

Über die in Pola und Meppen angestellten ballistisch- photographischen Versuche

von

E. Mach,
w. M. d. k. A.

und **P. Salcher,**
Prof. a. d. k. k. Marine-Akad.

(Mit 8 Textfiguren.)

Durch die freundliche Aufmerksamkeit, welche man unsern in einer vorausgehenden Abhandlung¹ beschriebenen Versuchen von vielen Seiten entgegengebracht hat², sind wir in den Stand gesetzt worden, dieselben auch in grösserem Massstabe, mit Kanonenprojectilen, fortzusetzen. Ein Theil dieser neuen Versuche

¹ E. Mach und P. Salcher, photographische Fixirung der durch Projectile in der Luft eingeleiteten Vorgänge. Diese Sitzber. Bd. XCV, II. Abth. S. 764.

² Es ist uns nur eine abfällige Beurtheilung unserer Versuche bekannt geworden; ein anonymes Referat in „La Nature“, Nr. 770 (1888) p. 210. Verfasser bespricht nicht ohne Sachkenntniss die bei solchen Versuchen anzuwendenden Mittel, erklärt unser Verfahren für unausführbar und äussert schliesslich sogar beleidigende Vermuthungen über die Art der Darstellung unserer Bilder. Nun hat zwar Herr G. Tissandier, der Herausgeber von „La Nature“, mit aner kennenswerther Freundlichkeit und Objectivität einer Berichtigung Raum gegeben, und wir wollen daher nicht nochmals auf diese Sache zurückkommen, können aber nicht unbemerkt lassen, dass derartige für die Autoren und Referenten doch wohl gleich unangenehme Zwischenfälle bei einiger Vorsicht leicht zu vermeiden wären. Ohne sonderliche Schwierigkeiten hätte der Herr Referent die Originalphotographien von uns oder von der Société Française de Physique erhalten, und die in Frankreich in einer grossen Zahl von öffentlichen Bibliotheken enthaltenen Sitzungsberichte der Wiener Akademie einsehen können. Eben bei seiner Sachkenntniss hätte er dann die Ausführbarkeit und Correctheit unseres Verfahrens sehr bald erkannt.

wurde mit Unterstützung der Marinesection des k. k. Reichskriegsministeriums von Salcher in Pola, ein anderer Theil auf freundliche Einladung der Firma Fr. Krupp von Mach in Gemeinschaft mit seinem Sohne Med. stud. Ludwig Mach auf dem Schiessplatze in Meppen ausgeführt. Die Versuche ergänzen sich insofern, als jene in Pola mit grösserem Kaliber (9 *cm*) und mässiger Geschwindigkeit ($448 \frac{m}{sec.}$), jene in Meppen mit kleinerem Kaliber (4 *cm*), verschiedenen Geschossformen und hoher Geschwindigkeit ($670 \frac{m}{sec.}$) angestellt wurden. Die Anordnung des physikalischen Apparates hatten Salcher und Mach etwas verschieden gewählt, was an den betreffenden Stellen angegeben wird. Wir beginnen mit Beschreibung der Versuche von Salcher und lassen jene von Mach folgen.

I. Bei Salcher's Versuchen diente ein dem Prager physikalischen Institut gehöriges Fernrohrobjectiv von 21 *cm* Öffnung und 3*m* Brennweite als Kopf des Schlierenapparates; das photographische Objectiv war ein Rapid-Rectilinear von Dallmeyer. Zwischen dem Beleuchtungsapparate und den optischen Theilen waren zur Dämpfung des Tageslichtes und Abhaltung des directen Sonnenlichtes Blechröhren angebracht.

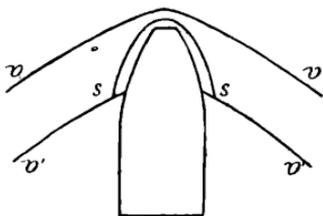
Nachdem der Apparat optisch justirt, die Flasche und das Geschütz geladen waren, wurde durch einen Taster ein Strom geschlossen, welcher die photographische Kammer elektromagnetisch öffnete. Hiebei schloss sich automatisch ein zweiter Strom, der die Abfeuerung des Geschützes bewerkstelligte. Sofort wurde nun der erstere Strom unterbrochen und hiemit die Kammer wieder geschlossen.

Das Kaliber des verwendeten Stahlbronzegeschützes betrug wie erwähnt 9 *cm*, die Länge des Geschosses 23 *cm*, die Anfangsgeschwindigkeit $448 \frac{m}{sec.}$, die Entfernung der Geschützöffnung vom Kopfe des Schlierenapparates 18 *m*.

Obwohl nun Versuche im Freien unter viel ungünstigeren Verhältnissen stattfinden als im Laboratorium, entsprach der Apparat doch vollkommen den gehegten Erwartungen.

Die Kopfwelle erscheint als ein derber breiter hyperbelähnlicher Streifen, der dem Geschosskopf etwas mehr vorausgeht als bei den Werndlgewehrprojectilen, aber (wegen der fast gleichen Geschwindigkeit) nahezu unter demselben Winkel gegen die Schusslinie verläuft.¹ Diese Kopfwelle erstreckt sich bis an den

Fig. 1.

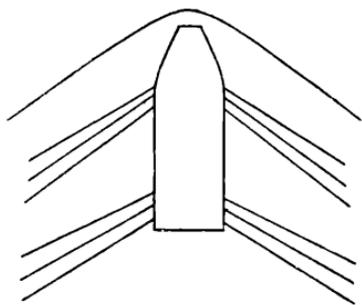


cylindrischen Theil des Geschosses, ist also durch $v v' v' v'$ Fig. 1 begrenzt. Innerhalb dieses Raumes umzieht den Kopf eine eigenthümliche Grenze ss , welche auf einen besondern Vorgang am Projectil deutet.

Ausser der Kopfwelle zeigen die Bilder noch eine Reihe anderer Wellen, welche vom Projectilmantel ausgehen. Wegen der Coïncidenz der Ansatzstellen dieser Wellen mit den Führungsringen ist man auf den ersten Blick versucht, die letzteren als die eigentlichen Erreger dieser Wellen anzusehen. Da jedoch diese Wellen in grosser Regelmässigkeit und gleichbleibenden Abständen, allerdings in anderer Vertheilung auch an ganz glatten Geschossen auftreten,² so scheinen sie von der Form, Grösse und Geschwindigkeit des Geschosses abzuhängen. Man kann hiernach den kleinen Unebenheiten an der Geschossoberfläche nur eine secundäre modificirende Wirkung einräumen.

Diese Wellen dürften durch Reibung in analoger Weise entstehen, wie die Wellen auf einer Wasserfläche durch den Wind.

Fig. 2.



Der Verlauf der Wellenstreifen ist für das Projectil von 9 cm ein ganz typischer. An dem vordern Paar der Führungsringe treten 3 Streifen auf, welche etwas divergiren, und ebenso an dem hintern Paar der Führungsringe. Die letzteren Streifen bilden mit der Geschossaxe merklich grössere Winkel.

kel. Vergl. Fig. 2.

¹ Vergl. Photogr. Fixirung u. s. w.

² Vergl. Photogr. Fixirung u. s. w.

wurde mit Unterstützung der Marinesection des k. k. Reichskriegsministeriums von Salcher in Pola, ein anderer Theil auf freundliche Einladung der Firma Fr. Krupp von Mach in Gemeinschaft mit seinem Sohne Med. stud. Ludwig Mach auf dem Schiessplatze in Meppen ausgeführt. Die Versuche ergänzen sich insofern, als jene in Pola mit grösserem Kaliber (9 *cm*) und mässiger Geschwindigkeit ($448 \frac{m}{sec.}$), jene in Meppen mit kleinerem Kaliber (4 *cm*), verschiedenen Geschossformen und hoher Geschwindigkeit ($670 \frac{m}{sec.}$) angestellt wurden. Die Anordnung des physikalischen Apparates hatten Salcher und Mach etwas verschieden gewählt, was an den betreffenden Stellen angegeben wird. Wir beginnen mit Beschreibung der Versuche von Salcher und lassen jene von Mach folgen.

I. Bei Salcher's Versuchen diente ein dem Prager physikalischen Institut gehöriges Fernrohrobjectiv von 21 *cm* Öffnung und 3*m* Brennweite als Kopf des Schlierenapparates; das photographische Objectiv war ein Rapid-Rectilinear von Dallmeyer. Zwischen dem Beleuchtungsapparate und den optischen Theilen waren zur Dämpfung des Tageslichtes und Abhaltung des directen Sonnenlichtes Blechröhren angebracht.

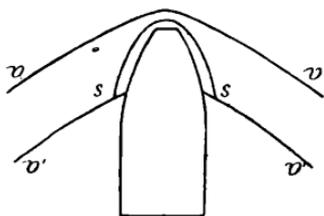
Nachdem der Apparat optisch justirt, die Flasche und das Geschütz geladen waren, wurde durch einen Taster ein Strom geschlossen, welcher die photographische Kammer elektromagnetisch öffnete. Hiebei schloss sich automatisch ein zweiter Strom, der die Abfeuerung des Geschützes bewerkstelligte. Sofort wurde nun der erstere Strom unterbrochen und hiemit die Kammer wieder geschlossen.

Das Kaliber des verwendeten Stahlbronzegeschützes betrug wie erwähnt 9 *cm*, die Länge des Geschosses 23 *cm*, die Anfangsgeschwindigkeit $448 \frac{m}{sec.}$, die Entfernung der Geschützöffnung vom Kopfe des Schlierenapparates 18 *m*.

Obwohl nun Versuche im Freien unter viel ungünstigeren Verhältnissen stattfinden als im Laboratorium, entsprach der Apparat doch vollkommen den gehegten Erwartungen.

Die Kopfwelle erscheint als ein derber breiter hyperbelähnlicher Streifen, der dem Geschosskopf etwas mehr vorausgeht als bei den Werndlgewehrprojectilen, aber (wegen der fast gleichen Geschwindigkeit) nahezu unter demselben Winkel gegen die Schusslinie verläuft.¹ Diese Kopfwelle erstreckt sich bis an den

Fig. 1.

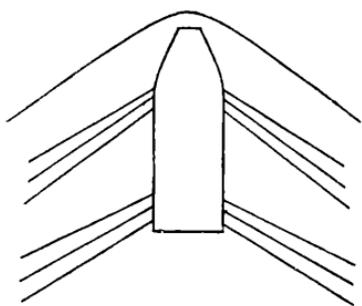


cylindrischen Theil des Geschosses, ist also durch $vvv'v'$ Fig. 1 begrenzt. Innerhalb dieses Raumes umzieht den Kopf eine eigenthümliche Grenze ss , welche auf einen besondern Vorgang am Projectil deutet.

Ausser der Kopfwelle zeigen die Bilder noch eine Reihe anderer Wellen, welche vom Projectilmantel ausgehen. Wegen der Coïncidenz der Ansatzstellen dieser Wellen mit den Führungsringen ist man auf den ersten Blick versucht, die letzteren als die eigentlichen Erreger dieser Wellen anzusehen. Da jedoch diese Wellen in grosser Regelmässigkeit und gleichbleibenden Abständen, allerdings in anderer Vertheilung auch an ganz glatten Geschossen auftreten,² so scheinen sie von der Form, Grösse und Geschwindigkeit des Geschosses abzuhängen. Man kann hiernach den kleinen Unebenheiten an der Geschossoberfläche nur eine secundäre modificirende Wirkung einräumen.

Diese Wellen dürften durch Reibung in analoger Weise entstehen, wie die Wellen auf einer Wasserfläche durch den Wind.

Fig. 2.



kel. Vergl. Fig. 2.

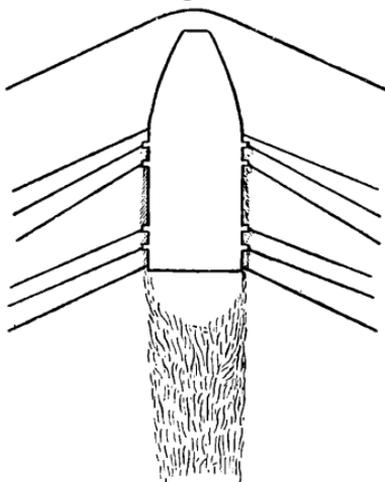
Der Verlauf der Wellenstreifen ist für das Projectil von 9 cm ein ganz typischer. An dem vordern Paar der Führungsringe treten 3 Streifen auf, welche etwas divergiren, und ebenso an dem hintern Paar der Führungsringe. Die letzteren Streifen bilden mit der Geschossaxe merklich grössere Winkel.

¹ Vergl. Photogr. Fixirung u. s. w.

² Vergl. Photogr. Fixirung u. s. w.

Am Boden des Geschosses beobachtet man die von dem Eintritt der Luft in den Schusscanal herrührende Erscheinung. Bei dem Werndlgeschoss ($K = 11\text{mm}$, $v = 438 \frac{m}{\text{sec}}$) zeigt sich hinter demselben ein flimmernder Strom, ähnlich einem aufsteigenden erwärmten Luftstrom.¹ Das Geschoss von 9cm bietet wegen der unbedeutenden Verschiedenheit der Geschwindigkeit einen ähnlichen Anblick. Die einströmende Luft zeigt eine Streifung, so dass es den Anschein gewinnt, als schliesse das Geschoss mit einem Federbusch ab. Dieses Gebilde besteht aus beginnenden Wirbeln, die eigentlich schon hinter den ersten Führungsringen ansetzen und allmählig sich ausdehnend als ein an Breite zunehmender Saum sich am Mantel des Geschosses bis zum Boden hinziehen, woselbst sie in den Schusscanal eintreten.

Fig. 3.



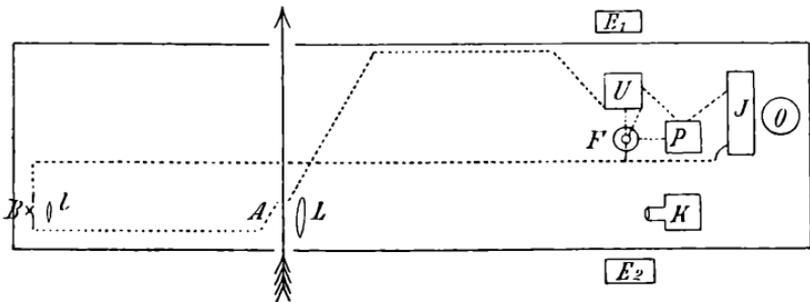
II. Für die in Meppen auszuführenden Versuche wurde ein besonderer Apparat construirt, der im Princip von E. Mach angegeben wurde, während die Details der Construction von Ludwig Mach herrühren. Die weite Reise sollte nicht ohne Erfolg unternommen werden, und der Apparat musste auch bei minder günstiger Witterung im Freien functionsfähig sein. Hiedurch war eine besondere Sorgfalt geboten.

Die durch die Influenzmaschine geladene Beleuchtungsflasche musste, zur Vermeidung aller unnöthigen Verluste, erst wenn sie

¹ Vergl. Photogr. Fixirung u. s. w.

Elektromagnete M verschlossen hielt. Die Klappe öffnet sich durch Federkraft und gibt mit Hilfe desselben Stromes von E_2 und der elektromagnetischen Glocke S auf dem Schiessstand einen Glockenschlag, worauf sofort der Schuss und das Schliessen der Kammer (mit der Hand) erfolgt.¹ Man war auf diese Weise sowohl vor zu kleinen Ladungen der Flasche, welche der Schuss nicht ausgelöst hätte, als auch vor zu grossen, welche zu Selbstentladung geführt hätten, gesichert. Der ganze Vorgang spielte sich in der That sehr exact in weniger als einer Secunde ab, und der Apparat versagte niemals.²

Fig. 5.



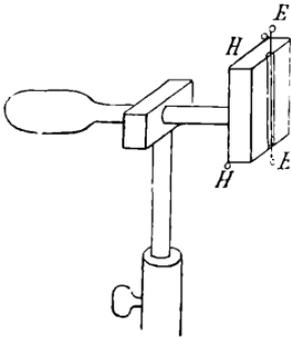
Die Gesamtanordnung der Aufstellung ist aus Fig. 5 ersichtlich. Eine Bretterhütte, 14 m lang, 2.5 m breit mit 2 Lucken in der durch einen Pfeil bezeichneten Schusslinie, umschloss den ganzen Apparat und dämpfte das Tageslicht. Von der Influenzmaschine J in der Nähe des Ofens O führt die eine Leitung über den Potentialregulator P , die Flasche F und den Umschalter U zur Auslösungsstelle A , zur Beleuchtungsfunkenstelle B und dann zur äussern Belegung und zur andern Elektrode der Influenzmaschine zurück. Die Batterien E_1 und E_2 (je 8 Bunsen'sche Elemente) standen ausserhalb der Hütte.

¹ Ein automatischer Schluss wäre leicht herzustellen gewesen und würde sich bei fixer Aufstellung des Apparates auch empfehlen. Wir haben bei unseren Versuchen diese Complication vermieden.

² Der das Geschütz bedienende Mann war so gewandt, dass kaum ein Zeitintervall zwischen dem Glockenschlag und dem Schuss zu bemerken war. Von einer elektrischen Abfeuerung glaubten wir bei unserem automatischen Apparat aus Gründen der persönlichen Sicherheit absehen zu müssen und würden dieselbe bei ähnlichen Anordnungen auch entschieden widerrathen.

Die optischen Theile des Apparates, die Beleuchtungsvorrichtung *B* mit der achromatischen Beleuchtungslinse *l* (5 cm Öffnung, 30 cm Brennweite) der Kopf des Schlierenapparates *L* (21 cm Öffnung, 3 cm Brennweite) und die Kammer *K* sind selbstredend in gerader Linie angeordnet. Die Entfernungen sind $Bl = 25\text{ cm}$, $lL = 4.5\text{ m}$, $LK = 6\text{ m}$. Hiebei füllt das von *B* auf *l* fallende Funkenlicht die Öffnung *L* vollständig aus, so dass *L* von *K* aus ganz und hell erleuchtet erscheint, wenn man die Blendung von *K* zur Seite schiebt.

Fig. 6.



Der Beleuchtungsapparat *B* ist in Fig. 6 dargestellt. Derselbe besteht aus einem kleinen Parallelepiped aus Hartgummi, welches vertical und horizontal verschoben und ausserdem um die Visirlinie als Axe gedreht werden kann. Eine schmale seichte Rinne nimmt die Elektroden aus Magnesiumdraht¹ auf und wird, nachdem man das Hartgummistück mit Petroleum bestrichen

hat, mit einer Glasplatte gedeckt. Der Beleuchtungsfunken wird dadurch genöthigt, geradlinig zu verlaufen, und kann demnach parallel dem Blendungsrande von *K* gestellt werden, wodurch sich ein sehr bedeutender Gewinn an Licht und die Möglichkeit ergibt, ganz kleine Funken von sehr kurzer Dauer zu verwenden. Die Capacität unserer Flasche betrug kaum 1000 cm (elektrostat.).

Die Justirung der optischen Apparatheile wird in folgender Art ausgeführt. Die Apparatheile werden annähernd in die oben bezeichneten Entfernungen und die Mittelpunkte von *B*, *l*, *L* und das Objectiv von *K* annähernd in gleiche Höhe gebracht. Dann muss zunächst (nach Entfernung der Gläser *l* *L*) die Fassung von *L* auf die Mitte der matten Tafel von *K* zur Abbildung gebracht, die Fassung von *l* und *B* so gestellt werden, dass sie mit

¹ Gelegentlich eines Besuches in Prag machte Herr Prof. A. Cornu von Paris den Vorschlag, Magnesiumelektroden anzuwenden. Vergleichende Versuche mit Magnesium und andern Metallen wurden zwar nicht angestellt, doch ist es von vornherein sehr wahrscheinlich, dass Elektroden aus dem erstern Metall einen wesentlichen Vortheil bieten.

der Fassung von L sich concentrisch abbildet. Fügt man dann die Linse l ein, so sieht man bei Vorhalten einer Kerzenflamme vor K , an dem Reflex auf l , ob die Linsenaxe mit lK coïncidirt. Ebenso lässt sich nach Einfügen der Linse L deren Axe justiren.

Um B richtig zu stellen, so dass das Bild B' des Funkens B auf den Blendungsrand vor K fällt, und zwar am besten so, dass es der Länge nach durch den Blendungsrand halbtirt wird¹⁾, verwendet man zweckmässig eine Kerzenflamme oder noch besser einen in der Bunsenflamme glühenden Platindraht. Man stellt die Flamme oder den Draht hart vor die Mitte von K vor den Blendungsrand und parallel demselben an jene Stelle, an welcher B' erscheinen soll. Bringt man dann die Funkenrinne B in das scharfe Bild der Flamme oder des Drahtes, so fällt umgekehrt auch das Funkenbild wieder mit der Flamme oder dem Draht zusammen.² Eine geringe Nachjustirung der Blending oder eine kleine Verschiebung von K vollendet dann die Einstellung. Die Blending stand bei unsern Versuchen vertical und meist links für den hinter K stehenden und nach L blickenden Beobachter.

Die Geschützöffnung war von der Funkenauslösungsstelle $12m$ entfernt. An der letztern befanden sich zwei parallele, vertical stark mit Gutterpercha überzogene, von einander isolirte Kupferdrähte von 0.5 mm Dicke in etwa 3 cm Entfernung von einander. Das Geschoss bildete die leitende Brücke zwischen denselben.³ Es wurden stumpfe Geschosse von 4 cm Kaliber und 6 cm Länge und beiderseits bis auf eine ebene Kreisfläche

¹ Die Bilder erhalten bei dieser Anordnung eine fein abgestufte Schattirung und werden sehr plastisch.

Unter Verwendung des optischen Reciprocitätsgesetzes betrachtet man hiebei wie bei einer geometrischen Construction die Aufgabe als gelöst und sucht zu dieser Lösung die Bedingungen.

³ Wir verwendeten diese hinreichend gut isolirenden Kupferdrähte statt der früher benützten, der Splitter wegen für das Objectiv gefährlichen Glasröhrenisolirung. In einem Falle wurden auch zwei ebene zur Schusslinie senkrechte Lagen aus blankem dünnem Draht angewendet. Die Entfernung der beiden Drahtlagen von einander war dann natürlich kleiner als die Länge der Projectile.

Ausser der einfachen Kopfwelle des beiderseits zugeschärften Geschosses zeigten sich noch 3 von verschiedenen Stellen des Projectilmantels ausgehende isolirte Wellen.

Von einer genaueren Beschreibung und Analyse der Bilder sehen wir diesmal ab, da sich einstweilen durch mannigfach variirte Laboratoriumsversuche wesentliche Fortschritte und weit-aus bessere Bilder ergeben haben, auf welche wir bald zurück-kommen.¹ Man experimentirt eben im Laboratorium doch viel freier.

Übrigens zweifeln wir nicht, dass bei Einrichtung kleiner auch wenig kostspieliger Stationen für derartige Versuche artilleristische Etablissements wesentlichen Nutzen aus solchen Beobachtungen ziehen würden. Wir geben uns auch der Hoffnung hin, dass dies geschehen wird, und er bieten uns zu jeder genaueren Auskunft. Im Hinblick darauf haben wir auch den Apparat so eingerichtet und das Verfahren so genau beschrieben, dass auch der wenig geübte Experimentator gute Resultate erzielen muss.

Wir legen auf die Versuche in Pola und Meppen hauptsächlich deshalb Werth, weil durch dieselben die Anwendbarkeit unseres Verfahrens auch auf das Studium von Kanonenprojectilen vor mehreren sachverständigen Zeugen dargethan wurde.

Wir können nicht unterlassen, hier allen Förderern unserer Versuche, insbesondere der Marinesection des hohen k. k. Reichskriegsministeriums und dem k. k. marine-technischen Comité in Pola, sowie Herrn F. A. Krupp und den Beamten des Krupp'schen Schiessplatzes in Meppen unseren herzlichsten Dank auszusprechen.

¹ Bei letzteren Versuchen war es auch möglich, quantitative Bestimmungen auszuführen.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse](#)

Jahr/Year: 1889

Band/Volume: [98_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Mach E., Salcher P.

Artikel/Article: [Über die in Pola und Meppen angestellten ballistisch-photographischen Versuche 41-50](#)