Praktische Anweisung

zum

Bombenwerfen

mittelst

dazu eingerichteter Hilfstafeln.

Ein Fragment

aus dem

dritten Bande

der

mathematischen Vorlesungen

des

Artillerichauptmanns und Professors der Mathematik
bey dem kaiserl. königl. Bombardierkorps

Georg Vega.

Wien, 1787.

. Ш. С. Б.

Praktische Anweisung zum Bombenwerfen.

Fig.

§. 84.

Die Lehre von der freyen Bewegung geworfener schwerer Körper heißt insgemein **die parabolische Theorie**; diese müßte mit der Erfahrung genau übereinstimmen, wenn die geworfenen Körper wirklich sich frey bewegen könnten, das ist wenn die Luft ihre Bewegung nicht verzögerte, und wenn es dabey möglich wäre mehreren vollkommen gleichen Körpern vollkommen einerley anfängliche Geschwindigkeit nach beliebigen Richtungen beyzubringen.

Der Widerstand der Luft hat auf die Bewegung geworfener Körper einen so gewaltigen Einfluß, daß man bey der ungemein schnellen Bewegung abgeschossener Kanonkugeln die parabolische Theorie gar nicht anwenden kann. Man hat z. B. durch genaue Versuche zu la Fere in Frankreich im Jahr 1740 mit einer 24pf. Kanone eine Schußweite = 1675 Klafter mit 15°, und eine Schußweite = 820 Klafter mit 4° Elevation bey einerley Ladung erreichet; wenn man nun aus der Schußweite unter 15° jene unter 4° nach (§. 80. I) berechnet, so findet man nur 467 Klafter, welche man für gar keine Annäherung zu der beobachteten Schußweite 820 Klafter ansehen kann.

Auf die Bewegung der Bomben, die um vieles langsamer ist als jene der abgeschossenen Kanonkugeln, hat der Widerstand der Luft keinen so gewaltigen Einfluß. Die Sätze (§. 80 bis 83) liessen sich beym Bombenwerfen mit guten Nutzen gebrauchen, wenn nur die Wurfweiten bey einerley Bomben, unter einerley Richtung, bey einerley Ladung des nämlichen Pulvers, bey einerley Zustande der Luft, nicht so gewaltig von einander verschieden wären. Diese Verschiedenheit sowohl der Wurfweiten der Bomben als auch der Schußweiten

verstande der Luft niemals eine Parabel seyn kann, wie es in der Folge bey der Bewegung der festen Körper in einem widerstehenden Mittel zu ersehen seyn wird; man kann z. B. aus der bekannten **mittleren** Wurfweite unter einem bekannten Elevationswinkel durch diesen Satz den Elevationswinkel berechnen, worunter ein Gegenstand in einer gegebenen Entfernung mit der nämlichen Ladung zu bewerfen ist; die Rechnung wird gar nicht merklich von der Erfahrung abweichen, wenn der berechnete Elevationswinkel von dem Elevationswinkel des Probwurfes nicht gar zu weit, etwann nicht über 20° verschieden ist. Auch kann man aus der Entfernung des Zieles, und aus dem Elevationswinkel, die Länge der Brandröhre mittelst eines bekannten Versuchs durch den Satz (**die Quadrate der Brandröhrenlängen verhalten sich gegeneinander wie die Produkte aus den Wurfweiten multiplicirt mit den Tangenten der Elevationswinkel vom Horizonte** vermög §. 80. VI. u. VII. hinlänglich zuverlässig bestimmen. Jedoch weil die Bahn eines geworfenen Körpers wegen dem Widerstande der Luft keine Parabel seyn kann, so ist man keineswegs aus der parabolischen Theorie berechtiget die zwey erwähnten Sätze in der ausübenden Artillerie für brauchbar anzunehmen, sondern es muß erst durch Versuche ausgemacht werden, ob diese zwey Sätze durchaus in der Ausübung zu verwerfen, oder vielleicht in einigen Fällen mit Nutzen anzuwenden sind. Fig.

§. 85.

Nachstehende Tafel enthält die Vergleichung des aus der parabolischen Theorie abgeleiteten Satzes (**bey einerley Ladung und verschiedener Richtung verhalten sich die Wurfweiten gegen einander wie die Sinus der doppelten Elevationswinkel**) und die Vergleichung der Zeitberechnung mit der Erfahrung beym Bombenwerfen. Die Versuche sind aus Bezout Cours de Mathemat. Tom. IV. genommen; diese Versuche wurden zu la Fere im Oktober 1771. auf

Fig. der Kanonkugeln unter einerley Umständen können theils von der ungleichförmigen innerlichen Beschaffenheit des Pulvers, theils von der ungleichen Entzündung desselben, theils auch und zwar hauptsächlich von dem grossen Spielraume herrühren. Die Bomben und Kugeln werden nämlich im Herausfahren aus verschiedenen zufälligen Ursachen an die eine Wand der Seele (der Aushöhlung) angeschleudert, und dadurch nach der entgegengesetzten Seite von ihrer wahren Richtung abgetrieben, welches die am Geschütze öfters zurückgelassene sehr sichtbare Streifen an dem Metalle augenscheinlich bestätigen. Eben dieses An- und Abprellen der Kanonkugeln und Bomben ist die Hauptursache ihrer Abweichung von der Vertikalebene, worin die Bewegung geschehen sollte; diese Abweichung steigt zuweilen auf einen 15ten, auch sogar auf einen 10ten Theil der Entfernung. Die allzugrossen Unterschiede in den Wurf- und Schußweiten bey einerley Ladung und Richtung, und die Abweichungen von der Vertikalebene können durch die Verminderung des gemeiniglich allzugrossen Spielraumes einigermassen vermieden werden, wie es bey der französischen Artillerie bereits geschehen ist. Bey langsamen Kanonenfeuer auf sehr grosse Entfernungen von 600 bis 1000 Klafter kann durch gehörige **Pflasterung** der Kugeln (ohngefähr so wie bey gezogenen Röhren) die Richtigkeit und Wirksamkeit der Schüsse um vieles befördert werden.

Wenn man beym Bombenwerfen aus mehreren Wurfweiten bey einerley Ladung und Elevation unter verschiedenen Richtungen die mittleren Wurfweiten herauszieht, so stimmen solche Wurfweiten mit jenem aus der parabolischen Theorie abgeleiteten, und in der ausübenden Artillerie beym Bombenwerfen wirklich brauchbaren Satze (**daß sich die Wurfweiten gegeneinander verhalten, wie die Sinus der doppelten Elevationswinkel**) ziemlich überein, obschon die Bahn eines geworfenen Körpers wegen dem Wi-

der

Vergleichung der vorerwähnten aus der parabolischen Theorie abgeleiteten Sätze mit der Erfahrung beym Bombenwerfen.

Fig.

Elevation vom Horizonte.	Wurfweiten.					Dauerzeiten.		
	beobachtete		berechnete			beobachtete	berechnete	
	bey den Versuchen.	mittlere.	aus der mittleren unter 45°.	in der widerst. Luft v. Bezout	aus der Bezoutischen unt. 45°	bey den Versuchen.	aus der Zeit unter 45°.	aus der eigenen Wurfweite.
10°	257 249 221 228	239	176	227	187	4 Sek.	$3\frac{3}{4}$ Sek.	4 Sek.
20	440 424 394 398	414	331	396	351	$7\frac{1}{3}$	$7\frac{1}{3}$	$7\frac{3}{4}$
30	451 516 537 492	499	446	500	474	$10\frac{3}{4}$	$10\frac{3}{4}$	$10\frac{5}{7}$
40	569 575 574 544 577	568	507	547	539	$14\frac{2}{5}$	$13\frac{5}{8}$	$13\frac{3}{4}$
45	490 536 505 498 554	515	515	547	547	$15\frac{1}{5}$	$15\frac{1}{5}$	$14\frac{2}{3}$
50	481 512 488 507	497	507	534	539	16	$16\frac{2}{3}$	$15\frac{4}{11}$
60	457 424 457 448	446	446	467	474	$19\frac{1}{3}$	19	$17\frac{1}{2}$
70	349 297 349 328	331	331	348	351	22	$20\frac{1}{5}$	19
75	298 265 261 256	270	258	*277	274	22	$20\frac{3}{4}$	20

Fig. auf Befehl des damaligen franz. Kriegsministers Marquis de Monteynard, unter der Oberaufsicht des Hrn. von Beauvoir Brigadier und obersten Befehlshaber der Artillerieschule, mit der möglichsten Sorgfalt und Genauigkeit angestellet. Die Bomben, deren man sich bey diesen Versuchen bediente, hatten 11 Zoll 10 Linien des Pariser Fußes im Durchmesser; das Gewicht derselben die Erde dazu gerechnet, womit sie gefüllet waren, betrug 142 Pf. und die Pulverladung $3\frac{1}{4}$ Pf. des Pariser Gewichtes. Die Wurfweiten sind in Par. Kl. ausgedrückt.

Die Wurfweiten in der 4ten Spalte sind aus der mittleren Wurfweite 515 unter dem Elevationswinkel von 45° nach der Formel $b = 515 . \sin 2m$ berechnet. Die mittlere Wurfweite wird erhalten, wenn man alle einzelnen Wurfweiten bey einerley Ladung und Elevation zusammen addiret, und diese Summe durch die Anzahl der Wurfweiten dividiret; man pflegt bey der Bestimmung der mittleren Wurfweite die gar zu viel abweichenden Wurfweiten gänzlich ausser Acht zu lassen, und nur aus den am meisten übereinstimmenden das Mittel zu nehmen. Die Wurfweiten in der 5ten Spalte hat H. Bezout nach der Theorie des Widerstandes der Luft berechnet, die sich allhier noch nicht vortragen läßt. Die Wurfweiten in der 6ten Spalte sind aus der Bezoutischen Wurfweite 547 unter 45° nach der Formel $b = 547 . \sin 2m$ berechnet. Und endlich sind die Dauerzeiten in der 8ten Spalte aus der Dauerzeit 15,2 Sek. unter 45° nach der Formel $t = \frac{15{,}2}{\sin 45^\circ} . \sin m$ bestimmet (§. 80. VIII.); die Dauerzeiten aber in der letzten Spalte sind aus den dazugehörigen mittleren Wurfweiten, und aus den Elevationswinkeln mittelst der Formel $t = \sqrt{\frac{b . \tan m}{g}}$ abgeleit (§. 79. III.), allwo man $g = 15{,}1$ Paris. Fuß gesetzet hat.

Ver-

1783 abgeführten Versuche hat man mit einem 60pfün- Fig.
digen Pöller bey einer Ladung von $1\frac{1}{2}$ Pf. Wienergew. unter dem Elevationswinkel von 45° mit 4 auf einander folgenden Würfen die Wurfweiten 146; 152; 142; 145 Wienerklafter erhalten; daraus folgt die mittlere Wurfweite = 146; bey der nämlichen Ladung unter dem Elevationswinkel von 65° (vom Horizonte gezählet) waren bey 4 auf einander folgenden Würfen die Wurfweiten 156; 135; 158; 140; daraus ist das Mittel = 147; und endlich waren unter 75° (auch vom Horizonte gezählet) die Wurfweiten = 88; 95; 99; 95; woraus die mittlere Wurfweite = 94 Wienerklafter folgt; bey dem ersten Elevationswinkel ware die beobachtete mittlere Dauerzeit = $7\frac{1}{2}$, bey dem 2ten = $11\frac{1}{2}$, und bey dem 3ten = 12 Sek. die Bombe hatte im Durchmesser 11 Zoll 3 Linien des W. F. und wog samt der Erde, womit sie gefüllet ware, 102 Pfunde Wien. Gew. Die Ladung wurde auf das genaueste abgewogen; das Pulver schlug auf der bey uns gebräuchlichen Pulverprobe 57 Grade; man ließ selbes bey vertikaler Stellung des Pöllers durch einen Trichter in die Kammer laufen, setzte sodann die Bombe ein, ohne vorher das Pulver zu bedecken, und gab dem Pöller die gehörige Neigung. Die Pöllerkammer bestund aus einem Cylinder mit einer daran befindlichen Halbkugel; des Cylinders Durchmesser ware = 6 Zoll 2 Linien, und seine Höhe = 4 Zoll 1 Lin.

Ich würde es nicht glauben, daß die Wurfweite unter 65° grösser seyn könnte als unter 45°, wenn ich nicht selbst ein Augenzeuge bey dem Versuche, und der daran verwendeten möglichsten Sorgfalt gewesen wäre, indem dieses sowohl der parabolischen als auch der Theorie des Widerstandes, und zwar der letztern noch mehr als der ersteren widerspricht; denn es wird weiter unten zu ersehen seyn, daß bey der Theorie des Widerstan-

Fig.

§. 86.

Es ist aus dieser Vergleichungstafel zu ersehen, daß die Wurfweiten bey den Elevationswinkeln, welche kleiner sind als 45°, von der parabolischen Theorie beträchtlich abweichen; die Abirrungen werden bey zunehmenden Elevationswinkeln immer kleiner, so daß über 45° die nach dem angeführten Satze berechneten Wurfweiten mit der Erfahrung beynahe genau übereinstimmen. **Ja selbst die vom Herrn Bezout nach der Theorie des Widerstandes ungemein beschwerlich berechneten Wurfweiten über 45° stehen mit den Sinusen der doppelten Elevationswinkel in einem so genauen Verhältnisse, daß die von der Rechnung herrührenden Abirrungen um vieles kleiner sind, als die gewöhnlichsten Unterschiede der Wurfweiten bey einerley Ladung und Elevation.** Die Berechnung der Zeit bey den Elevationswinkeln unter 45° stimmet mit den Versuchen beynahe vollkommen überein; über 45° ist die Uebereinstimmung nicht mehr so genau, sie ist aber doch noch also beschaffen, daß sich im erforderlichen Falle die Länge der Brandröhre so ziemlich darnach einrichten läßt.

Es ist allerdings daran gelegen, daß man genau untersuche, ob beym Bombenwerfen die Abirrungen der parabolischen Theorie von der Erfahrung bey kleinen Ladungen noch unbeträchtlicher werden, oder ob sie vielleicht noch grösser anwachsen, als in der angeführten Vergleichungstafel. Jene, die den Widerstand der Luft kennen, aber dabey auf die Lage und Entzündung des Pulvers und auf andere Umstände nicht denken, würden das erste behaupten; allein die Erfahrung zeigt oft das Gegentheil. Vermög einem allhier im Augustmonath

1783

Wurfweiten die erlangten anfänglichen Geschwindigkeiten Fig. nach der Theorie des Widerstandes berechnet. Die Ursache der angeführten Veränderung der anfänglichen Geschwindigkeit unter verschiedenen Elevationswinkeln mag zum Theil in der bey verschiedenen Elevationswinkeln auch verschiedenen Lage der nämlichen Ladung liegen, und könnte vielleicht durch irgend eine andere Art der Ladung zum Theil gehoben werden. So ausserordentliche Abirrungen, als die vorerwähnten waren, der Theorie von der Erfahrung bey kleinen Ladungen und so weiten Pöllerkammern, wie die unsrigen sind, werden größten Theils gehoben, wenn man das Pulver nicht ganz entblösset in die Kammer giebt, wie es bey uns vormals geschah, sondern selbes mit einem ziemlich starken Deckel von Kühehaaren bedecket, damit es bey der Neigung des Pöllers seine erste Lage nicht verändern könne, oder noch besser, wenn man das Pulver in eine Patrone von Leinwand schüttet, und den Ueberrest der Patrone entweder mit Sägspänen, oder mit Kühehaaren, oder sonst mit einer schicklichen Materie dergestalt ergänzet, daß die ganze Kammer davon erfüllet wird; dergleichen Patronen befördern den Trieb der kleinen Ladungen in weiten Pöllerkammern auf eine ganz unglaubliche Art; man hat allhier im Augustmonath 1784 bey den Lagerübungen mit einem 30pfündigen Pöller unter dem Elevationswinkel von 60° mit einer Ladung von 24 Loth **ohne Patronen** nur eine Wurfweite = 44 Wienerklafter erreichet; bey dem nämlichen Pöller unter dem nämlichen Elevationswinkel bey der Ladung von 22 Loth des nämlichen ziemlich schwachen Pulvers **jedoch mit Patronen** ware die Wurfweite = 145 Wienerklafter.

Vielleicht würden runde Scheiben von Pappendeckel, die etwas strenge in die Pöllerkammer passen, den Trieb bey kleinen Ladungen eben so gut befördern, als die

Fig. des der Elevationswinkel der größten Wurfweite kleiner als 45° sey. In der Folge bey der Bewegung der Körper in einem widerstehenden Mittel wird es zu ersehen seyn, daß die Theorie des Widerstandes auf das Bombenwerfen sich gar nicht anwenden lasse; die Anwendung dieser Theorie weichet von der Erfahrung noch mehr ab als die Anwendung der parabolischen; denn nach der Theorie des Widerstandes ist bey einerley Ladung die Wurfweite unter 45° **grösser** als die doppelte Wurfweite unter 75°; (in vorstehender Vergleichungstafel ist zwar die Bezoutische Wurfweite = 547 unter 45° kleiner als die doppelte Wurfweite = 2.277 = 554 unter 75°, welches aber von einem Rechnungsfehler herrühret); nach der parabolischen Theorie ist die Wurfweite unter 45° **gleich** der doppelten Wurfweite unter 75; und bey allen oft und genau widerholten Versuchen ist die Wurfweite unter 45° gemeiniglich **kleiner** als die doppelte Wurfweite unter 75°. Die Ursache liegt darin: die Anwendung der Theorie setzet voraus, daß eine nämliche Ladung einer nämlichen Bombe bey einem nämlichen Zustande der Luft unter verschiedenen Elevationswinkeln immer eine nämliche anfängliche Geschwindigkeit beybringe; diese Voraussetzung findet bey den Bombenpöllern nicht statt; bey den Pöllern ist die von einer nämlichen Ladung bey einerley Zustande der Luft einer nämlichen Bombe unter verschiedenen Elevationswinkeln ertheilte anfängliche Geschwindigkeit veränderlich; diese Geschwindigkeit wächst nach einem unbekannten, bey jeder Ladung verschiedenem Gesetze, bey wachsenden Elevationswinkeln; sie ist grösser unter 65° als unter 45°, und noch grösser unter 75°, wovon man sich in der Folge überzeugen kann, wenn man aus den unter verschiedenen Elevationswinkeln mit einerley Ladung durch Versuche bestimmten mittleren

Wurf-

Hilfstafeln ist zu diesem Gebrauche gewidmet; die dazu Fig.
nothwendigen Astrolabien verfertiget der hiesige Mechanicus Voigtlænder in grosser Vollkommenheit; sie sind sehr geschmeidig, haben nicht mehr als 7 Zoll im Durchmesser, und zeigen durch Beyhilfe des Verniers die Winkel von 5 zu 5 Minuten. Mittelst eines solchen Winkelmessers, den man allenthalben ohne Beschwerde bey sich führen kann, und mittelst der folgenden ersten Tafel lassen sich durch eine leicht abzumessende Grundlinie, z. B. nur von 50 Klaftern, die größten Entfernungen, die beym Artilleriegebrauch vorkommen, beynahe eben so geschwind und dabey um vieles genauer bestimmen, als mit dem besten ungemein kostbaren **Distanztubus.**

Zweytens müßten die Hilfstafeln zum Bombenwerfen eine **eigentliche Wurftafel** enthalten, worin für die gebräuchlichen Pöller die zu verschiedenen Ladungen gehörigen Wurfweiten bey einer mittleren Gattung des Pulvers unter drey oder vier verschiedenen Richtwinkeln, z. B. 15°, 20°, 30°, 45° von der Vertikallinie gerechnet, anzutreffen wären. Die 2te von folgenden Hilfstafeln zeiget die Gestalt und Einrichtung einer solchen Wurftafel an; sie entsteht auf folgende Art. Bey jeder Gattung der gebräuchlichen Pöller müssen wenigstens unter zwey verschiedenen Richtwinkeln z. B. unter 15° und 45° von der Vertikallinie, zu fünf oder sechs verschiedenen Ladungen eines nämlichen Pulvers die zugehörigen Wurfweiten durch genaue Versuche bestimmet werden, als z. B. bey dem 60pfündigen Pöller zu 1 Pf. 8 L., 1 Pf. 28 L., 2 Pf. 16 L., 3 Pf. 4 L., 3 Pf. 24 L., und 4 Pf. 12 L.; aus den durch Versuche bestimmten Wurfweiten, und aus den dazugehörigen Ladungen werden sodann unter dem nämlichen Richtwinkel die Wurfweiten zu den übrigen

zwi-

Fig. angeführten Patronen. Bey erforderlicher Abänderung der Ladung könnten die Scheiben einen merklichen Vorzug vor den Patronen haben.

§. 87.

Unsere Pöller sind also beschaffen, daß man sie auf einer horizontalen Bettung von der vertikalen Lage nicht weiter als bis 45° herabsenken kann; unsere Elevationswinkel sind zwischen 45° und 75°, oder von der Vertikallinie zwischen 15° und 45° beschränket; denn es ist nicht rathsam unter einem Elevationswinkel über 75° Bomben zu werfen, weil sie sonst gar zu hoch steigen, und auf diese Art von der vertikalen Richtungsebene sehr oft gar zu weit abweichen. Vermög der angeführten Vergleichungstafel stimmet bey den Elevationswinkeln über 45° die parabolische Theorie im Bombenwerfen mit der Erfahrung ziemlich genau überein; die Abirrungen dieser Theorie von der Erfahrung sind von der Beschaffenheit, daß sie sich gar nicht durch Rechnung, am wenigsten durch jene vom Widerstande der Luft, heben lassen. Man kann demnach bey unseren Pöllern die parabolische Theorie zum Grunde legen, und muß den Bedacht dahin nehmen, auf was für eine Art sehr geschmeidige Hilfstafeln einzurichten wären, wodurch die Rechnung beym Bombenwerfen auf das möglichste abgekürzet würde. Ich will darüber meine Gedanken eröffnen, die in folgenden bestehen.

Erstens müßten die Hilfstafeln zum Bombenwerfen eine Tafel enthalten, wodurch man mit Beyhilfe eines kleinen Winkelmessers (Astrolabium) die Entfernungen des zu bewerfenden Gegenstandes sehr geschwind, und dabey zum Artilleriegebrauch mit der erforderlichen Genauigkeit bestimmen könnte. Die erste von folgenden

Hilf-

Fig.

Man findet nach vorgenommener Reduktion

$$A = -\frac{1121952}{2520},$$

$$B = +\frac{1223090}{2520},$$

$$C = -\frac{427965}{2520},$$

$$D = +\frac{77330}{2520},$$

$$E = -\frac{7083}{2520},$$

$$F = +\frac{260}{2520};$$

und folglich ist die zu n 20fachen Lothen zugehörige Wurfweite

$$x = +\left(\frac{260n^6 + 77330n^4 + 1223090n^2}{2520}\right)$$

$$-\left(\frac{1121952n + 427965n^3 + 7083n^5}{2520}\right).$$

Setzet man nun in dieser Formel nach der Ordnung $n = 2; 3; 4; 5; 6; 7;$ so erhält man für die Wurfweiten x die nämlichen Zahlen, welche bey dem angenommenen Versuche gefunden worden. Um die übrigen Wurfweiten von 1 Pfund 8 Loth, bis 4 Pfund 16 Loth von 4 zu 4 Loth zu erhalten, setze man in die

Fig. zwischenliegenden Ladungen nach (212.) oder durch sonst eine schickliche Einschaltungsmethode berechnet, und in die Tafel eingetragen; die Wurfweiten unter den übrigen Richtwinkeln z. B. unter 20° und 30° können nach der parabolischen Theorie berechnet werden, daraus wird das Mittel genommen, und in die Tafel gehörig eingetragen; wenn nämlich unter 15° die mittlere Wurfweite $= a$, und unter 45° solche $= b$ gesetzet wird, so ist unter dem Richtwinkel m ohne merklichen Fehler die mittlere Wurfweite $x = (a+\frac{1}{2}b).\sin 2m$.

Es sey z. B. bey dem 60pfündigen Pöller unter 45° die erreichte mittlere Wurfweite mit 1 Pf. 8 Loth Pulver = 100, mit 1 Pf. 28 Loth = 325, mit 2 Pf. 16 Loth = 516, mit 3 Pf. 4 Loth = 687, mit 3 Pf. 24 Loth = 846, und mit 4 Pf. 12 Loth = 992 Klafter, so können für die übrigen Ladungen etwan von 4 zu 4 Loth von 1 Pf. 8 Loth angefangen unter dem nämlichen Elevationswinkel die entsprechenden Wurfweiten auf folgende Art berechnet werden. Man nehme im gegenwärtigen Falle 20 Lothe für die Einheit an, und setze die zu n 20fachen Lothen zugehörige Wurfweite $x = An + Bn^2 + Cn^3 + Dn^4 + En^5 + Fn^6$.

Die Coefficienten A, B, C, D, E, F lassen sich aus folgenden sechs Gleichungen bestimmen.

$$\begin{aligned}
100 &= 2A + 4B + 8C + 16D + 32E + 64F \\
325 &= 3A + 9B + 27C + 81D + 243E + 729F \\
516 &= 4A + 16B + 64C + 256D + 1024E + 4096F \\
687 &= 5A + 25B + 125C + 625D + 3125E + 15625F \\
846 &= 6A + 36B + 216C + 1296D + 7776E + 46656F \\
992 &= 7A + 49B + 343C + 2401D + 16807E + 117649F
\end{aligned}$$

weil vermög dem angenommenen Versuche bey den Ladungen $n = 2;\ 3;\ 4;\ 5;\ 6;\ 7$ die Wurfweiten 100; 325; 516; 687; 846; 992 statt finden.

Man

röhren sich gegeneinander verhalten, wie die Fig. Tangenten der Elevationswinkel vom Horizonte gezählet (§. 80. VII.).

Viertens endlich ist noch eine Tafel erforderlich um aus der bekannten Wurfweite und aus dem Richtwinkel eines Wurfes den Richtwinkel für eine andere gegebene Weite, wie auch für einen anderen gegebenen Richtwinkel die entsprechende Weite zu finden. Die 4te und 5te Tafel sind zu dieser Absicht eingerichtet. Es wäre überflüssig die 4te Tafel weiter auszudehnen, weil ein Unterschied von vielen Minuten bey den Richtwinkeln, hauptsächtlich nahe bey 45°, keinen merklichen Unterschied in der Wurfweite hervorbringt. Nun folgen die

Fig. dieser Formel nach der Ordnung $n = 2{,}2;\ 2{,}4;\ 2{,}6;\ 2{,}8;\ 3{,}2;\ 3{,}4;\ 3{,}6;\ 3{,}8;\ldots\ldots 7{,}2$.

Will man hingegen die Wurfweiten von 2 zu 2 Loth von 1 Pf. 8 Loth angefangen berechnen, so muß man in eben dieser Formel nach der Ordnung $n = 2;\ 2{,}1;\ 2{,}2;\ 2{,}3;\ 2{,}4;\ 2{,}5;\ldots\ldots\ldots 7{,}1;\ 7{,}2;$ setzen, und die entsprechenden Werthe für x gehörig entwickeln.

Man kann in diesem Falle auch die zu verschiedenen Ladungen zugehörigen Wurfweiten gar leicht ohne merklichen Fehler mittelst des Satzes einschalten, **daß sich die Differenzen der Ladungen gegeneinander verhalten wie die Differenzen der Wurfweiten.**

Drittens ist eine Tafel für die Längen der Brandröhren erforderlich; die 3te Tafel ist ein Muster davon; sie läßt sich aus einem abgeführten Versuche mittelst der Rechnung sehr leicht ableiten. Wenn man z. B. aus einem Versuche für bekannt annimmt, daß für eine horizontale Wurfweite = 1000 Klafter unter 45° eine Brandröhre = 9 Zoll lang erforderlich sey, so läßt sich daraus für jede andere Wurfweite unter dem nämlichen Richtwinkel die Länge der Brandröhre nach dem Satze berechnen, **daß sich unter einerley Richtwinkel die Wurfweiten gegeneinander verhalten, wie die Quadrate der Längen der Brandröhren von der nämlichen Gattung** (§. 80. VI.). Aus den Brandröhrenlängen unter einem Elevationswinkel werden für die übrigen Elevationswinkel die Längen der Brandröhren mittelst des Satzes abgeleitet, **daß für einerley Wurfweite unter verschiedenen Elevationswinkeln die Quadrate der Längen der Brandröh-**

röh-

2te Tafel. Wurfweiten für verschiedene Ladungen eines Pulvers von mittlerer Güte unter verschiedenen Richtwinkeln von der Vertikallinie.

60pfündiger Pöller

Ladung.		Richtung 15°	20°	30°	45°
		Wurf-weite.	Wurf-weite.	Wurf-weite.	Wurf-weite.
Pf	Loth	Kl.	Kl.	Kl.	Kl.
1	8	62	72	97	100
1	12	86	104	140	152
1	16	109	134	181	200
1	20	131	163	219	243
1	24	152	189	255	284
1	28	172	215	290	325
2	—	191	241	325	366
2	4	210	266	358	405
2	8	228	289	390	442
2	12	246	312	421	479
2	16	264	335	452	516
2	20	281	358	482	551
2	24	298	380	512	586
2	28	315	402	542	621
3	—	331	423	570	654
3	4	347	444	598	687
3	8	363	465	626	720
3	12	379	486	654	753
3	16	394	506	681	784
3	20	409	526	708	815
3	24	424	545	734	846
3	28	439	564	760	877
4	—	454	583	786	908
4	4	468	602	811	936
4	8	482	620	835	964
4	12	496	638	859	992
4	16	510	656	883	1020

30pfündiger Pöller

Ladung.		Richtung 15°	20°	30°	45°
		Wurf-weite.	Wurf-weite.	Wurf-weite.	Wurf-weite.
Pf	Loth	Kl.	Kl.	Kl.	Kl.
—	20	20	24	32	34
—	22	44	53	72	78
—	24	67	82	111	121
—	26	90	110	149	164
—	28	112	138	186	206
—	30	133	165	223	248
1	—	154	192	259	290
1	2	174	218	294	331
1	4	194	243	327	370
1	6	211	267	359	407
1	8	228	289	389	442
1	10	244	310	417	475
1	12	259	330	444	506
1	14	274	350	470	537
1	16	288	368	495	566
1	18	302	386	520	595
1	20	316	404	544	624
1	22	330	422	568	652
1	24	343	439	592	680
1	26	356	456	615	707
1	28	369	473	638	734
1	30	382	490	661	761
2	—	395	507	683	788
2	2	407	523	705	813
2	4	419	539	726	838
2	6	431	554	746	862
2	8	443	569	766	886

Hilfstafeln zum Bombenwerf. für die K. K. Artillerie.

1te Tafel. Entfernungen für eine senkrechte Grundlinie = 1, oder Tangenten für den ganzen Sinus = 1.

Winkel. Gr.	Entfernung oder Tang.	Winkel Gr.	M.	Entfernung oder Tang.	Winkel Gr.	M.	Entfernung oder Tang.	Winkel Gr.	M.	Entfernung oder Tang.	Winkel Gr.	M.	Entfernung oder Tang.
45	1,00	77	0	4,33	80	0	5,67	83	0	8,14	86	0	14,30
46	1,04	—	5	4,36	—	5	5,72	—	5	8,2[illegible]	—	5	14,61
47	1,07	—	10	4,39	—	10	5,77	—	10	8,34	—	10	14,92
48	1,11	—	15	4,42	—	15	5,82	—	15	8,45	—	15	15,26
49	1,15	—	20	4,45	—	20	5,87	—	20	8,56	—	20	15,60
50	1,19	—	25	4,48	—	25	5,92	—	25	8,66	—	25	15,97
51	1,23	77	30	4,51	80	30	5,98	83	30	8,78	86	30	16,35
52	1,28	—	35	4,54	—	35	6,03	—	35	8,89	—	35	16,75
53	1,33	—	40	4,57	—	40	6,08	—	40	9,01	—	40	17,17
54	1,38	—	45	4,51	—	45	6,14	—	45	9,13	—	45	17,61
55	1,43	—	50	4,64	—	50	6,20	—	50	9,26	—	50	18,07
56	1,48	—	55	4,67	—	55	6,25	—	55	9,38	—	55	18,56
57	1,54	78	0	4,70	81	0	6,31	84	0	9,51	87	0	19,08
58	1,60	—	5	4,74	—	5	6,37	—	5	9,65	—	5	19,63
59	1,66	—	10	4,77	—	10	6,43	—	10	9,79	—	10	20,21
60	1,73	—	15	4,81	—	15	6,50	—	15	9,93	—	15	20,82
61	1,80	—	20	4,84	—	20	6,56	—	20	10,08	—	20	21,4[illegible]
62	1,88	—	25	4,88	—	25	6,63	—	25	10,23	—	25	22,16
63	1,96	78	30	4,92	81	30	6,69	84	30	10,39	87	30	22,90
64	2,05	—	35	4,95	—	35	6,76	—	35	10,55	—	35	23,69
65	2,14	—	40	4,99	—	40	6,83	—	40	10,71	—	40	24,54
66	2,25	—	45	5,03	—	45	6,90	—	45	10,88	—	45	25,45
67	2,36	—	50	5,07	—	50	6,97	—	50	11,06	—	50	26,43
68	2,48	—	55	5,10	—	55	7,04	—	55	11,24	—	55	27,49
69	2,61	79	0	5,14	82	0	7,12	85	0	11,43	88	0	28,64
70	2,75	—	5	5,18	—	5	7,19	—	5	11,62	—	5	29,88
71	2,90	—	10	5,23	—	10	7,27	—	10	11,83	—	10	31,24
72	3,08	—	15	5,27	—	15	7,35	—	15	12,03	—	15	32,73
73	3,27	—	20	5,31	—	20	7,43	—	20	12,25	—	20	34,37
74	3,49	—	25	5,35	—	25	7,51	—	25	12,47	—	25	36,18
75	3,73	79	30	5,40	82	30	7,60	85	30	12,71	88	30	38,19
76	4,01	—	35	5,44	—	35	7,68	—	35	12,95	—	35	40,44
$76\frac{1}{4}$	4,09	—	40	5,48	—	40	7,77	—	40	13,20	—	40	42,96
$76\frac{1}{2}$	4,17	—	45	5,53	—	45	7,86	—	45	13,46	—	45	45,83
$76\frac{3}{4}$	4,25	—	50	5,58	—	50	7,95	—	50	13,73	—	50	49,10
77	4,33	—	55	5,62	—	55	8,05	—	55	14,01	—	55	52,88

5te Tafel. Distanzzeiger der Wurfweiten.

Wurf-weite	D. Z.	Wurf-weite	D. Z.	Wurf-weite	D. Z.	Wurf-weite	D. Z.	Wurf-weite	D. Z.	Wurf-weite	D. Z.	Wurf-weite	D. Z.	Wurf-weite	D. Z.
100	0	150	176	200	301	250	398	300	477	350	544	400	602	450	653
1	4	1	179	1	303	1	400	1	479	1	545	1	603	1	654
2	9	2	182	2	305	2	401	2	480	2	547	2	604	2	655
3	13	3	185	3	307	3	403	3	481	3	548	3	605	3	656
4	17	4	188	4	310	4	405	4	483	4	549	4	606	4	657
5	21	5	190	5	312	5	407	5	484	5	550	5	607	5	658
6	25	6	193	6	314	6	408	6	486	6	551	6	609	6	659
7	29	7	196	7	316	7	410	7	487	7	553	7	610	7	660
8	33	8	199	8	318	8	412	8	489	8	554	8	611	8	661
9	37	9	201	9	320	9	413	9	490	9	555	9	612	9	662
10	41	160	204	210	322	260	415	310	491	360	556	410	613	460	663
1	45	1	207	1	324	1	417	1	493	1	558	1	614	1	664
2	49	2	210	2	326	2	418	2	494	2	559	2	615	2	665
3	53	3	212	3	328	3	420	3	496	3	560	3	616	3	666
4	57	4	215	4	330	4	422	4	497	4	561	4	617	4	667
5	61	5	217	5	332	5	423	5	498	5	562	5	618	5	667
6	64	6	220	6	334	6	425	6	500	6	563	6	619	6	668
7	68	7	223	7	336	7	427	7	501	7	565	7	620	7	669
8	72	8	225	8	338	8	428	8	502	8	566	8	621	8	670
9	76	9	228	9	340	9	430	9	504	9	567	9	622	9	671
20	79	170	230	220	342	270	431	320	505	370	568	420	623	470	672
1	83	1	233	1	344	1	433	1	507	1	569	1	624	1	673
2	86	2	236	2	346	2	435	2	508	2	571	2	625	2	674
3	90	3	238	3	348	3	436	3	509	3	572	3	626	3	675
4	93	4	240	4	350	4	438	4	511	4	573	4	627	4	676
5	97	5	243	5	352	5	439	5	512	5	574	5	628	5	677
6	100	6	246	6	354	6	441	6	513	6	575	6	629	6	678
7	104	7	248	7	356	7	442	7	515	7	576	7	630	7	679
8	107	8	250	8	358	8	444	8	516	8	577	8	631	8	679
9	111	9	253	9	360	9	446	9	517	9	579	9	632	9	680
30	114	180	255	230	362	280	447	330	519	380	580	430	633	480	681
1	117	1	258	1	364	1	449	1	520	1	581	1	634	1	682
2	121	2	260	2	365	2	450	2	521	2	582	2	635	2	683
3	124	3	262	3	367	3	452	3	522	3	583	3	636	3	684
4	127	4	265	4	369	4	453	4	524	4	584	4	637	4	685
5	130	5	267	5	371	5	455	5	525	5	585	5	638	5	686
6	134	6	270	6	373	6	456	6	526	6	587	6	639	6	687
7	137	7	272	7	375	7	458	7	528	7	588	7	640	7	688
8	140	8	274	8	377	8	459	8	529	8	589	8	641	8	688
9	143	9	276	9	378	9	461	9	530	9	590	9	642	9	689
40	146	190	279	240	380	290	462	340	531	390	591	440	643	490	690
1	149	1	281	1	382	1	464	1	533	1	592	1	644	1	691
2	152	2	283	2	384	2	465	2	534	2	593	2	645	2	692
3	155	3	286	3	386	3	467	3	535	3	594	3	646	3	693
4	158	4	288	4	387	4	468	4	537	4	595	4	647	4	694
5	161	5	290	5	389	5	470	5	538	5	597	5	648	5	695
6	164	6	292	6	391	6	471	6	539	6	598	6	649	6	695
7	167	7	294	7	393	7	473	7	540	7	599	7	650	7	696
8	170	8	297	8	394	8	474	8	542	8	600	8	651	8	697
9	173	9	299	9	396	9	476	9	543	9	601	9	652	9	698

3te Tafel. Längen der Brandröhren für verschiedene Wurfweiten unter verschiedenen Richtwinkeln von der Vertikallinie.

Wurfweite.	Richtung				Wurfweite.	Richtung			
	15°	20°	30°	45°		15°	20°	30°	45°
Klafter.	Zoll	Zoll	Zoll	Zoll	Klafter.	Zoll	Zoll	Zoll	Zoll
80	4	$3\frac{3}{4}$	3	2	550	—	10	8	$6\frac{1}{2}$
120	5	$4\frac{3}{4}$	$3\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	600	—	$10\frac{1}{4}$	$8\frac{1}{2}$	7
160	6	$5\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{4}$	3	650	—	$10\frac{1}{2}$	$8\frac{3}{4}$	$7\frac{1}{4}$
200	$6\frac{3}{4}$	6	$4\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{4}$	700	—	—	9	$7\frac{1}{2}$
250	$7\frac{3}{4}$	$6\frac{3}{4}$	$5\frac{1}{4}$	$3\frac{1}{2}$	750	—	—	$9\frac{1}{2}$	$7\frac{3}{4}$
300	$8\frac{1}{2}$	$7\frac{1}{2}$	$5\frac{3}{4}$	$4\frac{1}{4}$	800	—	—	$9\frac{3}{4}$	8
350	$9\frac{1}{4}$	8	6	$4\frac{1}{2}$	850	—	—	10	$8\frac{1}{4}$
400	10	$8\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{2}$	$5\frac{1}{4}$	900	—	—	—	$8\frac{1}{2}$
450	$10\frac{1}{2}$	9	7	$5\frac{3}{4}$	950	—	—	—	$8\frac{3}{4}$
500	11	$9\frac{1}{2}$	$7\frac{1}{2}$	6	1000	—	—	—	9

4te Tafel. Winkelzeiger der Richtwinkel.

R.W.		W.Z.	R.W.		W.Z.	R.W.		W.Z.	R.W.		W.Z.	R.W.		W.Z.	R.W.		W.Z.
°	′		°	′		°	′		°	′		°	′		°	′	
15	0	0	19	0	90	23	0	158	27	0	209	31	0	247	35	0	274
—	10	4	—	10	94	—	10	160	—	10	211	—	10	248	—	20	275
—	20	9	—	20	97	—	20	163	—	20	213	—	20	250	—	40	276
—	30	13	—	30	100	—	30	165	—	30	214	—	30	251	—	[illegible]	277
—	40	17	—	40	103	—	40	167	—	40	216	—	40	252	—	20	278
—	50	21	—	50	106	—	50	170	—	50	218	—	50	253	—	40	278
16	0	25	20	0	109	24	0	172	28	0	220	32	0	255	36	0	279
—	10	29	—	10	112	—	10	174	—	10	221	—	10	256	—	20	281
—	20	33	—	20	115	—	20	177	—	20	223	—	20	257	—	40	282
—	30	37	—	30	118	—	30	179	—	30	225	—	30	258	37	0	284
—	40	41	—	40	121	—	40	181	—	40	226	—	40	259	—	20	285
—	50	45	—	50	124	—	50	183	—	50	228	—	50	261	—	40	287
17	0	49	21	0	127	25	0	185	29	0	229	33	0	262	38	0	288
—	10	52	—	10	129	—	10	187	—	10	231	—	10	263	—	20	289
—	20	56	—	20	132	—	20	189	—	20	233	—	20	264	—	40	290
—	30	60	—	30	135	—	30	192	—	30	234	—	30	265	39	0	291
—	40	63	—	40	138	—	40	194	—	40	236	—	40	266	—	30	292
—	50	67	—	50	140	—	50	196	—	50	237	—	50	267	40	0	294
18	0	70	22	0	143	26	0	198	30	0	239	34	0	268	—	30	296
—	10	74	—	10	145	—	10	200	—	10	240	—	10	269	41	0	297
—	20	77	—	20	148	—	20	201	—	20	241	—	20	270	42	0	299
—	30	80	—	30	151	—	30	203	—	30	243	—	30	271	43	0	300
—	40	84	—	40	153	—	40	205	—	40	244	—	40	272	44	0	301
—	50	87	—	50	156	—	50	207	—	50	246	—	50	273	45	0	301

Entfernungen unter 300 Klaftern können auch mit- telst einer Grundlinie von 25 Klaftern für den Artillerie-Gebrauch hinlänglich genau bestimmet werden; bey der senkrechten Grundlinie von 25 Klaftern ergiebt sich aus dem beobachteten schiefen Winkel sehr leicht die gesuchte Entfernung, wenn man die zugehörige Entfernung in der 1ten Tafel für eine ganze Zahl ansieht, und von ihr den 4ten Theil nimmt. Fig.

II. Aufgabe. Den senkrechten Abstand des Zieles von der Horizontallinie des Wurfortes zu bestimmen.

Auflösung. Es sey B der Wurfort, BAD die Horizontallinie desselben, und E oder C das Ziel; man bestimme nach der vorigen Aufgabe die horizontale Entfernung BD oder BA, des Zieles E oder C; sodann beobachte man in B den Höhenwinkel DBE bey dem erhöheten Ziele E, oder den Tiefenwinkel ABC bey dem gesenkten Ziele C; den beobachteten Höhen- oder Tiefenwinkel subtrahire man von 90°, um den Winkel E oder C zu erhalten, und dividire mit seiner entsprechenden Tangente aus der ersten Tafel, die schon bekannte horizontale Entfernung des Zieles, so ist der Quotient der gesuchte senkrechte Abstand des Zieles von dem Horizonte des Wurfortes.

Es sey z. B. BD = 512 Klafter, und der Höhenwinkel DBE = 5° 15′, so ist 90° — 5° 15′ = 84° 45′, wozu in der ersten Tafel die Tangente 10,88 gehört; folglich ist die gesuchte Erhöhung

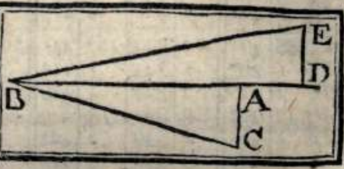
$$DE = \frac{512}{10{,}88} = 47 \text{ Klafter.}$$

Und umgekehrt aus der bekannten horizontalen Entfernung und aus der Abweichung des Zieles wird der Abweichungswinkel desselben gefunden, wenn man

Fig. §. 88.

Folgende Aufgaben sollen den Gebrauch der angeführten Hilfstafeln zum Bombenwerfen erläutern.

I. Aufgabe. **Die horizontale Entfernung des zu bewerfenden Gegenstandes** (des Zieles) **zu bestimmen.**



Auflös. Es sey A der Wurfort, und B das Ziel; man errichte in A mittelst des Astrolabiums eine senkrechte Grundlinie AC auf AB, und gebe dieser Senkrechten AC entweder mit blossen Schritten oder mittelst einer Meßschnur eine schickliche Länge z. B. höchstens von 125 Schritten = 50 Klafter; sodann stelle man den Winkelmesser in C, und beobachte den Winkel ACB; es sey z. B. ACB = 82° 35'; endlich multiplicire man die in der 1ten Tafel zu diesem beobachteten Winkel 82° 35' zugehörige Entfernung 7,68 mit der gemessenen Grundlinie = 50, so ist das Produkt die gesuchte Entfernung AB = 7,68 × 50 = $\frac{1}{2}$(768) = 384 Klafter; **nämlich bey der senkrechten Grundlinie** = 50 **wird die gesuchte Entfernung aus dem beobachteten schiefen Winkel gefunden, wenn man die zugehörige Entfernung in der ersten Tafel für eine ganze Zahl ansieht, und von ihr die Hälfte nimmt.**

Wenn sich in A weder rechts noch links eine senkrechte Grundlinie messen läßt, so verlängere man AB um ein Stück AD, bestimme sodann nach der angeführten Vorschrift mittelst der senkrechten Grundlinie DE die Entfernung DB, und subtrahire von dieser gefundenen Entfernung DB das bekannte Stück AD um AB zu erhalten.

Ent-

Pfund Pulverladung ohngefähr 1 Loth bey dem schwächern Pulver zusetzen, oder 1 Loth bey dem stärkern Pulver abbrechen könne; und daß folglich bey einer grösseren Ladung, wie auch bey einem grösseren Unterschiede der Grade des Pulvers verhältnißmässig etwas mehr zuzusetzen oder davon abzubrechen sey. Fig.

Die Länge der Brandröhre ergiebt sich aus der 3ten Tafel.

2) Nachdem einmal die Richtung, Ladung, und Brandröhre vorläufig bestimmet ist, so macht man einen oder zwey Probwürfe in einer solchen Gegend, daß man die Weiten der Probwürfe messen kann; kurz vor dem Anfange einer wirklichen Bombardirung werden die Probwürfe gemeiniglich bey der Reserve gemacht. Es ist in aller Rücksicht am vortheilhaftesten den Probwurf unter demjenigen Richtwinkel zu machen, worunter das Ziel zu bewerfen ist; nur läßt zuweilen die Beschaffenheit des Ortes dieses nicht zu, man ist zuweilen mit der Ausmessung der Probwurfweite allzusehr beschränket; in einem solchen Falle muß man mit der gefundenen Ladung die Probwürfe unter dem Richtwinkel von 15° machen, wenn schon das Ziel unter einem niederen Richtwinkel von 30° bis 45° zu bewerfen ist. Aus der nun bekannten Weite des Probwurfes (wofür man die mittlere Wurfweite nimmt, wenn zwey Probwürfe gemacht worden), aus dem Richtwinkel desselben, und aus der bekannten Zielweite wird nun der wahre erforderliche Richtwinkel nach folgender Aufgabe gesucht, wodurch der bey Bestimmung der Ladung etwan begangene Fehler verbessert wird.

IV. Aufgabe. Aus der zu erreichenden Wurfweite, aus dem Richtwinkel, und

Fig. die horizontale Entfernung mit der Abweichung dividiret, zu diesem Quotienten als zu einer Tangente in der ersten Tafel den zugehörigen Winkel aufsuchet, und solchen von 90° abzieht

Die Auflösungen von den zwey angeführten Aufgaben sind in dem Satze gegründet, daß im rechtwinklichten ebenen Dreyecke sich der ganze Sinus zur Tangente eines schiefen Winkels verhalte, wie die anliegende Kathete sich zu der anderen Kathete verhält.

III Aufgabe. Für eine gegebene Entfernung des Zieles, welches mit dem Wurforte in einerley Horizonte liegt, die Richtung, Ladung, und Brandröhre zu bestimmen.

Auflösung. 1) Aus der Beschaffenheit des Zieles ergiebt sich der Rechtwinkel von selbst; es sey z. B. in einer Entfernung von 435 Klaftern das Gewölbe eines Pulversmagazins mit dem 60pfündigen Pöller einzuschlagen; man erwähle dazu den Richtwinkel 15° oder auch 20° von der Vertikallinie; sodann sehe man in der 2ten Tafel nach, mit welcher Ladung bey dem 60pfündigen Pöller unter dem angenommenen Richtwinkel = 20° eine Wurfweite = 435 Klafter erreichet wird, so ergiebt sich die am nächsten zugehörigen Ladung = 3 Pf. 4 Loth, wenn das vorräthige Pulver mit jenem beynahe von gleicher Güte ist, worauf sich die 2te Tafel gründet. Sollte aber das vorräthige Pulver beträchtlich (nämlich schon über 10 Grade der Kais. Pulverprobe) stärker oder schwächer seyn, als jenes der 2ten Tafel, so muß man die in der Tafel gefundene Ladung im ersten Falle um etwas vermindern, und im 2ten Falle um etwas vermehren. Die Erfahrung lehret uns, daß man bey einem Unterschied von 10 Graden der Kayserl. Pulverprobe bey 1

Pfund

Distanzzeiger auf, und verfahre übrigens wie bey dem vorigen Beyspiele. Es sey z. B. unter 18° eine Wurfweite = 97 Klafter erreichet worden; wie groß soll der Richtwinkel x für die zu erreichende Weite = 150 Klafter seyn; dieser wird auf folgende Art gefunden; Fig.

$$
\begin{array}{rl}
2 \times 150 = 300;\ \text{D.Z. } 300 & = 477 \\
\text{W.Z. } 18^\circ & = 70 \\
\hline
\text{Summe} & = 547 \\
2 \times 97 = 194;\ \text{D.Z. } 194 & = 288 \\
\hline
\text{W.Z. } x & = 259 \\
\text{folglich } x & = 32^\circ\ 40'.
\end{array}
$$

Sollte aber eine oder auch beyde Wurfweiten über 500 Klafter fallen, so halbire man sie beyde, und verfahre übrigens wie beym vorigen Beyspiele. Es sey z. B. unter dem Richtwinkel 45° die erreichte Wurfweite = 750, und die zu erreichende Wurfweite = 521 Klafter, so ist

$$
\begin{array}{rl}
\tfrac{1}{2}\cdot 521 = 260;\ \text{D.Z. } 260 & = 415 \\
\text{W.Z. } 45^\circ & = 301 \\
\hline
\text{Summe} & = 716 \\
\tfrac{1}{2}\cdot 750 = 375;\ \text{D.Z. } 375 & = 574 \\
\hline
\text{W.Z. } x & = 142 \\
\text{folglich } x & = 21^\circ\ 55'.
\end{array}
$$

Wenn bey dieser Rechnung der Winkelzeiger des gesuchten Richtwinkels grösser als 301 ausfällt, so ist dies ein Zeichen, daß man mit der gegebenen Ladung das Ziel auch mit 45° nicht erreichen könne, und daß folglich die gegebene Ladung zu klein sey. Fällt aber der Winkelzeiger des gesuchten Richtwinkels negativ heraus, so ist dies ein Zeichen, daß der gesuchte Richtwinkel kleiner als 15° seyn müsse, und da es nicht gewöhn-

Aufg. aus der erreichten Weite des Probwurfes den gehörigen Richtwinkel zu bestimmen.

Auflösung. Dieses geschieht mittelst der 4ten und 5ten Tafel durch folgende arithmetische Proportion; der Distanzzeiger der erreichten Weite (aus der 5ten Tafel) verhält sich zum Distanzzeiger der zu erreichenden Weite (aus der 5ten Tafel), gleichwie der Winkelzeiger des gegebenen Richtwinkels (aus der 4ten Tafel) zum Winkelzeiger des gesuchten Richtwinkels; nämlich man addire zu dem Distanzzeiger der zu erreichenden Weite den Winkelzeiger des gegebenen Richtwinkels, und subtrahire von dieser Summe den Distanzzeiger der erreichten Weite, so ist der Ueberrest der Winkelzeiger des gesuchten Richtwinkels, wozu man die entsprechenden Grade und Minuten in der 4ten Tafel findet.

Es sey z. B. die zu erreichende Weite = 435, und die erreichte Wurfweite = 490 Klafter unter dem Richtwinkel = 20°,

so ist aus der 5ten Tafel D.Z. 435 = 638 } addirt.
4ten. . . . . W.Z. 20° = 109 }

Summe = 747 } subtr.
5ten. . . . . D.Z. 490 = 690 }

in der 4ten Tafel W.Z. x = 57 = W.Z. 17° 20′
folglich ist der gesuchte Richtwinkel x = 17° 20′, oder noch genauer x = 17° 22′, weil der gefundene Winkelzeiger 57 des gesuchten Richtwinkels zwischen 17° 20′ und 17° 30′ fällt.

Sollte eine oder auch beyde Wurfweiten (die erreichte nämlich und die zu erreichende) unter 100 Klafter fallen, so dupplire man sie beyde, das ist man drücke sie in halben Klaftern aus, suche zu diesen in halben Klaftern ausgedrückten Wurfweiten in der 5ten Tafel die

Di-

der niederen Richtung zwischen 30° und 45° Fig.
um etwas mehr die Wurfweite geändert wird. Mittelst dieser Erfahrung läßt sich durch eine vernünftige Beurtheilung beyläufig bestimmen, wie viel man im erforderlichen Falle von einer zu starken Ladung abzubrechen, oder bey einer zu schwachen zu zusetzen habe.

Bey der Aenderung der Ladung sowohl als auch der Elevation wird die erreichte Wurfweite für bekannt angenommenen; sie muß entweder so wie die Zielweite nach der I. Aufgabe bestimmet, oder zuweilen auch, und zwar während einer wirklichen Bombardirung meistens nach blossen Augenmasse geschätzet werden. Man muß nicht nach einer jeden zu kurz oder zu lang ausgefallenen Wurfweite alsogleich die Ladung oder Elevation ändern; wenn die Abirrung der erreichten Weite nicht viel über $\frac{1}{20}$ der Zielweite beträgt, so kann man die gebrauchte Ladung und Elevation noch ferner beybehalten, weil sich vielleicht die folgenden Würfe dem Ziele mehr nähern können; denn es giebt bey einerley Ladung und Elevation gar oft Abirrungen in den Wurfweiten, die über $\frac{1}{20}$ der mittleren Wurfweite betragen, und die so beschaffen sind, daß sie sich durch gar keine Rechnung heben lassen.

V. Aufgabe. **Aus der bekannten Richtung und Weite eines Wurfes, die Weite unter einem anderen gegebenen Richtwinkel zu finden.**

Auflösung. Die gesuchte Weite läßt sich durch die in der vorigen Aufgabe angeführte **arithmetische** Proportion finden, daß sich die Winkelzeiger der Richtwinkel (aus der 4ten Tafel) gegeneinander verhalten wie die Distanzzeiger der dazugehörigen Wurfweiten (aus der 5ten Tafel); **nämlich man addire zu dem**

Fig. wöhnlich ist einen Richtwinkel, der kleiner ist als 15°, anzunehmen, so zeigt der negative Winkelzeiger zugleich an, daß die gegebene Ladung zu groß sey, und folglich vermindert werden müsse; auch wenn die Rechnung einen niederen Richtwinkel giebt, die Beschaffenheit des Zieles aber einen hohen fordert, ist die Ladung zu klein, und muß folglich vermehret werden; im Gegentheile wenn die Rechnung einen hohen Richtwinkel giebt, die Beschaffenheit des Zieles aber einen niederen fordert, so ist die Ladung zu groß, und muß folglich vermindert werden. Wie viel man nun im erforderlichen Falle von einer zu starken Ladung abbrechen, oder bey einer zu schwachen zusetzen müsse, läßt sich durch keine Rechnung allgemein zuverlässig bestimmen. Es scheint zwar beym ersten Anblicke, daß man durch die Differenzen der Ladungen und durch die Differenzen der zugehörigen Wurfweiten, die Vermehrung oder Verminderung der Ladung mittelst der 2ten Tafel jederzeit gar leicht berechnen könnte; allein die Erfahrung zeigt das Gegentheil, weil niemals alle Umstände beym Bombenwerfen eben so zusammentreffen können, als sie bey dem Versuche beysammen waren, worauf sich die zweyte Tafel gründet. Soviel lehret indessen doch die Erfahrung, 1) daß bey mittleren Ladungen und mittleren Richtungen 4 Loth bey dem 60pfündigen, 2 Loth bey dem 30pfündigen, und 1 Loth bey dem 10pfündigen Pöller die Wurfweite beyläufig um 30 bis 40 Klafter verändern; 2) daß durch eben diese 4, 2, 1 Lothe bey Ladungen unter der halben Kammer um etwas mehr, und über der halben Kammer um etwas weniger die Wurfweite geändert wird; 3) endlich daß durch eben diese 4, 2, 1 Lothe in der hohen Richtung zwischen 15° und 30° um etwas weniger, und in

der

weglassung der vier letzten Decimalziffern und der ge- Fig.
meinschaftlichen Kennziffer, so daß nun bey dieser Einrichtung der 4ten und 5ten Tafel, bey einerley Ladung die Distanzzeiger der Wurfweiten mit den Winkelzeigern der Richtwinkel in einer arithmetischen Proportion stehen.

VI. Aufgabe. Es ist die horizontale Entfernung und die Abweichung des Zieles von dem Horizonte des Wurfortes gegeben; man soll die Richtung, Ladung, und Brandröhre bestimmen

Auflösung. Aus der Beschaffenheit des Zieles ergiebt sich der Richtwinkel von selbst. Wenn nun die Abweichung des Zieles von dem Horizonte des Wurfortes in Rücksicht seiner horizontalen Entfernung sehr klein ist, das ist wenn der nach der II. Aufgabe beobachtete Höhen- oder Tiefenwinkel nur einige wenige Grade beträgt, z. B. kleiner als 5° ist, so kann man bey unserer Einrichtung der Pöller eben so verfahren, als wenn das Ziel im Horizonte des Wurfortes selbst befindlich wäre, man muß nämlich alles in Erwägung ziehen, was bey der III. und IV. Aufgabe vorgeschrieben ist.

Wenn aber die Abweichung des Zieles von dem Horizonte des Wurfortes zu seiner horizontalen Entfernung ein beträchtliches Verhältniß hat, wenn nämlich der Abweichungswinkel des Zieles ziemlich groß ist, und die Beschaffenheit des Zieles einen Richtwinkel nahe bey 45° erfordert, so muß man aus dem einmal festgesetzten Richtwinkel, aus der horizontalen Entfernung des Zieles, und aus dem Abweichungswinkel desselben, die Länge der horizontalen Wurfweite unter dem angenommenen Richtwinkel berechnen, und zu dieser berechneten Wurfweite unter dem angenommenen Richtwinkel in der 2ten Tafel nach der III. Aufgabe die erforderliche Ladung aufsuchen.

Fig. Distanzzeiger der bekannten Wurfweite den Winkelzeiger des neuen zu gebenden Richtwinkels, und subtrahire von dieser Summe den Winkelzeiger des Probwurfwinkels, so ist der Ueberrest der Distanzzeiger der gesuchten Weite, wozu man in der 5ten Tafel die Weite selbst in eben jenem Maaß findet, womit die Probwurfweite ausgedrücket ist. Wenn die Wurfweiten kleiner als 100, oder grösser als 500 seyn sollten, so muß man sie im ersten Falle dupliren, im 2ten aber halbiren. Wenn man z. B. mit 17° 30' eine Wurfweite = 487 Klafter erreichet, so findet man die Weite unter 36° 20' auf folgende Art

$$\tfrac{1}{2}.487 = 243; \text{D.Z.}\,243 = 386$$
$$\text{W.Z.}\,36^{\circ}20' = 281$$
$$\text{Summe} = 667$$
$$\text{W.Z.}\,17^{\circ}30' = 60$$
$$\text{D.Z.}\; x = 607$$

Es wird in diesem Falle die gegebene Wurfweite 487 halbiret, weil man gar leicht ohne Rechnung im voraus einsieht, daß die gesuchte Weite grösser als 500 seyn müsse.

folglich $x = 405$ doppelten Klaftern $= 810$ Klafter.

Anmerkung. Die Auflösung der IVten und Vten Aufgabe ist in dem Satze gegründet, daß bey einerley Ladung unter verschiedenen Richtwinkeln sich die Wurfweiten gegeneinander verhalten wie die Sinus der doppelten Richtwinkel. Die Winkelzeiger der Richtwinkel in der 4ten Tafel sind nichts anders als die Logarithmen der Sinuse von den doppelten Richtwinkeln, wenn man sie alle um den log sin 30° vermindert, und dabey die vier letzten von den gewöhnlichen 7 Decimalziffern nebst der Kennziffer gänzlich hinwegläßt; die Distanzzeiger der 5ten Tafel aber sind nichts anders als die gewöhnlichen Logarithmen der dazugehörigen Zahlen mit Hin-

weg-

fläche erhöhet sind, nämlich wenn der nach der Aufgabe Fig.
II. beobachtete oder berechnete Tiefenwinkel $n = 12^\circ 40'$ ist, so wird, um die horizontale Wurfweite u zu finden, die Rechnung auf folgende Art angelegt.

$$\begin{array}{rcl}
m & = & 30^\circ\ \ 0' \\
n & = & \underline{12\ \ 40} \\
m - n & = & 17\ \ 20 \\
m + n & = & \underline{42\ \ 40} \\
\text{subtr. v.} & & 45 \\
\tfrac{1}{2}(m-n) & = & 8\ \ 40 \\
\tfrac{1}{2}(m+n) & = & \underline{21\ \ 20}
\end{array}$$

$b = 863$ Kl. $= 431\tfrac{1}{2}$ dopp. Kl.

$$\text{Rest}\left\{\begin{array}{l} \text{1ter } 36\ \ 20 \\ \\ \text{2ter } 23\ \ 40 \end{array}\right. \left|\begin{array}{l} \left.\begin{array}{l}\text{Dist. Zeig. } 431\tfrac{1}{2} = 635 \\ \text{W. Z. } 23^\circ 40' = \underline{167}\end{array}\right\}\text{ addirt} \\ \qquad\text{Summe} = 802 \\ \text{W. Z. } 36.20 = \underline{281}\text{ subtrahirt} \end{array}\right.$$

$521 = $ D. Z. x

$$\left.\begin{array}{l}\text{folglich } x = 332 \\ \text{dazu addirt } b = \underline{431\tfrac{1}{2}}\end{array}\right\}\text{dopp. Kl.}$$

giebt die ges. hor. Wurfw. $= 763$ einf. Kl.

Aus der horizontalen Entfernung $= b$ des Zieles, aus seiner Abweichung $= c$ von dem Horizonte, und aus dem nach Beschaffenheit des Zieles angenommenen Elevationswinkel **von der Horizontallinie gezähler**, läßt sich die horizontale Wurfweite $= u$ auch mittelst der ersten Tafel durch folgende Formel berechnen $u = \dfrac{(b.\text{tang}\,m).\,b}{b.\text{tang}\,m \mp c}$ (vermög §. 83.).

Die Tangente des Elevationswinkels von der Horizontallinie gezählet wird aus der ersten Tafel genommen; das obere Zeichen — ist bey einem erhöheten, und das untere Zeichen + bey einem gesenkten Ziele zu brauchen.

*** Wenn

Fig. Aus dem angenommenen Richtwinkel $= m$, aus dem beobachteten Abweichungswinkel des Zieles $= n$, und aus der horizontalen Entfernung desselben $= b$ läßt sich die horizontale Wurfweite $= u$ mittelst der 4ten und 5ten Tafel durch folgende Formel sehr leicht und geschwind berechnen,

Dist. Zeig. $x =$ D. Z. $b +$ W. Z. $[45 - \frac{1}{2}(m \mp n)]$ $-$ W. Z. $[45 - \frac{1}{2}(m \pm n)]$, und ferner $\frac{1}{2}(b + x) = u$;

nämlich die halbe Differenz, und auch die halbe Summe des angenommenen Richtwinkels und des Abweichungswinkels wird von 45° subtrahirt, und sodann zu jedem Reste in der 4ten Tafel der zugehörige Winkelzeiger aufgesucht; der erste Winkelzeiger wird bey einem erhöheten Ziele zu dem Distanzzeiger der horizontalen Entfernung addirt, und davon der zweyte Winkelzeiger subtrahiret; bey einem gesenkten Ziele aber wird der zweyte Winkelzeiger zu dem Distanzzeiger der horizontalen Entfernung addirt, und davon der erste Winkelzeiger subtrahiret; zu dem lezten Ueberreste als zu einem Distanzzeiger wird in der 5ten Tafel die Wurfweite aufgesuchet, und solche zu der Entfernung des Zieles addiret, so ist endlich die Hälfte dieser lezten Summe die gesuchte horizontale Entfernung.

Diese Berechnung ist aus der Formel $u = \frac{1}{2}b + \frac{1}{2}b \cdot \frac{\cos(m \mp n)}{\cos(m \pm n)}$ (§. 83. I.) abgeleitet.

Wenn z. B. aus einer Bergfestung am Meere in einer horizontalen Entfernung $b = 863$ Klafter feindliche Schiffe mit 60pfündigen Pöllern unter dem Richtwinkel $m = 30°$ zu beunruhigen wären, und die Bettungen der Pöller um 194 Klafter über die Meeresflä-

Klaftern für nichts anzusehen) so ist die bestimmte La- Fig.
dung unter dem angenommenen Richtwinkel dem Ziele angemessen; ist aber die gemessene Probwurfweite von der berechneten Wurfweite merklich verschieden, so muß entweder mit Beybehaltung der Richtung nach der Vorschrift bey der Aufgabe IV. die Ladung verbessert, oder aber mit Beybehaltung der Ladung nach der Vorschrift, die auf der folgenden Seite befindlich ist, die Richtung geändert werden. Wenn die Beschaffenheit des Bodens nicht zuläßt beym Probwurfe denienigen Richtwinkel zu nehmen, welchen das Ziel erfordert, so muß man den Probwurf unter einem kleineren Richtwinkel machen (etwan unter 15°) und muß daraus zu dem erforderlichen schon bestimmten Richtwinkel die zugehörige Wurfweite nach der Aufgabe V. berechnen, woraus sodann zu ersehen ist, ob bey der bestimmten Richtung die gefundene und angenommene Ladung dem Ziele angemessen, oder aber nach der Vorschrift bey der Aufgabe IV. zu verbessern sey.

Es sey z. B. bey der angeführten horizontalen Entfernung des Zieles = 863, und Vertiefung = 194 Klafter mit der angenommenen Ladung 3 Pfund 28 Loth bey dem ersten Probwurfe unter 15° die erreichte Weite = 439 Klafter und bey dem 2ten = 421, woraus das Mittel 430 folgt; aus dieser Probwurfweite 430 unter 15° folgt ferner unter dem festgesetzten Richtwinkel von 30° die Wurfweite = 743 Klafter; da nun diese Wurfweite 743 nur um 20 Klafter von der oben berechneten horizontalen Wurfweite 763 verschieden ist, so ist bey dem festgesetzten Richtwinkel von 30° die angenommene Ladung dem Ziele angemessen, sie kann höchstens nur um ein paar Lothe vermehret werden.

Bey der Bestimmung der Brandröhre wird man in dergleichen Fällen nicht merklich fehlen, wenn man zu der bekannten horizontalen Entfernung des Zieles mit-

Fig. Wenn z. B. so wie ehevor aus einer Bergfestung am Ufer des Meeres in einer horizontalen Entfernung $b = 863$ Klafter feindliche Schiffe mit 60pfündigen Pöllern unter einem Richtwinkel 30° von der Vertikallinie, nämlich unter dem Elevationswinkel $m = 60^{\circ}$ vom Horizonte gezählet zu beunruhigen wären, und die Bettungen der Pöller um $c = 194$ Klafter über die Meeresfläche erhöhet angenommen werden, so wird um die horizontale Wurfweite u zu finden die Rechnung auf folgende Art angelegt:

$b = 863$	$b \tan m = 1493$ } Dividend
mult. $\tan 60^{\circ} = 1{,}73$	mult. $b = 863$ }
2589	4479
6041	8958
863	11944
$b \tan m = 1492{,}99$	$u = \dfrac{1288459}{1687} = 763$ Kl.
addirt $c = 194$	
1687 Divis.	

Nachdem die horizontale Wurfweite u berechnet ist, so läßt sich nun nach der III. Aufgabe die erforderliche Ladung gar leicht bestimmen; im gegenwärtigen Falle müßte solche 3 Pfund 28 Loth seyn, wenn das vorräthige Pulver mit jenem der 2ten Tafel von einerley Güte ist; ist aber das vorräthige Pulver von jenem der zweyten Tafel in Rücksicht seiner Grade verschieden, so muß man die in der 2ten Tafel gefundene Ladung nach der Vorschrift der III. Aufgabe verbessern.

Mit der vorläufig bestimmten Ladung macht man unter dem angenommenen Richtwinkel auf einem nicht zu sehr geneigten Boden einen oder zwey Probwürfe; ist nun die gemessene Probwurfweite beynahe eben so groß, als die ehevor berechnete horizontale Wurfweite (bey grossen Wurfweiten ist ein Unterschied von 10 bis 15 Klaf-

Fig.

$$a^2 = 410 \times 410 = 168100 \qquad \sqrt{5700} = 75$$
$$b^2 = 360 \times 360 = 129600 \qquad a = 410$$
$$2ac = 2.40.410 = 32800$$

Divid. $= 485$
Divis. $= 360$

$$b^2 + 2ac = 162400$$
$$a^2 - (b^2 + 2ac) = 5700 \qquad \text{tang}\, x = \frac{485}{360} = 1{,}35$$

folglich $x = 53^\circ$, oder noch genauer $x = 53^\circ\ 24'$, wenn man die Differenzen in Erwägung zieht; und endlich $x = 90^\circ - 53^\circ\ 24' = 36^\circ\ 36'$ von der Vertikallinie.

Wenn man die Sinustafel, oder einen Auszug davon bey der Hand hat, so läßt sich in einem solchen Falle aus der horizontalen Entfernung des Zieles $= b$, aus dem Abweichungswinkel desselben $= n$, und aus der zur angenommenen Ladung unter 45° zugehörigen Wurfweite $= a$ der erforderliche Richtwinkel $= z$ von der Vertikallinie viel leichter nach (§. 82.) mittelst der Formel bestimmen

$$z = \tfrac{1}{2}\left[\text{Winkel des Sinus}\left(\frac{b.\cos n}{a} \pm \sin n\right) \mp n\right].$$

Wer lieber zeichnet als rechnet, kann im gegenwärtigen Falle den gesuchten Elevationswinkel nach (§. 82) durch die geometrische Verzeichnung finden.

Bey dieser Auflösung kann zuweilen der gesuchte Elevationswinkel unmöglich seyn, und zwar dazumal, wenn $(b^2 \pm 2ac) > a^2$ oder $\frac{b}{a} > \frac{1 \mp \sin n}{\cos n}$ ist; auch kann der gesuchte Elevationswinkel zwar möglich aber dabey anders ausfallen, als es die Beschaffenheit des Zieles erfordert; und dieses ist ein Zeichen, daß die Ladung dem Ziele nicht angemessen, und folglich mit Beybehaltung des Richtwinkels nach voriger Vorschrift solche zu verändern sey.

 Die

Fig. telst der 3ten Tafel die Brandröhre so einrichtet, als wenn das Ziel in dem Horizonte des Wurfortes sich befände.

Es ist bey gegenwärtiger Aufgabe am natürlichsten den Richtwinkel aus der Beschaffenheit des Zieles zu bestimmen, sodann nach der gegebenen Vorschrift die zugehörige Ladung zu suchen, und endlich nach gemachten Probwurfe solche zu verbessern. Wenn man hingegen die angenommene und beym Probwurfe gebrauchte Ladung ungeändert lassen, und dabey die Richtung ändern will, so läßt sich der erforderliche Richtwinkel $= x$ **von der Horizontallinie** durch nachstehende Formel berechnen, tang $x = \frac{a + \sqrt{[a^2 - (b^2 \pm 2ac)]}}{b}$ vermög (§. 82).

Es bedeutet in dieser Formel a die zur festgesetzten Ladung unter 45° zugehörige Wurfweite, b die horizontale Entfernung, und c die Abweichung des Zieles; das obere Zeichen + ist bey einem erhöheten, und das untere — bey einem gesenkten Ziele zu brauchen; diese Formel in Zahlen verwandelt ist die Tangente des gesuchten Elevationswinkels vom Horizonte gezählet, wozu man die entsprechenden Grade in der ersten Tafel findet.

Es sey z. B. in einer horizontalen Entfernung $b = 360$ Klafter ein um $c = 40$ Klafter erhöhetes Ziel mit einer Ladung zu bewerfen, mit der unter 25° eine Wurfweite $= 314$ Klafter erreichet wird, so läßt sich der gesuchte Elevationswinkel auf folgende Art finden. Aus der unter 25° bekannten Wurfweite 314 suche man zu erst nach der V. Aufgabe unter 45° die Wurfweite $a = 410$ Klaftern, und nun wird die fernere Rechnung folgendermassen angelegt:

a^2

Wurftafel, worin für verschiedene horizontale Wurfweiten unter verschiedenen Richtwinkeln die erforderlichen Ladungen, und auch die Längen der Brandröhren anzutreffen sind.

Wurfweite.	60pfündiger Pöller									30pfündiger Pöller								
	Richtung									Richtung								
	15°			30°			45°			15°			30°			45°		
	Ladung		Brandröhre	Ladung		Brandröhre	Ladung		Brandröhre	Ladung		Brandröhre	Ladung		Brandröhre	Ladung		Brandröhre
Kl.	Pf	L.	Z.	Pf	L.	Z.	Pf	L.	Z.	Pf	L.	Z.	Pf	L.	Z.	Pf	L.	Z.
80	1	10	4	1	6	3	1	5	2	—	25	$3\frac{1}{2}$	—	23	$2\frac{3}{4}$	—	22	2
120	1	18	5	1	10	$3\frac{3}{4}$	1	9	$2\frac{1}{2}$	—	29	$4\frac{1}{2}$	—	25	$3\frac{1}{2}$	—	24	$2\frac{1}{2}$
160	1	26	6	1	14	$4\frac{1}{4}$	1	12	3	1	—	$5\frac{1}{4}$	—	27	4	—	26	3
200	2	2	$6\frac{3}{4}$	1	18	$4\frac{3}{4}$	1	16	$3\frac{1}{4}$	1	4	6	—	29	$4\frac{1}{4}$	—	28	$3\frac{1}{4}$
250	2	12	$7\frac{3}{4}$	1	24	$5\frac{1}{4}$	1	20	$3\frac{3}{4}$	1	12	$6\frac{3}{4}$	1	—	$4\frac{3}{4}$	—	30	$3\frac{3}{4}$
300	2	24	$8\frac{1}{2}$	1	30	$5\frac{3}{4}$	1	25	$4\frac{1}{4}$	1	18	$7\frac{1}{2}$	1	3	$5\frac{1}{4}$	1	—	$4\frac{1}{4}$
350	3	4	$9\frac{1}{4}$	2	4	6	1	30	$4\frac{3}{4}$	1	25	8	1	6	$5\frac{3}{4}$	1	3	$4\frac{1}{2}$
400	3	18	10	2	10	$6\frac{1}{2}$	2	4	$5\frac{1}{4}$	2	—	$8\frac{1}{2}$	1	9	6	1	6	$4\frac{3}{4}$
450	4	—	$10\frac{1}{2}$	2	16	7	2	9	$5\frac{3}{4}$	2	8	9	1	12	$6\frac{1}{2}$	1	9	5
500	4	16	11	2	22	$7\frac{1}{2}$	2	14	6	—	—	—	1	16	7	1	12	$5\frac{1}{4}$
550	—	—	—	2	29	8	2	20	$6\frac{1}{2}$	—	—	—	1	20	$7\frac{1}{4}$	1	15	$5\frac{1}{2}$
600	—	—	—	3	4	$8\frac{1}{2}$	2	26	7	—	—	—	1	24	$7\frac{1}{2}$	1	18	$5\frac{3}{4}$
650	—	—	—	3	12	$8\frac{3}{4}$	3	—	$7\frac{1}{4}$	—	—	—	1	29	$7\frac{5}{8}$	1	22	6
700	—	—	—	3	20	9	3	6	$7\frac{1}{2}$	—	—	—	2	2	$7\frac{3}{4}$	1	26	$6\frac{1}{4}$
750	—	—	—	3	28	$9\frac{1}{2}$	3	12	$7\frac{3}{4}$	—	—	—	2	8	8	1	29	$6\frac{1}{2}$
800	—	—	—	4	4	$9\frac{3}{4}$	3	18	8	—	—	—	—	—	—	2	1	$6\frac{3}{4}$
850	—	—	—	4	12	10	3	24	$8\frac{1}{4}$	—	—	—	—	—	—	2	5	$6\frac{3}{4}$
900	—	—	—	—	—	—	4	—	$8\frac{1}{2}$	—	—	—	—	—	—	2	8	7
950	—	—	—	—	—	—	4	8	$8\frac{3}{4}$	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1000	—	—	—	—	—	—	4	16	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Die Ladungen für verschiedene Wurfweiten in dieser Tafel können entweder aus der vorigen 2ten Tafel abgeleitet, oder aber aus einigen durch genaue Versuche bekannten Wurfweiten, und aus ihren zugehörigen Ladungen

Fig. Die gegebene Vorschrift für die Bestimmung der Richtung und Ladung zum Probwurfe, und für die Verbesserung derselben nach dem Probwurfe wird nur im Anfange befolget; wenn in der Folge während der wirklichen Bombardirung einige Würfe nach einander zu kurz oder zu weit reichen, so muß man den Fehler, durch eine angemessene Vermehrung oder Verminderung entweder der Ladung oder der Elevation, auf eine eben nicht mathematische Art zu verbessern suchen; bey unseren Pöllern kann man in dergleichen Fällen eben so verfahren, als wenn das Ziel in der Ebene wäre.

VII. Der 2ten und 3ten Tafel kann man auch nachstehende Gestalt geben;

Wurf-

und die dritte auf ein starkes Pulver bey der vorge- Fig.
schriebenen Art der Ladung gegründet wäre.

VIII. Die erste von den angeführten Hilfstafeln kann auch beym Ricoschettiren gebrauchet werden; dazu aber ist noch eine eigentliche **Ricoschettafel** erforderlich, worin unter vier oder mehr Elevationswinkeln z. B. unter 8°, 10°, 12°, 14°, 16°, oder wenigstens 6°, 9°, 12°, 15°, für verschiedene Schußweiten etwan von 130 bis 400, von 30 zu 30 Klaftern **im Horizonte des Kanonenrohres** die erforderlichen Ladungen anzutreffen wären. Mittelst einer solchen Ricoschettafel liesse sich sodann aus der bekannten horizontalen Entfernung und aus der Abweichung des Wallganges vom Horizonte der Kanone, die erforderliche Ladung gar leicht bestimmen, wenn es aus gehörig angestellten Versuchen dargethan würde, daß man auch beym Ricoschettiren den Widerstand der Luft ohne merklicher Abirrung ausser Acht lassen könne.

Bey dem Ricoschettiren kann der Richtwinkel nicht nach Belieben angenommen werden, sondern er muß aus der horizontalen Entfernung der vorliegenden Brustwehre $= b$ des zu ricoschettirenden Wallganges, aus der Erhöhung der höchsten Kante dieser Brustwehre über den Horizont des Kanonrohres in der Ricoschetbatterie $= c$, aus dem Abstande desjenigen Punktes auf dem Wallgange von der inneren Seite der vorliegenden Brustwehre $= p$, wo die Kugel zum erstenmal aufschlagen soll, und aus der Vertiefung dieses Punktes unter der höchsten Kante der Brustwehre $= q$ bestimmet werden; dieser Richtwinkel $= n$ **von der Vertikallinie gerechnet** läßt sich vermög (§. 83. II.) mittelst der ersten Tafel durchfolgende Formel sehr leicht berechnen,

 tang

Fig. eben so mittelst der Einschaltungsmethote berechnet werden, wie sich bey der 2ten Tafel für verschiedene Ladungen die zugehörigen Wurfweiten bestimmen lassen.

Bey der obangeführten 2ten Tafel, oder auch in gegenwärtiger Wurftafel könnten auch für die üblichen Feuerwerkskörper bey den gebräuchlichen Richtwinkeln zu verschiedenen Entfernungen die zugehörigen Ladungen angemerket werden, z. B. daß Feuerballen und auch Brandkugeln aus den 30pfündigen Bombenpöllern unter 45° mit 1 Pfund 12 Loth Pulver beyläufig auf eine Entfernung von 300 bis 320 Klaftern getrieben werden; daß Würfe mit Handgrenaden, und auch mit Pulversäcken aus den 60pfündigen Bombenpöllern unter 45° mit 1 Pfund 16 Loth ohngefähr auf 140 bis 160 Klafter reichen; daß gemeine Kiesel- oder Feldsteiner aus dem 60pfündigen eisernen Pöller unter 35° mit 1 Pfund 16 L. Pulverladung geworfen in einer Entfernung von 120 bis 140 Klaftern niederfallen; daß Feuerballen und auch Brandkugeln aus den 60pfündigen Bombenpöllern unter 45° auf eine Entfernung von 300 Klaftern zu treiben ohngefähr 3 Pfund Pulver erforderlich sind u. s. w.

Es sey fern von mir weder diese letzte Wurftafel, noch auch die vorhergehende 2te und 3te Tafel als eine ächte und unverbesserliche Richtschnur zum Bombenwerfen aufdringen zu wollen; die darinen befindlichen Zahlen sind nicht aus genauen wirklich abgeführten Versuchen, sondern nur aus einigen bey den Lagerübungen gemachten Beobachtungen mittelst der Rechnung abgeleitet. Diese Tafeln sollen nur zum Muster dienen, wie man aus genau angestellten Versuchen geschmeidige Hilfstafeln zum Bombenwerfen einrichten könne.

Es wäre für die Ausübung sehr vortheilhaft, wenn für jede Gattung der gebräuchlichsten Pöller eine dreyfache Wurftafel eingerichtet würde, wovon die eine Tafel auf ein schwaches, die andere auf ein mittleres, und der Erhöhung dieses Punktes über den Horizont des Kanonrohres $= C = c - q$, die ganze horizontale Schußweite $= u$ mittelst der ersten Tafel durch nachstehende Formel $u = \frac{B}{1 - \frac{C}{B} \tan N}$; und endlich suchet man zu dieser berechneten horizontalen Schußweite in der vorgeschlagenen Ricoschettafel bey der festgesetzten Elevation die zugehörige Ladung, welche um etwas vermehret oder vermindert werden muß, wenn das vorräthige Pulver schwächer oder stärker ist als jenes, worauf sich die Ricoschettafel gründet.

Fig.

Nachdem nun auf diese Art die Elevation und Ladung bestimmet ist, so giebt man gleich auf den zu ricoschettirenden Wallgang einen oder zwey Schüsse. Sollten die Schüsse zu kurz ausfallen, so kann mit Beybehaltung der Ladung, der Fehler auf eine eben nicht mathematische Art mit einer etwas grösseren Elevation verbessert werden; sollten aber die Schüsse zu weit reichen, so muß mit Beybehaltung der festgesetzten Elevation der Fehler durch die Verminderung der Ladung verbessert werden; denn wollte man auch in diesem 2ten Falle mit Beybehaltung der Ladung den Fehler durch die Verminderung der Elevation verbessern, so könnte der Elevationswinkel kleiner ausfallen, als der nach vorstehender Vorschrift berechnete möglichst kleinste Elevationswinkel ist, und die Kugeln würden sodann in die Brustwehre einschlagen, ausgenommen man hat gleich im Anfange den Elevationswinkel beträchtlich grösser angenommen, wo man nun in beyden Fällen mit Beybehaltung der Ladung den Fehler durch die Veränderung der Elevation verbessern kann, jedoch so daß man im zweyten Falle auf den möglichst kleinsten Elevationswinkel Acht giebt.

Es

Fig.

$$\tan n = 1 : \left(\frac{c}{b} + \frac{q}{p} + \frac{c-q}{b+p}\right);$$

jeder dieser drey Brüche $\frac{c}{b}$, $\frac{q}{p}$, $\frac{c-q}{b+p}$ wird nämlich in einen Decimalbruch von drey Decimalziffern verwandelt; darauf werden diese drey Decimalbrüche in eine Summe zusammen addiret; sodann wird mit dieser Summe die Einheit so dividiret, daß im Quotienten die zwey ersten Decimalziffern zuverlässig sind, so ist dieser Quotient die Tangente des gesuchten Richtwinkels von der Vertikallinie, wozu man die zugehörigen Grade und Minuten in der ersten Tafel findet; zieht man endlich diese gefundenen Grade und Minuten von 90° ab, so erhält man den gesuchten Elevationswinkel von der Horizontallinie gerechnet.

Auf diese Art findet man den **möglichst kleinsten** Elevationswinkel, damit der gegebne Punkt auf dem Wallgange könne getroffen werden; kleiner darf der Elevationswinkel nicht seyn, sonst schlägt die Kugel in die Brustwehre ein; etwas grösser aber kann er immer genommen werden, damit die Kugel um so gewisser über die Brustwehre wegstreiche ohne solche zu berühren. Wenn z. B. nach der gegebenen Formel der gesuchte Elevationswinkel = 10° 25' ausfällt, und in der vorgeschlagenen Ricoschettafel die zu verschiedenen horizontalen Schußweiten zugehörigen Ladungen nur bey den Elevationswinkeln 6°, 9°, 12°, 15° anzutreffen wären, so müßte man den Elevationswinkel = 12° erwählen.

Nachdem auf diese Art der Elevationswinkel vorläufig bestimmet ist, zieht man solchen von 90° ab, um den Richtwinkel von der Vertikallinie zu erhalten. Sodann berechnet man aus diesem festgesetzten Richtwinkel $= N$, aus der horizontalen Entfernung desjenigen Punktes auf dem Wallgange $= B = b + p$, wo die Kugel den ersten Aufschlag machen soll, und aus

der

Und aus der Erhöhung desselben über den Horizont des Kanonrohres in der Ricoschetbatterie $C = c - q = \frac{16}{3}$ Klafter, wird nun die ganze horizontale Schußweite u nach der Formel berechnet Fig.

$$u = \frac{B}{1 - \frac{C}{B} . \tan N} = \frac{B}{D}$$

nämlich $\tan N = \tan 78^\circ = 4,70$

multipl. mit $\frac{C}{B} = \frac{c - q}{b + p} = 0,016$

Produkt $= 0,075$

von 1 subtr. $= 0,925 = D$

und endlich $\frac{B}{D} = \frac{328}{0,925} = \frac{328000}{925} = 355$ Kl. ist die ganze horizontale Schußweite, wozu man nun in der vorgeschlagenen Ricoschettafel bey dem festgesetzten Elevationswinkel $= 12^\circ$ die zugehörige Ladung aufsuchet, und solche dergestalt einrichtet, daß sie eher zu schwach als zu stark sey, weil der festgesetzte Elevationswinkel 12° von dem berechneten möglichst kleinsten Elevationswinkel $11^\circ\ 20'$ nicht viel verschieden ist.

Wäre aber $b = 162$ Klafter, und dabey $c = 6$, $p = 4$, $q = \frac{2}{3}$ Klafter, wie im vorigen Beyspiele, so ist der möglichst kleinste Elevationswinkel $= 13^\circ 15'$. Dieser möglichst kleinste Elevationswinkel wird noch grösser, wenn man mit der Ricoschetbatterie näher an die Festung rücket, oder wenn die Traversen höher sind, oder endlich wenn das Geschütz denselben näher anliegt. Aus dieser Ursache hat man vorgeschlagen die Elevationswinkel in der Ricoschettafel wenigstens bis 15° anzunehmen, damit auch die Kugeln der Ricoschetschüsse, die erste Kanone hinter einem Travers, welche nicht gar 2 Klafter davon absteht, und die dabey angestellte

Mann-

Fig. Es sey z. B. die horizontale Entfernung eines Traverses (Querwalles) auf einem zu ricoschettirenden Wallgange $b = 324$ Klafter,

Die Erhöhung der höchsten Kante dieses Traverses über den Horizont des Kanonenrohres in der Ricoschetbatterie $c = 6$ Klafter,

Der Abstand eines Geschützes hinter dem Travers von der inwendigen Seite desselben $p = 4$ Klafter,

Und die Vertiefung dieses Geschützes unter der höchsten Kante des Traverses $q = 4$ Schuh $= \frac{2}{3}$ Klafter,

so wird der Elevationswinkel auf folgende Art gesucht;

$$\frac{c}{b} = \frac{6}{324} = \frac{1}{54} = 0{,}018$$

$$\frac{q}{p} = \frac{2}{3 \cdot 4} = \frac{1}{6} = 0{,}167$$

$$\frac{c-q}{b+p} = \frac{16}{3 \cdot 328} = \frac{2}{123} = 0{,}016$$

Summe $= 0{,}201$

ferner $\frac{1}{0{,}201} = \frac{1000}{201} = 4{,}98 = \text{tang}\, n$,

nämlich $n = 78^\circ\ 40'$

und folglich der möglichst kleinste Elevationw. $= 11^\circ\ 20'$, daraus folgt der schickliche Elevationwinkel $= 12^\circ$; und ferner der Richtwinkel von der Vertikallinie $N = 78^\circ$.

Aus der Tangente des festgesetzten Richtwinkels tang $N =$ tang $78^\circ = 4{,}70$,

Aus der horizontalen Entfernung des Geschützes hinter dem Traverse von der Ricoschetbatterie gerechnet $B = b + p = 328$ Klafter,

und

Fig. Mannschaft treffen können, weil man nicht allezeit Haubitz-Grenaden genug hat, um solche zwischen die Traversen hineinzujagen. Der Widerstand der Luft verursachet zwar, daß der niedersteigende Ast der Bahn eines geworfenen Körpers etwas mehr gekrümet ist als der aufsteigende Ast, und daß dadurch der möglichst kleinste Elevationswinkel des Ricoschetschusses etwas kleiner ausfällt, als nach der angeführten Berechnung; allein der Unterschied ist bey den schwachen Ladungen der Ricoschetschüsse unbedeutend, wie es in der Folge bey der Bewegung in einem widerstehenden Mittel zu ersehen seyn wird.