

Natalia Nowack

Wilhelm Wundt, seine Schüler und die Geschichte der Musikforschung

Veröffentlicht unter der Creative-Commons-Lizenz CC BY-NC-ND 4.0 i
© 2023 | Schott Music GmbH & Co. KG

Wilhelm Wundt, seine Schüler und die Geschichte der Musikforschung

Der von 1832 bis 1920 lebende und vielfältig arbeitende Wilhelm Wundt wird generell widersprüchlich rezipiert.¹ Während über seine Beiträge zu Philosophie, Physiologie und allgemeiner Psychologie heute aber vieles bekannt ist, bleibt sein Verdienst in Bezug auf die Musikpsychologie im Verborgenen.* Gründe dafür können reichlich angeführt werden: von der Vielfalt an Themen, mit denen sich Wundt im Laufe seiner langen Karriere befasste, bis zu den Texten, deren musikwissenschaftlicher Bezug aufgrund ihrer Titel nur ausgesprochen schwer zu erkennen ist. Und doch gibt es zahlreiche musikrelevante Forschungsberichte aus Wundts im Jahr 1879 gegründeter experimental-psychologischer Versuchsanstalt in Leipzig, dem späteren Institut für experimentelle Psychologie, insbesondere aus der Hand seiner Doktoranden.² Bislang konnten für die Jahre 1882 bis 1915 ganze 23 unter Wundts Betreuung geschriebene Dissertationen gesichtet werden, die sich mit der Wahrnehmung klingender Ereignisse befassen.³

Zum Stand der Forschung

Den Sachverhalt, dass erst Wundts Psychologisches Institut die Entwicklung der (allgemeinen) Psychologie von einer Geistes- zu einer Naturwissenschaft ermöglichte, erwähnt man in musikpsychologischer Literatur regelmäßig.⁴ Darüber hinaus ist man sich einig, dass man seit dem Ende des 19. Jahrhunderts mehreren Forschern verschiedener Fachprofile, darunter auch Wundt, ein »nachhaltiges Interesse an [...] wahrnehmungspsychologischen [...] Fragen« bescheinigen kann.⁵ Die Behandlung sog. »psychophysischer Gesetze« – Modelle zur Beschreibung menschlicher Empfindungsstärke –, die den Gegenstand vieler Untersuchungen von Wundt und seinen Schülern ausmachte, findet Eingang nicht nur in wichtige allgemeinspsychologische Darstellungen, sondern auch in musikpsychologische und akus-

¹ Jochen Fahrenberg, »Wilhelm Wundt (1832–1920). Eine Centenarbetrachtung«, in: *PsychArchives* (2022), <https://doi.org/10.23668/psycharchives.5580>; Ders., *Wilhelm Wundt – Pionier der Psychologie und Außenseiter? Leitgedanken der Wissenschaftskonzeption und deren Rezeptionsgeschichte*, Freiburg 2011; Saulo de F. Araujo, *Wundt and the Philosophical Foundations of Psychology. A Reappraisal*, New York 2016; Gerd Jüttemann (Hg.), *Wilhelm Wundts anderes Erbe. Ein Missverständnis löst sich auf*, Göttingen 2006.

* Ich bedanke mich bei Herrn Prof. Wolfgang Auhagen für seinen Ratschlag, Forschungsberichte aus Wundts Psychologischem Institut zu untersuchen.

² Die Promotionsordnung der Philosophischen Fakultät der Leipziger Universität (1866) und der zeitnahe Erlass des Preußischen Kultusministeriums »Beilegung oder Versagung des philosophischen Doctor-Titels im amtlichen Verkehr« (1877) legten einheitliche Regeln für die Durchführung von Promotionsverfahren fest (vgl.: Jens Blecher, »Die Doktorbücher. Akademische Beurkundungen, Falschaussagen und historische Sozialstatistik in Massenquellen des 15.–20. Jahrhunderts«, in: *Archivalische Zeitschrift*, 90 (2008), S. 173–208, hier: S. 199). Ganz konsequent veröffentlichte Wundt Dissertationen seiner Schüler zuerst in *Philosophische*, seit 1905 in *Psychologische Studien*. Die Promotionsakten enthalten zudem bis ca. 1900 handschriftliche, danach auch maschinengeschriebene Gutachten. Auch wenn diese Gutachten selten den Umfang von einer DIN A4 Seite überschreiten, belegen sie Wundts Kontrolle über den Promotionsablauf.

³ Aus den Überschriften sind nicht immer die Forschungsgegenstände ersichtlich, wie bspw. bei Hermann Burgers Dissertation »Ueber den Einfluss der Rhythmisierung von Eindrücken auf den Umfang des Bewusstseins«, 1915, in der der Autor die Wahrnehmung von einzelnen Takten sowie von Taktgruppen analysierte. So ist die Zahl relevanter Abhandlungen vermutlich noch etwas höher als angegeben.

⁴ Thomas Stoffer, »Kurze Geschichte der Musikpsychologie«, in: *Musikpsychologie. Das neue Handbuch*, hrsg. von Herbert Bruhn et al., Reinbek 2008, S. 655–664, hier: S. 658 f.; Helga de la Motte-Haber, »Einleitung«, in: *Musikpsychologie* (= Handbuch der Systematische Musikwissenschaft, 3), hrsg. von Dies. und Günther Rötter, Laaber 2005, S. 13–30, hier: S. 22. »Wundt (1863) showed that arousal is related to stimulus complexity and proposed that aesthetic pleasure is evoked when the art object is optimally complex« (David Huron, »Chapter 14: Aesthetics«, in: *The Oxford Handbook of Music Psychology*, hrsg. von Susan Hallam et al., Oxford 2009, S. 151–159, hier: S. 152).

⁵ Sebastian Klotz, »Akustik und Musikkultur-Vergleich«, in: *Systematische Musikwissenschaft* (= Kompendien Musik, 9), hrsg. von Wolfgang Auhagen et al., Laaber 2011, S. 75–81, hier: S. 80.

tische.⁶ Die Modelle selbst scheinen bis heute ihren Reiz für diverse Analogien – u. a. abseits musikbezogener Thematik – nicht verloren zu haben.⁷

Neben den aktuellen Studien zur Frühgeschichte experimenteller Musikpsychologie,⁸ bilden zwei Berichte über Leipziger Versuchsanstalt, die sich mit den im engeren Sinne musikpsychologischen Leistungen aus Wundts Umfeld beschäftigen, eine wichtige Vorstufe für die Erfassung Wundts musikbezogener Projekte in ihrer Gesamtheit. Zum einen handelt es sich um eine knappe Darstellung der Experimente zur Lautstärkebestimmung, bei der – abseits des Mainstreams in der Wundt-Forschung – von einer »Wundt-Schule« gesprochen wird (August Schick).⁹ Zum anderen geht es um eine personenübergreifende Analyse des Verhältnisses zwischen Psychophysik und Musikforschung, durchgeführt unter besonderer Beachtung philosophisch-ästhetischer Auswirkungen (Alexandra Hui).¹⁰

Eine zusammenfassende Analyse des Beitrags Wundts und seiner Schüler zur Musikforschung steht aber bislang noch aus. Im vorliegenden Aufsatz wird der erste Versuch unternommen, Wundt entsprechend einzuordnen. Im Fokus der Betrachtung befinden sich vor allem Experimente aus den ersten 15 Jahren nach der Institutsgründung – mehrere Studien im Reiz-Reaktions-Design. Darüber hinaus werden einige ausgewählte Bewusstseins- und Ausdrucksuntersuchungen (heutige Emotionsforschung) mitbehandelt, deren Erkenntnisse oder Methoden für das Ende des 19. und den Anfang des 20. Jahrhunderts außergewöhnlich waren.

Methode als Untersuchungsgegenstand

Am Ende des ersten Bandes des Lehrbuches *Grundzüge der Physiologischen Psychologie* widmet sich Wundt dem ursprünglichen Aufgabenbereich seines Laboratoriums – der Messung des Verhältnisses zwischen Reiz und Empfindung.¹¹ Dort findet man Wundts kritische Sichtung von Methoden, deren Bestimmung es war »zu ermitteln, inwieweit jene unmittelbare Schätzung, die wir mit Hilfe der Empfindungen vornehmen, der wirklichen Stärke der Reize entspricht oder von ihr abweicht«,¹² sowie mehrere Eckgrößen. Beides – die Methoden und die Eckgrößen – bildet das Ergebnis eines langen Weges ab, den es hier nachzuzeichnen gilt.

Für die von Gustav Theodor Fechner knapp zwanzig Jahre vor der Gründung des Psychologischen Instituts niedergeschriebenen mathematischen Korrelate des Reiz-Reaktions-Modells war in den Augen seiner Zeitgenossen eine experimentelle Belegführung nötig:

⁶ Jobst P. Fricke, Christoph Louven, »Psychoakustische Grundlagen des Musikhörens«, in: *Musikpsychologie*, hrsg. von Herbert Bruhn et al., S. 413–436, hier: S. 418 und 421; Christoph Reuter, »Der Zuhörer«, in: *Musikalische Akustik* (= Kompendien Musik, 16), hrsg. von Ders. und Wolfgang Auhagen, Laaber 2014, hier: S. 166 f.

⁷ Christoph Schierz, »Die Psychophysik der Wahrnehmungsschwelle: Von Weber und Fechner zur Signaldetektionstheorie«, in: *Tagung Lux junior Dörfeld 2013*, <https://www.tu-ilmeneau.de/fileadmin/public/lichttechnik/Publikationen/2013-/Schierz.pdf>, 12.12.2022; Konrad Hoppe, »Das Weber-Fechner'sche Gesetz unter besonderer Berücksichtigung der Süßintensität«, 2008, <http://www.ewald-gerth.de/Weber-Fechner.pdf>, 12.12.2022.

⁸ Bspw. Julia Kursell, »Listening to More than Sounds: Carl Stumpf and the Experimental Recordings of the Berliner Phonogramm-Archiv«, in: *Technology and Culture* 60/2 (2019), S. 39–63.

⁹ August Schick, *Schallbewertung: Grundlagen der Lärmforschung*, Berlin und Heidelberg 1990, S. 142–147. Eine Gegenposition vertritt die Meinung, dass Wundt zwar sehr viele Schüler, dafür aber keine Schule hatte (Anneros Meischner-Metge, »Wilhelm Wundt und seine Schüler«, in: *Zentenarabrechnungen. Historische Entwicklungen in der neueren Psychologie bis zum Ende des 20. Jahrhunderts*, hrsg. von Horst-Peter Brauns, Frankfurt/M. 2003, S. 156–166.)

¹⁰ Alexandra Hui, *The Psychophysical Ear: Musical Experiments, Experimental Sounds, 1840–1910* (= Transformations: Studies in the History of Science and Technology), Cambridge 2013.

¹¹ Wilhelm Wundt, *Grundzüge der Physiologischen Psychologie*, 1874, Leipzig⁵ 1902–1903, Bd. 1, S. 466 ff. In diesen Abschnitt – bei späteren Auflagen des Bandes – fließen die Ergebnisse aus den von Wundt betreuten Dissertationsuntersuchungen mit ein, wodurch sich ein zusammenhängendes Bild entwickelt.

¹² Wundt, *Grundzüge der Physiologischen Psychologie*, I, S. 466.

»Die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindungsschätzung [...] ist ein Problem von so außerordentlicher fundamentaler Bedeutung, dass es für die Psychophysik überaus beschämend sein würde, wenn sie einer experimentellen, dem Streite der individuellen Meinungen entrückten Lösung desselben rathlos gegenüberstände.«¹³

Vor allem sollten auf empirischem Wege die Koeffizienten für das sog. psychophysische Grundgesetz ermittelt werden.¹⁴ Für die Musikforschung von Belang ist zuerst die Tatsache, dass im Prozess der Suche nach den Reiz-Reaktion-Verhältnissen im Bereich der Erforschung der auditiven Wahrnehmung zahlreiche Messmethoden vervollkommen wurden. Um die Bedeutung dieser Methoden zu verstehen, muss man sich zunächst mit einigen Grundlagen der allgemeinen Psychologie vertraut machen.

Ernst Heinrich Webers im Jahr 1834 beschriebene Regelmäßigkeit in Bezug auf die Unterschiedschwelle kennzeichnet den Beginn des psychophysischen Denkens.¹⁵ Weber beobachtete, dass der Mensch vor dem Hintergrund bereits vorhandener Reize eine weitere Reizzunahme nur ab einer gewissen Intensität wahrnehmen kann. Die Empfindung hängt somit weniger von der Differenz der beiden Reize ab als von dem Verhältnis dieser Differenz zum Ausgangsreiz. Weber vermutete ein festes Verhältnis zwischen einem gerade noch wahrzunehmenden Unterschied (Reizzuwachs) und der Intensität des »verdeckenden« Reizes:

$$\frac{\Delta R}{R} = k \text{ (Formel 1),}$$

wobei ΔR den gerade noch wahrnehmbaren Unterschied und R – den Reiz, vor dessen Hintergrund man die Beobachtung macht, bezeichnen. Webers Gesetz wurde also für die geringste Intensität des Reizes formuliert.

Fechner operationalisierte anno 1860 Webers These, indem er sie auf die minimale – eben merkliche – Empfindungsänderung (Empfindungszuwachs) bezog:¹⁶

$$\Delta E = c \times \frac{\Delta R}{R} \text{ (Formel 2)}$$

und behandelte letztere Formel als Differentialgleichung. Die Regelmäßigkeit, die unter dem Namen *Weber-Fechner-Gesetz* bekannt wurde, besagt, dass sich subjektiv als gleich groß empfundene Unterschiede nach den Prinzipien einer Logarithmusfunktion bestimmen lassen:¹⁷

$$E = c \times \log R + d \text{ (Formel 3),}$$

wobei E für die Empfindungsintensität und R (genau genommen R/R_0 , mit $R_0 =$ Reizschwelle) für die Reizintensität steht. Sowohl die Basis der Logarithmusfunktion als auch die Proportionalitätsfaktoren c und d sind reizabhängig.¹⁸ Der exponentielle Anstieg eines Reizes führt laut diesem Modell zu einem linearen Anstieg der Empfindung.

Die auf mathematischen Auslegungen gründende Formel sollte nun auf ihre Gültigkeit für alle Sinne geprüft werden – eine Aufgabe, die in Wundts Labor zeitnah wahrgenommen werden sollte. Der Sach-

¹³ Julius Merkel, »Die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung, Erste Abtheilung«, in: *Philosophische Studien* № 4 (1888), S. 541–594, hier S. 541.

¹⁴ Vgl.: Alexandra Hui, *The Psychophysical Ear*, S. 1–21; Horst Gundlach, *Entstehung und Gegenstand der Psychophysik*, Berlin u. Heidelberg 1993.

¹⁵ Ernst Heinrich Weber, *De pulsus, resorptione, auditu et tactu. Annotationes anatomicae et physiologicae*, Leipzig 1834.

¹⁶ Gustav Theodor Fechner, *Elemente der Psychophysik*, Leipzig 1860.

¹⁷ Fechners letztere Maßnahme war die mathematische Bestimmung einer Basisfunktion – erreichbar über zwei Rechenwege: über die »logarithmische Integration« (wenn im Zähler eine Funktion steht, die die Ableitung des Nenners ist, greift die Formel $\log(f(x)) + c$) oder über die Substitutionsregel.

¹⁸ Bei einer dB-Skala bspw. handelt es sich um einen dekadischen Logarithmus, bei einer Erfassung der Tonheit um einen Logarithmus zur Basis 2.

verhält, dass die Formel sich nicht in allen Bereichen bzw. nicht bei allen Intensitätsstärken experimentell belegen ließ, schien die Forscher umso mehr herausgefordert zu haben, denn auch wenn keine »durchgängige Proportionalität zwischen Reiz und Empfindung« vorhanden sei, bliebe es denkbar, »dass innerhalb der Reizstärken, auf welche sich [die beobachteten] Thatsachen beziehen, das Weber'sche Gesetz gilt.«¹⁹

Das Messen der Empfindungsintensität avancierte zur wichtigsten Forschungsaufgabe und entzog die Psychologie dem philosophischen Zuständigkeitsbereich. Die präzise Benennung des Problems ist erstaunlich, denn es geht um die Skalierung wahrgenommener Ereignisse, die Wundt im Jahr 1883 vermisste:

»Wir entscheiden mit Sicherheit, ob eine Empfindung der andern gleich ist, während wir nicht ohne weiteres anzugeben im Stande sind, um wieviel eine stärkere Empfindung eine schwächere übertrifft. Gleicherweise führt jede physikalische Größenbestimmung auf die Messung des Gleichen am Gleichen zurück. [...] Nur das eine sind wir nicht im Stande: Empfindungswerthe ähnlich wie Gramme und Centimeter als feste Maßeinheit aufzubewahren; und dies ist der Grund, aus dem wir in diesem speciellen Fall auf eine relative Größenschätzung beschränkt bleiben, wie sie im Weber'schen Gesetze ihren Ausdruck findet. Wenn wir dann dem letzteren eine mathematische Form geben [...], so beruht das freilich auf Rechnung, aber diese Rechnung würde nicht möglich sein, wenn nicht eine Reihe von Beobachtungen vorangegangen wäre, bei denen je eine Empfindung direct an einer andern gemessen wurde.«²⁰

An diesem Punkt – dem konsequent durchgeführten Vergleich empirisch erhobener Empfindungswerte – setzten Arbeiten im Leipziger Labor ein, während Carl Stumpf, der die Berichte des Labors genau studierte, noch die begriffliche Unterscheidung zwischen »Empfindungswerten« und »Empfindungsdistanzen« forderte.²¹

Die damals üblichen Verfahren wurden unter Wundts Betreuung systematisiert und erweitert. Unabhängig von der ausgewählten Methode bestimmte man bei diesen Verfahren zuerst die absoluten Schwellenwerte, bspw. den leisesten und den lautesten wahrnehmbaren Ton. Daraufhin ging es um die Bestimmung der relativen Grenzwerte, also um die »Ermittlung der gesetzmäßigen Beziehungen zwischen den Reizänderungen und unserer Auffassung der Empfindungsänderungen«,²² so Wundt. Im wohl ältesten der Verfahren wurde die Versuchsperson mit kontinuierlichen »unterschwellig« Veränderungen konfrontiert – bis sie etwas wahrnehmen resp. nicht mehr wahrnehmen konnte.²³ Eine weitere Möglichkeit der Umsetzung bestand darin, mittels sowohl »unter-« als auch »überschwelliger« Stimuli die 50 %-Grenze der richtigen Nennungen zu bestimmen.²⁴ Diese zwei Methoden bezeichnete man im Nachhinein als indirekte.

Kurz vor der Gründung des Psychologischen Instituts beschrieb der belgische Physiker Joseph Antoine Plateau ein alternatives Verfahren zur Bestimmung psychophysikalischer Werte. Sein Ansatz dafür bestand in der Herstellung eines Reizes, der sich subjektiv in der Mitte von zwei gegebenen Reizen befand. Im Folgeschritt bestimmte man die Mitte zwischen dem oberen Reiz und dem gerade ermittelten, etc.²⁵

¹⁹ Julius Merkel, »Die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung«, S. 542 f.

²⁰ Wundt, »Weitere Bemerkungen über psychische Messung«, in: *Phil. Stud.* № 1 (1883), S. 463–471, hier: S. 465.

²¹ Carl Stumpf, *Tonpsychologie*, Bd. I, Leipzig 1883, S. 57. Allein in diesem Band werden immer wieder Untersuchungen aus Wundts Labor erwähnt, bspw. auf S. 355, S. 356 und S. 364.

²² Wundt, *Grundzüge der Physiologischen Psychologie*, Bd. I, Leipzig⁵ 1902–1903, S. 467.

²³ Zu Wundts Zeit »Methode der Minimaländerungen«, heute das Grenzverfahren.

²⁴ Damals »Methode der richtigen und falschen Fälle«, heute die Konstanzmethode.

²⁵ Joseph Antoine Ferdinand Plateau, »Sur la mesure des sensations physiques, et sur la loi qui lie l'intensité de ces sensations à l'intensité de la cause excitante«, in: *Bulletins de l'Académie Royale des Sciences, des Lettres, et des Beaux-Arts de Belgique*, 33 (1872), S. 376–388. »Methode der mittleren Abstufungen«, spätere Herstellungsmethode.

Eine direkte Bestimmung der Verhältnisse zwischen den empfundenen Maßen (Erlebnisverhältnisse in Relation zu den Reizverhältnissen) wurde möglich. Wundts Schüler Carl Lorenz wandte dieses Verfahren für seine Bestimmung der Tonhöhendifferenzen an und hinterließ eine ausführliche Beschreibung seiner Vorteile.²⁶ Wundts früherer Doktorand und zum hier erwähnten Zeitpunkt Kollege, Julius Merkel, verdoppelte in seinen Experimenten (u. a. im Prozess der Erfassung der Lautstärkewahrnehmung) die Stärken der Stimuli und ermöglichte dadurch die Erstellung von Reizen in größerem Umfang.²⁷ Merkels »Methode der doppelten Reize«, die sowohl in die Geschichte der visuellen als auch in die der akustischen Wahrnehmungsforschung gehört, blieb für mehrere Dekaden innerhalb der Reizforschung eine der wichtigsten und wurde in einer ähnlichen Form in den späteren Versuchen zur Lautstärkewahrnehmung von Stanley Smith Stevens eingesetzt.

Wundt begrüßte die gezielte Nutzung verschiedener Messverfahren, anstatt sich auf ein einzelnes Verfahren zu beschränken. Akribisch beschrieb er die Prinzipien von Verfahren zur Erfassung der Wahrnehmungsintensität sowie statistische Auswertung der Messergebnisse,²⁸ hielt die Verfahren um die Zeit aber für mehr oder weniger gleichwertig:

»Vergleichen wir die [...] Maßmethoden mit einander, so ist zunächst klar, dass jede derselben ein besonderes Maß der Unterschiedsempfindlichkeit ergibt. [...] [Die] Maße sind nach ihrer absoluten Größe nicht unmittelbar mit einander vergleichbar. Zur Feststellung der gesetzmäßigen Beziehung zwischen Reizänderung und Empfindungsänderung kann aber jede derselben verwendet werden [...]«.²⁹

Wahrnehmung auditiver Reize

Die Aufspaltung der Psychophysik mit anschließender Bildung sinnesbezogener Teilbereiche der Psychologie lässt sich gut an der Entwicklung tonpsychologischer Untersuchungen beobachten. Die ersten Experimente zur Wahrnehmung auditiver Reize standen im Zeichen zeittypischer Verehrung für Weber und Fechner. Die Ergebnisse von Studien seiner Doktoranden und Kollegen mussten Wundt aber nachdenklich gemacht haben, sprachen sie doch nicht nur für, sondern in vielen Fällen ebenso gegen die Anwendbarkeit des psychophysischen »Grundgesetzes«. Die Veränderung der Einstellung spielte sich unmittelbar im musikrelevanten Bereich ab und ist aus heutiger Sicht als Nivellierung eines Forschungsparadigmas interessant. Spätestens mit der Neufassung von Wundts *Logik* (inkl. der Veröffentlichung des 3. Bandes, 1908) ist der Distanzierungsprozess von der These einer universalen Gesetzmäßigkeit menschlicher Wahrnehmung deutlich, der in der Eingrenzung der Wirkung von Fechners Psychophysik mündete.³⁰

Auch wenn die Gruppierung des Materials entlang des Paradigmenwechsels eine lukrative Aufgabe darstellt, soll im vorliegenden Aufsatz ein Überblick in Bezug auf die Untersuchungsgegenstände erstellt werden. Hervorgehoben wird hier zum einen die Eigenständigkeit der erfassten Wahrnehmungs-

²⁶ Carl Adolf Lorenz, »Untersuchungen über die Auffassung von Tondistanzen«, in: *Phil. Stud.* № 6 (1891), S. 26–103, hier: S. 45.

²⁷ Merkel, »Die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung, 1. Abtheilung«, S. 545 ff sowie »Die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung, 3. Abtheilung«, in: *Phil. Stud.* № 5 (1889), S. 499–557, hier: S. 515. Merkels Methode zählt – ebenso wie die von Plateau – zu den Herstellungsmethoden.

²⁸ Z.B. in: *Grundzüge der Physiologischen Psychologie*, I, S. 466–493.

²⁹ Wundt, *Grundzüge der Physiologischen Psychologie*, I, S. 475.

³⁰ Wundt, *Logik, Eine Untersuchung der Principien der Erkenntnis und der Methoden wissenschaftlicher Forschung*, Bd. 3: Logik der Geisteswissenschaften, Stuttgart³ 1908, vgl. dazu: Georg Eckardt, *Ausgewählte Texte zur Entstehung der Psychologie als Wissenschaft*, In *Memoriam Wilhelm Wundt*, Wiesbaden 2019.

Seit 1905 verschoben sich die experimentellen Schwerpunkte zugunsten der »Ein- und Ausdrucksexperimente« (laut Wundts Vokabular), der Bewusstseinsforschung sowie der phänomenologischen Erfassung.

bereiche und zum anderen die mehr oder weniger ausgeprägte Konzentration auf die Erprobung des methodisch-methodologischen Repertoires.

Es ergeben sich folgende Konturen: Neben einigen Metastudien, deren primäres Ziel Methodenevaluierung war (Gustav Lorenz 1885, Frank Angell 1891),³¹ so waren es bis in die 1890er Jahre vor allem die Fragen nach der Wahrnehmung der Tonhöhe (Carl E. Luft 1888, Iwan Schismanow 1889, Carl A. Lorenz 1890), die ohne Hinzuziehen weiterer Sinnesbereiche behandelt wurden. Die anderen Fragen wie die nach der Wahrnehmung der Schallstärke (Paul Starke 1886) oder der Chronometrie der Wahrnehmungs- und Verarbeitungsprozesse, wurden gern auch im direkten Vergleich (Harry K. Wolfe 1886) oder für den Vergleich (Ernst T. Tischer 1882) zwischen den Sinnesbereichen bearbeitet. Vor allem die »höheren Sinne«, d. h. die visuelle und die akustische Wahrnehmung, wurden meist parallel untersucht:

»Um [...] das Beobachtungsmaterial hinsichtlich der Apperceptionsdauer bei einfachen Vorstellungen über andere als Gesichtsubjecte auszudehnen, wurden die früher benutzten Farbenempfindungen durch Schallempfindungen ersetzt«

so ein Versuchsleiter.³²

»Die Abhandlung fußt in erster Linie auf den Ergebnissen, welche die [...] umfangreichen Versuche über den Raumsinn der Netzhaut geliefert haben, es werden aber zur Bestätigung auch die [...] Versuche über die Unterscheidung von Schallstärken herangezogen«

stellte ein anderer dar.³³

Auch wenn Wundt selbst sehr gern Vergleiche zwischen den Sinnesbereichen anstellte,³⁴ verringerte sich die Zahl der multimodalen Versuche in den späten 1890er Jahren auffallend. Die seit ca. 1895 verstärkt vorkommenden physiologischen Messungen (Puls, Blutdruck und Atmung) führte man an akustischen Reizen ohne Hinzuziehen anderer Wahrnehmungsbereiche durch (Paul E. Mentz 1895, Paul Salow 1907, Georg Kästner 1908). Der Aufgabenstellung nach zählen alle drei (und noch einige weitere) Untersuchungen bereits zu einem neuen Bereich – der Emotionsforschung. Diese löste im Psychologischen Institut die Prüfung des Reiz-Reaktions-Verhaltens ab und dominierte fortan als Forschungsschwerpunkt – neben der Bewusstseinsforschung – die Arbeit des Hauses bis zum Ende der Wundt-Ära.³⁵ Etwas abseits der vorherrschenden Richtung, aber genauso streng im akustischen Bereich gehalten, verlaufen die Untersuchungen zum binauralen Hören (Paul Rostosky 1897) und zur auditiven Wahrnehmung im Wiederholungsdesign (Franz Berlage 1910).

³¹ Die Jahresangaben beziehen sich in dieser Aufzählung auf den Abschluss des jeweiligen Promotionsverfahrens, nicht auf die Veröffentlichungen in *Philosophische* bzw. *Psychologische Studien*. Vgl.: Dissertationen bei Wundt, <https://psychologie.lw.uni-leipzig.de/wundt/alpha/alpha.htm>, 16.09.2020.

³² Ernst Tischer, »Über die Unterscheidung von Schallstärken«, in: *Phil. Stud.* № 1 (1883), S. 495–542, hier: S. 495 f.

³³ Merkel, »Theoretische und experimentelle Begründung der Fehlermethode«, *Phil. Stud.* № 7 (1892): S. 558–629, hier: 558.

³⁴ Vgl.: Wundt, *Grundzüge*, I, S. 517 ff.

³⁵ Aus Platzmangel wird Emotionsforschung in diesem Aufsatz nur mit einem einzigen Beispiel belegt.

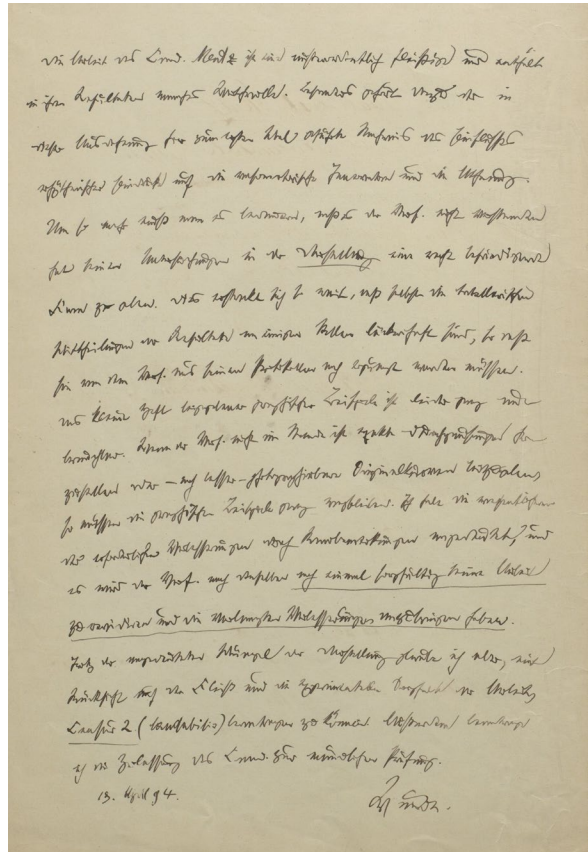
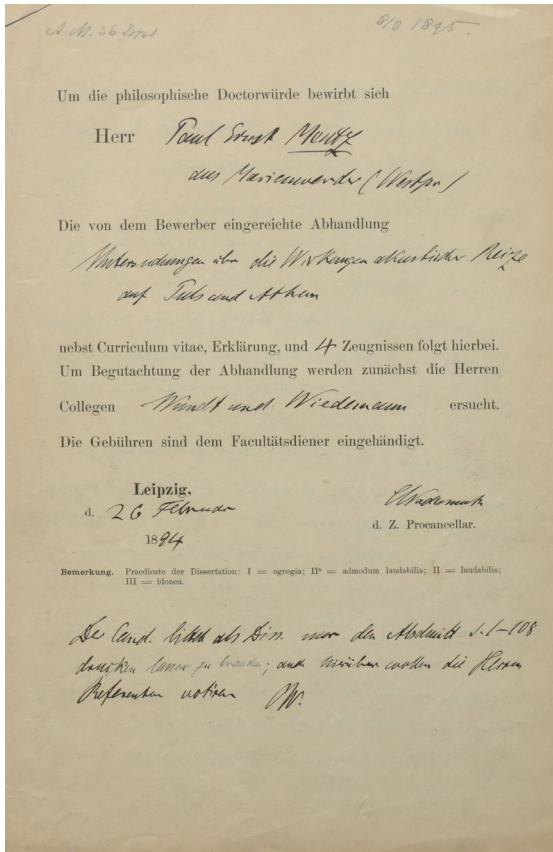


Abb. 1: Fragment aus der Promotionsakte von Paul Ernst Mentz, Titelblatt und Wundts Gutachten, UAL³⁶

Bemerkenswerterweise wurden die tonpsychologischen Versuchsanordnungen auch dazu verwendet, die Reaktionserfassung im Rahmen der Apperzeptionsanalyse vorzunehmen oder zu den Aussagen über den Einfluss der Rhythmisierung auf die Wahrnehmungs- und Verarbeitungsprozesse zu gelangen (Hermann Burger 1915). In letztgenanntem Fall kann man sogar von der Erweiterung der Gedächtniskapazität sprechen, in damaliger Sprache – vom »Umfang des Bewusstseins«.³⁷ So forschte Wundts Umfeld in Bezug auf musikpsychologische Fragestellungen an der Grenze zur Kognitionspsychologie.

Tonhöhenwahrnehmung

Die Wahrnehmung der Tonhöhe konnte im 19. Jahrhundert gut analysiert werden, bereitete die Frequenzbestimmung doch schließlich keine technischen Schwierigkeiten mehr. So war die Hoffnung zunächst groß, schlüssige Belege für die Geltung psychophysischer Gesetze vorlegen zu können. Im Fokus einer ganzen Reihe von Studien befanden sich die Daten zur Unterschiedsempfindlichkeit, einem gut erfassbaren Maß aus Fechners Gesamtkonzept.

Zeitgleich zu der oben abgebildeten Formel (3) formulierte Fechner zwei Teil- Positionen, die als eine Art Indikatoren des psychophysischen Gesetzes gesehen wurden. Zum einen war das die absolute Unterschiedsempfindlichkeit

$$a = \frac{1}{\Delta R} \text{ (Formel 4a),}$$

³⁶ UAL: Phil. Fak. Prom. 0722, Bl. 1, R. + V.

³⁷ Wundt, Gutachten Hermann Burger, 1913, Promotionsakte, UAL: Phil. Fak. Prom. 09920, Bl. 1 V.

das reziproke Maß zu der »eben merklichen Differenz«, das sich dem Modell nach im linearen Verhältnis zum Reiz befand, und zum anderen die relative Unterschiedsempfindlichkeit

$$r = \frac{R}{\Delta R} \text{ (Formel 4b),}$$

die bei ein und derselben Art von Reizen konstant bleiben musste.³⁸

Allem Anschein nach war es der englische Physiologe William T. Preyer, der als erster auf die Dürftigkeit der Beweislage in Bezug auf die beiden Maße bei der Beurteilung der Tonhöhenwahrnehmung hinwies. Auch wenn er nur bestimmte Tonbereiche prüfte, konnten oben genannte Annahmen nicht bewiesen werden, so Preyer,

»[...] vielmehr nähert sich die absolute Unterschiedsempfindlichkeit der Constanz, indem überall zwischen 100 und 1000 Schwingungen zwischen 0,3 und 0,5 Schwingung erkannt werden kann, und die relative Unterschiedsempfindlichkeit nimmt bedeutend zu mit der Tonhöhe, indem bei etwa 100 Schwingungen $1/200$ und bei 1000 sogar $1/2000$ noch erkannt wird.«³⁹

Auch in Wundts Institut fing man an, erste Belege zu sammeln, die die allgemeine Gültigkeit des Weber-Fechner-Gesetzes infrage stellen sollten. In ähnlichem Wortlaut wie Preyer stellte man fest:

»Auf das Gebiet der Tonqualitäten findet innerhalb der untersuchten Region von 64–1024 Schwingungen das psycho-physische Gesetz, wonach relativen Reizunterschieden absolute Empfindungsunterschiede entsprechen und also die relative Unterschiedsempfindlichkeit constant sein muss, keine Anwendung. Die Unterschiedsschwellen nähern sich im Gegentheil innerhalb des genannten Intervalls der constanten Durchschnittsgröße von 0,2 Schwingungen.«⁴⁰

so Eduard Luft (ebenfalls Wundt-Doktorand). Das Ergebnis, dass die Wahrnehmung der Tonhöhe nur in Bezug auf einzelne Frequenzbereiche definiert werden kann, war offenbar so verblüffend, dass Wundts Kollegen vorerst meinten, in den Untersuchungen Preyers und Lufts müssten sich Design- und Messfehler aufspüren lassen.⁴¹ Und in der Tat, je nachdem welche Stimuli eingesetzt wurden, brachte die Approximation über die Weber-Fechner-Gleichung mitunter zufriedenstellende Ergebnisse hervor. Noch ein Jahr nach Lufts Veröffentlichung behauptete Merkel nicht ohne gewisse Euphorie:

»Die Uebereinstimmung der Ergebnisse über Licht-, Gewichts- und Schallreize im allgemeinen lässt vermuthen, dass sich die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung durch eine einzige Gleichung darstellen lassen dürfte, in welcher [...] nur verschiedene Constanten einzusetzen sein dürften.«⁴²

Trotz des großen Misstrauens und der kritischen Kommentare brachte die Metaanalyse mehrerer Studien zur Tonhöhenwahrnehmung ein klares Ergebnis zustande – anhand der Zahlen

»darf die Ungültigkeit des Weber'schen Gesetzes im Gebiet der Tonempfindungen für kleine Tonhöhen-differenzen, wie sie bei Versuchen nach der Methode der Minimaländerungen in Betracht kommen, als bewiesen betrachtet werden.«⁴³

Vielleicht funktionierte das Gesetz aber wenigstens bei »übermerklichen« (Bezeichnung für deutlich wahrnehmbare Unterschiede) Differenzen? Nein, auch bei einer Erweiterung auf die Prüfung größerer

³⁸ Fechner, *Elemente der Psychophysik*, I, S. 49.

³⁹ William T. Preyer, *Über die Grenzen der Tonwahrnehmung*, Jena 1876, S. 35. Stumpf nahm postwendend Preyers Ergebnisse in seine *Tonpsychologie* auf (Stumpf, *Tonpsychologie*, I, S. 297 ff.)

⁴⁰ Eduard Luft, »Ueber die Unterschiedsempfindlichkeit für Tonhöhen«, *Phil. Stud.* № 4 (1888): S. 511–540, hier: S. 529.

⁴¹ Lorenz, »Untersuchungen über die Tondistanzen«, S. 30 f.

⁴² Merkel, »Die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung, 3. Abtheilung«, S. 529. Diese Einschätzung, in der sich der Wunsch nach einer universellen Ordnung bemerkbar macht, musste ihre Berechtigung nicht einbüßen, denn sie vereinigte die Ergebnisse aus Versuchen zum Tastsinn (Druck auf vordefinierte Fläche), Lichtintensität und Schallstärken.

⁴³ Lorenz, S. 33.

Tondifferenzen, insbesondere musikalisch relevanter Tondistanzen (die Ergebnisse aus Stumpfs Forschung⁴⁴ wurden auch herangezogen) und unter Nutzung einer neuen Methode – nämlich der der mittleren Fehler, also der ersten mehr oder weniger direkten Messmethode⁴⁵ – ergaben sich schließlich ähnlich negative Befunde. So lesen wir bei Lorenz unter anderem, dass Menschen

»die Fähigkeit besitzen endliche Tonhöhenunterschiede unabhängig von der Klangverwandtschaft mit einander zu vergleichen und an einander zu messen. [...] Zweitens zeigen [die Versuche], dass dieses unmittelbar in der Empfindung gelegene Maß für Tonhöhenunterschiede nicht dem Weber'schen Gesetz entspricht, dass also die gleichen harmonischen Intervalle nicht gleich absolute Unterschiede der Empfindung darstellen, sondern zwischen den absoluten Unterschieden der Tonempfindung und den Unterschieden der Schwingungszahlen eine nahezu vollständige Proportionalität besteht.«⁴⁶

Bemerkenswerterweise folgte Fechner selbst auch den Beobachtungen psychoakustischer Ordnung,⁴⁷ ließ sich dabei aber in der Tradition der antiken Zahlensymbolik von der Perfektion mathematischer Formulierungen leiten. Sukzessive Frequenzverdopplungen riefen im mittleren Wahrnehmungsbereich die annähernde Wahrnehmung einer Oktave hervor, lautete eine seiner Prämissen. Sie ist auch korrekt. Fechners Schlussfolgerung – gleiche Frequenzverhältnisse bestimmten direkt die als gleich groß empfundenen Tondistanzen – war aber eine theoretische Annahme, die der experimentellen Prüfung nicht standhielt.⁴⁸

Interessant ist das zeitnahe Bekenntnis Wundts, das in Leipzig den Paradigmenwechsel einleitete:

»Auch meine Ansicht über die Beziehung der Tonintervalle zu dem Weber'schen Gesetze, in gewissem Grade auch die über das Weber'sche Gesetz selber hat sich geändert. [...] Wenn ich [...] früher mit Andern vermuthete, dass, wie die musikalischen Tonintervalle, so auch eben merkliche und gleich große Unterschiede der Tonempfindung in ihrer Beziehung zu den Tonschwingungen dem Weber'schen Gesetze folgten, so bin ich – nach einigem Widerstreben, wie ich offen bekenne – durch die Thatfachen eines Bessern belehrt worden.«⁴⁹

Wahrnehmung der Lautstärke

Die Untersuchungen zu den Schallstärken, die zeitlich denen zu den Tonhöhen geringfügig voraus waren, bestätigten dagegen in der Regel die Gültigkeit der psychophysischen Formel. Ihre Problematik war jedoch eine andere: Der physikalische Hintergrund eines zugrundeliegenden Schallmaßes blieb ungeklärt.⁵⁰ Die verbreitete Erklärung, die Schallintensität sei proportional zu der zur Schallerzeugung gebrauchten »lebendigen Kraft«,⁵¹ machte die Erfassung des Vorgangs nicht leichter.

Als einer der ersten aus Wundts Umfeld analysierte bereits erwähnter Tischer die Problematik der Schallerzeugung und -messung.⁵² Einige Jahre später nannte Paul Starke hinsichtlich seiner Aufgaben nicht nur die Prüfung der Gültigkeit des Weber'schen Gesetzes, also des Zusammenhangs zwischen der Veränderung der Schallstärke und ihrer Wahrnehmung, sondern auch die Bestimmung des Maßes der

⁴⁴ Stumpf, *Tonpsychologie*, S. 313 f.

⁴⁵ Lorenz behauptet, als erster diese Methode auf die Untersuchung akustischer Reize angewandt zu haben (Lorenz, S. 43).

⁴⁶ Lorenz, S. 103.

⁴⁷ Vgl.: Fechner, *Elemente der Psychophysik*, I, S. 182.

⁴⁸ Stumpf präzisiert: »Inzwischen ist es doch natürlicher, bei dem Ausdruck der Thatfachen stehen zu bleiben, dass die relative Unterschiedsempfindlichkeit sich überall verändere, nur eben in der Mitte des Tonreiches wenig und nach aussen immer stärker« (Stumpf, *Tonpsychologie*, I, S. 336).

⁴⁹ Wundt, »Ueber Vergleichen von Tondistanzen«, in: *Phil. Stud.* № 6: S. 605–640, hier: S. 614. Dieser Text ist eine kritische Auseinandersetzung mit Stumpfs gleichnamiger Kritik am Untersuchungsdesign der Dissertation von Lorenz, die Wundt befreute.

⁵⁰ Vgl.: Stumpf, *Tonpsychologie*, I, S. 355.

⁵¹ Im 19. Jahrhundert Bezeichnung für Energie.

⁵² Tischer, »Über die Unterscheidung von Schallstärken«.

Schallstärke als noch nicht zufriedenstellend geklärtes Problem.⁵³ Dank diesem Umstand dürfen die Untersuchungen zur Wahrnehmung der Lautstärke als Teil der Geschichte der physikalischen Akustik betrachtet werden.

Ließ man im zeitüblichen Design auf eine schallerzeugende Unterlage von unterschiedlichen Höhen verschieden schwere Kugeln fallen, waren es nur 2 Variable, deren Zusammenhang definiert werden musste: Gewicht und Höhe.

Bei der Beziehung

$$i = c \times p \times h^\epsilon \text{ (Formel 5),}$$

in der p – das Gewicht der Kugel ist, h – die Höhe, von der sie fällt, und c – Konstante, blieb unklar, welche Werte ϵ annehmen konnte. Die physikalischen Messungen waren zu ungenau, um psychoakustische Feinheiten aufzuspüren. Im Gegenteil, von den wahrgenommenen Werten versprach man sich Aussagen über die Schallfeldgrößen, eine Denkweise, die das doppelte Ergebnis der Untersuchung von Starke belegt:

»Das Resultat ist als ein dem Weber'schen Gesetze günstiges zu betrachten, was offenbar indirekt die Richtigkeit des [...] von uns gefundenen Schallmaßes bestätigt.«⁵⁴

Die Messungen der Schallstärke blieben auch außerhalb von Wundts Labor ein Problem. Auch Stumpf schwebten weitere Messungen der Schallintensität vor, wobei auch er von der Messbarkeit der wahrgenommenen Größe (entspricht heute der *Lautheit*), ausging. Mit etwas Übung »liesse sich [...] ein Stärkemesser der Empfindung construiren«, träumte er.⁵⁵

Mehrere Untersuchungen zur Lautstärkewahrnehmung folgten in den 1880er Jahren dicht aufeinander. Sie lassen u. a. gut die Besonderheiten der damaligen Forschungsansätze beobachten. Auch Merkel blieb an dem Thema und testete in diesem Zusammenhang seine »Methode der doppelten Reize«.⁵⁶ Wundts US-amerikanischer Doktorand Frank Angell legte zeitnah eine korrespondierende Untersuchung vor, in der, genau wie bei Merkel, mehrere Messmethoden nebeneinander eingesetzt wurden.⁵⁷ Die Notwendigkeit zur Validierung empirischer Daten wurde, wie man daraus erkennt, zum Programm.

Angell griff indessen auf die Experimente Merkels zurück und versuchte sie zu replizieren. Er hinterließ ein bemerkenswertes Zeugnis über den Pluralismus der Forschungsansätze in der Versuchsanstalt. Unter Anwendung der Methode der doppelten Reize, so Angell,

»[...] und im Zusammenhange mit der Methode der Minimaländerungen und der Methode der mittleren Abstufungen hat [Merkel] insbesondere versucht, eine Entscheidung zu treffen zwischen den Ansprüchen der Verhältnis- und der Unterschiedshypothese in Bezug auf die Abhängigkeit der Empfindung von Reiz.«⁵⁸

⁵³ Paul Starke, »Die Messungen von Schallstärken«, in: *Phil. Stud.* № 3 (1886): S. 264–304, hier: S. 266. Starke beschreibt auch das neue, extra für seine Untersuchung konzipierte Gerät – die »von Herrn Prof. Wundt ersonnene Vorrichtung«, – die elektromagnetisch funktionierte (Starke, S. 269).

⁵⁴ Starke, S. 304. Starke ermittelte den $0,88 < \epsilon < 0,91$ (S. 301).

⁵⁵ Stumpf, *Tonpsychologie*, I, S. 398.

⁵⁶ Merkel, »Das psychophysische Grundgesetz in Bezug auf Schallstärken«, in: *Phil. Stud.* № 4 (1888), S. 117–160 und S. 251–291; »Die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung, 3. Abtheilung«.

⁵⁷ Frank Angell, »Untersuchungen über die Schätzung von Schallintensitäten nach der Methode der mittleren Abstufungen«, *Phil. Stud.* № 7 (1892), S. 414–468. Angell verwarf jedoch die Methode der doppelten Reize, u.a. weil die mit ihr erzielten Ergebnisse nicht mit den Ergebnissen aus anderen Messungen übereinstimmten (S. 467 f.)

⁵⁸ Angell, S. 414.

Diesem Satz ist eine außerordentlich wichtige Information zu entnehmen – die Aussage zum Konkurrenzverhältnis zwischen zwei Modellen des Reiz-Reaktions-Paradigmas, die Angell im obigen Zitat als eine Verhältnis- und eine Unterscheidungshypothese bezeichnete. Auch diese Aussage bedarf einer ausführlichen Erklärung.

Vielen Darstellungen zu Folge wurde um die Mitte des 20. Jahrhunderts durch Stanley Smith Stevens eine doppel-logarithmische Abhängigkeit entdeckt und bewiesen:⁵⁹

$$\log E = c \times \log R + d \quad (\text{Formel 6a}),$$

wobei E für Empfindungswerte und R für physikalische Werte steht. Die alternative (und bekanntere) Schreibweise der Formel ist:

$$E = d \times R^c \quad (\text{Formel 6b});$$

bei bestimmten Werten des (reizabhängigen) Exponenten – bei $0 < c < 1$ – ähnelt der Verlauf wohl-gemerkt einem solchen von Fechner in seiner Formel (3).

Kaum bekannt ist, dass der Zusammenhang (6b) im 19. Jahrhundert durchaus geläufig war – unter der Bezeichnung »Verhältnishypothese«. Fechner selbst ließ in den 1880er Jahren die Möglichkeit verschiedener Auslegungen seines Grundgesetzes zu und schrieb in *Philosophische Studien* beide Formeln (3) und (6b) nebeneinander nieder.⁶⁰ Erstere sei von ihm entdeckt worden, die zweite von Plateau und Franz Brentano, so Fechner.⁶¹ In Wundts Umfeld war also die Potenzformel (Formel 6b) – allein durch die Veröffentlichung in *Philosophische Studien* – bekannt und wurde untersucht. Wundt selbst nahm sie in seine Texte auf und nannte auch die Autorenschaft Plateaus.⁶² Offensichtlich geht es bei Stevens weniger um die Entdeckung, sondern eher um die »Durchsetzung« des doppel-logarithmischen Verhältnisses, das er durch neue Untersuchungsdesigns besser belegen konnte. Wundt stand der Verhältnishypothese eher skeptisch gegenüber,⁶³ ein Umstand, der auf die Untersuchungen seiner Schüler abfärbte.⁶⁴

Die Experimente zur Messung der Lautstärke waren für ihre Zeit technisch anspruchsvoll und sollen an anderer Stelle weiter analysiert werden. Auch nach 150 Jahren scheint die Frage nach einer adäquaten Beschreibung der Lautstärkewahrnehmung nicht endgültig beantwortet zu sein, denn auch das Potenzgesetz gilt bei der Bestimmung der Lautheitsfunktion lediglich im Bereich zwischen 40 dB und 90 dB.⁶⁵

⁵⁹ Stanley Smith Stevens, »A scale for the measurement of the psychological magnitude: loudness«, in: *APA Journals, Psychological Review*, 43/5 (1936), S. 405–416, und Ders., »On the psychophysical law«, in: *Psychological Review* 64 (1957), S. 153–182; Vgl.: Christoph Reuter, »Der Zuhörer«, in: *Musikalische Akustik* (= Kompendien Musik 16), hrsg. von Ders. und Auhagen, Laaber 2014, S. 161–194, hier: S. 166 f.; Artikel »Psychophysik«, in: Dorsch Lexikon der Psychologie, <https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/psychophysik>, 17.9.2020; Christian Becker-Carus, Mike Wendt, *Allgemeine Psychologie. Eine Einführung*, Berlin 2017, S. 80.

⁶⁰ Fechner, »Ueber die physischen Maßprinzipien und das Weber'sche Gesetz«, in: *Phil. Stud.* № 4 (1888), S. 161–230, hier: S. 174.

⁶¹ Ebd. Die Bezeichnung »Unterschiedshypothese« korrespondiert bemerkenswerterweise mit späterer Auffassung, dass Fechners Konstrukt eher das Gesetz der Unterscheidbarkeit als das der Empfindungsintensität abbilde.

⁶² Vgl.: Wundt, *Grundzüge der Physiologischen Psychologie*, I, S. 549.

⁶³ Plateaus Formel sei demnach weniger sinnvoll als die von Fechner, da erstere mathematisch die Empfindungsschwelle verneine. Die Empfindung E sei nur dann gleich Null, wenn physikalischer Wert R gleich Null sei (Wundt, *Grundzüge*, S. 549). Dabei kann die Reizstärke als $(R - R_0)$ aufgefasst werden und würde dabei den Schwellenwert mitberücksichtigen.

⁶⁴ So kam auch Angell zum Ergebnis, dass die Verhältnishypothese im Bereich der Schallstärken verworfen werden kann (Angell, »Untersuchungen über die Schätzung«, S. 467).

⁶⁵ Walt Jesteadt, Lori J. Leibold, »Loudness in the laboratory, P. I: Steady-State Sounds«, in: *Loudness*, hrsg. von Mary Florentine, Arthur N. Popper, Richard R. Fay, New York et al. 2011, S. 109–145, hier: S. 111; Eberhard Zwicker, Hugo Fastl, *Psychoacoustics. Facts and Models*, Berlin et al. 2007.

Zur technischen Ausstattung

Da bislang vor allem auf die Wahrnehmung der Tonhöhe und Schallstärke eingegangen wurde, soll nun kurz das entsprechende Instrumentarium erwähnt werden.⁶⁶

Zur Erzeugung definierter Tonhöhen nutzte man im Falle der obertonarmen Klänge die Stimmgabeln, die jeweils auf einem auf ihren Grundton gestimmten Resonanzboden befestigt wurden (Abb. 2). Die Tonhöhe der Gabeln war durch Verschiebung von Laufgewichten regulierbar. Angeregt wurden die Stimmgabeln in der Regel elektrisch (vgl. die elektromagnetische Vorrichtung auf Abb. 3). Der Versuchsleiter konnte sich im Raum des Experiments befinden und brauchte beim blinden Experimentdesign keine Assistenz.⁶⁷ Bei den in den Erhebungen von Luft und Lorenz beschriebenen Geräten handelte es sich offensichtlich um eine »Mischform« aus den unten abgebildeten.



Abb. 2: Stimmgabeln auf Resonanzkasten⁶⁹



Abb. 3: Elektromagnetische Stimmgabel (I)⁶⁸

Benötigte man obertonreiche Klänge, wurden die Appunn'schen Tonmesser – Harmonium-ähnliche Geräte – eingesetzt (Wolfe,⁷⁰ Georg Kaestner). Kaestner bezeugte auch eine der Besonderheiten der unter Wundts Leitung durchgeführten Experimente – als Reize setzte man sowohl musikrelevante Töne ein als auch Töne, die (im abendländischen Kulturkreis dieser Zeit) keine Verwendung fanden. So konnte Kaestner in seinen Versuchen die Wirkung von »Verstimmungen von Konsonanzen« beobachten.⁷¹ Diese Besonderheit konnte bereits im oben skizzierten Experiment von Lorenz festgestellt werden, wobei sie dort durch die Methode der mittleren Fehler hervorgerufen worden war.⁷²

Die beschriebenen Instrumente sind für das letzte Drittel des 19. Jahrhunderts typisch und werden als zuverlässig beschrieben. Stumpf setzt noch mehrere Jahre später, bspw. bei seiner Studie zur Forman-

⁶⁶ In Wundt Nachlass (12,00 laufende Meter allein im Universitätsarchiv Leipzig) finden sich zahlreiche Messvorrichtungen, die musikpsychologische Untersuchungen vermuten lassen: Elektromagnetischer Schallhammer, Hörschärfprüfer, Sirene u.a.

⁶⁷ Die Zuleitung der Klänge in den Raum des Experiments geschah in vielen Fällen durch eine Röhre, wobei besonders auf die Reinheit der Töne Wert gelegt wurde.

⁶⁸ UBL, Nachlass Wilhelm Wundt, Sign.: NA Wundt/Objekte/2, Bestand Kalliope-Verbund.

⁶⁹ UBL, Nachlass Wilhelm Wundt, Sign.: NA Wundt/Objekte/5, Bestand Kalliope-Verbund.

⁷⁰ Harry K. Wolfe, »Untersuchungen über das Tongedächtnis«, in: *Phil. Stud.* № 3 (1886), S. 534–571, hier: S. 534. Auch dieser Studie ging eine vergleichbare Analyse voraus – eine solche, an gesprochenen Silben.

⁷¹ Georg Kaestner, *Untersuchungen über den Gefühlseindruck unanalysierter Zweierklänge*, Sonderdruck, Leipzig, Phil. Diss. 1908, S. 9.

⁷² Stumpf wandte dagegen ein, man solle nur im Bereich musikrelevanter Töne forschen (Stumpf, »Ueber Vergleichungen von Tondistanzen«, in: *Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane*, Bd. 1 (1890), S. 419–462, hier: S. 422 f.)

tenbildung, neben den Interferenzröhren sowohl die Stimmgabeln auf Resonanzböden als auch die Appunn'schen Tonmesser ein.⁷³

Zur Erzeugung von Geräuschen mit definierter Intensität (Tischer, Starke) verwendete man in Wundts Labor Vorrichtungen, in denen die Fallhöhe bzw. die Fallhöhe und das Gewicht der fallenden Kugeln einstellbar waren: das Schallpendel und das Fallphonometer.⁷⁴ Das Schallpendel, eingesetzt bereits von Fechner und Karl von Vierordt, diente vor allem der Bestimmung von Minimaländerungen in der Lautstärkeempfindung durch feststellbare Höhenunterschiede. Für die mehrfachen Vergleiche zwischen den Empfindungen der Lautstärke (und vor allem zwischen solchen, die stark übermerklich waren) arbeitete man vorzugsweise mit jenem zweiten Gerät, dem Fallphonometer mit frei fallenden Kugeln (Lorenz, Starker). Musste das Pendel manuell bedient werden, wurde die Fallzeit des Phonometers bereits elektromagnetisch eingestellt. Die Vorrichtungen wurden in den Erhebungen von Wundts Doktoranden erweitert, so verzeichnete man bspw. »verbesserte Einrichtungen am Fallphonometer«.⁷⁵

Nach der Jahrhundertwende wandte man sich in Leipzig einer neueren technischen Errungenschaft – dem Telefonapparat – zu. Im Jahr 1906 setzte Gustav Kafka das Telefon zur Regulierung der Lautstärke ein,⁷⁶ ein Verfahren, das der Zeit weit voraus war. Dabei hatte Kafka wohl gleich mehrere Probleme zu lösen. Wundt zählte in seinem Gutachten Aufgaben wie »Vermeidung von Reflexions-, Interferenzeinwirkungen u. dergl.« und die Justierung von »schwer festzuhaltend[en] Intensitätsabstufungen« auf.⁷⁷ Abgesehen davon, dass in den Leipziger Berichten häufig die Verwendung von Telefonapparaten erwähnt wurde, kam ihrem Ansatz im Zusammenhang mit akustischen Fragestellungen auch in der Folgezeit eine große Bedeutung zu. Unter Anwendung des Kafka'schen Prinzips brachte Heinrich Barkhausen zwanzig Jahre später (1927) den ersten Schallpegelmessers zum Patent.⁷⁸

Binaurale Beats, Stereophonie und Lokalisierung der Verarbeitung

Es gab im Psychologischen Institut mitunter auch ganz ungewöhnliche Versuche. Ein besonderes Experimentdesign und bemerkenswerte Erkenntnisse lassen sich in der Untersuchung von Paul Rostovsky finden. In seiner Arbeit, deren Gesamttitel »Über funktionelle Beziehungen beider Gehörorgane« lautet, untersuchte Rostovsky nichts geringeres als die binaurale Wahrnehmung. Bemerkenswerterweise hat der Verfasser im Jahr 1897 nur den theoretischen Teil seiner Untersuchung in Druck vorgelegt, den Bericht des Experiments aber erst fünf Jahre später.⁷⁹ Gerade in dieser, verspäteten Veröffentlichung des empirischen Teils der Arbeit findet man erstaunliche Fragestellungen und Beobachtungen, die durch eine zeittypische Deutung der binauralen Schwebungen nicht verdeckt werden sollten. Allein das ehrgeizige Ziel des empirischen Teils war es, die Verarbeitungsprozesse zu lokalisieren:

⁷³ Stumpf, *Die Sprachlaute*, Berlin und Heidelberg 1926, bspw. S. 9 ff.

⁷⁴ Wundt, *Grundzüge*, I, S. 511 und 512 f.

⁷⁵ Wundt, Gutachten Hans Keller, Promotionsakte, UAL: Phil. Fak. Prom. 07066, 2. Bl. 1, V.

⁷⁶ Gustav Kafka, *Über das Ansteigen der Tonerregung*, Sonderdruck, Leipzig: Phil. Diss. 1905/1906.

⁷⁷ Wundt, Gutachten Gustav Kafka, Promotionsakte, UAL: Phil. Fak. Prom. 6904, Bl. 1, V.

⁷⁸ Barkhausen nutzte das Telefon, um ein Umwelt-Geräusch an dem Referenzgeräusch zu messen (Vgl.: Schick, *Schallbewertung: Grundlagen der Lärmforschung* S. 149).

Informationen zur Nutzung weiterer Vorrichtungen findet man in: Heinz Maximilian Wontorra, »Apparatgestützte experimentelle Psychologie an Wundts Institut«, https://home.uni-leipzig.de/wundtbrieft/pdf/reschke_manuscript.pdf, 12.09.2020; Ders., *Frühe apparative Psychologie*, Tönning et al. 2009.

⁷⁹ Paul Rostovsky, »Ueber binaurale Schwebungen«, in: *Phil. Stud.* № 19 (1902), S. 557–598.

»Die Untersuchung der binauralen Schwebungen zielt ab auf die Lösung der Frage, ob dieselben nach kreuzweiser Ueberleitung jedes Tones durch die Kopfknochen in den Gehörorganen, oder ob sie erst im Gehirn zu Stande kommen.«⁸⁰

Im psychophysischen Wahrnehmungsmodell – dem Stimulus-Response-Modell – blieb das Gehör als eine Art Black Box außerhalb der Betrachtung. Die Verarbeitung selbst galt innerhalb des Modells als nicht beobachtbar und somit gegenstandslos für die Forschung. Vor diesem Hintergrund kündigte sich bei der Frage, wo genau die dichotisch zugeleiteten Reize aufeinandertreffen würden, eine neue Betrachtungsweise an.

Die Anordnung der Untersuchung sah zwei unterschiedliche Wege der Reizzuleitung vor: einen vom Verfasser so bezeichneten »aëro-tympanal« und einen »kranio-tympanal« Weg.⁸¹ Im ersten Fall wurden die Töne über zwei Messingröhren zu den Ohren geleitet, wobei besonderer Wert darauf gelegt wurde, dass beide Röhren einander identisch waren. Im zweiten Fall führte man die Klänge an bestimmten Stellen direkt zu den Schädelknochen; die Ohren selbst blieben in dieser Sitzung verschlossen. Um annähernd gleiche Positionen am Schädel zu treffen, nutzte man Positionierungs-Netze wie beim heutigen EEG.

Zu Beginn des Experiments, quasi als seine Vorstufe, wurde das Phänomen einer Phantomschallquelle registriert. Aus heutiger Sicht war dieses Ergebnis für die Untersuchung zentral. Auch hier dominierte die Forschungsfrage »Wo?« – »Wo kommen die Klänge her?« Bei der dichotischen Zuführung von ein- und demselben Ton gaben die Probanden nämlich an, dass die Tonquelle für sie eindeutig lokalisierbar gewesen sei – die empfundene Schallquelle wurde übereinstimmend der »Medianebene des Kopfes« zugeordnet.⁸² Aus späterer Perspektive betrachtet, ließ sich hier der Effekt des Stereohörens beobachten, der in weiteren Versuchen noch präziser erfasst werden konnte – wurde eines der Signale lauter, verschob sich für die Probanden die Position der Phantomschallquelle in ebendiese Richtung.⁸³

Doch zurück zum Ausgangspunkt – den binauralen Beats. Bei der Zufuhr von leicht voneinander abweichenden Tönen (man setzte Tonpaare ein, deren Differenzen zueinander zwischen 10 Hz und 0,017 Hz betragen⁸⁴) nahmen Versuchspersonen, wie erwartet, Schwebungen wahr. Aus dem weiteren Analyseverlauf ist von Belang, auf welche Weise man zu einer zeittypischen Erklärung (dem Prinzip der sog. peripheren Interferenz) gelangte. Aus dem vorhin beschriebenen »Wandern« einer Phantomschallquelle – eine nicht nur korrekte, sondern für die weitere Entwicklung musikalischer Akustik außerordentlich wichtige Beobachtung – leitete der Versuchsleiter die These ab, die Ohren würden jeweils versuchen, auf die nicht unmittelbar an sie adressierten Töne zuzugreifen:

»In den mechanischen Theilen beider Gehörorgane haben wir die beiden Interferenzorte vor uns; dort sind die Bewegungen sicherlich von oscillatorischer Art; die Wege, welche jeder Reiz bis zu den beiden Interferenzorten zurückzulegen hat [...], haben, wie gefordert, naturgemäß verschiedene akustische Länge[n] [...].«⁸⁵

Auch wenn Gerald Oster vorliegenden Text vermutlich nicht kannte, trifft seine Aussage zu:

⁸⁰ Rostosky, »Ueber binaurale Schwebungen«, S. 569.

⁸¹ Rostosky, S. 563.

⁸² Rostosky, S. 570.

⁸³ Stereophonie wurde Ende des 19. Jahrhunderts im Rahmen der Elektrizitätserfindungen entdeckt und der Öffentlichkeit vorgestellt (Clément Adler 1881), jedoch nicht physiologisch untersucht.

⁸⁴ Der Autor schreibt von Tonpaaren, bei denen zwischen 10 Schwebungen pro Sekunde und einer pro Minute wahrnehmbar waren (a. a. O., S. 572).

⁸⁵ Rostosky, S. 589. Rostosky nahm aber andere Erklärungsmodelle wie bspw. cerebrale Interferenz in seine Diskussion mit auf (S. 590 f.)

»Binaural beats were discovered in 1839 [...], but as late as 1915 they were considered a trivial special case of monaural beats. It was argued that each ear hearing sounds intended for the other.«⁸⁶

Musikwerke anstatt einzelner Parameter

Wie man bislang beobachten konnte, wurde in Leipzig in der Regel tonpsychologisch gearbeitet – aber nicht ausschließlich. Bei Wundts späterem Assistenten Paul Mentz stand unter anderem auch das »Anhören ganzer Kompositionen« auf dem Prüfstand.⁸⁷ Abgedruckt in verschiedenen Heften der Zeitschrift *Philosophische Studien* des Jahrgangs 1895, hatte der Forschungsbericht einen beachtlichen für damalige Zeit Umfang von 124 Seiten.⁸⁸ Inhaltlich war er ausgesprochen vielseitig, was allein schon aus der bloßen Aufzählung der Forschungsobjekte hervorgeht:

»So wurden [...] der Reihe nach in ihrer Einwirkung auf Puls und Athmung untersucht: 1) Das einfache Geräusch und der einfache Ton, sowie ihre Variirung nach Intensität und Qualität, d.h. Tonstärke und Tonhöhe. 2) Die Folge von einfachen Geräuschen und einfachen Tönen, unter anderem auch Tempo und Takt. 3) Die Lust und Unlust und der Affect als im Laufe der Versuche nicht zu vermeidende und zugleich in der musikalischen Composition besonders verwerthete Factoren. 4) Die Aufmerksamkeit, da sie bei solchen Versuchen überhaupt und ebenso beim Anhören von Compositionen sehr von Einfluss ist. Schließlich 5) die in musikalischen Compositionen vorliegende Vereinigung aller dieser Factoren.«⁸⁹

Bemerkenswert ist hier nicht nur der letztgenannte Punkt 5). In Einklang mit Wundts Apperzeptionstheorie geht es sowohl unter 3) als auch bei 4) explizit um die Relevanz bestimmter Positionen für die Wahrnehmung von Gesamtwerken. Man kann erwidern, dass in den Augen des Autors die Wirkung eines Werkes schlichtweg die Summe der Einzelwirkungen von Elementen darstellte. Und der Gedanke ist berechtigt. Die explizite Zielsetzung, »die in musikalischen Compositionen vorliegende Vereinigung aller [...] Factoren« zu prüfen bedeutete aber eine neue Qualität, somit auch eine frühe Annäherung an die Aussagen zur ganzheitlichen Wahrnehmung, die drei Dekaden später im Kreise um Max Schoen populär wurde:

»The studies [...] deal for the most part with the effects of musical selections in their entirety. It is not the melodic fragment whose influence on the organism intrigues the interest of these investigators. It is the whole melody, heard in all the complex setting of its harmonic background. And it is not alone the motor phenomena induced by these melodies, but all their effects on feeling and thought as well as action, which from the objects of study.«⁹⁰

Als Reize eingesetzt wurden im letzten Abschnitt von Mentz's Erhebung Fragmente aus bekannten Kompositionen wie Beethovens *Sonate As-Dur op. 26*, Chopins *Sonate b-Moll op. 35* oder Liszts sinfonische Dichtung *Prometheus*. Nach Aussage des Autors lagen der Auswahl der Beispiele spieltechnische Überlegungen zugrunde – die Werke sollten auf dem zur Verfügung stehenden Harmonium adäquat dargeboten werden können.

Neu war nicht nur die Beschaffenheit der Stimuli, sondern auch das Design der Auswertung. Zum Notieren von Beobachtungen oder Störungen des Verlaufs nutzte man auch schon früher die Trommel einer Maschine zur Pulsaufzeichnung. Im vorliegenden Szenario synchronisierte man aber den kompletten Notentext der vorgetragenen Beispiele mit der Ausgabe der Pulsdaten:

⁸⁶ Gerald Oster, »Auditory beats in the brain«, in: *Scientific American*, 229/4 (1973), S. 94–102, hier: S. 95.

⁸⁷ Paul Mentz, »Die Wirkung akustischer Sinnesreize auf Puls und Athmung«, in: *Phil. Stud.* № 11 (1895), S. 61–124; 371–393; 563–602, hier: S. 580.

⁸⁸ Als Sonderdruck (Paul Mentz, *Untersuchungen über die Wirkungen akustischer Reize auf Puls und Atem*, Leipzig: Phil. Diss. 1894/95) hat sie den Umfang von 66 Seiten.

⁸⁹ Mentz, »Die Wirkung akustischer Sinnesreize«, S. 62.

⁹⁰ Walter V. D. Bingham, »Introduction«, in: *The Effects of Music*, ed. by M. Schoen, London 1927, S. 1–9, hier: S. 7. Gemeint ist das Nebeneinander von tonpsychologischen und ganzheitspsychologischen Fragestellungen.

»Um den Verlauf der Pulswirkung auch im Einzelnen verfolgen zu können, wurde [...] eine Copie der betreffenden Composition mit Taktzahlen versehen neben die Trommel [des Kymographen] gelegt und nach ihr und dem Gehörten selber der Verlauf der Composition im Einzelnen durch kurze Zeichen auf der Trommel festgehalten.«⁹¹

So formulierte Mentz zu den Takten 1–31 aus dem 3. Satz (*Marcia funebre*) von Beethovens *Sonate op. 26* zunächst eine allgemeine Beschreibung:

»Dem obigen Aufbau entsprechend zeigten sich nun Pulsverlängerungen bei allen Abschlüssen, der Lust an der Vollendung entsprechend, ferner bei plötzlich zunehmender Tonstärke und bei vollkommenen Consonanzen; eine Pulsverkürzung aber bei jener schrillen starken Dissonanz, die wie ein Aufschrei des Schmerzens wirkt.«⁹²

Die detaillierten Ergebnisse der Puls- und Atmungsaufzeichnung wurden anschließend Takt für Takt mit dem musikalischen Verlauf des Werkes verglichen – eine für das 19. Jahrhundert außergewöhnliche Analyseverfahren.

Wundts vermeintliche Skepsis gegenüber direkter experimenteller Erfassung komplexer Ereignisse ist vor dem Hintergrund der letzten Studie eher als eine Bescheidenheit zu deuten. Zu Beginn seiner *Völkerpsychologie* schrieb er bspw. sehr distanziert: »Die zusammengesetzten psychischen Bildungen [sind] [...] nicht oder nur in gewissen äußeren und nebensächlichen Eigenschaften dem Experiment zugänglich [...]«.⁹³ Diese haben die Doktoranden seines Instituts explizit untersucht.

Zusammenfassung

Die in Wundts Psychologischem Institut durchgeführten Experimente stellen eine zu Unrecht bisher unberücksichtigte und nur unzureichend aufgearbeitete Menge an Quellen dar. Sie zeugen von einer außergewöhnlichen Systematik der Fragestellungen. In seinem Labor folgte Wundt zuerst dem Ziel, die Messbarkeit von Empfindungsintensitäten zu belegen und die Eckgrößen für verschiedene Sinne zu ermitteln. Ferner wurde Emotions- und Bewusstseinsforschung betrieben. Einige Experimente trugen zu grundlegenden Erkenntnissen der Akustik bei (Messungen der Schallintensität), die anderen zu solchen der Psychoakustik (Tonhöhenwahrnehmung). Unter den wichtigen Beiträgen sind Entwicklungen neuer Methoden (Verhältnisherstellungsmethode), Beobachtungen neuer psychophysischer Phänomene (Phantomschallquelle) sowie physiologische Messungen bei der Wahrnehmung musikalischer Elemente und sogar musikalischer Ereignisse in ihrer Gesamtheit. Die Anfänge der Psychophysik sind also in besonderem Maße tonpsychologisch geprägt worden.

⁹¹ Mentz, »Die Wirkung akustischer Sinnesreize«, S. 584 ff.

⁹² Mentz, S. 590 f.

⁹³ Wundt, *Völkerpsychologie, Eine Untersuchung der Entwicklungsgesetze von Sprache, Mythos und Sitte*, Bd. I, T. I, Leipzig³ 1911, S. 35.

Literaturverzeichnis

- Angell, Frank: »Untersuchungen über die Schätzung von Schallintensitäten nach der Methode der mittleren Abstufungen«, *Phil. Stud.* № 7 (1892), S. 414–468.
- Araujo, Saulo de F.: *Wundt and the Philosophical Foundations of Psychology. A Reappraisal*, New York 2016.
- Becker-Carus, Christian; Wendt, Mike: *Allgemeine Psychologie. Eine Einführung*, Berlin 2017.
- Bingham, Walter Van Dyke.: »Introduction«, in: *The Effects of Music*, hrsg. von Max Schoen, London 1927, S. 1–9.
- Blecher, Jens: »Die Doktorbücher. Akademische Beurkundungen, Falschaussagen und historische Sozialstatistik in Massenquellen des 15.–20. Jahrhunderts«, in: *Archivalische Zeitschrift*, 90 (2008), S. 173–208.
- Eckardt, Georg: *Ausgewählte Texte zur Entstehung der Psychologie als Wissenschaft. In Memoriam Wilhelm Wundt*, Wiesbaden 2019.
- Fahrenberg, Jochen: *Wilhelm Wundt – Pionier der Psychologie und Außenseiter? Leitgedanken der Wissenschaftskonzeption und deren Rezeptionsgeschichte*, Freiburg 2011, <https://doi.org/10.23668/psycharchives.10417>, 11.12.2022.
- Fahrenberg, Jochen: »Wilhelm Wundt (1832–1920). Eine Centenar Betrachtung«, in: *PsychArchives 2022*, <https://doi.org/10.23668/psycharchives.5580>, 11.12.2022.
- Fechner, Gustav Theodor: *Elemente der Psychophysik*, Leipzig 1860.
- Fechner, Gustav Theodor: »Ueber die physischen Maßprinzipien und das Weber'sche Gesetz«, in: *Phil. Stud.* № 4 (1888), S. 161–230.
- Fricke, Jobst P.; Louven, Christoph: »Psychoakustische Grundlagen des Musikhörens«, in: *Musikpsychologie*, hrsg. von Herbert Bruhn, Reinhard Kopiez und Andreas C. Lehmann, Reinbek 2008, S. 413–436.
- Gundlach, Horst: *Entstehung und Gegenstand der Psychophysik*, Berlin und Heidelberg 1993.
- Hui, Alexandra: *The Psychophysical Ear: Musical Experiments, Experimental Sounds, 1840–1910* (= Transformations: Studies in the History of Science and Technology), Cambridge 2013.
- Hoppe, Konrad: »Das Weber-Fechner'sche Gesetz unter besonderer Berücksichtigung der Süßintensität«, 2008, <http://www.ewald-gerth.de/Weber-Fechner.pdf>, 12.12.2022.
- Huron, David: »Chapter 14: Aesthetics«, in: *The Oxford Handbook of Music Psychology*, hrsg. von Susan Hallam, Ian Cross und Michael H. Thaut, Oxford 2009, S. 151–159.
- Jesteadt, Walt; Leibold, Lori J.: »Loudness in the laboratory, P. I: Steady-State Sounds«, in: *Loudness*, hrsg. von Mary Florentine, Arthur N. Popper, Richard R. Fay, New York et al. 2011, S. 109–145.
- Jüttemann, Gerd (Hg.): *Wilhelm Wundts anderes Erbe. Ein Missverständnis löst sich auf*, Göttingen 2006.
- Kaestner, Georg: *Untersuchungen über den Gefühlseindruck unanalysierter Zweierklänge*, Sonderdruck, Leipzig: Phil. Diss. 1908.
- Kafka, Gustav: *Über das Ansteigen der Tonerregung*, Sonderdruck, Leipzig: Phil. Diss. 1905/1906.

- Klotz, Sebastian: »Akustik und Musikkultur-Vergleich«, in: *Systematische Musikwissenschaft. Ziele – Methoden – Geschichte* (= Kompendien Musik, 9), hrsg. von Wolfgang Auhagen, Veronika Busch und Jan Hemming, Laaber 2011, S. 75–81.
- Kursell, Julia: »Listening to More than Sounds: Carl Stumpf and the Experimental Recordings of the Berliner Phonogramm-Archiv«, in: *Technology and Culture* 60/2 (2019), S. 39–63.
- Lorenz, Carl Adolf: »Untersuchungen über die Auffassung von Tondistanzen«, in: *Phil. Stud.* № 6 (1891), S. 26–103.
- Luft, Eduard: »Ueber die Unterschiedsempfindlichkeit für Tonhöhen«, in: *Phil. Stud.* № 4 (1888): S. 511–540.
- Meischner-Metge, Anneros: »Wilhelm Wundt und seine Schüler«, in: *Zentenarbetrachtungen. Historische Entwicklungen in der neueren Psychologie bis zum Ende des 20. Jahrhunderts*, hrsg. von Horst-Peter Brauns, Frankfurt/M. 2003, S. 156–166.
- Mentz, Paul: »Die Wirkung akustischer Sinnesreize auf Puls und Athmung«, in: *Phil. Stud.* № 11 (1895), S. 61–124; 371–393; 563–602.
- Merkel, Julius: »Das psychophysische Grundgesetz in Bezug auf Schallstärken«, in: *Phil. Stud.* № 4 (1888), S. 117–160 und S. 251–291.
- Merkel, Julius: »Die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung, Erste Abtheilung«, in: *Phil. Stud.* № 4 (1888), S. 541–594.
- Merkel, Julius: »Die Abhängigkeit zwischen Reiz und Empfindung, 3. Abtheilung«, in: *Phil. Stud.* № 5 (1889), S. 499–557.
- Merkel, Julius: »Theoretische und experimentelle Begründung der Fehlermethode«, in: *Phil. Stud.* № 7 (1892): S. 558–629.
- de la Motte-Haber, Helga: »Einleitung«, in: *Musikpsychologie* (= Handbuch der Systematische Musikwissenschaft, 3), hrsg. von Helga de la Motte-Haber und Günther Rötter, Laaber 2005, S. 13–30.
- Oster, Gerald: »Auditory beats in the brain«, in: *Scientific American*, 229/4 (1973), S. 94–102.
- Plateau, Joseph Antoine Ferdinand: »Sur la mesure des sensations physiques, et sur la loi qui lie l'intensité de ces sensations à l'intensité de la cause excitante«, in: *Bulletins de l'Académie Royale des Sciences, des Lettres, et des Beaux-Arts de Belgique*, 33 (1872), S. 376–388.
- Preyer, William T.: *Über die Grenzen der Tonwahrnehmung*, Jena 1876.
- Reuter, Christoph: »Der Zuhörer«, in: *Musikalische Akustik* (= Kompendien Musik, 16), hrsg. von Christoph Reuter und Wolfgang Auhagen, Laaber 2014, S. 161–194.
- Rostosky, Paul: »Ueber binaurale Schwebungen«, in: *Phil. Stud.* № 19 (1902), S. 557–598.
- Schick, August: *Schallbewertung: Grundlagen der Lärmforschung*, Berlin und Heidelberg 1990, S. 142–147.
- Schierz, Christoph: »Die Psychophysik der Wahrnehmungsschwelle: Von Weber und Fechner zur Signaldetektionstheorie«, in: *Tagung Lux junior Dörnfeld* 2013, <https://www.tu-ilmeneau.de/fileadmin/public/lichttechnik/Publikationen/2013/Schierz.pdf>, 12.12.2022.
- Starke, Paul: »Die Messungen von Schallstärken«, in: *Phil. Stud.* № 3 (1886): S. 264–304.

- Stevens, Stanley Smith: »A scale for the measurement of the psychological magnitude: loudness«, in: *APA Journals, Psychological Review*, 43/5 (1936), S. 405–416.
- Stoffer, Thomas: »Kurze Geschichte der Musikpsychologie«, in: *Musikpsychologie. Das neue Handbuch*, hrsg. von Herbert Bruhn et al., Reinbek 2008, S. 655–664.
- Stumpf, Carl: *Tonpsychologie*, Bd. I, Leipzig 1883.
- Stumpf, Carl: »Ueber Vergleichen von Tondistanzen«, in: *Zeitschrift für Psychologie und Physiologie der Sinnesorgane*, Bd. 1 (1890), S. 419–462.
- Stumpf, Carl: *Die Sprachlaute*, Berlin und Heidelberg 1926.
- Tischer, Ernst: »Über die Unterscheidung von Schallstärken«, in: *Phil. Stud.* № 1 (1883), S. 495–542.
- Weber, Ernst Heinrich: *De pulsū, resorptione, auditu et tactu. Annotationes anatomicae et physiologicae*, Leipzig 1834.
- Wolfe, Harry K.: »Untersuchungen über das Tongedächtnis«, in: *Phil. Stud.* № 3 (1886), S. 534–571.
- Wontorra, Heinz Maximilian: *Frühe apparative Psychologie*, Tönning, Lübeck und Marburg 2009.
- Wundt, Wilhelm: *Grundzüge der Physiologischen Psychologie*, 1874, Leipzig⁵ 1902–1903.
- Wundt, Wilhelm: »Weitere Bemerkungen über psychische Messung«, in: *Phil. Stud.* № 1 (1883), S. 463–471.
- Wundt, Wilhelm: »Ueber Vergleichen von Tondistanzen«, in: *Phil. Stud.* № 6 (1891): S. 605–640.
- Wundt, Wilhelm: *Logik, Eine Untersuchung der Principien der Erkenntnis und der Methoden wissenschaftlicher Forschung*, Bd. 3: Logik der Geisteswissenschaften, Stuttgart³ 1908.
- Wundt, Wilhelm: *Völkerpsychologie, Eine Untersuchung der Entwicklungsgesetze von Sprache, Mythos und Sitte*, Bd. I, T. I, Leipzig ³1911.
- Zwicker, Eberhard; Fastl, Hugo: *Psychoacustics. Facts and Models*, Berlin und Heidelberg³ 2007.

Archivmaterialien

- Promotionsakte Hermann Burger (Wundt, Gutachten), UAL: Phil. Fak. Prom. 09920.
- Promotionsakte Gustav Kafka (Wundt, Gutachten), UAL: Phil. Fak. Prom. 6904.
- Promotionsakte Hans Keller (Wundt, Gutachten), UAL: Phil. Fak. Prom. 07066.
- Promotionsakte Paul Ernst Mentz (Wundt, Gutachten), UAL: Phil. Fak. Prom. 0722.