

Ergänzungen zu den Mittheilungen über Projectile

E. Mach,

M. k. Akad.

Seit dem Erscheinen der letzten Mittheilung¹ über die Projectile haben sich auch andere Forscher mit den betreffenden Fragen beschäftigt, und es hat sich hiebei die Gelegenheit ergeben, die in den früheren Mittheilungen ausgesprochenen Ansichten auf die Probe zu stellen. Die Ergebnisse dieser neuen Arbeiten will ich in dem Folgenden besprechen.

1. Herr Dr. B. Doss in Riga berichtet über den Meteoriten von Misshof in Kurland:² Bei Ankunft des Meteoriten wurde ein kanonenschussähnlicher Knall, hierauf ein orgelähnlicher Ton vernommen. Durch genaue Analyse der Beobachtungen weist Doss nach, dass der Knall nicht von einem Zerspringen des Meteoriten herrührte. Er verwirft mit Recht die physikalisch unhaltbare Haidinger'sche Theorie³ des Knalles, sowie die recht künstliche Auffassung J. Bosscha's⁴ und nimmt vielmehr an, dass ein Meteorit bei einer die Schallgeschwindigkeit übersteigenden Bewegungsgeschwindigkeit, ähnlich wie ein Projectil, eine Kopfwelle mit sich führt, welche den

E. Mach und L. Mach, Weitere ballistisch-photographische Versuche. Diese Sitzungsber. Bd. 98. Abth. II a. S. 1310.

B. Doss und J. Johanson, Der Meteorit von Misshof. Arbeiten des Naturforschervereines zu Riga. Neue Folge. 7. Heft (1891). — B. Doss, Der Meteorit von Misshof. Neues Jahrbuch für Mineralogie 1892. Bd. I.

Haidinger, Die Natur der Meteoriten. Diese Sitzungsber. Bd. 43, II. Abth., S. 403, 1861. — Haidinger, Licht, Wärme und Schall bei Meteoritenfällen. Ebenda. Bd. 58, II. Abth., S. 482, 1868.

⁴ Bosscha, Über den Meteorit von Karang-Modjo. Neues Jahrbuch für Mineralogie. Beil.-Bd. S. 137, 1887.

Knall verursacht. Ich kann den Ausführungen¹ von Doss in allen Einzelheiten zustimmen, und möchte hier nur noch erwähnen, dass ich gelegentlich schon 1887 in einem Briefe an G. Tschermak auf die naheliegende Verwandtschaft der Erscheinungen an Meteoriten und Projectilen hingewiesen habe. Ich bemerke eben, dass auch Salcher in einem Referate (Mittheilungen aus dem Gebiete des Seewesens. Pola 1889 S. 263) die Kopfwelle der Meteoriten zur Erklärung des Meteoritenknalles heranzieht.

2. In der zweiten der erwähnten Mittheilungen bespricht Dr. Doss auch die auf einer deutschen Militärschiessstätte von ihm selbst beobachtete Erscheinung, dass zu kurze Schüsse, welche die Scheibe nicht erreichen, von dem »Anzeiger« nur schwach, so wie jene auf einer benachbarten Schiessstätte, gehört wurden. Ähnliche Beobachtungen wurden mir von Prof. Oberbeck in Greifswald, sowie von dessen Assistenten Dr. Edler brieflich gütigst mitgetheilt. Diese Erscheinungen waren schon Journée bekannt; dieselben lassen sich auf das Erlöschen der Kopfwelle bei zu kurzen Schüssen zurückführen. Ich habe sie bereits vor längerer Zeit analysirt² und durch einen Versuch³ erläutert.

3. Es ist mir besonders werthvoll, dass meiner Ansicht günstige Beobachtungen nun auch auf dem Krupp'schen Schiessplatze bei Meppen angestellt worden sind, wie ich dem Schreiben des Herrn Schiessplatzvorstehers entnehme, das mir von der Krupp'schen Fabrik gütigst mitgetheilt worden ist. Um meine Auffassung mit jener des Berichtes nicht zu vermengen, lasse ich letzteren hier folgen:

»Meppen, den 13. Jänner 1892.

Weitere akustische Beobachtungen auf dem Schiessplatze.

In allerneuester Zeit erst sind wir in die Lage gekommen, den durch die Arbeiten des Herrn Prof. Mach construirten Knall durch die Kopfwelle des Geschosses in glänzendster Weise festzustellen. Längere Zeit hindurch war ich nur bei kleineren Geschwindigkeiten oder bei Mörserschüssen auf der Linie, wo ich mit anderen Beob-

¹ In Bezug auf das Nähere muss ich auf die erwähnten Schriften von Doss verweisen.

² Diese Sitzungsber. Bd. 97, Abth. IIa, S. 1045.

³ Ebenda, Bd. 98, S. 1319.

achtern deutlich das Sausen der Geschosse von der Mündung an hörte und zwar in unmittelbarem Zusammenhange mit dem Knalle: Bum-sss...bis zum Einschlage...

Am Geschütze hörte man bei grossen Geschwindigkeiten das Sausen nicht; es gab entschieden nur einen starken Knall, und zwar ist derselbe bei sogenanntem rauchlosen Pulver viel intensiver als bei schwarzem Pulver. Das mag in der höheren Spannung der entweichenden Gase liegen. Thatsächlich liegt es aber in dem Zusammenwirken zweier Knalle, welches bei rauchlosem Pulver umso stärker ist, als die Geschossgeschwindigkeiten gestiegen sind. Bei schwarzem Pulver treten dieselben Erscheinungen auf, aber kleineren Kalibern gab man dabei nicht die heutigen Geschwindigkeiten. Diese beiden Knalle sind auf etwa 150 *m* noch nicht zu unterscheiden. Die Trennung wächst aber dem Ohre vernehmbar schon von 20 zu 20 *m*. Ein feineres Ohr als das eines alten Artilleristen mag sie früher unterscheiden. Wir wurden nur erst aufmerksam, als die zeitmessenden Leute fragten, ob sie den ersten oder den zweiten Knall, den wir bisher für ein Echo gehalten hatten, messen sollten. Es folge ein Beispiel von der 15 *cm* Kanone L/40 vom 5. Jänner 1892:

Entfernung:	Erster		Zweiter Knall	
	Zeit	v — Mittel	Zeit	v — Mittel
528 <i>m</i>	0·87"	601 <i>m</i>	1·46"	362 <i>m</i>
1969 <i>m</i>	3·16	602 <i>m</i>	5·59	352 <i>m</i>

Die Anfangsgeschwindigkeit 725 *m* und die errechnete Flugzeit ist 3·13". Die Sache liegt also zunächst dass das Geschoss seine Kopfwelle mitnimmt und sie als Knall gibt, wenn dieselbe unser Ohr erreicht. Der Knall ist ein sehr scharfer, während der zweite dumpfer erschallt. Für die kürzere Entfernung ist die Flugzeit 0·74" es scheint also in der Schallzeitmessung ein persönlicher Fehler des Beobachters zu liegen, da 0·87" fast immer für den Schall gemessen wurde, wenn auch die Anfangsgeschwindigkeit 600 *m* war. Die mittlere Schallgeschwindigkeit müsste dann $\frac{528}{0\cdot74} = 317$ *m* gewesen sein.

Diesen Beobachtungen stehen andere gegenüber, in welchen auf grossen Entfernungen nur ein Knall gehört wurde. Es wurde auf 11845 *m* 50·24 Sec. unter 40° Erhöhung geschossen, der Schall wurde auf 12050 *m* nach 34·91 Sec., also mit v Mittel = 345 *m* gehört; daneben schoss man mit 497 *m* unter 40° auf 10160 *m* in 45·71 Sec., wozu der auf 10050 *m* gemessene Schall 29·30 Sec. gebrauchte, also v Mittel = 343 *m*. Die horizontalen Endgeschwindigkeiten der Geschosse waren $v = 169\cdot5$ *m* und 171·5 *m*, die Bahngeschwindigkeiten 236 *m* und 222 *m*. Diese beiden offenbar von der Geschützladung herstammenden Beobachtungen gaben die gewöhnliche Zahl der Schallgeschwindigkeit von etwa 340 *m*. Man hörte in der Nähe des Zieles nicht zwei Knalle, sondern nach dem einen Knalle das Sausen des kommenden Geschosses.

Es gibt also eine Grenze, wo der Knall der Kopfwelle in Sausen übergeht. Wo?¹ Ob man bei grossen Elevationen und grossen Geschwindigkeiten einen ersten Knall hört, weiss ich noch nicht. Die Kopfwelle erreicht dann vielleicht das Ohr des Beobachters nicht. Man hat nämlich vielfach beobachtet, dass man bei sehr hohen Elevationen und geringen Geschwindigkeiten z. B. 45—60° und 200 *m* unmittelbar nach dem Geschützknalle das Sausen hört, dass dieses dann verschwindet und nach langer Zeit aus der Höhe wieder ertönt und bis zum Einschlage also mit der Annäherung stetig zunimmt. Man hielt das früher für aus dem Pendeln des Geschosses entstanden; so stark pendeln unsere Geschosse nicht, und wenn, wie nach dem Aufschlage, da hört man nicht ein zusammenhängendes sss, sondern sch-sch-sch--, oder wohl auch wie einen Eisenbahnzug. Das Sausen ist also eine Erscheinung, welche aus der Kopfwelle entsteht und zu der Beobachtung führt, dass ein Ton, welcher während der ganzen Flugzeit des Geschosses dauert, z. B. 30 Sec. am Ziele, nur vom Ertönen des Knalles, z. B. 8 Sec. bis zum Einschlage, also 30—8 = 22 Sec. gehört wird, und zwar von der Mündung an. Bei den hohen Elevationen geht durch die grosse Steighöhe und die Abnahme der Geschwindigkeit für unser Ohr die Continuität verloren.

Da auch für den zweiten Knall (nach dem ersten Beispiel), oder wenn nur einer gehört wird, die Geschwindigkeit des Schalles in der Nähe des Geschützes grösser als 340 *m* sein kann, so ist auch für die Entstehung des ersten Knalles eine untere Grenze in der Geschwindigkeit des Geschosses, wenn man die Zahl 340 misst, zu finden. Wo?²

Für die Fortpflanzung des Knalles, welcher durch das Crepiren eines Geschosses entsteht, gilt das alte Schallgeschwindigkeitsgesetz, nur möchte ich die Zahl 340 *m* für richtiger halten als 333 *m*.³ Es ist desshalb für die Messung der Entfernungen der Sprengpunkte von Schrapnels sehr häufig am Geschütz der Telemeter von Boulengé mit gutem Erfolge geprüft worden.«¹

Es zeigt sich also, dass bei hohen Geschosseschwindigkeiten in dem Masse als man sich von der Geschützöffnung im Sinne des Schusses entfernt, desto mehr der Knall der Kopfwelle dem Geschützknall vorausgeht, so dass die Pause zwischen beiden mit der Entfernung grösser wird, dass aber beim Herab-

Sobald die Geschosseschwindigkeit kleiner wird als die Schallgeschwindigkeit. Mach.

Muthmasslich sobald die Geschosseschwindigkeit und die Ausströmungsgeschwindigkeit der Gase kleiner wird als die Schallgeschwindigkeit. Mach.

Gewiss, sobald die Beobachtungen bei einer Temperatur über 0° C. und bei feuchter Luft angestellt werden. Mach.

¹ Wahrscheinlich wird das Telemeter in allen Fällen nach wie vor angewendet werden können, wenn man sich gewöhnt, auf den zweiten (Geschütz-) Knall zu achten. Mach.

sinken der Geschossgeschwindigkeit unter die Schallgeschwindigkeit der erstere Knall wieder verschwindet. Dies steht in vollständiger Übereinstimmung sowohl mit den Beobachtungen von Journée und Gossot, als auch mit meinen Anschauungen.¹

4. Unter den französischen Artilleristen vertritt Colonel Moisson die Theorie Journée Sebert de Labouret, welche annimmt, dass das Projectil auf seiner Bahn Schwingungen auslöst. Herr Moisson hält es nämlich nicht für möglich, dass eine einfache (unperiodische) Luftverdichtung einen Knall erregt. Ich habe diese Theorie, die mir unhaltbar erscheint, an einem anderen Orte discutirt und kann in Bezug auf die physiologische Seite der Frage auf meine »Beiträge zur Analyse der Empfindungen« verweisen,² indem ich hinzufüge, dass zum Überflusse Herr Halsch³ durch directe in meinem Laboratorium angestellte Versuche nachgewiesen hat, dass sowohl eine einfache Verdichtung als auch eine einfache Verdünnung einen Knall erregt.

Dagegen ist Capitaine Gossot meinen Anschauungen beigetreten. Herr Gossot hat nicht nur alle bei Schiessproben beobachteten Schallphänomene — den kurzen scharfen vom Projectil ausgehenden Knall, die Pause, dann den folgenden Knall des Geschützes — durch die neue Ansicht vollkommen erklärbar gefunden, sondern er ist auch, indem er sich diese Ansicht vollkommen zu eigen gemacht hat, zu einem sehr wesentlichen praktischen Fortschritt gelangt. Er verwendet die mechanische Wirkung der Kopfwelle zur Auslösung elektrischer Signale durch Stromunterbrechung, welche durch den

In der »Deutschen Heereszeitung« vom November 1889 steht ein Artikel »Krupp'sche Schiessversuche« und im »Militär-Wochenblatt« vom 6. November 1889 ein Artikel »Versuche zur Ermittlung von Schallgeschwindigkeiten.« Auf beide Artikel gehe ich hier nicht ein, weil ich den daselbst behandelten Stoff schon vor längerer Zeit und viel vollständiger analysirt habe in den beiden Abhandlungen: Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des durch scharfe Schüsse erregten Schalles, Sitzung der Wiener Akad. vom 11. October 1888 und: Über die Schallgeschwindigkeit beim scharfen Schuss, Sitzung der Wiener Akademie vom 10. October 1889.

A. a. O. S. 117, Jena 1886.

³ F. Halsch, Über die Reflexion des Schalles Röhren. Diese Sitzungsber. Bd. 94, Abth. II, S. 763, 1886.

Es gibt also eine Grenze, wo der Knall der Kopfwelle in Sausen übergeht. Wo?¹ Ob man bei grossen Elevationen und grossen Geschwindigkeiten einen ersten Knall hört, weiss ich noch nicht. Die Kopfwelle erreicht dann vielleicht das Ohr des Beobachters nicht. Man hat nämlich vielfach beobachtet, dass man bei sehr hohen Elevationen und geringen Geschwindigkeiten z. B. 45—60° und 200 *m* unmittelbar nach dem Geschützknalle das Sausen hört, dass dieses dann verschwindet und nach langer Zeit aus der Höhe wieder ertönt und bis zum Einschlage also mit der Annäherung stetig zunimmt. Man hielt das früher für aus dem Pendeln des Geschosses entstanden; so stark pendeln unsere Geschosse nicht, und wenn, wie nach dem Aufschlage, da hört man nicht ein zusammenhängendes sss, sondern sch-sch-sch--, oder wohl auch wie einen Eisenbahnzug. Das Sausen ist also eine Erscheinung, welche aus der Kopfwelle entsteht und zu der Beobachtung führt, dass ein Ton, welcher während der ganzen Flugzeit des Geschosses dauert, z. B. 30 Sec. am Ziele, nur vom Ertönen des Knalles, z. B. 8 Sec. bis zum Einschlage, also 30—8 = 22 Sec. gehört wird, und zwar von der Mündung an. Bei den hohen Elevationen geht durch die grosse Steighöhe und die Abnahme der Geschwindigkeit für unser Ohr die Continuität verloren.

Da auch für den zweiten Knall (nach dem ersten Beispiel), oder wenn nur einer gehört wird, die Geschwindigkeit des Schalles in der Nähe des Geschützes grösser als 340 *m* sein kann, so ist auch für die Entstehung des ersten Knalles eine untere Grenze in der Geschwindigkeit des Geschosses, wenn man die Zahl 340 misst, zu finden. Wo?²

Für die Fortpflanzung des Knalles, welcher durch das Crepiren eines Geschosses entsteht, gilt das alte Schallgeschwindigkeitsgesetz, nur möchte ich die Zahl 340 *m* für richtiger halten als 333 *m*.³ Es ist deshalb für die Messung der Entfernungen der Sprengpunkte von Schrapnels sehr häufig am Geschütz der Telemeter von Boulengé mit gutem Erfolge geprüft worden.«¹

Es zeigt sich also, dass bei hohen Geschosseschwindigkeiten in dem Masse als man sich von der Geschützöffnung im Sinne des Schusses entfernt, desto mehr der Knall der Kopfwelle dem Geschützknall vorausgeht, so dass die Pause zwischen beiden mit der Entfernung grösser wird, dass aber beim Herab-

Sobald die Geschosseschwindigkeit kleiner wird als die Schallgeschwindigkeit. Mach.

Muthmasslich sobald die Geschosseschwindigkeit und die Ausströmungsgeschwindigkeit der Gase kleiner wird als die Schallgeschwindigkeit. Mach.

Gewiss, sobald die Beobachtungen bei einer Temperatur über 0° C. und bei feuchter Luft angestellt werden. Mach.

¹ Wahrscheinlich wird das Telemeter in allen Fällen nach wie vor angewendet werden können, wenn man sich gewöhnt, auf den zweiten (Geschütz-) Knall zu achten. Mach.

sinken der Geschossgeschwindigkeit unter die Schallgeschwindigkeit der erstere Knall wieder verschwindet. Dies steht in vollständiger Übereinstimmung sowohl mit den Beobachtungen von Journée und Gossot, als auch mit meinen Anschauungen.¹

4. Unter den französischen Artilleristen vertritt Colonel Moisson die Theorie Journée Sebert de Labouret, welche annimmt, dass das Projectil auf seiner Bahn Schwingungen auslöst. Herr Moisson hält es nämlich nicht für möglich, dass eine einfache (unperiodische) Luftverdichtung einen Knall erregt. Ich habe diese Theorie, die mir unhaltbar erscheint, an einem anderen Orte discutirt und kann in Bezug auf die physiologische Seite der Frage auf meine »Beiträge zur Analyse der Empfindungen« verweisen,² indem ich hinzufüge, dass zum Überflusse Herr Halsch³ durch directe in meinem Laboratorium angestellte Versuche nachgewiesen hat, dass sowohl eine einfache Verdichtung als auch eine einfache Verdünnung einen Knall erregt.

Dagegen ist Capitaine Gossot meinen Anschauungen beigetreten. Herr Gossot hat nicht nur alle bei Schiessproben beobachteten Schallphänomene — den kurzen scharfen vom Projectil ausgehenden Knall, die Pause, dann den folgenden Knall des Geschützes — durch die neue Ansicht vollkommen erklärbar gefunden, sondern er ist auch, indem er sich diese Ansicht vollkommen zu eigen gemacht hat, zu einem sehr wesentlichen praktischen Fortschritt gelangt. Er verwendet die mechanische Wirkung der Kopfwelle zur Auslösung elektrischer Signale durch Stromunterbrechung, welche durch den

In der »Deutschen Heereszeitung« vom 27 November 1889 steht ein Artikel »Krupp'sche Schiessversuche« und im »Militär-Wochenblatt« vom 6. November 1889 ein Artikel »Versuche zur Ermittlung von Schallgeschwindigkeiten.« Auf beide Artikel gehe ich hier nicht ein, weil ich den daselbst behandelten Stoff schon vor längerer Zeit und viel vollständiger analysirt habe in den beiden Abhandlungen: Über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des durch scharfe Schüsse erregten Schalles, Sitzung der Wiener Akad. vom 11. October 1888 und: Über die Schallgeschwindigkeit beim scharfen Schuss, Sitzung der Wiener Akademie vom 10. October 1889.

A. a. O. S. 117, Jena 1886.

F. Halsch, Über die Reflexion des Schalles Röhren. Diese Sitzungsber. Bd. 94, Abth. II, S. 763, 1886.

Schultz'schen Chronographen registriert werden. Es ist ihm auf diese Weise möglich geworden, an die Stelle der leidigen Drahtgitter einfach mit Eisenmembranen gedeckte Blechparaboloide zu setzen, welche, sobald sie von der Kopfwelle getroffen werden, den Strom unterbrechen. Herr Gossot führt so Bestimmungen von Projectilgeschwindigkeiten bei beliebigen Elevationen immer mit denselben Apparaten aus, ohne dass für jeden neuen Versuch ein neuer Aufwand erforderlich wäre. Auch die Registrirapparate des Herrn Gossot verzeichnen die Kopfwelle nicht als eine Vibration, sondern als einen einfachen Stoss. In Bezug auf die Einzelheiten verweise ich auf die Publication des Herrn Gossot.¹

Es sei hier nochmals hervorgehoben, dass für Jenen, der sich mit der neuen Ansicht vertraut gemacht, und auf die Unterscheidung des Knalles der Kopfwelle vom Geschützknall eingeübt hat, die alte akustische Methode der Entfernungsschätzung des Geschützes ihren Werth behält.

5. Es ist für mich sehr erfreulich, dass die Projectilphotographie nun auch von anderer Seite gepflegt wird. Kürzlich hat Herr C. V. Boys, F. R. S. Projectilphotographien hergestellt,² indem er durch ein Projectil einen kleinen Funken auslöste, welcher sofort einen grösseren nach sich zog, der von dem fliegenden Projectil im dunklen Zimmer einen Schatten auf die photographische Platte warf. In diesem Schattenriss sieht man auch die Grenzen der vom Projectil erregten Luftwellen. Dass die letzteren auch ohne eigentliche Anwendung der Schlierenmethode sichtbar sind,³ war mir ganz wohl bekannt und ich habe diese Erscheinung auch erklärt.⁴

¹ Gossot, Détermination des vitesses des projectiles. Mémorial de l'artillerie de la marine. Paris 1891.

Ich füge hinzu, dass auch alle Einzelheiten, die mir Herr Gossot brieflich, theils aus Gavre-Lorient, theils aus Dakar (Senegal) mitgetheilt hat, sich ohne Schwierigkeit nach der neuen Auffassung erklären lassen.

C. V. Boys, Photography of flying bullets. The journal of the photographic society of Great Britain. April 1892.

Mach und Salcher, Photographische Fixirung etc. Diese Sitzungsber. Bd. 95, Abth. II (1887), S. 765. Anm. 2.

⁴ E. Mach und L. Mach, Weitere Versuche. Ebenda. Bd. 98, Abth. II a (1889), S. 1315.

Das Verfahren des Herrn Boys ist sicherlich eine Vereinfachung, sobald es sich um eine blosse Vorlesungsdemonstration handelt. Ich glaube aber nicht, dass jemand, der diese Dinge eingehend untersuchen will, einen blossen Schattenriss, in welchem nur die Grenzen der Luftwellen sichtbar sind, einem optischen Bilde, an dessen Schattirung sich die Condensationen abschätzen lassen,¹ vorziehen wird. Wer meine Arbeiten eingehend studirt, wird finden, dass in Bezug auf die Feinheit der Regulirung der Momentbeleuchtung (wo dieselbe nöthig ist) das Erforderliche geleistet,² sowie auch, dass dort, wo der Aufwand scheinbar grösser ist (wie bei Experimenten im Freien), derselbe nicht über das durch die Umstände gebotene Mass hinausgeht.³ Immerhin bin ich Herrn Boys dankbar, dass er die bisher von anderen unberührte Aufgabe aufgenommen hat, und, wie ich hoffe, weiter zu führen beabsichtigt.

¹ Ebenda. S. 1318.

² E. Mach und L. Mach, Interferenz der Schallwellen von grosser Excursion. Ebenda. Bd. 98, S. 1333. Vergl. auch die älteren Arbeiten vom Jahre 1878.

³ E. Mach und P. Salcher, Über die in Pola und Meppen angestellten ballistisch-photographischen Versuche. Ebenda. Bd. 97 (1889), S. 45.

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: 1892

Band/Volume: [101_2a](#)

Autor(en)/Author(s): Mach E.

Artikel/Article: [Ergänzungen zu den Mittheilungen über Projectile. 977-983](#)