

Peter Salcher und Ernst Mach

Schlierenfotografie von Überschall-Projektilen

Wie diese Bilder unsere Sinne erweiterten und in welcher Weise sie ein Beispiel für wissenschaftliche Zusammenarbeit im Habsburgerreich sind

W. Gerhard Pohl

In diesem Aufsatz soll an Peter Salcher erinnert werden, der auf Anregung Ernst Machs eine fototechnische Meisterleistung vollbrachte. Über die Briefe, die Mach während dieses Projektes an Salcher schrieb, wird demnächst gesondert berichtet werden. Der berühmte Physiker und Philosoph Ernst Mach schreibt in seinem Aufsatz "Über Erscheinungen an fliegenden Projektilen" [1]:

Da unter Umständen das Schießen, und was daran hängt, in unserem heutigen Leben eine sehr wichtige, wo nicht die wichtigste Sache ist, werden Sie vielleicht Ihr Interesse für eine Stunde einigen Versuchen zuwenden wollen, welche zwar nicht in kriegerischer, wohl aber in wissenschaftlicher Absicht unternommen worden sind, und welche über die Vorgänge beim Schießen einige Aufklärung geben.

Nach dieser Einleitung beschreibt Ernst Waldfried Josef Wentzel Mach, geboren 1838 in Chirlitz (heute: Chrlice) bei Brünn (Brno), gestorben 1916 in Vaterstetten bei München, seine Versuche, fliegende Geschosse und von diesen ausgehende Druckwellen der Luft sichtbar zu machen. Angeregt wurde er zu diesen Versuchen durch einen Vortrag des belgischen Ballistikers Louis Henri Frederic Melsens (1814-1886), den er 1881 in Paris hörte. Melsens sprach die Vermutung aus, die von rasch fliegenden Geschossen mitgeführte, verdichtete Luft sei für einen Teil der Schussverletzungen verantwortlich. [2]

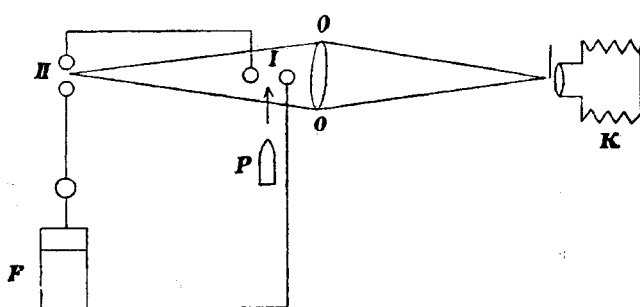


Abb. 1: Versuchsanordnung von Mach und Wentzel, 1886

F: Flaschenbatterie; O: Objektiv; P: Projektil; K: Kamera; I: Unterbrechungsstelle 1, Auslösefunke; II: Unterbrecherstelle 2, Belichtungsfunke
Die Versuchsanordnung von Mach und Salcher war analog aufgebaut, jedoch wurde die Schlierenmethode verbessert, die Dichteunterschiede durchsichtiger Medien sichtbar macht und die Salcher von seinem Studium bei Toepler [15] in Graz kannte.

Im Jahre 1886 berichtete Mach über seine Versuche, mit seinem Studenten J. Wentzel diese Luftverdichtungen fotografisch sichtbar zu machen [3] (Abb. 1). Grund für den Misser-

folg war die geringe Projektilgeschwindigkeit (höchstens 240 m/s). Die vermuteten Luftverdichtungen sollten erst bei Überschallgeschwindigkeit (> 340 m/s) auftreten. Die Idee, wie man ein Projektil trotz seiner hohen Geschwindigkeit fotografieren könnte, hatten schon Mach und Wentzel. Sie verwendeten einen Lichtblitz, der vom fliegenden Projektil ausgelöst wird. Durch die plötzliche Entladung einer Leydener Flasche entsteht ein hell leuchtender Funke von $1/800000$ s Dauer, der das fliegende Projektil auf die Platte bannet. Der missglückte Versuch in Prag [1] veranlasste Mach, sich mit Peter Salcher, einem bekannten Experten für Ballistik und Fotografie in Verbindung zu setzen. Er schrieb an Salcher, Professor an der k. k. Marineakademie Fiume (heute Rijeka) am 25. Jänner 1886:

Hochgeehrter Herr Professor!

Mein alter Freund Peterin sagt mir, dass Sie geneigt wären, mich in Ausführung eines Versuches gütigst zu unterstützen, wofür ich Ihnen ausserordentlich dankbar bin.

Es handelt sich darum, die verdichtete Luftmasse, welche ein kleines Projektil von 500-600 m/sec Geschwindigkeit mitführt, optisch nachzuweisen bez. dieselbe zu photographieren. Da die Fixirung von Schallwellen mit nur geringen Schwierigkeiten gelingt, so muss auch das auszuführen sein, da ja die Verdichtungen so erheblich sind, dass ganz bedeutende mechanische Wirkungen durch dieselben hervorgerufen werden.

Ich konnte im Zimmer kein Resultat erzielen, weil ich ja da nur kleine Projektile und Geschwindigkeiten anwenden konnte.

In der Abhandlung, welche ich unter Kreuzband mitsende, ist die betreffende Stelle roth angestrichen. Ich bitte also, sich diese Abhandlung anzusehen, und mir dann gütigst mitzutheilen, ob Sie sich auf den Versuch einlassen würden.

In Wien standen 1883 Ihre und meine Ausstellungsobjekte nahe beieinander; doch hatte ich nicht das Vergnügen Sie dort kennenzulernen. [5]

Prag 25t Januar 1886

Ihr ergebenster E. Mach

Im Buch von Hoffmann und Berz [4] ist auch ein kurzer Lebenslauf von Peter Salcher abgedruckt. Ich bin unabhängig von diesem Buch vor einigen Monaten im Nachlaß meiner Großmutter Anna Pohl, geb. Rieder (1882-1978), einer Cousine Peter Salchers, auf dessen Lebenslauf gestoßen und zwar in dem Buch "Zwölf Generationen der Geschlechter Salcher - Kreuzener Linie und von Am-Pach auf Grienfelden", verfasst 1934 von Ing. Egbert Salcher (1883-1965), damals Ministerialrat (zuletzt Sektionschef) im Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft Wien). Dort steht im Kapitel "Ahnenreihe des Geschlechtes Salcher":



Abb. 2: Peter Salcher um 1890
(mit freundlicher Erlaubnis Mag. Doris Brandner)

X. Dr. phil. Peter Salcher (Abb. 2), kais. und kön. Hofrat, Studienreferent und Professor der k. u. k. Marine-Akademie in Fiume. Geboren in Kreuzen in Kärnten am 10. August 1848; besuchte die Volksschule in Kreuzen, absolvierte 1861-68 das k. k. Obergymnasium in Klagenfurt, studierte hierauf an der philosophischen Fakultät der k. k. Universität Graz, wo er 1872 zum Doktor der Philosophie promovierte. Im Jahre 1873 erfolgte nach einer halbjährigen Probepflichtleistung am k. k. I. Staatsgymnasium in Graz die Ernennung zum Professor an der k. k. Staatsoberrealschule in Triest. Wirkt dann 35 Jahre hindurch, vom 18. August 1875 bis 1909 als Professor der Physik und Mechanik an der k. u. k. Marine-Akademie in Fiume, wo er ab 1880 auch die Leitung der Meteorologischen Station übernimmt, und 1903 zum Studienreferenten ernannt wird.

Ritter des Franz Josef-Ordens, Inhaber der Militär-Verdienst-Medaille, der Goldenen Maria Theresia-Medaille für hervorragende Leistungen auf dem Gebiete der Photographie, der Ehrenmedaille für die Mitarbeit auf dem Gebiete der Physik an der Millenniumsausstellung in Budapest. Korrespondierendes Mitglied der k. k. Akademie der Wissenschaften in Wien, der Australian Academy of Sciences; gewähltes Mitglied der Société Française de Physique in Paris; Ehrenbürger von Hermagor. Ab 1. November 1909 im Ruhestand in Fiume, 1910-14 in Triest, dann in Susak. Gestorben am 4. Oktober 1928 in Susak, am 6. Oktober 1928 in der Familiengruft zu Fiume beigesetzt. "Dieser hochbedeutende Bildner zahlloser Seeoffiziersgenerationen war ein Gelehrter von hohen Qualitäten, ein grundgütiger, vornehmer Edelmensch"/Linienschiffkapitän Bruno Dittrich in seinem Nachruf in der Wiener Wehrzeitung am 16. November 1928/. Aus der Fülle seiner wissenschaftlichen Arbeiten sind besonders bemerkenswert:

Auf ballistisch-photographischem Gebiete die im Jahre 1886 zum ersten Male durchgesetzten photographischen Aufnah-

men der von einem fliegenden Geschöß erzeugten Luftwellen. Diese unter Mitwirkung von Univ. Prof. E. Mach gemachten Studien sind in den Sitzungsberichten der Kais. Akademie der Wissenschaften in Wien in den Jahren 1887 und 1889, Band 95 u. 98 der phil. 6 Klasse niedergelegt unter dem Titel: "Photographische Fixierung der durch Projektilen in der Luft eingeleiteten Vorgänge", und: "Über die in Pola und Meppen angestellten ballistisch-photographischen Versuche". Diese artistisch grundlegenden Untersuchungen zur direkten Beobachtung ballistischer Erscheinungen fanden Eingang in der k. u. k. Kriegsschule und wurden u. a. auch im Lehrbuch "Ausgewählte Kapitel der Technik" von Oberst Niesolowski aufgenommen.

Auf dem Gebiete photographischer Luftstrahlen-Untersuchungen gelang ihm im Jahre 1889 die Entdeckung von Wellen und Wirbel in ausfließender Druckluft. Diese unter Mithilfe von E. Mach, bzw. J. Whitehead erreichten Arbeiten sind in den Sitzungsberichten der Kais. Akademie der Wissenschaften in Wien 1889, Band 98 der phil. 6 Klasse, und in den Annalen der Physik u. Chemie, 1890, N. F. Band 41 niedergelegt unter dem Titel: "Über den Ausfluss stark verdichteter Luft", und: "Optische Untersuchungen der Luftstrahlen". Diese als Schlierenmethode [7] bezeichnete Entdeckung erscheint u. a. auch im Konvers. Lexikon von Brockhaus aufgenommen.

Die Verfassung selbstständiger Werke, u. zw. die: "Elemente der theoretischen Mechanik", Wien 1881 bei C. Gerold, Wien; "Physik und Mechanik" in 2 Teilen, Wien 1891 u. 1895 in der Hof- u. Staatsdruckerei in Wien; das "Handbuch der Oceanographie" in 2 Teilen, Wien 1883, als Mitverfasser des physikalisch-meteorologischen Teiles. Diese drei Werke dienten als Lehrbücher für die k. u. k. Marine-Akademie. Weiters: "Das Klima von Fiume-Abbazia", verlegt bei G. Dase, Fiume 1894; die "Geschichte der k. und k. Marine-Akademie", bei C. Gerold in Wien 1902; "Die Wasserspiegelbilder", in Halle a. S. 1903.

Die Erstellung physikalischer Apparate, u. zw. des Wurf- und des Kreisbewegungsdiagrammen, bei Max Kohl in Chemnitz ausgeführt, in der 77. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Meran am 26. September 1905 unter dem Titel: "Das Zusammensetzen gleichzeitiger Bewegungen und zwei dazu dienende Apparate" vorgetragen, und in den Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Band 7, Nr. 14/21, Braunschweig 1905 niedergelegt. Weiters die in den Beiblättern zu den Annalen der Physik und Chemie, Band 7, Leipzig 1883 bekanntgegebenen "Änderungen am Weber'schen Magnetometer".

Kleinere Abhandlungen und Aufsätze auf dem Gebiete der Physik, Meteorologie, der Photographie, u. a. m. in verschiedenen Fachzeitschriften. So u. a. in den Mitteilungen aus dem Gebiete des Seewesens in Wien: "Beiträge zur maritimen Physik", "Wissen u. Können in der Heranbildung der Seeoffiziere". In der Zeitschrift für den Physikalischen und Chemischen Unterricht, Berlin bei J. Springer "Ein Versuch über intermittierendes Sieden", "Wie lassen sich die Bewegungen der Himmelskörper demonstrieren?", "Beiträge zu den physikalischen Schülerarbeiten". In den Monatsschriften für die physikalisch-diätetischen Heilmethoden, München: "Die Radioaktivität des Meerwassers im Golfe von Fiume und Umgebung", gemeinsam mit Dr. med. Tripold in Abbazia; und noch viele andere. Vermählt in Graz am 12. August 1874 mit Adrienne von Am-Pach auf Grienfelden, geboren in Leoben am 28. Juni 1853 als

Tochter des Bezirkshauptmannes Wilhelm Ritter von Am-Pach auf Grienfelden.

Kinder: Richard Salcher (1875-1956), Ada (1877-1881), Paul (1879-1946), Egbert (1883-1965), Irma (1881-1945).

In der Salcher-Chronik ist auch die Urenkelin von Peter Salcher erwähnt, Frau Mag. Doris Brandner. Sie besitzt eine Reihe von Briefen Ernst Machs an ihren Urgroßvater Peter Salcher, die ich demnächst gemeinsam mit DI Dr. Günter Salcher veröffentlichen werde. Aus diesen Briefen kann man den Verlauf der Entstehung der Arbeit von Mach und Salcher [8] schön verfolgen. Somit ist die Äußerung Ch. Hoffmanns [9] überholt, die lautet:

Auf diese Weise gehen im Zeitraum zwischen Februar 1886 und März 1887 Dutzende von Briefen zwischen Prag und Fiume hin und her, von denen allerdings nur die von Salcher an Mach überliefert sind. Das schmälert den Wert der Quelle, auch wenn oft die Fragen und Antworten Machs implizit mitgegeben sind. . . .

Durch die im Besitz von D. B. befindlichen Mach-Briefe können nun wenigstens einige der Fragen und Antworten explizit nachgelesen werden. Dies bleibt einer ausführlicheren, in Arbeit befindlichen Veröffentlichung vorbehalten. Hier können nur einige Beispiele angeführt werden. Neben der schon erwähnten Originalarbeit von Mach-Salcher [8] sind gute Zusammenfassungen in Josef Maria Eders "Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik" [10] zu finden. Dort sind z. B. auch die Versuche mit Kanonenprojektilen erwähnt, die Salcher in Pola und Ernst Mach mit seinem Sohn Ludwig auf dem Krupp'schen Schießplatz in Meppen am 18. August 1888 ausgeführt haben.

Dieser Hinweis erscheint geeignet, daran eine Erklärung des für diesen Artikel gewählten Untertitels zu knüpfen. Warum die Fotos von Salcher unsere Sinne erweitern, ist unmittelbar einsichtig: kein Mensch kann ein fliegendes Gewehrprojektil oder eine gerade abgefeuerte Kanonenkugel sehen. Die Fotos, die mit einem Lichtblitz von etwa $1/800000$ s Dauer aufgenommen wurden, frieren sozusagen die Bewegung der fliegenden Projektilen ein. Die Versuche müssen im Dunkeln durchgeführt werden, da kein mechanischer Fotoverschluß eine ähnlich kurze Belichtungszeit erlaubt, wie ein schneller elektrischer Funke.

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts beginnt sich die erfolgversprechende Zusammenarbeit zwischen Forschern immer mehr durchzusetzen. Sie ist eng verknüpft mit der Entwicklung neuer Technologien. In unserem Fallbeispiel wurde erst durch die fotografische Technik eine Zusammenarbeit des Theoretikers in Prag mit dem Praktiker in Fiume möglich. Denn was Peter Salcher auf die Fotoplatte bannte, konnte er zunächst selbst begutachten und anschließend an Ernst Mach schicken. Dessen Interpretation kam nach Fiume zurück. Der geschwindigkeitsbestimmende Schritt bei dieser Zusammenarbeit war die Dauer der Postsendungen von Fiume nach Prag und zurück. Man denkt meist nicht daran, dass damals die uns selbstverständlichen schnellen Fernkommunikationsmittel noch nicht allgemein zugänglich waren. Die Telegraphie begann sich ab der Mitte des 19. Jahrhunderts zu entwickeln, die Telephonie ab dem Ende des 19. Jhdts. und die Fernschreiber etwa

während der Zeit um den 1. Weltkrieg. Das erste Ortsfernsprechnetz Deutschlands wurde 1881 in Mühlhausen (Elsaß) eingerichtet. 1890 gab es in Deutschland erst 258 Vermittlungsstellen für den Ortsverkehr. In Meyers großem Konversations-Lexikon von 1908 steht unter "Telegraphenagenturen":

. . . die T. sendet jede zur allgemeinen Verbreitung bestimmte Meldung an ihre Abonnenten sowie an alle anderen T. gleichzeitig und in gleicher Form. Dementsprechend rufen politische Nachrichten auf dem ganzen Erdball gleichzeitig ihre Wirkung hervor. Was in London eine politische Wirkung ausübt, beeinflusst gleichzeitig die öffentliche Meinung der übrigen Völker sowie ihre Regierungen.

Im Bereich der Politik war damals schon ein schnelles Mitteilungsnetz um die Erde gespannt. Für wissenschaftliche Mitteilungen waren Telegraph und Telephon, wenn überhaupt vorhanden, zu teuer oder ungeeignet. Die Netzwerke, die damals zwischen Forschern bestanden, waren langsam. Aus diesem Grunde entwickelte sich die Wissenschaft im 19. Jahrhundert wesentlich langsamer als im 20. und auch Forscher an isolierten, kleinen Instituten hatten die Chance, Neues in Ruhe zu entwickeln. Besonders schwierig war die Verbindung nach Übersee. Regelmäßige Seepost nach New York gab es erst seit 1890. Dabei dauerte der Schiffstransport verglichen mit den Eisenbahnen auf dem Festland besonders lange. Das erste praktisch verfügbare Transatlantikkabel wurde 1866 gelegt. Die erste drahtlose Verbindung (ca. 1910) beschleunigte den Austausch wissenschaftlicher Informationen ungemein. Nach dem 2. Weltkrieg wurden die Kontakte zwischen Europa und den USA immer intensiver, der Informationsaustausch immer schneller. Man könnte sagen, dass die Entwicklung im wirtschaftlichen Bereich, die unter dem Namen "Globalisierung" derzeit in aller Munde ist, im wissenschaftlichen Bereich längst vollzogen ist. In beiden Fällen führt dies dazu, dass den größten Erfolg jene Länder haben, denen die größten technologischen und monetären Mittel zur Verfügung stehen.

Um die Arbeit von Mach-Salcher, die ihre Entstehung der guten Vernetzung der Kronländer in der Habsburger Monarchie verdankt, anschaulicher zu machen, bediene ich mich der Abbildungen, die Ernst Mach in seinem schon erwähnten Aufsatz [1] verwendete. Abbildung 3 zeigt die Fotografie eines Geschosses, das mit dem österreichischen Mannlichergewehr abgefeuert wurde, die Abb. 4 ist die zugehörige schematische Darstellung. Zu dieser schreibt Mach:

Wenn ich nicht sagen würde, was das Bild vorstellt, so könnten Sie wohl glauben, dass es das Bild ist eines rasch auf dem Wasser dahinfahrenden Bootes, aus der Vogelperspektive aufgenommen. Vorn sehen Sie die Bugwelle ww, hinter dem Körper eine Erscheinung kk, welche dem Kielwasser mit seinen Wirbeln sehr ähnlich sieht. In der That ist der helle, hyperbelähnliche Bogen am Scheitel des Projectils eine Luftverdichtungswelle, die ganz analog ist der Bugwelle eines Schiffes, nur dass erstere keine Oberflächenwelle ist. Sie entsteht im Luftraume und umgibt das Projectil glockenförmig von allen Seiten. "

Dieses Zitat zeigt, wie anschaulich Mach auch für den Laien erklären konnte. Allerdings stammt die Idee, das Projektil mit einem Boot zu vergleichen von Salcher, der 1886 an Mach schrieb [11]: "Der ganze Vorgang scheint viel Ähnlichkeit mit der Wellenbewegung zu haben, die ein fahrendes Schiff her-

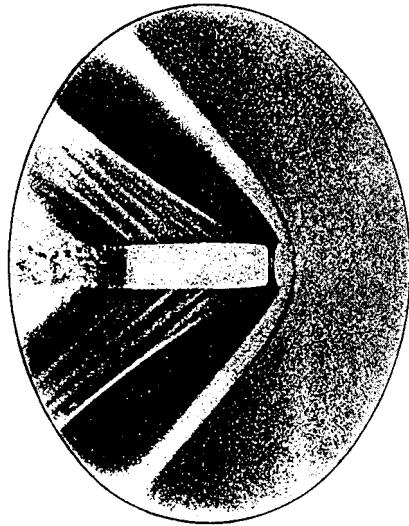


Abb. 3: Foto eines fliegenden Geschosses von Mach [1]

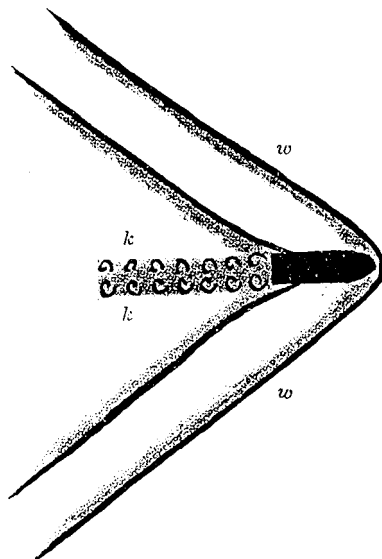


Abb. 4: Schematische Darstellung der fotografischen Beobachtung (kk Wirbelzone hinter dem Projektil, ww Luftverdichtungswelle)

vorrufen. " Diese Analogie zu erkennen, ist natürlich für einen Professor der Marine-Akademie naheliegend.

Ernst Mach ist durch die Mach-Zahl (Verhältnis der Geschwindigkeit eines Objektes, z. B. eines Projektils oder eines Abfangjägers zur Schallgeschwindigkeit) in der Sprache der Technik auch heute noch präsent.

Mach wurde, wie schon erwähnt, 1838 bei Brünn geboren, besuchte die Schule in Untersiebenbrunn (Marchfeld) und trat im Revolutionsjahr 1848 in das Gymnasium Seitenstetten [12] ein. Neben dem Gymnasium lernte er auch das Schreinerhandwerk, wodurch er Verständnis für das Handwerk und Achtung vor den Arbeitern bekam und später aktiv mit der österreichischen Sozialdemokratie verbunden war. Die Unzulänglichkeit des ihm erteilten Gymnasialunterrichtes hat ihn wahrscheinlich dazu gebracht, sich neben seinen rein physikalischen Forschungen sehr ausführlich mit der Vermittlung der Naturwissenschaften an die heranwachsende Jugend zu beschäftigen. Aus diesem Grunde sind Arbeiten von Mach für den Bereich, dem PLUS LUCIS verbunden ist, von besonderer Bedeutung. Die Veröffentlichung der Forschungen von Mach und Salcher

in dieser Zeitschrift rechtfertigt eine kurze Beleuchtung von Machs pädagogischen Bemühungen. In seiner "Autobiographie" [13] äußert sich Mach zu seiner Mittelschulzeit:

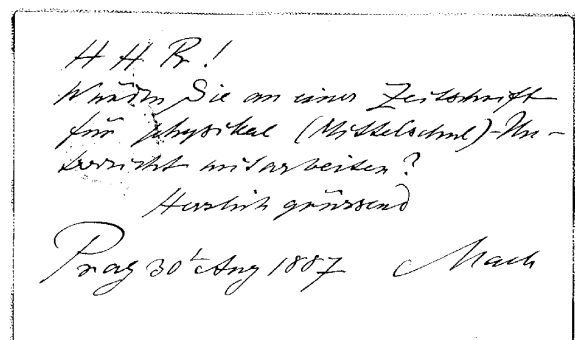
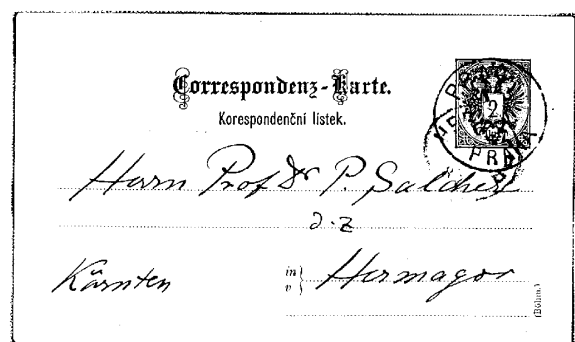
Obwohl das gymnasiale Erziehungswesen damals im ganzen klerikalreaktionär angelegt war, gab es damals doch Männer genug, an welchen die Spuren der liberalen Aera Kaiser Josef II nicht spurlos vorbei gegangen waren und welche in diesem Sinne ihren Lehrberuf auffassten. Das einzig Unangenehme waren die ewigen religiösen Exerzitien, welche übrigens das Gegenteil von dem erzielten, was sie beabsichtigten.

Diese Erfahrungen motivierten möglicherweise Mach später zu seiner Tätigkeit als Lehrbuchautor, Lehrplanverfasser und Vermittler wissenschaftlicher Erkenntnisse für den Laien. Recht deutlich beschreibt Mach seine Gefühle bezüglich der damals üblichen Didaktik der Naturwissenschaften [14]:

Ich kenne nichts Schrecklicheres als die armen Menschen, die zu viel gelernt haben. Statt des gesunden kräftigen Urteils, welches sich vielleicht eingestellt hätte, wenn sie nichts gelernt hätten, schleichen ihre Gedanken ängstlich und hypnotisch einigen Worten, Sätzen und Formeln nach, immer auf denselben Wegen. Was sie besitzen, ist ein Spinnengewebe von Gedanken, zu schwach um sich darauf zu stützen, aber kompliziert genug, um zu verwirren.

Es ist nicht verwunderlich, dass Machs 1887 in Prag verfaßtes Unterrichtswerk "Grundriss der Naturlehre für die unteren Classen der Mittelschulen" jahrelang (bis 1893) in Österreich nicht behördlich approbiert wurde. Die Wirkung seines Dortmunder Vortrages [14] war dagegen in Deutschland so groß, dass Machs Schulbücher dort eingeführt wurden und weite Verbreitung fanden.

Ab 1887 war Mach Mitherausgeber der "Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht" (das erste Heft erschien im Oktober 1887 in Berlin). Auf diese Zeitschrift bezieht sich wohl eine Correspondenz-Karte, die Mach im August 1887 an Peter Salcher in dessen Kärntner Urlaubsort Hermagor schrieb (Abb. 5):



H. H. Pr! Würden Sie an einer Zeitschrift für physik[alischen] (Mittelschul)-Unterricht mitarbeiten? Herzlich grüßend
Prag, 30. Aug 1887 Mach

Eine Antwort Salchers ist vermutlich in den Mach-Nachlässen (Deutsches Museum München, Ernst-Mach-Archiv, Freiburg i. Br.) zu finden. Dies soll später erforscht werden. Jedenfalls hat Salcher das Angebot Machs angenommen, wie der oben angeführte Absatz "Kleinere Abhandlungen und Aufsätze" zeigt.

Mach hat seine Physik nie im "Elfenbeinturm" betrieben. Einerseits forschte er ausgehend von praktischen Problemen, andererseits hinterfragte er seine Forschungen philosophisch. Mit zunehmendem Alter wurde die Philosophie immer wichtiger für ihn und so folgte er 1895 einem Ruf an die Universität Wien als Professor der Philosophie. In seinen populären Vorträgen in Wien griff er immer wieder technische Probleme aus dem Bereich seiner früheren physikalischen Forschungen auf und äußerte kritische Gedanken zu deren Anwendung. Dies zeigen die folgenden Zitate aus o. a. Veröffentlichung [1], mit denen ich schließe:

Die Menschen fühlen sich heutzutage verpflichtet, zuweilen für recht fragwürdige Ziele und Ideale sich gegenseitig in kürzester Zeit möglichst viele Löcher in den Leib zu schießen. Und ein anderes Ideal, welches zu dem vorgenannten meist in schärfstem Gegensatze steht, gebietet ihnen zugleich, diese Löcher von kleinstem Caliber herzustellen, und die hergestellten möglichst rasch wieder zu stopfen und zu heilen. . . .

Wer Gelegenheit hat, die heutigen Geschütze und Geschosse in ihrer Vollkommenheit in der Gewalt und Präcision ihrer Wirkung kennen zu lernen, der muß gestehen, dass in diesen Objecten eine bedeutende technische und eine hohe wissenschaftliche Leistung verkörpert ist. Man kann sich diesem Eindruck so sehr hingeben, dass man zeitweilig ganz vergisst, welchem furchtbaren Zwecke diese Vorrichtungen dienen.

Besonderen Dank schulde ich meiner Frau und meinem Freund Dr. Rudolf Werner Soukup für die kritische Durchsicht des ersten Entwurfes dieses Artikels. Sie haben mir geholfen, viele Verbesserungen durchzuführen.

Anmerkungen

- [1] Ernst Mach, Über Erscheinungen an fliegenden Projectilen. *Separatum ex Ver. nw. Kenntn.*, Wien 1898. Ich danke Herrn Univ. Prof. Dr. Franz Pichler, Johannes Kepler Universität Linz, der mich auf diese Arbeit hinwies.
- [2] L. H. F. Molsens, *Sur les plaies produites par les armes a feu*. Societe royale des sciences medicales, Bruxelles 1872.
- [3] E. Mach und Josef Wentzel: *Kaiserl. Akademie der Wissensch., Math. Naturw. Classe*, Bd. 92, 1885, Wien 1886, 625-638. Die abgebildete Versuchsanordnung wurde schon früher beschrieben: E. Mach und J. Wentzel, *Anzeiger der Kaiserl. Akademie der Wissensch., Wien, Math. Naturw. Classe*, Bd. 21, Wien 1884, 121-122.
- [4] Dieser Brief Machs wurde schon teilweise veröffentlicht: *Über Schall, Ernst Machs und Peter Salchers Geschossto-*

tografien, Hg. Christoph Hoffmann und Peter Berz, Wallstein Verlag, Göttingen 2001, Seite 21

- [5] Dieser letzte Satz fehlt in der Transkription von Hoffmann und Berz. Ich konnte inzwischen feststellen, dass sich Mach auf die Internationale Elektrische Ausstellung, Wien 1883 bezieht. Dort stellten Mach unter der Nr. 270 und Salcher unter Nr. 275 aus. *Katalog der Internationalen Elektrischen Ausstellung in Wien 1883*, Wien 1883, Verlag der Ausstellungs-Commission. Ich danke Frau Dr. Juliane Mikoletzky, Leiterin des Archivs der TU Wien für diesen Hinweis.
- [6] Offensichtlich ein Irrtum, es handelt sich um die Math. Naturw. Classe. Die Formulierung "unter Mitwirkung von Univ. Prof. E. Mach" erweckt den Eindruck, dass Salcher den Hauptanteil an der Arbeit hatte, was nur für den experimentellen Teil gilt. Umgekehrt wird in alten Physikbüchern (z.B. O. D. Chwolson, *Lehrbuch der Physik*, Vieweg Verlag Braunschweig 1902, 1. Bd. Seite 522) Salcher vollständig weggelassen, obwohl ihm die Fotos gelangen, die Mach zunächst nicht zustande brachte. Später hat E. Mach mit seinem Sohn Ludwig die Methode Salchers noch perfektioniert.
- [7] Die Schlierenmethode wurde von August Toepler, einem Lehrer Salchers an der Grazer Universität, erfunden [15].
- [8] Ernst Mach und Peter Salcher, "Photographische Fixirung der durch Projectile in der Luft eingeleiteten Vorgänge", *Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften (Wien) Math. -Naturw. Classe* Bd. 95, II Abth., 1887, S. 764-780.
- [9] Christoph Hoffmann, "Mach-Werke", in *Fotogeschichte* Heft 60, 1996, Jonas Verlag Marburg, S. 3-18
- [10] Josef Maria Eder Hg., *Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik 1888*, Verlag Wilhelm Knapp, Halle a. S., 1888, S. 287-290 und 1891, S. 166-167. Ich danke Frau Dr. Grüning, Albertina Wien, für den Hinweis auf diesen Artikel und jenen in [9].
- [11] Peter Salcher an Ernst Mach, Brief vom 10. Dez. 1886, Ernst-Mach-Archiv, Freiburg i. Br.
- [12] Rudolf Haller & Friedrich Stadler, Hg., *Ernst Mach, Werk und Wirkung*, Verlag Holder-Pichler-Tempsky, Wien 1988
- [13] E. Mach, "Autobiographie" (1913) in J. T. Blackmore: *Three Autobiographical Manuscripts by Ernst Mach*, in *Annals of Science* 35, 1978, 401-418
- [14] *Der relative Bildungswert der philologischen und der mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer der höheren Schulen*. Vortrag gehalten vor der Delegirtenversammlung des deutschen Realschulmännerversams zu Dortmund am 16. April 1886, Prag: Tempsky/Leipzig: Freytag 1886, Seite 21.
- [15] August Toepler - the first who visualized shock waves, P. Krehl, S. Engemann, *Shock Waves* (1995), 5: 1-18, Springer Verlag Berlin 1995. (Diese Literaturstelle verdanke ich Herrn DI Dr. Günter Salcher, Hermagor.)