftung der Länder – Patrimonia 137), Stuttgart 2000, S. 21-60. Die Edition (Umschrift – Übersetzung) von Ms. phil. 63 durch G. Quarg ist nicht fehlerfrei, so dass immer das Faksimile beigezogen werden sollte; vgl. Götz Quarg (Bearbeiter), Conrad Kyeser aus Eichstätt: *Bellifortis*, 2 Bde.: Bd. 1: Faksimile; Bd. 2: Umschrift – Übersetzung, Düsseldorf 1967. Zur philologischen Kritik an der Quargschen Edition vgl. die ausführliche Rezension von Hermann Heimpel, Quarg, Conrad Kyeser aus Eichstätt, *Bellifortis*, in: Göttingische Gelehrte Anzeigen 223, 1971, S. 115-148.

	folio	Gegenstand	Branntkalk	Schwefel	Pech	Öl	Wachs	Zündung
1	91v	Kerze: „candela“	2 Unzen	2 Unzen		½ Unze Petroleum	½ Pfd.	„sub aqua“
2	94v	Fackel: „licmen“	ohne Angabe	„gleich viel“				mit Wasser
3	96v	Eierschale: „ut scintille exeant“	ohne Angabe	ohne Angabe			als Ver- schluss	Wurf ins Wasser
4	100v	Aristoteles „ignis quem in- venit“	½ Pfd.		5 Pfd. Alki- tran	1 Pfd. Petrole- um, dazu Eieröl		Regen im Herbst
5	101v	„ignis optimus“	3 Teile	2 Teile		„etwas“	6 Teile	Regen
6	102r	Haus: „ut a pluvia accenda- tur	3 Unzen	2 Unzen		1 Teil (Unze) und mehr		Regen
7	102r	„alia con- faccio“	1 Teil	1 Teil	2 Teile 2 Ar- ten	1 Teil Petrole- um		
8	102v	„ignis grecus“	gleicher Anteil wie Restmi- schung	„wenig“	„grie- chisch“ bzw. Harz	[Mi- schung in „aqua ardens“ auflösen]	Kolo- pho- nium	ins Wasser/ beträu- feln
9	103r	Bild: „cal- cem vivam sume“	ohne Angabe	ohne Angabe		weiße Naphta u. Sesamöl	„etwas“	durch Wasser
10	108v	„rarus ig- nis gre- cus“	1 Teil	1 Teil		2 Teile Salpeter	(nur Zwie- belsaft)	Regen

Tab. 1: Rezepte zu *automatischen* Kriegsfeuern in Konrad Kyesers *Bellifortis* von 1405 (Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen, Ms. phil. 63).

Nisi prius capiat / stillas aque pluuiialis	Wenn es zuvor nicht Regentropfen empfängt:
P(ar)tem vnam calcis viue / p(ar)tes duas salpe(tre)	[Nimm] 1 Teil Branntkalk, 2 Teile Sal- peter
Et una(m) sulphuris vuvi simul que (que)tere	und 1 Teil lebenden Schwefels und zer- reibe es gleich,
Conte(re) cum succo / ceparum sic (com)miscendo	verrühre es mit Zwiebelsaft, so ist es vermischt.
Inde forma globulos uel trociscos mod(er)atos	Davon forme Kügelchen oder Pillen.
Quos ad stuppam iu(n)ge / pluuiia don(ec) irrorabit	Vermenge sie mit Werg, bis der Regen sie nassen wird.
Et saliet ignis grecus / cremando nocendo	Und brennend und schadend wird Grie- chisches Feuer aufspringen.
Turcis vel tartaris / pot(er)is p(er) illos noce(re) ²⁴	Durch sie wirst du Türken oder Mon- golen schaden können.

Es bedarf sicher keiner eingehenden Begründung, dass die Reiterheere des Ostens durch solche frei der Witterung ausgesetzten, d.h. offen verstreuten Feuerpillen – welche zu ihrer rein zufälligen Zündung außerdem des Regens bedurften – nicht im geringsten aufgehalten werden konnten. Trotz der Bezeichnung als *Griechisches Feuer* handelte es sich bei diesem vordergründig so fortschrittlichen Brandsatz nicht um das gleichnamige und im Krieg vielfach erprobte Erdölpräparat des byzantinischen Reiches und der Kreuzzugperiode,²⁵ sondern um ein militärisch mehr als fragwürdiges Produkt der Kyeserschen Phantasie, das mit dem klingenden Namen vermutlich nur seine Nutzlosigkeit kaschieren sollte. Von ähnlich dubiosem Charakter sind auch alle weiteren *automatischen* Feuer im *Bellifortis*. Es genügt etwas Sachkritik im Sinne Delbrücks, um ihren militärischen Wert – analog zum zehnten Rezept – grundsätzlich in Frage zu stellen.

Es lohnt sich also nicht, die weiteren *Bellifortis*-Rezepte Nr. 1 und Nr. 4 bis 9 pyrotechnisch eingehend zu besprechen. Die schlagenden Argumente gegen den Einsatz solcher Feuer sind militärischer bzw. praktischer Natur. Der wohl gravierendste Einwand kann dahingehend formuliert werden, dass im Krieg, wo es um Leben und Tod geht, niemand eine unzuverlässige Waffe gebrauchen kann, die zu einem nicht vorhersehbaren Zeitpunkt (oder sogar gar nicht) funktioniert bzw. zündet. Der Zeitfaktor spielt bei *automatischen* Feuern seltsamer Weise keine, sonst aber im Krieg eine überragende Rolle, denn die Waffenwirkung muss in der Regel zu einem bestimmten und auch beabsichtigten Zeitpunkt einsetzen, oder der Zweck der Kampfbarkeit wird

24 Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen, Ms. philos. 63, f. 108 v; vgl. Quarg (wie Anm. 23), Bd. 2, S. 82 und Romocki (wie Anm. 3), S. 165.

25 Vgl. Partington (wie Anm. 10), S. 28ff.

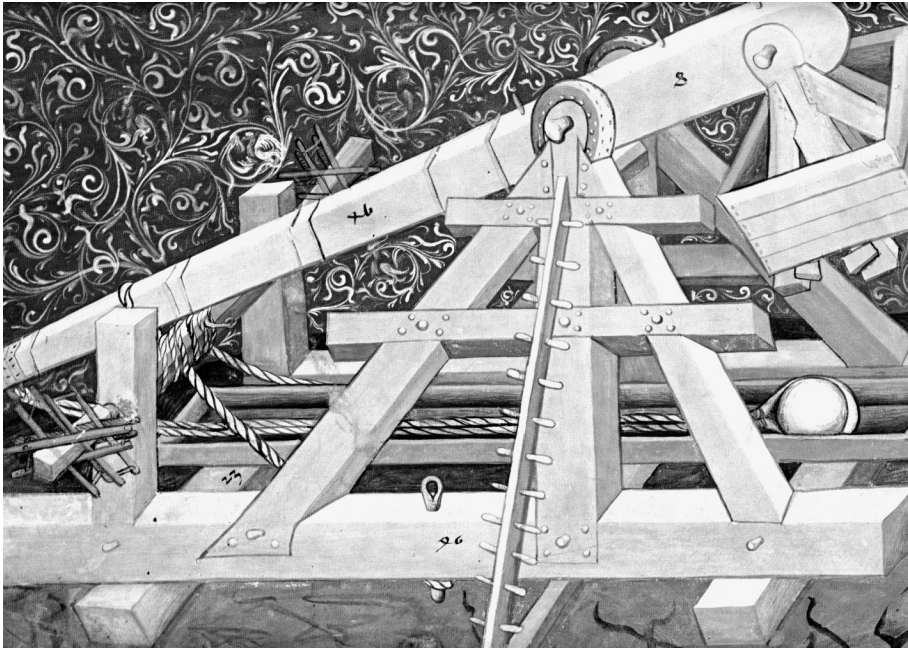


Abb. 3: Die große Blide aus Konrad Kyesers *Bellifortis* von 1405, vermutlich eine Miniatur der Prager Hofmalschule König Wenzels, wie die charakteristischen Vogeldarstellungen im Rankenwerk belegen. Die Balken tragen sichtbare Angaben der Längenmaße und lassen auf eine Höhe der Balkenkonstruktion von ca. 7 m schließen. Eine vergleichbare Hebelwurfmaschine war dem erzbischöflichen Blidenmeister und Pyrotechniker vor Köln 1252 anvertraut (Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen, Ms. philos. 63, f. 30 r. Quelle: Götz Quarg [Bearbeiter], Conrad Kyeser aus Eichstätt. *Bellifortis*, Bd. 1, Düsseldorf 1967).

verfehlt. Die mittelalterliche Geschichte bietet hierzu ein besonders instruktives, leider weitgehend unbeachtetes Beispiel aus dem Jahre 1252, als die Stadt Köln mit ihrem Stadtherren, dem Erzbischof Konrad von Hochstaden, in einer heftigen Fehde lag. Der Brandsatz des Erzbischofs war – diesmal mit einiger Berechtigung – ein so genanntes *Griechisches Feuer*, welches aus einer vermutlich mit Schwarzpulver gezündeten und in großer Menge vorhandenen Brandsubstanz bestand. Die Effektivität dieses innovativen Kriegsfeuers war also anders als bei den *automatischen* Feuern unzweifelhaft gegeben – und trotzdem schlug der Einsatz aus mangelnder zeitlicher Koordination fehl.

Die 1270 abgeschlossene Reimchronik des Stadtschreibers Gottfried (Godefrit) Hagen, eines Zeitzeugen, berichtet zunächst, wie Köln 1252 erstmals den Erzbischof aus seinen Mauern vertrieben und dazu gezwungen hatte, eine provisorische Belagerung vom rechtsrheinischen Deutz aus aufzunehmen. Natürlich konnte Köln solange nicht blockiert werden, wie die „tausend Schiffe“ der Kölner den Rhein als Nachschubstraße offen hielten.²⁶

²⁶ Beste (gemäß Dornfeld) und hier auch benutzte Textedition: E. von Groote, Des Meisters Godefrit Hagen, der zeit Stadtschreibers, Reimchronik der Stadt Cöln aus dem 13. Jahr-

Der Einsatz einer Blide, die von Deutz aus nur mäßig wirksame Steinwürfe abgab, konnte die Kölner kaum beeindrucken. Die 14 „Heerschiffe“ Konrads von Hochstaden bemühten sich nach Meister Hagens Bericht vergeblich, auch nur ein einziges kölnisches Schiff zu kapern, denn die „dusent schiff hangent an eyne seile“ zu Köln „an dem lande.“ Als sich der Erzbischof über die frustrierende Situation bei „synen schutzen“ (dem Bliedenmeister) beklagte, machte dieser seinem Herrn das Angebot, auf dessen Kosten ein *Griechisches Feuer* herzustellen und mittels eines speziell hergerichteten Branders die Kölner Flotte mit einem Schlag restlos zu vernichten. Der Erzbischof gab diesem kühnen Plan sofort seine Zustimmung, woraufhin der Schütze seine Anordnungen traf:

„Gerne; men giff dir allis des du darffst.“
 „So doit myr wynnyn myt der vart
 eyne michel wynschalde,
 eynen berchvrede stel men dryn balde,
 pech, wint vur, swegel ind bachen,
 creisch vuyr sal ich in dat schijff maichen,
 ich sal uch here in kurter stunt
 die schiff gebrant hain in (den grunt).“²⁷

„Gerne; man gibt dir alles, dessen du bedarfst.“
 „So tut mir ‚winnen‘ [nehmen] mit der Fahrt
 ein großes Weinschiff,
 einen ‚Bergfried‘ stelle man alsbald darein,
 Pech, ‚Windfeuer‘, Schwefel und Fett,
 ‚Griechisches Feuer‘ soll ich in das Schiff machen,
 ich soll Euch, Herr, in kurzer Stund die Schiffe gebrannt haben in den Grund.“

Dieses umgebaute Weinschiff mit dem „Griechischen Feuer“ an Bord muss die Kölner so nachhaltig beeindruckt haben, dass die Einzelheiten seiner Ausrüstung noch lange im Gedächtnis blieben. Den „Bergfried“ der Schaluppe kann man sich als eine turmähnliche Holzkonstruktion oder Plattform für den Brandsatz vorstellen, denn die Ladung bestand vermutlich größtenteils aus einer großen Menge „bachen“ (Fett, Unschlitt?). Das untergemischte „Windfeuer“ wurde einst von Max Jähns nicht als eigene Komponente erkannt, sondern auch semantisch ungenau mit einem angeblich „kreischen- den [sic!] Feuer“ identifiziert, welches er als gegen die Kölner Flotte eingesetzte „fauchende und zischende Raketen“ fehldeutete.²⁸ In Wirklichkeit han-

hundert. Mit Anmerkungen und Wörterbuch nach der einzigen alten Handschrift zum- erstenmale vollständig herausgegeben, Cöln a. Rh. 1834. – Dagegen ist die Textedition von K. Schröder in der Reihe „Chroniken der deutschen Städte“, Bd. 12,1, nicht gleich- rangig; vgl. E. Dornfeld, Untersuchungen zu Gottfried Hagens Reimchronik der Stadt Köln nebst Beiträgen zur ripuarischen Grammatik, Breslau 1912, S. 18 u. 90.

27 Groote (wie Anm. 26), S. 26f. (Verse 770-777). Die Interpunktion ist unverändert über- nommen worden.

28 Vgl. Max Jähns, Handbuch einer Geschichte des Kriegswesens von der Urzeit bis zur Renaissance. Technischer Teil, Leipzig 1880, S. 771.

delte es sich bei der beschriebenen Brandmasse um das klassische Pech-Schwefelgemisch, welches durch Zugabe von Fett (statt Petroleum) schwimmfähig gemacht wurde – so wie es sich für ein echtes *Griechisches Feuer* gehört. Es erhielt darüber hinaus noch einen separaten Brandsatz zum Zünden, der von Gottfried Hagen „Windfeuer“ genannt wurde (eine Deutung als „Feuer“ allein im Sinne von ‚Flamme‘ ist sinnenstellend). Die umschreibende Bezeichnung „Windfeuer“ verweist mit größter Wahrscheinlichkeit auf das „*ignis volatilis/volans/volantis in aere*“ des *liber ignium* und bei Albertus Magnus (1192-1280), welcher seit 1248 Lesemeister am Kölner Dominikanerkolleg war und in seiner Schrift *De mirabilibus mundi* das durch die Luft fliegende Feuer mehrfach erwähnte.²⁹ Es muss sich folglich um das erste Schwarzpulver gehandelt haben, das hier frühestens in Deutschland zu belegen ist. Ein *Griechisches Feuer* mit Schwarzpulver war um 1250 ein gegenüber den salpeterlosen *automatischen* Feuern enorm fortschrittlicher Brandsatz und dazu noch bestens geeignet, im Gegensatz zu jenen zündunfähigen Branntkalkgemischen ein verheerendes Feuer zu entfachen und zu verbreiten. Doch was geschah tatsächlich in jenem Frühjahr 1252?

Men erkeirde dat schiff ind dede it kleiden
ind na des meisters willen bereiden.
Dat selue schiff der meister voirte den anderen so na dat it sy roirte, entsticket wart dat schiff myt brande ind solde zo ir Coelne, dat was schande,
die schiff verbernen myt kreischen vuyre
ind eme geueile schentliche euenture
ind brante sich selue zo der stunt dat mannich man saich in Rynes grunt.
Dat kreische vuyr vlois den Ryn neder
al bernende, dat saich man ieder.
Were der Ryn do alle verbrant, des hedde entgulden manich lant!³⁰

Man erwählte das Schiff und tät es „kleiden“ [ausstatten]
und nach des Meisters Willen bereiten.
Dasselbe Schiff der Meister führte den anderen so nah, dass es sie rührte, entflammt ward das Schiff mit Brande, und sollte zu ihrer, das war [der Kölner] Schande,
die Schiffe verbrennen mit „Griechischem Feuer“,
und ihm fehlte [misslang] [das] schändliche Abenteuer
und brannte sich selber zu der Stund, dass mancher Mann [es] sah, in Rheines Grund.
Das „Griechische Feuer“ floss den Rhein nieder [abwärts]
alles [ver]brennend, das sah man jeder.
Wäre der Rhein da ganz verbrant, das hätte entgolten [belohnt] manches Land!

29 Ebd. Zum „*ignis volans*“ bzw. „*ignis volantis in aere*“ vgl. Romocki (wie Anm. 3), S. 103 (Albertus Magnus), 119 u. 122f. (*liber ignium*). Vgl. ebenso Partington (wie Anm. 10), S. 86 (Albertus Magnus), 48 u. 54 (*liber ignium*).

30 Groote (wie Anm. 26), S. 27 (Verse 778-791).



Abb. 4: Die einzige authentische Darstellung des byzantinischen „Seefeuers“ oder „nassen Feuers“, welches aus leichten Erdölfractionen bestand und mittels bronzenen „Siphone“ versprüht werden konnte. Erst das gesamte Waffensystem aus brennendem Kampfmittel und spezieller Pumpe verlieh dem Flammenwerfer die durchschlagende Wirkung. Die 1939 entdeckte Miniatur stammt aus dem 14. oder sogar 12. Jahrhundert (Aus der Chronik des Johannes Skylitzes, Biblioteca Nacional, Madrid, MS 5-3 N-2, f. 34 v. Quelle: Ulrich Troitzsch u. Wolfhard Weber, Die Technik – von den Anfängen bis zur Gegenwart. Braunschweig 1982, S. 156).

Den Kölnern half das Kriegsglück, dass das Feuerschiff des Erzbischofs offensichtlich direkt vor ihren ankernden Schiffen zu schnell niederbrannte (eine Folge des vehement zündenden Schwarzpulvers?) und deshalb vorzeitig unterging, woraufhin das lodernde *Griechische Feuer* quer abtrieb und den Strom hinunter schwamm, anstatt die Schiffe am Ufer in Flammen zu setzen. Unter den angeführten Augenzeugen des Schauspiels dürfte der Dichter Gottfried Hagen selbst gewesen sein. Man kann dem erzbischöflichen Schützen trotz des Misserfolgs bescheinigen, pyrotechnisch seine Aufgabe erfüllt und ein sehr wirksames Kriegsfeuer angemischt zu haben (offensichtlich beruhte seine Erfahrung mit Brandsätzen auf seiner Berufspraxis als Blidenmeister, weil mit Bliden auch Feuerkugeln und Brandsätze verschleudert werden konnten). Im Krieg kam und kommt es aber nicht nur auf die einzelnen Bestandteile eines Waffensystems, sondern auch auf das richtige, d.h. räumlich wie zeitlich genau abgestimmte Zusammenwirken der Komponenten und auf eine den Umständen entsprechende Taktik an. Exakt daran haperte es 1252. Es fehlte in erster Linie ein adäquates Trägersystem, welches das Kölner Kriegsfeuer sicher und effektiv an den Feind bringen konnte (hier sei an die ehernen Siphone der byzantinischen Kriegsmarine erinnert, welche mindestens ebenso wie das gefürchtete oströmische „Seefeuer“ selbst zu den großen Siegen der Byzantiner über feindliche Flotten beitrugen).

So betrachtet, kann es keinem Zweifel unterliegen, dass selbstentzündliche Brandsätze wegen ihrer komplizierten und unsicheren Handhabung zu

den unzuverlässigsten Kriegsmitteln überhaupt gehörten und ihre Existenz nur besonderen Umständen verdankten. Entscheidende Siege konnten mit ihnen nicht errungen werden – alle gegenteiligen Behauptungen sind in das Reich der Legende zu verweisen. Man kann sich höchstens vorstellen, dass in der Epoche vor der Erfindung mechanischer Zeitzünder und Höllenmaschinen (d.h. vor der Mitte des 16. Jahrhunderts) selbstzündende Brandsätze gelegentlich nützlich waren, dem Feind ein „Haus“ (d.h. einen befestigten Landsitz) heimlich anzuzünden oder andere Sabotageakte im Kleinkrieg zu begehen. Als seltene und oft nur auf dem Papier ausgeklügelte Spezialwaffen für den verdeckten Kampf waren die *automatischen* Feuer gänzlich außerstande, zur Weiterentwicklung der Pyrotechnik entscheidend beizutragen. Selbst im Zeitalter der Pulverwaffen war die überwältigende Mehrzahl von ihnen noch ohne Sauerstoffträger, d.h. ohne Salpeter – sei es Kalziumsalpeter (nach Kramer) oder Kaliumsalpeter (gemäß der üblichen Auffassung).

4. Der Einfluss der Schreibwerkstätten auf die Gestaltung der Rezepte

Zum Abschluss soll anhand einiger typischer Beispiele vorgeführt werden, wie wenig originell und keineswegs erprobt eine ganze Reihe von Rezepten für selbstzündende Kriegsfeuer gewesen ist, so dass ihr Ursprung in der lebendigen Praxis geradezu ausgeschlossen werden muss. Was eine zu gutgläubige Forschung vorschnell als Weiterentwicklung bewährter Mischungen oder sogar als echte Innovationen ansehen könnte, entpuppt sich bei näherer Betrachtung als unverstandene, verschlimmbesserte oder schlicht unsorgfältige Kopistenarbeit. Ironisch formuliert, verdanken wir den sehr aktiven Schreibwerkstätten mehr Pseudorezepte, als es manchem Technikhistoriker lieb sein dürfte. Ein Paradebeispiel dafür, wie durch Missverständnisse, Eigenmächtigkeiten und mangelnde Sorgfalt beim Abschreiben eine ganze Serie von Varianten ein und desselben Rezepts geschaffen wurde, ist das Rezept Nr. 5 unserer Tabelle aus dem *Bellifortis* des Konrad Kyeyer (1405). Es ist das „Regenrezept“ und liegt in dreifacher Lesart als jeweils scheinbar neues Rezept vor:

Ignis optimus R(ecipe) duas p(ar)t(es) sulphuris viui (et) tres p(ar)t(es) calc(is) viue (et) sex p(ar)tes cere (et) aliq(ua)ntulu(m) petrolei (et) illa om(n)ia simul (com)misce in qua(m)cu(m)que) domu(m) posu(er)is uel locu(m) adueniente pluui(a) accendet(ur) Et si inde fec(er)is candelam (et) sub aq(ua)m posu(er)is ardebit (et) non extingwet(ur) nisi cu(m) oleo oliue.³¹

Das beste Feuer: Nimm 2 Teile lebenden [also nicht hitzebehandelten] Schwefels, 3 Teile lebendigen Kalks [Branntkalks] und 6 Teile Wachs, dazu etwas Erdöl, und mische alles zusammen. In welches Haus oder an welchen Ort du [es] legen wirst, bei Regenfall wird es sich entzünden. Und wenn du daraus

31 Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen, Ms. philos. 63 (wie Anm. 23), f. 101 v; vgl. Quarg (wie Anm. 23), Bd. 2, S. 73.

eine Kerze machst und unter Wasser hältst, wird sie brennen und kann nicht gelöscht werden außer durch Olivenöl.

Der letzte Teil des Rezepts – ein von jeglicher Sachkenntnis ungetrübter Zusatz – lässt den Verdacht aufkommen, dass das „beste Feuer“ des *Bellifortis* kein Originalrezept aus einer Alchemistenküche darstellt, sondern seinerseits schon das späte Phantasieprodukt einer halbverstandenen längeren Tradition gewesen ist. Im Übrigen ähnelt dieses Rezept Nr. 5 so sehr der nachfolgenden Nr. 6 des *Bellifortis*, dass diese Nr. 6 als eine parallele Lesart ein und desselben Ausgangsrezeptes angesehen werden muss, jedoch durch offensichtlich mangelhafte Abschrift so entstellt und unkenntlich wurde, dass schon Kyeyer sie für eine eigenständige Komposition halten und gesondert in seine Rezeptsammlung aufnehmen konnte:

Ut a pluvia accendatur dom(us)
(uncias) ij R(ecipe) sulphur(is) (et) vnc(ias) calc(is) viue iij et sextam p(ar)tem
(et) aliqu(an)tulu(m) de petroleo (et) de istis omn(i)b(u)s fac confection(em)
(et) pone sup(er) tectum (et) pluvia advenien(te) ardebit De eadem confectione
Fac ymagine(m) deq(ua) videbis eff(ect)(u)m si subaqua posu(er)is ardebit
donec aceto u(e)l vrina extingwatur.³²

Wie durch Regen ein Haus angezündet werde:

Nimm 2 Unzen Schwefel und 3 Unzen lebendigen Kalk [Branntkalk] und den 6. Teil und mehr Erdöl [hier die am ärgsten korrumpierte Stelle!] und aus alledem mache ein Gemisch und lege dieses aufs Dach, und wenn der Regen kommt, wird es brennen. Von derselben Mischung mache ein Bild, von dem du die Wirkung sehen wirst, wenn du es unter Wasser hältst – es wird brennen, bis dass es durch Essig oder Urin gelöscht wird.

Das „Regenrezept“ durfte auch im etwas jüngeren *Feuerwerkbuch*³³ nicht fehlen. Die nachfolgende Vorschrift im Clm 30150 (um 1430/40) scheint die

32 Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen, Ms. philos. 63 (wie Anm. 23), f. 102 r; vgl. Quarg (wie Anm. 23), Bd. 2, S. 73 f.

33 Das *Feuerwerkbuch* (FWB) ist nach allgemeiner Auffassung um 1420 in der bekannten, 1529 auch in Druck gegangenen Form entstanden und liegt heute noch in ca. 50 Abschriften verschiedenen Datums vor. Kramer dagegen bestreitet die einheitliche Redaktion sämtlicher Vorschriften und Rezepte um 1420 und unterscheidet zwei Fassungen („Textschichten“) von ca. 1380 und ca. 1400 sowie die „Nachträge“ des Kopisten der Freiburger Hs. 362 von 1432, was angesichts der zahlreichen gleichartigen Parallelhandschriften des FWB, der weitaus älteren und hier angezogenen Branntkalk-Rezepte und von etlichen kriegstechnischen Bilderhandschriften als Vorläufern des FWB höchst fragwürdig ist; vgl. auch Wilfried Tittmann, Der Mythos vom „Schwarzen Berthold“, in: *Waffen- und Kostümkunde* 25, 1983, S. 17-30; ders., Rezension zur englischen Textausgabe von Hs. 362 in *Technikgeschichte* 71, 2004, H. 2, S. 173ff. – Entgegen der völlig einseitigen Bevorzugung der (leicht unvollständigen!) Freiburger Hs. 362 durch Kramer wird hier das besser kopierte FWB aus dem neuerworbenen Münchner Sammelkodex Clm 30150 als Referenz benutzt; es stammt wie der vorgebundene *Bellifortis* aus der Zeit um 1430/40.

unbrauchbarste Version des „Regenrezeptes“ überhaupt zu sein, da jetzt alle Mengenangaben fehlen (vielleicht wegen der mittlerweile völlig unklaren Mischungsverhältnisse?).

Wie ma(n) ein für mach(e)n sol dz sich vo(n) wass(er) enzündt
Wilt du mach(e)n ain für wen(n) d(er) räg(e)n daruff kompt dz es sich den(n)
enzund vnd flamet So nim leb(e)ntig(e)n kalch vnd ain wenig gumirabicu(m)
vnd swebel vnd linsa(n)döl vnd dz mach alles unt(er) ain and(er) dz es ain
matery werde vnd mach darus was du wilt vnd spreng darvff wass(er) so enprint
es vnd mit d(er) selb(e)n matery macht uol ain yeglich hus abprenne(n) wen(n)
d(er) räg(e)n daruff kompt.³⁴

Wie man ein Feuer machen soll, das sich von Wasser entzündet
Willst du ein Feuer machen, wenn der Regen darauf kommt, dass es sich dann
entzündet und entflammt, so nimm lebendigen Kalk [Branntkalk], ein wenig
Gummi arabicum, Schwefel und Leinöl. Mache [mische] dies alles unterein-
ander, dass es eine Materie werde, und mache [forme] daraus, was du willst.
Spreng Wasser darauf, so entbrennt es. Mit derselben Materie magst du wohl
ein jedes Haus abbrennen, wenn der Regen darauf fällt.

Wenn man eine ungefähre Vorstellung davon gewinnen will, wie das ursprüngliche „Regenrezept“ wohl gelautet haben mag, muss man sich an die beste erhaltene Version, *Bellifortis* Nr. 5, halten. Bemerkenswert ist an diesem Rezept die relativ geringe Menge des Brandsatzes, die sich auf überschlägig 12 Unzen oder – auf Kölner Mark umgerechnet – ca. 350 bis 360 g Brandmaterial beläuft. Es ist dabei aber zu berücksichtigen, dass viele Häuser und vor allem Scheunen noch im Spätmittelalter nicht Ziegel-, sondern Stroh- oder Holzschindeldächer hatten, die nach längerer Trockenheit gut brennen konnten. Seine erkennbare Beliebtheit verdankte das *automatische* Regenfeuer vermutlich seiner etwas unehrenhaften Zielsetzung, der heimlichen und risikolosen Brandstiftung. Verdeckte Aktionen dieser Art passten natürlich nicht in das Szenario von Schlachten oder Belagerungen, sondern bestenfalls in den Rahmen der Fehde oder des so genannten „täglichen“ Krieges des Mittelalters, wenn nicht sogar in den des Verbrechens.

Das bereits erwähnte älteste lateinische Rezept aus dem *liber ignium* (ca. 1300), das „Agarener-Rezept“, stellt ein weiteres Muster für die Unvollkommenheiten der schriftlichen Tradierung dar. Es korreliert weitgehend mit dem *Bellifortis*-Rezept Nr. 4. Es kann jetzt mit seiner deutschen Version aus einem *Feuerwerkbuch* um 1430/40 (Clm 30150, Teil 2) verglichen werden:

Wie man ain für mach(e)n sol damit alexand(er) dz land Agarranor(um)
v(er)prant.

Will du ain für mach[en] da mit Alexan(er) dz land Agarranoru(m) v(er)prant.

34 Bayerische Staatsbibliothek München, Clm 30150, f. 145 v. Das Wort „linsadöl“ ist hier verschrieben zu „linsa(n)döl“.

So nim balsam ain pfund gloriat Ain pfund öl vnd ayer fünf pfund lebentig(e)n kalch zeh(e)n pfund vnd rib den kalch mit dem öl dz es ain (con)fett werde vnd bestrich den(n) damit was du wilt Dz enzund sich vo(n) der matery vo(n) dem erst(e)n räg(e)n d(er) daruff kömpt vnd v(er)wüst alles dz vmb es ist.³⁵

Wie man ein Feuer machen soll, womit Alexander das Land der Araber verbrannt hat.

Willst du ein Feuer machen, damit Alexander das Land der „Agareni“ verbrannt [hat], so nimm 1 Pfund Balsam [Petroleum?], 1 Pfund Gloriet, 5 Pfund Öl und Eier [Eieröl?], 10 Pfund lebendigen Kalk und reibe den Kalk mit dem Öl zu einem Konfekt zusammen. Bestreiche dann damit, was du willst; das entzündet sich von der Materie beim ersten Regen, der darauf kommt, und verwüstet alles, was um es herum ist.

Die inhaltlichen Veränderungen erscheinen nach einem Intervall von ca. 150 Jahren relativ geringfügig und betreffen in erster Linie das „*oleum ovorum*“, das ursprünglich mit zehn Pfund Gewicht angegeben wurde, jetzt aber durch ein leicht nachvollziehbares Missverständnis zu „Öl und Eiern“ in je halber Menge verfälscht wird. Auch wird der einstige Urheber des „Araberfeuers“, Aristoteles, durch seinen Schüler Alexander ersetzt. Trotz der relativen Genauigkeit dieser Überlieferung werden Zweifel an der Zuverlässigkeit des Rezeptes wach, wenn man im gleichen *Feuerwerkbuch* nur drei Abschnitte weiter ein Rezept für ein „starkes Feuer“ vorfindet, das zur gleichen Zeit eine wesentlich schlimmer entstellte Lesart des „Agarener-Rezepts“ darstellt und mangels Erwähnung von Personen und Ländernamen erst bei genauerem Hinsehen als Variante erkennbar wird:

Wie man ein stark für mach(e)n sol dz och gar güt wirt

Wilt du mach(e)n ain stark für So nim alkytram das ist gloriat vnd swebel vnd öl vnd ayer tetter vß gepran(n)t dz nim alles mit ain(er) glich(en) taillu(n)g vnd rösche dz gemächlich in ain(er) pfanne(n) by aine(m) für ob den koln(n) dz es als ain (con)fett werde vnd nim daz dz viertail wachß vnd müsich das alles vnd(er) ain and(er) vnd tu es den(n) in ain Rindern plat die wol bestrich(e)n sye mit öl vnd mach es Den(n)e mit aine(m) wächs vnd wen(n) du es den(n)e nüz(e)n wilt So leg die matery an ain stat da es luftig sy vnd wen(n) d(er) wint darzu gaut So wirt es prinne(n) vnd v(er)wüst was es begreift vnd ist dz man wasser daruff güst So gewinnet es tettlich flame(n) vnd wa ma(n) die matery Also berait vnd hin strichet dz enzundt sich vo(n) d(er) Sunne(n) wen(n) es hicz begrift vnd v(er)prent alles das vmb es ist.³⁶

Wie man ein starkes Feuer machen soll, das auch sehr gut wird.

Willst du ein starkes Feuer machen, so nimm Alkitran (das ist Gloriat) und Schwefel und Öl und ausgebrannten Eidotter. Das nimm alles mit einer glei-

35 Ebd., f. 145 r, v.

36 Ebd., f. 146 r, v.

chen Teilung [zu gleichen Teilen] und röste das gemächlich in einer Pfanne bei einem Feuer über den Kohlen, dass es wie ein Konfekt [eine Masse] werde. Und nimm den vierten Teil [oder: vier Teile?] Wachs und mische das alles untereinander und tue es in eine Rinderblase, die mit Öl wohl bestrichen sei. Und mache es dann mit einem Wachs [zu]. Und wenn du es dann benutzen willst, so lege die Materie an einen Ort, da es luftig ist, und wenn der Wind dazu geht, so wird es brennen und verwüsten, was es ergreift. Und ist [es], dass man Wasser darauf gießt, so gewinnt es tödliche Flammen. Und wo man die Materie also bereitet und hin streicht, das entzündet sich von der Sonne, wenn es Hitze begreift [heiß wird] und verbrennt alles, das umher ist.

Abgesehen von den ungenauen Mengenangaben enthält diese letzte deutsche Lesart des „Agarener-Rezepts“ gravierende inhaltliche Fehler. Nur durch die Angabe, dass bei Wasserzugabe „tödliche“ Flammen entstehen, ist der Brandsatz überhaupt noch äußerlich als *automatisches* Feuer zu identifizieren. Der angeblich ebenfalls zündende Wind war ursprünglich wohl ein Regen, der mit Wind und Wolken einherzugehen pflegt. Das „Wachs“ hat die Stelle des gebrannten Kalks eingenommen, doch dass im Original einstmals „Branntkalk“ gestanden haben muss, geht daraus hervor, dass die mit ungelöschtem Kalk präparierte Brandmasse in einer Art Ölhaut (geölte Rinderblase) vor Feuchtigkeit geschützt werden soll. Auch verträgt der dem Behältnis entnommene und im Freien ausgebreitete Brandsatz die Sonnenhitze sehr gut, aber sicher nicht den morgendlichen Tau, welcher unvermeidlich bei Sonnenaufgang fällt und eine Zündung bewirken würde. Der Verfasser des *Feuerwerkbuches* gibt jedoch die Hitze der Sonne als Ursache der Eigenzündung an und hat demnach nichts von dem alten echten Rezept mit seiner „Tauzündung“ verstanden – im Gegenteil: In dem Bemühen, dem unverständlichen Text noch einen vordergründigen Sinn abzugewinnen, hat ihn die technische Ignoranz des (falsch) mitdenkenden Kopisten durch die Umdeutungen erst recht korrumpiert.

Wenn es noch eines letzten Beweises bedarf, dass nur im Ausnahmefall wirkliche Experten wie Alchemisten, Pyrotechniker und Büchsenmeister am Werk waren und im Regelfall – was eigentlich nicht erstaunen kann – berufsmäßige Schreiber mit laienhaften Kenntnissen die Handschriften aus anderen Werken zusammenstellten und dabei immer weiter verdarben, so braucht man zum Schluss nur das bekannte Wolfegger *Mittelalterliche Hausbuch* (um 1480) heranzuziehen. Hier erscheint im Textteil „Ein feyr, dz Im wasser brennt“ und vorschriftsmäßig aus drei Pfund Salpeter, einem Pfund Schwefel, 0,5 Pfund Lindenkohle, einem Lot Kampfer sowie einem Lot Bernstein besteht, aber ohne jeden Branntkalk im Wasser zünden soll: „das menge vnder einander, fac, sicut scis.“³⁷ Es hat den Anschein, als ob hier wie auch beim gerade zitier-

37 Vgl. die neueste Faksimileausgabe des Mittelalterlichen Hausbuches: Christoph Graf zu Waldburg Wolfegg (Hg.), *Das Mittelalterliche Hausbuch*, Faksimile und Kommentarband.

ten *Feuerwerkbuch*-Rezept des „starken Feuers“ das Geheimnis der feuerlosen Erhitzung und Zündung bereits verloren gegangen ist, denn die Hausbuch-Mischung bezeichnet inhaltlich nur eine Art angereichertes Schwarzpulver, stellt aber natürlich keine Anleitung für den fraglos gemeinten *automatischen* Brandsatz dar. Dieser würde im Übrigen auch mit Zugabe von Branntkalk nicht im Wasser zünden, wie der Artikel von Nibler im Detail nachweist. Deutet sich hier, am Ende des 15. Jahrhunderts, etwa das Ende des technischen Verständnisses von selbstzündenden Kriegsfeuern als Branntkalkgemischen und des damit einhergehenden literarischen Interesses an derartigen Feuern an?

5. Fazit der Untersuchung

Die Untersuchung der spätmittelalterlichen Quellen hat für die Fragestellung (s. Abschnitt 3, S. 283) hinreichend klare Ergebnisse erbracht. In dieser Epoche finden sich die meisten erhaltenen Rezepte für so genannte *automatische* Kriegsfeuer auf Kalziumoxid-Basis vor, und es ist daher zu vermuten, dass weder früher noch später den selbstentzündlichen Brandsätzen so viel Aufmerksamkeit entgegen gebracht wurde (der praktische Gebrauch steht auf einem anderen Blatt!). Die gewonnenen Befunde aus dem Spätmittelalter können sicherlich verallgemeinert werden und haben daher auch für die Frühzeit der Brandsätze hinreichenden Beweiswert.

Zur Komposition der *automatischen* Feuer: Der wesentliche Bestandteil ist der gebrannte Kalk (CaO). Er bedarf leicht entflammbarer „Anzünder“ mit niedrigem Flammpunkt und wird daher in allen zuverlässig überlieferten Rezepten mit Schwefel kombiniert. Damit reicht das Reaktionsmaterial schon zur Zündung mit Wasser aus. Salpeter ist im Zusammenhang mit dem ‚Anzünder‘ nicht anzutreffen. Daneben besitzen die meisten Brandsätze noch langbrennende, pech-, harz-, fett- oder ölhaltige Substanzen als ‚Übertragungsmaterial‘ und können daher meistens auch schwimmen. Dieser Nebeneffekt hat viele Autoren (u.a. Kyser 1405) zu dem Fehlschluss verleitet, das *automatische* Feuer sei zugleich auch ein *Griechisches Feuer* und brauche nur ins Wasser geworfen zu werden, um in Flammen aufzugehen. Hier handelt es sich einwandfrei um eine Phantomwaffe.

Zum vermuteten Salpeter: Nitrate spielen selbst in der Periode von Schießpulver und Feuerwaffen keine oder kaum eine Rolle. Im *Bellifortis*, d.h. auf dem Höhepunkt der Selbstzünder-Manie um 1400, wird Salpeter lediglich in einem von zehn Branntkalkrezepten erwähnt. Daraus ist logisch abzuleiten, dass Nitrate auch vorher nicht gebräuchlich (und schon gar nicht „unentbehrlich“) waren. Zum Ende der Epoche wurde vereinzelt einmal Schwarzpulver als Komponente aufgeführt (siehe das Hausbuch-Rezept).

Mit Beiträgen von Gundolf Keil, Eberhard König, Rainer Leng, Karl-Heinz Ludwig und Christoph Graf zu Waldburg Wolfegg, München u. New York 1997, Kommentarband S. 55.

Zum Kalziumsalpeter: Die Frage, ob Kalzium- oder Kaliumsalpeter Verwendung fanden, stellt sich angesichts des bemerkenswerten Fehlens von Salpeter nicht. Ein spezieller Nachweis für Kalziumsalpeter lässt sich weder erbringen noch wahrscheinlich machen, denn der gebrannte Kalk würde im Augenblick der Beimischung von hygroskopischem Kalksalpeter unverzüglich, wenn auch (zu) langsam mit der Reaktion beginnen und dabei zuviel Wärme verlieren, um noch den Schwefel zünden zu können. Die Kalziumsalpeter-Theorie ist und bleibt nicht hinreichend zu begründen, und dies gilt sowohl für das Schießpulver als auch für die *automatischen* Brandsätze.

Zur Anwendung: Die merkwürdige Vorliebe der spätmittelalterlichen kriegswissenschaftlichen Literatur für *Griechische* oder *automatische* Brandsätze war allem Anschein nach nicht der Reflex einer innovativen Pyrotechnik, sondern hing mit der literarischen Rezeption und Entwicklung einer künstlich antikisierenden Kriegskunst à la *Bellifortis* zusammen. Der historisch-politische Hintergrund zu dieser Fachliteratur war der gewaltsame Zusammenstoß von Ost und West, wobei das Abendland lange Zeit durchaus nicht der überlegene Teil war.³⁸ So versuchte man, von der Antike das Siegen zu lernen und sich ihre Technologie anzueignen. Die meisten Quellen und Vorlagen der militärischen Traktate bleiben für uns indes weitgehend im Dunkeln, und manches Rezept entstammt bei näherem Hinsehen aus den eifrig kompilierenden Schreibstuben selbst. Der Stand der damaligen Pyrotechnik ist wegen unklarer Rezepte und sichtlicher Bevorzugung möglichst geheimnisvoller Kriegsfeuer nur ungenau zu erfassen und verleitet zu manchen Fehlschlüssen. Dazu zählen nach Meinung des Verfassers die Kalziumsalpeter-Theorie und die Fehleinschätzung der selbstentzündlichen Kriegsfeuer als epochemachende Innovationen. Speziell die selbstzündenden Brandsätze dürften zu den Phantomwaffen gerechnet werden, die zwar immer wieder

38 Die ausgehende, mit endgültigen Niederlagen endende Kreuzzugsepoche löste sowohl Ängste als auch Pläne zu neuen Kreuzzügen und trotzig Reminiszenzen an die Siege Alexanders des Großen aus (vgl. den mittelalterlichen Alexander-Roman). Daneben bewirkte das Vordringen der „Heiden“ ein Anschwellen von militärischer Ratgeberliteratur, die durch Autoren wie Marino Sanuto (1321), Walter de Milemete (1326/27), Guido da Vigevano (1335), Martin von Aachen (1375) und eben Konrad Kyeser (1403/05) verkörpert wurde. Vgl. Max Jähns, *Geschichte der Kriegswissenschaften vornehmlich in Deutschland*, Bd. I: Altertum, Mittelalter, 15. und 16. Jahrhundert, München u. Leipzig 1889 (Reprint Hildesheim 1997), S. 197f. u. 249ff.; Bertrand Gille, *Ingenieure der Renaissance*, Wien u. Düsseldorf 1968, S. 39ff.; Montague Rhodes James, *The Treatise of Walter de Milemete De nobilitatibus, sapientiis, et prudentiis regum*. Faksimile, Oxford 1913. – Eine Vorlage des *Bellifortis* könnte das spätantike Pamphlet *De rebus bellicis* eines unbekannteren Autors aus der Zeit der Kaiser Valens und Valentinian I. (366-375) gewesen sein; Kyeser übernahm von hier die Idee der sichelbewehrten Kampfwagen, denn die kleine Schrift wurde vom frühen Mittelalter (Codex Spirensis, um 900) bis über das Jahr 1552 (Basler Druck von Gelenius/Siegmond Ghelen) hinaus kopiert und damit kontinuierlich tradiert. Vgl. E.A. Thompson, *A Roman Reformer and Inventor, Being a New Text of the Treatise De Rebus Bellicis*, Oxford 1952, S. 2 (Datierung), 6ff. (Manuskripte) u. 18 (Konrad Kyeser als Nutzer).

in der Literatur auftauchen, in der Realität des Krieges aber unbrauchbar und deshalb – vorsichtig formuliert – ungebräuchlich waren.

Selbstentzündliche Brandsätze sind – falls überhaupt – sehr schwierig mit der richtigen Wassermenge zu zünden und folglich extrem unzuverlässig. Es gab keinen Grund, sie dauerhaft in das antike wie mittelalterliche Waffenarsenal aufzunehmen. Es ist bisher auch kein unzweideutiger Fall bekannt geworden, dass ein *automatisches* Feuer bei kriegerischen Auseinandersetzungen nennenswerte Schäden angerichtet hätte. Selbst überlegene konventionelle Brandsätze wie das Kölner *Griechische Feuer* von 1252 besaßen kein passendes Träger- oder Waffensystem, mit dem sie analog zu den byzantinischen Siphons wirkungsvoll und gezielt an den Feind hätten gebracht werden können. Die Anwendung von *automatischen* Feuern beschränkte sich daher in Fehde oder Krieg vermutlich auf bloße Sabotage- und Racheakte, wie sie in den Rezepten beschrieben werden. Sie erschöpften sich praktisch darin, gelegentlich dem Feind ein Haus anzustecken, denn nur mit der verborgenen und zeitverschoben wirkenden „Tau-“ oder „Regenzündung“ machten *automatische* Feuer überhaupt militärisch einen Sinn. Es bleibt aber noch zu erproben, ob unterschiedliche Reaktionsmassen mit Branntkalk und Schwefel unter idealen Laborbedingungen und vor allem in praxisnahen Tests funktionstüchtig sind. Hier ist die experimentelle Archäologie gefragt, die sich dieses noch ungeklärten Problems annehmen könnte.

Anschrift des Verfassers: Wilfried Tittmann, Wasserstr. 83, D-44803 Bochum.