

## Werk

**Titel:** Die Lehre von der Wurfcurve vor Galilei

**Autor:** Günther, S.

**Ort:** Braunschweig

**Jahr:** 1886

**PURL:** [https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110\\_0001|log457](https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?385489110_0001|log457)

## Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.  
SUB Göttingen  
Platz der Göttinger Sieben 1  
37073 Göttingen

✉ [info@digizeitschriften.de](mailto:info@digizeitschriften.de)

# Naturwissenschaftliche Rundschau.

Wöchentliche Berichte über die Fortschritte auf dem  
Gesamtgebiete der Naturwissenschaften.

Unter Mitwirkung der Herren Professoren Dr. J. Bernstein, Dr. A. v. Koenen,  
Dr. Victor Meyer, Dr. B. Schwalbe und anderer Gelehrten

Durch alle Buchhand-  
lungen und Postanstalten  
zu beziehen.

herausgegeben von

**Friedrich Vieweg und Sohn.**

Wöchentlich eine Nummer.  
Preis vierteljährlich  
2 Mark 50 Pf.

**I. Jahrg.**

Braunschweig, 14. August 1886.

**No. 33.**

## Inhalt.

**Geschichte der Physik.** S. Günther: Die Lehre von der Wurfcurve vor Galilei. (Originalmittheilung.) S. 289.  
**Chemie.** H. Cornelius und H. v. Pechmann: Ueber die Synthese des Orcins. S. 291.  
**Geologie.** J. D. Dana: Ueber die explodirenden Ausbrüche der Vulkane. S. 291.  
**Physiologie.** Marey: Untersuchung über die Bewegungen der Luft, welche vom Flügel eines Vogels veranlasst werden; Experimente des Herrn Müller. S. 292.  
**Botanik.** O. Warburg: Ueber die Bedeutung der organischen Säuren für den Lebensprocess der Pflanzen, speciell der sogenannten Fettpflanzen. S. 293.

**Kleinere Mittheilungen.** Maurer: Zum täglichen Gange der Temperatur auf Bergstationen. S. 294. — N. v. Nordenskiöld: Vorläufige Mittheilungen über erneuerte Untersuchungen der Flüssigkeitseinschlüsse im brasilianischen Topas. S. 295. — William N. Allen: Künstlich erzeugte Goldkrystalle. S. 295. — W. Uhthoff: Ueber das Abhängigkeitsverhältniss der Sehschärfe von der Beleuchtungsintensität. S. 295. — Paul Liborius: Beiträge zur Kenntniss des Sauerstoffbedürfnisses der Bacterien. S. 296. — E. Fugger und C. Kastner: Naturwissenschaftliche Studien und Beobachtungen aus und über Salzburg. S. 296.  
**Verzeichniss neu erschienener Schriften.** S. 297.

## Die Lehre von der Wurfcurve vor Galilei.

Von S. Günther.

(Originalmittheilung.)

Zu den ansprechendsten Perioden in der Geschichte der physikalischen Mechanik gehört diejenige der allmähigen Emancipation von der aristotelischen Schulphilosophie. Langsam, ja schwerfällig vollzieht sich dieser Process und, wie so häufig, ist der Verlauf ein derartiger, dass die irrige Lehre, an der zu zweifeln nicht gestattet erscheint, immer weiter auszubilden versucht wird und auf diese Weise schliesslich eine so feine Spitze erhält, dass deren Abbrechen und damit der Fall des ganzen Gebäudes nicht mehr vermieden werden kann. Besonders merkwürdig ist aber dabei der Umstand, dass einzelne, besonders begabte Forscher, trotzdem sie von falschen Prämissen ausgehen, sich durch eine Reihe theils ganz, theils nur bedingt richtiger Schlüsse zu einem völlig richtigen Ergebniss geführt sehen. Hierher gehört in erster Linie die Entwicklungsgeschichte der Ballistik.

In den gangbaren Darstellungen ist diese Epoche meist nur sehr stiefmütterlich bedacht. Es handelt sich nämlich in der Zeit vor Galilei fast ausschliesslich um die Anschauungen des berühmten Mathematikers Tartaglia, und da dessen Ausführungen sowohl ihrer alterthümlichen Schreibart als auch wegen der in der Sache selbst begründeten Schwierigkeiten halber einem modernen Leser nicht so ganz leicht verständlich sind, so konnte es nicht fehlen, dass mancher Irrthum mit unterlief. Poggendorff, der mit Recht gefeierte Historiker der Physik, rühmt<sup>1)</sup> Tartaglia

gegenüber dem Deutschen Santbach, der noch im Jahre 1561 die Flugbahn eines Geschosses als lediglich aus einer horizontalen und verticalen Linie sich zusammensetzend bezeichnet habe, weil Ersterer doch zuerst die Wahrnehmung machte, dass die Curve eine stetig gekrümmte sein müsse. Tartaglia wird dadurch in einen bewussten Gegensatz gegen die Lehren der Peripatetiker gebracht, welcher ihm durchaus fern lag, und eingehende Lectüre seines Werkes hätte zur Aufdeckung des wirklichen Sachverhaltes führen müssen. Allein auch Heller pflichtet durchaus den Angaben Poggendorff's bei<sup>1)</sup>, und wenn auch bei Rosenberger<sup>2)</sup> ein entschieden zutreffenderes Verständniss der bezüglichen Stellen in Tartaglia's Buche sich bemerklich macht, so bekommt man doch auch hier keinen so bestimmten Einblick in die Sache, wie es zu wünschen wäre. Wie in so mancher anderen Hinsicht darf auch in dieser Wohlwill's Monographie über Entstehung und Ausbildung der Lehre von der Trägheit<sup>3)</sup> als bahnbrechend bezeichnet werden; es wird hier nachdrücklich hervorgehoben, dass Tartaglia's instinctives Gefühl, das stets von der Schwerkraft beeinflusste Projectil könne nicht wohl eine aus disparaten Bestandtheilen zusammengesetzte, gebrochene Linie beschreiben, ohne wirklich nachhaltige Folgen für die Verbesserung der Wurftheorie blieb, dass vielmehr bei allen Anwendungen auf die artilleristische

<sup>1)</sup> Heller, Geschichte der Physik von Aristoteles bis auf die neueste Zeit. I. Band, Stuttgart 1882, S. 326 ff.

<sup>2)</sup> Rosenberger, Die Geschichte der Physik in ihren Grundzügen. 1. Theil, Braunschweig 1882, S. 122.

<sup>3)</sup> Wohlwill, Die Entdeckung des Beharrungsgesetzes, Weimar, 1884, S. 19 ff.

<sup>1)</sup> Poggendorff, Geschichte der Physik, Leipzig 1879, S. 126.

Praxis stets Aristoteles' Bewegungslehre die maassgebende verbleibt.

Mit kurzen Worten lässt sich das Wesen der ballistischen Linie, wie sie Tartaglia sich denkt, in der folgenden Weise charakterisiren<sup>1)</sup>. Zunächst steigt der geworfene Körper in jener Geraden an, welche wir heutzutage als die Berührende der Wurfcurve in ihrem Anfangspunkte bezeichnen, alsdann beschreibt er einen Kreisbogen und endlich fällt er in einer verticalen Geraden herab. Dass die beiden geradlinigen Theile Tangenten des Kreisbogens sind, versteht sich von selbst. Hauptaufgabe ist aber offenbar die Bestimmung der Grösse des Kreisbogens, welche als eine Function des Elevationswinkels gilt; Tartaglia entledigt sich dieser Aufgabe mit Aufbietung eines beträchtlichen geometrischen Scharfsinns, aber freilich nicht ohne Zugrundelegung gewisser unbewiesener und thatsächlich auch unhaltbarer Hülfsätze. Beträgt der Elevationswinkel  $\varphi$   $45^\circ$ , so fasst der bewusste Kreisbogen  $k$  den Supplementswinkel, also  $135^\circ$ , und es ist leicht aus einer geometrischen Construction zu entnehmen, dass alsdann der verticale Abfall erst in dem Punkte beginnt, in welchem der Kreisbogen an der durch den Anfangspunkt gelegten Horizontallinie endigt. Für  $\varphi < 45^\circ$  ist  $k < 135^\circ$ , für  $\varphi > 45^\circ$  ebenfalls; die Einzelheiten der Verzeichnung haben, da diese selbst doch immer auf einer falschen Idee beruht, ein besonderes Interesse nicht. Allein gerade in dem — unseres Wissens noch niemals betonten — Umstande, dass der intermediäre, krumme Bestandtheil der Flugbahn für einen Wurfinkel von  $45^\circ$  selber ein Grösstes darstellt, beruhte die Möglichkeit für den italienischen Gelehrten, Entdecker eines dynamischen Lehrsatzes zu werden, der völlig unabhängig von der irrigen Voraussetzung, aus welcher er erwuchs, zu Recht besteht.

Tartaglia findet durch seine Construction in einem besonderen Falle, dass einem Elevationswinkel von  $45^\circ$  die grösste Wurfweite entspricht, und da seiner Meinung zufolge die Wurfweiten, so lange  $\varphi$  sich nicht ändert, den ertheilten Anfangsgeschwindigkeiten proportional sind, so spricht sich in jener Wahrnehmung ein allgemeines Gesetz der Natur aus. Im Obigen ist der eigentliche Entdeckungsgang gekennzeichnet; der Beweis, dessen die geschichtlichen Werke gewöhnlich mit Ausschliesslichkeit Erwähnung thun, ward erst a posteriori beigelegt. Da nämlich sowohl für  $\varphi = 90^\circ$  als auch für  $\varphi = 0^\circ$  die Wurfweite selbst den Werth Null habe, so müsse sie für den in der

Mitte gelegenen Werth von  $\varphi$  ihre grösste Ausdehnung erhalten. So schwach dies Raisonement auf den ersten Blick auch erscheint, so liegt ihm doch, wie wir jetzt zeigen werden, ein ganz correcter Gedanke zu Grunde.

Wenn wir ohne höhere Analysis das Theorem des Tartaglia beweisen wollen, so können wir so verfahren. Ist  $W_\varphi$  im Allgemeinen die zur Elevation  $\varphi$  gehörige Wurfweite, so ist bekanntlich, unter  $g$  die Fallconstante, unter  $c$  die Anfangsgeschwindigkeit verstanden,

$$W = \frac{c^2 \sin 2\varphi}{g} = \frac{c^2 \sin 2(90^\circ - \varphi)}{g}.$$

Für je zwei complementäre Winkelwerthe ist sonach die Wurfweite eine gleiche und nur der Winkel  $\varphi = 45^\circ$  nimmt eine Ausnahmestellung ein, ebenso wie der Winkel  $\varphi = 0$ , für welchen  $W$  selbst der Null gleich wird. Im letzteren Falle wird also die Wurfweite zum Minimum, im ersten zum Maximum<sup>1)</sup>. Die obige richtige Formel der parabolischen Theorie kannte Tartaglia zwar nicht, allein seine geometrische Construction ergab ihm eine ebensolche Zusammengehörigkeit zweier Elevationswinkel  $< 90^\circ$ , und insofern war seine Conclusion in ihrer Art eine ebenso richtige, wie diejenige, aus welcher soeben die Maximaleigenschaft von  $W$  abgeleitet wurde.

Dass wir mit dieser Interpretation des Textes nicht etwa Dinge in diesen hineinlegen, welche in Wahrheit nicht darin enthalten wären, können wir noch durch einen weiteren Beleg bekräftigen. Noch zu Galilei's Lebzeiten beschäftigte sich der deutsche Professor Schwenter mit der Wurfbewegung, ohne allerdings von der — damals freilich auch noch kaum durch den Druck verbreiteten — Entdeckung des Meisters, dass die Wurflinie eine Parabel sei, Kenntniss zu haben. Er zeichnet die drei Wurflinien für  $45^\circ$ ,  $22^\circ$  und  $90^\circ - 22^\circ = 68^\circ$  wirklich hin und sagt dazu<sup>2)</sup>: „Der erste Schuss gehet ohngefähr aus 68 Graden, der ander aus 45, der dritte aus 22, unter welchen der mittlere am weitesten von dem Stück auf die Erde fällt: dann die gewaltsame Bewegung sind einander gleich, oder ja schlechter und geringere Unterscheide, so nun die gemischte Bewegung darvon, wie droben gemeldet, angehet, hat sie aus 45 Graden die Weitschafft, auf die Erde zu fallen, welche denjenigen, so aus 22 Graden geschossen, genommen wird, weil sie keinen so grossen Bogen machen kann. Hingegen so hat der Schuss aus 68 Graden zwar einen weiten Bogen, allein weil die

<sup>1)</sup> Vergl. Tartaglia's „Quesiti et invenzioni diverse“ (Venedig 1546 und 1562, zumal S. 5 ff., S. 16 ff.). Ein deutscher Mechaniker Namens Rivius hat unter dem Titel einer „Geometrischen Büxenmeisterei“ (Nürnberg 1543) ohne Namensnennung des Autors eine wörtliche deutsche Uebersetzung der auf die Ballistik sich beziehenden Partien des italienischen Originalwerkes veröffentlicht. Diese Schrift des Rivius ward mehrfach besprochen, u. a. von Kästner, (Geschichte der Mathematik, 2. Band, Göttingen 1797, S. 186 ff.), allein Niemand noch scheint bemerkt zu haben, wie rücksichtslos der Plagiator zu Werke gegangen ist.

<sup>1)</sup> Nach unserer Ueberzeugung leiteten ähnliche Ueberlegungen vor Erfindung der Infinitesimalmethoden alle Fachmänner, die sich mit einem Maximumproblem zu beschäftigen hatten. Vorzugsweise gilt dies von der uns nicht mitgetheilten Lösung der optisch-geometrischen Aufgabe, welche in Regiomontanus's Briefwechsel (v. Murr, Memorabilia bibliothecarum publicarum Norimbergensium I, Nürnberg 1786, S. 251) gestellt ist.

<sup>2)</sup> Schwenter, Deliciae physico-mathematicae, Nürnberg. 1636, S. 428.

Kugel so hoch und die vermischte Bewegung deswegen bald ein Ende nehmen muss, fällt sie endlich nach der natürlichen Bewegung nahend, beim Ausgangspunkte nider...“

Unseres Erachtens stellt Schwenter's Hereinziehung der Complementswinkel den Zusammenhang her zwischen der geschickten Divination des Tartaglia und jenen strengen Regeln zur Bestimmung der Maximalwurfweite, welche erst Galilei's „Discorsi“ an die Hand gegeben haben.

**H. Cornelius und H. von Pechmann:** Ueber die Synthese des Orcins. (Bericht. d. deutsch. chem. Gesellsch. 1886, Bd. XIX, S. 1446.)

Während wir über die Entstehungsweise der im Pflanzenorganismus vorkommenden und in die sogenannte Fettreihe gehörenden Substanzen zum Theil durch Experimentalforschungen unterrichtet sind, ist die Frage nach der Entstehung der ebenfalls in der Pflanze vorkommenden, aromatischen Substanzen kaum noch discutirt worden. Der Grund für diese Zurücksetzung ist wohl kaum in einer geringeren Bedeutung der aromatischen Substanzen für den Lebensprocess zu suchen, denn viele hierher gehörige Körper sind als nothwendige Bestandtheile des Pflanzenorganismus erkannt — wir erinnern z. B. an die grosse Classe der Gerbstoffe —, sondern er liegt vielmehr darin, dass die aliphatischen Körper in näherer Beziehung zum Assimilationsprocesse stehen und dass bei ihnen, da keine complicirten Ringschliessungen vorkommen, der Process ein bedeutend einfacher ist.

Da uns eine directe Beobachtung des chemischen Vorganges in der Pflanze selbst bislang noch nicht vergönnt ist, so werden wir die Frage nach der Entstehung complicirter Körper nur in der Weise lösen können, dass wir entweder von den einfachen Nahrungsmitteln der Pflanze selbst oder doch von in der Pflanze vorkommenden einfacheren Verbindungen ausgehend zu complicirteren zu gelangen suchen, um alsdann mit einem gewissen Grade von Wahrscheinlichkeit eine ähnliche Synthese auch im Pflanzenkörper anzunehmen. Bei derartigen Laboratoriumsversuchen wendet man häufig sehr hohe Temperaturen an, man arbeitet bei erhöhtem oder vermindertem Drucke, man benutzt Reagentien, über die die Pflanze niemals verfügen kann, kurz, man arbeitet mit Mitteln, die im Pflanzenorganismus nicht angewendet werden können, und man zieht aus diesen Synthesen trotzdem Schlüsse auf eine analoge Entstehung in der Pflanze. So willkürlich dies scheint, so geschieht es doch mit vollem Rechte. Die Pflanze verfügt nämlich ihrerseits über bei weitem wirksamere Mittel, die uns im Laboratorium wieder nicht zu Gebote stehen — man bedenke den mächtigen Einfluss, den das Sonnenlicht auf die Affinitäten innerhalb der Pflanze ausübt —, man beachte die wunderbaren Wirkungen gewisser Bestandtheile der Zelle, des Chlorophylls z. B., welche chemische Prozesse vermitteln, wie wir sie kaum hervorbringen

können etc. —, kurz, die Pflanze verfügt, wenn auch nicht über die gleichen, so doch über ebenso wirk-same Mittel, wie der Chemiker im Laboratorium, so dass auch Synthesen, die nur unter Anwendung von Gewaltmitteln gelingen, dennoch auf den Pflanzenkörper übertragen werden können.

Was nun die Entstehung der aromatischen Körper in der Pflanze anbelangt, so dürften die uns bislang bekannten Processe, welche von aliphatischen zu aromatischen Substanzen führen, ihrer chemischen Natur sowie ihrer Ausgangsproducte wegen wohl kaum Analoga im Organismus finden. Erst die durch Herrn Baeyer ausgeführte Synthese eines der verbreitetsten und wichtigsten Phenole, des Phloroglucins, welches durch Einwirkung von Natrium auf Malonsäureäther erhalten wurde und welches wohl in ähnlicher Weise in der Pflanze entstehen könnte, liess eine Reihe ähnlicher Synthesen voraussehen, wenn statt der Malonsäure andere Säuren, die bei dieser Reaction sich ähnlich verhalten, angewandt wurden.

Besonders tauglich zu diesen Versuchen erwies sich die Acetondicarbonsäure,  $\text{COOH} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{CO} \cdot \text{CH}_2 \cdot \text{COOH}$ , welche ihrer nahen Beziehung zur Citronensäure wegen ein erhöhtes Interesse darbot. Erhitzt man nämlich Citronensäure mit rauchender Schwefelsäure, so spaltet jene sich in Ameisensäure und Acetondicarbonsäure. Lässt man auf den Aether dieser Säure Natrium einwirken, so erhält man unter Austritt von Wasser und Alkohol eine complicirte Substanz, den Dioxyphelessigdicarbonsäureäther, welcher durch Behandlung mit Alkalien in Dioxyphelessigsäure übergeht. Erhitzt man das Silbersalz dieser Säure, so erhält man einen krystallinischen Körper, welcher sich mit dem im Pflanzenorga-

nismus häufig vorkommenden Orcin,  $\text{C}_6\text{H} \begin{matrix} \text{CH}_3 \\ \diagup \\ \text{OH} \\ \diagdown \\ \text{OH} \end{matrix} \right\}$ , iden-

tisch erwies. Es ist somit gelungen, ausgehend von einer ebenfalls in der Pflanze vorkommenden Substanz, der Citronensäure, durch einfache Reactionen (Kohlensäureabspaltung, Wasser- und Alkoholabspaltung etc.) zu einer ebenfalls pflanzlichen aromatischen Substanz, dem Orcin, zu gelangen und wir dürfen deshalb mit vollem Rechte den Schluss ziehen, dass auch die Pflanze auf einem ähnlichen Wege, wenngleich nicht mit denselben Mitteln, jenen Körper bildet.

L. G.

**J. D. Dana:** Ueber die explodirenden Ausbrüche der Vulkane. (American Journal of Science. Ser. 3, Vol. XXXI, May 1886, p. 395.)

Gelegentlich der Besprechung einer monographischen Abhandlung des Herrn Mallet über die Vulkane von Barren-Inland in der Bay von Bengalen hält es Herr Dana für angezeigt, den oft gebrauchten und leicht missverstandenen Ausdruck „explosive Eruption“ näher zu präcisiren.

Diese Bezeichnung scheint zu bedeuten, dass bei solchen Ausbrüchen der Gipfel des aus Lava bestehen-