

Herausgegeben von Wilhelm Fößl
und Johannes-Geert Hagmann

Licht und Schatten

Ernst Mach | Ludwig Mach

Impressum Ausstellung

Sonderausstellung »Licht und Schatten – Ernst Mach | Ludwig Mach«
ab 9. Dezember 2016

Idee und Konzept
Wilhelm Füßl, Johannes-Geert Hagmann

Ausstellungsgestaltung
Linda Reiter

Impressum Katalog

Herausgeber
Wilhelm Füßl, Johannes-Geert Hagmann

Lektorat
Anja Bayer

Coverfoto
Hubert Czech, Fotoatelier Deutsches Museum

Umschlaggestaltung, Satz und Layout
Jutta Esser

Druck und Bindung
Bonifatius GmbH, Paderborn

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation
in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische
Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Deutsches Museum
Museumsinsel 1
80538 München
www.deutsches-museum.de

1. Auflage
© Deutsches Museum Verlag 2017
Printed in Germany
ISBN 978-3-940396-56-3



Ernst Mach und seine Familie

Eine schwierige Konstellation von Beziehungen

Licht und Schatten liegen über jedem Leben und jeder Familiengeschichte. Bei den Machs war es nicht anders. Bei näherer Betrachtung ihrer vielfältig miteinander verwobenen Schicksale scheinen jedoch – wenigstens auf der persönlichen Ebene – in der Familie Ernst Machs die Schatten zu dominieren.

Frühe Jahre

Ernst Mach wurde am 18. Februar 1838 im heutigen Tschechien geboren, und zwar in Chirlitz (Chrlice) im damals mährischen Teil des Kaisertums Österreich. Chirlitz ist heute ein Ortsteil von Brünn (Brno).¹ Er hatte zwei jüngere Schwestern: Octavia (1839–1901) und Marie (1844–1929). Octavia war nach dem wenigen, was wir wissen, aufgrund einer Fehlheirat die unglücklichere. Marie schlug sich als Gouvernante im balkanischen Teil des Kaisertums unter schwierigsten Umständen durch. Ohne je eine Schule von innen gesehen zu haben, arbeitete sie – auf der Basis eines Unterrichts durch den Vater – auch als Französischlehrerin. Später war sie von der Unterstützung ihres Bruders abhängig.²

Die Eltern gehörten der deutschsprachigen Minderheit in Mähren an. Mutter Josephine Lanhaus entstammte einer Familie von Beamten, Ärzten und Offizieren. Vater Johann Nepomuk – ein gebildeter und wissbegieriger Mann – trat nach zweijährigem Studium an den philosophischen Fakultäten von Prag und Wien bei den Piaristen ein, einem Orden der katholischen Kirche, der sich vorwiegend dem Unterricht widmete. Nach einigen Jahren eigener Lehrtätigkeit verließ Johann Nepomuk den Orden wieder, wurde Hauslehrer und heiratete 1836. Im Jahre 1840 erwarb er einen Bauernhof in Untersiebenbrunn (Niederösterreich), in der Nähe von Wien. Die Erträge aus der Landwirtschaft reichten jedoch nicht und er musste weiter als Hauslehrer Geld verdienen. Überhaupt spielte das Geld bzw. sein Mangel einen *cantus firmus* in der Familiengeschichte.³

Ernst Mach war zum Zeitpunkt der Umsiedlung nach Untersiebenbrunn zwei Jahre alt. Bis zu seinem neunten Lebensjahr wurde er auf dem isoliert gelegenen Bauern-

gut von seinem Vater unterrichtet. In einem Lebenslauf, den Mach 1880 anlässlich seiner Aufnahme als »wirkliches Mitglied« in die »K. K. Akademie der Wissenschaften« zu Wien verfasste, erinnert er sich:

Den Gymnasialunterricht erhielt ich privatim durch meinen Vater. Derselbe unterrichtete mich hauptsächlich in den alten Sprachen, vor welchen ich eine entschiedene Abneigung hatte. Für Mathematik und Naturwissenschaften hatte ich hingegen schon von meinem siebenten Jahre an eine solche Liebe, dass es fast keines Unterrichts bedurfte und ich mir selbst überlassen werden konnte.⁴

1847 wechselte der neunjährige Ernst »auf Veranlassung der Gräfin Stadion, in deren Hause mein Vater Erzieher war«⁵ auf das Benediktinergymnasium Seitenstetten, westlich von Wien,

wo er die unterste Gymnasialklasse besuchte. Die geistlichen Herren fanden den Knaben sehr unbegabt, ließen ihn zwar passieren, rieten aber dem Vater, ihn lieber ein Handwerk oder Gewerbe erlernen zu lassen. Die Herren hatten auch Recht. [...] Der tief gekränkte Vater behielt nun den Knaben zu Hause, um ihn wieder selbst in den Gymnasialgegenständen zu unterrichten. [...] Da die Vormittagsstunden für den Unterricht genügten, konnte der Zögling am Nachmittag verschiedene Feldarbeiten ausführen, durch welche Erfahrung er die gebührende Achtung vor dem Handarbeiter gewann.⁶

Die benediktinische Berufsberatung »Handwerk oder Gewerbe« erhielt durch die politischen Zeitläufte eine starke Unterstützung:

Es soll nicht unerwähnt bleiben, dass die Jugend von E. Mach nach Niederwerfung der Revolution von 1848 in eine sehr reaktionär-klerikale Periode fällt. Deshalb bat der in einer liberalen Familie aufgewachsene Knabe den Vater, ihn das Schreinerhandwerk lernen zu lassen, um eventuell nach Amerika auswandern zu können. Dieser Wunsch wurde auch erfüllt. Durch mehr als 2 Jahre wurden jede Woche 2 Tage dieser Beschäftigung unter der Leitung eines geschickten Meisters in einem Nachbarorte gewidmet. Diese Zeit blieb dem jungen Menschen in angenehmer Erinnerung und manche Erfahrung in der Holzverarbeitung wurde ihm in seinem späteren Beruf nützlich.⁷



Geburtsaus von Ernst Mach in Chirlitz (Chrlice),
DMA, NL Mach, Konstanzer Abgabe, Nr. 50/1;
DMA, CD 73680

Als Mach 15 Jahre alt war, startete sein Vater einen erneuten Gymnasialversuch, diesmal bei den ihm wohl-bekanntem Piaristen, und zwar in Kremsier (Kroměříž) in seiner mährischen Heimat. Dort legte Ernst 1855 als 17-Jähriger die Maturitätsprüfung ab. Noch im gleichen Jahr schrieb er sich an der Universität Wien als Student der Mathematik und Physik ein. Er selbst notierte im Rückblick:

Meine Abneigung gegen Sprachstudien, namentlich Grammatik hatte zur Folge, dass ich trotz beträchtlicher Fertigkeit im Lesen der alten Autoren immer nur die Rolle eines mittelmäßigen Schülers spielte. In mathematischen und naturwissenschaftlichen Fragen war ich, obgleich ich nie einen eigentlichen Unterricht genossen hatte, meinen Mitschülern in fast unglaublicher Weise überlegen. In philosophischen Dingen hingegen, in Beurteilung sozialer Verhältnisse etc. erschien ich äußerst unreif und kindisch. Abgesehen von meinen geringen Anlagen in dieser Richtung, erklärt sich dies einigermaßen durch den Umstand, dass ich erst mit dem 15. Lebensjahr mit der Gesellschaft, insbesondere mit Altersgenossen und Mitschülern in Verkehr trat. Im Ganzen kann ich sagen, dass bei meinem Eintritt in die Öffentliche Schule meine Lebensrichtung schon vollkommen ausgesprochen [sic] war. Ich empfand die Schule als einen Zwang und als ein Hindernis, während ich umgekehrt meinen Lehrern als ein undankbares Objekt ihrer Mühe erscheinen musste.⁸

Ernst Machs Schulbildung und die seiner Schwestern erfolgte im Wesentlichen im Rahmen der Familie. Sie umfasste auch Musik- und Instrumentenunterricht und das abendliche Vorlesen literarischer Klassiker. Eine solche Privatisierung der Lehre würde heute Erziehungsberater, Schulpsychologen und womöglich das Jugendamt auf den Plan rufen. All diese Institutionen waren um die Mitte des 19. Jahrhunderts unbekannt, und dennoch – vielleicht auch deswegen – ist aus Mach ein großer Gelehrter geworden. Zwar fehlten dem Kind »Schul-schlaueit und Schulgewandtheit«⁹, doch es besaß dafür anderes, das ihn zum Wissenschaftler-Genie machen sollte: familiäre Anregung, eine schier unstillbare Neugier, die Welt zu verstehen, sowie eine ungeheuer scharfe Beobachtungsgabe, die selbstreflexiv auch den eigenen Beobachtungsprozess umfasste. Hier spielten Licht und Schatten schon früh eine wichtige Rolle:

Ich weiß mich sehr wohl zu erinnern, dass mir in einem Alter von etwa drei Jahren alle perspektivischen Zeichnungen als Zerrbilder der Gegenstände erschienen. Ich konnte nicht begreifen, warum der Maler den Tisch an der einen Seite so breit, an der anderen so schmal dargestellt hat. Der wirkliche Tisch erschien mir ja am fernerem Ende ebenso breit als am näherem, weil mein Auge ohne mein Zutun rechnete. Dass aber das Bild des Tisches auf der Fläche nicht als bemalte Fläche zu sehen sei, sondern nur einen Tisch bedeute und ebenso in die

Tiefe ausgelegt werden müsse, war ein Spaß, den ich nicht verstand. [...] In meiner frühesten Jugend erschienen mir alle Schatten und Lichter auf Bildern als unmotivierete Flecke. Als ich in früher Jugend zu zeichnen begann, hielt ich das Schattieren für bloße Manier. Ich porträtierte einmal den Herrn Pfarrer, einen Freund des Hauses, und schraffierte nicht aus Bedürfnis, sondern weil ich es an anderen Bildern so gesehen hatte, die Hälfte seines Gesichts ganz schwarz. Darob hatte ich eine harte Kritik von meiner Mutter zu bestehen, und mein tiefverletzter Künstlerstolz ist wohl der Grund, dass mir diese Tatsachen so im Gedächtnis geblieben sind.¹⁰

Noch wichtiger für Machs früh erwachten Sinn für wissenschaftliche Kausalität ist eine andere Erfahrung:

Es dürfte ungefähr in meinem fünften Lebensjahr gewesen sein, als ich [...] durch Zufall einen Einblick in eine Windmühle erhielt. [...] Die stehende Mühle kam bei unserem Eintritt eben in Gang. Der entsetzliche Lärm, der mich erschreckte, konnte mich nicht hindern, die Verzahnung der Welle zu sehen, welche in die Verzahnung des Mahlgangs eingriff und einen Zahn nach dem anderen fortschob. Dieser Anblick wirkte bis in mein reiferes Denken nach und hob nach meinem Gefühl das kindliche Denken von dem Niveau des wundergläubigen Wilden zum kausalen Denken empor. Ich stellte mir nicht mehr, um etwas Unverstandenes zu verstehen, Wunderdinge im Hintergrund vor, sondern versuchte, in dem zerbrochenen Spielzeug den Schnurlauf oder Hebel, dem man die Wirkung zuschreiben konnte.¹¹

Universitätsstudium und erste wissenschaftliche Arbeiten

Von seinen Interessen und seiner Erziehung her war Mach bestens für das 1855 begonnene Mathematik- und Physikstudium an der Universität Wien geeignet. Freilich haperte es an Kenntnissen der Differential- und Integralrechnung, die er sich schließlich im Selbststudium aneignen musste. 1860 schloss er sein Studium mit dem Doktorat in Physik ab. Ein Jahr später folgte die Habilitation. Mach war nun Privatdozent der Physik, aber ohne jedes Einkommen. Eine kluge Doppelstrategie half ihm finanziell und wissenschaftlich weiter:

Einerseits hielt er gut besuchte Vorlesungen für Hörgeld zahlende Medizinstudenten, zum anderen vermied er teure physikalische Laborexperimente und verlegte sich mehr und mehr auf sinnesphysiologische und psychophysikalische Forschungen.¹² Von dieser Strategie zeugen sein erstes Buch »Compendium der Physik für Mediciner«¹³ und seine »Vorträge über Psychophysik«.¹⁴ Gleichzeitig sprudelte er nur so vor Ideen, mit denen er hier selbst zitiert werden soll.

Die Mikroform (1859)

Vor etwa 17 Jahren, noch als Student, habe ich Herrn Auer, damals Director der Staatsdruckerei, ein auf Mikrophotographie bezügliche Projekt mitgeteilt, welches aber als unpraktisch damals zurückgewiesen wurde. Kürzlich kam ich nun mit Herrn Ingenieur J. Popper [ein Freund Machs], der mir eine mikrographische Zeitung zeigte, wie sie bei der Belagerung von Paris mit der Taubenpost verschickt worden war, auf dasselbe Thema zu sprechen. [...] Es gibt eine bedeutende Anzahl großer, kostspieliger seltener Werke, die wohl nicht mehr neu aufgelegt werden können, die auch mehr zum Nachschlagen als zum Lesen dienen. Wie billig ließen sich dieselben vervielfältigen und allgemein zugänglich machen. [...] Bedeutende literarische Hilfsmittel können auf diese Weise in leicht transportabler und sehr compendiöser Form geliefert werden. [...] Was das Lesen betrifft, so kann ich als Physiker nicht glauben, dass die Construction einer binocularen Lupe, welche das Lesen ohne Anstrengung gestattet, große Schwierigkeiten hat.¹⁵

Sinneswahrnehmungen bei Geisteskranken (1860)

In seinen »Vorlesungen über Psychophysik« (1862/63) bemerkte Mach:

Viele meiner verehrten Zuhörer gehören der medicinischen Facultät an, und diese Herren [Frauen waren in der Medizin damals nur als Krankenschwestern zugelassen] wird es gewiss nicht unangenehm berühren, in meinen Vorträgen praktisch Verwendbares zu finden. [...] Eine Untersuchung der Empfindlichkeit der Sinne bei Geisteskranken, welche gewiss reiche Ausbeute geben würde, habe ich vor zwei Jahren in einem Kreise von Collegen und vor einem Jahr in der k. k. Gesellschaft der Ärzte vergebens angeregt. Bisher hat sich kein Teilnehmer zu dieser Arbeit gefunden.¹⁶

Gestaltpsychologie (1860er Jahre)

Im Kapitel »Die Raumeempfindungen des Auges« seiner »Analyse der Empfindungen« schreibt Mach im Kontext von Überlegungen zur Gestaltwahrnehmung:

Vor etwa 40 Jahren brachte ich in einer Gesellschaft von Physikern und Physiologen die Frage zur Sprache, woran es liege, dass geometrisch ähnliche Gebilde auch optisch ähnlich seien. Ich weiß mich ganz wohl zu erinnern, dass man diese Frage nicht nur überflüssig, sondern sogar auch komisch fand.¹⁷

Auf experimentellem Gebiet beschäftigten Mach insbesondere folgende Arbeiten:

- die Konstruktion eines Geräts zum experimentellen Nachweis des seinerzeit vielfach bestrittenen Doppler-Effekts (Frequenzänderung von Schall- oder Lichtwellen in Abhängigkeit von der Relativbewegung von Beobachter und Emissionsquelle; 1860),¹⁸
- die experimentelle Kritik und Differenzierungen am Weber-Fechner'schen Gesetz, wonach sich die subjektiv empfundene Stärke von Sinneseindrücken proportional zum Logarithmus der objektiven Intensität des physikalischen Reizes verhalte,¹⁹
- Versuche, die Blutdruckmessung zu verbessern (1862/63), die jedoch weitgehend ohne Erfolg blieben,
- wichtige Experimente zur Akustik und zur Anatomie des Ohrs, insbesondere des Labyrinths (1863–1865).²⁰

Professur in Graz und Familiengründung

1864 erhielt der 26-jährige Ernst Mach einen Ruf auf einen Lehrstuhl für Mathematik »an der damals etwas vernachlässigten Universität Graz«.²¹ Seine autodidaktischen Bemühungen um Differential und Integral, die in Wiener »Privatvorlesungen« bereits das karge Budget des Physik-Privatdozenten aufgebessert hatten, trugen nun reife Früchte in der Steiermark. Von 1866 an lehrte Mach dort Physik, wurde jedoch schon 1867 auf den Lehrstuhl für Experimentalphysik an der Universität Prag berufen. In Prag lehrte und forschte Mach die nächsten 28 Jahre, bis er 1895 einem Ruf nach Wien auf

den eigens für ihn geschaffenen Lehrstuhl für »Philosophie, insbesondere Theorie und Geschichte der induktiven Wissenschaften« folgte. In Prag entstanden seine wichtigsten experimentalphysikalischen Arbeiten, aber auch die philosophischen Reflexionen zur Erkenntnistheorie und zur wissenschaftlichen Methodenlehre sowie ein Großteil seiner wissenschaftshistorischen Arbeiten.

Doch zunächst zurück nach Graz. Mach erhielt anfänglich ein »Gehalt von 1050 Gulden, als eben seine Kraft und Gesundheit zu versagen begann[en]. Dort erholte er sich rasch, durch Befreiung von den schlimmsten Sorgen.« Auch wichtige persönliche Entwicklungen sind für Mach mit Graz verbunden, wo er die Ehe schloss und eine Familie gründete.

Der [sic!] Gehalt von 1300 Gulden verlieh ihm den Mut, sich mit Luise Marussig, die er als doppelte Waise in Graz kennengelernt hatte, zu verheiraten. Nun lebte er in sehr bescheidener Wirtschaft, gewann einen Kreis von eifrigen Schülern und sah von 1868–1881 seine Familie um vier Söhne und eine Tochter sich vermehren. Dagegen verlor er schon 1868 seine Mutter und 1880 seinen Vater, welcher [...] von schweren Sorgen bis an sein Lebensende bedrückt war.²²

Die fünf Kinder waren für ihre Eltern keine reine Freude.²³ Heinrich Mach (1874–1894) war der Begabteste. Er studierte Chemie in Göttingen und wurde am 30. Juli 1894 mit einer Arbeit über Abietinsäure, einen Bestandteil des Baumharzes, promoviert. Keine zwei Monate später, in der Nacht vom 10. auf den 11. September 1894, nahm er sich mit einer Überdosis Morphium das Leben. Zunächst glaubte Mach auf der Basis nicht abgesandter Briefe Heinrichs an periodisch wiederkehrende Depressionen.²⁴ Fast zwanzig Jahre später aber machte er sich selbst Vorwürfe. In einer Autobiografie von 1913 schreibt er: »Einer meiner Söhne, der für einen begabten Chemiker galt, entlebte sich in Göttingen bald nach einer glänzenden Promotion. Ich wollte ihn eingedenk meiner eigenen Jugend nicht darben lassen. Hätte er sein Brod verdienen müssen, hätte er zu solchen Unternehmungen keine Zeit gefunden.«²⁵

Felix Mach (1879–1933), das nächste Sorgenkind der Familie, wandte sich nach schulischen Problemen der Malerei zu und studierte an den Kunstakademien von Wien und München. 1908 und 1911 hielt er sich jeweils für etwa ein Jahr in einer psychiatrischen Klinik auf. Ungefähr ab 1917/18 wohnte Felix bei seinem Bruder Ludwig in Vaterstetten bei München. Am 31. Mai 1933 meldete der »Völkische Beobachter«:

Im Lambachholz bei Pietzing wurde am Montag eine männliche Leiche gefunden. Es handelt sich um den seit dem 14. Mai abgängigen geistesschwachen Maler Felix Mach aus Haar bei München. Mach dürfte bei einer Rast am Ufer des Sinnsees [sic!; gemeint: Simssee; Anm. des Verf.] einen Schwächeanfall erlitten haben, welcher schließlich seinen Tod zur Folge hatte.

Auf seine Weise hat Felix aber doch noch zur wissenschaftlichen Produktion der Familie beigetragen. Für Ernst Machs Buch »Kultur und Mechanik« (1915) fertigte er zahlreiche Skizzen an und für einen 1916 posthum erschienenen populären Aufsatz (»Einige vergleichende tier- und menschenpsychologische Skizzen«) lieferte er zehn Illustrationen, darunter ein Porträt des Vaters, dem ein Sperling am Bart zupft.²⁶

Viktor Mach (1881–1941), der jüngste der Söhne, erwies sich in den Augen des Vaters ebenfalls als bildungs- und erziehungsresistent. Über seine Biografie ist wenig bekannt. Viktor absolvierte eine von Mach als kostspielig empfundene Ausbildung in einer Uhrmacherschule in Glashütte bei Dresden. Danach muss er eine Art Ingenieursschule in Agram (Zagreb) besucht haben. Auf jeden Fall scheint er ein beachtliches feinmechanisches Talent besessen zu haben. Auf seinem Münchener Meldebogen wird er ab 1909 als »Inhaber eines mechanisch-mathematischen Ateliers« geführt. Noch heute existiert die Firma »Dr. Mach – Lichtsysteme« in Ebersberg bei München. Sie wurde von Viktor's Sohn Walter Mach gegründet, der sich den »Dr.« in der Firmenbezeichnung von seinem Onkel Ludwig auslieh.²⁷

Caroline Mach (1873–1965) ist das wohl einzige der Mach-Kinder ohne nennenswerte Probleme. Sie heiratete

1894 den Prager Pharmazeuten Anton Lederer, der sich später als erfolgreicher Unternehmer im Bereich der Beleuchtungstechnik einen Namen machte.²⁸ Nach Lederers Tod (1932) wanderte Caroline zu ihrem Sohn in die USA aus.

Ludwig Mach (1868–1951), das älteste der Mach-Kinder, wird im Zentrum des übernächsten Abschnitts stehen.

Von Prag nach Wien: eine stolze akademische Karriere

Der Ruf nach Prag (1867) brachte Mach ein fast um ein Drittel höheres Grundgehalt und ein eigenes Institut mit wesentlich verbesserten Arbeitsmöglichkeiten.²⁹ Abgelehnte Rufe nach Graz (1876 und 1890), Jena (1882), München (1885) sowie der angenommene Ruf nach Wien (1895) führten im Laufe der Jahre zu weiteren finanziellen Verbesserungen. Am Ende seiner Karriere (1898) erreichte Mach ein Grundgehalt von 6.700 Gulden.³⁰

In die Prager Jahre (1867–1895) fallen Machs bedeutendste experimentelle und philosophische Arbeiten:

Weiterführung von sinnesphysiologischen Arbeiten³¹

Diese betreffen insbesondere (a) Arbeiten zum Kontrastsehen, die noch heute mit seinem Namen (»Mach-Bänder«) verknüpft sind,³² und (b) Arbeiten zu den Bewegungsempfindungen.³³ Basierend auf seinen Untersuchungen zum Gleichgewichtsorgan gelang Mach die empirische Stützung seiner Vermutung, dass Bewegungsempfindungen hauptsächlich im Labyrinth des Innenohrs entstehen.

Experimentalphysikalische Arbeiten

Hier stehen die Forschungen und messtechnisch völlig neuartigen Experimente zur Ballistik (und damit der Fluidodynamik) ganz im Vordergrund. Sie haben den dauernden Ruhm des Experimentalphysikers Mach begründet. Die Ballistik (wörtlich: Lehre von geworfenen Körpern) ist jener Teilbereich der Physik, der sich mit den Vorgängen an Körpern befasst, die sich unter



Porträtfoto von Ernst Mach, ca. 1890.
DMA, NL Mach, Konstanzer Abgabe, Nr. 60; DMA,
CD 73709

Einfluss der Gravitation in einem Medium bewegen. Ihr traditionelles Anwendungsgebiet sind Geschosse im Medium Luft. Zu Ehren Machs wird in diesem Kontext eine ganze Reihe von Phänomenen mit seinem Namen bezeichnet. Am Bekanntesten ist die dimensionslose »Mach-Zahl«, die das Verhältnis der Geschwindigkeit v , z. B. eines Körpers oder eines Fluids, zur Schallgeschwindigkeit c des umgebenden Fluids als $M = v/c$ angibt. Da c insbesondere temperaturabhängig ist, liefert die Angabe der Mach-Zahl bei Flugzeugen vergleichbare Aussagen unabhängig von der (wiederum stark von der Flughöhe abhängigen) Umgebungstemperatur. Nicht ohne bittere Ironie, die heute genauso angezeigt ist wie vor mehr als hundert Jahren, beginnt der antimilitaristische Friedensfreund³⁴ Mach einen Vortrag von 1897 (»Über Erscheinungen an fliegenden Projektile«) so:

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 Gegensatz steht, gebietet ihnen zugleich, diese Löcher von kleinstem Kaliber herzustellen, und die hergestellten möglichst rasch wieder zu stopfen und zu heilen. Da unter diesen 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.*³⁵

Philosophische und wissenschaftshistorische Studien

Hier ist für die Philosophie vor allem die aus seinen sinnesphysiologischen Studien erwachsene »Analyse der Empfindungen« (1. Auflage 1886)³⁶ zu nennen. Für die Geschichte und Methodologie der Wissenschaften wurde aber keines seiner Werke so berühmt und wirkungsmächtig wie »Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt« (1. Auflage 1883).³⁷ Kein Geringerer als Albert Einstein – schon in seinen Studienjahren ein begeisterter Leser dieses Buchs – hebt in seinem bewegenden Nachruf auf Mach dessen Bedeutung für die Entstehung der Relativitätstheorie hervor: »Es ist nicht unwahrscheinlich, dass Mach auf die Relativitätstheorie gekommen wäre, wenn in der Zeit, als er jugendfrischen Geistes war, die Frage nach der Bedeutung der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit schon die Physiker bewegt hätte.«³⁸

Die Geschichte und Methodologie der Wissenschaften tritt mit dem Wechsel auf den Wiener philosophischen Lehrstuhl (1895) ins Zentrum des Mach'schen Interesses. Dem Werk über die Geschichte der Mechanik folgte ein solches über die Geschichte der Wärmelehre.³⁹ Dasjenige über die Geschichte der Optik sollte erst posthum erscheinen (1921).

Im Juli 1898 wurde Machs Laufbahn brutal unterbrochen: Auf einer Zugfahrt zu seinem Sohn Ludwig nach Jena erlitt er einen Schlaganfall.⁴⁰ Zu den Folgen zählten eine nie mehr ganz behobene Lähmung der rechten Körperhälfte, eine erhebliche Beeinträchtigung der Sprachfähigkeit und – wie sich aus seiner Korrespondenz ergibt – quälende Probleme mit der Harnblase, die meist zweimal täglich »Spülungen« (Katheterisierung) erforderten. Hinzu kamen schwere Schlafstörungen und Neuralgien sowie die Folgen einzelner Stürze, die Mach wochen- und manchmal monatelang ans Bett fesselten und am Arbeiten hinderten. Immer wieder äußerte Mach, dass er mit seinem baldigen Tod rechne. Dass es

nicht so kam und Mach nach seinem Schlaganfall noch 18 Jahre lebte und erstaunliche Leistungen vollbringen konnte,⁴¹ lag nicht zuletzt an der Unterstützung durch seinen Sohn Ludwig und seine Frau Louise. Dieser setzt er in einem Brief (12.2.1912) an seinen amerikanischen Freund und Verleger Paul Carus ein Denkmal:

Wer darunter [d. h. Machs schlechtem Gesundheitszustand] leidet, ist meine Frau. Denn es ist gewiss keine Kleinigkeit, einen erwachsenen Menschen täglich zu waschen und anzuziehen, wie ein Kind, jedoch ohne die Aussicht, dass es grösser, selbständiger und gescheidter wird, sondern nur mit der Aussicht auf ein Begräbnis. Hätte sie mich den Ärzten überlassen, so wäre ich nicht nur längst bankrott, sondern auch längst todt. Es ist obnehin besser ausgegangen als ich denken konnte. Wer hätte annehmen können, dass ich 14 Jahre später nach meiner Apoplexie noch leben würde. Ich habe seitdem noch neue Bücher geschrieben und manchen Defekt älterer Schriften noch in befriedigender Weise geflickt.⁴²

Ambivalenzen familiärer Kooperation

Über Ludwig Machs (1868–1951) Kindheit ist wenig bekannt. Gelegentliche Anmerkungen Machs stellen dem Leser ein unbefangenes, aufgewecktes Kind vor.⁴³ Freilich scheint auch Ludwigs Schulkarriere – gewissermaßen in Familientradition – nicht ganz geradlinig verlaufen zu sein. Mehrfache Schulwechsel mündeten in ein eher schwaches Abitur: Das Zeugnis (1887) weist in allen Fächern (sogar für »sittliches Betragen«) nur die Note »befriedigend« auf – mit zwei Ausnahmen: Latein (»genügend«) und Physik (»lobenswerth«). Letzteres allerdings mit dem sonst im Zeugnis nicht auftretenden, etwas rätselhaften Zusatz »Durchschnittsleistung«. Vom Wintersemester 1887 bis zum Sommersemester 1892 studierte Ludwig in Prag Medizin, besuchte aber laut »Abgangszeugnis« (1892) auch mathematische und physikalische Vorlesungen. Die Examina zogen sich noch einmal über drei Jahre hin. Die medizinische Promotion erfolgte am 1. Juli 1895. Nach wenigen Monaten Tätigkeit bei der für optische Präzisionstechnologie bekannten Firma Zeiss in Jena versuchte sich Ludwig als »Operationszögling« in der Wiener Chirurgischen Klinik

seines früheren Prager Lehrers und Kollegen des Vaters, Karl Gussenbauer. Aus nicht ganz geklärten Umständen gab er diese Stelle bereits nach sechs Wochen auf, und war ab November 1896 wieder in Jena.⁴⁴

Es sind nun ausgerechnet die Schießversuche, in denen Sohn Ludwig erstmals als Mitarbeiter des Vaters sichtbar wird:

Ein Teil dieser neuen Versuche wurde mit Unterstützung der Marinesektion des k.k. Reichskriegsministeriums von Salcher⁴⁵ in Pola [heute Pula, Kroatien], ein anderer Teil auf freundliche Einladung der Firma Fr. Krupp von Mach in Gemeinschaft mit seinem Sohne Med. stud. Ludwig Mach auf dem Schießplatze in Meppen [Emsland] ausgeführt.⁴⁶

Damit war der 21-jährige Medizinstudent offiziell als Forscher in die Wissenschaft eingetreten und noch im gleichen Jahr erscheint er als Koautor einer Arbeit des Vaters.⁴⁷ Im ersten Abschnitt wird eine familiäre Arbeitsteilung beschrieben, die nach Machs Schlaganfall für den Rest des gemeinsamen Lebens gelten sollte: »Der Plan der vorliegenden Arbeit rührt von E. Mach her, während fast alle technischen Operationen, die Herstellung der Apparate, der Projektile und der Photographien L. Mach zufielen.«⁴⁸ Kurzum: Ludwig Mach war ein begabter Techniker, der freilich für seine Arbeit auf die theoretische Anleitung seines Vaters angewiesen war. Hierbei konnten sich erhebliche Synergien entwickeln. So etwa bei der Konstruktion eines neuartigen Interferometers⁴⁹ oder bei technischen Aspekten der wissenschaftlichen Fotografie (z. B. Schlierenfotografie). Beides stand im Zusammenhang mit den ballistischen Studien an fliegenden Projektilen. Auch der einzige größere wirtschaftliche Erfolg Ludwig Machs, der aus einem Patent für eine aus Magnesium und Aluminium bestehende Leichtmetalllegierung (»Magnalium«) resultierte, ging auf eine Idee des Vaters zurück.⁵⁰ 1899 verließ Ludwig Mach die Firma Zeiss, ging nach Berlin und begann die kommerzielle Verwertung des Magnalium-Patents. 1905 wechselte er nach München und erwarb in der Folge eine Reihe von Übersiedlungsplänen nach Wien, in die Schweiz und nach Italien. Spätestens Ende 1911 entschloss sich Ludwig Mach jedoch dazu,

ein Haus für seine Eltern in Vaterstetten bei München zu bauen, um sich einerseits um die Eltern, insbesondere seinen kranken Vater, kümmern zu können und andererseits mit ihm zusammenzuarbeiten.

Die wichtigste Frucht der familiären Zusammenarbeit ist die Veröffentlichung »Kultur und Mechanik«. ⁵¹ Das Büchlein basiert auf einer Idee von Ludwig und wurde großenteils von diesem verfasst. ⁵² Dennoch firmiert Ernst Mach als Alleinautor – vielleicht aus Vermarktungsgründen. Generell lässt sich eine exakte Scheidung der Leistungen der beiden Protagonisten nicht vollziehen. Sie wurde wohl im Hause Mach auch nicht für so wichtig gehalten, dass sie in den Publikationen ihren Niederschlag gefunden hätte. Es verwischt sich damit in der öffentlichen Präsentation gemeinsamer Arbeit die Identität der Produzenten, oder überspitzt: Ludwigs Identität geht verloren. Dieser Sachverhalt hat eine merkwürdige Entsprechung auf der persönlichen Seite. Immer wieder finden wir in Briefen Ludwigs Formulierungen, die für seinen Vater typisch sind bzw. waren, und immer häufiger benutzt er ein »wir«, wo es um die Schilderung des Leidens seines Vaters geht, z. B. in einem Brief (11.5.1914) an Joseph Petzoldt (1862–1929), einen treuen Anhänger Machs, zu dem Ludwig in einem Konkurrenzverhältnis stand: ⁵³ »Von hier nichts Neues – wir [!] schleppen uns eben mit größeren und kleineren Leiden«, oder am 29.11.1914: »Nebst einer höchst fatalen Urethritis haben wir am linken Schienbein eine Wunde.« ⁵⁴

Ludwig Mach entwickelte sich in den Vaterstettener Jahren immer mehr zum Sprecher, Sachwalter und selbst ernannten Erben seines Vaters. Das Gegenstück dazu war eine Art Entmündigung Ernst Machs durch seinen Sohn. Diese fand ihren Ausdruck z. B. darin, dass Ludwig dem Vater fast ein Jahr lang den Ausbruch des Ersten Weltkriegs verheimlichte und eine entsprechende Postzensur einführte, oder darin, dass er gegen Wissen und Willen Ernst Machs gegen Ende 1915 die Publikation der *Prinzipien der physikalischen Optik*, des dritten großen physikhistorischen Werks, einleitete. Das Buch konnte wegen des Ersten Weltkriegs erst 1921 erscheinen. Ludwig Mach fälschte unter dem Namen seines



Ludwig Mach am Schreibtisch im Haus in Vaterstetten bei der Durchsicht von Geschossfotografien, ca. 1935.
DMA, PT 15062; DMA, CD 73691

Vaters ein Vorwort hinzu, in dem argumentfrei die Relativitätstheorie abgelehnt und für Belege auf einen noch zu publizierenden zweiten Band der *Optik* verwiesen wird. ⁵⁵ Für diesen habe Ludwig aber noch »im Sinne Ernst Machs« insbesondere interferometrische Experimente auszuführen. ⁵⁶

In den folgenden fast zwei Jahrzehnten warb Ludwig immer wieder (insbesondere bei antisemitischen, einsteinefeindlichen Quellen) Gelder für diese Experimente ein. ⁵⁷ Gelegentlich verwendete er dabei einen zweiten, nie erworbenen Dokortitel. Ludwigs geplante Experimente waren dabei vom wissenschaftlichen Ansatz her problematisch. Im Kern ging es darum, mit seinem Interferometer die Ablenkung von Lichtstrahlen durch die Bäume in seinem Vaterstettener Garten zu messen, um möglicherweise die allgemeine Relativitätstheorie zu »widerlegen«. Das ist ihm bis Ende 1944, als die Isar-Amper-Werke wegen des Baus einer Hochspannungseitung über Ludwigs Grundstück dort Bäume fällten, nicht gelungen. Mach verklagte die Isar-Amper-Werke wegen Zerstörung seiner Forschung im Jahre 1948 und erhielt tatsächlich in zweiter Instanz 5000 DM zugesprochen (er hatte 100.000 gefordert), musste aber drei Viertel der Prozesskosten bezahlen. ⁵⁸

Eine weitere Einnahmequelle bildeten verzweifelte Versuche, bei Freunden des Vaters Kredite aufzunehmen ⁵⁹ oder alte Patentideen ökonomisch umzusetzen. Der letzte, für ihn pekuniär erfolgreiche Versuch dieser

Art war ein Eierkonservierungspatent, für das bei der Firma Kugelfischer in Schweinfurt sogar Apparate gebaut wurden.⁶⁰

Am 6. August 1947 schrieb Ludwig an seinen österreichisch-amerikanischen Freund Lowie: »Ich kämpfe für einen Toten, dessen Schatten ich immer war.«⁶¹ Das ist das Resümee eines lebenslangen, von vornherein zum Scheitern verurteilten Kampfes. Der Schatten des Vaters war für Ludwig zu groß. Noch im Tod versuchte

er es dem Vater gleichzutun. Ernst Mach hatte durch Wolfgang Pauli sen. nach seinem Tod in die »Neue Freie Presse« (Wien, 22.2.1916) die Anzeige einrücken lassen: »Bei seinem Scheiden aus dem Leben grüßt Ernst Mach alle, die sich seiner erinnern, und bittet um ein freundliches, heiteres Andenken.« Für seinen Schatten Ludwig finden wir in der »Süddeutschen Zeitung« vom 29. August 1951: »Einen letzten Gruß lässt Dr. Dr. [!] Ludwig Mach Freunden und Bekannten sagen.«

¹ Ich stütze mich im Folgenden, wenn nicht anders vermerkt, auf die Mach-Biografie von John Blackmore: Ernst Mach: His Work, Life, and Influence. Berkeley 1972, sowie auf die von Blackmore edierten drei autobiografischen Manuskripte Machs; Blackmore, John T.: Three Autobiographical Manuscripts by Ernst Mach. In: *Annals of Science* 35 (1978), S. 401–418; Sajner, Josef: Ernst Machs Beziehungen zu seinem Heimatort Chirlitz (Chrlice) und zu Mähren. In: *Bohemia. Zeitschrift für Geschichte und Kultur der böhmischen Länder* 24 (1983), S. 358–368.

² Ihre Erinnerungen an diese Zeit schildert Marie in dem anonym publizierten Buch: *Erinnerungen einer Erzieherin*. Nach Aufzeichnungen von *** mit einem Vorwort herausgegeben von Prof. Ernst Mach. Wien, Leipzig 1912.

³ Vater Johann Mach widmete sich nach dem Verkauf von Untersiebenbrunn der Seidenraupenzucht und endete im Bankrott. Auch Ernst Mach klagte sein Leben lang über Geldmangel.

⁴ Blackmore, *Manuscripts*, 1978, S. 405.

⁵ So Machs Schwester Marie in handschriftlichen Notizen zur Familiengeschichte von Ernst Mach; Deutsches Museum, München, Archiv (DMA), Nachlass (NL) Mach, Konstanzer Abgabe, Nr. 56.

⁶ Blackmore, *Manuscripts*, 1978, S. 407 und 412. Mach schreibt von sich selbst in der dritten Person.

⁷ Ebd., S. 412.

⁸ Ebd., S. 406 und 414.

⁹ Ebd., S. 408.

¹⁰ Mach, Ernst: Wozu hat der Mensch zwei Augen? [1866]. In: Mach, Ernst: *Populär-Wissenschaftliche Vorlesungen*. Neudruck der 5. vermehrten Aufl. 1923. Herausgegeben und eingeleitet von Elisabeth Nemeth und Friedrich Stadler. Berlin 2014 (Ernst-Mach-Studienausgabe 4), S. 75 und 78.

¹¹ Blackmore, *Manuscripts*, 1978, S. 411.

¹² Ebd., S. 410.

¹³ Wien 1863.

¹⁴ Mach, Ernst: Aus Dr. Mach's Vorträgen über Psychophysik. In: *Österreichische Zeitschrift für praktische Heilkunde* 9 (1863), Sp. 146–148, 167–170, 202–204, 225–228, 242–245, 260f., 277–279, 294–298, 316–318, 335–338, 362–366.

¹⁵ Mach, Ernst: Über die Verwerthung der Mikrophotographie. In: *Photographische Correspondenz* 13 (1876), S. 227–228, hier S. 227. Sein Sohn Ludwig griff dieses Projekt des Vaters später auf.

¹⁶ E. Mach, *Psychophysik*, 1863, Sp. 169.

¹⁷ Mach, Ernst: Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen. Neudruck der 6. Auflage, Jena 1911. Herausgegeben und eingeleitet von Gereon Wolters. Berlin 2008 (Ernst-Mach-Studienausgabe 1), S. 112.

¹⁸ Publiziert mit anderen Arbeiten zum Thema in: Mach, Ernst: *Beiträge zur Dopplerschen Theorie der Ton- und Farbenänderung durch Bewegung*. Prag 1873.

¹⁹ E. Mach, *Psychophysik*, 1863.

²⁰ Die Abhandlungen 2 bis 4 geben in populärer Form hierüber Auskunft; vgl. E. Mach, *Vorlesungen* (Anm.10), 2014.

²¹ Blackmore, *Manuscripts*, 1978, S. 415.

²² Ebd., S. 410. Nach einer Aufstellung der Wiener Finanzzeitschrift »Börsen-Kurier« vom 12.5.2014 entsprach die Kaufkraft eines Guldens im Jahre 1858 genau 12,66 € im Februar 2014.

Machs – von ihm selbst als »bescheiden« eingeschätzt – Monatsverdienst hätte nach dieser Rechnung 1086 € betragen. Hörgelder wären hinzuzurechnen.

²³ Für das Folgende vgl. Wolters, Gereon (1987): Mach I, Mach II, Einstein und die Relativitätstheorie. Eine Fälschung und ihre Folgen. Berlin, New York 1987, 280 ff.

²⁴ Depressionen lagen in der Familie. Mach schildert seinen Vater als depressiv und ebenso die eigene Frau, Heinrichs Mutter.

²⁵ Blackmore, *Manuscripts*, 1978, S. 417. Beide Ursachen für den Freitod Heinrichs können natürlich auch nebeneinander bestehen. Heinrich scheint in der Tat ein flottes Studentenleben geführt zu haben: Die Fünf-Zeilen-Meldung des »Göttinger Anzeigers« zu seinem Tod hält es für erwähnenswert, dass die »Eltern des Dr. M. in sehr guten Verhältnissen (leben)«.

²⁶ In: Mach, *Vorlesungen*, 2014, S. 511–520.

²⁷ Auf der Webseite

<http://dr-mach.de/de/> heißt es: »Unser Unternehmen wurde 1947 durch den Ingenieur Walter Mach [Sohn von Viktor Mach] und den Kaufmann Hans Dufer gegründet. Der Firmenname geht zurück auf den Mediziner Dr. Ludwig Mach, ein Onkel von Walter Mach. Seit Gründung konzentrieren wir uns auf das Spezialgebiet der Lichttechnik für medizinische Zwecke« (Abruf: 20.7.2016). Das Unternehmen befindet sich nach wie vor in Familienbesitz.

²⁸ Das Österreichische Biographische Lexikon notiert: »Lederer, Anton (1870–1932), Chemiker. * Prag, 2.5.1870; † Wien, 1.8.1932. Sohn eines Rechtsanwaltes; stud. Pharmazie an der Dt. Univ. Prag, übernahm 1894 eine Apotheke in Prag und ging 1898 an die Univ. Wien zu Lieben. Ab 1901 half er Auer v. Welsbach (s. d.) in Treibach-Althofen bei dessen Entwicklung der Osmiumlampe, wurde 1903 von Auer v. Welsbach mit der Einrichtung der Fabrik der Österr. Auerges. in Atzgersdorf zur Herstellung der Osmiumlampe betraut, wurde nach dem Verkauf dieser Fabrik an G. Westinghouse 1906 Dir. des als Westinghouse Metallfadenglühlampenfabrik weitergeführten Unternehmens und war von 1913–21 dessen Generaldir. L. gehörte zu den Pionieren auf dem Gebiete der Beleuchtungstechnik und war insbesondere an der Entwicklung der techn. Herstellung der Osmium- und vor allem der Wolframlampe mit wertvollen Patenten beteiligt. Aus bescheidensten Anfängen wuchs die von ihm geleitete Fabrik zu einem Unternehmen von 1600 Arbeitern. In seinen letzten Lebensjah-

ren befasste er sich mit der Entwicklung von Leuchtgasröhren.« (http://www.biographien.ac.at/oeb1/oeb1_L/Lederer_Anton_1870_1932.xml (Abruf: 12.9.2016)).

²⁹ Zu »Prag« vgl. den Beitrag von Dieter Hoffmann in diesem Band sowie Hoffmann, Dieter (1991): Ernst Mach in Prag. In: Hoffmann, Dieter; Laitko, Hubert (Hrsg.): Ernst Mach. Studien und Dokumente zu Leben und Werk. Berlin 1991, S. 141–178.

³⁰ Der Wiener »Börsen-Kurier« nennt für das Jahr 1900 als Euro-Kaufkraft-äquivalent (Februar 2014) für einen Gulden (bzw. ab 1892 zwei Kronen) 13,04 €. Machs Grundgehalt hätte nach dieser Rechnung 7281 € monatlich betragen.

³¹ 33 von 64 publizierten Arbeiten zwischen 1860 und 1874 haben die Sinnesphysiologie zum Thema. Vgl. Jung, R.: Ernst Mach als Sinnesphysiologe. In: Ernst-Mach-Institut Freiburg i. Br. (Hrsg.): Symposium aus Anlaß des 50. Todestages von Ernst Mach. Freiburg 1966, S. 132–137, hier S. 132.

³² »Wie bekannt erscheint eine weiße Scheibe mit einem schwarzen Sektor grau, wenn man sie schnell rotieren lässt – hellgrau, wenn der dunkle Sektor klein, dunkelgrau, wenn der dunkle Sektor groß ist.« Ratliff, Floyd: Mach-Bänder in der Physik, der Physiologie und der Psychologie. In: Ebd., S. 138–160, hier S. 139. Dort eine ausführliche Darstellung der Mach'schen Entdeckungen.

³³ Vgl. die Zusammenfassung in: Mach, Ernst: Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen. Leipzig 1975 (Reprint Amsterdam 1967).

³⁴ Ähnlich geißelt Mach im letzten Absatz von »Kultur und Mechanik« u. a. »die modernen Geldkriege«; vgl. Mach, Ernst: Kultur und Mechanik. Stuttgart 1915, S. 86.

³⁵ In: E. Mach, *Vorlesungen*, 2014, S. 289.

³⁶ Mach, Ernst: Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen. Neudruck der 6. Auflage, Jena 1911. Herausgegeben und eingeleitet von Gereon Wolters.

Berlin 2008 (Ernst-Mach-Studienausgabe 1).

³⁷ Mach, Ernst: Die Mechanik in ihrer Entwicklung, historisch-kritisch dargestellt. Neudruck der 7. Auflage, Leipzig 1912. Herausgegeben und eingeleitet von Gereon Wolters und Giora Horn. Berlin 2012 (Ernst-Mach-Studienausgabe 3).

³⁸ Einstein, Albert: Ernst Mach. In: *Physikalische Zeitschrift* 17 (1916), S. 101–104, hier S. 103.

³⁹ Mach, Ernst: Die Principien der Wärmelehre. Historisch-kritisch entwickelt. Leipzig 1896.

⁴⁰ Für das Weitere einschließlich des folgenden Abschnitts vgl. Wolters, Mach, 1987. Höchst eindrucksvoll ist Machs nüchterne Schilderung seines Schlaganfalls in E. Mach, *Analyse*, 2008, S. 170f., die auch in einer potenziell lebensbedrohlichen Situation den kühl beobachtenden Wissenschaftler zeigt.

⁴¹ Neben einer Fülle von Aufsätzen vgl. Mach, Ernst: Erkenntnis und Irrtum. Skizzen zu einer Psychologie der Forschung. Neudruck der 2. Auflage, Leipzig 1906. Herausgegeben und eingeleitet von Elisabeth Nemeth und Friedrich Stadler. Berlin 2011 (Ernst-Mach-Studienausgabe 2).

⁴² Der Brief befindet sich im Open Court Archive, Special Collections, Morris Library, Southern Illinois University at Carbondale, USA.

⁴³ Vgl. z.B. E. Mach, *Erkenntnis*, 2011, S. 140.

⁴⁴ Später hat Ludwig dem Ende seiner medizinischen Karriere eine heroische Wendung zu geben versucht. So behauptet er z. B. in einem Antrag an die Deutsche Forschungsgemeinschaft von 1935, er habe die Medizin aufgegeben, »veranlasst« durch den Schlaganfall des Vaters. Der erfolgte allerdings erst 1898, d. h. fast zwei Jahre nachdem Ludwig die Wiener Klinik verlassen hatte bzw. musste.

⁴⁵ Peter Salcher war Professor an der k.k. Marine-Akademie in Fiume (heute Rijeka, Kroatien).

⁴⁶ Mach, Ernst; Salcher, Peter: Über die in Pola und Meppen angestellten ballistisch-photographischen Versuche. In: Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe Ila 98 (1889), S. 41–50.

⁴⁷ Dieser ersten gemeinsamen Publikation folgten weitere sowie auch einige Arbeiten mit Ludwig als Alleinautor.

⁴⁸ Mach, Ernst; Mach, Ludwig: Weitere ballistisch-photographische Versuche. In: Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-naturwissenschaftliche Classe Ila 98 (1889), S. 1310–1326, hier S. 1310.

⁴⁹ Man spricht vom »Mach-Zehnder Interferometer«, wobei sich »Mach« auf Ludwig Mach bezieht.

⁵⁰ Dies jedenfalls ergab die Zeugnisaussage von Wolfgang Pauli (1869–1955), dem Vater des gleichnamigen Nobelpreisträgers, in einem Prozess vor dem Leipziger Reichsgericht (1902), den die Firma Zeiss gegen Ludwig über die Patentrechte angestrengt und verloren hatte. Vgl. Wolters, Mach, 1987, S. 297.

⁵¹ Mach, Ernst: Kultur und Mechanik. Stuttgart 1915.

⁵² Für Details vgl. Wolters, Mach, 1987, S. 305f.

⁵³ Mach hatte Petzoldt und nicht etwa Ludwig mit der Neuauflage seiner Schriften und mit Nachworten über den Stand der Forschung betraut, möglicherweise, weil er Ludwig dafür nicht für kompetent genug hielt.

⁵⁴ Weitere Belege in Wolters, Mach, 1987, S. 308.

⁵⁵ Ludwig war um 1921 im Übrigen drogenabhängig. In diesen avisierten 2. Band hätten wohl auch Aufzeichnungen aus einem Protokollbuch Machs eingehen sollen, das sich vor allem mit Interferometrie, Kohärenz des Lichts, anomale Dispersion und sekundäre Interferenzen befasst. Dieses Protokollbuch, geschrieben von Ludwig Mach, befindet sich seit 2015 im Archiv des Deutschen Museums. DMA, NL Mach, Konstanzer Abgabe, Nr. 44.

⁵⁶ Vgl. Wolters, Mach, 1987, S. 356ff.

⁵⁷ Ludwig war auf die Forschungsgelder umso mehr angewiesen, als er den Großteil seines Vermögens in österreichischen Staatsanleihen angelegt hatte, die bei Kriegsende wertlos geworden waren.

⁵⁸ Vgl. Wolters, Mach, 1987, S. 350f.: Aus den Prozessunterlagen, einschließlich eines Ludwig Mach wohlgesonnenen Gutachtens des damals 78-jährigen Direktors des Deutschen Museums, Jonathan Zenneck (1871–1959), ergeben sich keinerlei Hinweise auf messbare oder von Ludwig Mach gemessene, quantitative Effekte einer Lichtablenkung durch Baumstämme. Im Urteil heißt es: »Der Kläger [d. i. Ludwig Mach] hat aber im Berufungsverfahren zugeben müssen, dass er besondere Aufzeichnungen über die von ihm laufend vorgenommenen Untersuchungen und Experimente nicht angelegt hat. [...] Beim Augenschein nochmal nach seinen Aufschreibungen gefragt hat der Kläger erklärt: »Die feinsten Aufschreibungen haben wir im Kopf«. Zenneck hebt entsprechend ausschließlich auf die Veränderung der Versuchsbedingungen durch die Baumfällungen ab, die eine gewinnbringende Publikation eines zweiten Bandes von Ernst Machs »Optik« verhindern habe. Zum Prozess vgl. ebd., S. 431–447.

⁵⁹ Z. B. beim Anthropologen Robert H. Lowie (1883–1957); dieser rückte sogar in die Ausgabe vom 22.5.1936 des 83. Bandes von »Science« einen Hilferuf »In Aid of Dr. Ludwig Mach« ein.

⁶⁰ Die Karlsruher »Bundesforschungsanstalt für Lebensmittelfrischhaltung« kam am 8.5.1951 zu einer Beurteilung, die die Menschheit vor dem »Eierkonservierungsverfahren nach Dr. Mach unter Benutzung von die Austrocknung verhindernden Schutzschichten« bewahrt hat. DMA, NL 174, Konstanzer Abgabe, o. Nr.

⁶¹ Vgl. auch für das Folgende Wolters, Mach, 1987, S. 317ff.