LEONHARDI EULERI
OPERA OMNIA

SUB AUSPICIIS
SOCIETATIS SCIENTIARUM NATURALIUM
HELVETICAE

EDENDA CURAVERUNT

FERDINAND RUDIO
ADOLF KRAZER ANDREAS SPEISER
LOUIS GUSTAVE DU PASQUIER

SERIES SECUNDA

OPERA MECHANICA ET ASTRONOMICA

VOLUMEN QUARTUM DECIMUM

LIPSIAE ET BEROLINI
TYPIS ET IN AEDIBUS B. G. TEUBNERI
MCMXXII

INHALT

Dieser Band umfaßt die Nummern 77 (*Neue Grundsätze*), 217, 411, 853 des Enestroemschen Verzeichnisses sowie ein unediertes Fragment.

I

NEUE GRUNDSÄTZE DER ARTILLERIE

Seite

aus dem Englischen des Herrn Benjamin Robins übersetzt
und mit vielen Anmerkungen versehen.
Berlin 1745.

VORREDE EULERS 3

VORBERICHT DES VERFASSERS 10
oder
eine historische Nachricht von dem Ursprung und Aufnehmen der Fortification und Artillerie

ANMERKUNGEN DES ÜBERSETZERS 45

Hinweis auf die Untersuchungen von Huygens, Newton, Joh. und D. Bernoulli und Hermann über den Luftwiderstand, sowie von Joh. Bernoulli, Papin, Brachi und D. Bernoulli über die Verbrennung des Schießpulvers.

Seite

ERSTES CAPITEL

VON DER GEWALT DES SCHIESS-PULVERS

ERSTER SATZ 49

Wenn Schieß-Pulver sowohl in der Luft, als in einem Luft-leeren Raum, angezündet wird, so wird durch die Entzündung eine beständige, flüssige und mit einer Ausdehnungskraft versehene Materie hervorgebracht.[1])

Anmerkung[2]) 52

EULERS Kritik der ROBINSSCHEN Darlegungen.

ZWEYTER SATZ 53

Enthaltend eine ausführlichere Erklärung der Umstände, welche bey der Loßbrennung des Pulvers, sowohl in der Luft, als in einem Luft-leeren Raum, bey den beyden vorhergemeldten Experimenten beobachtet werden.

Anmerkung 55

EULER schließt aus den ROBINSSCHEN Versuchen auf die Eigenschaften der, nach seiner Ansicht, im Schießpulver eingeschlossenen Luft und teilt seine Anschauungen über die Natur der atmosphärischen Luft und des Salpeters mit.

DRITTER SATZ 56

Die Elasticität oder Ausdehnungs-Kraft der aus dem Pulver erzeugten flüssigen Materie ist, wann die übrigen Umstände einerley sind, ihrer Dichte oder Zusammenpressung proportional.

Anmerkung 57

EULER hält es für möglich, daß der Druck eines Gases von großer Dichte der letzteren nicht mehr proportional sei.

---

1) Die „Zusätze", die ROBINS einzelnen seiner „Sätze" hinzugefügt hat, werden in diesem Inhaltsverzeichnis nicht besonders aufgeführt. F. R. S.

2) Wie aus der Vorrede EULERS, S. 8, hervorgeht, rühren die „Anmerkungen", die auf einen jeden „Satz" folgen, samt den zugehörigen Figuren nicht von ROBINS, sondern von EULER her. F. R. S.

Seite

VIERTER SATZ 58

Die Elasticität und Menge dieser subtilen Materie, welche aus einer gegebenen Quantität Pulver gezeuget wird, genau zu bestimmen.

Anmerkung 62

Vergleichung von Gewichtseinheiten. EULER macht auf die Abhängigkeit der Dichte der Luft von der Temperatur aufmerksam.

FÜNFTER SATZ 63

Den Zuwachs der Elasticität der Luft zu bestimmen, wann dieselbe auf den Grad des glüenden Eisens erhitzet wird.

Anmerkung 64

EULER bezweifelt, daß der Druck eines Gases bei großer Dichte in derselben Weise von der Temperatur abhänge, wie bei geringerer Dichte.

SECHSTER SATZ 65

Zu bestimmen, um wie viel die Elasticität der subtilen Materie, welche aus dem Pulver erzeuget wird, noch durch die Hitze, womit die Entzündung begleitet wird, vermehret werde.

Anmerkung 67

Ueber die Abhängigkeit der Wärmeabgabe der Körper von ihrer Dichte. EULER äußert die Absicht, in den folgenden Anmerkungen die Richtigkeit der ROBINSSCHEN Sätze dadurch zu prüfen, daß er auf Grund derselben die Wirkungen der Pulvergase berechnet und die Ergebnisse der Rechnung mit denen der Beobachtung vergleicht.

SIEBENTER SATZ 69

Wenn die Länge und Weite eines Stückes, nebst der Schwehre der Kugel und der Ladung des Pulvers, bekannt sind, die Geschwindigkeit zu finden, mit welcher die Kugel aus dem Stücke herausgetrieben wird; es wird aber auch die Elasticität des Pulvers im ersten Augenblicke der Entzündung für bekannt angenommen. (Fig. 1, p. 70.)

Erste Anmerkung 77

Lösung der im siebenten Satz genannten Aufgabe durch Rechnung.

Seite

Zweyte Anmerkung 81

Berechnung der Mündungsgeschwindigkeit des Geschoßes unter Berücksichtigung des Gegendruckes der Atmosphäre.

Dritte Anmerkung 84

Die Geschoßreibung im Rohr. Der Druckverlust infolge der Gasentweichung durch das Zündloch und den Spielraum.

Vierte Anmerkung 87

EULER macht auf die ungleichmäßige Verteilung des Druckes im Rohr hinter dem Geschoß aufmerksam und weist, gestützt auf die Ergebnisse der Schießversuche des Generals GÜNTHER und die Schußweiten, die mit gezogenen Rohren erzielt worden waren, nach, daß die Pulverladung nicht plötzlich, sondern allmählich verbrennt.

ACHTER SATZ 93

Die Geschwindigkeit, mit welcher sich eine Kugel in einer jeglichen Distanz von dem Stück beweget, durch die Erfahrung zu bestimmen. (Fig. 2 und 3, p. 94.)

Erste Anmerkung 100

Experimentelle Ermittlung des Schwerpunktes und des Schwingungsmittelpunktes des ballistischen Pendels. (Fig. 4, p. 100.)

Zweyte Anmerkung 102

Berechnung der Geschoßgeschwindigkeit aus dem Ausschlag des ballistischen Pendels nach ROBINS. (Fig. 5, p. 103.)

Dritte Anmerkung 106

Verbesserte Berechnung der Auftreffgeschwindigkeit und der Eindringungstiefe eines Geschoßes aus dem Pendelausschlag. (Fig. 6, p. 108.)

Vierte Anmerkung 114

Berechnung der Geschoßgeschwindigkeit unter Berücksichtigung der Verzögerung, welche die Pendelbewegung durch den Luftwiderstand erleidet. (Fig. 7, p. 115.)

Seite

NEUNTER SATZ 121

Die würklichen Geschwindigkeiten, womit Kugeln von unterschiedener Art aus Schieß-Gewehren getrieben werden, mit der Theorie zu vergleichen.

Erste Anmerkung 131

Ueber die Fehler, die sich aus der ROBINSSCHEN Berechnungsweise der Geschwindigkeit eines Geschoßes aus dem Pendelausschlag ergeben.

Zweyte Anmerkung 136

Berechnung der Anfangsspannung der Pulvergase aus der Ladung und dem Pendelausschlag, den das Geschoß bewirkt.

Dritte Anmerkung 141

Die Abhängigkeit der Wandstärke des Geschützrohres vom Druck der Pulvergase. Der Rückstoß. (Fig. 8, p. 142.)

Vierte Anmerkung 147

Die beste Form des Laderaumes.

ZEHNTER SATZ 149

Die Veränderungen, welchen die Gewalt des Pulvers nach dem verschiedenen Zustande der Atmosphäre unterworfen ist, zu bestimmen.

Anmerkung 155

Der Einfluß der Feuchtigkeit der Luft auf die Triebkraft des Pulvers.

ELFTER SATZ 157

Die Geschwindigkeit zu bestimmen, mit welcher die aus der Entzündung des Pulvers entstehende Flamme durch ihre eigene Ausdehnungs-Kraft fortgehet, wenn weder eine Kugel noch ein anderer Körper vor das Pulver in dem Stück geladen wird.

Erste Anmerkung 162

Berechnung der Geschwindigkeit der bei der Pulververbrennung entstehenden Flamme. (Fig. 9, p. 164.)

Seite

Zweyte Anmerkung 170

Berechnung der Mündungsgeschwindigkeit eines Geschoßes. Angabe einer Formel zur Berechnung der Spannung eines Gases aus seiner Dichte.

Dritte Anmerkung 175

EULER wendet die in der vorhergehenden Anmerkung mitgeteilte Formel auf die Berechnung der Spannung der Pulvergase an.

Vierte Anmerkung 177

Bestimmung der Geschwindigkeit der Flamme und des Geschoßes unter der Annahme, daß die Ladung nicht vollständig verbrennt. (Fig. 10, p. 177.)

Fünfte Anmerkung 186

Die Beurteilung der Güte des Schießpulvers. Ermittlung der Ladung, die dem Geschoß die größte Mündungsgeschwindigkeit erteilt.

Sechste Anmerkung 193

Berechnung der Mündungsgeschwindigkeit eines Geschoßes unter der Annahme, daß das Pulver allmählich verbrennt.

Siebente Anmerkung 201

Ermittlung der Mündungsgeschwindigkeit eines Geschoßes unter der Annahme, daß nur ein Teil der Ladung, dieser jedoch plötzlich, verbrennt.

Achte Anmerkung 206

EULER berechnet die Mündungsgeschwindigkeit eines Geschoßes unter Berücksichtigung des Gasverlustes durch das Zündloch und den Spielraum, vorausgesetzt, daß nur ein Teil der Ladung, dieser jedoch plötzlich, verbrennt.

ZWÖLFTER SATZ 215

Die Gewalt zu untersuchen, mit welcher eine Kugel, so von der Ladung merklich entfernet ist, fortgetrieben wird.

Anmerkung 217

EULER bestimmt die Mündungsgeschwindigkeit unter der Annahme, daß das Geschoß mit Abstand von der Pulverladung ins Rohr gesetzt wird.

Seite

DREYZEHNTER SATZ 225

Die verschiedenen Gattungen der Pulver herzuzehlen, und den sichersten Weg anzuzeigen, um die Güte desselben zu erforschen.

Anmerkung 231

Bestimmung eines Koeffizienten, der als Maß für die Güte des Pulvers dienen kann.

DAS ZWEYTE CAPITEL 237

VON DEM WIEDERSTANDE DER LUFT UND DEM WEGE WELCHEN EINE KUGEL ODER BOMBE IN DER LUFT BESCHREIBET

ERSTER SATZ 238

Die allgemeinen Grundsätze des Wiederstands, welchen flüssige Materien auf harte Cörper, so sich darinne bewegen, ausüben, zu beschreiben und fest zusetzen.

Erste Anmerkung 246

Das Beharrungsvermögen als Ursache der Entstehung von Kräften.

Zweyte Anmerkung 250

Die longitudinale Bewegung eines Cylinders in einer unelastischen und in einer vollkommen elastischen Flüssigkeit. Die Bewegung einer schief zur Bewegungsrichtung liegenden ebenen Fläche und einer Kugel im widerstehenden Mittel. (Fig. 11, p. 251, Fig. 12, p. 255, Fig. 13, p. 257.)

Dritte Anmerkung 259

Die Bewegung eines Cylinders in einem cylindrischen mit Flüssigkeit gefüllten Kanal unter der Annahme, daß die Cylinderachse mit der Achse des Kanals zusammenfällt. (Fig. 14, p. 263, Fig. 15, p. 268, Fig. 16, p. 269.)

Vierte Anmerkung 270

Der Luftwiderstand gegen sehr rasch bewegte Körper und seine Abhängigkeit von ihrer Gestalt. (Fig. 17, p. 274, Fig. 18, p. 279.)

Seite

ZWEYTER SATZ 281

Wie man den Wiederstand der Luft, welchen ein darinn bewegter Körper leidet, durch Versuche bestimmen soll?

Erste Anmerkung 285

Berechnung der Endgeschwindigkeit für die Kernschußweite. (Fig. 19, p 285.)

Zweyte Anmerkung 293

Der freie Fall in der Luft. (Fig. 20, p. 293.)

Dritte Anmerkung 298

Ueber die Abhängigkeit des Luftwiderstandes von der Geschwindigkeit.

DRITTER SATZ 301

Wie man die verschiedenen Vermehrungen der wiederstehenden Kraft der Luft nach den verschiedenen Geschwindigkeiten der darinn bewegten Körper bestimmen soll? (Fig. 21, p. 301.)

Erste Anmerkung 302

Aufstellung des den Versuchsergebnissen angepaßten Ausdruckes $\frac{1}{2}v + \frac{1}{2g}v^2$ für den Luftwiderstand.

Zweyte Anmerkung 308

Bestimmung des Coeffizienten g aus den Schießversuchen.

VIERTER SATZ 313

Wie man die Geschwindigkeit, mit welcher Mußketen- und Canonen-Kugeln durch Hülfe der gewöhnlichen Ladung Pulver herausgeschossen werden, bestimmen soll? (Fig. 22, p. 316.)

Erste Anmerkung 317

EULER berechnet die Mündungsgeschwindigkeit aus dem Ladungsquotienten und der Seelenlänge gemessen in Kalibern.

Zweyte Anmerkung 324

Berechnung der Mündungsgeschwindigkeit für Seelenlängen von 10 bis 40 Kaliber und die Ladungsquotienten $\frac{1}{6}, \frac{2}{6}, \frac{3}{6}, \frac{4}{6}, \frac{5}{6}, \frac{6}{6}$.

Seite

Dritte Anmerkung 331

Berechnung der vorteilhaftesten Seelenlänge bei vorgeschriebener Mündungsgeschwindigkeit.

Vierte Anmerkung 335

EULER bespricht die Abhängigkeit der Wandstärke des Geschützrohres von der Beschaffenheit der Ladung und des Geschoßes.

Fünfte Anmerkung 339

Bestimmung der Ladung, welche für ein gegebenes Verhältnis der Seelenlänge zum Kaliber die größte Mündungsgeschwindigkeit ergibt.

FÜNFTER SATZ 346

Wenn eine Canonenkugel von 24 Pfund mit voller Ladung geschossen wird, so ist der Wiederstand der Luft, indem dieselbe aus der Canone herausfährt, mehr als zwanzig mahl größer, als das Gewicht derselben.

Erste Anmerkung 349

Bestimmung des Luftwiderstandes nach dem in der Ersten Anmerkung zum Dritten Satz aufgestellten Gesetz für den im Fünften Satz erwähnten Spezialfall.

Zweyte Anmerkung 351

Analytische Ableitung der Gesetze der Wurfbewegung im luftleeren Raum. (Fig. 23, p. 352.)

SECHSTER SATZ 357

Die Bahn, nach welcher sich eine Bombe oder Stück-Kugel in der Luft beweget, ist weder eine Parabel, noch bey nahe eine Parabel, wenn die Geschwindigkeit, womit dieselben geschossen werden, nicht sehr geringe ist.

Erste Anmerkung 361

Bestimmung der Flugbahn und Flugzeit für den Horizontalschuß auf eine kurze Strecke unter der Annahme, daß der Luftwiderstand nur horizontal wirke. (Fig. 24, p. 362.)

Zweyte Anmerkung 368

Bestimmung der Steighöhe und Flugzeit aus der Mündungsgeschwindigkeit für den Vertikalschuß. Ermittlung der Steighöhe und Mündungsgeschwindigkeit aus der Flugzeit. (Fig. 25, p. 369.)

Seite

Dritte Anmerkung 380

Berechnung der Koordinaten der Flugbahnpunkte aus dem Gewicht, der Mündungsgeschwindigkeit und Abgangsrichtung des Geschoßes sowie aus dem Druck und der Dichte der Luft.

SIEBENTER SATZ 391

Ausser dem, daß die Kugeln in ihrem Flug durch die Kraft der Schwehre abwärts gezogen werden, so werden dieselben auch öfters von einer andern Kraft seitwärts entweder zur rechten oder zur lincken getrieben.

Erste Anmerkung 393

Allgemeine Erörterungen über die Bewegung eines starren Körpers unter der Einwirkung äußerer Kräfte mit Anwendung auf die Geschoßbewegung.

Zweyte Anmerkung 400

Die Bewegung einer rotierenden Kugel in der Luft. (Fig. 26, p. 402.)

ACHTER SATZ 404

Wenn gleich große und gleich schwehre Kugeln auf eben denselben harten Körper mit verschiedenen Geschwindigkeiten stossen, und in denselben hinein dringen, so werden sich die verschiedenen Tiefen, auf welche die Kugeln hinein gedrungen, beynahe verhalten, wie die Quadrate ihrer Geschwindigkeiten. Und der Wiederstand solcher harten Körper wird, in Ansehung des Hineindringens der Kugel, immer gleich groß seyn.

Anmerkung 405

EULER bestimmt die Eindringungstiefe eines Geschoßes aus der Auftreffgeschwindigkeit, dem Kaliber und dem Eindringungswiderstand pro Flächeneinheit.

II

BALLISTISCHE ABHANDLUNGEN

Seite

217. Recherches sur la véritable courbe que décrivent les corps jettés dans l'air ou dans un autre fluide quelconque 413

Mémoires de l'académie des sciences de Berlin [9] (1753), 1755, p. 321—352

411. De ictu glandium contra tabulam explosarum. 448

Novi commentarii academiae scientiarum Petropolitanae 15 (1770), 1771, p. 414—436

853. Meditatio in experimenta explosione tormentorum nuper instituta. . 468

Opera posthuma 2, 1862, p. 800—804

Fragmentum novum ex *Adversariis mathematicis* depromptum 478

Ex manuscriptis academiae scientiarum Petropolitanae nunc primum editum

Namenverzeichnis 483