

VERHANDLUNGEN  
DES HISTORISCHEN VEREINS  
FÜR OBERPFALZ UND REGENSBURG

159. Band



---

Regensburg  
Verlag des Historischen Vereins für Oberpfalz und Regensburg  
2019

ISSN 0342 – 2518

Gedruckt mit finanzieller Unterstützung des Bezirks Oberpfalz

Schriftleitung: Dr. Bernhard Lübbers

Umschlag: Detail aus den Landtafeln des Philipp Apian (1531–1589) aus dem Jahr 1568.

Herstellung: Druckerei Laßleben, Kallmünz

## INHALTSVERZEICHNIS

<i>Fuchs, Bernhard</i>	
Befestigungsanlagen oberpfälzischer Märkte am Beispiel Pressaths . . . . .	9
<i>Gugau, Armin</i>	
Kirchenvisitation von 1575 in der Superintendentur Burglengenfeld. Ein Beitrag zur Kirchengeschichte des Fürstentums Pfalz-Neuburg . . . . .	29
<i>Micus, Rosa</i>	
Spuren des reformierten Protestantismus in Regensburg . . . . .	229
<i>Knedlik, Manfred</i>	
„Warhafftige vnd Erbermliche Neuwe Zeytung“. Sensationsmeldungen aus der Oberpfalz in der Bildpublizistik des 16. Jahrhunderts . . . . .	247
<i>Gottfriedsen, Christine</i>	
„Gott bewahre uns künftig für allen solchen gefährlichen Kriegs-Ungemach“. Zwei Berichte über den Dreißigjährigen Krieg in Regensburg . . . . .	265
<i>Holl, Alfred</i>	
Die Regensburger Mathematiker-Familie Kaukol und ihre Werke im 17. Jahrhundert – Ergänzung: Johann Carl Kaukol und die Büchsenmeisterei . . . . .	297
<i>Regener, Ursula</i>	
Eichendorff in Regensburg 1807 und 1808 . . . . .	313
<i>Styra, Peter</i>	
Die Fürst Thurn und Taxis Hofbibliothek in Regensburg – seit 250 Jahren der Öffentlichkeit zugänglich . . . . .	353
<i>Feuerer, Thomas – Appl, Tobias</i>	
Vereinschronik 2018 . . . . .	365
Satzung . . . . .	385
Rezensionen . . . . .	389

# Die Regensburger Mathematiker-Familie Kaukol und ihre Werke im 17. Jahrhundert – Ergänzung: Johann Carl Kaukol und die Büchsenmeisterei

Von Alfred Holl

Vor zwei Jahren habe ich an dieser Stelle über die Regensburger Mathematiker-Familie Kaukol berichtet.<sup>1</sup> Inzwischen hat Google ein weiteres Dokument aus der Feder eines Familienmitglieds zu Tage gefördert, so dass ich gerne eine Ergänzung liefere.

## 1. Zu Johann Carl Kaukols Biografie und Werk

Der Verfasser Johann Carl Kaukol wurde als jüngster Sohn des Mathematikers und Kastners Nikolaus Kaukol am 18.10.1650 in Regensburg geboren.<sup>2</sup> Darüber hinaus kennen wir nur wenige Angaben über sein Leben. Sie finden sich in einem kurzen autobiografischen Text seines gut ein Jahr älteren Bruders Lukas Carl aus dem Jahre 1703:<sup>3</sup> Johann Carl sei als *Stuck Hauptman*,<sup>4</sup> d. h. Artillerie-Hauptmann, in kurbayerischen und kaiserlichen Diensten gestanden.<sup>5</sup> Er habe zweimal bei Ofen (Buda, Teil des heutigen Budapest) *seiner sondern experienz halber guete dienst gethan, bey einem außfall aber sein leben mit eingepüst vnd zu dienst Seiner Keyserlichen Majestät aufgeopfert*. Lukas Carl meinte wahrscheinlich die beiden Belagerungen des türkisch besetzten Ofen durch die christliche Allianz 1684 und 1686 im Laufe der großen Türkenkriege 1683–1699. Somit wird Johann Carl bei der zweiten im Zeitraum von Juni bis September 1686 gefallen sein.<sup>6</sup>

Das am 5. Juli 1669 datierte, technikgeschichtlich und militärhistorisch interessante Werk von Johann Carl ist ein reich bebildertes Autograph mit etwa 115 beschriebenen Blättern, das im Riksarkiv Stockholm, Abt. Krigsarkivet, aufbewahrt wird. Darin zeichnet sich schon Johann Carls weiterer beruflicher Weg ab: Es handelt nämlich von Sprengstoffkunde, Waffentechnik sowie Feuerwerkskunst in Krieg und Frieden. Johann Carl notiert in seiner Handschrift offenbar Lehrinhalte seiner Ausbilder, die sicher ihrerseits Vorlagen verwendeten.<sup>7</sup>

<sup>1</sup> HOLL, Regensburger Mathematiker-Familie Kaukol.

<sup>2</sup> Regensburg, prot. Stadtpfarrei, \*1647–1669, S. 204.

<sup>3</sup> L. C. KAUKOL, *Lebenswandl.* Auch wenn Lukas Carl keinen Vornamen angibt, muss sich seine Bemerkung auf Johann Carl beziehen, da die zumindest in Grundzügen bekannten Biografien der anderen vier Brüder andere Verläufe nahmen.

<sup>4</sup> Das Wort *Stuck* (in verschiedenen Schreibweisen) bedeutete damals ‚Geschütz‘.

<sup>5</sup> Weder das BayHStA München noch das Österreichische Staatsarchiv Wien haben erschlossene Bestände, die genauere Daten liefern könnten.

<sup>6</sup> Vermutung des Österreichischen Staatsarchivs Wien (EMail vom 07.11.2018).

<sup>7</sup> Es sind wenige Ähnlichkeiten mit FURTTENBACH, *Büchsenmeisterey-Schul*, festzustellen, das auf FURTTENBACH, *Halinitro Pyrobolia*, zurückgeht; Details s. u.

Der vollständige Titel lautet:

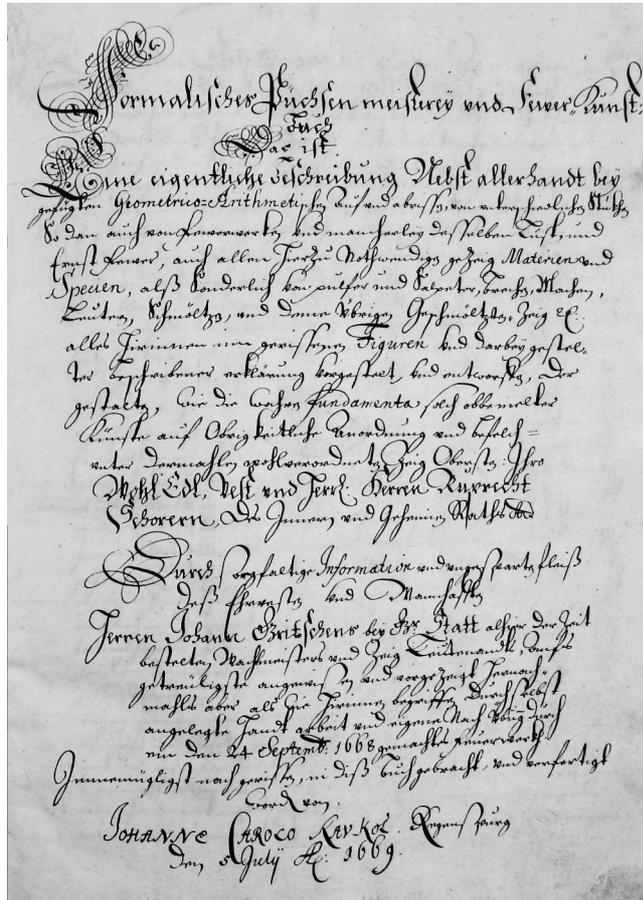


Abb. 1:  
 Titel in J. C. Kaukol,  
 Püchsenmeisterey  
 (Riksarkivet  
 Stockholm)

Formalisches Püchsen meisterey vnd Feuer=Kunst=  
 Buch  
 Das ist  
 Eine eigentliche Beschreibung Nebst allerhandt bey  
 gefügten Geometrico=Arithmetischen Aüf vnd abrissen, von vnterschiedlichen Stukhen  
 So dan auch von Feuerwerken vnd mancherley desselben Lust, und  
 Ernst Feuer, auch allen Hierzu Nothwendigen gezeig Materien vnd  
 Specien, alß Sonderlich von pulfer und Salpeter, Brechen, Machen,  
 Leutern, Schmöltzen, vnd deme Vbrigen Geschmöltzten=Zeig etc.  
 alles Hirinnen inn gerissenen Figuren vnd darbey gestel=  
 ter Beschribener erklärang vorgestellt, vnd entworfenen, der  
 gestalten, wie die wahren fundamenta solch obbemelter  
 Künste auf Obrigkeitliche Anordnung vnd Befelch=  
 vnter dermahlen wohlverordneten Zeig Obersten : Ihro

Wohl Edl, Vest vnd Herrl: Herren Ruprecht  
 Schorern, des Innern vnd Geheimen Raths Al[te]st[er]  
 Durch sorgfaltige Information vnd vngesparten fleiß  
 des Ehrvesten vnd Mannhafften  
 Herren Johann Gritschens bey G<sup>r</sup>: Statt alhier der Zeit  
 bestelten Wachtmeisters vnd Zeig Leitenandts, Aufs  
 getreüligste angewisen vnd vorgezeigt Hernach=  
 mahls aber als wie Hirinnen begriffen durch selbst  
 angelegte Handt arbeit vnd eigene Nach Übung durch  
 ein den 24 Septemb: 1668 gemachtes Feuerwerkh  
 Immemügligst nachgerissen, in diß Buch gebracht, vnd verfertigt  
 worden von  
 JOHANNE CAROLO KAVKOL. Regenspurg  
 den 5 Julij Ao: 1669

Die beiden im Titel genannten Persönlichkeiten sind gut identifizierbar. Rupert Schorer (23.08.1619–17.11.1687) war Mitglied des Inneren und Geheimen Rats, Steueramtsdirektor (1684) sowie Condeputierter zum Reichsstädtischen Direktorium des Immerwährenden Reichstags und bekleidete weitere hohe Ämter in Regensburg.<sup>8</sup> Johann Gritsch (1612–1688) wird als Stadt- und Stückleutnant genannt.<sup>9</sup> Er hat ein im Archiv des HVOR befindliches Verzeichnis der in Regensburg vorhandenen Geschütze erstellt.<sup>10</sup>

Der inhaltliche Aufbau von Johann Carl Kaukols Handschrift ist recht gut erkennbar. Sie hat eine fast auf jeder Seite mit Überschriften markierte Feinstruktur. Die Grobstruktur wird dagegen nur bei manchen Abschnitten explizit bezeichnet. Die Folierung in der rechten oberen Ecke der Recto-Seiten ging mit der Beschneidung des Buchblocks an einigen Stellen verloren, sie ist teilweise inkonsistent, und teilweise hat sie Johann Carl selbst korrigiert. Im Folgenden soll ein geraffter Überblick mit ggf. ergänzten Grobstruktur-Überschriften gegeben werden.

[1. Sprengstoffkunde:] 21 kurze Abschnitte ohne Abbildungen.

[1.1 Herstellung bzw. Gewinnung und Reinigung von Salpeter, Schwefel, Holzkohle] (Abschnitte 1–5, fol. 1<sup>r</sup>–3<sup>r</sup>).

[1.2] *Nun Folget von dem Schieß vnd Büchsen pulfer, wie nun das gemacht, gestärcket, daß faule gescheiden, vnd je eines stärker den das ander gemacht soll werden:* Diverse Mischungen von Schießpulver (Abschnitte 6–12, fol. 3<sup>r</sup>–4<sup>v</sup>).

[1.3] *Hier Folgen nun die geschmöltzten Zeig darbey man sich wol vorzusehen hatt dass man nicht daß gesicht verbrenne:* Sprengstoffmischungen für verschiedene Feuerwerkskörper (Abschnitte 13–21, fol. 5<sup>r</sup>–8<sup>v</sup>).

Hier bricht die Abschnittsnummerierung ab.

[2. Zubehör und Messverfahren:] u.a. Salpeter-Ofen, Testen von Pulver (*Pulfer Probirung*),<sup>11</sup> Flaschenzüge (*Hebzug*), *Bestöck von Instrumenten oder ein Waidner*

<sup>8</sup> Vgl. SEIFERT, Stamm-Taffeln, Bd. 2, o.S.; FÜRNRÖHR, Patriziat, S. 245.

<sup>9</sup> Vgl. FÜRNRÖHR, Patriziat, S. 243.

<sup>10</sup> Vgl. Rathaus zu Regensburg, S. 165 und 167.

<sup>11</sup> KAVKOL, *Püchsenmeisterey*, Fig. 3, fol. 12<sup>r</sup>, ähnlich FURTTENBACH, *Büchsenmeisterey-Schul*, Tafel 1 neben S. 11.

zu der *Büchsenmeisterey* mit Geschützaufsatz,<sup>12</sup> Durchmesser und Gewicht von Eisen-, Blei- und Steinkugeln etc. (Fig. 1–7, fol. 9<sup>v</sup>–23<sup>v</sup>).<sup>13</sup>

[3.] *Wie man sich zum Schiessen fertig halten soll*: Typen und Bedienung von Geschützen (fol. 24<sup>v</sup>).

[3.1] Kosten für ein Geschütz, Teilung einer Geschützöffnung] (fol. 25<sup>r</sup>–27<sup>r</sup>).

[3.2] *Ein Neues kurz vnd Compendios Geometrico=Pyrobolisch Instrumentum*: Richtquadrant für Geschütze (fol. 27<sup>r</sup>–29<sup>r</sup>; fol. 27 gibt es dreimal).

[3.3] *Von auffreissung der Stuck, wie dieselben auß rechten Fundament sollen außgetheilt werden [...] mit ihren zugehörigen Zirrathen*: Zeichnungen, Abmessungen, Kugelgewichte, Bedienung von Geschütztypen (*halbe Cartaune, Virl Cartaune, Faltaune, Regiments Stuckh, Cammerstuck*) mit Zubehör (*Laveten, Räder, Achsen, Ladt Schauffeln*) (fol. 30<sup>r</sup>–59<sup>v</sup>).

[3.4] *Einem Büchsenmeister seind Hierbey nachfolgende Sachen insonderheit nötig zu wissen* (fol. 60<sup>r</sup>–63<sup>r</sup>).

1. *Die Nahmen der Geschützer wie viel lb Eisen schiessen thuet*: Tabelle.

2. *Wie man Granaten Lebendig auß den stucken in Schiff oder Wall schiessen solle*.

3. *Wie man Glüende Kugl laden vnd aus dem Stuk schiessen solle*.

4. *Wann durch dem Feind die Stuke vernagelt werden ist nach folgendt zu merken*.

5. *Wie man Ketten einladen solle*.

6. *Warumb die Stukh zerspringen hat nachfolgende Observationes*.

[3.5] *Wie man einen Feuerballen aus dem Boller solte werffen* (fol. 68<sup>v</sup>–70<sup>v</sup>).

[4. Feuerwerkskunst.]

[4.1] *Von Ernst Feuer*: Feuerwerkskunst im Krieg: Herstellung und Verwendung von *Handt Cranaten*<sup>14</sup>, *Sturm Crantz, Fewerballen* etc. (fol. 71<sup>r</sup>–84<sup>r</sup>).

[4.2] *Von Lust Feuer*: Feuerwerkskunst zum Vergnügen.

[4.2.1] *Lust Kugln*: Herstellung verschiedener Feuerwerkskörper, die in der Luft leuchten (fol. 85<sup>r</sup>–93<sup>v</sup>).<sup>15</sup>

[4.2.2] *Nun Volgen die Wasser Kugeln wie die selbigen sollen gemacht und verfertigt werden*: Herstellung verschiedener Feuerwerkskörper, die unter Wasser leuchten, insbesondere ein *Pühnswarm* (Bienenschwarm) (Fig. 1–5, fol. 94<sup>r</sup>–104<sup>r</sup>).

[4.2.3] *Rageten*: Herstellung von Feuerwerksraketen (Fig. 1–2, fol. 108<sup>r</sup>–110<sup>r</sup>).

[4.2.4] *Spezielle Anordnungen von Feuerwerkskörpern, die in der Luft leuchten*: *Schnur Feuer, schwerter, Feuer radt, Schloß Feuer*<sup>16</sup> (fol. 112<sup>r</sup>–137<sup>r</sup>).

[4.2.5] *Probstuck*: Probefeuwerk auf dem Oberen Wöhrd am 24.09.1668 (fol. 138<sup>r</sup>–140<sup>r</sup>).<sup>17</sup>

<sup>12</sup> KAUKOL, *Püchsenmeisterey*, Fig. 5, fol. 16<sup>v</sup>–17<sup>r</sup>, ähnlich FURTTENBACH, *Büchsenmeisterey-Schul*, Tafel 29 neben S. 100.

<sup>13</sup> KAUKOL, *Püchsenmeisterey*, fol. 21<sup>r</sup>, Kugeldurchmesserbestimmung mit zwei Richtscheiten, ähnlich WENDLER, *Memorialbuch*, Cgm 5788, fol. 221<sup>r</sup>, Dig. 447.

<sup>14</sup> KAUKOL, *Püchsenmeisterey*, fol. 70<sup>v</sup>, ähnlich FURTTENBACH, *Büchsenmeisterey-Schul*, Tafel 20 neben S. 66.

<sup>15</sup> KAUKOL, *Püchsenmeisterey*, fol. 92<sup>r</sup>, ähnlich FURTTENBACH, *Büchsenmeisterey-Schul*, Tafel 22 neben S. 70.

<sup>16</sup> KAUKOL, *Püchsenmeisterey*, fol. 136<sup>v</sup>–137<sup>r</sup>, ähnlich SCHREIBER, *Büchsenmeister-Discurs*, S. 82–83 mit Tafel 23.

<sup>17</sup> KAUKOL, *Püchsenmeisterey*, fol. 139<sup>v</sup>–140<sup>r</sup>, ähnlich FURTTENBACH, *Büchsenmeisterey-Schul*, Tafel 16 neben S. 54.

[5.] *Fundamentalischer Entwurff vnd außtheilung einer Petarten*: Herstellung einer Sprengvorrichtung (Petarde) zum Aufbrechen von Toren (fol. 147<sup>r</sup>–153<sup>v</sup> und eine Ausklapptafel).<sup>18</sup>

Aus dem aufgeführten reichhaltigen Material seien zur Vorstellung der Handschrift nur zwei Beispiele herausgegriffen, um ihre hohe Qualität zu verdeutlichen. Das erste ist ein Quadrant zum Richten eines Geschützes, das zweite ein Probefeuerwerk.

## 2. *Torquato Contis Pendelrichtquadrant*

Zielt man mit einem Geschütz auf ein Objekt, gehört dazu das Seitenrichten und das Höhenrichten,<sup>19</sup> auch in indirekter Weise, wenn ein versteckt liegendes Ziel nicht im Blick liegt. Das Seitenrichten mit Feldmesstisch, Oktant und Visierrohr hatte man im 17. Jh. schon gut im Griff.<sup>20</sup> Viel schwieriger war das Höhenrichten, das eine intensive Auseinandersetzung mit Ballistik verlangt. Dazu braucht man erstens die Entfernung des Zielobjekts, die man mit aus dem Vermessungswesen bekannten Verfahren (z. B. mithilfe eines Feldmesstischs) noch relativ leicht berechnen konnte: Zwei Beobachtungspunkte mit bekanntem Abstand und die beiden Winkel zwischen der jeweiligen Peillinie und der Verbindungslinie der Beobachtungspunkte genügen.<sup>21</sup> Zweitens muss man den zu dieser Entfernung passenden Schusswinkel ermitteln, da dieser Flugweite und Auftreffpunkt von Geschossen bestimmt.

Der Schusswinkel war zudem aus einem technischen Grund von besonderer Bedeutung, denn frühneuzeitliche Geschütze kamen nur auf relativ niedrige Mündungsgeschwindigkeiten. Wollte man dennoch die erwünschte Schussweite erreichen, musste man den Schusswinkel erhöhen, und damit wurden die Geschosshbahnen relativ stark gekrümmt. Man konnte also nicht einfach in Richtung der Kanonenachse visieren, sondern musste den Schusswinkel aktiv einbeziehen.<sup>22</sup>

In Bezug auf den Schusswinkel müssen drei Faktoren zusammenpassen:

1. die genaue physikalische Beschreibung der Geschosshbahnen,
2. eine ausgereifte Geschütztechnologie,
3. Winkelmessgeräte zum Einstellen des Schusswinkels an einer Kanone.

Daraus entsteht eine paradoxe Situation, die die Büchsenmeisterei mit erheblichen Problemen konfrontierte und auf die im Folgenden näher eingegangen werden soll. Man konnte zwar den Schusswinkel mit speziellen Geschützaufsätzen (z. B. mit dem von Kaukol beschriebenen Pendelrichtquadranten) genau einrichten, aber

<sup>18</sup> Vgl. SCHREIBER, *Büchsenmeister-Discurs*, S. 110–111 mit Tafel 53.

<sup>19</sup> Eine Darstellung zum Geschützrichten aus dem Regensburger Raum trägt die Überschrift *Von den großen Stucken und Geschütz wie solche recht und gewiß zu richten seyn* (WENDLER, *Memorialbuch*, Cgm 3788, fol. 212<sup>r</sup>–225<sup>r</sup>, Dig. 429–455).

<sup>20</sup> Zum Messtisch vgl. ADAMS, *Versuche*, S. 151–153 und S. 173–179. Eine ausführliche Beschreibung zur Verwendung eines Oktanten (Winkelmesser für ein Achtel des Vollkreises, also 0°–45°) im Vermessungswesen findet sich in Wendler, *Memorialbuch*, Cgm 3788, fol. 82<sup>r</sup>–110<sup>r</sup> und 169<sup>r</sup>–179<sup>v</sup>, Dig. 171–245 und 343–364.

<sup>21</sup> Vgl. SCHREIBER, *Büchsenmeister-Discurs*, S. 107–108 mit Tafel.

<sup>22</sup> Bei modernen Präzisionsgewehren mit ihren hohen Mündungsgeschwindigkeiten spielt diese Bahnkrümmung kaum eine Rolle.

was nützte das, wenn die anderen beiden Faktoren fehlten? Allein die Geschütztechnologie litt stark unter den Unwuchten der Kanonen, der mangelnden Passung der Kugeln, den unterschiedlichen Geschossmaterialien (Eisen, Blei, Stein) und der wechselnden Qualität des Pulvers.

Auch die physikalische Beschreibung der Geschosshbahnen steckte im 17. Jh. in den Kinderschuhen. Man musste sich mit schlechten Näherungen begnügen, denn von Wurfparabeln war damals noch keine Rede.<sup>25</sup> Beim Regensburger Rechenmeister Georg Wendler (1619–1688) finden sich sogar sägezahnförmige Trajektorien mit kurzem geradlinigem Anstieg, einem Kreisbogen und einem Knick nach unten mit senkrechtem Absturz.<sup>24</sup> Bei dem auf unterschiedlichen Wissensgebieten tätigen Walter Hermann Ryff († 1548 Würzburg) erscheinen die gleichen drei Phasen nach aristotelischer Vorstellung eingebettet in ein rechtwinkliges Dreieck: längerer geradliniger Anstieg (Hypotenuse), ein kurzer Kreisbogen und ohne Knick der senkrechte Absturz (Kathete).<sup>25</sup> Kaukol orientiert sich an diesem Modell und lässt in seiner Skizze das äußere rechtwinklige Dreieck weg.<sup>26</sup>

Wenn man die Geschosshbahnen nicht genau beschreiben kann, ist es schwierig, den mathematischen Zusammenhang zwischen Schusswinkel und Schussweite zu erkennen. Man wusste zwar aus Erfahrung, dass die Reichweite eines Geschützes mit ab  $0^\circ$  zunehmendem Schusswinkel ansteigt und ihr Maximum bei  $45^\circ$  erreicht, dessen absoluter Wert von Geschütztyp, Kugelgewicht und Pulvermenge abhängt.<sup>27</sup> Aber darüber, wie dieser Anstieg im Detail erfolgt, wusste man sehr wenig, obwohl verschiedentlich – auch merkwürdige – Hypothesen auftauchen. Kaukol selbst geht für Schüsse aus einem Böller von einer linearen Zunahme der Schussweite aus – 80 Schritt pro  $5^\circ$  –,<sup>28</sup> ebenso der Zürcher Goldschmied Leonhard Zubler (1565–1611) – 16 Schritt pro  $1^\circ$ .<sup>29</sup> Der Ulmer Architekt und Techniker Joseph Furttenbach (1591–1667) verzeichnet dafür willkürlich wechselnde Anstiege in  $5^\circ$ -Schritten, die er in eigenen Experimenten ermittelt haben will.<sup>30</sup> Derartige Abweichungen von der erst seit Newton erkennbaren  $\sin(2\varphi)$ -Abhängigkeit erklären sich durch die fehlende Nachvollziehbarkeit von Schussexperimenten, die auf den Unzulänglichkeiten der Geschütztechnologie beruhen.<sup>31</sup> Der spanische Artilleriehauptmann Diego

<sup>25</sup> Galileo GALILEI (1564–1642) bestimmte zwar in seinen *Discorsi* 1638 schon die Wurfparabel für den horizontalen Wurf. Die Bewegungsgleichungen beim schiefen Wurf lassen sich erst in der klassischen Mechanik nach Isaac NEWTON (1643–1727) aufstellen. Die Kenntnis von sog. ballistischen Kurven unter Berücksichtigung des Luftwiderstands kam noch später auf.

<sup>24</sup> Vgl. WENDLER, *Memorialbuch*, Cgm 3788, fol. 418<sup>v</sup>, Dig. 442.

<sup>25</sup> RYFF, *Buexenmeisterey*, fol. XVII<sup>v</sup>. Weitere Details in SCHNEIDER, *Wehrbau*, S. 345–350.

<sup>26</sup> KAUKOL, *Püchsenmeisterey*, fol. 68<sup>v</sup>.

<sup>27</sup> Dieses Wissen geht auf Niccolò TARTAGLIA und seine *Nova Scientia* (1537) zurück.

<sup>28</sup> KAUKOL, *Püchsenmeisterey*, fol. 68<sup>v</sup>.

<sup>29</sup> ZUBLER, *Büchsenmeisterey*, S. 54 f.

<sup>30</sup> FURTENBACH, *Büchsenmeisterey-Schul*, S. 78.

<sup>31</sup> Beim schiefen Wurf liefert die Zerlegung der Bewegung in eine unabhängige horizontale und vertikale Komponente – ohne Berücksichtigung des Luftwiderstands – die Wurfweite. Sei also  $\varphi$  der Wurf- oder Schusswinkel gegen die Horizontale, sei der Abwurfpunkt der Koordinatenursprung, seien Abwurfpunkt und Aufschlagpunkt in derselben Ebene. Dann zerlegt man zunächst die Mündungsgeschwindigkeit  $v_0$  in  $v_{0,\text{hor}} = v_0 \cdot \cos\varphi$  und  $v_{0,\text{ver}} = v_0 \cdot \sin\varphi$ . Der von der Erdbeschleunigung  $g$  gleichmäßig negativ beschleunigte Aufstieg bis zum Scheitelpunkt dauert  $t_s = v_{0,\text{ver}}/g$ . Das Projektil erreicht dabei die Scheitelhöhe  $y(t_s) = v_{\text{mittel,ver}} \cdot t_s = (v_{0,\text{ver}}/2) \cdot t_s = v_{0,\text{ver}}^2/(2g)$ . Das Zurückfallen auf den Erdboden braucht die gleiche Zeit wie der Aufstieg, so dass die gesamte Vertikalbewegung  $2t_s$  dauert. Diese Zeit hat das Geschoss, um sich horizon-

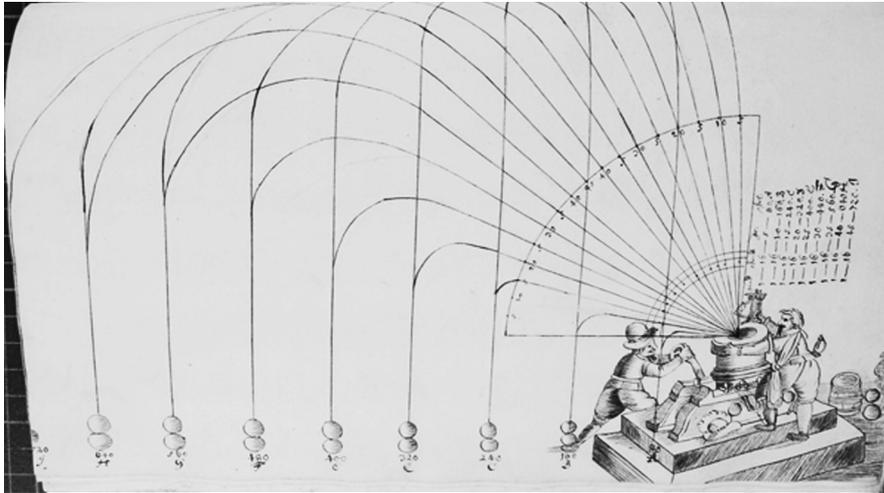


Abb. 2: Vorstellung über den Verlauf von Schussbahnen und die lineare Abhängigkeit der Schussweite vom Schusswinkel, in J. C. Kaukol, *Püchsenmeisterey*, fol. 68<sup>v</sup>

(Riksarkivet Stockholm)

Ufano († 1613) kommt mit seinem Erfahrungswissen der Realität schon wesentlich näher, wenn er angibt, dass die Schussweitzunahme bei linearem Anstieg des Schusswinkels immer geringer ausfällt.<sup>32</sup>

Vor diesem Hintergrund ist nun der Blick auf Instrumente zur Einstellung des Schusswinkels zu richten. Es gab zwei derartige Verfahren und davon abhängige Typen von Geschützaufsätzen. Das erste ist die numerische Schusswinkleinstellung mit Richtquadranten (Winkelmesser für einen Viertelkreis 0° bis 90°), die man aus dem Vermessungswesen und der Astronomie kannte. Am Kreismittelpunkt eines Quadranten war eine Schnur mit einem Senkblei befestigt, um Senkrechte und Waagrechte zu kennen und den Schusswinkel daran auszurichten. Diese Pendelrichtquadranten gab es in unterschiedlicher Form und Ausgestaltung. Walter Ryff beschreibt und illustriert solche Geräte ausführlich.<sup>33</sup> Georg Wendler bezieht sich in

tal gleichförmig fortzubewegen. Es legt dabei die Schussweite  $x(t_S) = v_{0,\text{hor}} \cdot (2t_S)$  zurück. Setzt man obigen Wert für  $t_S$  ein, so ergibt sich für sie

$$x(t_S) = v_{0,\text{hor}} \cdot (2v_{0,\text{ver}}/g) = 2(v_{0,\text{hor}} \cdot \cos\varphi) \cdot (v_{0,\text{ver}} \cdot \sin\varphi)/g = (v_0^2 \cdot \sin(2\varphi))/g.$$

Aus  $x(t) = v_{0,\text{hor}} \cdot t$  und  $y(t) = v_{0,\text{ver}} \cdot t - gt^2/2$  folgt für die Bewegungsgleichung der Wurfparabel

$$y = -(g/(2v_{0,\text{hor}})) \cdot x^2 + (\tan\varphi) \cdot x.$$

Eine Kugel der Masse  $m$  hat am Anfang die von der Schießpulverexplosion gelieferte kinetische Energie  $E = mv_0^2/2$ . Dies in die Schussweitengleichung eingesetzt, liefert  $x(t_S) = (2E \cdot \sin(2\varphi))/(gm)$ . Es war also gar nicht so leicht, die reine  $\sin(2\varphi)$ -Abhängigkeit der Schussweite in der Praxis zu erkennen, da man dazu für jeden Probeschuss einerseits die gleiche Startenergie  $E$  liefern muss, die von der Pulverqualität abhängt (dafür gab es nur eingeschränkt zuverlässige Testverfahren) und andererseits die gleiche Kugelmasse  $m$ . Hinzu kommen Unwuchten der Kanonen und mangelnde Passungen der Kugeln, die den Bewegungsablauf stark beeinflussten.

<sup>32</sup> UFANO, *Artillerie*, Abb. zwischen S. 114 und 115.

<sup>33</sup> RYFF, *Buexenmeisterey*, fol. XIX<sup>r</sup>-XX<sup>v</sup>.

seiner Darstellung auf Ryff, verwendet aber mit dem Messzirkel ein komplexeres Gerät.<sup>34</sup>

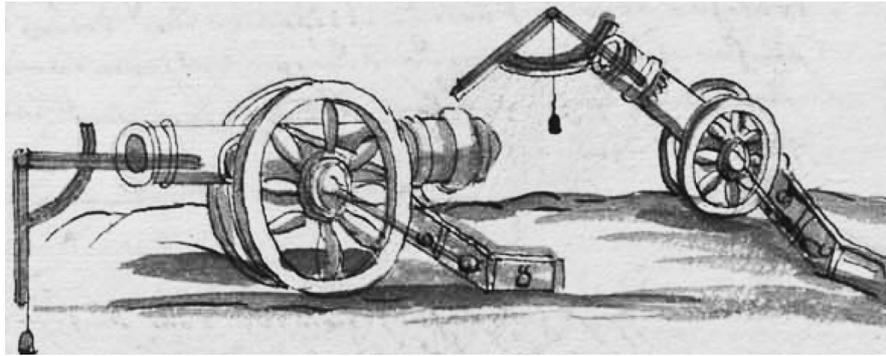


Abb. 3: Richten von Kanonen mit Quadranten,  
in G. Wändler, *Memorialbuch*, Cgm 3788, fol. 212<sup>r</sup>, Dig. 429  
(Bayer. Staatsbibliothek München)

Beim zweiten Verfahren wurde das Ziel mit Visiereinrichtungen, nämlich Loch- oder Rohrvisieren, auf der Kanone und einem Korn an der Mündung eingestellt. Mit dem Visieren wurde gleichzeitig der Schusswinkel eingestellt. Dafür musste eine Visiereinrichtung in ihrer Höhe verstellbar sein. Das konnte durch eine statische Konstruktion erreicht werden: Das Ziel wurde durch eines von mehreren in einem Lochstab übereinander angeordneten Visierlöchern anvisiert, oder ein Rohrvisier wurde an einem Stab in unterschiedlichen Höhen befestigt. Bei einer verfeinerten dynamischen Konstruktion waren beide Visiereinrichtungen an einem frei verschieblichen Stab oder an Schraubenspindeln, die teils feine Präzisionsgewinde aufwiesen, stufenlos höhenverstellbar. Die Höhe des Visiers wurde durch am Geschützaufsatz angebrachte, vom Kugelgewicht abhängige lineare Schussweiten-Skalen<sup>35</sup> oder eine Schießtabelle bestimmt. Je höher das Visier, umso größer war der Schusswinkel.<sup>36</sup>

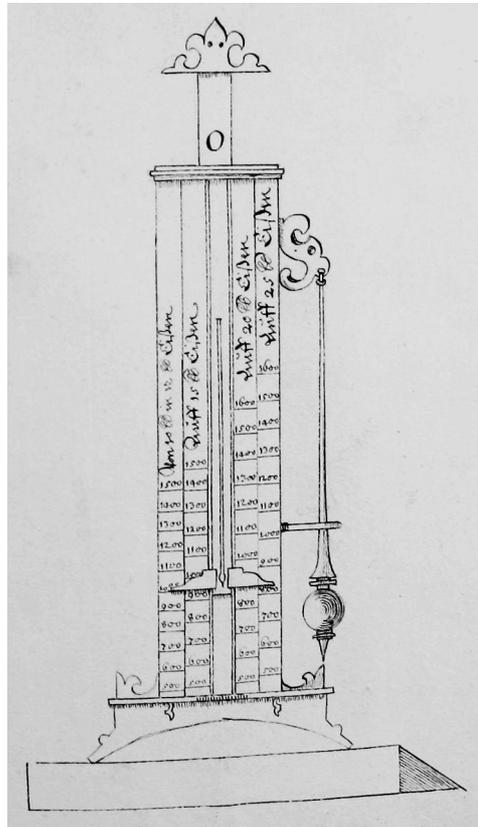
Wie schon gesagt, treffen Mängel im physikalischen Grundlagenwissen und in der Geschütztechnologie auf diese teils ausgefeilten Geschützaufsätze. Inwieweit man sich der theoretischen Fehler bei der Beschreibung von Geschossbahnen bewusst

<sup>34</sup> Caspar Uttenhofers Messzirkel; WÄNDLER, *Memorialbuch*, Cgm 3788, fol. 180<sup>r</sup>–185<sup>v</sup>, Dig. 365–376.

<sup>35</sup> Im rechtwinkligen Dreieck aus der Kanonenachse (vom Korn an der Kanonenmündung bis zum Ort des Geschützaufsatzes auf der Kanone; Hypotenuse), der vertikalen Schussweiten-Skala und der Waagrechten (bei einem höhengleichen Ziel) entspricht die Höhe des Visiers an dieser Skala immer dem Sinus des Schusswinkels (multipliziert mit der Hypotenusenlänge). Der Sinus verhält sich aber im hier maßgeblichen Bereich von 0° bis 45° fast linear, so dass diese Skalierung die frühneuzeitliche Annahme einer linearen Abhängigkeit von Schusswinkel und Schussweite nochmals bestätigt (vgl. Fußnote 28 und 29). Zu Beispielen vgl. Fußnote 43 und 48.

<sup>36</sup> Zu den beiden Visierverfahren vgl. WUNDERLICH, *Feldmeßkunst*, S. 174–177, der eine kompakte, verständliche Darstellung bietet.

Abb. 4: Geschützaufsatz mit Pendellot, höhenverstellbarer Visiereinrichtung und linearen Schussweiten-Skalen für Eisenkugeln von 10 bis 12, 15, 20 und 25 Pfund Gewicht (wie in Furttentbach, *Büchsenmeisterey-Schul*, Tafel 29 neben S. 100), in J. C. Kaukol, *Büchsenmeisterey*, Fig. 5, fol. 17<sup>r</sup> (Riksarkivet Stockholm)



war, ist nicht klar. Jedenfalls hatten Praktiker (Büchsenmeister und Kanoniere) unvermeidlich bemerkt, dass die Verwendung von Richtinstrumenten nicht zur gewünschten Treffsicherheit führte, was eine deutliche Skepsis hervorrief.<sup>37</sup> Der Mathematikhistoriker Ivo Schneider zitiert den Frankfurter Artilleriehauptmann Daniel Elrich, der sich 1676 über die hauptsächlich von Anfängern überschätzte Wirksamkeit der Messinstrumente lustig macht. Die persönlichen Erfahrungen der Kanoniere spielten eine viel größere Rolle.<sup>38</sup> Sie wurden nicht veröffentlicht, sondern laut Wolfgang Lochmann 1626 als Geheimnisse gehütet.<sup>39</sup> Man verwendete

<sup>37</sup> Der Zeugmeister Georg SCHREIBER weist in seiner Kritik darauf hin, dass vergoldete Instrumente nicht besser als einfache Quadranten (Triangel) seien (SCHREIBER, *Büchsenmeister-Discurs*, S. 19–22 mit Tafel).

<sup>38</sup> Auch der Feld-Artillerie-Stück-Hauptmann und Ober-Feuer-Werks-Meister Michael MIETH äußert sich kritisch: *Diese Künste lassen sich in einem Zimmer auff dem Pappier practiciren; vor Vestungen aber streicht man die Tafeln aus/ das rechnen/ samt dem Quadranten/ verlieren sich/ und muß das wohl-exercirte Augen-Maaß über das Metall zurichten und der Verstand des Büchsenmeisters/ das beste thun* (MIETH, *Praxis*, 4. Teil, Cap XXVI, S. 25).

<sup>39</sup> Vgl. SCHNEIDER, *Proportionalzirkel*, S. 68–69, mit Bezug auf Daniel ELRICH in Casimir SIEMIENOWICZ, *Vollkommene Geschütz-, Feuerwerck- und Büchsenmeisterey-Kunst*, Frankfurt/

sog. „Schießtabelle“, die Schusswinkel und Entfernungen zueinander in Beziehung setzten.<sup>40</sup>

Warum finden sich dann aber besonders reich verzierte Geschützaufsätze in Kunstkammern (bspw. Dresden und Wien)? Diese Repräsentationsexemplare ohne nennenswerte Gebrauchsspuren sollten wohl eine abschreckende Wirkung auf mögliche Gegner entfalten. Man wollte bluffen und den – falschen – Eindruck erwecken, dass man in der ballistischen Theorie ein hohes Niveau erreicht hatte, die geometrischen Prinzipien der Ausrichtung von Geschützen beherrschte und deshalb eine große militärische Schlagkraft besaß.<sup>41</sup>

Der von Johann Carl Kaukol beschriebene Geschützaufsatz ist ein aufwendig gebautes Multifunktionsgerät, das neben dem Geschützrichten nach beiden Verfahren, also mit Visiereinrichtung oder Pendelrichtquadrant, auch für Vermessungsarbeiten geeignet war. In den einschlägigen Museen finden sich verschiedene Formen von Pendelrichtquadranten, aber von Kaukols komplexem Typ ist offenbar kein Exemplar erhalten.<sup>42</sup> Immerhin zeigt der Zeugmeister Georg Schreiber aus Brieg/Brzeg in Schlesien zwei ähnliche Instrumente, allerdings ohne jegliche Beschreibung.<sup>43</sup> Ansonsten konnte in der einschlägigen Literatur nichts Vergleichbares gefunden werden.<sup>44</sup> Das Gerät ist – nach dem auf der Objektzeichnung rechts oben vermerkten Längenmaßstab von einem *Nürnberger Statt schuech Zoll*, also  $\frac{1}{2}$  Schuh, das sind etwa 2,5 cm – ungefähr 25 cm hoch. Die filigranen Bauteile konnten nur aus Metall hergestellt sein.

Main: David Zunner 1676 (deutsche Übersetzung von Thomas Leonhard BEER des ursprünglich lateinischen Werks), und auf Wolfgang LOCHMANN, *Instrumentum Instrumentorum Mathematicorum*, Stettin: Nicolaus Barthelt 1626.

<sup>40</sup> Vgl. WUNDERLICH, *Feldmeßkunst*, S. 174–175. Michael MIETH schränkt deren Bedeutung ein: *Die Schieß-Tafeln werden den anfangenden Büchsenmeistern darum vorgelegt und erklärt/ damit sie nur beyläufig wissen können/ wie weit ein Stück von gewisser Länge/ Lad- und Richtung in Kern und Bogen-Schuß seine Kugel treibe* (MIETH, *Praxis*, 4. Teil, Cap XXVI, S. 25).

<sup>41</sup> Vgl. PLABMEYER, *Genau messen*, S. 65, 68, 72.

<sup>42</sup> Fehlanzeige bei: Militärhistorisches Museum der Bundeswehr Dresden, Staatl. Math.-Phys. Salon der Staatl. Kunstsammlung Dresden, Bayer. Armeemuseum Ingolstadt, Deutsches Museum München, Bayer. Nationalmuseum München, Germanisches Nationalmuseum Nürnberg, Heeresgeschichtliches Museum Wien, Kunsthistorisches Museum Wien.

<sup>43</sup> Vgl. SCHREIBER, *Büchsenmeister-Discurs*, Tafel 17 vor S. 13 und insbesondere Tafel 19 vor S. 14 mit Schussweitenskalen für Kugelgewichte 12, 25 und 50 Pfund; zu KAUKOLS Skalen vgl. Fußnote 48. Schreiber bringt weitere Quadranten auf den Tafeln 49–52, allerdings auch nur mit einer ganz kurzen Beschreibung auf S. 105 f.

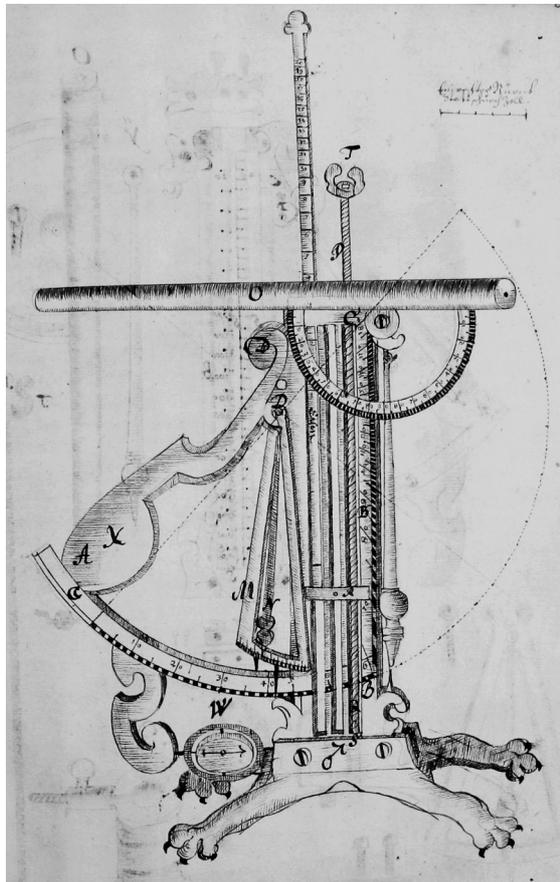
<sup>44</sup> Fehlanzeige in: FURTENBACH, *Büchsenmeisterey-Schul*, RYFF, *Buexenmeisterey*, UFANO, *Artillerie*, ZUBLER, *Büchsenmeisterey*. Auch nicht genannt in: Franz Joachim BRECHTEL, *Büchsenmeisterey*, Nürnberg: Katharina Gerlach 1591; Christoph DAMBACH, *Büchsenmeisterey*, Frankfurt/Main: Wilhelm Hofmann 1609; Philipp EBERHARD, *Von dem Neuwen geometrischen Instrument oder Triangel*, Zürich: Rudolf Weyssenbach 1602; Johannes FAULHABER, *Newe Geometrische vnd Perspectiuische Inventiones Etlicher sonderbahrer Instrument*, Frankfurt/Main: Wolfgang Richter 1610. Levinus HULSIUS, *Ander Tractat der Mechanischen Instrumenten – Gründlicher vnterricht deß neuen Büchsen Quadrants*, Frankfurt/Main: Wolfgang Richter 1603; Casimir SIEMIENOWICZ, *Vollkommene Geschütz-, Feuerwerck- und Büchsenmeisterey-Kunst*, Frankfurt/Main: David Zunner 1676. ZINNER, *Instrumente*, führt zwar eine ganze Reihe von Geschützaufsätzen auf, aber ohne genauere Beschreibung und ohne Abbildungen.

Seine Beschreibung des Richtquadranten leitet Kaukol auf fol. 27<sup>r</sup> folgendermaßen ein:

*Ein Neues kurtz vnd Compendios Geometrico=Pyrobolisch<sup>45</sup> Instrumentum: Alle Geom: vnd Pyrobol: Instrumenta in sich begreiffendt vom Graff Conti. Seel. Ihro Kayßerl. Mayst. gewesten General Zeigmeister colligirt zu Regenspurg*

Der als Erfinder des aufwändigen Quadranten bezeichnete *Graff Conti* ist wahrscheinlich zu identifizieren als Torquato Conti (1591–1636), Herzog von Guadagnoli, der im Dreißigjährigen Krieg viele militärische Ämter innehatte und u. a. kaiserlicher General(feld)zeugmeister war.<sup>46</sup>

Abb. 5: Quadrant zum Richten einer Kanone, Objektzeichnung, in J. C. Kaukol, *Püchsenmeisterey*, fol. 28<sup>r</sup> (Riksarkivet Stockholm)



<sup>45</sup> Feuergeschechte betreffend.

<sup>46</sup> Vgl. die ausführliche Biografie in ZEDLER, *Universal-Lexicon*, Bd. 6, Sp. 1125 f.; vgl. auch LUCHT, *Glückstadt*, S. 136 Fußnote.

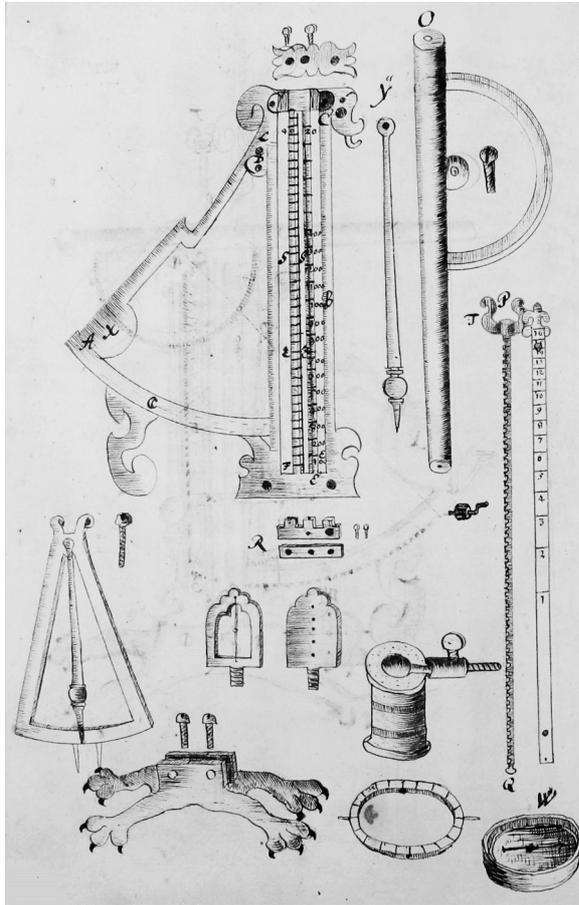


Abb. 6: Quadrant zum Richten einer Kanone, Explosionszeichnung, in J. C. Kaukol, *Püchsenmeistery*, fol. 28<sup>v</sup> (Riksarkivet Stockholm)

Kaukols knappe Bedienungsanleitung für dieses Instrument setzt Vorwissen voraus und ist daher im Detail schlecht nachvollziehbar.<sup>47</sup> Deshalb will ich sie hier nicht wiedergeben. Ich gehe nur auf dessen funktionale Bestandteile ein, soweit mir ihre Bedeutung verständlich ist:

A B C: Winkelskala (*Quadrant, Transport*) um den Mittelpunkt D von 0° bis 180°, zunächst bis etwa 50° am Kreisbogen verlaufend, dann senkrecht emporsteigend.

D: Zentrum der Winkelskala. Zur Landvermessung schraubt man das Visierrohr (*Dioptra, Liniale*) im Loch D an. Zum Geschützrichten wird dort das Pendellot M befestigt.

M: Pendellot (*Stukh Triangel*). Es konnte sich die Gradskala AB entlang bewegen und dort in senkrecht hängender Position den Schusswinkel (*Declination, Elevation, erhöhung*) anzeigen.

<sup>47</sup> KAUKOL, *Püchsenmeistery*, fol. 27<sup>r</sup>–29<sup>f</sup>; fol. 27 gibt es dreimal.

N: Zähne (*Zeigerlein, Zinglein*), die das Pendellot M der Gradeinteilung AB frei senkrecht hängend entlangführen.

O: Visierrohr (*Tubulus, Rörlein*) mit 180°-Winkelmesser.

PQ: Am Fuß bei S befestigte Schraube (*schrauffe*). Dreht man sie an ihrem *Knopf* T, so bewegt sich die Mutter R auf und ab.

R: Mutter (*Müderlein*). Sie wird auf der senkrechten Skala auf den beabsichtigten Schusswinkel bzw. die beabsichtigte Schussweite eingestellt. Visiert man ein Ziel mit Hilfe eines Kornes an der Kanonenmündung und der Mutter des weiter hinten auf der Kanone stehenden Geschützaufsatzes an, so ergibt sich damit der Schusswinkel, der umso größer ist, je höher die Mutter geschraubt ist.

SS: Skalenstäbe (*Columnen*) für den Schusswinkel (*Elevation*; bis 40°) und die davon linear (!) abhängige Schussweite (*Distantz*; bis 2000 Schritt) in 100-Schritt-Einteilung (½ Nürnberger Zoll auf der Skala entsprechen 100 Schritt in Wirklichkeit).<sup>48</sup> Die vom Kanontyp abhängige Kernschussweite ist jeweils zu addieren.<sup>49</sup> Kaukol nennt sie für verschiedene Geschütztypen.

W: Kompass

X: Offenbar zum Nordpol ausrichtbarer Schattenzeiger einer Sonnenuhr.

Y: Pendellot (*Perpendicularum*) zur senkrechten Aufstellung des Geräts.

Ganz rechts auf der Explosionszeichnung ist ein Kalibermaßstab mit einer Kubikskala eingezeichnet, auf der Objektzeichnung ist es der längste Skalenstab in der Mitte, der die Beschriftung Eisen trägt. Die Kubikskalierung ist daran erkennbar, dass der Abstand von der Markierung 0 (unterer Endpunkt des Stabes) bis zur Markierung 1 gleich ist dem Abstand von der Markierung 1 bis zur Markierung 8 (= 2<sup>3</sup>). Daran konnte in Abhängigkeit vom Durchmesser einer Kanonenkugel deren Gewicht abgelesen werden, das mit der dritten Potenz des Durchmessers steigt.<sup>50</sup>

### 3. Johann Carl Kaukols Probefeuwerk

Am 24. Sept. 1668 dürfen Johann Carl und drei weitere Aspiranten mit Erlaubnis des Regensburger Rats am Oberen Wöhrd ein Probefeuwerk zu Lernzwecken abhalten. Johann Carl erläutert seinen Aufbau in einer sorgfältigen Zeichnung (fol. 139<sup>v</sup>–140<sup>r</sup>) mit vorhergehender genauer Legende der verschiedenen und in speziellen Formen angeordneten Feuerwerkskörper (fol. 138<sup>r</sup>).

<sup>48</sup> KAUKOL zeigt in seinem Kanonierbesteck solche linearen Schussweitenskalen auch nebeneinander für Eisenkugeln der Gewichte 10 bis 12, 15, 20 und 25 Pfund an einem einfachen Geschützaufsatz mit Visiereinrichtung und Pendellot, aber ohne Winkelskala; je größer das Gewicht, umso höher muss der Schusswinkel sein, um die gleiche Schussweite zu erzielen (KAUKOL, *Püchsenmeisterey*, Fig. 5, fol. 17<sup>r</sup>).

<sup>49</sup> Der Kern (Seele) ist die innere Höhlung einer Kanone von der Mündung bis an den Boden. „Kernrecht richten“ bedeutet, den Kern horizontal auszurichten. Ein Kernschuss ist damit ein Schuss bei horizontalem Kern (GRIMMS Wörterbuch; vgl. SCHREIBER, *Büchsenmeister-Discurs*, S. 6).

<sup>50</sup> KAUKOL, *Püchsenmeisterey*, Fig. 5, fol. 16<sup>v</sup>–17<sup>r</sup>, Kanonierbesteck, enthält drei Kubikvisierstäbe für Kugeln aus Eisen, Blei und Stein (F, G, H). WENDLER, Memorialbuch, fol. 221<sup>r</sup>, Dig. 447, zeigt einen Visierstab für Kugeln. Auch aus der Fassmessung kennt man sog. Kubikruten zur Volumenbestimmung.

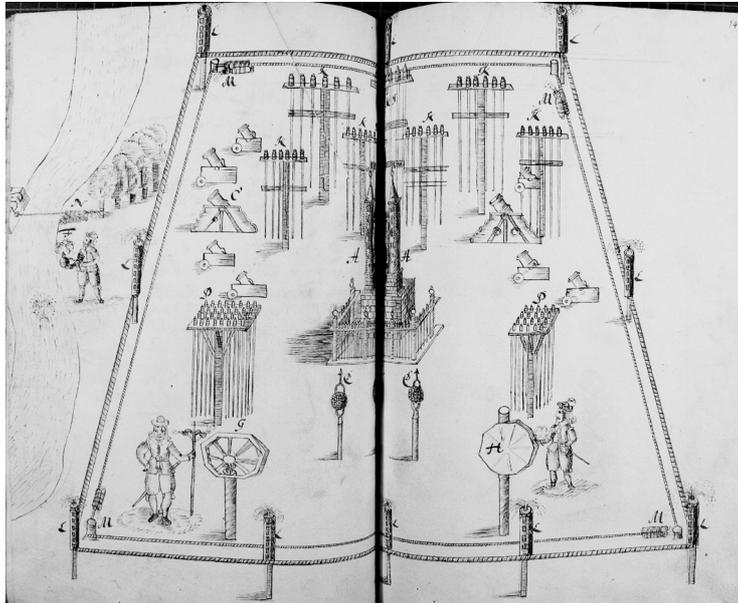


Abb. 7: Plan des Feuerwerks am 24. Sept. 1668 in Regensburg am Oberen Wöhrd,  
in J. C. Kaukol, *Püchsenmeisterey*, fol. 139<sup>v</sup>-140<sup>f</sup>

(Riksarkivet Stockholm)

*Probstuck daß mir vnd noch 5en zu  
 Regenspurg ein Edler vnd Hochweißer  
 Rath haben Lernen lassen  
 A Vodere seiten des Castels sambt dem Einfang herumb  
 mit Rageten  
 B Zwey Raketen Bretter mit allerley Rageten von auß=  
 fahrenden Licht Kugl, vnd Sternputzen eingesetzt  
 C Der Neye gegossene Pöller darauß seint 8 Ernst  
 und Lust Kugln geworffen  
 D Zwey Sturmspies  
 E Ein Sturmkrantz  
 F Wasser Kuglen von unterschiedlichen sorten  
 G Ein grosses Feuer Radt welches oben herumb laufft  
 H Noch ein Feuer Radt welches sein natürlichen lauf hat  
 J Ein Ragetenkreitz mit 6 2Pfündigen Rageten  
 K Sechs Rageten Kreitz mit allerley Rageten  
 L Die Eiserste 10 Feuer stelen darinen daß  
 gantze Fevverwerkh eingeschlossen  
 M Ein schnur Feuer so in den 4 Eken umblaufft  
 N Ein brennend Seehundt so vber die Donau hiniber  
 laufft. Gehalten den 24 7bris Ao 1668 Im Obern  
 Wöhr*

In Johann Carl Kaukols Schrift gibt es natürlich noch viel mehr Details aus Wissenschafts- und Technikgeschichte zu entdecken. Eine vollständige Edition ist nicht nur aus lokalhistorischer Sicht ein Desiderat.

### *Literaturverzeichnis*

#### *Quellen*

- Joseph FURTTENBACH, Halinitro Pyrobolia. Beschreibung einer Nevven Büchsenmeisterey, Ulm: Jonas Saur 1627.
- Joseph FURTTENBACH, Büchsenmeisterey-Schul, Augsburg: Johann Schultes 1643.
- Lukas Carl KAUKOL, Brief an den Grafen Maximilian Karl Albrecht von Löwenstein-Wertheim-Rochefort nach Frankfurt, enthaltend seinen ‚Lebenslauf‘, genannt Status (Lebenswandel deß zu Gudenfelß negst Caupp am Rhein gefangen sizenden Kaukols vnd Canonici Humpels vnd derselben biß zu ihrer Gefangenschafft geführten conduite beftreffend), Schloss Gutenfels bei Kaub am Rhein, 10.01.1703 (Landesarchiv Baden-Württemberg, Staatsarchiv Wertheim, Kaiserliche Kommission den in Arrest genommenen kurkölnischen Rat und Geheimen Sekretär Kaukol betreffend, R Lit. St Nr. 422).
- Johann Carl KAUKOL, Formalisches Püchsenmeisterey vnd Feuer=Kunst=Buch, Regensburg 5. Juli 1669 (Riksarkivet Stockholm, Krigsarkivet, Manuskriptsamlingen, XXVIII: 2; Geschenk 1874 von Major August Wilhelm Brunius (1836–1913)).
- Michael MIETH, Artilleriae Recentior Praxis. Oder Neuere Geschütz Beschreibung, Frankfurt, Leipzig: Autor 1683.
- Regensburg, prot. Stadtpfarrei (Landesarchiv der Evang.-Luth. Kirche Bayerns LAELKB, Nürnberg, Kirchenbücher 1), \* 1647–1669 (1–18).
- Gualtherius RIVIUS = Walter RYFF, Der furnembsten, notwendigsten, der gantzen Architectur angehoerigen Mathematischen und Mechanischen kuenst eigentlicher Bericht. II. Buch: Geometrische Buexenmeisterey, Nürnberg: Johann Petreius 1547.
- Georg SCHREIBER, Büchsenmeister-Discurs, Breslau: Trescher 1671 (älteste Ausgabe 1656).
- Diego UFANO, Artillerie, Zutphen: Andre d’Aelst 1621. Französische Übersetzung des ursprünglich spanischen Werks „Tratado de la artillería“.
- Georg WENDLER, Memorialbuch [Titel lt. fol. 2v], [Nürnberg, Regensburg ~1645--~1650] (Cgm 3788).
- Leonhard ZUBLER, Neuwe geometrische Büchsenmeisterey, Zürich: Jonas Geßner 1608.

#### *Sekundärliteratur*

- George ADAMS, Geometrische und graphische Versuche oder Beschreibung der mathematischen Instrumente, deren man sich in der Geometrie, der Zivil- und Militär-Vermessung, beim Nivellieren und in der Perspektive bedient. Nach der deutschen Ausgabe von 1795, Darmstadt 1985.
- Walter FÜRNRÖHR, Das Patriziat der Freien Reichsstadt Regensburg zur Zeit des Immerwährenden Reichstags, in: VHVO 93 (1952), S. 153–308.
- Jacob und Wilhelm GRIMM, Deutsches Wörterbuch, Leipzig seit 1836, online woerterbuch-netz.de/DWB.
- Alfred HOLL, Die Regensburger Mathematiker-Familie Kaukol und ihre Werke im 17. Jahrhundert, in: VHVO 157 (2017), S. 109–138.
- Andreas Christian LUCHT, Glückstadt oder Beiträge zur Geschichte dieser Stadt und des dreißigjährigen Krieges in unserem Lande, Kiel 1854.

- Peter PLABMEYER, Herrschaft verteidigen. Artilleristische Richtinstrumente als Resultat und Mittel strategischen Denkens im 16. Jahrhundert, in: Wolfram DOLZ - Yvonne FRITZ, Genau messen = Herrschaft verorten. Das Reißgemach von Kurfürst August, ein Zentrum der Geodäsie und Kartographie, Berlin, München 2010, S. 64–72. Gekürzt als: Zielübungen. Artilleristische Richtinstrumente als Resultat und Mittel strategischen Denkens im 16. Jahrhundert, in: Bayerisches Armeemuseum (Hg.), Wissenschaft und Technik im Dienst von Mars und Belluna, Regensburg 2013, S. 133–145.
- Das Rathaus zu Regensburg, ein Markstein deutscher Geschichte und Kunst, Regensburg 1910.
- Ivo SCHNEIDER, Der Proportionalzirkel. Ein universelles Analogrecheninstrument der Vergangenheit (= Deutsches Museum, Abhandlungen und Berichte 38 (1970), Heft 2), München, Düsseldorf 1970.
- Ivo SCHNEIDER, Wehrbau und Geschützwesen als Anwendungsbeispiele der von Rechenmeistern gelehrten Fähigkeiten, in: Rainer GEBHARDT (Hg.): Rechenmeister und Mathematiker der frühen Neuzeit (= Schriften des Adam-Ries-Bundes 25), Annaberg-Buchholz 2017, S. 339–358.
- Johann SEIFERT, Stamm-Taffeln Gelehrter Leute, Zweyter Theil, Nach Ordnung des Alphabets, Regensburg 1723.
- Herbert WUNDERLICH, Kursächsische Feldmeßkunst, artilleristische Richtverfahren und Ballistik im 16. und 17. Jh., Berlin 1977.
- Johann Heinrich ZEDLER (Hg.), Grosses Universal-Lexicon aller Wissenschaften und Künste, Bd. 6, Leipzig 1735.
- Ernst ZINNER, Deutsche und niederländische astronomische Instrumente des 11.–18. Jahrhunderts, München 1956.