

# Studies 16

Katharina Preller

## Akustik-Wissen im Klavierbau des 19. Jahrhunderts

Hermann von Helmholtz' Klangforschung  
und ihre Rezeption bei Steinway & Sons



*Inventor  
L. F. Theodor Steinway  
für Steinway & Sons  
1850*

Deutsches Museum



Akustik-Wissen im Klavierbau des 19. Jahrhunderts

Hermann von Helmholtz' Klangforschung und ihre Rezeption bei Steinway & Sons

## **Deutsches Museum Studies**

Herausgegeben von Eva Bunge, Frank Dittmann, Sarah Ehlers, Ulf Hashagen,  
Marisa Pamplona, Matthias Röschner, Rudolf Seising

Band 16

**Katharina Preller** lehrt und forscht als wissenschaftliche Assistentin am Institut für Musikwissenschaft der LMU München. Nach ihrem Studium der Kunst- und Kulturgeschichte in Augsburg und Musikwissenschaft in München war sie von 2016 bis 2020 Doktorandin in der Leibniz-Forschungsgruppe »Materialität der Musikinstrumente« am Deutschen Museum. Am Orpheus Instituut in Gent wurde sie als Associate Researcher in das Forschungscluster »Declassifying the Classics. Rhetoric, Technology, and Performance, 1750–1850« aufgenommen. Seit 2018 ist sie Sprecherin der Fachgruppe »Instrumentenkunde« in der Gesellschaft für Musikforschung und bereitet in dieser Funktion die Ko-Herausgabe eines Bandes der Reihe »Kompendien Musik« im Laaber-Verlag vor.

Katharina Preller

**Akustik-Wissen im Klavierbau des 19. Jahrhunderts**  
Hermann von Helmholtz' Klangforschung  
und ihre Rezeption bei Steinway & Sons

Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <https://dnb.dnb.de> abrufbar.

Diese Publikation – ausgenommen Zitate und Abbildungen – ist lizenziert unter Creative Commons CC BY-SA 4.0. Siehe Abbildungsverzeichnis für Bildnachweise.

Katharina Preller: »Akustik-Wissen im Klavierbau des 19. Jahrhunderts – Hermann von Helmholtz' Klangforschung und ihre Rezeption bei Steinway & Sons«

© Deutsches Museum Verlag, 2026

Alle Rechte vorbehalten

Redaktion: Dorothee Messerschmid-Franzen, Markus Ehberger

Satz, Layout, Umschlaggestaltung: Jutta Esser

Umschlagmotive: Abb. 28 und 44

Druck und Bindung: Steiner Druck, Eichenried

ISSN 2365-9149

ISBN 978-3-948808-40-2

URN: nbn:de:bvb:210-dm-studies16-5

# Inhalt

## 9 **Einleitung**

### 21 **Die »Sinnesapparate« der Akustik im 19. Jahrhundert**

- 26 [Die Akustik vor Helmholtz – eine verspätete Disziplin?](#)
- 27 [Experiment und Empirie](#)
- 29 [Verwendung wissenschaftlicher Apparate](#)
- 32 [Klangfarbe](#)
- 34 [Das Zeitalter der Akustik-Apparate](#)
- 34 [Schlaglichter auf die Apparate bis ca. 1860](#)
- 45 [Die frühen Mechaniken und ihr Sortiment – Albert Marloye und Rudolph Koenig](#)

### 51 **Hermann von Helmholtz' Akustikforschungen**

- 51 [Zwischen den Disziplinen – biografische Hintergründe](#)
- 53 [Grundsteinlegung der physiologischen Akustik \(ca. 1855–1863\)](#)
- 55 [Kombinationstöne, Schwebungen und andere »Störungen«](#)
- 57 [Musikgeschichte als Quelle hörphysiologischer Fallstudien](#)
- 60 [»Klangfarben zusammensetzen«: Untersuchung der Vokale](#)
- 62 [Theorie der Luftschwingungen](#)
- 63 [Fazit](#)
- 65 [Die Apparate und ihre Erbauer](#)
- 65 [Ferdinand Sauerwald, Berlin: Doppelsirene \(1855/1856\)](#)
- 66 [Friedrich Fessel, Köln: Klangsyntheseapparat \(1858\)](#)
- 69 [Rudolph Koenig, Paris: Resonatoren, Vibrationsmikroskop, Orgelpfeifen \(ca. 1859\)](#)
- 72 [Georg Appunn, Hanau: Orgelpfeifen \(ca. 1865–1870\)](#)
- 73 [»Denn es scheint, daß wir alle musikalische Instrumente sind« – Apparat, Instrument und Körper](#)
- 77 [»Die Lehre von den Tonempfindungen«](#)
- 77 [Entstehung, Aufbau und Rezeption](#)
- 84 [Die Untersuchung der Klangfarben von Musikinstrumenten](#)
- 86 [Das Klavier in der »Lehre von den Tonempfindungen«](#)
- 92 [Von der Physharmonika zum Reinharmonium: reine Stimmung in der Akustikforschung](#)

### 101 **Helmholtz' Steinway-Flügel, New York 1871**

- 101 [Wie intensiv war der Kontakt zwischen Steinway und Helmholtz?](#)
- 105 [Objektbiografie des Helmholtz-Flügels](#)
- 114 [Spätere Kontakte und weitere Flügel-Leihgaben](#)
- 117 [Dokumentation des Helmholtz-Flügels](#)
- 117 [Bauliche Besonderheiten](#)
- 123 [Messungen](#)

## **131 Die Entwicklung der Duplex-Skala bis ca. 1885**

- 131 [Zum Namen der Erfindung](#)
- 134 [Historische Erklärungsversuche der Funktionsweise](#)
- 138 [Theodore Steinways US-Patent vom 14. Mai 1872](#)
- 143 [Debatte zwischen Theodore Steinway, Ludwig Bösendorfer und Ludwig Beregszászy, 1875](#)
- 149 [Bezüge zur zeitgenössischen Akustikforschung und andere mögliche Vorbilder](#)
- 153 [Chronologische Entwicklung der Duplex-Skala unter Theodore Steinway](#)
- 153 [Die Anfänge \(1872–1875\)](#)
- 157 [Nach Einführung des Kapodasters 1875](#)
- 160 [Überarbeitungen der Duplex-Skala \(1880–1884\)](#)
- 161 [Zusammenfassung](#)

## **163 Theodore Steinways Umgestaltung des Flügels (1868–1885)**

- 163 [Von Steinweg zu Steinway – Klavierbau zwischen Seesen und New York](#)
- 165 [Besonderheiten der amerikanischen Flügelproduktion](#)
- 167 [Steinweg vor Steinway](#)
- 170 [Die Auswanderung](#)
- 172 [Viele Wege zum Erfolg](#)
- 177 [Biografische Hintergründe](#)
- 183 [Der Flügelbau unter Theodore Steinway](#)
- 186 [Theodore Steinways Patentkonstruktionen](#)
- 189 [Auswertung](#)
- 201 [Technische Briefe von Theodore Steinway an Henry Ziegler](#)
- 204 [Fazit zu Theodore Steinways Arbeitsweise](#)

## **207 Die frühe Rezeption von Akustikforschung im Klavierbau**

- 207 [Vermittlung von Akustik-Wissen durch Klavierbau-Lehrbücher ab ca. 1830](#)
- 213 [Die Ablösung der geometrischen Konstruktionsgrundlagen](#)
- 225 [Synthese: Was macht die »Wissenschaftlichkeit« im Klavierbau aus?](#)

## **230 Dank**

## **232 Anhang**

- 232 [Anhang A: Themenkreis Helmholtz](#)
- 232 [Archivmaterial](#)
- 232 [Liste von Helmholtz' Publikationen über Akustik](#)
- 233 [Liste von Helmholtz' Vorlesungen](#)
- 235 [Anhang B: Themenkreis Steinway & Sons](#)
- 235 [Archivmaterial](#)
- 236 [Erhaltene Steinway-Klaviere vor der Auswanderung](#)
- 238 [Theodore Steinways technische Briefe an Henry Ziegler](#)
- 241 [Transkriptionen ausgewählter Stellen aus den Briefen](#)

242	<a href="#"><u>Theodore Steinways US-Patente</u></a>
246	<a href="#"><u>Duplex-Skala: Transkription des deutschen Patenttexts</u></a>
249	<a href="#"><u>Duplex-Skala: Transkription der Debatten-Beiträge von Ludwig Bösendorfer und Theodore Steinway</u></a>
256	<a href="#"><u>Duplex-Skala: Transkription von Ludwig Beregszászys Pamphlet »Die Steinway'sche Doppelmensur im Lichte der Praxis« (1875)</u></a>
262	<a href="#"><u><b>Anhang C: Materialien zum Helmholtz-Flügel</b></u></a>
262	<a href="#"><u>Transkription der Briefe zwischen Helmholtz und Steinway</u></a>
267	<a href="#"><u>Abbildungen des Helmholtz-Flügels</u></a>
271	<a href="#"><u>Messungen am Helmholtz-Flügel</u></a>
276	<a href="#"><u><b>Literatur- und Quellenverzeichnis</b></u></a>
276	<a href="#"><u>Literatur</u></a>
289	<a href="#"><u>Internetquellen</u></a>
289	<a href="#"><u>Abbildungsverzeichnis</u></a>
290	<a href="#"><u>Personenregister</u></a>





## Einleitung

If the piano were nothing but the box of strings it is crudely fancied, it would have no claim on the affection and respect of civilization, such as I hope to show to be its right. [...] Its progress, keeping step with that of science, makes it not only the child of this and that great manufacturing house, but the characteristic offspring of the learning of our age and civilization – of the genius of such men as Huyghens, Laplace, and Helmholtz – just as truly as it is of that of Erard, Bechstein, and Steinway.<sup>1</sup>

Dass das Klavier nicht nur als Domäne des Handwerks oder der Kunst, sondern auch der Wissenschaft angesehen werden kann, schien Ende des 19. Jahrhunderts nicht mehr verwunderlich. Zur selben Zeit, als es seinen musikalischen Siegeszug antrat, wurde das Klavier nämlich auch zu einem Anwendungsgebiet von Forschungen im Bereich der Akustik. Jahrhundertelang waren hervorragende Instrumente allerdings auch mit wenig formalisiertem Wissen über Klänge und ihre Wahrnehmung gebaut worden. Warum und in welcher Weise die Akustik dennoch Einzug in den Wissenskanon des Klavierbaus fand, ist Gegenstand dieses Buchs.

Das Gefühl, dass die Fortschritte von Technologie und Wissenschaften, etwa in Gestalt von Schreibmaschinen, Aufzügen oder elektrischem Licht, die Gesellschaft in allen Bereichen nachhaltig veränderten, manifestierte sich im Laufe des 19. Jahrhunderts immer stärker im Alltag der Bevölkerung westlicher Industrieländer. Ähnliche Auswirkungen auch im Klavierbau deutlich zu machen, ist das Anliegen von Fanny Morris Smiths (1851–1940) Buch »A Noble Art« (1892), aus dem das einleitende Zitat stammt. Verkörpert wird diese Verbindung durch ihren Protagonisten Theodore Steinway (1825–1889), der sich durch seine wissenschaftliche Arbeitsweise auszeichnete. Mit dieser gehörte er einem neuen Typus naturwissenschaftlich gebildeter Instrumentenbauer an. Dass Theodore Steinway Teil einer größeren Bewegung war, verdeutlichen die seit etwa 1830 erschienenen Lehrbücher für Klavierbauer, die belegen, wie diese sich das neu gewonnene Klangwissen immer stärker aneigneten. Auch bei einer Durchsicht im 19. Jahrhundert erschienener Bände zur Klavierbaugeschichte fällt auf, dass fast keiner davon ohne einen Abriss über den Stand der Akustikforschung auskommt. Beide Bereiche – das Handwerk und die Gesetze des Schalls – wurden demnach als zusammengehörige Einheit begriffen.

1868 skizzierte der Leipziger Musikwissenschaftler Oscar Paul (1836–1898) in seiner »Geschichte des Claviers« die bisherigen Kreuzungspunkte von Akustikforschung und Klavierbau:

<sup>1</sup> Smith, Art, 1892, S. 43.

[...] die Beobachtungen der akustischen Gesetze bei dem Erklängen der Saiten [gewannen] erst nach Daniel Bernouilli [sic], Leonhard Euler, La Grange, J. H. Lambert, Giordano Riccati u. a. durch Chladni die zum rechten Ziele führende Richtung und für die Verbesserung der Clavierinstrumente eine tiefgreifende Nutzbarkeit [...].<sup>2</sup>

Erste Schritte hin zu einer für den Klavierbau relevanten Akustikforschung gelangen laut Paul im Laufe des 18. Jahrhunderts durch die Theorie der Saitenschwingungen. Um die folgende Jahrhundertwende brachten die umfangreichen Studien von Ernst Florens Friedrich Chladni (1756–1827) wichtige Impulse. Niemand hatte sich zuvor so ausführlich der Akustik gewidmet wie Chladni mit seinen fünf Monografien und weiteren Beiträgen, die über einen Zeitraum von 40 Jahren entstanden.<sup>3</sup> Die meisten anderen Forscher auf diesem Gebiet hatten nur einzelne Aufsätze zu spezifischen Fragestellungen publiziert. Paul fuhr fort, dass in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts einige gewinnbringende akustische Einzelstudien gefolgt seien, und man sich eine aktuelle Monografie wünsche, die den in der Zwischenzeit fortgeschrittenen Wissensstand umfasse.

Dieses Desiderat erfüllte Hermann von Helmholtz (1821–1894, bis 1883 Hermann Helmholtz) mit seiner etwa 600-seitigen »Lehre von den Tonempfindungen« im Jahr 1863.<sup>4</sup> Ihrem Untertitel nach sollte sie eine »physiologische Grundlage für die Theorie der Musik« schaffen. Für ein solches Vorhaben war eine interdisziplinäre Herangehensweise nötig, die die »Tonempfindungen« zugleich für verschiedene Personengruppen – darunter auch Instrumentenbauer – anschlussfähig machte. 1868, fünf Jahre nach der Publikation, waren laut Paul schon erste Ergebnisse sichtbar: »Dass die Helmholtz'schen Ermittlungen bereits im Instrumentenbau eine gewisse Verwerthung gefunden haben, dafür liefert die Pariser Weltausstellung den unzweideutigsten Beweis«. Es sei aber zu erwarten, »dass die Instrumentenbauer zur Verarbeitung der eindringlichen Lehren jenes Meisters [Helmholtz] noch langer Zeit bedürfen werden«. 25 Jahre später schien Pauls Vorhersage tatsächlich eingetreten zu sein, wie eine Aussage von William Steinway (1835–1896), dem damaligen Präsidenten von Steinway & Sons, nahelegt, dass »ohne Helmholtz' epochemachende Entdeckungen die Pianofabrikation nie eine solche Entwicklung und Vollkommenheit würde erreicht haben.«<sup>7</sup>

<sup>2</sup> Paul, *Geschichte*, 1868, S. 4. Paul selbst schrieb seinen Vornamen meist »Oscar«; man findet z. T. aber auch die Schreibweise »Oskar«.

<sup>3</sup> Chladni, *Entdeckungen*, 1787; Chladni, *Akustik*, 1802; Chladni, *Beyträge*, 1817; Chladni, *Beyträge*, 1821 und Chladni, *Uebersicht*, 1827.

<sup>4</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863.

<sup>5</sup> Paul, *Geschichte*, 1868, S. 5.

<sup>6</sup> Ebd., S. 4–5.

<sup>7</sup> Ich danke Judith Kemp, dass sie mir den originalen Wortlaut dieses Zeitungsartikels zugänglich gemacht hat. Zuvor war mir die Stelle nur in einer englischen Übersetzung von Heidi Varblow bekannt, vgl. Varblow, *Hurrah! Helmholtz!*, 1893, S. 12.

Während Oscar Paul sich also 1868 noch Gedanken über die zukünftigen Anwendungen von Helmholtz' Akustikforschung machte, stellte William Steinway 1893 eine Rückschau an, die eine gewisse Abgeschlossenheit suggeriert. In den dazwischenliegenden 25 Jahren müssen demnach entscheidende Entwicklungen der Klaviertechnik stattgefunden haben. Wohl nicht zufällig ist diese Zeitspanne fast deckungsgleich mit der Tätigkeit von Theodore Steinway als technischem Leiter bei Steinway & Sons, der den Konzertflügel mit insgesamt 45 Patentkonstruktionen letztlich auf den heute noch gültigen Stand gebracht hat.<sup>8</sup>

Theodore Steinway und Hermann von Helmholtz erscheinen in den zeitgenössischen Quellen als zentrale Akteure. Beide versuchten auf ihre Weise den Graben zwischen Kunst und Wissenschaft zu überbrücken: Theodore Steinway als wissenschaftlich gebildeter Klavierbauer und Helmholtz als Forscher, der der Musiktheorie oder Phänomenen wie der Klangfarbe mit physikalischen und physiologischen Mitteln auf den Grund ging und selbst Klavier spielte. T. Steinway kehrte auch nach seiner Übersiedelung nach New York immer wieder nach Braunschweig zurück und so kam es auch zu persönlichen Begegnungen mit Helmholtz. Die Bedeutung ihres Kontakts wird schon daran deutlich, dass Helmholtz in einem Zeitraum von über 20 Jahren insgesamt drei Flügel als Dauerleihgaben von Steinway erhielt. Der früheste von ihnen befindet sich heute im Deutschen Museum und führt einige der zentralen Fragen dieser Arbeit zusammen. Er wird im Folgenden als »Helmholtz-Flügel« bezeichnet.<sup>9</sup>

Welchen Stellenwert Helmholtz auch für andere Erfinder von Klangtechnologien hatte, zeigt die Veranstaltung, bei der das oben angeführte Zitat von William Steinway fiel. Helmholtz war 1893 zur Weltausstellung nach Chicago gereist, in deren Rahmen er als deutscher Vertreter beim »International Electrical Congress« eingeladen war.<sup>10</sup> Bei seinem etwa zweimonatigen Aufenthalt unternahm Helmholtz mehrere Ausflüge.<sup>11</sup> In New York besuchte er Steinway-Hall und bekam eine Führung in der Steinway-Fabrik, bei der er sich einen neuen Flügel für den heimischen Gebrauch in Berlin aussuchen durfte. Außerdem hielt Helmholtz zwei Reden am Columbia College.<sup>12</sup> Über die zweite berichtete die New Yorker Staats-Zeitung:

Unter dröhnendem Händeklatschen wurde der große Gelehrte, der vom Präsidenten Seth Low in den Saal geleitet ward, empfangen. Der Letztere hielt eine kurze Ansprache, in welcher er die hohen Verdienste, die sich Helmholtz um die Wissenschaft und die ganze Menschheit erworben, pries. Nur auf ein kleines Blättchen aus dem Ruhmeskranze der wissenschaftlichen Großthaten Helm-

<sup>8</sup> Kehl/Kirkland, Guide, 2011, S. 133–135.

<sup>9</sup> Die Bezeichnung »Helmholtz grand« bekam der Flügel bereits bei seiner Auslieferung. Steinway, Diary, 1861–1896. Eintrag vom 23.06.1871.

<sup>10</sup> Cahan, Helmholtz, 2018, S. 703–709.

<sup>11</sup> Ebd., S. 709–719.

<sup>12</sup> Ebd., S. 714–718.

holtz', nämlich auf seine Forschungen über den Schall, wies er hin und that des Umstandes Erwähnung, daß Bell, der berühmte Erfinder des Telephons, bei der Kunde, daß Helmholtz hier weile, von Halifax hierher geeilt wäre, um den großen Forscher zu sehen. Er habe erklärt, daß er ohne Helmholtz' Forschungen im Reiche des Schalls nie das Telephon hätte erfinden können [...].<sup>13</sup>

Da Helmholtz diese Rede hauptsächlich an die anwesenden Studierenden des Columbia College richtete, wählte er mit dem Erwerb von Wissen ein Thema von allgemeiner Relevanz. Er stellte die Leitfragen, was Wissenschaft sei und warum ihr Einfluss auf alle Bereiche menschlicher Tätigkeit so gestiegen sei.<sup>14</sup> Wie um dies zu bestätigen, war bereits in der Einführung zu der Rede Alexander Graham Bell (1847–1922) mit der Aussage zitiert worden, dass erst Helmholtz' Entdeckungen die Erfindung des Telefons ermöglicht hätten. Auch von Thomas Alva Edison (1847–1931) ist überliefert, dass er die »Tonempfindungen« genau studierte und daraus Verbesserungen an akustischen Telegrafen entwickelte.<sup>15</sup> Die Beeinflussung des Klavierbaus durch die Akustikforschung steht also nicht isoliert. Vielmehr konnten alle mit Klang befassten Künste, Handwerke und Wissenschaften von ihr profitieren. Obwohl es aber aus zeitgenössischer Sicht eine so starke Verbindung zwischen Klavierbau und Akustikforschung gab, wurde selten konkret benannt, worin genau sie bestand. Diese Frage steht im Zentrum dieses Buchs. Das Ziel ist dabei, die technischen Entwicklungen im Klavierbau im Laufe des 19. Jahrhunderts dem zunehmenden Wissen über Klänge gegenüberzustellen und somit eine neue Perspektive auf den Musikinstrumentenbau als »angewandte Akustikforschung« zu öffnen. Gerade für das Klavier und seine Erbauer ist dieser Zusammenhang bisher wenig untersucht. Wie vollzog sich die Transformation einer wissenschaftlichen Entdeckung in eine materielle Konstruktion an einem Instrument? Wie gestaltete sich der Wissensaustausch zwischen einer akademischen und einer handwerklichen Disziplin? Umgekehrt stellt sich bei der Untersuchung der Klaviere die Frage, »welche Art von Wissen in den Instrumenten gespeichert ist und wie es sich herauslesen lässt«, <sup>16</sup> die bereits Sonja Petersen in einer technikhistorischen Studie aufgeworfen hat. Anhand von Archivunterlagen der Firma Grottrian-Steinweg hatte Petersen die Strukturen der Wissensgewinnung, -bewahrung und -kommunikation in Klavierbau-Betrieben aufgezeigt. Sie ließ aber eine Untersuchung der Instrumente selbst außen vor, obwohl auch diese, nicht anders als Notizbücher, Speichermedien von Wissen sind.

Durch die Analyse individueller Aufzeichnungen wurde jedoch deutlich, dass die Klavierbauer Wissen aus den Instrumenten lasen, das heißt, dieses Wissen für andere bereitstellten. Aus dieser Feststellung folgt, dass weiterführende Unter-

<sup>13</sup> [o. A.], Hurrah! Helmholtz!, 1893, S. 12.

<sup>14</sup> Cahan, Helmholtz, 2018, S. 718.

<sup>15</sup> Israel, Edison, 1998, S. 110.

<sup>16</sup> Petersen, »Schwachstarkastenkasten«, 2011, S. 239.

suchungen des Klavierbaus danach fragen sollten, in wieweit Instrumente Wissens-Objekte darstellen, um an die instrumentenkundliche Forschung anzuknüpfen.<sup>17</sup>

Das Ablesen von Wissen an Musikinstrumenten als organologische Methode ist älter, als es zunächst vielleicht scheint. »Im Musikinstrument sind gesellschaftlich erworbene Gedanken kondensiert«,<sup>18</sup> stellte Herbert Heyde bereits 1986 fest. Die Rekonstruktion dieser Gedanken sei eine der Hauptaufgaben organologischer Forschung.<sup>19</sup> Laut Heyde vollzog sich im 19. Jahrhundert ein Prinzipienwechsel in der Konstruktion von Musikinstrumenten. Zuvor habe sie auf der Anwendung von Geometrie und Proportion beruht, die nun aber durch Naturwissenschaft und Empirie abgelöst worden sei.<sup>20</sup> Gemeinsam sei diesen Grundlagen, dass sie jeweils durch eine Phase des besonders intensiven Kontakts mit den Wissenschaften in das Handwerk vermittelt wurden.<sup>21</sup> Heyde konzentrierte sich in seiner Studie vornehmlich auf die geometrischen Konstruktionsgrundlagen von Instrumenten. Das Hauptanliegen des zweiten Teils dieser Arbeit ist daher die Anschlussfrage, wie sich neu gewonnenes akustisches Wissen im Klavierbau allmählich niederschlug und heute an den Instrumenten wieder ablesen lässt. Petersens Gedanken lassen sich mit den angeführten Zitaten von Heyde und Smith verknüpfen: Ein Musikinstrument speichert nicht nur Informationen im Hinblick auf musikalisch relevante Parameter, sondern auch auf zeitgenössische Geistesströmungen, zu denen sich Hersteller durch die Art und Weise der Umsetzung baulicher Entscheidungen positionieren. Deshalb ist zu erwarten, dass eine Beschäftigung mit der Akustik ebenfalls an den Klavieren Spuren hinterließ, die es in dieser Arbeit aufzuschlüsseln gilt. Somit sind Instrumente gewissermaßen auch ein Produkt außermusikalischer Ideen. In der vorliegenden Arbeit sollen zwei Sichtweisen auf die Materialität der musikalischen und akustischen Instrumente erprobt werden: erstens Instrumente (akustische Apparate) als Katalysatoren zur Wissensgewinnung und zweitens Instrumente (Klaviere) als Speicher historischen (Klang-) Wissens, das heute ablesbar ist.

Die methodische Besonderheit dieser Arbeit besteht also darin, die Verflechtungen von Akustik und Klavierbau anhand ihrer Objekte zu untersuchen. Wie sehr die wissenschaftlichen und musikalischen Instrumente von Helmholtz selbst als zusammengehörig begriffen wurden, hat bereits Alexandra Hui aufgezeigt.<sup>22</sup>

Instrumente haben die Fähigkeit, zu neuen Fragen anzuregen und Gewissheiten infrage zu stellen.<sup>23</sup> Die Akustikforschung gewann ihre Fragestellungen lange von der Musik und ihren Instrumenten. Umgekehrt eignen sich Musikinstrumente als Werkzeuge

<sup>17</sup> Petersen, »Schwachstarkstastenkasten«, 2011.

<sup>18</sup> Heyde, Musikinstrumentenbau, 1986, S. 7.

<sup>19</sup> Ebd., S. 7.

<sup>20</sup> Ebd., S. 13–23 und 29–35.

<sup>21</sup> Ebd., S. 13.

<sup>22</sup> Hui, Instruments, 2011.

<sup>23</sup> Van Helden/Hankins, Introduction, 1994, S. 4.



**Abb. 1** Orgelpfeifen-Gerät aus Adolphe Ganots »Cours de physique purement expérimentale«.<sup>24</sup>

der Forschung, da sie eine kontrollierte Tonerzeugung und Reproduzierbarkeit gewährleisten. Manche Akustik-Apparate, die etwa mit Lochscheiben, Stimmgabeln, Spiegeln, Schläuchen und Resonatoren ausgestattet sind, scheinen durch ihre visuelle Eigenart nichts mit Musikinstrumenten gemein zu haben. Andere hingegen adaptierten Bestandteile von Musikinstrumenten und reorganisierten sie zu einem neuen Zweck. Die folgende Abbildung stammt aus Adolphe Ganots (1804–1887) »Cours de physique purement expérimentale« von 1859, genauer aus dem Abschnitt über Akustik (Abb. 1). Sie lässt bei näherem Hinsehen stutzen.

Auf den ersten Blick glaubt man, eine Konzertsituation vor sich zu haben. Eine junge Frau sitzt vor einem orgelartigen Tasteninstrument. Mit dem Fuß aktiviert sie das Pedal eines Blasebalgtisches. Doch ihre Finger liegen nicht auf einer Klaviatur, sondern ziehen Hebelchen. Auch die geringe Zahl von acht Pfeifen passt schlecht zu einer musikalischen Aufführung.<sup>25</sup> Die Selbstverständlichkeit, mit der die Bedienung einer abgewandelten

<sup>24</sup> Es handelt sich bei dem Gerät um eine Kombination von zwei Artikeln, nämlich von einem Blasebalgtisch und einem Satz Orgelpfeifen, wie man sie bei Rudolph Koenig erwerben konnte.

<sup>25</sup> Es stellt sich tatsächlich die Frage, ob die Abbildung bewusst mit den Erwartungen spielt. Während für junge Frauen aus dem Bürgertum das Klavierspiel selbstverständlich zum Bildungskanon gehörte und es auch einige professionelle Pianistinnen gab, waren Frauen in der Akustikforschung nicht sichtbar. Anne Houssay schildert das Beispiel der Mathematikerin Sophie Germain, die u. a. zur Schwingungstheorie von Platten bedeutende Beiträge leistete, aber ausgegrenzt wurde, wenn sie nicht unter einem männlichen Pseudonym auftrat, vgl. Houssay, Savart, 2014, S. 18 und 20. In späteren Auflagen des »Cours de physique« wird dasselbe Gerät ohne eine bedienende Person abgebildet.



Orgel für akustische Studien einen Platz in einem Lehrbuch der Experimentalphysik bekommt, versinnbildlicht das Verhältnis zwischen musikalischen und wissenschaftlichen Instrumenten um 1860, deren Trennung bisweilen verschwimmt.

Während sich viele Klavierbauer des 19. Jahrhunderts darin einig waren, dass die Akustikforschung eine wichtige neue Wissensquelle sei, stellte sich die konkrete Anwendbarkeit theoretischer Befunde zunächst häufig als schwierig heraus. Carl Kützing (1798–1862) etwa beklagte 1844: »Viele ist zwar über Saitenschwingungen in Lehrbüchern der Akustik, Physik und manchen gelehrten Abhandlungen geschrieben. Diese Beschreibungen sind aber von praktischer Seite betrachtet ganz werthlos.«<sup>26</sup> Um aber die Gründe für das Scheitern oder Gelingen eines Wissenstransfers zu verstehen, soll zunächst eine getrennte Auseinandersetzung mit beiden Seiten erfolgen. Im Anschluss daran können die zwei Stränge zusammengeführt werden. Als Gliederungsgerüst ergeben sich also zwei Blöcke – Akustikgeschichte einerseits, Klavierbau andererseits – und anschließend eine Auslotung ihrer Schnittstellen. Das Vorgehen soll dabei möglichst vielschichtig ausfallen mit einer Abwechslung von konkreten Fallbeispielen und größeren Entwicklungslinien, sowie mit einer gleichen Gewichtung von Objekten und schriftlichen Dokumenten als Quellen.

Ziel des ersten Kapitels (»Die ›Sinnesapparate‹ der Akustik im 19. Jahrhundert«) ist es, herauszuarbeiten, inwiefern die Akustikforschung um 1800 eine Neuordnung erfahren hat, die sie möglicherweise für den Instrumentenbau anschlussfähiger machte als zuvor. Um die Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu früheren Epochen besser zu umreißen, liegt der Fokus auf jenen drei Merkmalen, die die Akustik im 19. Jahrhundert prägten: Der Status als Experimentalwissenschaft, die Verwendung wissenschaftlicher Apparate und eine systematische Untersuchung des Phänomens der Klangfarbe.

Manche Zeitgenossen hielten die Akustik noch zur Mitte des 19. Jahrhunderts für den am wenigsten bearbeiteten Teilbereich der Physik.<sup>27</sup> Tatsächlich war beispielsweise die Ursache der Klangfarbe vor Helmholtz noch nicht verstanden worden. So beklagte etwa um 1800 Ernst Florens Friedrich Chladni, der bisweilen als Begründer der Akustik als Experimentalwissenschaft benannt wird,<sup>28</sup> einen Mangel an geeigneten Apparaten für die Klangforschung.<sup>29</sup> Somit stellt sich die Frage, ob und warum zu einer Zeit, wo andere Zweige der Physik schon lange über eine Vielzahl wissenschaftlicher Instrumente verfügten, in der Akustik Experimente noch eine untergeordnete Rolle spielten.

Die ersten Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts zeichneten sich dann durch einen Aufschwung an Akustik-Studien und durch die Erfindung einiger akustischer Apparate aus. Diese unterschieden sich jedoch sehr von modernen Messinstrumenten. Das Ohr blieb das zentrale Analysewerkzeug und musste daher ständig geübt und verfeinert werden.

<sup>26</sup> Kützing, *Fortepiano-Baukunst*, 1844, S. 2.

<sup>27</sup> Vgl. Brenni, 1800–1900, 2001, S. 58.

<sup>28</sup> So hat als erster Wilhelm Weber Chladni betitelt, vgl. Jackson, *Triads*, 2006, S. 112. Genaueres zu Chladnis Beitrag bei Ullmann, *Chladni*, 1984 S. 35–52.

<sup>29</sup> Kursell, *Epistemologie*, 2018, S. 89.



Auch andere wissenschaftliche Instrumente dieser Zeit dienten zur Erweiterung und Schulung der Sinne. Der Wissenschaftshistoriker Christoph Hoffmann bezeichnet diese Epoche treffend als »Zeit der Sinnesapparate«.<sup>30</sup>

In Paris nahmen damals zwei wichtige Entwicklungen ihren Anfang. Erstens kooperierten Félix Savart (1791–1841), Jean-Baptiste Vuillaume (1798–1875) und François Chanot (1788–1825) bei Material- und Klangexperimenten an Streichinstrumenten. Sie erprobten damit bereits eine Zusammenführung von Akustikforschung und Instrumentenbau. Zweitens etablierten sich mit Albert Marloye (1795–1874) und später Rudolph Koenig (1832–1901) dort auch die ersten hauptberuflichen Hersteller akustischer Instrumente, die maßgeblich zur Verbreitung der Apparate beitrugen.<sup>31</sup> Solchen Dynamiken zwischen Physikern, Musikern und Instrumentenmachern geht etwa Myles Jackson in seinem Buch »Harmonious Triads« nach.<sup>32</sup> Mit dieser Skizze des Forschungsstands bis um 1860 kann anschließend im zweiten Kapitel (»Hermann von Helmholtz' Akustikforschungen«) der Stellenwert von Helmholtz' eigenem Beitrag besser eingeordnet werden.

Hermann von Helmholtz gilt als Schlüsselfigur der Akustikforschung im 19. Jahrhundert. Die Beschäftigung mit dieser Disziplin zog sich fast durch seine gesamte berufliche Laufbahn. Er begann mit ersten Studien als 35-jähriger Professor in Bonn und hielt noch bis kurz vor seinem Tod Akustik-Seminare am physikalischen Institut der Friedrich-Wilhelms-Universität in Berlin. Die »Lehre von den Tonempfindungen« bildet den Schnittpunkt vieler akustischer Aktivitäten. Sie wurde in vier Auflagen laufend aktualisiert und in mehrere Sprachen übersetzt.

Eine große Leistung von Helmholtz ist die Entschlüsselung der Klangfarbe sowohl auf einer theoretischen Ebene als auch durch die Entwicklung von Methoden zu ihrer Analyse und Synthese. So dienten etwa Helmholtz' Resonatoren als Erweiterungen des Gehörs und richteten die Aufmerksamkeit gezielt auf bisher kaum beachtete Klangbestandteile. Zugleich schulten sie bei regelmäßiger Benutzung das Ohr dauerhaft für immer feinere Abstufungen, sodass es auch ohne Hilfsmittel unterscheidungsstärker wird als zuvor. Helmholtz konnte also an sich selbst beobachten, dass sich durch Experimente und die Benutzung von wissenschaftlichen Apparaten die Wahrnehmungsschärfe verändert. Er hielt es daher für eine zentrale Aufgabe bei der Forschung, die Sinne konsequent zu üben.<sup>33</sup> Somit etablierte Helmholtz ein wissenschaftliches, analytisches Hören, das besonders für Musikinstrumentenbauer anschlussfähig war und sich von anderen Formen, z.B. dem harmonisch-strukturellen Hören eines Musikstücks, unterscheidet. Helmholtz lieferte neben einem neuen theoretischen Fundament als Erfinder von akustischen Apparaten auch praktische Hilfsmittel. Neben den Resonatoren hat er die Doppelsirene und den Klangsyntheseapparat entwickelt. Sie alle eröffneten völlig neue

<sup>30</sup> Hoffmann, Beobachtung, 2006.

<sup>31</sup> Pantalony, Sensations, 2009.

<sup>32</sup> Jackson, Triads, 2006.

<sup>33</sup> Helmholtz, Lehre, 1863, S. 102.

Herangehensweisen an Klanganalyse und -synthese sowie an die Untersuchung der »Störungen des Zusammenklanges«. Damit sind Überlagerungserscheinungen wie Schwebungen und Kombinationstöne gemeint, denen Helmholtz ein Drittel der »Tonempfindungen« widmete. Helmholtz interessierte sich für Musikinstrumente gleichermaßen als Mittel und Gegenstand seiner Untersuchungen.<sup>34</sup> Ebenso wie sich aus Kompositionen historisch und kulturell wandelbare Präferenzen für bestimmte Tonverbindungen erschließen lassen, sind die jeweils bevorzugten Klangfarben in den Instrumenten gespeichert, da bei ihrem Bau eine Vielzahl von klanglich relevanten Entscheidungen getroffen wird, deren Ergebnis dauerhaft erhalten bleibt. Besonders beim Klavier haben Hersteller einen großen klanglichen Gestaltungsspielraum.<sup>35</sup> Die historische und kulturelle Unterschiedlichkeit der Klangfarbenpräferenzen wirft ein Licht auf das Verhältnis von physiologischer Disposition und erlernter Gewöhnung in Musikkulturen. Helmholtz war auch der erste, der die Klangfarben von Musikinstrumenten analysierte und somit dem Instrumentenbau hilfreiche Informationen bereitstellte.

Ausgangspunkt der vorliegenden Studie war der sogenannte »Helmholtz-Flügel«, der sich im Besitz von Helmholtz befand und seit 2009 zur Sammlung des Deutschen Museums gehört.<sup>36</sup> Er bildet thematisch das Bindeglied zwischen Akustikforschung und Klavierbau, indem er nicht nur durch seine Geschichte, sondern auch durch seine Bauweise Aufschluss über die Bedeutung von Helmholtz' Forschungen für Steinway gibt. Das dritte Kapitel (»Helmholtz' Steinway-Flügel, New York 1871«) widmet sich diesem Flügel, den Helmholtz im Mai 1871 nach Berlin gesandt bekam, als er gerade die dortige Physik-Professur angetreten hatte. Anhand der erhaltenen schriftlichen Korrespondenz soll hier zunächst das persönliche Verhältnis von Theodore Steinway und Hermann von Helmholtz bestimmt werden. Auch Helmholtz' Rolle bei der Entwicklung der Duplex-Skala wird zu untersuchen sein. Sie ist in dem Flügel in einer frühen und ungewöhnlichen Form enthalten, obwohl das Baujahr 1871 vor der entsprechenden Patent-Anmeldung liegt. Durch die Auswertung von Briefen konnte nachgewiesen werden, dass die Duplex-Skala in diesem Fall von T. Steinway persönlich nachträglich eingebaut wurde. Der Flügel weist noch andere besondere Baumerkmale auf und verdient daher eine genaue Dokumentation und Rekonstruktion seiner »Objektbiografie«.

Der Begriff »Objektbiografie« wurde erstmals 1986 von einem amerikanischen Ethnologen verwendet und findet in jüngerer Zeit verstärkt Einzug als Werkzeug der Material Culture Studies.<sup>37</sup> Dieser Zugang erlaubt es, zwei wichtige Aspekte in den Fokus zu rücken. Erstens wird das Objekt in ein Beziehungsgeflecht eingebettet. Jedes einzelne Ding, auch ein Massenprodukt, verfügt über eine individuelle Geschichte, die mit der bestimmter Personen verbunden ist. Dabei laden jene das Objekt mit verschiedenen per-

<sup>34</sup> Diese Doppelnatur betonte bereits Hui, *Instruments*, 2011, S. 150 und 176.

<sup>35</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 134.

<sup>36</sup> Deutsches Museum München, Inv. Nr. 2009-477. Fotos und weitere Informationen auf Deutsches Museum Digital: <https://digital.deutsches-museum.de/item/2009-477/> (18.02.2025).

<sup>37</sup> Braun, *Objektbiographie*, 2015 (Laborberichte, 1), S. 9–14.

sönlichen und kulturellen Bedeutungen auf.<sup>38</sup> Dies fügt sich in die jüngeren Tendenzen in den Kulturwissenschaften ein, verstärkt auf sämtliche Beziehungen von Menschen zu Dingen einzugehen, statt sich vorrangig auf deren Herstellung zu konzentrieren, die nur einen kurzen zeitlichen Abschnitt ausmacht.<sup>39</sup> Zweitens betont die Idee einer Biografie das Prozesshafte, Gewordene eines historischen Objekts. Was den Helmholtz-Flügel historisch interessant macht, ist nicht sein vermeintlich »authentischer« fabrikneuer Zustand, sondern sein weiteres Schicksal inklusive der baulichen Anpassungen. Bei Musikinstrumenten hinterlässt eine manchmal Jahrhunderte andauernde Nutzung unweigerlich viele Spuren. Gerade in einem musealen und restauratorischen Kontext stellt sich die Frage, wie die verschiedenen »Lebensabschnitte« eines Instruments vermittelt werden können. Was geht verloren, wenn man eine 400 Jahre alte, mehrfach umgebaute Laute in ihren ursprünglichen Zustand zurückversetzen wollte? Taugt sie andererseits als Zeugnis ihrer Entstehungszeit, wenn man sie belässt, wie sie zuletzt war?<sup>40</sup> Oder sind gerade die Umbauten selbst musikhistorisch interessant, indem sie etwas über den sich wandelnden Umgang mit dem Instrument verraten?

Am Helmholtz-Flügel lässt sich eine Vielzahl von Informationen ablesen: Materialien, Abnutzungsspuren, Seriennummer, Stempel, Signaturen, aber auch die Messung der Mensuren und Anschlagsstellen. Letztere vor allem sind das Herzstück der klanglichen Gestaltung eines Instruments und bleiben selbst bei Reparaturen oder nach einem Austausch der Saiten weitgehend erhalten.<sup>41</sup> Darüber hinaus konnten auch einige schriftliche Hinweise über den Flügel in Firmenbüchern oder Briefen gefunden werden.

Bei der großen Zahl von T. Steinways Patent-Konstruktionen ist es nicht immer möglich, zu allen jeweiligen Hintergründen in die Tiefe zu gehen. Eine Ausnahme soll im vierten Kapitel, »Die Entwicklung der Duplex-Skala bis ca. 1885«, für diese zentrale Erfindung gemacht werden. Sie diente dazu, klanglichen Defiziten im Diskant der Klaviere, also im oberen Bereich des Tonumfangs, abzuhelpfen. Bisher abgedämpfte Saitenteile wurden in ein proportionales Verhältnis zur klingenden Länge gesetzt und so zum Mitschwingen angeregt. Dadurch sollten sie den Klang mit zusätzlichen Obertönen bereichern, die sich bei den höchsten Tönen nur schwer bilden. Diese Konstruktion wendet Wissen über die Resonanz und die Manipulation der Klangfarbe an. Beide Themen hatte Helmholtz untersucht. Warum aber wählte Steinway dafür den ungewöhnlichen Namen »Duplex-Skala« und welche Rolle spielten Erfindungen für den Erfolg seines Betriebs? Wie reagierten Pianistinnen und Pianisten, aber auch die Klavierbau-Konkurrenz auf die Neuerung? Wie werden die zugrundeliegenden akustischen Vorgänge erklärt und woher stammten Anregungen? Insbesondere stellt sich die Frage, ob und wie Helmholtz' Akustikforschungen bei der Entwicklung der Duplex-Skala genutzt wurden und woran man dies gegebenenfalls festmachen könnte. An dieser Erfindung wird zudem das Verhältnis

<sup>38</sup> Ebd.

<sup>39</sup> Meier, *Textkulturen*, 2015, S. 50–51.

<sup>40</sup> Kirsch, *Technology*, 2017.

<sup>41</sup> Henkel, *Mensurierung*, 1989, S. 107.

von Theorie und Praxis besonders gut sichtbar. Untersuchungen an erhaltenen Flügeln zeigen, dass sie wohl nie exakt so gebaut wurde wie im Patent angegeben und dass sie im Laufe der Zeit mehrfach Änderungen unterworfen war.

Das fünfte Kapitel, »Theodore Steinways Umgestaltung des Flügels (1868–1885)«, handelt von der Klavierbaufirma des 19. Jahrhunderts, die wie keine zweite Wissenschaftlichkeit als Markenkern etablierte: Steinway & Sons.<sup>42</sup> Dies gilt insbesondere für die Phase unter der technischen Leitung von Theodore Steinway, dem ältesten Sohn des Firmengründers. Er soll bereits an seiner Schule durch Bücher und Experimente mit der Akustikforschung in Berührung gekommen sein.<sup>43</sup> Da sowohl über T. Steinways Werdegang als auch über die Frühgeschichte der Familie Steinway neben den gesicherten Fakten auch viele Legenden vorliegen, werden einige biografische Angaben durch einen Abgleich mit Archivunterlagen überprüft.

Anschließend wird der Versuch unternommen, Theodore Steinways technischen Beitrag zum modernen Klavier nachzuzeichnen und seine Arbeitsweise zu verstehen. Seine 45 Patentkonstruktionen aus den Jahren 1868 bis 1885 sollen im Hinblick auf ihnen zugrundeliegende Motivationen, theoretische Hintergründe und praktische Effekte untersucht werden. Der Fokus auf diese wenigen Jahre ist auch deshalb gerechtfertigt, weil sie eine letzte große Umbruchphase in der Flügel-Konstruktion markieren, bevor eine weitgehende Standardisierung einsetzte. Als besonders wertvoller Quellenfund erweisen sich dabei erhaltene Briefe T. Steinways an seinen Neffen und Nachfolger als technischer Leiter Henry Ziegler (1857–1930), in denen technische Details der verschiedenen Flügelmodelle, neue Ideen, aber auch Schwierigkeiten diskutiert werden.<sup>44</sup>

Der Schwerpunkt der letztgenannten Kapitel wurde auf die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts gelegt, um die Rezeption von Helmholtz' Forschungsergebnissen in Steinways Klavierbau nachvollziehen zu können. Das sechste und abschließende Kapitel (»Die frühe Rezeption von Akustikforschung im Klavierbau«) nimmt noch einmal das Verhältnis von Akustik und Klavierbau allgemeiner und über einen längeren Zeitraum in den Blick. Im Instrumentenbau vollzog sich im Laufe des 19. Jahrhunderts eine Abkehr von der geometrisch-proportionalen Konstruktionsweise. Ungefähr ab 1830 wird die Aneignung des neuen akustischen Wissens durch Klavierbauer in Gestalt von Lehrbüchern zunehmend bezeugt, in denen »das Wissenschaftliche der Fortepiano-Baukunst« herausgearbeitet wird.<sup>45</sup> Ihrer Auswertung macht verständlich, welche neuen Fähigkeiten im Zuge dieser Entwicklungen wichtig wurden. Etwas später gesellen sich zu den Lehrbüchern auch Klavierbauhistorien hinzu, die die Fortschritte der Akustik bereits teils sehr ausführlich in die Erzählung einbeziehen. Dabei werden die Theorie der Akustik und die

<sup>42</sup> Smith, Art, 1892, S. 41: »But no house has associated itself in closer fellowship with scientific research than that of Steinway«.

<sup>43</sup> Dolge, Pianos, 1911, S. 303.

<sup>44</sup> La Guardia & Wagner Archives, New York City, Steinway & Sons Collection, Box 040260, Folder 24, Letters 01–26. Näheres zu Zieglers Biografie: <https://americanhistory.si.edu/steinwaydiary/annotations/?id=734> (18.02.2025).

<sup>45</sup> So der Titel eines dieser Lehrwerke: Kützing, Fortepiano-Baukunst, 1844.

praktischen Aspekte der Klanggestaltung zu Beginn noch relativ deutlich voneinander getrennt und erst später immer mehr zusammengeführt.

Anhand einer Gegenüberstellung von Klavieren des späten 18. und des späten 19. Jahrhunderts wird schließlich herausgearbeitet, welche ihrer Merkmale eine bedeutende Transformation erfahren haben. Weit vorne steht dabei die Mensur, also die Festlegung der schwingenden Länge aller Saiten. Seit dem Spätmittelalter wurde mit Zirkel und Lineal eine Mensurtafel für die Längenverhältnisse konstruiert, die sich auf verschiedene Ausgangsmaße übertragen ließ. Alle Maße ergaben sich also in Relation zueinander. Mit Standardisierungsentwicklungen des 19. Jahrhunderts wie der gleichstufigen Stimmung mit festen Frequenzen und der Metrisierung ging man zu einer Berechnung aller Werte über, die nun in einer detaillierten Entwurfszeichnung festgehalten wurden. Hier wird die von Heyde und Petersen aufgeworfene Frage aufgegriffen, inwiefern man die sich wandelnden Wissensgrundlagen an den Klavieren selbst ablesen kann.

Diese zuvor analysierten Änderungen an den Instrumenten werden zuletzt mit zeitgenössischen Aussagen abgeglichen, die begründen, warum überhaupt ein solcher Umbruch nötig war und welche Funktion Akustik-Wissen für den Instrumentenbau einnahm.

## Die »Sinnesapparate« der Akustik im 19. Jahrhundert

Die Akustik ist durch ihren Gegenstand – die Schallereignisse – klar eingegrenzt. Doch die Methoden, mit denen diese untersucht wurden, haben sich im Laufe der Geschichte so stark geändert, dass kaum mehr von einer fortlaufenden Forschungstradition gesprochen werden kann. Heute stehen mit Computersimulationen, ausgereifter Messtechnik und Visualisierungsmöglichkeiten andere Werkzeuge zur Verfügung als vor 200 Jahren. Sie werten nun die klanglichen Daten aus, während früher das Gehör der alleinige Bezugspunkt war. Die Art und Weise, wie Forschung betrieben wurde, hat wiederum Auswirkungen auf die Anwendbarkeit der Methodik im Instrumentenbau, wo eine Prüfung mit dem Gehör seit jeher unerlässlich ist.

Diese neuere Entwicklung, dass die Sinneswahrnehmung der forschenden Person immer mehr aus der wissenschaftlichen Tätigkeit ausgegliedert wird, ist nicht auf die Akustik beschränkt. Der Wissenschaftshistoriker Christoph Hoffmann charakterisiert einen solchen Bruch etwa auch in der Astronomiegeschichte:

Die Situation in einem astrophysikalischen Observatorium am Anfang des 21. Jahrhunderts unterscheidet sich radikal von der Lage eines Sternguckers in den Tagen Galileis. Ferner denn je sind die zu beobachtenden Gegenstände, [...] weil Forscherinnen und Forscher den Blick gar nicht mehr nach draußen richten, vielmehr aufmerksam den Computermonitor vor ihren Augen studieren. Diese Szene nach denselben Kategorien zu fassen wie die Arbeit auf einer Sternwarte selbst noch vor hundertfünfzig Jahren, liefe nur darauf hinaus, den kritischen Punkt im Verhältnis von Erfahrungswissen und Akteuren der Erfahrung zu erkennen.<sup>1</sup>

Die Parallelen zur Akustik sind offensichtlich. Nicht nur die Rolle der Sinne, sondern auch die der wissenschaftlichen Instrumente hat sich in beiden Fällen radikal gewandelt. Hoffmanns Begriff der »Sinnesapparate«, der in die Kapitel-Überschrift aufgenommen wurde, ist vielschichtig.<sup>2</sup> Er wurde zuerst 1816 von dem Physiologen François Magendie (1783–1855) verwendet. Für ihn waren die Sinnesorgane selbst »appareils des sensations«, durch deren Vermittlung sich Naturerscheinungen dem Menschen mitteilen.<sup>3</sup> Jedoch unterscheidet sich der damalige Wortsinn von »Apparat« im Vergleich zum heutigen. Gemeint war ursprünglich eine Gruppierung verschiedener Einheiten mit einem gemeinsamen Zweck, wie in manchen Wendungen noch zu erkennen ist (z. B. Verwaltungsapparat, kritischer Apparat).<sup>4</sup> In der Anatomie bilden zusammengehörige Organe ebenfalls einen Apparat. Im Laufe des 19. Jahrhunderts kommt mit dem Apparat im heutigen Sinn

<sup>1</sup> Hoffmann, Beobachtung, 2006, S. 7.

<sup>2</sup> Ebd., S. 8–14.

<sup>3</sup> Ebd., S. 9.

<sup>4</sup> Ebd., S. 11.

eine weitere Bedeutungsebene hinzu. Wissenschaftliche Instrumente imitierten immer mehr die Funktionsweise der Organe. Umgekehrt wurden körperliche Vorgänge anhand von technischen Prozessen erklärt, beispielsweise die Übertragung eines nervlichen Reizes mit jener eines elektronischen Signals auf einem Telegrafendraht.<sup>5</sup> Aus diesen Entwicklungen ergab sich die besondere Situation, dass Körper und Instrument »nicht nur zusammengedacht [wurden], sondern einen wirklichen operativen Zusammenhang bilden«.<sup>6</sup> Der menschliche Körper erschien demnach selbst als etwas Messbares. Das 19. Jahrhundert brachte dafür einen neuen Typus wissenschaftlicher Instrumente hervor, nämlich allerlei Apparate zur grafischen Aufzeichnung.<sup>7</sup> Prozesse, die in ihrer zeitlichen oder räumlichen Dimension zuvor nicht erfassbar waren, wurden nun festgehalten und wissenschaftlich untersuchbar. Das galt auch für die zuvor verborgenen Vorgänge beim Sprechen und Hören.<sup>8</sup>

Heute sollen wissenschaftliche Instrumente die Beteiligung eines beobachtenden Subjekts und seinen möglichen Einfluss auf das Forschungsergebnis häufig gerade ausschließen. Die Erforschung von Klängen betrifft allerdings nicht allein die Physik der Schallereignisse, sondern auch deren Verarbeitung im Gehirn.<sup>9</sup> Die Sinnesapparate geben Aufschluss über die Funktionsweise der Wahrnehmung. So wird mit dem Einsatz von Helmholtz' Resonatoren erfahrbar, dass das Ohr tatsächlich einen Klang zugleich in einzelne Bestandteile filtern und als Ganzes wahrnehmen kann, während dem Auge ähnliche Zerlegungen nicht möglich sind.

Da sich die vorliegende Studie als eine historische versteht, soll versucht werden, sich ganz auf die damalige Denkweise einzulassen und moderne Beurteilungen weitgehend außen vor zu lassen. Ohnehin bietet die Akustik auch heute noch kein vollständiges Modell zum Verständnis eines Instruments, und insbesondere keines für die beim Klavier sehr komplexe Interaktion zwischen Hammer, Saiten, Steg, Resonanzboden und Korpus und noch weniger für die Hörpsychologie. Der Akustikforscher Anders Askenfelt spitzte dies 1990 zu: »it is not surprising that it was possible to put a man on the moon before the acoustics of a traditional instrument like the piano had been thoroughly explained.«<sup>10</sup>

Bei einem Blick in die Geschichte ist nicht entscheidend, ob eine Theorie sich aus heutiger Sicht als zutreffend erwiesen hat, sondern was sie in der Gedankenwelt ihrer Zeit bewirkte. Das 19. Jahrhundert zeichnet sich in der Akustik insbesondere durch den Gebrauch und die Vielfalt wissenschaftlicher Instrumente aus, an denen es vorher fast vollständig mangelte. Diese Objekte sind aber keine Messapparate, um einen Zahlenwert zu ermitteln. Stattdessen schafften sie eine kontrollierte klangliche Grundlage, die dem Ohr

<sup>5</sup> Hoffmann, Beobachtung, 2006, S. 12–13.

<sup>6</sup> Ebd., S. 13.

<sup>7</sup> Brain, Pulse, 2015, S. 7.

<sup>8</sup> Ebd., S. 64–92.

<sup>9</sup> Askenfelt, Lectures, 1990, S. 10.

<sup>10</sup> Ebd., S. 10.

eine Beobachtung erleichtert. Die zentrale Trennlinie zum modernen Vorgehen besteht also in der Rolle der Sinne beim Forschungsprozess:

Um dem Begriff der Sinne in der modernen Naturforschung nachzugehen, muß man auf jede noch so naheliegende Verfallsgeschichte Verzicht leisten. [...] Vielmehr soll eine Episode der Naturforschung, die sich zur aktuellen Situation wissenschaftlichen Handelns kaum in Bezug setzen läßt, weil Tatsachen hier wirklich noch primär Empfindungssachen sind, in ihrer genuinen Ereignishaftigkeit er-messen werden.<sup>11</sup>

Die Akustikgeschichte steht somit in einem breiteren Kontext. So verfügte etwa die Optik bereits viel früher über Instrumente wie Teleskop und Mikroskop, deren Eignung als präzise cunstrittig ist, doch offenbar war ihr Nutzen im wissenschaftlichen Gebrauch nicht von Beginn an evident.<sup>12</sup> Die Bezeichnung »wissenschaftliches Instrument« stammt selbst aus dem 19. Jahrhundert. Mit dem neuen Namen ging ein neuer historischer Abschnitt einher, denn die Apparate dieser Zeit heben sich auch in anderen, bereits stärker bearbeiteten Teilgebieten der Physik von den früheren ab.<sup>13</sup> Im England des 17. und 18. Jahrhunderts wurden noch zwei Kategorien unterschieden: während die eigentlichen Messwerkzeuge wie der Reduktionszirkel als »mathematische« Instrumente galten, nannte man die eben nicht primär messenden der Physik »naturphilosophisch«. Sie nahmen ihren Ursprung mitunter in der Naturmagie der Renaissance.<sup>14</sup> Dies legt nahe, dass es oft problematisch ist, moderne Vorstellungen an historische Artefakte heranzutragen.

Wie nahe die Sinnespraktiken verschiedener Arten von Instrumenten beieinander lagen, brachte der Astronom und Musiker Wilhelm Herschel (1738–1822) auf den Punkt, als er 1782 die Übungsfortschritte bei der Nutzung eines Teleskops mit jenen beim Orgelspiel verglich. Demnach sei das Sehen ebenso eine Kunst wie das Musizieren. In beiden Fällen bewirke die stetige Übung einen Zuwachs an Fähigkeiten.<sup>15</sup> Der Gebrauch der Sinne zu Forschungszwecken erfordert eine stetige Schulung, um Dinge beobachten zu können, die zuvor nicht im Wahrnehmungsbereich lagen. Helmholtz vermutete, dass die Sinne zu viel feineren Unterscheidungen in der Lage seien, aber normalerweise jene Eindrücke ausblendeten, die im Alltagsgebrauch keinen Nutzen bieten. Beim Hören betreffe dies die Obertöne und auch in der Optik gebe es ähnliche Erscheinungen.<sup>16</sup> Um die Aufmerksamkeit auf die bisher vernachlässigten Bestandteile der hörbaren Welt zu

<sup>11</sup> Hoffmann, *Beobachtung*, 2006, S. 8.

<sup>12</sup> Van Helden/Hankins, *Introduction*, 1994, S. 1–6.

<sup>13</sup> Anderson, *Instruments*, 1985, hier S. 1–12.

<sup>14</sup> Van Helden/Hankins, *Introduction*, 1994, S. 3–4. Über das Verhältnis von Naturphilosophie und -magie siehe Gouk, *Music*, 1999.

<sup>15</sup> Aus einem Brief von Herschel an William Watson vom 07.01.1782, zitiert bei: Tresch/Dolan, *Organology*, 2013, hier S. 289.

<sup>16</sup> Helmholtz, *Ursachen*, 1971, S. 40–42.



richten und nicht aufgrund mangelnder Übung Täuschungen zu unterliegen, hielt es Helmholtz für unerlässlich, das Gehör zu schulen.<sup>17</sup> Auch ermutigte er sein Publikum, die behandelten Phänomene mithilfe von Musikinstrumenten oder akustischen Apparaten selbst zu studieren, weil nur der geschulte Gebrauch der eigenen Sinne zu einem wirklichen Verständnis verhelfe.<sup>18</sup> Es gehört zu den Besonderheiten der »Tonempfindungen«, nicht nur Sachkenntnisse, sondern auch eine spezielle Art der Gehörbildung zu vermitteln. Zugleich ordnete Helmholtz die Sinnesleistungen erkenntnistheoretisch ein:

Wie ein Physiker Fernrohr und Galvanometer untersuchen muss, mit denen er arbeiten will, sich klar machen, was er damit erreichen, wo sie ihn täuschen können, so schien es mir geboten, auch die Leistungsfähigkeit unseres Denkvermögens zu untersuchen. [...] Mein wesentlichstes Ergebniss war, dass die Sinnesempfindungen nur Zeichen für die Beschaffenheit der Aussenwelt sind, deren Deutung durch Erfahrung gelernt werden muss.<sup>19</sup>

Ein Einwand gegen den Einsatz des Gehörs in der Forschung könnte lauten, dass jede subjektive Leistung fehleranfällig und nicht wiederholbar sei. Seit Mitte des 19. Jahrhunderts gab es die Idee einer »mechanical objectivity«, wonach Messgeräte die objektive Realität abbilden können, wenn man den Einfluss des Menschen vollständig ausklammert.<sup>20</sup> Schon mit dem Titel der »Tonempfindungen« stellte Helmholtz klar, dass es ihm nicht um die objektive Erfassung der Außenwelt gehe, sondern um ein Verständnis dessen, wie Sinnesindrücke entstehen und verarbeitet werden.<sup>21</sup>

Helmholtz war nicht der erste, der eine stärkere Einbindung des Gehörs als Analysewerkzeug forderte. Albert Marloye, der erste spezialisierte Hersteller akustischer Apparate, skizzierte in der Einleitung eines seiner Kataloge die zur modernen Akustikforschung nötigen Fähigkeiten und Herangehensweisen.<sup>22</sup> Studien in diesem Fach würden aktuell intensiv betrieben, weil es der am wenigsten fortgeschrittene Zweig der Physik sei und es also viel zu entdecken gebe. Trotzdem komme die Forschung mit ihren bisherigen Mitteln nur sehr langsam voran und es sei offenbar eine Grenze des Beobachtbaren erreicht. Man habe viel mit dem Auge oder Berechnungen gearbeitet.<sup>23</sup> Zwar habe man die Bedeutung von Gehörbildung schon immer erkannt und Akustikforscher seien zumeist auch Musiker gewesen, aber es sei falsch zu glauben, dass man durch das Musizieren die nötige Kompetenz erlange. Wer es gewohnt sei, in musikalischen Strukturen zu denken,

<sup>17</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 99–102. Als Beispiel einer solchen Täuschung führt Helmholtz August Seebeck an, der in der unten näher beschriebenen Debatte mit Georg Simon Ohm dessen Position ablehnte, weil er selbst die Obertöne eines Klangs als nicht so stark wahrnahm wie Ohm sie berechnet hatte.

<sup>18</sup> Ebd., S. 8–9.

<sup>19</sup> Helmholtz, *Erinnerungen*, 1896, hier S. 16–17.

<sup>20</sup> Daston/Galison, *Image*, 1992, hier S. 81–84.

<sup>21</sup> Genaueres zu dem Begriff der »Empfindung« im Unterkapitel »Entstehung, Aufbau und Rezeption«.

<sup>22</sup> Abgedruckt in Fau/Chevalier, *Manuel*, 1853/54, S. 329–351.

<sup>23</sup> Ebd., S. 329.

nehme von allen akustischen Eindrücken nur das wahr, was sich innerhalb dieses Systems abspielt. Für die Akustikforschung seien jedoch gerade schwer wahrnehmbare Klangbestandteile, Überlagerungsphänomene und Nebengeräusche aufschlussreich. Marloye plädierte daher dafür, sich eine neue, allumfassende Art des Hörens anzueignen. Dann werde man einsehen, »dass die Hilfe, die es [das Gehör] uns in Fragen der Akustik bieten kann, nur durch die Intelligenz, die wir bei seiner Benutzung einsetzen, begrenzt werden kann.«<sup>24</sup>

Diese Ansichten Marloyes markieren einen Wendepunkt in der Methodik der Akustikforschung und nehmen zentrale Aspekte von Helmholtz' Herangehensweise zur Klangforschung und der Rolle des Hörens im Forschungsprozess vorweg. Ob Helmholtz Marloyes Vorarbeiten überhaupt kannte, ist nicht klar.<sup>25</sup> Es war also der zunehmende Gebrauch der Apparate und der Sinne gleichermaßen, die die Akustikforschung des 19. Jahrhunderts von der früherer Zeiten abheben. Als dritter Pfeiler standen damals zudem neue analytische und theoretische Werkzeuge zur Verfügung, um etwa die Klangfarbe oder die Physik des Hörvorgangs aufzuschlüsseln, die zuvor schwer greifbar gewesen waren.

Zunächst sollen aber die Umstände nachvollzogen werden, unter denen sich diese besondere historische Situation herausbilden konnte. Die (musikalische) Akustikgeschichte nimmt eine Position im Grenzbereich zwischen den Disziplinen Wissenschaftsgeschichte und Musikwissenschaft ein. Wohl auch deshalb hat sie lange recht wenig Aufmerksamkeit erhalten, doch seit einigen Jahren nimmt durch den Einfluss des relativ neuen Felds der Sound Studies das Interesse zu.<sup>26</sup> Bei einem Blick auf aktuelle akustikhistorische Publikationen fällt auf, dass insbesondere die Geschichte des Hörens thematisiert wird.<sup>27</sup> Epochenübergreifende Monografien sind entweder schlaglichtartig aufgebaut<sup>28</sup> oder auf ein akustisches Phänomen bezogen.<sup>29</sup> Am besten erschlossen sind die frühe Neuzeit<sup>30</sup> und auch das 19. Jahrhundert,<sup>31</sup> doch gerade das 18. Jahrhundert wurde bisher sehr wenig behandelt. Aus dieser Forschungslücke könnte der Eindruck einer Diskontinuität entstehen. Aufgrund der Arbeiten Chladnis und ihrer Folgen erscheint die Zeit um 1800 zu Recht als Zäsur, in deren Schatten die in den Dekaden zuvor gewonnenen Erkenntnisse bisher verbleiben. Oscar Paul hatte gerade die im 18. Jahrhundert gefestigte Schwingungstheorie der Saiten als für den Klavierbau besonders gewinnbringend identifiziert.<sup>32</sup> Während der Theologe und Mathematiker Marin Mersenne

<sup>24</sup> Ebd., S. 333: »[...] que les secours qu'elle peut nous offrir dans les questions d'acoustique ne peuvent être limités que par l'intelligence que nous emploierons à l'utiliser.« Eigene Übersetzung.

<sup>25</sup> In den »Tonempfindungen« nimmt Helmholtz erst in der vierten Auflage von 1877 eine Beobachtung an einer Orgelpfeife von Marloye auf. Dieser hatte sein Geschäft aber über 20 Jahre zuvor schon aufgegeben.

<sup>26</sup> Dies wird mit dem Vergleich der Situation vor 25 Jahren deutlich, siehe Ullmann, Chladni, 1996, S. 1.

<sup>27</sup> Netzwerk »Hör-Wissen im Wandel«, Wissensgeschichte, 2017; Hui, Testing, 2020; Steege, Helmholtz, 2012.

<sup>28</sup> Bailhache, Histoire, 2001; Költzsch, Antike, 2010; Pesic, Music, 2014.

<sup>29</sup> Tkaczyk, Resonanz, 2009; Muzzolini, Genealogie, 2006.

<sup>30</sup> Coelho, Music, 1992; Cohen, Music, 1984; Gouk, Music, 1999.

<sup>31</sup> Jackson, Triads, 2006; Beyer, Sounds, 1999; Hui, Ear, 2013.

(1588–1648) die Wahl passender Besaitung noch auf Erfahrungswerte zurückführte,<sup>33</sup> konnte dank einer Formel des Mathematikers Brook Taylor (1685–1731) ab dem frühen 18. Jahrhundert berechnet werden, wie Material, Dicke, Länge und Spannung der Saiten aufeinander wirken.<sup>34</sup>

## Die Akustik vor Helmholtz – eine verspätete Disziplin?

Anhand der Forschungsgeschichte zur Schwingungstheorie verdeutlichten Sigalia Dostrovsky und John T. Cannon die Verflechtungen musikalischer und naturwissenschaftlicher Impulse.<sup>35</sup> Sie stellten dabei fest, dass es etwa bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts primär die Musik war, die die Forschung anregte: »Aus der Musik erwachsene Fragestellungen machten sich [...] in der Wahl und der Formulierung spezifisch physikalischer Probleme geltend«.<sup>36</sup> Diese Rolle blieb aber nicht immer bestehen. Beispielsweise führte die musiktheoretische Debatte über die Bedeutung von Konsonanz im 17. Jahrhundert zu der Entdeckung der Frequenz als Maß der Tonhöhe. Jene Erkenntnis motivierte wiederum Experimente zu Schwingungen und verhalf somit zu einer genaueren Theorie. Als diese aber vorhanden war, koppelte sich das physikalische Interesse von den musikalischen Fragestellungen ab:

Dadurch kehrte sich in der Wechselwirkung von Musik und Naturwissenschaft die Richtung des Einflusses um: In der Musik begann man fortan, die Erkenntnisse der Naturwissenschaft und die technische Kontrolle über die Schwingungsbewegung zu nutzen.<sup>37</sup>

Inwiefern diese Beobachtung sich verallgemeinern lässt, müsste in weiteren Fällen nachgeprüft werden. Sie erscheint aber doch für die vorliegende Untersuchung zentral, denn sie verweist auf genau die Situation, die Oscar Paul benennt: Nun waren es Instrumentenbauer, die an die physikalischen Resultate anknüpften. Erst durch eine Einordnung in die wechselseitige Beeinflussungsgeschichte zwischen Musik und Mathematik sowie Physik lässt sich die auffällige Häufung von Instrumentenbauern des 19. Jahrhunderts, die selbst in Akustik gebildet waren oder mit Forschern zusammenarbeiteten, einordnen. Im Folgenden interessieren insbesondere die historischen Gemeinsamkeiten und Unterschiede im Umgang mit den drei in der Einleitung skizzierten Merkmalen der Akustikforschung, die im 19. Jahrhundert besonders hervortreten.

<sup>32</sup> Paul, *Geschichte*, 1868, S. 4.

<sup>33</sup> Mersenne, *Harmonie*, 1957, S. 187 (Proposition XII).

<sup>34</sup> Dostrovsky/Cannon, *Entstehung*, 1987, hier S. 32.

<sup>35</sup> Ebd.

<sup>36</sup> Ebd., S. 9.

<sup>37</sup> Ebd., S. 9.

### Experiment und Empirie

Nichts prägte die Musiktheorie der Antike und des Mittelalters so nachhaltig wie die Untersuchung von Intervallen am Monochord, die auf der Verkürzung von Saiten beruht. Dass einfache ganzzahlige Verhältnisse sich in Konsonanzen widerspiegeln, wirkt wie ein experimenteller Befund. Allerdings wurde dabei das Verhältnis von Längen gemessen – also ein räumliches Maß – nicht aber der Klang und seine mechanischen Grundlagen in ihrer zeitlichen Dimension.<sup>38</sup> Somit war eine Analyse des Schallgeschehens nicht möglich, weil »Aspekte der Musiktheorie in solche der Mathematik umgewandelt werden [...] unter Umgehung von Problemen der physikalischen Bewegung«.<sup>39</sup> Ein bedeutender Wandel um 1600 bestand darin, die pythagoräische Zahlenmystik zu überwinden und sich der Erklärung der mechanischen Vorgänge zuzuwenden. Es waren nämlich Zweifel an der Richtigkeit der Argumentation aufgekommen, dass der Grund für das Konsonanz-Empfinden bestimmter Intervalle in den ganzzahligen Verhältnissen der jeweiligen Saitenlängen zu suchen waren. Die Tonhöhe einer Saite kann nämlich auch durch Änderungen ihrer Spannung, ihrer Masse und ihres Durchmessers beeinflusst werden, wobei teils andere Regeln als bei den Längenverhältnissen gelten. In der Antike aber waren Pythagoras einige Experimente zugeschrieben worden, die den Eindruck vermittelt hatten, alle Faktoren würden identische Ergebnisse hervorbringen und somit die universale Richtigkeit bestätigen. Dass solche Geschichten überhaupt entstehen und sich dann noch so lange halten konnten, legt nahe, dass niemand – weder in der Antike noch im Mittelalter – tatsächlich die genannten Versuche ausgeführt hat.<sup>40</sup>

Erst Vincenzo Galilei (ca. 1520–1591) widerlegte 1589 die Vorstellung, dass eine Saite durch doppelte Spannung in der Oktave erklinge. Tatsächlich ist die vierfache nötig.<sup>41</sup> Somit erschien die Länge der Saite als alleiniger Bezugspunkt zur Tonhöhe eher beliebig gewählt, was einen Anlass für die Suche nach deren tatsächlichen Ursachen gab. Vincenzos Sohn Galileo (1564–1642) formulierte 1638 eine neue Erklärung:

Ich behaupte, daß die Länge der Saiten nicht der erste und unmittelbare Grund für die Formen der musikalischen Intervalle ist, noch die Spannung, noch die Dicke, sondern vielmehr das Verhältnis der Anzahl von Schwingungen und Stößen, der Luftwellen, die das Trommelfell unseres Ohrs treffen, das sie im selben Zeitmaß zum Schwingen bringen.<sup>42</sup>

Es vollzog sich damit ein Wandel der Vorstellung vom Ton als Zahl hin zum Ton als Ergebnis mechanischer Vorgänge, wodurch sich die Aufmerksamkeit stärker auf die Materialität der Töne verlagerte. Diese Leistung Galileis stellte der Wissenschaftshistoriker Stillman Drake an den Beginn einer bis heute ununterbrochenen Experimentalwissen-

<sup>38</sup> Gethmann, Musick, 2013, hier S. 46.

<sup>39</sup> Dostrovsky/Cannon, Entstehung, 1987, S. 11.

<sup>40</sup> Rehding, Instrumentalklang, 2019, hier S. 6.

<sup>41</sup> Dostrovsky/Cannon, Entstehung, 1987, S. 15–19.

<sup>42</sup> Aus Galileos Discorsi, Opere VIII, S. 146, zitiert nach Dostrovsky/Cannon, Entstehung, 1987, S. 23–24.

schaft: »I am convinced that [...] the origins of the experimental aspect of modern science are to be sought in sixteenth-century music«. <sup>43</sup> Um nachzuvollziehen, was Drake damit meint, ist zunächst eine Erläuterung seiner Definition des Begriffs »Experiment« nötig: Zwar könnten Wissen und Verständnis auch durch eine reine Anhäufung von Beobachtungen gewonnen werden, doch um ein Experiment im strengeren Sinne handeln es sich dabei nicht. Denn damit ein solches vorliege müsse der Versuchsaufbau dazu dienen, die Korrektheit einer mathematischen Regel zu überprüfen oder eine neue Herleitung zu finden. <sup>44</sup> Laut Drake würde man dieses Vorgehen zuerst im Bereich einfacher Mechanik wie beim Hebelgesetz erwarten, das in der Antike formuliert wurde. Da dieses aber schon so lange und klar feststand, habe es bis in die frühe Neuzeit schlicht keinen Bedarf gegeben, es zu überprüfen. Für andere Gesetze wie die benötigte Kraft, um einen Körper eine schiefe Ebene hinaufzuziehen, entstanden und kursierten bis in das späte 16. Jahrhundert neben der richtigen auch mehrere falsche Herleitungen. Obwohl dieser Widerspruch einen Anlass geboten hätte, experimentell die korrekte Version zu ermitteln, habe niemand die entsprechenden, eigentlich sogar recht einfach umsetzbaren Versuche gemacht. Das Fehlen von Experimenten habe also nicht an der Schwierigkeit ihrer Ausführung gelegen, sondern daran, dass sie nicht als notwendig angesehen wurden. <sup>45</sup>

Was schließlich die Musik im 16. Jahrhundert zu einem besonders günstigen Experimentierfeld machte, war Drake zufolge zum einen, dass sich, anders als in der Mechanik, hier Theoretiker und Praktiker wechselseitig überprüften. Zum anderen sei die Musikpraxis um 1550 starken Änderungen unterworfen gewesen, die eine Spannung zur bisherigen Theorie aufbauten und es nötig machten, diese grundsätzlich zu überdenken. Der konkrete Auslöser war eine zwischen 1558 und 1589 schriftlich ausgetragene Debatte zwischen Gioseffo Zarlino (1517–1590) und seinem ehemaligen Schüler Vincenzo Galilei über die Ursache von Konsonanz. Zarlino suchte sie in der Zahlenharmonie und lehnte daher temperierte Stimmungen ab. Er erweiterte seinen Konsonanzbegriff im Vergleich zur pythagoräischen Tradition um Terzen und Sexten. Demnach ließen sich alle Konsonanzen aus Teilungsverhältnissen der natürlichen Zahlen Eins bis Sechs, dem *senario*, herleiten. <sup>46</sup> Alle übrigen Intervalle hielt Zarlino für dissonant. Die Musikpraxis und insbesondere Musikinstrumente müssten diese Ordnung entweder berücksichtigen oder sie gälten als unvollkommen.

Anders als Zarlino befürwortete hingegen Vincenzo Galilei eine annähernd gleichstufige Stimmung, die nicht berechnet, sondern von einem geübten Ohr festgelegt werden sollte. <sup>47</sup> Ebenso müsse die Beurteilung des Konsonanzgrades von Intervallen musikalischen Gesichtspunkten folgen, wodurch Terzen und Sexten sogar konsonanter als

<sup>43</sup> Drake, *Music*, 1970, hier S. 483.

<sup>44</sup> Ebd., S. 485.

<sup>45</sup> Ebd., S. 486–488.

<sup>46</sup> Palisca, *Empiricism*, 1961, hier S. 101–103. Die große Terz beispielsweise beruht auf dem Verhältnis 5 : 4.

<sup>47</sup> Drake, *Music*, 1970, S. 496.

Quarten erschienen.<sup>48</sup> Damit gab Galilei den Sinnen Vorrang vor der Theorie. Die umfassenden Experimente zu den Eigenschaften von Saiten dienten ihm schließlich dazu, Zarlinos Grundargument zu entkräften, wonach sich dieselben Zahlenverhältnisse in verschiedenen Parametern der Saite manifestieren und so die natürliche Ordnung der Töne vorgeben.

Eine andere Perspektive auf die Stellung des Experiments in der frühen Neuzeit brachte die Wissenschaftshistorikerin Pamela H. Smith in ihrem Buch »The Body of the Artisan« ins Spiel.<sup>49</sup> Sie argumentiert, dass man zu jener Zeit noch nicht klar zwischen Erfahrungswissen und Experimentalwissen trennen kann. Smiths Ansatz hinterfragt somit moderne Kategorien. Komplexe Tätigkeiten wie im Kunsthandwerk erzeugten ein verkörpertes Handlungswissen, das oft schwer in Wort zu fassen sei und deshalb kaum schriftliche Spuren hinterlassen habe.<sup>50</sup> Ähnlich schwierig sei es, zu unterscheiden, ob Vincenzo Galileis Erkenntnisse wirklich aus Experimenten oder aus jahrelanger Erfahrung hervorgegangen seien. Als Lautenist stellte er beim Stimmen oder Auswechseln von Saiten täglich Beobachtungen über die Faktoren an, die die Tonhöhe der Saiten beeinflussen.

Unabhängig davon, ob man Drakes Einordnung von Galileis Leistung als erstem modernen Experiment folgt, fehlte bei Galilei jedenfalls der nächste Schritt, anstelle der Saitenlängen ihre Schwingungsfrequenz als ursächlich für die Tonhöhe anzunehmen. Es war der Mathematiker Giovanni Battista Benedetti (1530–1590), der in zwei Briefen an den Komponisten Cipriano de Rore (ca. 1515–1565) um 1563 erstmals benannte, dass die Anzahl der Luftstöße einer schwingenden Saite und damit ihre mechanische Bewegung ursächlich für die Tonhöhe ist. Aus dem Grad der Überlagerung der »Luftwellen« erklärte er außerdem die Ursache für Konsonanz und erläuterte anhand von Notenbeispielen die Problematik, dass sich beim Singen in reiner Stimmung durch Komma-verschiebung der Stimmton ändert.<sup>51</sup>

### Verwendung wissenschaftlicher Apparate

Ausgehend von der Identifizierung der Tonhöhe mit der Schwingungsfrequenz wurden im 17. Jahrhundert erstmals Versuche angestellt, die Zahl dieser Schwingungen zu ermitteln.<sup>52</sup> Dafür konnten verschiedene Hilfsmittel herangezogen werden. Altbewährt war das Monochord. In diesem Fall konnte es aber nur schwerlich weiterhelfen. Weil Saiten bei den meisten musikalisch gebrauchten Tonhöhen für das Auge unerkennbar schnell schwingen, zählte Marin Mersenne stattdessen die Schwingungen sehr langer und mit Gewichten beschwerter Saiten und berechnete daraus die Schwingungszahl höherer

<sup>48</sup> Palisca, *Empiricism*, 1961, S. 110. In der pythagoräischen Konsonanzordnung kommt die Quarte (4 : 3) direkt nach Oktave (2 : 1) und Quinte (3 : 2).

<sup>49</sup> Smith, *Body*, 2004.

<sup>50</sup> Ebd., S. 59–93.

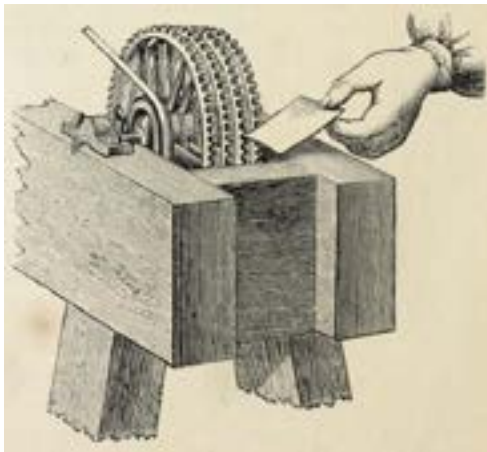
<sup>51</sup> Drake, *Music*, 1970, S. 493–495 und Palisca, *Empiricism*, 1961, S. 104–110.

<sup>52</sup> Dostrovsky/Cannon, *Entstehung*, 1987, S. 14–24.

Töne. Die so gewonnenen Werte sind allerdings nicht exakt.<sup>53</sup> Mersenne brachte dennoch Frequenztabellen in der »Harmonie Universelle« an,<sup>54</sup> denn er rechnete offenbar damit, dass Komponisten in Zukunft zu jedem Stück die von ihnen gewünschte Frequenz klar angeben würden:

This proposition is one of the most beautiful of practical music, for if one should send a piece of music from Paris to Constantinople, to Persia, China, or another part, although those who understand the notes and understand ordinary composition can sing it by keeping the ordinary measure, nevertheless, they cannot know at what pitch each part ought to begin [...] Now the composer will give a definite and universal sign of the pitch, at which he desires his music to be sung [...].

Bemerkenswerterweise hielt Mersenne es für möglich, dass Außenstehende sich das Tempo, aber nicht den Stimmton selbst erschließen können. Zumindest scheint der Gedanke, dass man überhaupt auf die Einhaltung einer bestimmter Frequenz Wert legen sollte, schon dieser Zeit nicht fremd zu sein. Andererseits wäre auch die Festlegung des Tempos durch ein Metronom damals technisch machbar gewesen und es mangelte nicht an der Erfindung von »Chronometern«, aber offenbar bestand kein Bedarf einer genauen Festlegung.<sup>56</sup>



**Abb. 2** Tonerzeugung mit Robert Hookes »sound wheels«.

<sup>53</sup> Ebd., wird der Grad an Ungenauigkeit mit etwa 10 % angegeben, siehe S. 30.

<sup>54</sup> Mersenne, *Harmonie*, 1957, S. 194 und 196.

<sup>55</sup> Ebd., 3rd Book of String Instruments, Proposition XVIII, S. 199.

<sup>56</sup> Bingham/Turner, *Metronomes*, 2017.

Eine zweite Frequenz-Messmethode ist in diesem Kontext besonders relevant, greift sie doch erstmals auf einen akustischen Apparat zurück, für den kein Musikinstrument als Vorbild diente: die »sound wheels« von Robert Hooke (1635–1703). Er hatte sie 1676 bei einem Uhrmacher in Auftrag gegeben.<sup>57</sup> Mehrere Zahnräder sind auf einer gemeinsamen Achse befestigt und mit einem Zählwerk versehen. Gegen die sich drehenden Räder wird etwa ein Metallplättchen als Hindernis gehalten und so ein Ton hervorgerufen (Abb. 2). Die Tonhöhe wird von der Zahl der Zähne und der Umdrehungsgeschwindigkeit bestimmt. Bei einer Vorführung vor der Royal Society 1681 konnte Hooke demonstrieren, dass eine gleichmäßige Anordnung der Zähne musikalische Töne, eine ungleichmäßige aber stimmähnliche Geräusche hervorrief.<sup>58</sup>

Obwohl sich unmittelbar an diese Präsentation keine weiteren Untersuchungen mit den Zahnrädern anschlossen, haben ähnliche Erfindungen bei näherem Hinsehen doch eine gewisse Kontinuität vom 17. bis 19. Jahrhundert.<sup>59</sup> Das Hooke'sche Zahnrad beruhte insofern auf einem ähnlichen Prinzip wie später die Sirene, als beide eine aus schnellen Einzelimpulsen zusammengesetzte Frequenz mit einer Zählvorrichtung der Umdrehungen verbinden. Sie sind die frühesten Beispiele für akustische Instrumente zu Forschungszwecken. Es ist aber bemerkenswert, dass, zumindest dem bisherigen Kenntnisstand der historischen Quellen nach, keines dieser Geräte weiter genutzt wurde und Frequenzmessung im 18. Jahrhundert kaum eine Rolle spielte. Dies zeigt ein weiteres Mal, dass eine Erfindung sich nicht durchsetzen kann, wenn – aus welchen Gründen auch immer – kein fruchtbarer Boden für ihre Nutzung vorhanden ist.

Joseph Sauveur (1653–1716) war der nächste, der Frequenzmessung in größerem Umfang betrieb. Er gilt als Begründer der Akustik als eigenständige wissenschaftliche Disziplin und prägte ihren Namen.<sup>60</sup> Er ermittelte die Frequenz von offenen Orgelpfeifen über ihre Schwebungsdifferenzen und fand eine Formel für die Berechnung der Frequenz einer Saite,<sup>61</sup> wobei seine Methode genauer war als die von Mersenne.<sup>62</sup> Bei seinen Versuchen erhielt er offenbar Unterstützung durch den Orgelbauer Pierre-François Deslandes (1667–1709).<sup>63</sup> Der Nutzen von Schwebungen als Hilfsmittel zum Stimmen war Instrumentenmachern aus langer Erfahrung bekannt, wie dies beispielsweise von Arnolt Schlick (ca. 1460–n. 1521) schon 1511 überliefert ist.<sup>64</sup> Dies unterstreicht den Erfahrungsvorsprung, den Instrumentenbauer zu dieser Zeit gegenüber Forschern wie Sauveur hatten. Es ist später auch genau diese Methode der Frequenzermittlung über Schwebungsdifferenzen, die Johann Heinrich Scheibler (1777–1837) anwandte, um seinen »Tonometer« zu konstruieren. Scheibler beklagte 1834, dass sich seit Sauveur nie-

<sup>57</sup> Gouk, Role, 1980, hier S. 583–584.

<sup>58</sup> Gethmann, Musick, 2013, S. 52–53. Gouk, Role, 1980, S. 583–584.

<sup>59</sup> Költzsch, Sondaß-Röhre, 2012, S. 161–163.

<sup>60</sup> Sauveur, Writings, 1984, S. 23.

<sup>61</sup> Ebd., S. 25–26.

<sup>62</sup> Laut Dostrovsky/Cannon, Entstehung, 1987, S. 34, war sie »vielleicht bis auf 2 % genau«.

<sup>63</sup> Sauveur, Writings, 1984, S. 14.

<sup>64</sup> Schlick, Spiegel, 1869, S. 100–105.



mand mehr um die Frequenzmessung bemüht habe. Sauveurs Vorführung vor der Pariser Akademie der Wissenschaften war offenbar misslungen.<sup>65</sup>

Nach heutigem Kenntnisstand kam die akustische Forschung bis um 1800 also weitgehend ohne wissenschaftliche Apparate aus. Die einzige Ausnahme bilden die »sound wheels« von Robert Hooke, die trotz ihres Erkenntnispotenzials bis zu einer Wiederentdeckung im 19. Jahrhundert keine erkennbare Rezeption erfuhren. Dieser Befund bedeutet allerdings nicht, dass die Akustik ohne empirische Untersuchungen auskam. Stattdessen wurden Musikinstrumente benutzt, da ohnehin viele Forschungsfragen direkt von Beobachtungen an ihnen abgeleitet waren. Diese Selbstgenügsamkeit mag ein Faktor gewesen sein, um die Verbreitung zusätzlicher wissenschaftlicher Apparate zunächst zu lähmen.

### Klangfarbe

Auch wenn der Zuwachs an Wissen über die mechanischen Vorgänge bei schwingenden Saiten im 17. und 18. Jahrhundert enorm war, so blieb die Klangfarbe doch weiterhin ein nicht greifbares, beziehungsweise sogar uninteressantes Phänomen. Heinrich Ernst Bindseil (1803–1876) stellte in seiner »Akustik« noch 1839 fest: »die Meinungen über diesen schwierigen und bis jetzt noch sehr wenig untersuchten Gegenstand sind noch immer sehr geteilt.«<sup>66</sup> Während sich das Schwingungsverhalten von Saiten noch zu einem gewissen Grad beobachten lässt, ist ein Verständnis der Faktoren, die die Klangfarbe ausmachen, schwer zu gewinnen.

Zu den Hindernissen bei der Erforschung kommt noch ein Mangel an sprachlichen Ausdrucksmitteln, denn erstaunlicherweise erhielt die Klangfarbe erst Mitte des 18. Jahrhunderts überhaupt einen Namen. Es war nach heutigem Kenntnisstand Jean-Jacques Rousseau (1712–1778), der das Wort »tymbre« im Französischen erstmals 1749 in diesem Sinne verwendete. 1765 wurde seine Definition in der Enzyklopädie von Diderot und d'Alembert gedruckt.<sup>67</sup> Derselbe Band enthält auch einen von einem anderen Autor verfassten Eintrag zu »timbre«. Dieses Wort wird mit den Schnarrsaiten einer Trommel, der Resonanz einer Glocke, der menschlichen Stimme oder einem metallenen Instrument in Verbindung gebracht.<sup>68</sup> Während diese Assoziationen von anderen klanglichen Eindrücken hergeleitet sind, setzte sich im Deutschen ein synästhetischer Begriff durch. Er bildete sich laut Bindseil erst viel später heraus als seine französische Entsprechung:

Dem Deutschen fehlt ein besonderes Wort dafür. Chladni (4) nennt sie [diese Qualität eines Tons] Modificationen und Articulationen des Schalles oder

<sup>65</sup> Scheibler, Tonmesser, 1834, S. 61.

<sup>66</sup> Bindseil, Akustik, 1839, S. 68.

<sup>67</sup> Muzzulini, Genealogie, 2006, S. 248.

<sup>68</sup> Ebd., S. 249–250.

<sup>69</sup> Bindseil, Akustik, 1839, S. 66. Die Werke, auf die sich Bindseil bezieht, sind Chladni, Beyträge, 1817; Olivier, Urstoffe, 1821; Weber, Versuch, 1817 (Bd. 1) und Weber, Akustik, 1835.

Klanges, auch Laut; OLivier [sic] (5) schlägt dafür Timmer, G. Weber (6) Tonfarbe und, zugleich mit W. Weber (7), Klangfarbe vor, wofür aber der Letztere auch das einfache W. Klang gebraucht.<sup>69</sup>

Somit ist das heute gebräuchliche deutsche Wort erst in den 1820er und 30er Jahren nachweisbar.<sup>70</sup> Diese sprachliche Lücke ist schwer erklärbar, weil Klangfarbe beim Musizieren ständig neu geformt wird, und auch beim Zuhören immer Klangeindrücke entstehen, die artikuliert und verglichen werden können. Letztlich ist das Vokabular für Höreindrücke insgesamt unpräzise oder von anderen Sinneseindrücken entlehnt. Rousseau etwa versuchte die Bedeutung von »tymbre« durch Paare von Adjektiven einzugrenzen (»aigre – doux«; »sourd – éclatant«; »sec – moëlleux«) und ordnete ihnen Instrumente zu.<sup>71</sup> Wohl nicht zufällig erfolgte die zunehmende Aufmerksamkeit für das Phänomen der Klangfarbe parallel zur Herausbildung des Orchesters im heutigen Sinne, das als ein zusammenwirkender Klangkörper gedacht wird und gleichzeitig die Eigenheit seiner Teile würdigt.<sup>72</sup>

Doch nicht nur sprachlich blieb die Klangfarbe lange unbestimmt. Leonhard Euler (1707–1783) wies 1765 darauf hin, dass noch niemand eine Erklärung ihrer physikalischen Ursache geleistet habe.<sup>73</sup> Zu ihrem Verständnis waren jedoch mehrere Komponenten nötig, über die sich das Wissen erst nach und nach aufbaute. Deshalb kann keine Einzelperson für ihre Entdeckung benannt werden. Daniel Muzzulini geht diesem verflochtenen Komplex in einer »Genealogie der Klangfarbe« (2006) nach.<sup>74</sup> Joseph Sauveur wies nach, dass eine Saite gleichzeitig in mehreren Teilen schwingt.<sup>75</sup> Er prägte auch die Begriffe »Schwingungsknoten« und »Schwingungsbauch« für die aus der unterteilten Saitenschwingung resultierenden Figuren.<sup>76</sup> Daniel Bernoulli (1700–1782) argumentierte, dass sich eine Saitenbewegung aus vielen Sinusschwingungen zusammensetzt und dass die Obertöne diese Vieltelligkeit bezeugen – allerdings verband er diese Erkenntnis nicht mit der Klangfarbe.<sup>77</sup> Obertöne waren auch damals ein schon lange bekanntes Phänomen, dessen Verbreitung allerdings als gering galt. In der frühen Neuzeit werden sie nur in sehr geringer Zahl beschrieben und das nur bei Saitenklängen, wo sie besonders leicht wahrnehmbar sind.<sup>78</sup> Jean-Philippe Rameau (1683–1764) nahm ihr Vorhandensein in allen Klangkörpern an,<sup>79</sup> doch erst Helmholtz erschloss mit seinen neuen Analyse-mitteln ihre relative Stärke und Verbreitung systematisch und wertete so ihre Bedeutung

<sup>70</sup> Laut Muzzulini, *Genealogie*, 2006, S. 175, gibt es keinen Beleg vor 1822.

<sup>71</sup> Ebd., S. 164–167.

<sup>72</sup> Dolan, *Revolution*, 2013, S. 3–7.

<sup>73</sup> Muzzulini, *Genealogie*, 2006, S. 258.

<sup>74</sup> Ebd.

<sup>75</sup> Ebd., S. 117.

<sup>76</sup> Ebd.; Ullmann, Chladni, 1996, S. 3.

<sup>77</sup> Muzzulini, *Genealogie*, 2006, S. 135.

<sup>78</sup> Ebd., S. 114–137. Mersenne nahm bis zu fünf zusätzliche Töne wahr, andere dagegen nur einen oder zwei.

<sup>79</sup> Ebd. S. 190.

auf: »sie [die Obertöne] erscheinen aber in den bisherigen physikalischen und musikalischen Werken als ein vereinzelt, zufälliges Phänomen von geringer Intensität, eine Art von Curiosum«. <sup>80</sup> Ein Einfluss der Obertöne auf die Klangfarbe wurde vor Helmholtz nur selten vermutet. <sup>81</sup> Der möglicherweise früheste Beleg findet sich in dem 1775 erschienen und bislang wenig beachteten Büchlein »Der Instrumentalton. Eine physikalische Abhandlung« von Matthias Gabler (1736–1805), einem Theologen und Physiklehrer in Ingolstadt. <sup>82</sup> Mit »Instrumentalton« meint Gabler tatsächlich die Klangfarbe, deren heutigen Namen er ja nicht kennen konnte. Wenn nämlich zwei Instrumente oder menschliche Stimmen dieselbe Tonhöhe erzeugen, »[...] welcher ein Unterschied zeigt sich nicht nur in der Weise die Töne hervorzubringen, sondern auch in den Tönen selbst? Nun diese Eigenschaft des Tones [...] nenne ich den Instrumentalton.« <sup>83</sup> Auf die Frage, warum bestimmte Töne als angenehmer wahrgenommen werden als andere, fährt Gabler fort: »Der Instrumentalton wächst in seinem Reitze um so mehr, als die Anzahl der harmonischen Töne, die sich zugleich hören lassen, beträchtlicher ist«. <sup>84</sup> Gabler nahm an, dass die Klangfarbe das Ergebnis der Zusammensetzung von Teiltönen ist. Seine Untersuchungen haben aber keinen erkennbaren Wirkungsgrad erreicht. <sup>85</sup> Möglicherweise fehlte Gabler schlicht ein persönlicher Anschluss an größere Forschernetzwerke, um sich bekannt zu machen.

In Bezug auf die eben aufgeführten drei Merkmale lassen sich um 1800 deutliche Umbrüche feststellen. Dies legt die Vermutung nahe, dass sich auch das Verhältnis der Akustikforschung zu Musikinstrumenten neu definiert. Nicht zuletzt durch die neu erfundenen wissenschaftlichen Apparate der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts erweiterten sich die Forschungsfragen auf bisher kaum untersuchte Felder wie Schallvisualisierung oder die Formulierung einer Tondefinition. Daher lohnt sich ein Blick darauf, welches Erkenntnispotenzial die neuen Apparate eröffneten.

## Das Zeitalter der Akustik-Apparate

### Schlaglichter auf die Apparate bis ca. 1860

In der Zeit vor 1800 gab es wegen des geringen Interesses an akustischen Instrumenten schlicht keinen Anlass, sie in größerem Maßstab herzustellen. Für angehende Forscher bedeutete das eine große Hürde. So bemerkte Chladni in seiner »Akustik«: »Zu genauer

<sup>80</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 98–99.

<sup>81</sup> Bindseil, *Akustik*, 1839, S. 67–58, führt verschiedene Erklärungsversuche aus der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts an. Keiner davon berücksichtigt die Obertöne.

<sup>82</sup> Gabler, *Instrumentalton*, 1775.

<sup>83</sup> Ebd., S. 2.

<sup>84</sup> Ebd., S. 42.

<sup>85</sup> Der Versuch, eine Nennung Gablers in Akustikpublikationen des 19. Jahrhunderts zu finden blieb erfolglos. Nicht einmal Bindseil, der sonst einen sehr genauen Überblick über die Forschungsgeschichte hat, erwähnt ihn.

Bestimmung der Natur eines Geräusches sind noch keine Mittel bekannt<sup>86</sup>. Er bezieht sich wahrscheinlich sowohl auf einen Mangel an Methoden als auch an Apparaten. Noch 1853, also ein halbes Jahrhundert später, bezeichnete Marloye die Akustik als den mit Sicherheit am wenigsten fortgeschrittenen Zweig der Physik.<sup>87</sup> Während in der Zwischenzeit zwischen beiden Aussagen zwar einige neue Erfindungen akustischer Instrumente hinzukamen, gab es bis um 1840 keine spezialisierten Produzenten hierfür. Entsprechend gering dürfte demnach die frühe Verbreitung etwa von Charles Cagniard de la Tours (1777–1859) Sirene geblieben sein.<sup>88</sup> Die Erfinder selbst beauftragten mitunter Uhrmacher oder Präzisionsmechaniker mit der Fertigung für den eigenen Bedarf. Diesen beiden Professionen gehörte beispielsweise der Krefelder Hermann Kämmerling an, der die 56 Stimmgabeln für Johann Heinrich Scheiblers Tonometer herstellte.<sup>89</sup>

Vor der Erörterung der Frage, unter welchen Umständen sich die Herstellung von Akustikapparaten als eigener Berufszweig in Paris herausbildete und wie dieser die spätere Forschung veränderte, sollen zunächst die wichtigsten der ab 1800 entwickelten Geräte vorgestellt werden, die in das Sortiment von Marloye und Koenig einfließen und auch Helmholtz zur Verfügung standen, als er in den 1850ern mit seinen akustischen Forschungen begann.<sup>90</sup> Die Apparate selbst lassen sich ihrer Funktion nach in mehrere Kategorien unterteilen:<sup>91</sup>

- Tonerzeugung
- Frequenzmessung
- Visualisierung
- Demonstration

Besonders prägend für die Entwicklung der Forschungsschwerpunkte und damit auch der wissenschaftlichen Instrumente waren die Arbeiten Chladnis. Sein akustisches Schaffen ist so umfangreich wie keines zuvor und in der Gesamtheit schwer zu überblicken. Ungewöhnlich war auch sein Fokus: Schon seine erste Monografie zur Akustik von 1787 behandelt fast ausschließlich schwingende Platten und Stäbe.<sup>92</sup> Aus der Schwingungsuntersuchung von Körpern, die zuvor nicht für musikalische Zwecke eingesetzt wurden, speisten sich wiederum Chladnis Innovationen im Musikinstrumentenbau. Beim Euphon etwa streicht man mit befeuchteten Fingern einen gläsernen »Streichstab« entlang, der die Schwingung auf einen eisernen »Klangstab« überträgt. Auch der Clavicylinder verfügt über einen »Klangstab«, der durch Tastendruck an eine befeuchtete, sich drehende Glaswalze gedrückt wird.<sup>93</sup> Die Motivation für die Wahl solch ungewöhnlicher Wege der Tonerzeugung mag nicht zuletzt in Chladnis schwieriger finanzieller Situation

<sup>86</sup> Zitiert nach Kursell, *Epistemologie*, 2018, S. 89.

<sup>87</sup> Das französische Originalzitat ist in Brenni, 1800–1900, 2001, hier S. 58 abgedruckt.

<sup>88</sup> Pantalony, *Sensations*, 2009 S. 10.

<sup>89</sup> Jackson, *Triads*, 2006, S. 158.

<sup>90</sup> Helmholtz' erste Publikation zur Akustik erschien 1853 und enthielt keine eigenen Forschungsergebnisse, sondern einen Teilbericht über »Fortschritte der Physik im Jahre 1849«, vgl. Kursell, *Epistemologie*, 2018, S. 19.

<sup>91</sup> Eine ähnliche Aufteilung übernimmt auch Brenni, 1800–1900, 2001, S. 57–72.

<sup>92</sup> Chladni, *Entdeckungen*, 1787.

begründet liegen. Um auf seinen vielen Vortragsreisen mit seinen Forschungsergebnissen genügend Popularität zu gewinnen, machte er sie mit neuartigen klingenden Anwendungen anschaulich.<sup>94</sup>

Gerade durch die Untersuchung solch vermeintlicher Randgebiete konnten Musikinstrumente letztlich besser verstanden werden. Resonanzböden sind schwingende Platten und unter bestimmten Bedingungen verhalten sich Saiten wie Stäbe. Erstmals erfolgte ein systematisches Studium der verschiedenen Schwingungsarten.<sup>95</sup> So führte Chladni die Akustik zugleich in eine angewandte und eine abstrakte Richtung.

Da in der Folge die Forschung mit den Apparaten an Verbreitung gewann, ist es wichtig, sich die praktischen Bedingungen des Umgangs mit ihnen bewusst zu machen. Die Inbetriebnahme und Bedienung dieser wie auch vieler anderer wissenschaftlicher Instrumente war oft schwierig und nicht von einer Person zu leisten. Deshalb assistierte gerade im universitären Alltag ein »Préparateur« bei Versuchen, der oft selbst Präzisionsmechaniker war.<sup>96</sup> In diesem Zusammenhang ist das 1854 erschienene »Nouveau manuel complet du physicien-préparateur« sehr aufschlussreich, dessen ausführlicher Abschnitt über Akustik mit Unterstützung von Marloye entstand.<sup>97</sup> Er betont darin, dass man das Gehör erst gründlich schulen müsse, um überhaupt mit der Forschung beginnen zu können. Eine ähnliche Idee hat bereits Herschel formuliert, laut dem man für die Benutzung eines Teleskops erst das Sehen erlernen müsse.

Einige Apparate mussten durch zusätzliche Antriebsgeräte zum Klingen gebracht werden. Mit dem Blasebalgtisch konnte eine Person allein arbeiten, weil der Blasebalg über ein Pedal bedient wird. Der Luftstrom wird in ein Reservoir unter der Tischplatte geleitet. Darauf befinden sich mehrere Ventile, an die beispielsweise Sirenen oder Orgelpfeifen angeschlossen werden können. Eine präzisere Art der Windregulierung erfand der Orgelbauer Aristide Cavaillé-Coll (1811–1899) 1863. Mithilfe einer »Schiebewegichtsdrossel« konnte ein exakt gleichmäßiger Luftdruck eingestellt werden, um eine stabile Frequenz beizubehalten.<sup>98</sup>

Bei der »Schwungmaschine« dagegen wird ein großes Rad mit einer Kurbel in schnelle Drehung versetzt.<sup>99</sup> Um das Rad ist ein Seil gewickelt, das die Drehung auf eine Achse überträgt, die beispielsweise Savarts Zahnrad oder Sirenen Scheiben trägt. Zur Hervorbringung eines Tons wird noch ein Kärtchen oder eine Druckluftdüse an das Objekt gehalten. Sowohl die Düse als auch das Drehen des Rads erzeugen Nebengeräusche, die die Konzentration erschweren. Eine dritte Methode, der elektromagnetische Antrieb, geht wohl auf Helmholtz zurück, der hiermit Stimmgabeln in Schwingung hielt oder

<sup>93</sup> Ullmann, Chladni, 1996, S. 41–45 und 83–86.

<sup>94</sup> Vgl. ebd., S. 41.

<sup>95</sup> Houssay, Savart, 2014, S. 18. Diese Thematik prägt über die Hälfte der 800 Seiten von Bindseil, Akustik, 1839, S. 104–546.

<sup>96</sup> Brenni, Acoustics, 2020. Selten erhalten diese vermeintlichen Nebenfiguren des Wissenschaftsbetriebs Aufmerksamkeit. Eine aktuelle Fallstudie bietet Hentschel, Hand, 2020, S. 13–36.

<sup>97</sup> Brenni, Acoustics, 2020 verweist auf Fau/Chevalier, Manuel, 1853/54, Bd. 1, zur Akustik S. 328–406.

<sup>98</sup> Vgl. Kursell, Epistemologie, 2018, S. 95–97.

seine Doppelsirene mit Luft versorgte.<sup>100</sup> Die Sirene ist bis um 1860 der vielfältigste und wandelbarste akustische Apparat. An ihrem Beispiel kann man eine doppelte Rolle als Gegenstand und Mittel der Forschung beobachten, indem sie einerseits selbst Debatten auslöste und sich andererseits ihre Gestaltung jeweils neuen Fragen anpasste.

### Sirenen – Cagniard de la Tour, Opelt, Seebeck, Dove

Bei der Sirene handelt es sich um den ersten aus rein akustischem Forschungsinteresse entwickelten Tonerzeuger, der nachweislich Verbreitung fand. Sie ist eine direkte Abbildung der Vorstellung, dass Klänge durch schnell aufeinanderfolgende Luftstöße (»chocs«) an das Ohr entstehen. Cagniard de la Tour schien es naheliegend, dass ein Apparat Töne erzeugen könne, wenn er diesen Vorgang nachahme.<sup>101</sup> Die neuartige Tonerzeugung der Sirene lud in der Folge zu Fragestellungen über die Natur des Tons ein, weil sie die Luft stoßweise und nicht wie sonst üblich in kontinuierlichen Wellen bewegt. Außerdem zeigte sie, dass man bei einer langsamen Abfolge von Luftstößen noch Einzelimpulse unterscheiden kann, die sich ab einer bestimmten Geschwindigkeit aber zu einem durchgehenden Ton verbinden. Cagniard de la Tour präsentierte seine Sirene 1819 in einem Aufsatz, allerdings ohne eine Abbildung oder eine Angabe, wer sie gebaut hatte.<sup>102</sup> Ihr Mechanismus ist folgender: Durch einen Blasebalg wird zunächst Luft in eine Kammer geleitet, deren oberes Ende eine fest eingebaute perforierte Metallscheibe bildet. Darüber ist eine weitere Lochscheibe auf einer drehbaren Achse angebracht. Beide Scheiben sind mit schräg gebohrten Löchern versehen, sodass die angestaute Luft sich ihren Weg bahnt und die obere Scheibe in Drehung versetzt. Die Luftstöße beim Austritt sind hörbar. Die Achse teilt die Zahl ihrer Umdrehungen über ein Gewinde einer Anzeige mit. Wenn man die Anzahl der Löcher der oberen Scheibe mit deren Umdrehungen pro Sekunde multipliziert, erhält man die Frequenz.<sup>103</sup>

Verschiedene Forscher variierten Anzahl, Größe und Anordnung der Löcher beispielsweise in mehreren Reihen oder in unregelmäßigen Abständen, um die Auswirkung dieser Faktoren zu untersuchen. Auch die Art des Antriebs hat großen Einfluss auf die Gestalt: Neben dem von Cagniard de la Tour vorgestellten Typ mit Blasebalg, Luftreservoir, drehbarer Achse und Zählvorrichtung gab es Sirenenscheiben, die mit einem Schwungrad gedreht wurden. Hierbei erfolgte die Luftzufuhr über Düsen, die man vor die Lochreihen hält, die erklingen sollen. Dies ermöglichte große Scheiben mit vielen Lochreihen, eine kostengünstige Herstellung aus Pappe und eine leichte Austauschbarkeit, aber es fehlte eine Zählvorrichtung. Vor Helmholtz gab es im Wesentlichen vier Bauformen der Sirene.

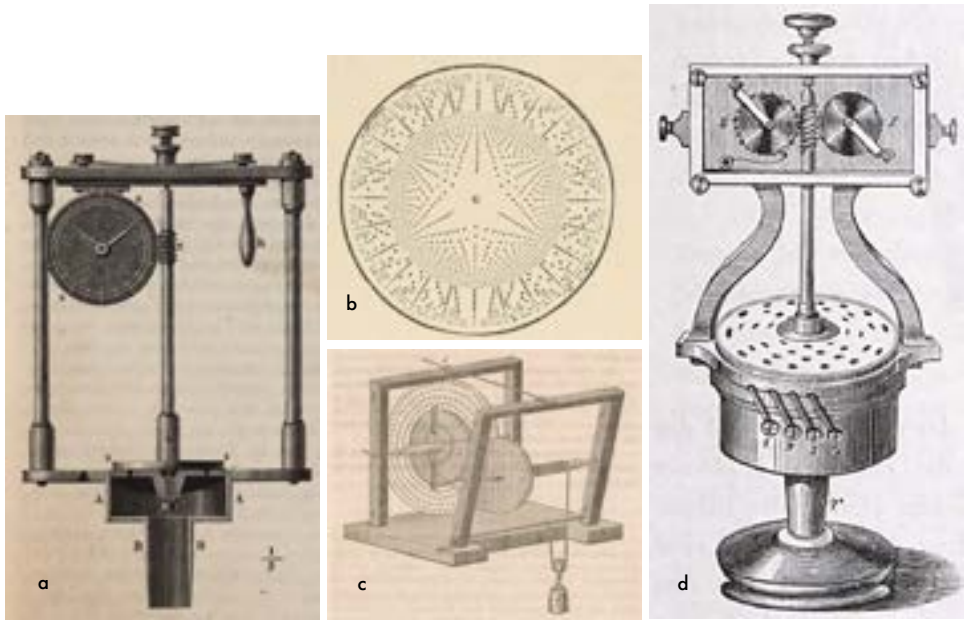
<sup>99</sup> Diese Bezeichnung ist von Max Kohl übernommen, vgl. Kohl, *Apparate*, 1905, S. 292–293.

<sup>100</sup> Vgl. Welsh, *Sirene*, 2008, hier S. 144.

<sup>101</sup> Cagniard de la Tour, *Sirène*, 1819, hier S. 167–168.

<sup>102</sup> Bei seinen Experimenten fand Cagniard de la Tour heraus, dass die Sirene auch unter Wasser klingt. Dieser Umstand habe ihr den Namen verliehen, ebd., S. 171.

<sup>103</sup> Welsh, *Sirene*, 2008, S. 144, gibt ein Beispiel. Wenn die Scheibe acht Löcher hat und man sie 33 mal pro Sekunde dreht, erhält man ein c' mit 264 Hz. Erhaltene Sirenen dieser Art sind erstaunlich klein und oft nur 20–30 cm hoch. Dementsprechend finden meist nicht mehr als 20 Löcher Platz.



**Abb. 3** Sirenen-Typen, benannt nach ihren jeweiligen Erfindern. Von oben links im Uhrzeigersinn: a: Cagniard de la Tour (1819); b: Opelt (1834); c: Seebeck (vor 1841); d: Dove (1851).

Cagniard de la Tour beschrieb die einfachste Form einer einreihigen Lochscheibe. Ihm ging es um eine Erprobung dieser Art der Tonerzeugung und um Frequenzmessung. Die erste Erweiterung zu einer mehrreihigen polyphonen Sirene nahm Friedrich Wilhelm Opelt (1794–1863) 1834 vor. Sein Ziel war ein ganz anderes, denn ihm ging es um musiktheoretische Reformen.<sup>104</sup> Opelt ging von der Beobachtung aus, dass die Luftstöße erst ab einer bestimmten Geschwindigkeit als ein Ton wahrgenommen werden. Wenn also der Übergang zwischen Rhythmus und Frequenz fließend war, mussten diese Kategorien in der Musiktheorie neu überdacht werden. Opelts Anliegen war es, alle Rhythmen, Töne und Zusammenklänge aus dem Grundelement der Luftstöße herzuleiten, die mal in zählbarer Form erscheinen und mal nicht: »In Opelt's world, musical parameters are merely different manifestations of clicks [= Luftstöße] along a temporal axis, operating in different dimensions and frequency ranges«.<sup>105</sup>

Opelts vielreihige Lochscheiben sind eine Abbildung dieser Vorstellung, aber auch eine Form der Notation, die Rhythmen und Töne nicht mehr mit verschiedenen Zeichen

<sup>104</sup> Gegenwärtig ist Alexander Rehding der einzige, der sich mit Opelts Forschung beschäftigt, siehe: Rehding, *Siren*, 2020, S. 131–157.

<sup>105</sup> Ebd., S. 143.

ausdrückt, sondern alles als Abfolge von Luftstößen auffasst.<sup>106</sup> Die Scheiben bestehen aus Pappe oder Blech, werden mit einem Schwungrad angetrieben und mit Luftdüsen zum Klingen gebracht. Obwohl Opelts Forschungen wenig rezipiert wurden, blieben seine Scheiben wohl deshalb bekannt, weil er Rudolph Koenig als Hersteller gewinnen konnte.<sup>107</sup> In der Folge arbeiteten fast alle Forscher mit polyphonen Sirenen, Opelts Erfindung.

Auch August Seebeck (1805–1849) griff für seine Sirene auf Pappscheiben mit mehreren Lochreihen zurück, die aber nicht durch ein Schwungrad, sondern durch einen Schnurlauf mit Gewicht in Drehung versetzt wurden. Anders als bei Opelts aufwändigen Mustern genügten Seebeck wenige Lochreihen, die beispielsweise einem Durdreiklang mit Oktave entsprechen.<sup>108</sup> Außer der Tonerzeugung mit dem Luftstrom einer Düse ließ Seebeck auch ein zugespitztes Kärtchen in die Löcher eingreifen.<sup>109</sup> Die Töne dieser Sirene sollen allerdings »äusserst schwach« gewesen sein.<sup>110</sup>

Seebeck hat in Deutschland maßgeblich zur Popularisierung der Sirene beigetragen und eröffnete zusammen mit Georg Simon Ohm (1789–1854) eine der fundamentalsten Debatten der Akustik im 19. Jahrhundert. Es ging um die Frage, ob sich alle Töne aus einfachen sinus- und cosinusförmigen Wellen zusammensetzen oder ob dies nur als Sonderfall auftrete. Ausgelöst wurde die Suche nach einer neuen Tondefinition durch die nicht wellen-, sondern stoßweise erfolgende Tonerzeugung der Sirene.<sup>111</sup> Insbesondere Seebeck war anhand von Experimenten an der Sirene zum Ergebnis gekommen, dass Töne aus verschiedenartigen und sogar nicht-periodischen Impulsen entstehen können.<sup>112</sup> Dazu variierte er die Abstände zwischen den Löchern einer Sirenscheibe oder blies die Scheibe von beiden Seiten her durch Düsen entweder gleichzeitig oder versetzt an.<sup>113</sup> 1843 versuchte Ohm unter Rückgriff auf die Fourier-Analyse zu beweisen, dass

<sup>106</sup> Rehding, ebd., S. 141–146, weist darauf hin, dass diese Notation maschinenlesbar ist, weil sie binär aufgebaut ist (Impuls/kein Impuls). Eine schnelle Rotation erzeugt die Ebene der Töne, eine langsamere Rhythmen, und eine ganz langsame die Taktangabe. In diesem Zusammenhang ist bemerkenswert, dass Opelt aus einer Familie von Webern kam. In der Weberei war eine Lochkartensteuerung bereits etabliert, beispielsweise beim Jacquard-Webstuhl. Eine Ähnlichkeit zwischen den Lochkarten und den Sirenscheiben ist klar erkennbar.

<sup>107</sup> Ebd., S. 140.

<sup>108</sup> Seebeck beschrieb seine Sirene 1849 und bildete sie ab in Seebeck, Akustik, 1849, hier S. 25–27.

<sup>109</sup> Seebeck, Beobachtungen, 1841, hier S. 417–418.

<sup>110</sup> Dove, Beschreibung, 1851, hier S. 596.

<sup>111</sup> Turner, Dispute, 1977, S. 1–24, hier S. 1–4. August Röber hatte in den 1830er-Jahren zwei Artikel zu der Debatte beigetragen, war aber ab 1839 nicht mehr beteiligt, vgl. Kromhout, Ear, 2020, hier S. 480. Alle Beiträge von Röber, Seebeck und Ohm erschienen in »Annalen der Physik und Chemie und Repertorium der Physik«.

<sup>112</sup> Röber hatte 1839 bereits die These aufgestellt, dass die Entstehung eines Tons nur von der regelmäßigen Wiederholung irgendeines Impulses, nicht aber von einer bestimmten Wellenform, abhängt. Seebeck ging noch weiter, indem er auch die Notwendigkeit der Regelmäßigkeit anzweifelte, vgl. Kromhout, Ear, 2020, S. 481.

<sup>113</sup> Ohm, Definition, 1843, S. 513–565, fasst Seebecks Versuche und Ergebnisse auf S. 514–517 zusammen. Kromhout, Ear, 2020, S. 481, missversteht, Seebeck habe eine Doppelsirene (»a double [...] siren, using two discs«) verwendet. Auf S. 484 spricht Kromhout gar von drei Lochscheiben. Seebeck schreibt aber klar von nur einer Scheibe mit mehreren Reihen. Dies wäre nur ein Detail, wenn nicht Kromhout aus genau diesem Missverständnis ein Argument entwickeln würde, wonach Ohm Seebecks Versuche falsch verstanden habe (S. 483).



Sinusschwingungen die Grundelemente zusammengesetzter Klänge seien.<sup>114</sup> Seebeck entgegnete, die berechnete Stärke der Teiltöne im Vergleich zum Grundton stimme nicht mit der wahrgenommenen überein. Darauf gab Ohm zu bedenken, eine mögliche Ursache könne in einer Täuschung des Gehörs liegen.<sup>115</sup> An diesem Punkt beendete Ohm 1844 seine Akustik-Studien und Seebeck starb 1849. Auch weil die Fourier-Analyse in ihrer universellen Anwendbarkeit noch nicht allgemein anerkannt war, blieb die Debatte unentschieden, bis Helmholtz sie wieder aufgriff.<sup>116</sup> Deutlich wurde an ihr freilich die Grenze eines experimentellen Ansatzes wie von Seebeck, bei dem nur akzeptiert wird, was die Sinne bestätigen. Zumindest wurde deutlich, dass die Hör-Wahrnehmung selbst besser verstanden werden musste. Ohm hatte sich dagegen komplett eigener Experimente entzogen und dies mit einem fehlenden musikalischen Gehör entschuldigt.<sup>117</sup> Marloyes und später Helmholtz' Verständnis eines wissenschaftlichen Hörens, bei dem das Ohr nicht musikalisch gebildet sein muss, hätte Ohm womöglich umgestimmt.

Heinrich Wilhelm Dove (1803–1879) hat das Prinzip der polyphonen Sirene 1851 auf Cagniard de la Tours Grundmodell übertragen,<sup>118</sup> denn Blasebalsirenen haben den Vorteil eines lautereren, schärferen Tons, wodurch man Kombinationstöne viel besser hervorbringen kann.<sup>119</sup> Die geringe Größe des Geräts begrenzt die Anzahl der Lochreihen auf vier. Wie bei Cagniard de la Tours Sirene ist die obere Lochscheibe drehbar und die untere festmontiert. Darunter liegen wiederum vier Ringe, die die Lochreihen der unteren Scheibe einzeln verdecken können, sodass die Luft nicht mehr durchströmt. Mit den vier Schrauben wird eingestellt, welche Reihen offenbleiben. Dove geht in seinem Artikel nicht darauf ein, welche Versuche er mit seiner Sirene unternommen hatte.<sup>120</sup> Helmholtz nutzte sie jedenfalls für seine ersten akustischen Forschungen zu Kombinationstönen und als Grundlage für seine Doppelsirene.<sup>121</sup>

Dienten die einreihigen Sirenen hauptsächlich zur Erzeugung einer stabilen Frequenz und einer Messung derselben, galt die Aufmerksamkeit bei polyphonen Sirenen Tonleitern, Akkorden und Kombinationstönen. Helmholtz' Erweiterung bestand schließlich darin, zwei Sirenscheiben vom Dove-Typ an einer Achse anzubringen, sodass man

<sup>114</sup> Ohm selbst verstand sich als Vertreter der »alten Definition des Tones«. Tatsächlich äußerte Daniel Bernoulli schon Mitte des 18. Jahrhunderts, dass sich die Schallwelle einer schwingenden Saite aus Sinusschwingungen zusammensetze: Kromhout, Ear, 2020, S. 482–483. Turner, Dispute, 1977, S. 6, berichtet, dass Ohms Aufsatz keine große Aufmerksamkeit erregte, weil es manchen schien, dass er außer der titelgebenden »Theorie der Sirene« nichts wirklich Neues enthalte.

<sup>115</sup> Kromhout, Ear, 2020, S. 483–485.

<sup>116</sup> Ebd., S. 472, 476, 486. Zu Helmholtz' Beitrag siehe Turner, Dispute, 1977, S. 11–24.

<sup>117</sup> Kromhout, Ear, 2020, S. 486–488. Anhand von zeitgenössischen Musiklexika arbeitet Kromhout heraus, was in den 1830ern mit einem »musikalischen Gehör« gemeint war.

<sup>118</sup> Dove, Beschreibung, 1851. Dove war der Herausgeber des »Repertorium der Physik«, in dem Seebeck 1842 und 1849 seine Artikel zur Akustik publizierte (Bd. VI und VIII).

<sup>119</sup> Pisko, Apparate, 1865, S. 44–48.

<sup>120</sup> Dove hat selbst sehr wenig über Akustik publiziert, aber in drei der acht Bände seines »Repertorium der Physik« jeweils über 100-seitige Artikel von Röber (Bd. 3) bzw. Seebeck (Bd. 6 und 8) aufgenommen. Zu einer Stelle bei Röber hat Dove einen kurzen »Nachtrag zu den Combinationstönen« verfasst, in: Dove, Repertorium, 1839, S. 404–405.

<sup>121</sup> Kursell, Epistemologie, 2018, S. 50–56.

sie fein gegeneinander verstimmen und die dann auftretenden Störungsphänomene untersuchen konnte. Das Beispiel der Sirene zeigt, welche vielfältigen Fragestellungen mit einem Apparat angegangen werden können. Zudem forderte ihre Funktionsweise sowohl musiktheoretische Grundlagen als auch die wissenschaftliche Tondefinition heraus. Beobachtungen und Experimente an der Sirene führten in manchen Fällen zu falschen Schlüssen und richteten somit die Aufmerksamkeit auf die Rolle der Sinne in der Forschung.

### Scheiblers Tonometer

Um 1830 erfolgt die Umdeutung der Stimmgabel von einem Hilfsmittel der Musikpraxis zum vielseitig einsetzbaren schwingungserzeugenden Grundelement für Akustikforschung, Technikgeschichte und Musikinstrumentenbau. Den Beweis für ihre Eignung als Präzisionswerkzeug trat Johann Heinrich Scheibler mit einer neuen Mess- und Stimmmethode an und entwickelte den dafür nötigen Stimmgabelsatz, den er Tonometer nannte. Damit hatte er aber kein neues Gerät erfunden, sondern nutzte vielmehr eine Kombination gewöhnlicher Stimmgabeln. Innovativ war der gedankliche Weg, jeder Stimmgabel mit einer Mischung aus Berechnungen und Präzision in der Feinabstimmung die gewünschte Frequenz zu erteilen. Scheibler wollte die Umsetzung der gleichstufigen Stimmung an Tasteninstrumenten erleichtern, die vielen Stimmern Schwierigkeiten bereitete, wenn sie nur mit dem Gehör arbeiteten.<sup>122</sup> Die gleichstufige Stimmung ist das Resultat von Berechnungen und muss daher exakt umgesetzt werden. Wenn man aber die Einhaltung der Frequenzwerte nicht messend überprüfend kann, muss die erzielte Stimmung eine Schätzung bleiben.

Wie Opelt war auch Scheibler beruflich nicht in Naturwissenschaften oder Musik tätig. Er stammte aus einer Familie wohlhabender Tuchfabrikanten und betrieb selbst eine Samt- und Seidenfabrik in Krefeld.<sup>123</sup> Scheiblers Einstieg in die Akustik war ungewöhnlich: Lange vor dem Tonometer hatte er das Musikinstrument »Aura« entwickelt, bei dem 20 Maultrommeln auf zwei Scheiben montiert waren. Durch den schnellen Wechsel zwischen den Maultrommeln konnte man in allen Tonarten spielen. Dieses Instrument habe Scheibler diverse Stimmungsproblematiken vor Augen geführt, denn die Maultrommeln werden zueinander gleichstufig gestimmt, enthalten aber jede in sich die reine Obertonreihe eines Grundtons.<sup>124</sup> Scheibler setzte seine Studien am Monochord fort und stellte fest, dass dessen Genauigkeit nicht ausreichte, weil sich die Saiten schon durch die Erwärmung bei der Benutzung verstimmte. So kam er zu dem Schluss, dass nur Stimmgabeltöne ein zuverlässiges Maß gaben.

<sup>122</sup> Jackson, *Triads*, 2006, S. 157.

<sup>123</sup> Ebd., S. 151. Nicht nur war der familiäre Hintergrund aus dem Textilhandwerk bei beiden ähnlich, sie publizierten ihre Entdeckungen auch im selben Jahr 1834.

<sup>124</sup> Scheibler, *Tonmesser*, 1834, S. 1 und 77–80.

Scheibler entwickelte drei Stimmgabelsätze für verschiedene Fragestellungen:<sup>125</sup>

- Der »Tonometer«: 56 Stimmgabeln, die jeweils vier Hz auseinanderliegen und eine Oktave abdecken
- Zwölf »unisono-Gabeln« mit den genauen Frequenzen der gleichstufigen Stimmung
- Zwölf »Nebengabeln«, die zum Stimmen anhand von Schwebungen dienen

Wie bei der Skalen-Unterteilung eines Monochords war zunächst ein Raster vonnöten, um Frequenzen darin anzuordnen. Vom Kammerton  $a^1 = 440$  Hz ausgehend teilte Scheibler die darunterliegende Oktave in Schritte von 4 Hz. Dazu brauchte er nur ein Sekundenpendel, denn zwei Stimmgabeln liegen 4 Hz auseinander, wenn sie in der Sekunde genau vier Mal schweben. So erhielt er eine Reihe von 56 Stimmgabeln, die der Krefelder Uhrmacher und Mechaniker Hermann Kämmerling ihm fertigte.<sup>126</sup> Durch Feilen der Zinken konnte Scheibler feine Anpassungen der Tonhöhe selbst vornehmen. Dieser Apparat wird als Tonometer bezeichnet.

Da sich aber die berechneten Frequenzen der gleichstufigen Stimmung nicht durch das 4 Hz-Raster abbilden lassen, musste ein neuer Satz von Stimmgabeln für jeden gleichstufigen Halbton geschaffen werden. Zu einem  $a = 220$  Hz misst das gleichstufig gestimmte  $b$  beispielsweise 233,1 Hz. Um einen solchen Wert zu bestimmen, reichte das Sekundenpendel nicht mehr aus. Scheibler unterteilte ein Metronom in sehr feine Abstufungen der Zeitwerte und gelangte mit relativ aufwändigen Berechnungen zu den richtigen Schwebungsverhältnissen seiner »unisono-Gabeln«.<sup>127</sup> Hierbei ging Scheibler so präzise vor, dass er die Richtigkeit seines aus Kupfer bestehenden Metronoms schon bei kleinen Temperaturänderungen neu kalibrierte.<sup>128</sup>

In der Stimmpraxis am Klavier zeigte sich, dass das Gehör bei dem Abgleich eines Klaviertons mit einer Stimmgabel dazu neigt, kleine Abweichungen noch als denselben Ton wahrzunehmen.<sup>129</sup> Das Stimmen anhand von Schwebungen hielt Scheibler für exakter und so empfahl er eine Reihe von 12 »Nebengabeln« zu verwenden, die jeweils vier Schwebungen unter dem entsprechenden Ton liegen.

Obwohl sich Scheiblers Stimmethode nicht in der Breite durchsetzte, fand sie doch prominente Fürsprecher wie Louis Spohr (1784–1859), Johann Gottlob Töpfer (1791–1870), Ignaz Moscheles (1794–1870) und Henri Pape (1789–1875).<sup>130</sup> Der Heidelberger Physikprofessor Georg Wilhelm Muncke (1772–1847) machte Scheiblers Versuche in naturwissenschaftlichen Kreisen bekannt und überprüfte mit Scheibler zusammen die

<sup>125</sup> Im Folgenden Jackson, *Triads*, 2006, S. 157–166.

<sup>126</sup> Ebd., S. 158 und die zugehörige Fußnote auf S. 318. Genau genommen hatte Scheibler zwei Tonometer: Der erste bestand aus 52 Stimmgabeln, die die Oktave zwischen 217 Hz und 434 Hz in Schritten von 4,15 Hz abdeckten. Der zweite ist oben beschrieben. Zwar sind beide nicht erhalten, dafür aber zwei kleinere Stimmgabelsätze, die Kämmerling für Scheibler gefertigt hatte, vgl. Jackson, *Triads*, 2006, S. 159–160.

<sup>127</sup> Jackson, *Triads*, 2006, S. 163, führt den Gedankengang anhand eines Beispiels vor.

<sup>128</sup> Scheibler, *Tonmesser*, 1834, S. 4–5.

<sup>129</sup> Ebd., S. 45, behauptet sogar: »Ich kann Jedem beweisen, dass er unter 10malen den unisono kaum 1 mal trifft«.

<sup>130</sup> Jackson, *Triads*, 2006, S. 166–172.

Genauigkeit seiner Methode.<sup>131</sup> In der Musikethnologie boten Tonometer bis weit in das 20. Jahrhundert hinein ein Werkzeug für die Erforschung außereuropäischer Musik oder Volksmusik, indem anhand von Phonographen-Aufnahmen die Frequenz jedes einzelnen Tons mit den Stimmgabeln abgeglichen wurde.<sup>132</sup> Rudolph Koenig reizte Scheiblers Erfindung maximal aus. Anlässlich der Weltausstellung in Philadelphia 1876 präsentierte er seinen »grand tonomètre« aus 692 Stimmgabeln zwischen 16 und 4096 Hz.<sup>133</sup> In Deutschland fertigten nach Kämmerling insbesondere Georg (1816–1885) und Anton Appunn (1839–1900) Tonometer mit Stimmgabeln oder durchschlagenden Zungen. Schon Scheibler hatte in Betracht gezogen, dass man auch durchschlagende Zungen verwenden könne.<sup>134</sup> Diese waren im Vergleich viel günstiger als Stimmgabeln. Max Kohl (1853–1908) stellte nur noch Zungen-Tonometer her, die übrigens ebenfalls in 4-Hz-Schritten eingestimmt waren und somit die Kontinuität zu Scheibler erkennen lassen.<sup>135</sup>

### Wege der Schallvisualisierung

Die Suche nach Visualisierungsmöglichkeiten von Klängen dauerte das ganze 19. Jahrhundert und darüber hinaus an. Je nach gewähltem Versuchsaufbau konnte man sehr unterschiedliche Aspekte von Schwingung und Schall sichtbar machen. Bis um 1860 lagen drei Hauptmethoden vor, die oft von mehreren Forschern aufgegriffen und abgewandelt wurden.<sup>136</sup>

Chladni berühmte Plattenversuche (um 1787) machen die Schwingungsaktivität eines Körpers sichtbar. Beobachtungen, welche Bereiche einer schwingenden Fläche ruhen und welche in starker Bewegung sind, lassen sich auf Resonanzböden übertragen. Es ist durchaus denkbar, dass Instrumentenbauer für die Feststellung schwingungsarmer Bereiche schon viel früher Sand auf Resonanzböden gestreut haben. Gesichert ist, dass Félix Savart diese Methode bei Geigen anwandte und Heinrich Welcker von Gontershausen (1811–1873) bei Klavieren.<sup>137</sup>

Die erste graphische Methode der Aufzeichnung von Schwingungen wird als »Vibroskopie« bezeichnet. Wilhelm Weber (1804–1891) hat sie um 1830 erstmals vorgestellt.<sup>138</sup> Am Zinken einer schwingenden Stimmgabel ist eine Mine befestigt, unter der beispielsweise eine beruhte Glasplatte hinweggezogen wird. Kennt man die genaue Dauer der Aufzeichnung, so kann man durch die Anzahl der Ausschläge die Frequenz ermitteln. Sie ist unabhängig von der Geschwindigkeit, mit der der Träger der Aufzeichnung bewegt wurde. Bei Jean-Marie Duhamels (1797–1872) Vibroskop von 1843 zeichnet die Mine an

<sup>131</sup> Vgl. ebd., S. 172.

<sup>132</sup> Beispielsweise Abraham, Untersuchungen, 1923.

<sup>133</sup> Pantalony, Sensations, 2009, S. 91–92 und eine Abbildung auf S. 109.

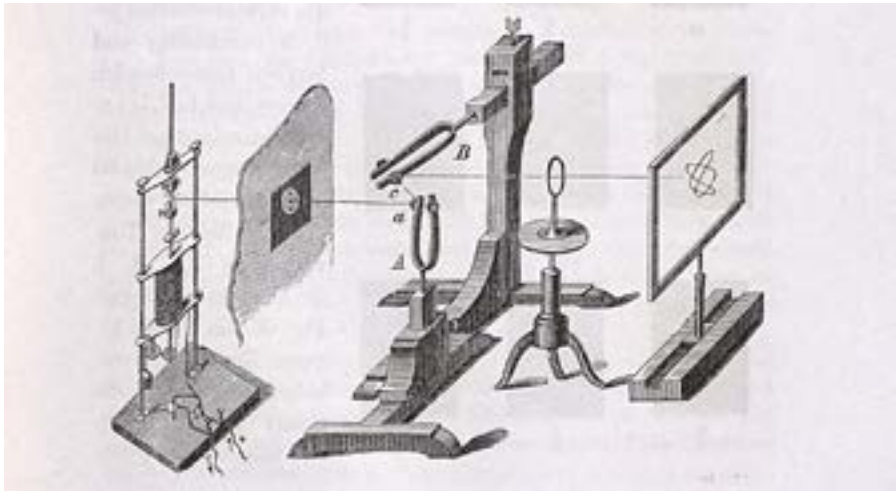
<sup>134</sup> Scheibler, Tonmesser, 1834, S. 46: »die in kleinen Blasebälgen verschlossenen sogenannten Harmonica's«.

<sup>135</sup> Kohl, Apparate, 1905, S. 305.

<sup>136</sup> Vgl. die Kapitel »Die Tonschreibekunst, Phono- oder Vibrographie« und »Anwendung der Optik in der Akustik« bei Pisko, Apparate, 1865, S. 55–103 und S. 104–128.

<sup>137</sup> Dolan, Perfection, 2020, hier S. 119. Welcker von Gontershausen, Clavierbau, 31864, S. 123.

<sup>138</sup> Pisko, Apparate, 1865, S. 56.



**Abb. 4** Versuchsaufbau zur Erzeugung der Lissajous-Figuren.

der Gabel in einen berußten Zylinder, der auf einer Achse montiert und mit einer Kurbel gedreht wird.<sup>139</sup> Diese Idee griff Edouard-Léon Scott de Martinville (1817–1879) für seinen Phonautographen auf, von dem Rudolph Koenig 1859 ein verbessertes Modell ausarbeitete.<sup>140</sup> Ein Trichter leitet den Schall auf eine kleine Öffnung hin, über die eine Membran gespannt ist. In deren Mitte befindet sich nun die Mine, die wieder ihre Ritzungen auf einem Zylinder hinterlässt.<sup>141</sup> Der Aufbau erinnert wohl nicht zufällig an die Anatomie des Ohrs. Der Phonautograph konnte erstmals jede beliebige Schallquelle aufzeichnen, weil die Mine nicht mehr direkt mit dem schwingenden Körper verbunden war. Allerdings erwies er sich als zu ungenau in der Wiedergabe und die Aufzeichnung als zu klein, um detailliert Klangfarben untersuchen zu können.<sup>142</sup> Trotzdem nahm er Elemente späterer Erfindungen vorweg. Thomas Alva Edisons etwa 20 Jahre später patentierter Phonograph funktioniert auf eine sehr ähnliche Weise. Eine schwingende Membran zur Klangwiedergabe ist auch Bestandteil des Telefons.<sup>143</sup>

Überlagerungsphänomene zweier schwingender Körper machen die nach Jules Lissajous (1822–1880) benannten Lichtfiguren sichtbar. Zwei rechtwinklig zueinanderstehende Stimmgabeln mit kleinen Spiegeln an den Zinken werden in Schwingung versetzt. Die Spiegel reflektieren einen Lichtstrahl, der von einer Linse gebündelt und schließlich auf

<sup>139</sup> Ebd., S. 55–57. Möglicherweise hatte schon Savart einen solchen Zylinder verwendet, vgl. ebd., S. 238.

<sup>140</sup> Miller, Science, 1916, S. 71–73.

<sup>141</sup> Pisko, Apparate, 1865, S. 71–75. In diesem Fall diente eine Vogelfeder als Mine.

<sup>142</sup> Ebd., S. 77–81 und Miller, Science, 1916, S. 71–73.

<sup>143</sup> Miller, Science, 1916, S. 70–71 und 76–78.

einen Schirm projiziert wird (Abb. 4). Eine einzelne schwingende Stimmgabel erzeugt eine gerade Lichtlinie. Die aus der Überlagerung beider Linien resultierenden Figuren hängen von der Stimmungsdifferenz der beiden Stimmgabeln, der Amplitude, sowie von den Phasenunterschieden bei der Schwingung ab.<sup>144</sup> Jedes Muster ist typisch für ein bestimmtes Stimmungsverhältnis. Lissajous wandte ein ähnliches Prinzip auf Saiten an, indem er das Objektiv eines Mikroskops auf einer Stimmgabelzinke anbrachte und eine Saite rechtwinklig versetzt darunter. Beide werden in Schwingung versetzt. Ein Teil der Saite ist bis auf einen kleinen Punkt geschwärzt. Durch das Mikroskop sieht man wieder Lissajous-Figuren. Dieses Vorgehen, die schwingende Saite zu beobachten, bot die Grundlage für Helmholtz' Vibrationsmikroskop.<sup>145</sup>

Der Vibroskopie und den Lissajous-Figuren ist gemeinsam, dass sie die Schwingungen von Stimmgabeln sichtbar machten. Dies war relativ einfach umzusetzen, weil man an die schwingenden Zinken Spiegelchen oder Minen anbringen konnte. Eine Visualisierung der Schallkurven von Musikinstrumenten und der menschlichen Stimme befand sich um 1860 durch den Phonoautographen bereits in einem Anfangsstadium, ermöglichte aber keine weiterführenden optischen Analysen. Die Methoden waren durchaus kreativ, doch sie halfen zum Verständnis von Vokal- und Instrumentalklängen nicht viel weiter.

### Die frühen Mechaniker und ihr Sortiment – Albert Marloye und Rudolph Koenig

Wissenschaftliche Instrumente der Physik und Mathematik haben eine lange Tradition und einen eigenen Berufszweig hervorgebracht. Die zeitgenössische Tätigkeitsbezeichnung war »Mechaniker«, wie Paul von Stetten in seiner Augsburger Kunstgewerbe- und Handwerksgeschichte erläutert:

So weitläufig der Umfang der Mechanik ist, unter deren Herrschaft fast alle Handwerker, Professionen, Manufakturen und Fabriken gehören, indem dieselbe zum wenigsten sehr große Vortheile von ihr genießen, so ist es doch dem gemeinen Gebrauche gemäß, nur diejenigen Künstler Mechaniker zu nennen, welche die Instrumente verfertigen, die zu Ausübung der Mathematik, und zur Naturkunde gebraucht werden.<sup>146</sup>

Noch nach 1900 betrieb der Großfabrikant wissenschaftlicher Apparate und Lehrmittel Max Kohl »Werkstätten für Präzisionsmechanik«.<sup>147</sup> In Deutschland gab es einige Akustikforscher, aber keinen gemeinsamen Ort für persönlichen Austausch. Zum Zeitpunkt ihrer Erfindungen lebten Scheibler in Krefeld, Chladni in Wittenberg, Opelt in Dresden

<sup>144</sup> Pisko, *Apparate*, 1865, S. 107–113.

<sup>145</sup> Ebd., S. 113–116.

<sup>146</sup> Stetten, *Kunst-, Gewerbe- und Handwerksgeschichte*, 1779, S. 163.

<sup>147</sup> So beispielsweise in seinem Katalog: Kohl, *Apparate*, 1905, Deckblatt.

und Seebeck in Berlin.<sup>148</sup> Dadurch ist wohl auch die verzögerte Motivation zu erklären, das langsam wachsende Forschungsfeld zu beliefern. Ab ca. 1860 nahm der zuvor als Musiktheoretiker und Instrumentallehrer ausgebildete Georg Appunn (1816–1885) in Hanau diese Pionierstellung ein.<sup>149</sup> Er wurde in der akustikhistorischen Sekundärliteratur bisher weitgehend übersehen, und dies nicht wegen fehlender Leistungen, sondern wahrscheinlich wegen seiner geringen Außenwirkung. Obwohl Appunn eigenen Forschungen nachging, publizierte er fast nichts. Ebenso erfand er eine Reihe von akustischen Apparaten, bewarb sie aber nicht in Katalogen. Dabei wurde Appunn bei Helmholtz »persönlich in der physikalischen und physiologischen Akustik unterrichtet«.<sup>150</sup> Alexander Ellis (1814–1890) erinnerte sich: »he [Appunn] had the finest ear for appreciating intervals that I have ever heard of«.<sup>151</sup>

Im frühen 19. Jahrhundert hatte sich Paris als europäisches Zentrum für wissenschaftliche Instrumente und Präzisionsmechanik etabliert.<sup>152</sup> Davon profitierten Physiker als Anwender dieser Geräte ebenso wie von den Strukturen wissenschaftlichen Austauschs in dieser Stadt. So waren ideale Bedingungen dafür vorhanden, dass sich auch eine Gruppe von Akustikforschern zusammenfand, die einige der oben teils schon besprochenen Apparate entwickelten. Schon früh waren Chladni's Forschungen als Wissensgrundlage auch auf Französisch verfügbar. Chladni hatte in Paris seinen Clavicylinder und die Klangfiguren vor einer Kommission namhafter Wissenschaftler und Komponisten vorgeführt. Seine Arbeiten wurden so gut aufgenommen, dass sich mehrere Fürsprecher für eine Übersetzung der 1802 erschienenen »Akustik« einsetzten. Nachdem sogar Napoleon Bonaparte (1769–1821) das Vorhaben befürwortet hatte, machte Chladni selbst sich 1809 an die Arbeit.<sup>153</sup>

Paris hatte noch einen weiteren Standortvorteil: Als Geigenbauzentrum zog es innovative und forschungsorientierte Geigenbauer wie Jean Baptiste Vuillaume an, um die Auswirkungen von Form und Material von Streichinstrumenten zu untersuchen oder alternative Bauweisen zu testen. So bildete Paris auch die Keimzelle für eine personelle und fachliche Verbindung von Akustikforschung und Musikinstrumentenbau. 1818 stellte François Chanot seine rundliche Reformgeige vor, deren Gestalt dem Ideal überall möglichst langer Holzfasern geschuldet ist, um besonders schwingungsfähig sein zu können. Dafür kam sie ohne Ecken aus und die schlichten Schalllöcher wurden an den Rand verlagert.<sup>154</sup> Ungewöhnlich ist auch, dass die Saiten wie bei einer Gitarre direkt auf der Decke angehängt waren und der Bassbalken mittig auf der Deckenunterseite lag. Chanot

<sup>148</sup> Költzsch, Sondhauf-Röhre, 2012, S. 146.

<sup>149</sup> Georg Appunns Eintrag in Einstein, Musik-Lexikon, 1919, S. 35, führt die Stationen seiner musikalischen Ausbildung auf. Appunn, »ein vielseitig gebildeter Musiker, der fast alle Instrumente spielte«, lehrte bis um 1860 Musiktheorie und Instrumentalspiel, bevor er zum Bau akustischer Apparate wechselte.

<sup>150</sup> Appunn, Lehre, 1868, hier S. 77. Wegen dieser Verbindung wird das Unterkapitel »Georg Appunn, Hanau: Orgelpfeifen (ca. 1865–1870)« noch einmal auf Appunn zurückkommen.

<sup>151</sup> Helmholtz/Ellis, Sensations, 1954, S. 484.

<sup>152</sup> Pantalony, Sensations, 2009, S. 10–11.

<sup>153</sup> Ullmann, Chladni, 1996, S. 95–97.

war an der *École polytechnique* in Mathematik und Ingenieurwesen ausgebildet worden und strebte eine Karriere als Marine-Ingenieur an. Ab 1816 arbeitete er zeitweise in der Geigenbau-Werkstatt seines Vaters in Mirecourt und begann seine wissenschaftliche Denkweise auf die Geige anzuwenden. Er war aber selbst nicht als Geigenbauer, sondern als Unternehmer tätig und überließ dem ebenfalls aus Mirecourt stammenden Vuillaume die Verantwortung für die Fertigung. Vuillaume zog 1819 nach Paris, wo ein Geschäftszweig eröffnete. Trotz anfänglich großem Erfolg der Geigen wandte sich Chanot schon 1820 wieder seinem ursprünglichen Beruf zu.<sup>155</sup>

Zur selben Zeit arbeitete auch Félix Savart, der eigentlich Medizin studiert hatte, an einer experimentellen Geige.<sup>156</sup> Bei seinem trapezförmigen Modell sind Decke und Boden nicht gewölbt, denn er hielt flache Platten für schwingungsfähiger als gekrümmte.<sup>157</sup> Manche Merkmale wie den Verzicht auf einen Saitenhalter, den mittigen Bassbalken oder schlichte, gerade Schalllöcher haben Savarts mit Chanots Geigen gemeinsam, andere wie die eckige Form sind grundsätzlich verschieden.<sup>158</sup> Obwohl auch Savarts Instrumente klanglich als sehr gut galten und in der Herstellung einfach waren, gerieten sie schon bald außer Gebrauch. Für systematische Untersuchungen italienischer Meistergeigen fand sich Savart 1838 mit Vuillaume zusammen. Dieser hatte sich nach dem Ende der Produktion für Chanot auf hochwertige Kopien spezialisiert und besaß daher einige Originale. Zusammen bestimmten sie die Schwingungsmoden durch Chladnis Sandfiguren und untersuchten den Einfluss der Position von Stimmstock, Steg und Bassbalken. Außerdem prüften sie die Materialeigenschaften verschiedener Holzproben.<sup>159</sup>

Savart weitete seine Akustikforschungen auf Themen wie die Schwingung zylindrischer Röhren (Orgelpfeifen), Membranschwingungen oder die untere und obere Hörgrenze aus.<sup>160</sup> Daneben lehrte er an verschiedenen Institutionen und reicherte seine Vorlesungen mit Demonstrationen an. Zu deren Umsetzung machte er Albert Marloye, einen Hersteller mathematischer Instrumente, zu seinem Assistenten und »Préparateur«.<sup>161</sup> Marloye erreichten Bitten, die Apparate zum Verkauf anzubieten, um Savarts Experimente nachstellen zu können. So begann Marloye sein Unternehmen, auch wenn ein fachlicher Streit die Zusammenarbeit mit Savart nach zehn Jahren beendete. Zwischen 1840 und 1851 hat Marloye, der bis ca. 1855 tätig war, seine Produkte in Katalogen angeboten. Er präsentierte nicht auf Ausstellungen, hatte aber auch kaum Konkurrenz.<sup>162</sup>

<sup>154</sup> Für eine Beschreibung des Aufbaus der Geige siehe Gilbert, *Intersections*, 2013, S. 18–24. Interessant ist aber, dass sich Chanot nicht auf die aktuellste Akustikforschung bezog, sondern auf Pierre-Louis Moreau de Maupertuis, dessen Dissertation »Sur la forme des instruments de musique« damals schon fast 100 Jahre alt war, vgl. Maupertuis, *Forme*, 1751, S. 20.

<sup>155</sup> Ebd., S. 15–21.

<sup>156</sup> Houssay, Savart, 2014, S. 19–20.

<sup>157</sup> Gilbert, *Intersections*, 2013, S. 33.

<sup>158</sup> Ebd., S. 32–34.

<sup>159</sup> Ebd., S. 35–36.

<sup>160</sup> Ullmann, Chladni, 1996, S. 163–171.

<sup>161</sup> Brenni, *Triumph*, 1995.

<sup>162</sup> Vgl. ebd., hier S. 13–14.



Bei der »Exposition des produits de l'industrie française« von 1849 gehörte Marloye der Jury für Musikinstrumente an.<sup>163</sup> Sein erster Katalog aus dem Jahr 1840 war eine Broschüre von 16 Seiten ohne Abbildungen. Er enthielt 78 Artikel, die in zwei Supplementbögen auf 101 aufgestockt wurden. Größtenteils handelte es sich um verschiedene Arten von Orgelpfeifen (z. B. offen, gedackt, in quadratischer oder dreieckiger Grundform, aus Kupfer bestehend), Zungen und Rohrblätter, sowie Glocken. Dazu kamen Chladni-Platten, Cagniard de la Tours Sirene oder Savarts Rad, aber auch Orgeln für Physik-Kabinette waren erhältlich.<sup>164</sup> Außer den Akustik-Apparaten bot Marloye noch mathematische Lehrmittel wie geometrische Körper, Zeichenbretter und Lineale an. Mit seinem Namen sind vor allem drei Erfindungen verbunden: Erstens soll er der erste gewesen sein, der Stimmgabeln auf Resonanzkästen montierte.<sup>165</sup> Seine zweite Erfindung ist sein »Sonometer«, das einem Monochord mit zwei Saiten ähnlich ist. Es gab von diesem mehrere Ausführungen mit verschiedenen Saitenmaterialien oder -durchmessern. Die Saiten waren mit Gewichten beschwert, sodass man auch deren Verhältnis variieren konnte.<sup>166</sup> Drittens erfand Marloye ein Musikinstrument, bei dem 20 Stäbe in chromatischen Längenverhältnissen an einem Ende auf einem Sockel befestigt sind. Reibt man mit kolophonierten Fingern an den Stäben, so erklingen sie durch Longitudinalschwingungen.<sup>167</sup> Nach Marloyes Ruhestand erhielt die Firma Lerebours et Secretan seine Werkstattausrüstung.<sup>168</sup> Sie hatte bereits zuvor die von ihm gebauten Instrumente verkauft. Der Schwerpunkt ihres breiten Sortiments lag auf der Optik, dieses deckte aber auch Elektrizität, Mathematik, Geodäsie, Meteorologie und Chemie ab. Die Akustik bildete nur ein kleines Feld, das Spezialkenntnisse in der Fertigung voraussetzte, weshalb die Firma hier auf Marloyes Produkte »zurückgriff«.<sup>169</sup>

Das Verhältnis Marloyes zu dem 37 Jahre jüngeren Rudolph Koenig ist nicht eindeutig geklärt. Koenig kam erst 1851 nach Paris und arbeitete zunächst als Geigenbauer für Vuillaume.<sup>170</sup> Wahrscheinlich weckte dieser sein Interesse für Akustik. Damit hatte er womöglich ein leichteres Auskommen in Paris als mit dem konkurrenzbehafteten Geigenbau. Es gibt Hinweise, dass Koenig schon 1855 für eine große Pariser Firma Orgelpfeifen und Stimmgabeln herstellte.<sup>171</sup> 1858 machte er sich selbstständig und publizierte im folgenden Jahr seinen ersten Katalog.<sup>172</sup> Der Sohn eines Mathematikprofessors und

<sup>163</sup> Colmont, *Histoire*, 1855, S. 438–443. Mehrfach wird hier wörtlich aus Marloyes Teilbericht zitiert.

<sup>164</sup> Marloye, *Catalogue*, 1840.

<sup>165</sup> Miller, *Science*, 1916, S. 31.

<sup>166</sup> Marloye, *Catalogue*, 1840, S. 12–13.

<sup>167</sup> Ebd., S. 12.

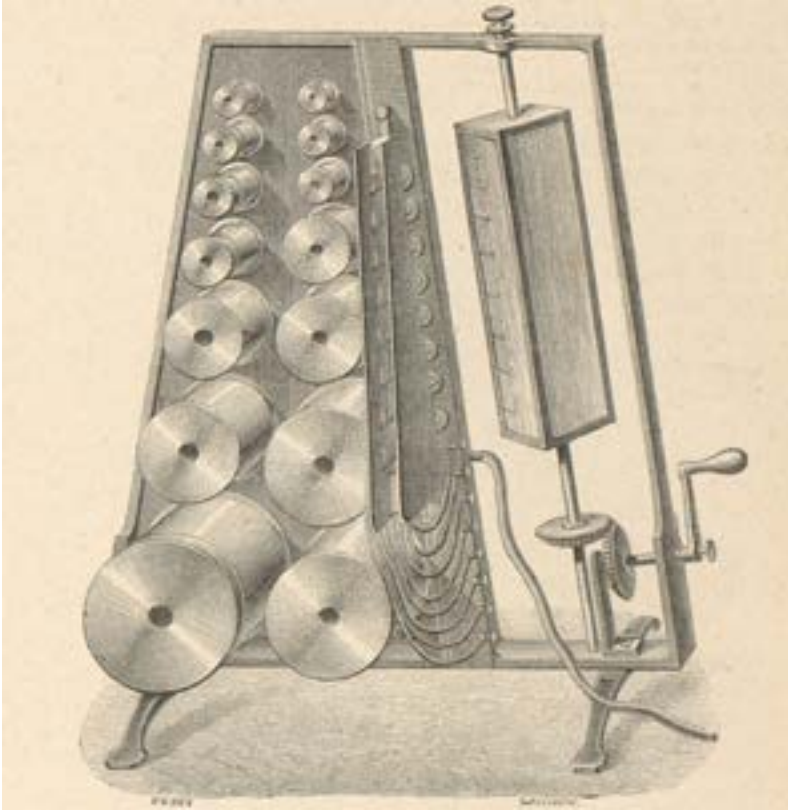
<sup>168</sup> Brenni, *Triumph*, 1995, S. 14.

<sup>169</sup> Lerebours et Secretan, *Catalogue*, 1853, S. 57: »La construction des appareils d'acoustique exige des études spéciales; aussi pour ces appareils avons-nous recours à M. Marloye, dont les hautes capacités sont bien connues de MM. les professeurs.«

<sup>170</sup> Pantalony, *Sensations*, 2009, S. 171; Brenni, *Triumph*, 1995, S. 14.

<sup>171</sup> Pantalony, *Sensations*, 2009, S. 9.

<sup>172</sup> Brenni, *Triumph*, 1995, S. 14.



**Abb. 5** Rudolph Koenigs »Klanganalyse-Apparat«.

»Docteur en Philosophie« hatte ein anderes Selbstbewusstsein und eine aktivere Vermarktungsstrategie als Marloye: Er machte durch Vorträge und Publikationen auch als Wissenschaftler auf sich aufmerksam, präsentierte auf Weltausstellungen und publizierte aufwändig illustrierte Kataloge, von denen der letzte sogar 100 Seiten umfasst.<sup>173</sup> Koenig besetzte nicht nur die Lücke als Spezialist, die Marloye hinterlassen hatte, sondern baute das Sortiment teils mit eigenen Erfindungen deutlich aus. 1859 erweiterte er den Phonautographen, und präsentierte auf der Londoner Weltausstellung 1862 eine neue Schallvisualisierungsmethode, bei der schwingende Körper, zunächst Orgelpfeifen, mit Schläuchen verbunden sind. Diese führen in kleine gasgefüllte Kapseln, an deren anderer Öffnung kleine Flammen brennen. Die Schwingungen der Luftsäule in den Orgelpfeifen bewirken Änderungen im Gasdruck, was wiederum die Flammen in der entsprechenden

<sup>173</sup> Seine Forschungen publizierte er in Koenig, *Expériences*, 1882. Einzelne Kapitel dieses Bandes hatte er zuvor auch auf Deutsch veröffentlicht, z.B. Koenig, *Bemerkungen*, 1881, S. 369–393.

Frequenz erzittern lässt. Durch Drehung eines Spiegels werden die schnellen Bewegungen der Flammen optisch in stehende Bilder aufgeteilt.<sup>174</sup> Dieses Prinzip wandte Koenig um 1865 für einen optischen Klanganalyseapparat an, bei dem Resonatoren, deren Eigenfrequenzen einer Obertonreihe entsprechen, ihre Schwingungen an jeweils eine Flamme weiterleiten (Abb. 5). Mit Hilfe dieses Geräts kann man beobachten, wie stark die einzelnen Teiltöne jeweils ansprechen.<sup>175</sup> Koenig war außerdem für seine äußerst fein gearbeiteten Stimmgabeln bekannt. Anlässlich der Weltausstellung in Philadelphia 1876 baute er einen Tonometer mit der spektakulären Anzahl von 692 Stimmgabeln.<sup>176</sup>

Nicht zuletzt kannte Koenig Hermann von Helmholtz, der während der Zeit seiner Professur in Königsberg ein Freund von Koenigs Vaters Johann Friedrich (1798–1865) gewesen war.<sup>177</sup> Zwischen 1859 und 1861 standen Helmholtz und Rudolph Koenig in Briefkontakt, als Koenig eine Serie von Glasresonatoren an Helmholtz schicken sollte. Im Gegenzug bekam er Informationen und Zeichnungen zu Helmholtz' Doppelsirene und dem »Synthesizer«.<sup>178</sup> Dadurch konnte er Helmholtz' Apparate schon früh und möglicherweise als einziger anbieten.<sup>179</sup> In den Briefen berichtet Koenig, dass er Anfragen für ihren Nachbau erhalten habe. Ihm wie auch anderen Anbietern akustischer Apparate kam zugute, dass für die Forscher offenbar kein Vermarktungswunsch ihrer Erfindungen bestand. Letztlich profitierten diese, wenn sie in aktuellen Publikationen gleich auf Bestelladressen verweisen konnten, denn die Möglichkeit, die beschriebenen Experimente selbst nachstellen zu können, beförderte den wissenschaftlichen Diskurs. Brachte ein Apparat besonders anschauliche oder eindruckliche Ergebnisse, verbreiterte er sich in Bildungseinrichtungen und Lehrbüchern. Damit wurde auch die zugehörige Forschung in der Öffentlichkeit sichtbarer und dies steigerte wiederum die Bekanntheit seines Erfinders. Der Anteil, den der visuelle Effekt und das performative Element bei Vorführungen am Erfolg der Apparate hatte, sollte nicht unterschätzt werden. Sie wurden nicht nur für einsame Versuche geschaffen, sondern standen auch in einer langen Tradition von öffentlichen Demonstrationen.<sup>180</sup>

<sup>174</sup> Brenni, *Triumph*, 1995, S. 14.

<sup>175</sup> Ebd., S. 15.

<sup>176</sup> Pantalony, *Sensations*, 2009, S. 91–96, 100–105.

<sup>177</sup> Pantalony, *Sensations*, 2009, S. 2–3.

<sup>178</sup> Hörz, Brückenschlag, 1997, S. 358–364.

<sup>179</sup> Ferdinand Sauerwald in Berlin, der als erster eine Doppelsirene gebaut hat, fertigte davon noch weitere Exemplare, die teils in Museen erhalten sind. Es gibt aber keinen Hinweis, dass er auch Resonatoren oder den Synthesizer hergestellt hätte, vgl. das Unterkapitel »Ferdinand Sauerwald, Berlin: Doppelsirene (1855/1856)«.

<sup>180</sup> Am Beispiel Chladnis verdeutlicht dies Tkaczyk, *Making*, 2015, S. 27–55.

## Hermann von Helmholtz' Akustikforschungen

### Zwischen den Disziplinen – biografische Hintergründe

Um im Folgenden Helmholtz' Forschungsmethoden und -ziele besser einordnen zu können, müssen zunächst kurz biografische Hintergründe skizziert werden. 1821 in Potsdam geboren, wuchs Helmholtz in einer gebildeten Familie auf. Sein Vater hatte bei dem Philosophen Johann Gottlieb Fichte (1762–1814) studiert und war mit dessen Sohn eng befreundet. Dieses intellektuelle Umfeld prägte Helmholtz' Jugend.<sup>1</sup> Obwohl er sich mehr für Physik interessierte, entschied er sich zunächst für ein Studium der Medizin, weil die Berufsaussichten besser und die Ausbildungskosten durch ein Stipendium gedeckt waren. In Berlin wurde Helmholtz 1842 bei Johannes Müller (1801–1858) promoviert, dessen experimentalphysiologische Methodik für ihn richtungsweisend wurde.<sup>2</sup> Anschließend setzte er seine medizinische Laufbahn als Militärchirurg fort. Unter der Förderung des Physikers Gustav Magnus (1802–1870) schloss sich Helmholtz der »physikalischen Gesellschaft zu Berlin« an, die junge Experimentalphysiologen und -Physiker vereinte.<sup>3</sup> Weil er schon durch eigene Forschungen auf sich aufmerksam machte, setzte Alexander von Humboldt (1769–1859) sich für Helmholtz' Freistellung vom medizinisch-praktischen Dienst ein. 1849 erhielt Helmholtz eine Professur für Physiologie in Königsberg und habilitierte sich dort 1852 »Über die Theorie der zusammengesetzten Farben«.<sup>4</sup> Damals hatte sich sein Forschungsschwerpunkt in die Physiologie verlagert und zwar zunächst durch Arbeiten zur Optik. 1855 wechselte er an die Universität Bonn, die ihr Studienangebot zu erweitern suchte und noch kein physiologisches Institut hatte. Helmholtz übernahm die Doppelrolle als Professor für Anatomie und Physiologie.<sup>5</sup> In die folgenden drei Jahre fallen die meisten Aufsätze zur Akustik und die Entwicklung von Apparaten. In Bonn wurde Helmholtz aber nicht glücklich, daher bewarb er sich als Physiologie-Professor in Heidelberg.<sup>6</sup> Dort versammelte er seine akustischen Arbeiten zu der »Lehre von den Tonempfindungen«. Die letzte und längste Station begann im Jahr der deutschen Reichsgründung 1871 mit dem Wechsel auf eine Physik-Professur an der Friedrich-Wilhelms-Universität Berlin. Zu diesem Zeitpunkt war Helmholtz 50 Jahre alt. In Berlin wirkte er an einer Neugestaltung der Wissenschaftslandschaft mit. Er teilte das Physikalische Institut in einen experimentellen und einen theoretischen Zweig.<sup>7</sup> Außerdem war er an der Gründung der physikalisch-technischen Reichsanstalt beteiligt, als deren erster Präsident er in den letzten Jahren seines Lebens wirkte. Eine Aufgabe dieser

<sup>1</sup> Cahan, Helmholtz, 2018, S. 13–24.

<sup>2</sup> Rieger, Helmholtz Musicus, 2006, S. 20–22.

<sup>3</sup> Ebd., S. 23.

<sup>4</sup> Cahan, Helmholtz, 2018, S. 879.

<sup>5</sup> Ebd., S. 164–166.

<sup>6</sup> Ebd., S. 185.

<sup>7</sup> Balk, Friedrich-Wilhelms-Universität, 1926, S. 153–154.

Institution war die Standardisierung von Maßen und Gewichten im Kaiserreich, unter anderem auch von Stimmgabeln.<sup>8</sup>

Helmholtz benannte in einer Rede anlässlich seines 70. Geburtstags Mathematik und Experiment als die zwei Säulen seiner Methodik.<sup>9</sup> Als dritte Konstante könnte man noch die Überschreitung von Disziplinen-Grenzen nennen. Im Laufe seiner Karriere wechselte Helmholtz mehrfach die Fächer seiner Professuren und publizierte über mathematische, philosophische und kunstbezogene Themen.<sup>10</sup> Aus diesem breiten fachlichen Hintergrund ging eine verknüpfende Denkweise hervor, die von Zeitgenossen nicht immer positiv aufgenommen wurde. Einem Freund und Kollegen gegenüber beklagte Helmholtz als junger Professor für Anatomie und Physiologie in Bonn,

[...] man fände, ich zöge in die Anatomie manches Physiologische und Chemische hinein, was der ganz gemeinen eigentlichen Anatomie den Platz verengerte, und man machte sich darüber lustig, daß in der physiologischen Optik einmal ein Kosinus vorgekommen war.<sup>11</sup>

Ähnliche Vorbehalte finden sich später gegenüber den »Tonempfindungen«. Allerdings erlaubte genau dieser erweiterte Blick Helmholtz auch, Verbindungen zwischen Wissensbereichen zu sehen, die zuvor getrennt betrachtet wurden. Helmholtz beklagte die zunehmende Entfernung der Geistes- und Naturwissenschaften voneinander.<sup>12</sup> Insofern war die Akustik ein besonders geeignetes Forschungsfeld, denn in ihr sind physikalische, physiologische und kulturelle Ebenen verflochten. Sie war außerdem nicht fest institutionalisiert, weshalb sich auf ihrem Terrain Personen mit sehr verschiedenen fachlichen Hintergründen betätigten konnten. Auch wenn die Akustikforschung in Helmholtz' gesamtem Schaffen nur ein Teilgebiet von vielen war, so doch eines, das ihm persönlich nahelag.

Zwar fehlen nähere Informationen über Helmholtz' frühen musikalischen Unterricht, doch hatte er während seines Studiums ein eigenes Klavier zur Verfügung.<sup>13</sup> Briefe an seine Eltern aus dieser Zeit erlauben einen Einblick in seinen musikalischen Geschmack, der von dem seiner Mitbewohner abwich.<sup>14</sup> Diese bevorzugten Tänze und das »Geflimmer der neuen italienischen Ueberspanntheit«, während Helmholtz für sich »die geistige, tiefe, deutsche und alte Musik« spielte.<sup>15</sup> Durch die Prägung seines bildungsbürgerlichen Hintergrunds behielt sich Helmholtz eine klassische Ausrichtung bei.<sup>16</sup>

<sup>8</sup> Rieger, *Helmholtz Musicus*, 2006, S. 30–33.

<sup>9</sup> Helmholtz, *Erinnerungen*, 1896, S. 13.

<sup>10</sup> Eine Publikationsliste findet sich bei Cahan, *Helmholtz*, 2018, S. 878–886.

<sup>11</sup> Kirsten, *Dokumente*, 1986, S. 160.

<sup>12</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 1.

<sup>13</sup> Kursell, *Epistemologie*, 2018, S. 19.

<sup>14</sup> Cahan, *Letters*, 1993, S. 43–52.

<sup>15</sup> Ebd., S. 23.

<sup>16</sup> Hui, *Instruments*, 2011, S. 155–163.

Er lehnte das Virtuosenrum ab, bevorzugte deutsche Komponisten und suchte mit fortschreitendem Alter immer weniger eine emotionale Rührung in der Musik.<sup>17</sup> Nicht zuletzt durch die Salontätigkeit seiner zweiten Frau Anna (geb. von Mohl, 1834–1899) war das Ehepaar von Helmholtz in Heidelbergs und Berlins künstlerischen Kreisen gut vernetzt.<sup>18</sup> Zu den musikalischen Bekanntschaften gehörten Anton Rubinstein (1829–1894), die Sängerin Marianne Brandt (1842–1921) oder der Hofkapellmeister Karl Eckert (1820–1879).<sup>19</sup> Durch letzteren kam 1873 der Kontakt zu Richard (1813–1883) und Cosima Wagner (1837–1930) zustande.<sup>20</sup> Mit Joseph Joachim (1831–1907) und seiner Frau Amalie (geb. Schneeweiss, 1839–1899) verband das Ehepaar Helmholtz eine Freundschaft.<sup>21</sup>

## Grundsteinlegung der physiologischen Akustik (ca. 1855–1863)

Helmholtz' Beschäftigung mit der Akustik reicht zeitlich weit über die »Lehre von den Tonempfindungen« hinaus. Seine erste Arbeit zu diesem Themenkomplex erschien bereits 1852 in Form eines Forschungsüberblicks über theoretische Akustik, die also noch keine eigene Studie darstellte.<sup>22</sup> Bis kurz vor seinem Tod 1894 unterrichtete Helmholtz an verschiedenen Instituten und hielt Vorträge über die physiologischen Grundlagen der Musik bis hin zu mathematischer Akustik.<sup>23</sup> Diese Tätigkeiten erstrecken sich über ca. 40 Jahre.

Letztlich ist der konkrete Auslöser für die Zuwendung zur Akustik nicht bekannt. Kurz bevor Helmholtz Königsberg verließ, hatte jemand namens »S. Brandt« ihm eine Studie »über Verschiedenheit des Klanges« vorgestellt, die einige wichtige neue Erkenntnisse enthielt.<sup>24</sup> Es war Brandt, der die Klangfarbe auf die Teiltonzusammensetzung zurückführte und diese These anhand der Stimme und des Klaviers erprobte. Auch die Debatte zwischen Seebeck und Ohm griff er wieder auf. Insofern ist es wahrscheinlich, dass Helmholtz Anregungen von der Begegnung mit Brandt mitnahm.<sup>25</sup> Anlässlich seines Umzugs nach Bonn 1855 beklagte Helmholtz gegenüber dem Utrechter Physiologen Franciscus Cornelis Donders (1818–1889):

<sup>17</sup> Ebd.

<sup>18</sup> Cahan, Helmholtz, 2018, S. 473–481.

<sup>19</sup> Ebd. S. 479.

<sup>20</sup> Ebd., S. 481–484.

<sup>21</sup> Rieger, Helmholtz Musicus, 2006, S. 27.

<sup>22</sup> Cahan, Helmholtz, 2018, S. 879. Abgedruckt in Helmholtz, Abhandlungen, 1882 (I), S. 233–255. In dem auf 1862 datierten Vorwort der »Tonempfindungen« gibt Helmholtz an, dass er sich seit acht Jahren mit Akustik beschäftige. Demnach wäre der Beginn um 1854 zu datieren.

<sup>23</sup> Eine Liste mit Helmholtz' Vorlesungen zur Akustik befindet sich in Anhang A.

<sup>24</sup> Brandt entschied sich erst sechs Jahre später für eine Publikation des Aufsatzes, in der nur der Nachname Brandt und der Ort Instenburg (heute Tschernjachowsk, östlich von Königsberg) angegeben sind. Laut Ullmann, Chladni, 1996, S. 178, soll Eduard Brandt, ein Oberlehrer in Instenburg, den Aufsatz verfasst haben, doch Helmholtz gibt als Namen »S. Brandt« an, vgl. Helmholtz, Lehre, 1863, S. 92.

<sup>25</sup> Kursell, Klangfarbe, 2017, S. 32–34.

Ich habe sehr wenige von meinen Instrumenten als mein Eigenthum von Königsberg mitnehmen können und habe hier so gut wie nichts vorgefunden. Nun muss ich von vorn anfangen, einen Instrumentenapparat zusammenzubringen, und zwar mit sehr schmalen Geldmitteln.<sup>26</sup>

Die zu Beginn fehlende Ausstattung des neuen physiologischen Instituts mag für Helmholtz ein weiterer Faktor gewesen sein, sich neuen Themen zuzuwenden. Er hatte außerdem gerade den ersten Band seines Handbuchs der physiologischen Optik abgeschlossen.<sup>27</sup> Schon im Oktober 1855 bestellte er eine Doppelsirene für den universitären Gebrauch.<sup>28</sup> Mit ihr forschte er über Kombinationstöne und publizierte im folgenden Jahr drei Artikel über diesen Gegenstand.<sup>29</sup> Daneben behandelte er vor 1863 die Themen Vokale und Klangfarbe, die Schwingungstheorie von Orgel- und Zungenpfeifen, die Saitenbewegung der Violine und die physiologischen Grundlagen der Musik.<sup>30</sup> Obwohl alle diese Einzelstudien in die »Tonempfindungen« einfließen, verdienen sie dennoch einen näheren Blick, weil sie Helmholtz' gedanklichen Prozess und die Entwicklung seiner Methoden und Instrumente viel besser nachvollziehen lassen. Obwohl die Ergebnisse sich kaum von den zugehörigen Versuchsanordnungen trennen lassen, sollen hier zunächst die inhaltlichen Zusammenhänge hergestellt werden, weshalb Helmholtz sich überhaupt mit jenen Themen befasste, bevor dann näher auf Hintergründe zu den Instrumenten eingegangen wird. Das bietet die Gelegenheit, den Präzisions-Mechanikern mehr Aufmerksamkeit zu schenken, als sie sonst oft bekommen. In der folgenden Tabelle sind Helmholtz' Akustik-Studien vor 1863 aufgeführt.<sup>31</sup>

<sup>26</sup> Koenigsberger, Helmholtz, 1902/1903, Bd. 1, S. 257.

<sup>27</sup> Cahan, Helmholtz, 2018, S. 186.

<sup>28</sup> Helmholtz bat seinen Berliner Freund und Kollegen Emil du Bois-Reymond in einem Brief vom 14.10.1855, ein beiliegendes Bestellschreiben für eine solche Sirene an Ferdinand Sauerwald weiterzuleiten, weil er dessen Adresse nicht kenne und nicht einmal über den Namen sicher sei. Dieser Brief ist abgedruckt bei Kirsten, Dokumente, 1986, S. 157.

<sup>29</sup> Cahan, Helmholtz, 2018, S. 186.

<sup>30</sup> Siehe die Bibliografie ebd., S. 878–886. Helmholtz selber versammelte seine Arbeiten in den drei Bänden der »Wissenschaftliche[n] Abhandlungen«. Die Akustik ist dabei in zwei Kategorien unterteilt, nämlich »Schallbewegung« (Bd. 1) und »Physiologische Akustik« (Bd. 2). Es gibt große Unterschiede im Umfang der Artikel. In einigen Fällen handelt es sich um verschriftlichte Vorträge oder Briefe.

<sup>31</sup> Für eine Liste aller Akustik-Publikationen von Helmholtz siehe Anhang A.

Tabelle 1: Überblick über Helmholtz' Akustikstudien vor 1863

Jahr	Titel	Behandelte Instrumente
1856	Ueber Combinationstöne	Stimmgabel + Saite/Orgelpfeife, Sirene
1856	Ueber Combinationstöne oder Tartinische Töne	Sirene, Orgelpfeifen
1856	Ueber Combinationstöne	Stimmgabel/Resonator, Monochord
1857	Ueber die physiologischen Ursachen der mus. Harmonie	
1857	Ueber die Vocale	Klavier
1859	Theorie der Luftschwingungen in Röhren mit offenen Enden	Orgelpfeifen, Resonatoren
1859	Ueber Luftschwingungen in Röhren mit offenen Enden	Orgelpfeifen
1859	Ueber die Klangfarbe der Vocale	Klangsynthesepapparat, Resonatoren
1859	Ueber die physikalische Ursache der Harmonie und Disharmonie	(Stimmgabel + Resonanzröhre, Orgel, Physharmonika, Klavier)
1860	Ueber die Bewegung der Violinsaiten	Geige (Guadagnini), Vibrationsmikroskop
1860	Ueber Klangfarben	
1860	Ueber musikalische Temperatur	Klavier, Orgel, Physharmonika
1861	Zur Theorie der Zungenpfeifen	Durchschlagende Zungen, Einfach- und Doppelrohrblattinstr., menschliche Lippen
1862	Ueber die arabisch-persische Tonleiter	(Laute)
1863	Ueber den Einfluss der Reibung in der Luft auf die Schallbewegung	Orgelpfeifen

### Kombinationstöne, Schwebungen und andere »Störungen«

Der Ausgangspunkt für Helmholtz' Interesse an der Akustik war ein schon länger diskutiertes Phänomen: Wenn Instrumente bestimmte Intervalle laut spielen, ist mindestens ein zusätzlicher Ton wahrnehmbar, dessen Ursprung rätselhaft erscheint. Viele Akustikforscher des 19. Jahrhunderts hat beschäftigt, ob die sogenannten »Kombinationstöne« objektiv vorhanden sind oder wo zwischen Außenohr und Gehirn sie gebildet werden.<sup>32</sup> Hierfür war interdisziplinäres Wissen gefragt.

<sup>32</sup> Die Forschungsgeschichte zu diesem großen Themenkomplex wurde an anderer Stelle behandelt, vgl. Kursell, Epistemologie, 2018, S. 27–41. Da sie kaum Überschneidungen zur Erforschung von Musikinstrumenten aufweist, soll sie hier weitestgehend ausgeklammert werden.



Gleich im ersten Artikel über Kombinationstöne betrachtet Helmholtz es als Grundbedingung für die weiteren Untersuchungen, »einfache Töne« herstellen zu können, die der Sinusschwingung klanglich entsprechen.<sup>33</sup> Dadurch könne man den Einfluss der Obertöne beim Auftreten der Kombinationstöne ausschließen. Stimmgabeln kommen dem idealen einfachen Ton relativ nahe. Weil sie zum Erklängen ohnehin mit einem Resonator in Verbindung gebracht werden müssen, versuchte Helmholtz diesen so zu gestalten, dass er nur den Grundton verstärkt. In diesem ersten Schritt versetzte die Stimmgabel eine Saite oder Orgelpfeife mit identischem Grundton in Resonanz. Man müsse dabei aber verhindern, dass die Obertöne beider Körper übereinstimmen und ebenfalls resonieren.<sup>34</sup> Mit jeweils zwei derart erweiterten Stimmgabeln bemerkte Helmholtz neben dem tiefen Kombinationston auch einen zuvor unbekannten höheren und stellte eine Regelmäßigkeit beim Auftreten dieser beiden Töne fest. Auf dieser Basis formulierte er eine neue Theorie, die die Bildung der Kombinationstöne aus der asymmetrischen Form des Trommelfells erklärt.<sup>35</sup> An seiner Doppelsirene konnte er außerdem zeigen, dass ein Kombinationston selbst eine Membran zum Schwingen zu bringen vermag, wenn deren Grundfrequenz mit seiner übereinstimmt. Mit dieser überraschenden Schlussfolgerung, dass Kombinationstöne sowohl im Ohr erzeugt werden als auch unabhängig von ihm existieren, erhielten beiden Seiten der Debatte recht.<sup>36</sup> Zuvor habe die Meinung vorgeherrscht, dass es sich um ein rein subjektives Phänomen handle, das vom Hörnerv ausgehe.<sup>37</sup> Bald darauf legte Helmholtz seine Theorie in einem längeren Aufsatz dar. Er analysiert dort das Obertonspektrum von Stimmgabeln, das sowohl harmonische als auch unharmonische Beitöne vereine.<sup>38</sup> Für die Verstärkung des Stimmgabelgrundtons empfahl er nun zylindrische Papp-Resonanzröhren, die an beiden Enden bis auf eine Öffnung verschlossen sind.<sup>39</sup> Sie verstärken nur die Eigenfrequenz, die ihrem Luftraum entspricht. Denselben Versuchsaufbau – wenn auch mit anderem Ziel – setzte Karl Emil von Schafhütl (1803–1890) schon 1833 um.<sup>40</sup> Es ging ihm aber nicht um die Erzeugung eines Sinustons. Er variierte die Dicke der Pappwand, um zu untersuchen, in welchen Fällen der Stimmgabelton stärker oder schwächer erklingt. Auch bei

<sup>33</sup> Die Bezeichnung »einfache Töne« wählt Helmholtz in Analogie zu einfachen Farben im Spektrum, s. Helmholtz, *Combinationstöne*, 1882a, S. 257.

<sup>34</sup> Deshalb versah Helmholtz die Saite mit einem kleinen Gewicht, um ihre Obertöne unharmonisch zu machen, vgl. ebd., S. 257.

<sup>35</sup> Helmholtz vermutet, insbesondere die Form des Trommelfells sei ausschlaggebend, vgl. ebd., S. 256–262, hier S. 261–262.

<sup>36</sup> An der Doppelsirene traten die Kombinationstöne viel stärker auf, wenn beide Töne des Intervalls an der gleichen Sirenscheibe erklangen, statt auf beide Scheiben verteilt. Helmholtz folgerte daraus, dass der erste Fall durch eine objektive und der zweite durch eine subjektive Bildung zu erklären sei. Vgl. Helmholtz, *Combinationstöne*, 1895, S. 9.

<sup>37</sup> Helmholtz, *Combinationstöne*, 1882b, S. 263–302, hier S. 263.

<sup>38</sup> Ebd., S. 268–271. Chladni hatte schon Vorarbeiten geleistet, bei denen er aber nur hohe, unharmonische Nebentöne berücksichtigte. Auch Helmholtz' Analyse waren Grenzen gesetzt, denn sie stützt sich nur auf das Gehör, sodass die Intensität der Teiltöne nicht absolut bestimmt werden kann.

<sup>39</sup> Ebd., S. 273–274.

<sup>40</sup> Schafhütl, *Berichtigung*, 1833, S. 20.

Blasinstrumenten sei die richtige Wandstärke bedeutend für einen guten Ton.<sup>41</sup> Bei Helmholtz wird die Kombination aus Stimmgabel und Resonator zur Grundlage weiterer Experimente, weil erstmals eine klangliche Entsprechung für den Sinuston vorhanden war. Auf dieser bauen letztlich alle Schlussfolgerungen über die Klangfarbe auf.

### Musikgeschichte als Quelle hörphysiologischer Fallstudien

In einem Brief an den Physiologen Emil du Bois-Reymond (1818–1896) zog Helmholtz das Fazit, dass aus der Arbeit zu Kombinationstönen zugleich »eine kaum gehoffte Vereinfachung der Lehre von der Kombination der Gehörsempfindungen zu Konsonanz und Dissonanz hervorzugehen scheint«.<sup>42</sup> Dies ist wohl so zu verstehen, dass das Studium der Kombinationstöne eine Reihe von Schlussfolgerungen anschob: Auf der Suche nach ihren Ursachen musste nicht nur die Rolle der Obertöne, sondern auch die der Schwebungen untersucht werden.<sup>43</sup> Schwebungen bei nah zusammenliegenden Tönen entstünden, weil »die beiden Wellenzüge sich gegenseitig durch Interferenz abwechselnd verstärken und schwächen.«<sup>44</sup> Helmholtz glaubte, dass die auf diese Weise unterbrochene Tonempfindung als Dissonanz wahrgenommen werde. Ein ebenso unangenehmes, optisches Äquivalent sei flackerndes Licht. Konsonanzen zeichneten sich demgegenüber durch eine ungestörte, durchgängige Empfindung aus. Bei eigentlich konsonanten Intervallen, die nicht rein gestimmt seien, träten Schwebungen der Obertöne und Kombinationstöne auf, die ebenfalls einen dissonanten Charakter erzeugten.<sup>45</sup> Dies schaffte ein physiologisches Argument für die Bevorzugung der reinen Stimmung. Die Frage, warum sie aber in der Musik nicht immer favorisiert wird, führt schließlich zu Studien über historische und außereuropäische Skalen. Die Musikwissenschaftlerin Julia Kursell erklärt denselben Weg über den Schlüsselbegriff der »Störungen«.<sup>46</sup> Damit seien letztlich alle Erscheinungen bei Zusammenklängen gemeint, die auf Schwingungsüberlagerungen zurückgingen. Sie beeinträchtigten die Wahrnehmung von Klängen auf verschiedene Weise. Kombinationstöne seien als eigene Kategorie zu sehen, da sie im Gegensatz zu Schwebungen nicht körperlich unangenehm seien, sondern sie »stören die musikalische Harmonie« durch Hinzutreten eines weiteren, nicht beabsichtigten Tons.<sup>47</sup> Das Auftreten der Störungen sei eine physiologische Konstante, der Umgang mit ihnen aber kulturell bedingt und änderbar. Daher stellte sich für Helmholtz nun die Frage, ob und unter welchen Bedingungen sie in der Musikgeschichte zugelassen oder vermieden wurden.<sup>48</sup>

<sup>41</sup> Ebd., S. 17–21.

<sup>42</sup> Brief an Emil du Bois-Reymond vom 03.05.1856, zitiert nach Kirsten, Dokumente, 1986, S. 160.

<sup>43</sup> Helmholtz, Kombinationstöne, 1882b, hier S. 278–282. Die Schwebungen konnten anzeigen, ob auch einfache Töne sehr schwache, höhere Kombinationstöne verursachen. Schon Chladni hatte eine Verwandtschaft der beiden Erscheinung angenommen, vgl. Kursell, Epistemologie, 2018, S. 32–33.

<sup>44</sup> Helmholtz, Ursache, 1858, S. 157–159, hier S. 158.

<sup>45</sup> Ebd., S. 159.

<sup>46</sup> Kursell, Epistemologie, 2018, S. 56–62.

<sup>47</sup> Ebd., S. 57.

<sup>48</sup> Ebd., S. 59.

Diese großen Zusammenhänge müssen Helmholtz schon früh beschäftigt haben, denn 1857 hielt er einen Vortrag »Über die physiologischen Ursachen der musikalischen Harmonien«.<sup>49</sup> Helmholtz war somit innerhalb eines Jahrs ausgehend von einer Frage, die Erkenntnisse über den Hörnerv versprach, in der Musiktheorie gelandet.<sup>50</sup> Er konnte verkünden: »Ich habe allmählich ziemlichen Stoff zur Reform der physiologischen Akustik angesammelt und warte auf Instrumente, um es nach und nach fertig zu machen«.<sup>51</sup>

Die beiden abschließenden Aufsätze »Ueber musikalische Temperatur« (1860) und »Ueber die arabisch-persische Tonleiter« (1862) sind recht kurz, aber für das spätere Profil der »Tonempfindungen« folgenreich. In der Geschichte der Stimmungssysteme müssten die wechselnden Entscheidungen, welche Intervalle reiner gehalten werden als andere, im musikalischen Kontext gesehen werden.<sup>52</sup> Im antiken Griechenland reflektiere die Bevorzugung der Quinte vor der Terz die Bedürfnisse einstimmiger Musik mit einem begrenzten Ambitus. In moderner harmonischer Musik sei es dagegen weniger tolerabel, wenn die Terz gegenüber der Quinte an Reinheit einbüße. Zudem unterscheide sich die Spürbarkeit von Dissonanzen bei verschiedenen Musikinstrumenten und der Stimme erheblich. Die Stärke der Dissonanz wird wieder als Grad der Schwebung von Obertönen und Kombinationstönen definiert. Nun sei mit der neuen Physharmonika ein Instrument auf dem Vormarsch, das wegen seiner scharfen Klangfarbe und lang anhaltenden Töne »die Mängel der Stimmung« äußerst stark betone.<sup>53</sup> Bei den sich im 19. Jahrhundert wachsender Beliebtheit erfreuenden durchschlagenden Zungen seien die Nachteile der gleichstufigen Stimmung viel deutlicher wahrnehmbar als beim Klavier. Das ließ verstärktes Interesse an der reinen Stimmung aufkommen. Bei Instrumenten mit zwölf Tasten pro Oktave lässt es sich aber nicht umsetzen, dass jedes Intervall rein intoniert werden kann. Die reine große Terz im Verhältnis 5 : 4 liegt etwas tiefer als die Terz, die bei Schichtung reiner Quinten im Verhältnis 3 : 2 erreicht wird. Diese Differenz wird als syntonisches Komma bezeichnet. Will man in reiner Stimmung musizieren, muss beispielsweise ein Ton e als Terz eines C-Dur-Akkords eine andere Frequenz annehmen, als wenn es als Quinte in A-Dur erscheint. Daher schlug Helmholtz eine Reform der Klaviatur mit dem Ziel vor, »jedem Tone der Scala zwei verschiedene Werthe zu geben, je nachdem er Terz oder Quint beziehlich Grundton eines Duraccordes ist.«<sup>54</sup> Mit der Unterscheidung in zwei Ebenen erzielte Helmholtz eine praktikable Annäherung an die reine Stimmung. Durch den Einsatz von zwei Manualen kann zudem die konventionelle Tastenanordnung beibehalten werden. In den Studien von Wilhelm Weber zur Tonhöhenstabilität

<sup>49</sup> Als der Vortrag 1884 in der ersten Auflage der »Vorträge und Reden« erstmals gedruckt wird, sind einige aus den »Tonempfindungen« bekannte Abbildungen beigelegt. Auch werden Ergebnisse und Erfindungen wie die Resonatoren präsentiert, die Helmholtz eigentlich erst später fand. Es ist daher unklar, welche Informationen im Vortrag von 1857 tatsächlich schon enthalten waren. Möglicherweise wurde der Aufsatz für die Drucklegung nachträglich aktualisiert.

<sup>50</sup> Donders, Klangfarbe, 1864, S. 446–448.

<sup>51</sup> Brief an Emil du Bois-Reymond vom 18.05.1857, in Kirsten, Dokumente, 1986, S. 169.

<sup>52</sup> Helmholtz, Temperatur, 1882, S. 420–421.

<sup>53</sup> Ebd., S. 422.

<sup>54</sup> Ebd., S. 422.

bei durchschlagenden Zungen fand Helmholtz zudem die Anregung, seine Ideen zur Stimmung mit diesen Tonerzeugern umzusetzen.<sup>55</sup> 1861 und 1862 war Helmholtz in Kontakt mit der im Harmoniumbau spezialisierten Firma Schiedmayer, um sich eine solche Physharmonika herstellen zu lassen.<sup>56</sup>

In dem Aufsatz »Ueber die arabisch-persische Tonleiter« kam Helmholtz auf diese Unterteilung der Oktave in 24 Töne zurück.<sup>57</sup> Bei acht Quintschritten abwärts wird ein Intervall erreicht, dessen Abweichung nur noch  $\frac{1}{10}$  des syntonischen Kommas beträgt und damit in der Praxis vernachlässigbar ist. Dieses Intervall ist eigentlich eine verminderte Quarte zum Ausgangston, kann aber mit der reinen großen Terz gleichgesetzt werden. Dies tut Helmholtz auch bei seiner Klaviatur. Er berichtet, dass er dieselben Intervallvertauschungen in Texten der persischen Musiktheorie des 14. Jahrhunderts gefunden habe, bei denen es um Monochordteilung und Lautenbundsetzung geht.<sup>58</sup> Daher leitete er den Ursprung der persischen Skalen aus solchen Quintenreihungen und Intervallvertauschungen her. In der griechischen Musiktheorie tauchte die reine Terz erst nach der Zeitenwende und bei in Alexandrien ansässigen Autoren auf.<sup>59</sup> Diese Beobachtung verleitete Helmholtz zu der Vermutung, dass die reine Terz und damit letztlich die reine Stimmung wahrscheinlicher aus dem arabisch-persischen Kulturkreis nach Griechenland entlehnt wurde als umgekehrt.<sup>60</sup>

Es mag verwundern, dass sich Helmholtz zu einem so spezialisierten historischen Thema äußerte, in dem er selbst kein Experte war. Er reagierte damit auf bestimmte Tendenzen in der Musikwissenschaft: »Sie [manche Musikhistoriker] beurtheilen alte Musik meist nach den Vorschriften der modernen Harmonielehre und sind geneigt, jede Abweichung von der letzteren für blosses Ungeschick der Alten zu halten.«<sup>61</sup> Helmholtz behandelte Stimmungssysteme nicht als bloße Zahlentheorie, sondern begriff sie als eng verwoben mit der Praxis des Hörens und Instrumentenspiels.<sup>62</sup> Kursell weist darauf hin, dass zu der praktischen Umsetzung eines Stimmungssystems eine Reihenfolge von Handlungen gehört, die sich je nach dem als modellhaft geltenden Instrumententyp unterscheiden. Das Vorgehen bei der Stimmung musste zudem in einheitliche Regeln gefasst werden können.<sup>63</sup> Die antike griechische Musiktheorie leitete Intervallgrößen aus den Verhältnissen der natürlichen Zahlen von 1 bis 4 her. Die in diesem Kontext bevorzugte Instrumentenfamilie der Leiern erzeugt pro Saite nur einen Ton und verfügt über

<sup>55</sup> Hiebert, *Helmholtz Legacy*, 2014, S. 60–61.

<sup>56</sup> Ebd., S. 62–63. Das Instrument ist beschrieben bei Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 485–489.

<sup>57</sup> Helmholtz, *Tonleiter*, 1882, S. 424–426.

<sup>58</sup> Die Texte waren in Kiesewetter, *Musik*, 1842 ediert. Auch wenn die arabische Laute Oud heute als bundloses Instrument bekannt ist, scheinen ihre Vorläufer durchaus mit Bündlen versehen gewesen zu sein.

<sup>59</sup> Kursell, *Philology*, 2017, S. 352.

<sup>60</sup> Ebd., S. 347 und 351–352. Wie Kursell richtig bemerkt, bleibt dabei natürlich unerklärt, inwieweit von persischen Quellen des 14. Jahrhundert auf die Antike geschlossen werden kann.

<sup>61</sup> Zitiert nach Kursell, *Epistemologie*, 2018, S. 135. Diese Kritik betrifft ausdrücklich auch Kiesewetter, durch dessen Buch Helmholtz auf die persisch-arabische Musikgeschichte aufmerksam wurde.

<sup>62</sup> Kursell, *Philology*, 2017, S. 351–352.

<sup>63</sup> Ebd., S. 352.

einen eng begrenzten Ambitus. Der Stimmung hier eine Quintenreihe zugrunde zu legen, wäre nicht zielführend. Die persisch-arabischen Traktate beziehen sich dagegen auf Saiteninstrumente mit Griffbrettern, bei denen die Bünde oder Finger auf jedem Saitenchor eine ganze Skala einteilen. Gegriffene Töne können außerdem jederzeit mit leeren Saiten verglichen werden.<sup>64</sup>

### »Klangfarben zusammensetzen«: Untersuchung der Vokale

Bereits 1855 hatte der oben erwähnte Brandt seine akustische Studie Helmholtz gezeigt, der insbesondere die Überlegungen zur Klangfarbe der Vokale als bedeutend hervorhob.<sup>65</sup> Zwei Jahre später tauschte Helmholtz mit dem Utrechter Physiologen Donders Briefe über ähnliche Fragen aus und teilte ihm einen interessanten Versuch mit. Wenn man laute Vokale in ein Klavier mit gehobenen Dämpfern singt, resonieren die Saiten der entsprechenden Teiltöne. So wird der zusammengesetzte Klang der Stimme auf die verschiedenen Saiten aufgefächert. Das vereinfacht die Analyse, welcher Teiltonaufbau für einen Vokal besonders charakteristisch ist.<sup>66</sup> Mit diesem Wissen könne man versuchen, »die Art der Bewegung einer Saite, welche einen Vocal nachtönt, genauer zu bestimmen«.<sup>67</sup>

Mit dem Ziel, die Vokalklänge selbst nachbilden zu können, entwarf Helmholtz wenig später einen Klangsynthese-Apparat, den er bei dem Kölner Mechaniker Friedrich Fessel (1821–1860 [?]) in Auftrag gab. Zur Überprüfung standen ihm ab ca. 1859 auch Kugelresonatoren aus Glas zur Verfügung, die ebenfalls anzeigen konnten, bei welchem Vokal der jeweilige Teilton stark hervortritt, wenn man die verschiedenen Vokale nacheinander auf demselben Grundton singt. Helmholtz war sich bewusst, dass die Klangfarbe auch von Geräuschanteilen sowie dem Einschwing- und Ausklingvorgang bestimmt wird. Er musste diese Faktoren aber aus seinen Untersuchungen ausklammern, weil mit der Fourier-Analyse nur solche Klänge erfasst werden können, die aus periodischen Sinusschwingungen aufgebaut sind. Diesen Gegenstand nannte er die »musikalische Klangfarbe«.<sup>68</sup> Zur Debatte stand zunächst, ob sie nur durch die Zusammensetzung der Teiltöne bestimmt werde oder auch über den Phasenunterschied. Dieser stellte sich schließlich als unerheblich heraus.<sup>69</sup>

Helmholtz untersuchte mit dem Klangsyntheseapparat hauptsächlich auf dem Ton B = 112 Hz gesungene Vokale, weil das Gerät nicht über genügend Obertöne verfügte, um eine der höheren Stimmgabeln als Grundton zu wählen. Zumindest konnten die Resonatoren für Stichproben dienen, ob sich der gefundene Aufbau auch bei anderen Stimmlagen bestätigen lässt. Dabei machte Helmholtz die Entdeckung, dass für die

<sup>64</sup> Ebd., S. 352. Die Quintenreihen sind Helmholtz' eigene Erklärung für das Zustandekommen der persischen Skalen.

<sup>65</sup> Brandt, *Verschiedenheit*, 1861, S. 324. Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 92.

<sup>66</sup> Helmholtz, *Vocale*, 1882, S. 395–396.

<sup>67</sup> Ebd., S. 395–396, hier S. 395.

<sup>68</sup> Helmholtz, *Klangfarbe*, 1882, S. 400–401, Kursell, *Epistemologie*, 2018, S. 192–193.

<sup>69</sup> Helmholtz, *Klangfarbe*, 1882, S. 405–406.

Teiltonbildung der Vokale »gewisse Gegenden der musikalischen Scala besonders günstig sind, sodass die in diese Theile der Scala fallenden Nebentöne stärker werden als in anderen Höhelagen«. <sup>70</sup>

Zu einem ähnlichen Ergebnis kam auch Donders, als er 1864 einen verbesserten Phonautographen benutzte, um die Schallkurven von Vokalen und Musikinstrumenten aufzuzeichnen:

Für jeden Vocal ändert sich die Form der Curve mit der Tonhöhe. Dieses Resultat hängt zusammen mit der Eigenthümlichkeit der Vocale, dass ihre Klangfarbe nicht durch Obertöne einer bestimmten Ordnung zum Grundton, sondern vielmehr durch Obertöne von nahezu absoluter Schwingungszahl bedingt wird. <sup>71</sup>

Damit hatten beide beobachtet, dass Resonanzen in festen Frequenzbereichen einen Vokal unabhängig von der gewählten Tonhöhe kennzeichnen, ohne dieses Phänomen aber zu benennen oder näher zu untersuchen. Erst 30 Jahre später prägte der Physiologe Ludimar Hermann (1838–1914) dafür den Begriff »Formanten«. <sup>72</sup> Dass Helmholtz hier nicht weiter geforscht hat, ist durchaus erstaunlich, weil dabei ein Kernpunkt seiner Beschäftigung mit der Akustik berührt wird, nämlich die Frage, ob ein prinzipieller Unterschied zwischen vokaler und instrumentaler Klangfarbe besteht. In den »Tonempfindungen« ging er über eine Ermittlung der Eigentöne der Mundhöhle bei der Formung der jeweiligen Vokale nicht hinaus. <sup>73</sup>

Bei den Studien zur Stimme erhielt Helmholtz die Unterstützung der Sängerin Emma Seiler (geb. Diruf, 1821–1886), die damals Gesangsunterricht in Heidelberg gab. <sup>74</sup> Sie machte Helmholtz darauf aufmerksam, dass seine Entdeckungen für den Gesang von großer Bedeutung seien. Ein Vokal spreche dann besonders stark an, wenn sein Eigenton etwas höher liege als die gesungene Note oder wenn der Eigenton ihrer Oktave oder Duodezime entspricht. <sup>75</sup> Über mehrere Monate hinweg fanden beinahe tägliche Treffen statt. Seiler hatte die gemeinsamen Forschungen angeregt, denn sie strebte eine wissenschaftlich informierte Gesangslehre an. <sup>76</sup> Von Helmholtz lernte sie die Benutzung des Laryngoskops. Seiler zog später nach Philadelphia und eröffnete eine Gesangsakademie. <sup>77</sup>

<sup>70</sup> Ebd., S. 405.

<sup>71</sup> Donders, Klangfarbe, 1864, S. 527–528., hier S. 528.

<sup>72</sup> Reuter/Siddiq, Life, 2017, S. 152.

<sup>73</sup> Helmholtz, Lehre, 1863, S. 166–175.

<sup>74</sup> Cahan, Helmholtz, 2018, S. 265–266.

<sup>75</sup> Helmholtz, Lehre, 1863, S. 174–175.

<sup>76</sup> Diese publizierte sie 1861: Seiler, Altes, 1861.

<sup>77</sup> Cahan, Helmholtz, 2018, S. 265–266.

### Theorie der Luftschwingungen

Für die Frage nach dem Zusammenhang zwischen Klangfarbe und Schwingungsbewegung gestrichener Saiten griff Helmholtz auf eine optische Methode zurück.<sup>78</sup> Das Streichen ruft wegen der Interaktion zwischen Saite und Bogen eine komplexere Bewegung hervor als beispielsweise das Zupfen von Saiten. Um die Phase der Stimmgabeln seines Klangsyntheseapparats zu überprüfen, hatte Helmholtz bereits einen von Lissajous entwickelten Versuchsaufbau angewandt, bei dem man eine schwingende Stimmgabel oder Saite durch ein Mikroskop beobachten kann.<sup>79</sup> Dabei sitzt das Objektiv des Mikroskops auf der Zinke einer senkrecht zum untersuchten Gegenstand angebrachten, ebenfalls schwingenden Stimmgabel.

Diese Idee wandelte er nun für die Violinsaiten leicht ab. Auch in Helmholtz' Version (Abb. 6) ist das Objektiv (L) auf dem oberen Zinken einer Stimmgabel (G) angebracht.<sup>80</sup> Das eigentliche Mikroskop (M) ist im Hintergrund zu erkennen. Die Stimmgabel wird durch Elektromagneten (E) dauerhaft in Schwingung gehalten, wie es schon vom Klangsyntheseapparat her bekannt ist. Um eine Saite zu untersuchen, muss ein Stück von ihr geschwärzt und mit Stärkekrönchen bestreut werden. Ein Punkt der schwingenden Saite wird dann beleuchtet und durch das Mikroskop betrachtet. Das Frequenzverhältnis zwischen der Saite (a1) und der Stimmgabel betrug 4 : 1 um die Schwingungsverläufe zu synchronisieren.<sup>81</sup> Eine vollständig regelmäßige Schwingung trat nur bei einer sehr guten Geige von Guadagnini ein. Anhand der Beobachtungen stellte Helmholtz eine Formel für die Saitenschwingung auf.

Eine verstärkte Beschäftigung mit mathematisch-theoretischen Aspekten der Akustik erklärte Helmholtz mit seiner räumlichen Situation: »Seit ich in Bonn bin, habe ich fast nur in meiner Wohnung experimentieren können; [...] Daher habe ich mich hier auf mathematische Arbeiten geworfen, von denen eine über Wirbelbewegungen schon im Druck ist im Crelle, einige akustische noch restieren.«<sup>82</sup> Auch wenn diese Artikel erst in der Heidelberger Zeit erschienen, waren sie demnach schon früher entworfen worden. 1859 konnte Helmholtz in einem langen Aufsatz zu zylindrischen Orgelpfeifen die Lage der Schwingungsbäuche und -knoten, die Eigenfrequenz, aber auch die Schwingungsphasen und die Resonanz berechnen.<sup>83</sup> Von besonderem Interesse war das Verhalten der Schallwellen beim Austritt aus der Pfeife. Die Ausbreitung innerhalb der Pfeife erfolgt in einer Richtung (»ebene Wellen«), im Raum aber in konzentrischen Kreisen von der Schallquelle weg (»Kugelwellen«). Helmholtz stellte fest, dass der Übergang nicht gleich

<sup>78</sup> Helmholtz, *Bewegung*, 1882, S. 410–419 und darauf aufbauend Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 137–148.

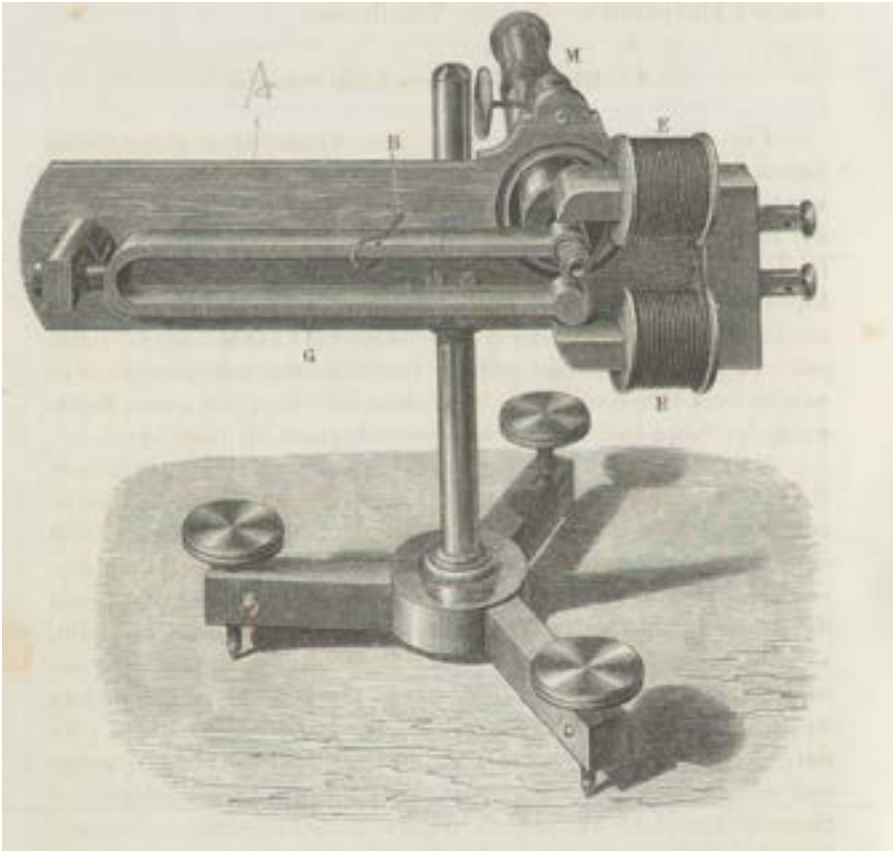
<sup>79</sup> Helmholtz, *Bewegung*, 1882, S. 410–411.

<sup>80</sup> Die Abbildung des Vibrationsmikroskops und seine Beschreibung befinden sich nicht im Aufsatz von 1860, sondern erst in Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 137–140.

<sup>81</sup> Die Stimmgabel des Vibrationsmikroskops war auf 120 Hz gestimmt, deshalb musste die Frequenz der leeren Geigensaite a1 auf 480 Hz erhöht werden, s. Helmholtz, *Bewegung*, 1882, S. 411. Bei 120 Hz lag auch die Frequenz des Stimmgabelunterbrechers im Klangsyntheseapparat.

<sup>82</sup> Brief an Emil du Bois-Reymond, 05.03.1858, ediert in Kirsten, *Dokumente*, 1986, S. 177.

<sup>83</sup> Helmholtz, *Theorie*, 1882, S. 303–382, hier S. 346–365. und S. 351–354.



**Abb. 6** Helmholtz' Vibrationsmikroskop.

an der Mündung stattfindet, sondern dass die Luftsäule etwas länger ist als die Pfeife selbst.<sup>84</sup> Er untersuchte die Schwingungen von verschiedenen Zungen – darunter Einfach- und Doppelrohrblätter, aber auch menschliche Lippen – mit ihrem Ansatzrohr, aber ohne das Windrohr.

### Fazit

Auch wenn die von Helmholtz behandelten Themen auf den ersten Blick weit auseinander zu liegen scheinen, ging doch eines aus dem anderen hervor. Während er sich über die Kombinationstöne einer lange bestehenden Diskussion anschloss, war das Verhältnis

<sup>84</sup> Helmholtz, Einfluss, 1882, S. 383–387, hier S. 383.



zwischen hörphysiologischen Grundlagen und musikalischen Manifestationen Neuland. Die Erforschung der Klangfarbe war in den Jahren zuvor dank Ohms Vorarbeit mit einem theoretischen Fundament versehen worden, aber noch nicht praktisch fortgeschritten.

Die zeitliche Abfolge der Erfindungen hält Überraschungen bereit: 1855 entstand die Doppelsirene, 1856 der »einfache Ton« aus Stimmgabel und Resonanzöhre, 1858 der Vokalsyntheseapparat, 1859 die Resonatoren und 1860 das Vibrationsmikroskop. Die Klangsynthese kam also vor der -analyse und erst zum Schluss die Visualisierung. Von kaum absehbaren Folgen war gleich im ersten Aufsatz die Erzeugung einfacher Töne. Niemand vor Helmholtz hat je versucht, das klingende Äquivalent einer Sinusschwingung hörbar zu suchen. Daran schloss sich der folgerichtige Gedanke an, aus diesem Grundelement komplexere Klänge zusammenzusetzen. Helmholtz muss damit als Erfinder der Klangsynthese gelten. Von Beginn an erfolgte eine Unterteilung akustischer Versuchsobjekte in die Funktionen Tonerzeuger oder Resonator. Dabei stellt Benjamin Steege bei Helmholtz eine allmähliche Hinwendung vom äußeren zum inneren, mit dem Ohr verbundenen Resonator fest.<sup>85</sup>

Nach der Publikation der »Tonempfindungen« verlagerte Helmholtz seinen Schwerpunkt in der Akustik weg von der Musik und hin zu anatomischen Fragen. Grundsätzlich äußerte er 1870, dass er allmählich »gegen die Physiologie gleichgültig geworden« sei und sich nunmehr der Physik zuwenden wolle.<sup>86</sup> Nur in einem Aufsatz mit dem Titel »Telephon und Klangfarbe« scheint ein bereits früher behandeltes Thema wieder auf.<sup>87</sup> Die Initiative hierfür ging allerdings von Emil du Bois-Reymond aus, der Helmholtz einen eigenen Artikel-Entwurf zu lesen gab.<sup>88</sup> Posthum erschienen Helmholtz' »Vorlesungen über theoretische Physik«, von denen ein Band den »mathematischen Principien der Akustik« gewidmet ist.<sup>89</sup> Es handelt sich dabei mit über 250 Seiten um die umfangreichste Publikation nach den »Tonempfindungen«. Dieser Band war aber inhaltlich nicht mehr interdisziplinär und allgemein verständlich, sondern auf ein Fachpublikum ausgerichtet. Noch als Physikprofessor in Berlin griff Helmholtz in seinen Vorlesungen musikalisch-physiologische Fragen auf.<sup>90</sup>

<sup>85</sup> Steege, Helmholtz, 2012, S. 60–61.

<sup>86</sup> Brief an Emil du Bois-Reymond vom 07.04.1870, in Kirsten, Dokumente, 1986, S. 237.

<sup>87</sup> Helmholtz, Telephon, 1882, S. 463–474.

<sup>88</sup> Kirsten, Dokumente, 1986, S. 259–260.

<sup>89</sup> Der Text entstand auf Grundlage von Vorlesungsnotizen, vgl. Hiebert, Helmholtz Legacy, 2014, S. 75–76. Helmholtz konnte einen Teil des Manuskripts noch sichten und überarbeiten, vgl. Helmholtz, Vorlesungen, 1898.

<sup>90</sup> Siehe die Liste seiner Vorlesungen in Anhang A.

## Die Apparate und ihre Erbauer

### Ferdinand Sauerwald, Berlin: Doppelsirene (1855/1856)

Jeder der von Helmholtz erfundenen Akustik-Apparate wurde von einem anderen Mechaniker gefertigt. Zeitlich an erster Stelle steht die Doppelsirene, die Helmholtz im Oktober 1855 bestellte.<sup>91</sup> Heinrich Wilhelm Dove hatte seine 1851 präsentierte mehrstimmige Sirene von dem ebenfalls in Berlin ansässigen »geschickten Mechanikus Sauerwald« anfertigen lassen.<sup>92</sup> Bei der Weiterentwicklung zur Doppelsirene lag es dann nahe, wieder Sauerwald zu beauftragen. Dieser war eigentlich auf elektrische Instrumente spezialisiert und Helmholtz bestellte auch andere Geräte für das physiologische Institut in Heidelberg bei ihm.<sup>93</sup>

Drei Briefe von Sauerwald aus den Jahren 1856 bis 1864 sind in Helmholtz' Nachlass erhalten.<sup>94</sup> Anlässlich der Auslieferung der Sirene im März 1856 entschuldigt sich Sauerwald für die Verzögerung, weil er zuvor sehr beschäftigt gewesen sei, und gibt einige Pflegehinweise. Die späteren Briefe handeln teils von Verbesserungen in der Konstruktion. Auch der Bau weiterer Sirenen wird erwähnt, darunter 1864 eine für John Tyndall (1820–1893), der sie möglicherweise für Arbeiten an seinem Buch »Sound« (1867) nutzte. Verschiedene Museen und Universitätsammlungen besitzen noch Exemplare von Sauerwalds Sirenen. Von diesen konnten Seriennummern zwischen zwölf und 45 ermittelt werden.<sup>95</sup> Allzu viel höher dürfte Sauerwalds Gesamtproduktion nicht gelegen haben, denn die Doppelsirene war aufwändig und teuer. Zudem leitete Rudolph Koenig schon 1859 Vorbereitungen für ein eigenes Modell ein. Es war äußerlich schlichter gehalten, wohl um größere und internationale Kundenkreise anzusprechen.<sup>96</sup> Im Katalog von 1865 betrug der Preis dieser Sirenen 400 Francs, während eine Reihe von 19 Resonatoren 150 Francs kostete. Weit übertroffen wurde der Preis aber von den 800 Francs für den Klangsyntheseapparat.<sup>97</sup>

<sup>91</sup> Kursell, *Epistemologie*, 2018, S. 100.

<sup>92</sup> Dove, *Beschreibung*, 1851, S. 596–598, hier S. 596. Dove hatte offenbar nichts dagegen, dass andere seine Erfindung bei Sauerwald bestellen, denn er gab am Ende seines kurzen Artikels den Preis für verschiedene Ausführungen an.

<sup>93</sup> Pantalony, *Sensations*, 2009, S. 22 und 52. Die Bestellung mehrerer Instrumente geht aus dem in der nächsten Fußnote erwähnten Brief von 09.03.1864 hervor.

<sup>94</sup> Aufbewahrt im Archiv der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften unter der Signatur HN397. Die Briefe sind datiert auf den 22.03.1856, den 03.08.1860 und den 09.03.1864. Die früheren beiden erwähnt auch Cahan, *Helmholtz*, 2018, S. 790 und 799.

<sup>95</sup> Das Hunterian Museum in Glasgow besitzt Nr. 12: <http://museu.ms/collection/object/181514/helmholtzs-polyphonic-siren> (18.02.2025). Im Museum Boerhaave, Leiden, befinden sich Nr. 38 und 45: <https://mmb-web.adlibhosting.com/Details/collect/14172> (18.02.2025); <https://mmb-web.adlibhosting.com/Details/collect/13887> (18.02.2025).

<sup>96</sup> Pantalony, *Sensations*, 2009, S. 51–52.

<sup>97</sup> Koenig, *Catalogue*, 1865, S. 36.

### Friedrich Fessel, Köln: Klangsyntheseapparat (1858)

Im Zuge seiner Untersuchung von Vokalklangfarben entwickelte Helmholtz seinen ungewöhnlichsten Akustik-Apparat. Er behielt die bewährte Kombination von Stimmgabeln und Resonatoren als Sinuston-Generatoren zwar bei, versetzte aber die Stimmgabeln nunmehr nicht durch einen Hammer, sondern durch Elektromagneten in Schwingung. Dies bot den Vorteil, dass mehrere Stimmgabeln zugleich durchgehende Töne produzieren konnten. Um aus den Sinustönen Klangfarben zusammenzusetzen, ordnete Helmholtz die Stimmgabeln zu einer zusammengehörigen Reihe, bei der jede einem Teilton entsprach. Helmholtz' eigener Apparat enthielt acht dieser Bausteine, die zusammen auf einem Brett montiert waren.<sup>98</sup>

Die Stimmgabeln standen zwischen hufeisenförmigen Elektromagneten und wurden so bei Betrieb des Apparats dauerhaft in Schwingung gehalten. Damit nicht alle zugleich erklangen, wurden die Öffnungen der Resonatoren im Grundzustand von Klappen bedeckt. Diese waren über Fäden mit einer Klaviatur verbunden. Bei Betätigung der entsprechenden Taste wurde die Klappe von einer Resonatoröffnung weggezogen und machte die Stimmgabel somit hörbar. War sie dagegen geschlossen, erklang kein Ton, sondern »höchstens ein leises Summen« der Stimmgabel in der Luft.<sup>99</sup> Da für die Bildung der Klangfarbe auch die Intensität der einzelnen Teiltöne bedeutend ist, konnte man die Lautstärke jeweils abstimmen, indem man die Klappen nur teilweise öffnete oder die Entfernung des Resonators zu der Stimmgabel variierte.<sup>100</sup>

Durch eine Batterie und einen Stimmgabelunterbrecher wurde Wechselstrom erzeugt, der für die Schwingungserhaltung der Stimmgabeln sorgte, indem die Zinken abwechselnd zu einem der beiden Magneten hingezogen werden. Das Prinzip dieses Unterbrechers kannte Helmholtz aus zwei Quellen. Sein Freund Werner von Siemens (1816–1892) hatte 1847 einen Stromunterbrecher patentiert, der in Telegrafen die Synchronisierung mehrerer Bauteile bewirkte.<sup>101</sup> Helmholtz selbst gibt an, dass sein Stimmgabelunterbrecher eine Abwandlung des nach Christian Ernst Neef (1782–1849) benannten Neef'schen Hammers sei, den er von den »zu medicinischen Zwecken viel gebrauchten Inductionsapparaten« kannte.<sup>102</sup> Diesen Unterbrecher ebenso wie die elektromagnetisch angeregten Stimmgabeln und Resonatoren stellte Friedrich Fessel her.<sup>103</sup> Auch zu ihm ist heute sehr wenig Information auffindbar. Emil du Bois-Reymond fragte Helmholtz 1856 in einem Brief, ob er Fessel für den Bau eines Myographions empfehlen könne.<sup>104</sup> Dabei handelt es sich um ein Gerät zur Erforschung der Nervenleitgeschwindigkeit, das die elektrisch angeregten Muskelzuckungen von Froschschenkeln aufzeichnet. Es enthält ebenfalls einen Neef'schen Hammer. Die Anfrage lässt darauf schließen,

<sup>98</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 185.

<sup>99</sup> Ebd., S. 188.

<sup>100</sup> Ebd., S. 185 und 188. Der Resonator steht auf einem verschiebbaren Brettchen.

<sup>101</sup> Lenoir, Helmholtz, 1994, hier S. 199.

<sup>102</sup> Pisko, *Apparate*, 1865, S. 23.

<sup>103</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 187.

<sup>104</sup> Kirsten, *Dokumente*, 1986, S. 159.

dass sich Fessel wohl durch seine Erfahrung qualifiziert hatte. Er scheint aber nur die Einzelteile des Vokalsyntheseapparats geliefert zu haben.<sup>105</sup> Helmholtz nahm selbst einige Anpassungen des Unterbrechers an die Stimmgabelemente vor, was nahelegt, dass beide ursprünglich nicht zusammengehörten. Helmholtz betonte, dass »die Zahl der elektrischen Stromstöße genau ebenso gross sein [muss] wie die Zahl der Schwingungen der tiefsten Gabel B, nämlich 120 in der Secunde«.<sup>106</sup> Für eine genaue Abstimmung versah er die Stimmgabel des Unterbrechers mit einer Klemme, deren Verschieben entlang der Zinke die Tonhöhe der Stimmgabel verändert.<sup>107</sup> Im Anhang der »Tonempfindungen« schilderte Helmholtz Probleme wie unerwünschte Nebengeräusche, die bei der Anpassung auftraten.<sup>108</sup> Die Aussage gegenüber du Bois-Reymond, er »habe [sich] jetzt einen komplizierten Apparat zusammengebaut«, lässt einen gewissen Eigenanteil bei der Fertigstellung vermuten.<sup>109</sup>

Die Finanzierung der einzelnen Teile hatte König Maximilian II. von Bayern (1811–1864) ermöglicht.<sup>110</sup> Fessel vermarktete den Apparat auch nicht, sondern wiederum Rudolph Koenig. Der hatte Helmholtz im Februar 1860 um eine Skizze der Größenverhältnisse gebeten. Eine Beschreibung des Aufbaus lag ihm durch einen der von Helmholtz publizierten Artikel bereits vor.<sup>111</sup> Im Mai 1861 war der Apparat bereits fertig. Einen passenden Anlass, diesen Prototypen öffentlich zu präsentieren, bot die Londoner Weltausstellung 1862.<sup>112</sup> Hiervon hat sich die früheste Abbildung erhalten (Abb. 7).

Der abgebildete Apparat unterscheidet sich von allen erhaltenen und von Helmholtz' Original. Dessen zylindrische Resonatoren bestanden aus Pappe und ihre Flächen aus Zinkblech.<sup>113</sup> Hier sind die Resonanzröhren aber rechteckig. Koenig bot den Apparat zwar auch schon in seinem ersten Katalog von 1865 als »Grand appareil pour la composition artificielle des différents timbres« an, verfügt allerdings auch nur über die beiden Holzschnitte aus den »Tonempfindungen«.<sup>114</sup> Von Koenigs frühem Modell mit acht Elementen sind noch zwei Exemplare erhalten.<sup>115</sup> Die zylinderförmigen Resonanzröhren bestehen dort aus Messing und die Klaviatur ist in einen Holzrahmen eingefasst.

<sup>105</sup> Nach freundlicher Auskunft des Archivs der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften befindet sich im Helmholtz-Nachlass aber kein Brief von Fessel.

<sup>106</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 185. Der Grundton war zunächst ein B von 112 Hz, was auch der Frequenz des Stimmgabelunterbrechers entsprach. Helmholtz, *Klangfarbe*, 1882, S. 401–402. Der Wechsel auf 120 Hz könnte mit dem Vibrationsmikroskop zusammenhängen, weil Helmholtz dort wie erwähnt einen zur Frequenz der a-Saite passenden Stimmgabelunterbrecher brauchte.

<sup>107</sup> Beschrieben in Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 186–187 und 582. In der Abbildung sitzt die Klemme h mittig auf der unteren Zinke.

<sup>108</sup> Ebd., S. 583.

<sup>109</sup> Kirsten, *Dokumente*, 1986, S. 184.

<sup>110</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. V.

<sup>111</sup> Hörz, *Brückenschlag*, 1997, S. 361–362.

<sup>112</sup> Pantalony, *Sensations*, 2009, S. 53 und 68–69.

<sup>113</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 566–567. Dort sind auch die Maße der mittlerweile zehn statt acht Röhren angegeben.

<sup>114</sup> Koenig, *Catalogue*, 1865, S. 10–12.

<sup>115</sup> Pantalony, *Sensations*, 2009, S. 220.

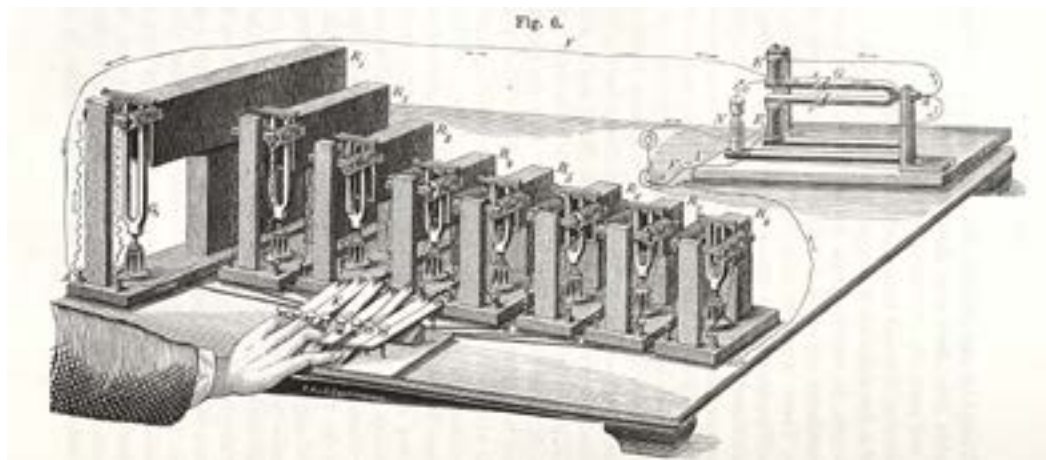


Abb. 7 Helmholtz' Klangsyntheseapparat um 1862.

Helmholtz bildete in den »Tonempfindungen« den Klangsyntheseapparat als einzigen nicht im Ganzen ab, sondern nur den Unterbrecher und ein einzelnes Stimmgabel-Resonator-Element.<sup>116</sup> Im Anhang befindet sich auch ein unkonventioneller Schaltplan, der zwar Helmholtz' Hinzufügungen wie einen Kondensator und Drahtwiderstand enthält, aber nicht die Klaviatur.<sup>117</sup> Der Apparat erhielt außerdem keinen eigenen Namen. Eine Bezeichnung als »Synthesizer«, die in der englischsprachigen Literatur bisweilen Verwendung findet, kann irreführend wirken, weil sie eine Verwandtschaft zu den gleichnamigen elektronischen Instrumenten suggeriert. Die Tonerzeugung mit Stimmgabeln, deren Schwingungen durch Elektromagneten aufrechterhalten werden, wäre als elektromechanisch zu bezeichnen.<sup>118</sup> Trotz der herausragenden Bedeutung als erstes Gerät zur Zusammensetzung von Klängen aus Einzelelementen lag die Nutzung dieses Prinzips zur Tonerzeugung in Musikinstrumenten noch fern.<sup>119</sup>

Felix Auerbach (1856–1933) und Carl Stumpf (1848–1936) verwendeten Fessels Original-Apparat noch bis kurz vor 1900 für ihre Forschungen.<sup>120</sup> Der letzte Hinweis über seinen Verbleib stammt aus dem Jahr 1926 von Stumpf, wonach die »Bestandteile jetzt im Deutschen Museum zu München aufbewahrt werden [...]. Helmholtzens Originalgabeln standen mir vor etwa 30 Jahren zur Verfügung, aber ohne die große Unterbrechungsgabel;«<sup>121</sup>

<sup>116</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 184 und 186.

<sup>117</sup> Wittje, Age, 2016, S. 39–40.

<sup>118</sup> Donhauser, *Klangmaschinen*, 2007, S. 12.

<sup>119</sup> Ebd., S. 14–17, beschreibt die Anfänge der Synthesizer im engeren Sinn.

<sup>120</sup> Stumpf, *Sprachlaute*, 1926, S. 167.

<sup>121</sup> Ebd. Ich danke Julia Kursell für den Hinweis auf diese Stelle bei Stumpf.

Zu diesem Zeitpunkt war der Apparat beinahe 70 Jahre alt. Daher und wegen seiner nicht unerheblichen Größe mag man sich entschlossen haben, ihn in seine »Bestandteile« auseinanderzubauen.<sup>122</sup> Möglicherweise spielte die Tatsache, dass der Apparat von König Maximilian II. von Bayern finanziert worden war, eine Rolle bei der Vergabe nach München. Wann genau (und ob überhaupt) die Teile an das Deutsche Museum übergeben wurden und wie lange sie dort verblieben, konnte bisher nicht ermittelt werden.<sup>123</sup>

### Rudolph Koenig, Paris: Resonatoren, Vibrationsmikroskop, Orgelpfeifen (ca. 1859)

Die Resonatoren dienten Helmholtz als Demonstrationsmittel für die Richtigkeit des »Ohm'schen Gesetzes«, sodass der Erfolg der theoretischen Ausführungen auch mit ihrer Akzeptanz zusammenhing. Helmholtz wusste, dass er zunächst einigen Einwänden begegnen musste.<sup>124</sup> Obertöne waren zwar bekannt, aber für ein nur spärlich auftretendes Phänomen gehalten worden. Eben weil viele sie kaum wahrnahmen, lag der Schluss nahe, dass sie keine großen Auswirkungen haben könnten. Selbst eine musikalische Vorbildung brachte bei der Anwendung der Resonatoren wenig Nutzen. Stattdessen war ein hohes Maß an Konzentration gefragt.<sup>125</sup> Helmholtz wies darauf hin, dass ein großer Teil aller Sinneseindrücke im Alltag irrelevant sei und deshalb unbewusst ausgeblendet werde. Durch stetige Übung der Aufmerksamkeit sei es möglich, den Ausschnitt der wahrgenommenen Eindrücke zu erweitern.<sup>126</sup> Das Ziel bei der Benutzung der Resonatoren war es, sie schließlich überflüssig zu machen. Damit geht ein temporärer Sinneserweiterungs-Effekt in eine dauerhafte Wahrnehmungsweise über.

Im Aufsatz zu den Luftschwingungen in Orgelpfeifen von 1859 schrieb Helmholtz erstmals über jene Glaskugeln mit zwei Öffnungen, die in den »Tonempfindungen« sein wichtigstes Klanganalyse-Werkzeug wurden.<sup>127</sup> Neu war auch, dass Resonatoren eine physische Verbindung mit dem Ohr eingingen. In dem Artikel bezieht er sich auf Wilhelm Wertheims Untersuchung der Auswirkungen von dem Verhältnis des Volumens der Glaskugeln zum Durchmesser ihrer Öffnungen. Es wird nicht klar, ob Helmholtz bereits solche Resonatoren besaß. Im selben Jahr bestellte er jedenfalls Glasresonatoren

<sup>122</sup> Pantalony, *Sensations*, 2009, S. 219, gibt für den Apparat von Koenig mit zehn Elementen die Maße mit 41,5 cm × 58,7 cm × 106,5 cm an.

<sup>123</sup> Es konnte keine Inventarnummer identifiziert werden, die sich mit dem Apparat oder seinen Teilen in Verbindung bringen ließe. In der Sammlung von Stimmgabeln gibt es keine Übereinstimmung. Das Museum hat sonst auch Objekte inventarisiert, die sich nur kurz dort befanden. Auch in zeitgenössischen Ausstellungskatalogen fand sich kein Hinweis. Im Museumsarchiv wurde zudem gründlich nach passender Korrespondenz gesucht. Insbesondere wenn der Apparat in seine Einzelteile zerlegt war, kann aber nicht ausgeschlossen werden, dass bei der Beschreibung nicht erkennbar war, worum es sich handelt. Angesichts der Bedeutung, die Original-Apparate von berühmten Wissenschaftlern in der frühen Sammlungsgeschichte des Deutschen Museums einnahmen, würde man aber erwarten, dass ein Objekt aus Helmholtz' Besitz auch so vermerkt wird.

<sup>124</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 98–100.

<sup>125</sup> Ebd., S. 85.

<sup>126</sup> Ebd., S. 102–103.

<sup>127</sup> Helmholtz, *Theorie*, 1882, S. 372–382.

bei Rudolph Koenig, wovon ein Briefwechsel zwischen 1859 und 1861 zeugt.<sup>128</sup> Helmholtz selbst gab an, dass er sich vor der Lieferung durch die Abwandlung von Retortenvorlagen beholfen habe.<sup>129</sup> Koenig hatte seine eigene Werkstatt 1858 eröffnet, also im selben Jahr, als Fessel den Klangsyntheseapparat baute. Somit kam er schlicht etwas zu spät, um Helmholtz für dessen früheste Forschungen zu beliefern. Später stellte er alle der von Helmholtz erfundenen Akustik-Apparate her. Koenig schickte Helmholtz 1860 auch »eine Zungenpfeife und einen Blasebalg zum Regulieren des Luftdruckes«.<sup>130</sup> Nur das Vibrationsmikroskop wird im Briefwechsel nicht erwähnt.

Dass Koenig gleich mit den Resonatoren betraut wurde, zeigt Helmholtz' Vertrauen. Der gelernte Geigenbauer war selbst nicht in der Glasbearbeitung erfahren und daher auf externe Glasbläser angewiesen. Für diese stellte es sich offenbar als besonders schwierig heraus, die großen Glaskugeln mit den Hörrohren zu verbinden.<sup>131</sup> Für tiefe Töne fertigte sich Helmholtz daher Resonanzröhren aus Pappe mit einem Glasröhrchen für das Ohr, obwohl er sonst die Kugelform und Glas für effektiver befand.<sup>132</sup> Helmholtz schlägt aber bereits eine Materialalternative vor: »Vielleicht wird es vortheilhafter sein, die größeren Kugeln künftig von starkem Metallblech zu machen.«<sup>133</sup>

Koenig soll bei der Weltausstellung in London 1862 schon Messingresonatoren ausgestellt haben.<sup>134</sup> Im Katalog von 1865 waren dann nur noch Resonatoren aus Messing erhältlich. Für die Bevorzugung des Metalls gibt es wohl mehrere Gründe, darunter praktische wie die Zerbrechlichkeit und die Schwierigkeit für Glasbläser, Resonatoren in verschiedensten Größen herzustellen.<sup>135</sup> Helmholtz' Serie umfasste nur zehn Resonatoren, während Koenig aus Messing Sätze von 19 Resonatoren herstellte. Eine Beeinflussungsmöglichkeit der Wirksamkeit der Resonatoren besteht in der Ausarbeitung ihrer Öffnung. Es ist aber nicht zwingend so, dass eine möglichst hohe Schärfe zu bevorzugen wäre, wie Helmholtz selbst zu bedenken gibt:

Die Resonatoren, deren Oeffnung sehr eng ist, geben im Allgemeinen eine viel bedeutendere Verstärkung des Tones, aber es wird auch eine desto genauere Uebereinstimmung der Tonhöhe des zu hörenden Tones mit dem Eigentone des Resonators nothwendig. Es ist wie bei den Mikroskopen: je stärker die Vergrößerung, desto kleiner das Gesichtsfeld.<sup>136</sup>

<sup>128</sup> Im Helmholtz-Nachlass der BBAdV, HN238. Transkribiert in Hörz, Brückenschlag, 1997, S. 358–364.

<sup>129</sup> Helmholtz, Lehre, 1863, S. 561.

<sup>130</sup> Hörz, Brückenschlag, 1997, S. 362.

<sup>131</sup> Ebd., S. 360.

<sup>132</sup> Helmholtz, Lehre, 1863, S. 561–562.

<sup>133</sup> Ebd., S. 562.

<sup>134</sup> Pisko, Apparate, 1865, S. 8–9.

<sup>135</sup> Helmholtz schilderte selbst, dass ihm zwei Glaskugeln aus seinem ersten Satz zerbrochen waren, Helmholtz, Lehre, 1863, S. 562; Hörz, Brückenschlag, 1997, S. 360.

<sup>136</sup> Helmholtz, Lehre, 1863, S. 562.



**Abb. 8** Glasresonator im Deutschen Museum.

Glasresonatoren wurden wohl nie in größerer Stückzahl gefertigt. Zu den wenigen noch erhaltenen Museumsstücken zählen vier Exemplare in der Physiksammlung des Deutschen Museums (Abb. 8).<sup>137</sup> Die Form der Kugeln ist unregelmäßig, mal rundlich, mal länglich. Es befinden sich Spuren von Feilen an der unteren Öffnung, womit wohl eine Feinabstimmung bewirkt wurde. Das Röhrchen, das in das Ohr eingesetzt wird, ist mit einer roten, wachstartigen Masse umschlossen. Diese Praxis zur Abdichtung mit warmem Siegelack beschreibt Helmholtz in den »Tonempfindungen« genau.<sup>138</sup>

Zwar sind die vier Glasresonatoren nicht signiert, aber es gibt keinen Hinweis, dass Helmholtz jemals andere besessen hätte als die von Koenig. Es ist überliefert, dass sie direkt von der Berliner Universität kamen, wo Helmholtz zuletzt Physik lehrte.<sup>139</sup> In einem frühen Sammlungsführer des Deutschen Museums, nicht einmal 15 Jahre nach Helmholtz' Tod, werden sie als die Originale bezeichnet, die er 1859 für seine Forschungen verwendete.<sup>140</sup>

<sup>137</sup> Deutsches Museum, Inv.-Nr. 4690–4693.

<sup>138</sup> Helmholtz, Lehre, 1863, S. 73.

<sup>139</sup> Fuchs, Entwicklungsgeschichte, 1951, S. 544.

<sup>140</sup> Dyck, Museum, 1907, S. 76.



Tonhöhe	Durchmesser der Kugel in Millimetern	Durchmesser der Oeffnung in Millimetern	Volumen des Hohlraumes in Cubik- centimetern	Bemerkungen
1) <i>g</i>	154	35,5	1773	} Hals trichterförmig
2) <i>b</i>	131	28,5	1092	
3) <i>c'</i>	130	30,2	1053	
4) <i>c'</i>	115	30	546	
5) <i>g'</i>	79	18,5	235	

Abb. 9 Ausschnitt der Tabelle über Maße und Tonhöhe der Glasresonatoren von Koenig.

Als Anhaltspunkt zur Identifizierung kann eine Tabelle im Anhang der »Tonempfindungen« herangezogen werden, in der Helmholtz die Maße von Koenigs Glasresonatoren auflistet (Abb. 9):

Die ersten drei Werte decken sich sehr gut mit denen der Exemplare am Deutschen Museum. Einzig der Wert zu der vierten Kugel weicht um 10 mm im Durchmesser ab, was aber auch an unterschiedlichen Messpunkten liegen kann.<sup>141</sup> Die vier Resonatoren waren sehr wahrscheinlich Teil einer größeren Serie.

### Georg Appunn, Hanau: Orgelpfeifen (ca. 1865–1870)

Appunn wird in den »Tonempfindungen« erst ab der dritten Auflage von 1870 namentlich aufgeführt. Möglicherweise befand sich seine Werkstatt zuvor erst im Aufbau und hatte schlicht noch kein großes Sortiment vorzuweisen. Helmholtz bekam von ihm einen bisher nicht beachteten Apparat:

Ich habe von Herrn Appun in Hanau eine solche doppelte Pfeifenreihe erhalten, welche die ersten sechszehn Theiltöne des B giebt. Alle diese Pfeifen stehen auf einer gemeinsamen Windlade, welche auch die Schieber enthält, mit denen man die einzelnen Pfeifen öffnen und schliessen kann. [...] Kurze Tonstöße auf diese Weise hervorgebracht, zeigen den Vocalcharakter viel besser, als ein lange anhaltender Klang.<sup>142</sup>

Auch dieses Gerät dient dem Zweck, Vokalklänge aus ihren jeweils charakteristischen Teiltönen zusammenzusetzen, wobei jede Pfeife einem Teilton entspricht. Es ist wohl

<sup>141</sup> Die Resonatoren sind aktuell in einer Vitrine ausgestellt. Es war daher nicht möglich, sie selbst nachzumessen. Daher wurden die Maße aus den Unterlagen herangezogen.

<sup>142</sup> Helmholtz, Lehre, 1870, S. 195.

kein Zufall, dass ebenso wie beim Klangsyntheseapparat das B als Grundton gewählt ist. Statt einer Klaviatur wird über Schieber geregelt, welche der 16 Teiltöne erklingen sollen. Für eine Nuancierung starker und schwacher Teiltöne verfügt der Apparat über zwei Pfeifenreihen, nämlich eine laute mit offenen und eine leisere mit gedackten, also am oberen Ende verschlossenen Pfeifen.<sup>143</sup> Es scheint, als ob der Klang hier sowohl synthetisiert als auch nachgeahmt werde. Das Ergebnis dürfte jedenfalls realistischer gewesen sein als mit den Stimmgabeln. Appunns Orgelpfeifen-Gerät bildet somit einen Gegenentwurf zu Fessels Klangsyntheseapparat. Dieses Spannungsfeld zwischen der »Unnatürlichkeit« des Sinustons und der angestrebten Nähe zum natürlichen Vokalklang wirft Fragen über das Verhältnis zwischen Apparat und Körper auf.

**»Denn es scheint, daß wir alle musikalische Instrumente sind« – Apparat, Instrument und Körper**

Die Erforschung der Stimme war immer eine besonders schwierige Aufgabe, weil ihre Tonerzeugung im lebenden Menschen unsichtbar bleibt. Ein früher Meilenstein der Annäherung ist Wolfgang von Kempelen 1783 mit seiner Sprechmaschine gelungen. Sie war aus Stellvertretern für jedes an der Stimmgebung beteiligte Körperteil zusammengesetzt, nämlich einem Blasebalg als Lunge, einer aufschlagenden Zunge als Glottis und verschiedenen Filtervorrichtungen, die die Rolle der Nase und des Mundraums übernahmen. Einzig auf eine Entsprechung der Zunge musste er aus praktischen Gründen verzichten.<sup>144</sup> Dieser Apparat kehrte das menschliche Innere nach außen und machte die Vorgänge steuerbar. Die Bedienung zur Hervorbringung der Laute musste geübt werden wie bei einem Musikinstrument.<sup>145</sup> Der Gedanke liegt nahe, dass man einem Verständnis der Stimme dann am nächsten kommt, wenn man ihre Erzeugung genau nachbildet. Carl Stumpf machte aber darauf aufmerksam, dass Nachahmung und Synthese als zwei verschiedene Kategorien behandelt werden müssen.<sup>146</sup>

Während also eine Nachahmung der Stimme bereits vorher erprobt wurde, war Helmholtz der Erste, der eine echte Klang-Synthese betrieb und das Prinzip gleich auf Vokalklänge anwandte. Er war durch die physiologischen Vorarbeiten von Johannes Müller und Rudolf Hermann Lotze (1817–1881) beeinflusst.<sup>147</sup> Helmholtz setzte aber nicht allein auf die Synthese. Es gibt in den »Tonempfindungen« insgesamt drei Arten, das komplexe Geschehen bei der Bildung der Vokale zu umkreisen:

- 1) Nachahmung durch Orgelpfeifen
- 2) Synthese aus Stimmgabeltönen
- 3) Isolation einer klangbildenden Komponente (Eigenfrequenzen des Mundraums)

<sup>143</sup> Ebd., S. 195. Tatsächlich verwendet Helmholtz in den vorigen Auflagen an dieser Stelle den Klangsyntheseapparat. Dass er diesen durch die Pfeifenreihen ersetzt, spricht dafür, dass er ihr klingliches Ergebnis für geeigneter hielt.

<sup>144</sup> Brackhane, Orgel, 2017, S. 339–368, hier S. 351–355.

<sup>145</sup> Berdux/Steinbeißer, Apparat, 2019.

<sup>146</sup> Stumpf, Sprachlaute, 1926, S. 168.

<sup>147</sup> Trippett, Sensations, 2014, S. 124–132, hier S. 129.

Bei keiner dieser Methoden findet eine Nachbildung des anatomischen Vokalapparats statt. Statt die der Glottis viel ähnlicheren durchschlagenden Zungen als Tonerzeuger zu benutzen, wählte Helmholtz bewusst meist Stimmgabeln. Daher ist besonders interessant, in welchem Verhältnis Appunns Orgelpfeifen zu Fessels Klangsyntheseapparat stehen. Beide bilden den Aufbau eines Vokalklangs aus seinen Einzelelementen nach. Jede Orgelpfeife bringt aber ihre eigenen Obertöne mit ein, sodass das genaue Teiltonergebnis der Schichtung schwer überschaubar ist. Dagegen ist der Klang jeder einzelnen Stimmgabel viel weiter von dem Zielklang entfernt als der jeder Orgelpfeife. Felix Auerbach urteilte über seine Nutzung von Fessels Apparat: »Die Vokale kamen im allgemeinen nicht sehr überzeugend heraus«. <sup>148</sup> Die aus wissenschaftlicher Sicht erwünschte klangliche »Sterilität« der Stimmgabel erwies sich im Hinblick auf die Naturnähe des Synthese-Ergebnisses als Hindernis.

Die oben genannte dritte Methode abstrahierte sogar noch ein Stück weiter. Da im Kehlkopf ein Klanggemisch erzeugt wird, das in der Mundhöhle gefiltert wird, ändert ihr Resonanzverhalten die Zusammensetzung der Klangfarbe. <sup>149</sup> Dies versprach ein Schlüssel zum Verständnis dafür zu sein, worin sich Instrumental- und Vokalklänge grundsätzlich unterscheiden. Es galt also, für jeden Vokal und Umlaut die typische Frequenz zu identifizieren, die dem jeweiligen Eigenton der Mundhöhle entspricht. Hierfür hielt Helmholtz Stimmgabeln vor den zu einem Vokal geformten und geöffneten Mund. Auf diese Weise ermittelte er, welcher Stimmgabelton besonders deutlich hörbar ist und somit den gebildeten Vokal charakterisiert. <sup>150</sup> Helmholtz beobachtete, dass die Ergebnisse bei allen Menschen annähernd gleich sind, obwohl unterschiedliche Volumen der Resonanzräume etwa im Vergleich zwischen Kindern und Erwachsenen zu erwarten wären.

Helmholtz ordnet die acht Vokale und Umlaute der deutschen Sprache zunächst aufsteigend nach der Tonhöhe ihrer Mundraumfrequenz an, weicht aber bei Ö und Ü davon ab (Abb. 10).

Bei fünf der acht Laute fand Helmholtz jeweils einen zweiten Eigenton, weil die Zunge hier einen vorderen und einen hinteren Resonanzraum abtrennt. Auch bei einer Flasche mit engem Hals entstehe ein Eigenton des Bauchs und einer des Halses. <sup>151</sup> Hierin findet sich auch die Erklärung dafür, dass der höhere Eigenton von Ö und Ü tiefer ausfällt als seine Position in der Reihe andeutet. Der Mundraum ist hier zwar am meisten verschlossen, andererseits verlängert die Formung der Lippen den vorderen Resonanzraum und erweitert somit sein Volumen. <sup>152</sup>

<sup>148</sup> Stumpf, Sprachlaute, 1926, S. 167.

<sup>149</sup> Helmholtz, Lehre, 1863, S. 165–166.

<sup>150</sup> Ebd., S. 166.

<sup>151</sup> Ebd., S. 168–169.

<sup>152</sup> Ebd., S. 170.

<sup>153</sup> Koenig, Catalogue, 1865, Nr. 57; Pantalony, Sensations, 2009, S. 220.



Abb. 10 Eigentöne des Mundraums der Vokale und Umlaute.

Zu dieser Untersuchung gab es auch ein passendes Demonstrationsinstrument, das wiederum Rudolph Koenig konstruierte.<sup>153</sup> Statt die Stimmgabeltöne nur durch die eigene Mundhöhle erklingen zu lassen, ersetzte er sie durch abgestimmte Resonatoren. Das Teylers Museum in Haarlem besitzt noch ein frühes Exemplar von 1865.<sup>154</sup> Später korrigierte Koenig die Frequenzen, weil er bei eigenen Versuchen zu anderen Ergebnissen gekommen war als Helmholtz.<sup>155</sup> Auf den ersten Blick scheint es, als könnten mit dieser Versuchsanordnung nur beschränkte Aussagen über Vokale getroffen werden, weil sie nur jeweils einen Teilton herausgreift. Für Helmholtz diente sie zur Beantwortung der zentralen Frage, inwiefern sich die Klangfarben der Vokale grundsätzlich von denen der Musikinstrumente unterscheiden. Das signifikante Merkmal der Vokale sei, dass unabhängig von ihrer Tonhöhe immer dieselben Frequenzen verstärkt würden, weil »die Stärke ihrer Obertöne nicht von der Ordnungszahl derselben, sondern von deren absoluter Tonhöhe abhängt.«<sup>156</sup>

Da Helmholtz' Erkenntnisziel im besseren Verständnis der Sinnesempfindung lag, mussten auch seine Werkzeuge sich an den menschlichen Tonerzeugern und -empfängern, dem Gehör und der Stimme, orientieren. Dies ist in der Physiologie insgesamt nicht anders, da sie sich mit der Erforschung von Körpervorgängen beschäftigt. Helmholtz gehörte der Schule der »organischen Physiologen« an, die auf eine experimentelle und physikalische Physiologie setzten. Sie wandten sich damit gegen die ältere Generation der »Vitalisten«, für die allen Organismen eine immaterielle Lebenskraft innewohnt.<sup>157</sup> In der neuen Ausrichtung war unerheblich, ob der untersuchte Gegenstand lebendig oder technologisch ist, weil alle Vorgänge der Physik unterstanden und einer »mechanistischen Weltanschauung« unterworfen wurden.<sup>158</sup> In der physiologischen

<sup>154</sup> Pantalony, *Sensations*, 2009, S. 220.

<sup>155</sup> Ebd., S. 220.

<sup>156</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 180.

<sup>157</sup> Rieger, *Helmholtz Musicus*, 2006, S. 22–23.

<sup>158</sup> Dierig, *Wissenschaft*, 2006, S. 97.

Forschung wurden Lebewesen und Apparate bisweilen auf eine heute befremdlich wirkende Art miteinander kombiniert. Sehr verbreitet war die Myographie, also die Messung der Aktivität von mit Elektrizität angeregten Froschschenkeln. Nach der Abtrennung vom toten Frosch und der Freilegung der Bewegungsnerven reagierten die Muskeln noch mehrere Stunden auf elektrische Reize.<sup>159</sup> Die Physiologen Adam Politzer (1835–1920) und Claude Bernard (1813–1878) führten zusammen mit Rudolph Koenig Experimente mit Präparaten von Ohren aus. Das Trommelfell wurde mit einer Mine versehen. Bei der Anregung durch verschiedene Töne zeichnete die Mine auf einen beruhten Zylinder.<sup>160</sup> Es handelte sich also um eine Abwandlung des Phonautographen, der ja selbst den Aufbau des Ohrs nachbildet. Die Ohrmuschel wird zum Schalltrichter, das Trommelfell zur schwingenden Membran und die Gehörknöchelchen zu einer Mine. So lag wohl der Gedanke nahe, die Aufzeichnungsmöglichkeit auf ein echtes Ohr anzuwenden.

Technische Geräte wurden im 19. Jahrhundert zur Versinnbildlichung körperlicher Prozesse herangezogen, beispielsweise die Telegrafie für den Nervenapparat.<sup>161</sup> Für das Hörgeschehen wurde das Klavier zum beliebten Modell.<sup>162</sup> Eine Gelegenheit, bei der Helmholtz darauf zurückgreift, ist seine sogenannte »Resonanztheorie des Hörens«.<sup>163</sup> Das Ohr besitzt die Fähigkeit, einen zusammengesetzten Klang in die einzelnen Teiltöne zu zerlegen. Helmholtz kann sich diesen Vorgang nicht anders erklären als durch Resonanz. Wenn nämlich ein Klang auf ein Klavier trifft, dessen Dämpfer angehoben sind, so resonieren nur die Saiten, die einem Teilton dieses Klangs entsprechen.<sup>164</sup> Der Klang wird dabei auf die angeregten Saiten aufgeteilt. Das anatomische Äquivalent zu den Saiten seien die Sinneshärchen in der Gehörschnecke oder Cochlea. Das Wissen über sie war noch recht neu. Erst 1851 hatte Alphonse Corti (1822–1876) das nach ihm benannten Organ in der Schnecke entdeckt, wo die Sinneshärchen mit den Nervenenden in Verbindung kommen. An dieser winzigen Schlüsselstelle findet die »Umwandlung von Schall in Empfindung« statt.<sup>165</sup> Corti selbst behauptete, bei seinen Mikroskop-Studien Gebilde erkannt zu haben, die ähnlich wie Hämmerchen an Saiten anschlagen.<sup>166</sup> Carl Stumpf sprach deshalb auch von Helmholtz' »Hypothese der Schneckenklaviatur«.<sup>167</sup> Die genauen Vorgänge im Innenohr waren noch nicht verstanden und so dienten Vergleiche mit dem Klavier dazu, sich eine Vorstellung zu bilden, was dort passieren könnte.<sup>168</sup> Helmholtz nahm an, dass es etwa 3000 Sinneshärchen gebe, die jeweils nur bei bestimmten Frequenzen in Resonanz versetzt werden und dabei ein Nervensignal erzeugen. Die Idee, dass ein Sinnesorgan den eintreffenden Reiz in seine Grundelemente zerlegt, bevor eine

<sup>159</sup> Ebd., S. 101–103.

<sup>160</sup> Pantalony, *Sensations*, 2009, S. 56–58.

<sup>161</sup> Hoffmann, *Apparatuses*, 2003, S. 130.

<sup>162</sup> Kursell, *Epistemologie*, 2018, S. 247–255.

<sup>163</sup> Ausführlicher bei ebd., S. 201–255.

<sup>164</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 197–198.

<sup>165</sup> Kursell, *Epistemologie*, 2018, S. 206–207.

<sup>166</sup> Ebd., S. 248.

<sup>167</sup> Stumpf, *Sprachlaute*, 1926, S. 359.

<sup>168</sup> Kursell, *Epistemologie*, 2018, S. 204.

Weiterleitung an die Nerven erfolgt, war in der physiologischen Optik vorgebildet. Dort vertrat Helmholtz die Auffassung, dass das Auge drei Arten von Farbrezeptoren besitzt, aus denen alle wahrgenommenen Farben zusammengesetzt sind.<sup>169</sup>

Eine weitere Analogie zwischen der Anatomie des Ohrs und der Bauweise von Klavieren stellte Helmholtz nach seiner Führung in der Steinway-Fabrik 1893 her. Ihm fiel die Ähnlichkeit der Wölbung des Resonanzbodens mit der des Trommelfells auf. Im Körper sei also »derselbe Kunstgriff benutzt und eine ganz ähnliche Wölbung der Fläche, den Sie [Steinway] bei den Piano's so nützlich befunden haben.«<sup>170</sup> Er selbst habe »den besonderen Einfluss der Wölbung der resonirenden Fläche« erst nach seiner Arbeit an den »Tonempfindungen« erkannt.<sup>171</sup>

Aber nicht nur in den Gehörorganen schlug sich für Helmholtz die Musikalität des Körpers nieder, sondern auch in den elektrischen Strömen der Muskelaktivität:

[...] mein Mann [Helmholtz] arbeitet viel in seinem Laboratorium und sucht Töne festzustellen, welche die Muskeln in unserem Körper hervorbringen – denn es scheint, daß wir alle musikalische Instrumente sind und daß unsere Muskeln ein dauerndes Geräusch verursachen, so lange sie lebendig sind, freilich ohne, daß wir etwas davon hören – und dieses Geräusch entspricht einer Tonhöhe der musikalischen Tonleiter. Um diesen besprochenen Ton zu finden hat mein Mann allerhand Gattungen von Alpenhörnern und Jagdhörnern konstruiert und produziert erstaunliche Klänge in den geheiligten Bezirk seines Arbeitszimmers.<sup>172</sup>

Der Versuch den unhörbaren, aber stets vorhandenen Muskelönen mit Musikinstrumenten auf die Spur zu kommen, zeigt, wie selbstverständlich für Helmholtz nicht nur wissenschaftliche Instrumente im engeren Sinne, sondern alle geeignet erscheinenden Gegenstände für die Lösung einer Forschungsfrage zum Einsatz kommen konnten. An den vorangegangenen Beispielen wurde deutlich, wie in der Physiologie Konzepte von Organismus, Musikinstrument und Apparat aufeinander übertragen werden konnten.

## »Die Lehre von den Tonempfindungen«

### Entstehung, Aufbau und Rezeption

Nachdem Helmholtz schon 1857 »ziemlichen Stoff zur Reform der physiologischen Akustik angesammelt« hatte,<sup>173</sup> äußerte er 1860 schließlich die Absicht, seine bisherigen akustischen Studien zusammenzuführen und für ein breiteres Publikum auszuarbeiten:

<sup>169</sup> Hatfield, Helmholtz, 1993, S. 526–527.

<sup>170</sup> Brief vom 06.10.1893, New York, LaGuardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection, Box 040260, Folder 067, Letter 004.

<sup>171</sup> Ebd.

<sup>172</sup> Dierig, Wissenschaft, 2006, S. 148.

<sup>173</sup> Brief an Emil du Bois-Reymond vom 18.05.1857, Kirsten, Dokumente, 1986, S. 169.

Ich habe mich daran gemacht, meine akustischen Arbeiten zusammenzuschreiben; es soll daraus ein kleines Buch von möglichst populärer Haltung werden, um es auch den Musikliebhabern zugänglich zu erhalten, weil ich meine, auch die physikalisch-physiologische Begründung der Harmonielehre darin niederlegen zu können.<sup>174</sup>

Helmholtz beabsichtigte nicht etwa ein Handbuch der physiologischen Akustik analog zu seinem Kompendium der Optik, weil die »Tonempfindungen« vornehmlich nicht Experten vorbehalten, sondern für viele Musikinteressierte relevant sein sollten. Als Titel war zunächst schlicht »Studien über physiologische und musikalische Akustik« im Gespräch.<sup>175</sup> Die »Tonempfindungen« waren Helmholtz' erste Publikation bei Vieweg. David Cahan konnte anhand von Archivunterlagen herausstellen, wie die Entscheidung für den Verleger fiel.<sup>176</sup> Friedrich Vieweg hatte selbst 1861 bei Helmholtz angefragt, ob dieser ein Lehrbuch der Medizinphysik zu verfassen bereit wäre. Helmholtz entgegnete, dass er dies gerade zeitlich nicht leisten könne, und bot stattdessen sein Manuskript der »Tonempfindungen« an. Er stand schon mit zwei anderen Verlegern in Kontakt, erhielt aber die besten Konditionen bei Vieweg. Die versprochene Auflage betrug 1800–2000 Exemplare. Das zunächst geplante Büchlein wuchs schließlich auf 600 Seiten an. Das Manuskript wurde dem Verlag im Mai 1862 für den Druck übergeben, trägt aber 1863 als Publikationsjahr.<sup>177</sup> Zu Helmholtz' Lebzeiten erschienen vier Auflagen (1863, 1865, 1870, 1877), posthum noch zwei weitere (1896, 1913).

In einem Brief an Vieweg hatte Helmholtz klargestellt, dass er ein allgemeinverständliches Werk anstrebe.<sup>178</sup> Er orientierte sich dabei an Friedrich Zamminers (1817–1858) »Die Musik und die musikalischen Instrumente in ihrer Beziehung zu den Gesetzen der Akustik«, das in zwei Bänden erschienen war und sich durch eine Vielzahl an Abbildungen auszeichnete.<sup>179</sup> Zamminer behandelte verschiedene Instrumente, darunter die des Orchesters, aber auch historische und außereuropäische, dazu Raumakustik, Stimmungen und das Gehör. So ergibt sich der Charakter eines Sammeluriums, das zudem die historischen und akustischen Abschnitte nicht wirklich verbindet.

Obwohl Zamminer eigentlich Physiker war, richtete er seine Arbeit historisch aus und verzichtete auf mathematische Herleitungen.<sup>180</sup> Helmholtz dagegen nahm einige Formeln und Berechnungen auf, verschob sie aber größtenteils in den Anhang. Somit bediente er geschickt verschiedene Wissenslevel und Bildungshintergründe. Dies passt zu dem Ziel einer populären Haltung und einer Verbindung von Geistes- und Naturwissenschaft.

<sup>174</sup> Aus einem Brief an Donders, zitiert bei Koenigsberger, Helmholtz, 1902, Bd. 1, S. 360.

<sup>175</sup> Cahan, Helmholtz, 2018, S. 262.

<sup>176</sup> Ebd., S. 262–263.

<sup>177</sup> Siemens-Helmholtz, Helmholtz, 1929, S. 104.

<sup>178</sup> Cahan, Helmholtz, 2018, S. 262.

<sup>179</sup> Zamminer, Musik, 1855. Schon in seinen frühen Akustik-Aufsätzen nahm Helmholtz wiederholt Bezug auf Zamminer.

<sup>180</sup> Kursell, Klangfarbe, 2017, S. 30–32.

Helmholtz ging auch in seinem Aufbau viel systematischer vor. Die »Lehre von den Tonempfindungen« ist sehr klar in drei aufeinander aufbauende »Abtheilungen« gegliedert. Die erste behandelt die physikalischen Eigenschaften des Einzeltons, die zweite Phänomene bei Zusammenklängen und die dritte untersucht das Verhältnis von Physiologie und Musikgeschichte. Die Überschriften mit den entsprechenden Stichwörtern lauten:

- 1) »Die Zusammensetzung der Schwingung. Obertöne und Klangfarbe«
- 2) »Die Störungen des Zusammenklanges. Combinationstöne und Schwebungen. Consonanz und Dissonanz«
- 3) »Die Verwandtschaft der Klänge. Tonleitern und Tonalität«<sup>181</sup>

Kursell vermutet, dass dieser dreiteilige Aufbau von Johannes Müllers »Handbuch der Physiologie des Menschen für Vorlesungen« übernommen sein könnte.<sup>182</sup> Dort wird die Behandlung der einzelnen Sinne jeweils in »einen physikalischen, einen im eigentlichen Sinne physiologischen und einen psychologischen Teil« gegliedert.<sup>183</sup> Das bestätigt die Bemerkung von Helmholtz, dass in Bezug auf die Akustik die physikalische Seite schon viel erforscht worden sei, die physiologische und die psychologische aber noch kaum.<sup>184</sup> Somit dachte er offensichtlich ebenfalls in dieser Dreiteilung.

Zunächst bedarf der titelgebende Begriff der »Empfindung« insbesondere in Abgrenzung zur »Wahrnehmung« noch einer Definition:

Empfindungen nennen wir die Eindrücke auf unsere Sinne, insofern sie uns nur als Zustände unseres Körpers (speciell unserer Nervenapparate) zum Bewusstsein kommen; Wahrnehmungen, insofern wir aus ihnen uns die Vorstellung äusserer Objecte bilden. Wenn wir einen gewissen Schall auffassen als den Klang einer Violine, so ist dies eine Wahrnehmung, wir schliessen auf die Existenz eines bestimmten Tonwerkzeuges, welches derartige Klänge hervorzubringen pflegt. Wenn wir aber diesen Klang in seine Partialtöne zu zerlegen suchen, so ist dies Sache der reinen Empfindung.<sup>185</sup>

Ziel ist nicht eine Vermessung der klanglichen Außenwelt, sondern eine Untersuchung dessen, wie das Gehör Klänge verarbeitet und analysiert. Wie bereits erwähnt, machte Helmholtz' Studium der Erkenntnistheorie ihn darauf aufmerksam, dass die Sinnesempfindungen die Wirklichkeit nicht direkt abbilden, sondern einer Interpretation bedürfen.<sup>186</sup> In der ersten »Abtheilung« setzte Helmholtz einen neuen Akzent zu den bekannten physikalischen Fakten mit dem Fokus auf die Obertöne. Ihre Bedeutung bei der

<sup>181</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. VII–XI.

<sup>182</sup> Kursell, *Epistemologie*, 2018, S. 60.

<sup>183</sup> Ebd., S. 61.

<sup>184</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 6.

<sup>185</sup> Ebd., S. 101.

<sup>186</sup> Helmholtz, *Erinnerungen*, 1896, S. 16–17.



Bildung der Klangfarbe war noch nicht allgemein akzeptiert, weshalb Helmholtz betonte, dass ihre Wahrnehmung erst eingeübt werden müsse. Mit dem »Ohm'schen Gesetz« als zentralem Analysewerkzeug beschränkt sich die Untersuchung nötigerweise auf Klänge, die periodisch ablaufen und sich auf Überlagerungen von Sinustönen zurückführen lassen. Analog zur Erschließung immer kleinerer Einheiten in den Naturwissenschaften wie Zelle, Molekül oder Atom wurde auch in geisteswissenschaftlichen Disziplinen zur selben Zeit versucht, die Grundbausteine kultureller Erscheinungen zu ermitteln. Sprachen wurden demnach in ihre Phoneme zerteilt. Alexander Ellis entwarf 1845 gar ein »Alphabet of Nature«, das auf alle Sprachen anwendbar sein sollte und letztlich Bemühungen hin zum heute noch verwendeten Internationalen Phonetischen Alphabet (IPA) anstieß.<sup>187</sup> Unter Philologen bildeten sich verschiedene Positionen zur Frage heraus, in welchem Verhältnis Physiologie und Kultur stünden. Der Sprach- und Religionswissenschaftler Friedrich Max Müller (1823–1900) analysierte Sprache als statisches und von jeglicher Bedeutung gelöstes System, das bis in seine kleinsten Bestandteile klassifiziert werden könne. Dagegen interessierte sich der Philologe Jacob Grimm (1785–1863) gerade für die Änderungsprozesse lebendiger Sprachentwicklung. Dies bedeutete aber, dass Vokale in einem Kontinuum von Schattierungen auftreten, was sie einer leichten Ordnung entzieht.<sup>188</sup>

Aufgrund solch unterschiedlicher möglicher Herangehensweisen kann die Absicht hinter der dritten »Abtheilung der Tonempfindungen« leicht falsch verstanden werden. Helmholtz behandelt die Musikgeschichte darin als eine Aneinanderreihung von physiologischen Fallstudien.<sup>189</sup> So interessierte ihn beispielsweise, warum sich der Stellenwert und die Beurteilung bestimmter Intervalle in der Geschichte wandelten. Helmholtz versuchte, die Gründe in Änderungen der musikalischen Praxis auszumachen. Kursell fasst dies treffend zusammen:

Ahistorisch ist demnach nicht die Suche nach einer physiologischen Grundierung für die Unterscheidung von Konsonanz und Dissonanz, sondern die Annahme, dass andere Instrumente, andere Tonsysteme und überhaupt andere Arten und Weisen, Musik zu machen, nicht auch andere Klangpräferenzen und folglich andere Unterscheidungen von Konsonanz und Dissonanz zeitigen, obwohl die Terminologie scheinbar gleich bleibt.<sup>190</sup>

Es geht Helmholtz ausdrücklich nicht darum, die Dur/Moll-Tonalität als logisches Ziel einer natürlichen Entwicklung darzustellen und alle anderen musikalischen Systeme nach diesem Maßstab zu beurteilen.<sup>191</sup> Stattdessen erscheint sie als eine von vielen mög-

<sup>187</sup> Steege, Helmholtz, 2012, S. 193–195.

<sup>188</sup> Trippett, *Sensations*, 2014, S. 129–130; und Steege, Helmholtz, 2012, S. 193–195.

<sup>189</sup> Kursell, *Epistemologie*, 2018, S. 25 und 257–301.

<sup>190</sup> Ebd., S. 135.

<sup>191</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 361–362.

lichen Ausprägungen. Bei den Stimmungen bezieht er allerdings eine klare Position. Er bevorzugte die reine Stimmung eben aufgrund ihrer akustischen Vorteilhaftigkeit, oder – in seinen Begriffen – der bei ihr gegebenen Minimierung von »Störungen«.

Diese »Störungen« sind für Helmholtz so zentral, dass er ihnen die zweite »Abtheilung der Tonempfindungen« widmet. In ihnen liegt der argumentative Schlüssel, wie aus den physikalischen Überlagerungserscheinungen wie Schwebungen und Kombinations-tönen Beurteilungskategorien der Klangempfindung gewonnen werden. Helmholtz erprobt diese Sichtweise zunächst an einfachen, aus jedem Kontext gelösten Intervallen und erweitert sie schließlich auf Akkorde. Damit bildet er das Scharnier zu einer eigentlichen Musiklehre, die die Regeln für die Lagen und Fortschreitungen der Akkorde anhand ihres Wohlklangs aufstellt.<sup>192</sup> Hier scheint es tatsächlich bisweilen, als ob Helmholtz in die Falle ginge, die Eigenschaften einer »physiologisch-richtigen« Musik zu entwerfen, von der er sich an anderer Stelle distanziert.

In der »Lehre von den Tonempfindungen« machte Helmholtz deutlich, dass die wissenschaftlichen Instrumente der Akustik nicht nur den Wenigen vorbehalten sein sollten, die auf diesem Gebiet forschten. Ihm ging es um eine Verbreitung von akustisch-musikalischer Bildung. Dies schlug sich zum einen in der universitären Lehre aller Disziplinen nieder, die sich mit Schall, Klang und dem Hören beschäftigen. Akustik-Apparate finden sich heute noch in Universitäts-sammlungen der Physik, Physiologie, Psychologie, Phonetik und Musikwissenschaft.<sup>193</sup> Andererseits sollten auch Laien zuhause sich auf einmal wissenschaftliche Methoden zu eigen machen können.<sup>194</sup> Dies gelang nicht immer problemlos. Geräte wie die Doppelsirene, aber auch hochwertige Stimmgabeln waren recht teuer.<sup>195</sup> Um diesem Einwand zu begegnen hatte Helmholtz betont, dass man sich »mit Hilfe der gewöhnlichsten musikalischen Instrumente« zumindest mit den wichtigsten Phänomenen vertraut machen könne.<sup>196</sup> Trotzdem war die Anwendbarkeit des neuen Wissens auf die Musik nicht immer offensichtlich. Was die Musiktheorie betrifft, fielen die Urteile über die »Tonempfindungen« daher unterschiedlich aus.<sup>197</sup>

Im Instrumentenbau gibt es weniger schriftliche Reaktionen, sodass der Einfluss indirekt über die Instrumente erschlossen werden muss. Auf Steinway & Sons wird noch ausführlicher zurückzukommen sein. Unter Helmholtz' Schülern taten sich mehrere mit musikalischen Erfindungen hervor. Paul von Jankó (1856–1919) beispielsweise hatte in Wien sowohl ein technisches als auch ein musikalisches Studium absolviert, bevor er zum weiteren Mathematikstudium nach Berlin wechselte, wo er auch Unterricht bei Helmholtz erhielt. Seine Reformklaviatur soll durch die dortigen Studien angeregt worden sein.<sup>198</sup> Richard Eisenmann, ein weiterer Schüler von Helmholtz, nutzte die neu-

<sup>192</sup> Ebd., S. 320–340.

<sup>193</sup> Eine übergreifende Bestandsaufnahme dieser Sammeltätigkeiten ist ein Desiderat.

<sup>194</sup> Rieger, *Helmholtz Musicus*, 2006, S. 97–109.

<sup>195</sup> Ebd., S. 26, 29.

<sup>196</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 9.

<sup>197</sup> Rigaudière, *L'acoustique*, 2018, S. 106–116. Vgl. auch Hiebert, *Helmholtz Legacy*, 2014, S. 52–57.

<sup>198</sup> Dolge, *Pianos*, 1911, S. 83.

artige Tonerregung mittels Elektromagneten für sein »elektrophonisches Klavier«.<sup>199</sup> Der Klangsyntheseapparat inspirierte ihn dazu, die dauerhafte Schwingung der Stimmgabeln auf ein gewöhnliches Klavier zu übertragen. Jeder Saitenchor wurde mit einem eigenen Stimmgabelunterbrecher versehen, der den Wechselstrom erzeugte, um die Saiten in Schwingung zu halten.<sup>200</sup>

Auf Helmholtz' Reise nach Paris 1865 stellte der Harmoniumbauer Victor Mustel (1815–1890) ihm ein »Stimmgabelclavier mit aushaltenden Tönen« vor, das Helmholtz klanglich nicht überzeugte. Dafür fanden Mustels neue Konstruktionen am Harmonium bei ihm Beifall. Anwesend war auch Aristide Cavaillé-Coll, der Helmholtz seine Orgel in St. Sulpice vorführte, die damals größte in Europa.<sup>201</sup> Nach einem weiteren Aufenthalt in Paris ein halbes Jahr später berichtete Helmholtz gegenüber Ernst Mach (1838–1916):

Ich war in den Osterferien in Paris, und hatte die Freude dort zu finden, daß eine Reihe von Leuten, theils Musikfreunde, theils Instrumentenmacher, namentlich der große Orgelbauer Cavallié Còl [sic], und der jetzige Vorsteher der Pleyelschen Pianoforte fabrik sich sehr tief hineinstudirt hatten in meine Theorie. In Frankreich ist die mathematisch physikalische Bildung weiter verbreitet, als es leider in Deutschland der Fall ist, und gleichzeitig viel Kenntniß der Musik.<sup>202</sup>

Bei den beiden erwähnten Instrumentenbauern handelt es sich wieder um Aristide Cavaillé-Coll und Auguste Wolff (1821–1887), den Schwiegersohn des Pianisten und Klavierbauers Camille Pleyel (1788–1855). Dies lässt Oscar Pauls Aussage, wonach Helmholtz' Ergebnisse bei der Pariser Weltausstellung 1867 bereits Anwendung gefunden hätten, in neuem Licht erscheinen. Dass die »Tonempfindungen« also schon vor der französischen Übersetzung im Ausland rezipiert wurden, unterstreicht deren Bedeutung. Der schon genannte Auguste Wolff hat gar bei der 1868 erschienenen Übersetzung mitgewirkt.<sup>203</sup>

Die englische Übersetzung erschien erst 1875, obwohl ihre Vorgeschichte viel weiter zurückreicht. Alexander Ellis erfuhr von den »Tonempfindungen« unmittelbar nach deren Erscheinen durch eine Vorlesung des Philologen Friedrich Max Müller.<sup>204</sup> Über Müller ließ Ellis gleich bei Helmholtz anfragen, ob er eine Übersetzung der »Tonempfindungen« vornehmen dürfe.<sup>205</sup> Im Frühjahr 1864 kam es zu einem persönlichen Treffen in London. Helmholtz sprach von Ellis in einem Brief schon als »der beabsichtigte Über-

<sup>199</sup> Ich danke Silke Berdux für den Hinweis auf Eisenmann und sein Verhältnis zu Helmholtz.

<sup>200</sup> Donhauser, Klangmaschinen, 2007, S. 18–19.; Buß, Musik, 1892.

<sup>201</sup> Koenigsberger, Helmholtz, 1902/1903, Bd. 2, S. 73–74. Mustel ist bekannt für die Erfindung des Kunstharmoniums und der Celesta. Es sind Stimmgabeln mit Cavaillé-Colls Signatur erhalten, vgl. Turner, Instruments, 1983, S. 142.

<sup>202</sup> Deutsches Museum Archiv, Nachlass Ernst Mach, NL 174/1455, <https://digital.deutsches-museum.de/item/NL-174-1455/#0001> (18.02.2025).

<sup>203</sup> Helmholtz/Guéroult/Wolff, *Théorie*, 1868. Die Hauptarbeit der Übersetzung übernahm Georges Guérout, ein »ancien élève de l'école polytechnique«, über den sonst aber sehr wenig bekannt ist.

<sup>204</sup> Steege, Helmholtz, 2012, S. 193.

<sup>205</sup> Hörz, Brückenschlag, 1997, S. 389. Der Brief ist auf den 19.03.1863 datiert.

setzer«. <sup>206</sup> Bis zur Vollendung des Vorhabens sollte es trotzdem noch elf weitere Jahre dauern. Neben der eigentlichen Übersetzung fügte Ellis einen reichhaltigen Anhang sowie viele Kommentare als Fußnoten hinzu. Da Helmholtz wiederholt Vorträge in Großbritannien hielt und mit berühmten Kollegen wie John Tyndall und William Thomson (1824–1907, bekannt als »Lord Kelvin «) in Austausch stand, dürften seine Forschungen dort bereits eine gewisse Bekanntheit erreicht haben – anders in den USA, wo vor 1875 keine erkennbare Rezeption stattfand. Einzelne amerikanische Wissenschaftsinstitutionen wie das MIT hatten jedoch zumindest von Rudolph Koenig die von Helmholtz erfundenen Apparate bestellt. <sup>207</sup>

Es ist daher möglicherweise kein Zufall, dass die Erfindung mehrerer bedeutender Klangtechnologien in großer zeitlicher Nähe zum Erscheinen der englischen Übersetzung der »Tonempfindungen« erfolgte: 1876 brachte Alexander Graham Bell sein Telefon auf den Markt. Thomas Alva Edison arbeitete 1876 und 1877 an Stimmgabeltelegraphen, Phonographen und Verbesserungen des Telefons. <sup>208</sup> Zu dieser Häufung trug wohl auch die Centennial Exhibition in Philadelphia bei, die die Innovationsdichte mehr als sonst gesteigert haben dürfte. Jedenfalls haben sowohl Edison als auch Bell für ihre Erfindungen nachweislich die »Tonempfindungen« rezipiert. <sup>209</sup>

Die Hintergründe zu Bell sind besonders interessant. Sein Vater war ein Pionier in der Phonetik und entwickelte ein »Visible Speech« genanntes Schriftsystem, das gehörlosen Menschen Informationen über die Artikulation von Lauten anzeigt. <sup>210</sup> Im Alter von 16 Jahren gab Bell bereits selbst Musik- und Sprechunterricht an einem Internat. <sup>211</sup> Zwei Jahre später begann er Experimente, wie verschiedene Zungenpositionen die Stärke der Resonanz von Stimmgabeln vor dem geöffneten Mund beeinflussen. Bell kontaktierte Alexander Ellis, der ihn auf die sehr ähnlichen Studien von Helmholtz hinwies und ihm ein Exemplar der »Tonempfindungen« zukommen ließ. <sup>212</sup> Bell interessierte sich sehr für den Klangsyntheseapparat, aber da das Buch zu diesem Zeitpunkt nur auf Deutsch verfügbar war, musste er versuchen, den Text selbst zu interpretieren. Dadurch kam es zu dem Missverständnis, dass es Helmholtz gelungen sei, die künstlich erzeugten Vokalklänge über Telegrafendraht zu übertragen. <sup>213</sup> Bell gab später an, dass er ohne diese Annahme seine weiteren, schließlich in der Erfindung des Telefons resultierenden Experimente gar nicht erst begonnen hätte. <sup>214</sup>

<sup>206</sup> Siemens-Helmholtz, Helmholtz, 1929, S. 121.

<sup>207</sup> Pantalony, *Sensations*, 2009, S. 75–76.

<sup>208</sup> Israel, Edison, 1998, S. 126–146.

<sup>209</sup> Ebd., S. 110 und 130–131.

<sup>210</sup> Ebd., S. 40–42.

<sup>211</sup> Ebd., S. 45–46.

<sup>212</sup> Ebd., S. 46.

<sup>213</sup> Ebd., S. 46–47.

<sup>214</sup> Ebd., S. 48.

### Die Untersuchung der Klangfarben von Musikinstrumenten

In seinen frühen Akustik-Publikationen hatte Helmholtz nur einzelne, theoretische Aspekte zu Instrumenten bearbeitet. Er hatte zwar versucht, die charakteristischen Obertöne der Vokale zu identifizieren, aber nicht die der verschiedenen Musikinstrumente. Dies holte er in den »Tonempfindungen« auf eine systematische Weise nach. Aus Sicht der Musikwissenschaft ist die dritte Abteilung über Skalen und Tonalität wohl die interessanteste, weil sie Bezüge zwischen Physiologie und Musikgeschichte herstellt. Die Klangfarbe tritt hier aber wieder in den Hintergrund, weil sie sich aus der Notation nicht erschließen lässt.

Die Klanganalyse von Musikinstrumenten war nun dank der Resonatoren erstmals im Detail möglich. Außerdem wollte Helmholtz den Zusammenhang zwischen der Klangfarbe und der Schwingungsform einer Schallwelle festigen. Da schon bekannt war, dass die Amplitude einer Schallwelle die Lautstärke bestimmt und die Periodendauer die Frequenz, blieb nach dem Ausschlussprinzip nur die Wellenform als Anzeiger der Klangfarbe.<sup>215</sup> Eine solche Herleitung ex negativo schien unzureichend. Tatsächlich kam Helmholtz zu dem Ergebnis, dass Phasenunterschiede die Schwingungsform verändern, aber keinen Einfluss auf die Klangfarbe haben. Somit kann eine Klangfarbe durch mehrere Schallkurven repräsentiert werden.<sup>216</sup> Möglicherweise erklären solche Fallstricke optischer Methoden Helmholtz' generelle Zurückhaltung bei ihrer Nutzung.

Zwar bot die Fourier-Analyse einen neuartigen analytischen Zugang zur Klangfarbe, doch kann mit ihrer Hilfe ausschließlich periodisch ablaufender Schall erfasst werden. Daher beschränkte sich Helmholtz in den »Tonempfindungen« nur auf diesen Ausschnitt des gesamten klanglichen Geschehens. Ihm war aber bewusst, dass Geräuschanteile sowie der Einschwing- und Ausklingvorgang einen großen Einfluss auf den Klangeindruck haben.<sup>217</sup> Die mit dieser Einschränkung analysierbaren Klänge lassen sich in drei Gruppen unterteilen: Solche ohne Obertöne, mit unharmonischen und schließlich mit harmonischen Obertönen. Letztere, die »eigentlich musikalischen Klänge«, nehmen bei Helmholtz den größten Raum ein.<sup>218</sup> Die Motivation, einzelne Instrumente überhaupt so genau in den Blick zu nehmen, liegt in der Möglichkeit, Regeln über die Auswirkungen eines bestimmten Obertongehalts auf die Klangfarbe aufzustellen. Mit ihrer Hilfe kann bei der sprachlichen Beschreibung von Klängen der Aussagegehalt von Adjektiven wie leer, spitz, klimpernd oder dumpf konkretisiert werden.<sup>219</sup> »Die Eigenthümlichkeit des Klanges nämlich, welche wir mit dem Namen der Leerheit belegen, entsteht, wenn die Obertöne verhältnissmässig zu stark gegen den Grundton sind.«<sup>220</sup>

<sup>215</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 113.

<sup>216</sup> Ebd., S. 195–196.

<sup>217</sup> Ebd., S. 116–118.

<sup>218</sup> Ebd., S. 127.

<sup>219</sup> Ebd., S. 118–119.

<sup>220</sup> Ebd., S. 130.

Saiten erhalten bei Helmholtz einen besonderen Status dadurch, dass sie selbst »als klanganalysierende Mittel« dienen.<sup>221</sup> Sie haben die besondere Fähigkeit, die Gleichzeitigkeit mehrerer Teilschwingungen anschaulich zu machen, und durch einfache Manipulation Änderungen der Klangfarbe zu erzeugen. Durch das Aufsetzen der altbekannten Papierreiterchen auf bestimmte Punkte der Saite kann man die Lage von Schwingungsbäuchen und -knoten optisch feststellen.<sup>222</sup> Durch Anzupfen an den entsprechenden Stellen kann leicht untersucht werden, welche Obertöne unterdrückt oder gefördert werden. Helmholtz umreißt in seinem Abschnitt »Klänge der Saiten« zentrale Faktoren bei der Klanggestaltung von Saiteninstrumenten, um ihren Effekt auf die Klangfarbe zu demonstrieren.<sup>223</sup> Dabei gilt es weit mehr zu berücksichtigen als nur die Saiten selbst. Die Tonqualität eines Instruments wird durch einen Ausgleich zwischen Elastizität und Steifigkeit des schwingenden Systems bestimmt.<sup>224</sup> Elastizität bedeutet effektive Schwingungsübertragung, aber auch schnellen Energieverlust und einen kurzen Ton. Bei größerer Steifigkeit wird die Energie langsamer abgegeben. Der resultierende Ton hält damit länger an, ist aber schwächer. Die Wahl der Besaitung muss diesen Eigenschaften angepasst werden.

Was die Klänge der Streichinstrumente betrifft, so greift Helmholtz hierfür hauptsächlich auf seinen Artikel von 1860 zurück, in dem er mit dem Vibrationsmikroskop die Bewegung der gestrichenen Saite ermittelt hatte. Neu hinzu kommt eine Beschreibung ihrer Klangfarbe. Deren charakteristische Merkmale seien bei Streichinstrumenten die Stärke des Grundtons und der Obertöne sechs bis zehn, während die niedrigeren Obertöne schwächer erklingen.<sup>225</sup> Natürlich wirkt sich auch die Stelle, an der der Bogen die Saite anstreicht, auf das klangliche Resultat aus. Ein weiterer für die Klangfarbe relevanter Faktor sind die Eigenfrequenzen des Korpus, die Helmholtz ermittelte, indem er den Boden einer Geige an ein Ohr hielt und verschiedene Töne am Klavier spielte, von denen wenige eine starke Resonanz im Geigenkorpus hervorrufen. Auch das Anblasen der Kanten der Schalllöcher könne diese Eigentöne hervorbringen.<sup>226</sup> Bei der Geige machte Helmholtz den Hauptton bei  $c^1$  und einen schwächeren Ton bei  $a^1$  aus. Er vermutete eine Absicht hinter der Wahl dieses  $c^1$ , also der Quarte über der tiefsten leeren Saite. So sollten im unteren Bereich des Tonumfangs die Obertöne und im oberen, dem Diskant, die Grundtöne etwas begünstigt werden. Ein ähnlicher Ausgleich werde am Klavier mit der unterschiedlichen Beschaffenheit der Hammerköpfe bewirkt.<sup>227</sup> Anhand der verschiedenen Typen von Orgelpfeifen stellte Helmholtz eine Verbindung ihrer Form und Weite mit ihren entsprechenden Klangfarben her.<sup>228</sup> Bei Blasinstrumenten gebe es eine

<sup>221</sup> Pisko, *Apparate*, 1865, S. 13.

<sup>222</sup> Diese Methode ist schon mindestens seit dem 17. Jahrhundert bekannt, vgl. Ullmann, *Chladni*, 1996, S. 2.

<sup>223</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 127–137.

<sup>224</sup> Ebd., S. 115.

<sup>225</sup> Ebd., S. 143–144.

<sup>226</sup> Ebd., S. 146–148.

<sup>227</sup> Ebd., S. 148.

<sup>228</sup> Ebd., S. 150–153.

große Bandbreite an erzielten Klangfarben. Flötenklänge seien arm an Obertönen, während Klarinetten sich durch starke ungeradzahlige Obertöne auszeichneten, Fagott und Oboe dagegen durch dominante höhere Obertöne.<sup>229</sup>

In seiner eigenen Zusammenfassung der naturwissenschaftlich ausgerichteten ersten beiden Abteilungen der »Tonempfindungen« fällt Helmholtz das generalisierende Urteil, »dass bei den besseren musikalischen Klangfarben die hohen Partialtöne etwa vom siebenten ab schwach sein müssen, weil sonst die Klangfarbe und namentlich jeder Zusammenklang zu scharf wird.«<sup>230</sup> Zu den Instrumenten, die diese Bedingung nicht erfüllen, zählen viele Blechblas- und Streichinstrumente. Letztere haben den Vorteil intonatorischer Freiheit und können so Reibungen beim Zusammenspiel abmildern. Trotzdem zeigt dieses Beispiel wieder, dass die Minderung von »Störungen« nicht das alleinige Kriterium für musikalische Entscheidungen sein kann.

Durch eine Namensverwechslung wurde lange fälschlicherweise angenommen, Helmholtz habe eine große Musikinstrumentensammlung besessen, die in die Sammlung Neupert und schließlich in das Germanische Nationalmuseum übergegangen sei.<sup>231</sup> Jedoch handelt es sich bei dem Sammler um den Klavierbauer Friedrich Helmholtz (1821–1890), zu dem keine Verwandtschaft bestand und dessen Nachname sich auch ohne »t« schreibt. Zufällig ist sein Geburtsjahr ebenfalls 1821, wie das von Hermann von Helmholtz.<sup>232</sup>

### Das Klavier in der »Lehre von den Tonempfindungen«

Die Eigenschaften und die Anregungsweise der Saiten selbst beeinflussen den Ton entscheidend. Dies betrifft sowohl das Material, die Dicke und Spannung der Saite, als auch die Anschlagsart und -stelle.<sup>233</sup> Daneben sind auch die Härte des Gegenstands, der mit der Saite in Berührung tritt, und die Dauer des Kontakts von Bedeutung. Klavierhammerköpfe bestehen aus vielen Schichten von gepresstem Filz, von denen die äußeren relativ weich sind während der Kern härter ist. Der Aufbau jedes Hammerkopfs ist über den Tonumfang hinweg auf die Eigenschaften der Saiten abgestimmt. So fallen die Hammerköpfe bei den umspannenen Basssaiten schwerer und die Filzschichten dicker aus, wodurch sie länger mit der Saite in Kontakt bleiben. Helmholtz vermutete, dass die Feinheiten dieser Abstimmung nur auf Erfahrungswerten und nicht auf Berechnungen beruhen.<sup>234</sup> Über die Auswirkungen der Kontaktdauer formuliert er selbst eine Regel:

<sup>229</sup> Ebd., S. 180–181.

<sup>230</sup> Ebd., S. 341.

<sup>231</sup> Good, Giraffes, 1982, S. 233.

<sup>232</sup> Diese Korrektur teilte mir Wolf-Dieter Neupert im Mai 2017 mit.

<sup>233</sup> Helmholtz, Lehre, 1863, S. 128.

<sup>234</sup> Ebd., S. 130.

Die Theorie ergibt, dass diejenigen Obertöne beim Anschlage besonders begünstigt werden, deren halbe Schwingungsdauer nahe gleich ist der Zeit, während welcher der Hammer anliegt, dass dagegen diejenigen verschwinden, deren halbe Schwingungsdauer 3, 5, 7 etc. Mal so gross ist.<sup>235</sup>

Es wirkt tatsächlich unwahrscheinlich, dass historische Instrumentenbauer solche Feinheiten sprachlich ausgedrückt hätten. Dies war auch nicht nötig, wenn ihr Gehör den Weg zum erwünschten Ergebnis leiten konnte. Nicht nur die Dauer, sondern auch die Stelle, an welcher eine Saite gezupft oder angeschlagen wird, verstärkt oder mindert bestimmte Obertöne. Auf der Suche nach einer Regelmäßigkeit dieses Punktes am Klavier fand Helmholtz, dass die Saiten abgesehen vom Diskant zwischen  $\frac{1}{7}$  und  $\frac{1}{9}$  der klingenden Länge angeschlagen werden. Er schloss daraus, dass der siebte und neunte Teilton bewusst unterdrückt werden sollten, weil beide zum Grundton dissonant sind.<sup>236</sup>

Den Klavierklang charakterisieren die ersten sechs Teiltöne. Davon sei der erste bis dritte stark, der fünfte und sechste etwas weniger ausgeprägt.<sup>237</sup> Helmholtz bleibt nicht bei einer reinen Beschreibung der Klangfarbe, sondern überlegt, welchem Zweck ihre Eigenschaften dienen: Weil am Klavier die Teiltöne vier bis sechs, die »zur Begrenzung der Terz dienen«, schwach ausfielen, vermieden sie Reibungen zu den Terzen der gleichstufigen Stimmung.<sup>238</sup> Durch die Wahl der Anschlagsstellen würden die Teiltöne sieben bis neun geschwächt und alle darüberliegenden seien kaum mehr hörbar und fielen somit ohnehin nicht mehr ins Gewicht. Zu diesem Grundmodell ergäben sich über den Tonumfang hinweg gewisse Unterschiede. Weil die Basstöne besonders obertonreich seien, träten dort auch Dissonanzen eigentlich stärker hervor. Durch die perkussive Art des Anschlags verliere ein Klavierton aber schnell an Energie, sodass auch die Schwebungen sich nicht zu deutlich bemerkbar machen könnten.<sup>240</sup> Das Klavier mildere die Spürbarkeit von Dissonanzen also mehr ab als andere Instrumente. Die Diskanttöne im oberen Bereich des Tonumfangs würden grundtönig gehalten, weil sie in Kompositionen oft mit deutlich tieferen Tönen kombiniert würden. Dabei sollte vermieden werden, dass ihre Obertöne zueinander verstimmt in Erscheinung treten.<sup>241</sup> Wegen der Kürze und Steifigkeit der Diskantsaiten sei die Bildung von Obertönen ohnehin erschwert. Die Grundtönigkeit als Ziel der Klanggestaltung steht im Konflikt zu einer anderen Aussage von Helmholtz, wonach im Diskant näher bei den Agraften angeschlagen werde, um überhaupt ausreichend Obertöne zu erzeugen. Er benennt dies als Praxis »manche[r] Instrumentenmacher«, was den Widerspruch auflöst.<sup>242</sup> Beide Argumente sind logisch und so

<sup>235</sup> Ebd., S. 131.

<sup>236</sup> Ebd., S. 132.

<sup>237</sup> Ebd., S. 134.

<sup>238</sup> Ebd., S. 315.

<sup>239</sup> Ebd., S. 134.

<sup>240</sup> Ebd., S. 315–316.

<sup>241</sup> Ebd., S. 316–317.

<sup>242</sup> Ebd., S. 133.



wird es zu einer Geschmackssache, welche Überlegung den Vorzug erhält. Jedenfalls wird klar, dass im Diskant andere Kriterien wichtig sind als in Bass und Mittellage.

Helmholtz versucht schließlich, das komplexe Zusammenwirken der an der Klangfarbe beteiligten Faktoren zu veranschaulichen. In einer Tabelle gibt er die relative Teiltonstärke bei verschiedenen Anregungsarten einer Saite detailliert an (Abb. 11).<sup>243</sup> Berücksichtigt werden die Anschlagsstelle, die Dauer des Hammerkontakts und die Härte des Hammers. In einem Szenario wird die Saite zum Vergleich nicht angeschlagen, sondern gezupft. Es handelt sich bei den angegebenen Werten allerdings ausschließlich um Berechnungen dieser Vorgänge, weshalb die Tabelle mit »theoretische Intensität der Partialtöne« überschrieben ist. Die Stärke der Teiltöne realer Klänge konnte durch Messung schlicht noch nicht ermittelt werden. Helmholtz griff daher auf seine Formeln zur Saitenschwingung zurück, die er im Anhang der »Tonempfindungen« aufführt.<sup>244</sup> Auf ihrer Grundlage kann die Dauer des Hammerkontakts und die Teiltonintensität sehr fein abgestuft berechnet werden. In den Spalten werden jeweils die Werte zur Teiltonstärke angegeben, wenn die Saite gezupft oder mit einem Hammer angeschlagen wird, wobei die Dauer des Kontakts mit der Saite mehrfach variiert wird; Schließlich werden noch die Auswirkungen von einem sehr harten Hammer aufgezeigt. Die angenommene Anschlagsstelle bleibt jeweils konstant bei  $\frac{1}{7}$  der klingenden Länge.

Die in der Tabelle angegebenen Zahlenwerte können in einem Diagramm visuell anschaulicher gemacht werden (Abb. 12).<sup>245</sup> Nur beim Zupfen ist der Grundton stärker als die Obertöne und auch nur beim Zupfen ergibt sich ein gleichmäßiger Abfall der folgenden Teiltöne. Je härter der Hammer, desto stärker fallen bestimmte Teiltöne im Vergleich zum Grundton aus. Die Beschränkung auf sieben Teiltöne bringt es aber mit sich, dass die zuvor beschriebene Stärke hoher Obertöne bei härteren Hämmern nicht erkennbar wird.<sup>246</sup> Weil die Anschlagsstelle der Saite in allen Fällen bei  $\frac{1}{7}$  ihrer klingenden Länge liegt, wird angenommen, dass der 7. Teilton komplett entfällt. Dieser Gedankengang erscheint logisch, erweist sich bei Messungen aber als nicht ganz zutreffend.<sup>247</sup> Tatsächlich wird bei Klavieren klar vermieden, die Anschlagsstelle genau auf einen Kontaktpunkt zu legen.<sup>248</sup> Diese Tabelle regt dazu an, über Instrumentalklänge auf eine ganz

<sup>243</sup> Weil manche der Zahlen im Scan der ersten Auflage schlecht erkennbar sind, wurde hier auf die identische Tabelle in der klarer gedruckten 2. Auflage zurückgegriffen.

<sup>244</sup> Ebd., S. 570–575.

<sup>245</sup> Eigentlich wäre es naheliegender, die Teiltöne mit horizontalen Balken darzustellen, weil dieser Aufbau stärker einem Spektrogramm ähnelt. Dann würde aber die vertikale Verbindung zu den Spalten der Tabelle verloren.

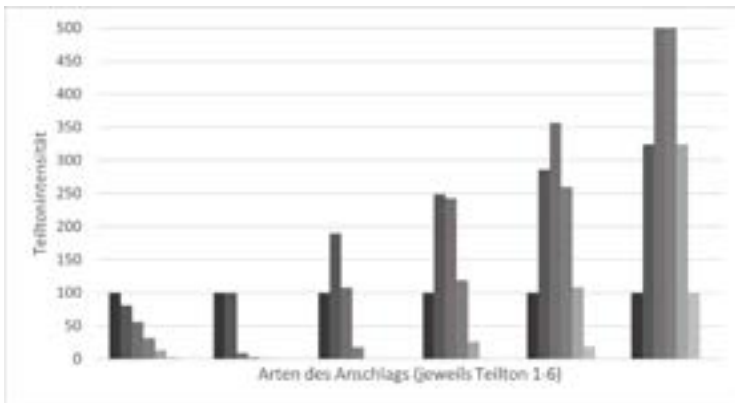
<sup>246</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 130.

<sup>247</sup> Conklin, *Design Factors*, 1990, hier S. 24–25. Fig. 13 zeigt ein Spektrum mit einer Anschlagsstelle bei  $\frac{1}{7}$ . Der 7. Teilton ist sehr schwach, aber nicht 0. Fig. 12 verdeutlicht, dass die Amplitude des 7. Teiltons am geringsten ausfällt, wenn der Anschlagspunkt nicht genau bei  $\frac{1}{7}$ , sondern etwas danebenliegt.

<sup>248</sup> Winter, *Striking*, 1988, S. 278–288, führt zahlreiche Messungen an Klavieren auf. Über den Tonumfang hinweg bewegen sich die Werte viel eher in Kurven auf und ab, als an einer Stelle zu verharren. Eine interessante Ausnahme bildet ein Broadwood-Flügel von 1807, bei dem etwa  $\frac{2}{3}$  der Werte entweder sehr nah bei  $\frac{1}{9}$  oder  $\frac{1}{10}$  liegen, vgl. ebd., S. 283. Auch Paul, *Geschichte*, 1868, S. 40, bemerkt eine Abweichung der Klavierbaupraxis von Helmholtz' Beobachtungen.

Anschlag in $\frac{1}{2}$ der Saitenlänge						
Ordnungs- zahl des Partial- tons	Anschlag durch Reissen	Anschlag durch den Hammer, dessen Berührung dauert				Anschlag mit einem ganz harten Hammer
		$\frac{1}{11}$ von der Schwingungsdauer des Grundtons $c''$	$\frac{1}{10}$ $g'$	$\frac{1}{11}$ $C_t - c'$	$\frac{1}{9}$	
1	100	100	100	100	100	100
2	81,2	99,7	120,4	249	285,7	321,7
3	56,1	8,9	16,9	242,9	357,9	501,9
4	31,6	2,3	17,3	116,9	239,6	501,9
5	13,9	1,2	0,9	26,1	108,4	321,7
6	2,8	0,01	0,5	1,3	18,8	10,9
7	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

**Abb. 11** Helmholtz' Tabelle »Theoretische Intensität der Partialtöne« zur Teiltonstärke bei verschiedenen Arten des Anschlags.



**Abb. 12** Eigene grafische Umsetzung der Tabelle in derselben Reihenfolge (von links: Reissen bis rechts: ganz harter Hammer).

neuartige, analytische Weise zu denken. Obwohl Helmholtz hier erstmals Teiltonstärken im Verhältnis zueinander quantifiziert und damit die Klanganalyse durch Spektrogramme vorwegnimmt, hat diese Schlüsselstelle in der Sekundärliteratur kaum Aufmerksamkeit erhalten.<sup>249</sup>

<sup>249</sup> Der einzige Artikel, in dem die Tabelle explizit besprochen wird, ist Hiebert, Acoustics, 2003, S. 427–432.

Vieles wussten Instrumentenbauer zwar aus ihrer Erfahrung, was Helmholtz auch mehrfach betont. Trotzdem sollte die Neuheit mancher Informationen, die aus heutiger Sicht allseits bekannt erscheinen, nicht unterschätzt werden. Laut Oscar Paul habe man vor Helmholtz beispielsweise den Zusammenhang nicht gekannt, dass Teiltöne dann wegfallen, wenn die Anschlagsstelle mit ihrem Knotenpunkt zusammenfällt.<sup>250</sup> Eben weil körperliches Erfahrungswissen selten in Worte gefasst wird, hatten viele Instrumentenbauer vielleicht noch nicht auf dieselbe Weise über Klangfarbe nachgedacht. Helmholtz war schließlich der erste, der die Klangfarben von Musikinstrumenten überhaupt systematisch untersuchte. Das entsprechende Kapitel der »Tonempfindungen« wird 1894 in einem Nachruf auf Helmholtz in der »Zeitschrift für Instrumentenbau« besonders hervorgehoben, denn es

enthält wahre Perlen für den denkenden Instrumentenbauer. Vieles, was durch die praktische Erfahrung bereits als richtig sich ergeben hatte, ist durch Helmholtz physikalisch begründet und somit gefestigt worden; aber auch für manche noch zweifelhafte Probleme und Versuche zur Verbesserung des Klanges der Musikinstrumente zeigen die Helmholtz'schen Untersuchungen den richtigen Weg an. Die praktischen Pianofortebauer haben bereits vielfach aus jenen Untersuchungen werthvollen Nutzen gezogen.<sup>251</sup>

Es folgen dann zwei konkrete Beispiele solcher Konstruktionen, die beide die Resonanz von mitklingenden Oktavsaiten für die Obertonbereicherung nutzen. Die bekanntere ist die Aliquot-Besaitung von Blüthner. Obwohl der Einsatz von Resonanzsaiten keineswegs eine neue Idee war, sind sie doch zuvor kaum je bei Tasteninstrumenten verwendet worden.<sup>252</sup> Um 1860 war der Zenit ihrer Beliebtheit zudem lang überschritten. Das illustriert, wie erst durch eine wissenschaftliche Erklärung als Anstoß von außen ein Gedanke angeregt wird, der eigentlich in der Geschichte vorgebildet und technisch jederzeit umsetzbar gewesen wäre.

Das Zusammenwirken der Bauteile eines Klaviers ist sehr komplex und bis heute nicht vollständig theoretisch erfassbar. Noch 1990 schrieb der Akustikforscher Anders Askenfelt, dass es noch mehrere Jahrzehnte dauern werde, die physikalischen Vorgänge in einem Klavier zu verstehen.<sup>253</sup> Und selbst wenn dies erreicht sei, bleibe das Verhältnis zwischen Schallgeschehen und menschlicher Wahrnehmung vielschichtig. Askenfelt sieht in Helmholtz' Experimenten den Startpunkt einer wissenschaftlichen Untersuchung des Klaviers.<sup>254</sup> Insofern ist sein Beitrag für die akustische Forschung an Musikinstrumenten nicht zu unterschätzen.

<sup>250</sup> Paul, *Geschichte*, 1868, S. 39–40.

<sup>251</sup> Hiller, Helmholtz, 1894, S. 1–3.

<sup>252</sup> Für einen Überblick über die Geschichte von Resonanzsaiten siehe Küllmer, *Saiten*, 1986.

<sup>253</sup> Askenfelt, *Lectures*, 1990, S. 9–10.

<sup>254</sup> Ebd., S. 9.

Musikinstrumente sind für Helmholtz aber auch hörphysiologische Quellen. Ebenso wie er anhand der Kompositionsgeschichte zu rekonstruieren versucht, warum sich bestimmte Regeln der Kombination von Klängen ausbilden und ändern, interessiert ihn an Musikinstrumenten, welche Klangfarben Menschen beim Bau und Spiel bevorzugen, wenn sie sie bis zu einem gewissen Grad frei gestalten können. Da die vokale oder instrumentale Klangfarbe ein wesentlicher Bestandteil von Musik ist, der von der Notation aber nicht erfasst wird, gilt es, diese Lücke anderweitig zu füllen:

In dieser Beziehung ist die Zusammensetzung des Klanges der Claviersaiten von grossem Interesse für die ganze Theorie der Musik. Bei keinem anderen Instrumente ist eine so breite Veränderlichkeit der Klangfarbe vorhanden, wie hier; bei keinem anderen kann deshalb das musikalische Ohr sich so frei die seinen Bedürfnissen entsprechende auswählen.<sup>255</sup>

Besaitete Tasteninstrumente hatten spätestens seit dem 16. Jahrhundert einen herausragenden Stellenwert in der europäischen Musikgeschichte. Während ihrer Herstellung sind wichtige Faktoren wie die Beschaffenheit des Hammers und die Anschlagsstelle noch stark beeinflussbar. Im fertigen Zustand sind diese aber festgelegt und daher zuverlässig untersuchbar. Insofern können Tasteninstrumente als Speichermedien für Klangideale betrachtet werden.

Das Klavier und das Harmonium haben für Helmholtz sehr unterschiedliche spezifische Bedeutungen, die Julia Kursell herausarbeitet.<sup>256</sup> Helmholtz begreift das Klavier als dasjenige Instrument, das mit seiner Klangerzeugung den Anforderungen zeitgenössischer moderner Musik am besten entgegenkommt. Zugleich konnte sich durch das Klavier auch die gleichstufige Stimmung verbreiten.<sup>257</sup> Durch den perkussiven Anschlag und schnelles Verklingen machten sich Dissonanzen weniger bemerkbar als beispielsweise bei den ausgehaltenen Tönen der Orgel. Somit könnten beim Klavier Klangfolgen gewählt werden, die auf anderen Instrumenten unangenehm wirken würden.<sup>258</sup> Laut Kursell beeinflusst das Klavier auch, wie Menschen Musik hören und lernen, denn es »dient als Veranschaulichung des Tonsystems. Dieses Tonsystem wird dadurch aber auch mit der Materialität des Klaviers verknüpft.«<sup>259</sup> Damit könnten aber historische und außereuropäische Musik nicht mehr als eigenständige Systeme untersucht werden, sondern würden immer durch die Brille eines modernen westlichen Tonwerkzeugs gesehen.

Den Gegenpol zum Klavier bildet für Kursell die Physharmonika, die Helmholtz mit annähernd reiner Stimmung versah. Durch ihre scharfe Klangfarbe bringt sie Kombina-

<sup>255</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 134.

<sup>256</sup> Kursell, *Epistemologie*, 2018, S. 62–68 und S. 294–301.

<sup>257</sup> Hiebert, *Helmholtz Legacy*, 2014, S. 65–66.

<sup>258</sup> Ebd., S. 64; Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 315–316.

<sup>259</sup> Kursell, *Epistemologie*, 2018, S. 248.

tionstöne und Schwebungen in größter Deutlichkeit hervor. Ihre Töne können beliebig lang ausgehalten werden. Sie eignete sich also sehr gut für Studienzwecke, auch weil sie damals relativ neu und kulturell noch nicht aufgeladen war.<sup>260</sup> Bei der Beschäftigung mit antiker griechischer Musiktheorie wurde der Graben zwischen beiden Instrumenten besonders deutlich: Dass Menschen zwischen den dort beschriebenen sehr kleinen Intervallen tatsächlich hörend unterscheiden konnten, erschien manchen Musikhistorikern des 19. Jahrhunderts als nicht glaubwürdig.<sup>261</sup> Durch die temperierte Stimmung waren sie gewohnt, eine gewisse Bandbreite an Frequenzen noch als denselben Ton aufzufassen. Helmholtz hielt die Frage der Unterscheidbarkeit kleiner Intervalle für nicht beantwortbar ohne eine praktische Rekonstruktion der klanglichen Situation. Das Klavier war für eine solche völlig ungeeignet. An der Physharmonika hingegen konnte er die gewünschten Frequenzen einstellen. Helmholtz stellte also mit Hilfe eines Instruments historische Klangverhältnisse nach, über die andere zuvor nur theoretisch nachgedacht hatten.<sup>262</sup> Dies erlaubt ihm, in sein Urteil eine empirische Komponente einzubeziehen. Kursell sieht darin den Beginn einer »Experimentalisierung des Hörens«.<sup>263</sup> Es handelt sich dabei aber nicht um ein exaktes »Reenactment«, denn die Physharmonika ist ein Instrument des 19. Jahrhunderts mit einer grundsätzlich anderen Tonerzeugung und Klangfarbe als beispielsweise eine antike Leier.<sup>264</sup> Außerdem teilt sie mit dem Klavier immer noch dieselbe Tastatur. Musik, die auf anderen Tonsystemen beruht, durchläuft daher einen Übersetzungsprozess in die 12-Tönigkeit, bei dem Informationen verloren gehen und umgedeutet werden können.

### Von der Physharmonika zum Reinharmonium: reine Stimmung in der Akustikforschung

Helmholtz war nicht nur auf dem Papier ein starker Vertreter für die Verbreitung der reinen Stimmung. Er versuchte etwa, Steinway davon zu überzeugen, sie an Klavieren auszuprobieren. Dies sollte durch eine ähnliche Vorrichtung wie an der Pedalharfe geschehen.<sup>265</sup> Dort kann jede Saite bei Pedaldruck mittels einer drehbaren Scheibe mit zwei Stiften verkürzt werden. Auch gegenüber Aristide Cavaillé-Coll regte Helmholtz an, Orgeln rein zu stimmen.<sup>266</sup> Vonseiten der Instrumentenbauer scheint Helmholtz' Interesse jedoch nicht erwidert worden zu sein. Letztlich war die aufwändige Bauweise solcher Instrumente gemessen an der Nachfrage für die Unternehmen wohl nicht profitabel. Helmholtz hatte trotz seiner theoretischen Überzeugungen eine durchaus pragmatische Sicht auf die Vorteile der gleichstufigen Stimmung im musikalischen Alltag.<sup>267</sup>

<sup>260</sup> Ebd., S. 65–68.

<sup>261</sup> Ebd., S. 299–300.

<sup>262</sup> Ebd., S. 300–301.

<sup>263</sup> Ebd., S. 300.

<sup>264</sup> Ebd., S. 301.

<sup>265</sup> Brief vom 09.06.1871. New York, LaGuardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection, Box 040260, Folder 67, Letter 01. Vollständig zitiert in Anhang C.

<sup>266</sup> Koenigsberger, Helmholtz, 1902/1903, Bd. 2, S. 74.

<sup>267</sup> Hiebert, Helmholtz Legacy, 2014, S. 69.

Die Entwicklung von Tasteninstrumenten mit (annähernd) reiner Stimmung wurde in der Folge aus einer anderen Richtung betrieben. An Reinharmonien wird das wechselseitig befruchtende Verhältnis von Musikinstrumentenbau und Akustikforschung besonders deutlich. Der Tonerzeuger von Harmonium und Physharmonika, die durchschlagende Zunge, war in Europa erst im 18. Jahrhundert durch den Kontakt mit dem chinesischen Instrument Sheng bekannt geworden.<sup>268</sup> Gleich eine der ersten Anwendungen im Westen war eine wissenschaftliche: 1780 entwarf Christian Gottlieb Kratzenstein (1723–1795) fünf Zungenpfeifen mit durchschlagenden Zungen, um die menschlichen Vokale nachzubilden.<sup>269</sup> Dies warf die Frage auf, wie die Form des Resonators bei Zungenpfeifen den resultierenden Klang beeinflussen kann. Es bestand auch ein Bedarf nach expressiveren Orgelpfeifen, deren Tonhöhe bei Änderungen des Winddrucks stabil bleibt.<sup>270</sup> Wilhelm Weber gelang es, mit Hilfe von akustischem Wissen dieses klangliche Desiderat zu lösen. Transversal schwingende Körper wie Stimmgabeln geben bei einer starken Anregung einen etwas tieferen Ton als bei schwacher. Im Fall longitudinaler Schwingungen wie bei Luftsäulen ist es genau umgekehrt: Je stärker der Winddruck, desto höher der Ton. In einer Zungenpfeife schwingt die Zunge transversal, die Luft in der Pfeife aber longitudinal. Mit einem Kunstgriff konnte Weber die beiden Einflüsse nun dazu nutzen, sich gegenseitig auszugleichen.<sup>271</sup> Weber war auf die Nutzbarkeit seiner Forschungen für den Musikinstrumentenbau bedacht und kann somit als früher Vertreter einer anwendungsorientierten Akustikforschung gelten.<sup>272</sup> Im frühen 19. Jahrhundert erprobten dann Instrumentenbauer den Einsatz des neuen Tonerzeugers in verschiedenen Tasteninstrumenten wie der Physharmonika.<sup>273</sup>

Mit dem musikalischen Interesse wuchs auch das der Akustikforschung an weiteren Anwendungen. Durchschlagende Zungen eröffneten neue Möglichkeiten, weil sie die genauesten und stabilsten bis dato verwendeten Tonerzeuger waren. Während Stimmgabeln in manchen Kontexten gerade wegen ihrer Obertonschwäche geschätzt wurden, hatten die Zungen einen viel schärferen Klang, wodurch Überlagerungserscheinungen wie Kombinationstöne oder feine Stimmungsdifferenzen viel deutlicher hervortreten. Schließlich brachten sie auch beliebig lang anhaltende Töne hervor.<sup>274</sup> Seit der allmählichen Standardisierung der Klaviatur gab es Versuche, die Oktave in mehr als zwölf Halbtonschritte aufzuteilen.<sup>275</sup> Eine zumindest näherungsweise reine Stimmung in allen Tonarten erfordert viele sehr fein unterteilte Intervalle. Zum einen konnten Frequenzen

<sup>268</sup> Zum Aneignungsprozess dieses Tonerzeugers in Europa siehe Raz, Sheng, 2020, S. 239–256.

<sup>269</sup> Kursell, *Epistemologie*, 2018, S. 168–169.

<sup>270</sup> Jackson, *Triads*, 2006, S. 114.

<sup>271</sup> Ebd., S. 115.

<sup>272</sup> Ebd., S. 113.

<sup>273</sup> Vgl. ebd., S. 97–104.

<sup>274</sup> Vgl. Hiebert, *Helmholtz Legacy*, 2014, S. 61–62. Diese drei Vorzüge betont auch Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 485.

<sup>275</sup> Da in der antiken Musiktheorie bestimmte Halbtonschritte in zwei kleinere Intervalle (»Diesis«) unterteilt werden konnten, gab es in der Renaissance Versuche, diese Intervalle wieder in Kompositionen zu verwenden. Daher wurden Cembali und Orgeln mit maximal 31 Tönen in der Oktave gebaut, vgl. Rasch, *Keyboards*; 2003, S. 39–42.

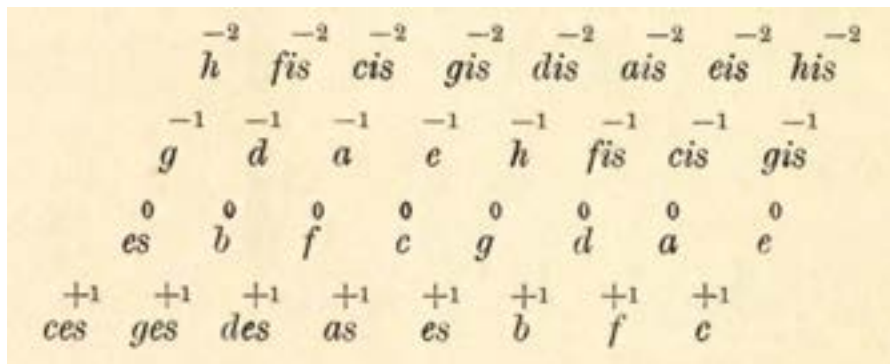


Abb. 13 Ausschnitt aus einem Tonnetz.

vor dem 19. Jahrhundert in der Musikpraxis aber nicht genau bestimmt werden. Möglich war nur, berechnete Intervallverhältnisse auf dem Monochord einzustellen und auf das zu stimmende Instrument zu übertragen.<sup>276</sup> Zum anderen waren die Tonerzeuger Saiten und Orgelpfeifen selbst in ihrer Genauigkeit begrenzt. Änderungen in Temperatur und Luftdruck verhindern eine dauerhafte, feste Frequenz.

Im 19. Jahrhundert wurde die reine Stimmung an Tasteninstrumenten mit Beiwörtern wie »wissenschaftlich« und »natürlich« aufgeladen.<sup>277</sup> Für die Akustikforschung erschien sie wegen ihrer Naturgesetzlichkeit erstrebenswert. Es ergibt sich ein bemerkenswerter Kontrast zum 16. Jahrhundert, als Zarlinos Verteidigung der reinen Stimmung das Festhalten an der unwissenschaftlichen pythagoräischen Tradition symbolisierte. Als neues Ideal wurde damals das Sinnesurteil über die Theorie gestellt. Mehrere Faktoren begünstigten später eine Neubewertung. Die immer genaueren Möglichkeiten der Frequenzmessung erlaubten eine Überprüfung der erzielten Intervallgrößen. Von der Musiktheorie Moritz Hauptmanns (1792–1868) und Arthur von Oettingens (1836–1920) ausgehend verbreitete sich ein Schriftsystem für reine Intervalle und mit dem Tonnetz ein visuelles Modell, wie sie räumlich angeordnet werden können (Abb. 13).

In horizontaler Richtung sind reine Quinten aneinandergereiht, während die vertikalen Ebenen jeweils ein syntonisches Komma auseinanderliegen. Dieses kleine Intervall begleitet den Tonnamen als Exponent und ist deshalb so wichtig, weil es den Unterschied zwischen der reinen großen Terz (z.B.  $c^0$ – $e^{-1}$ ) und der durch Quintenreihung erzielten

<sup>276</sup> Vito Trasuntinos »Clavemusicum omnitonum«, Venedig 1606, mit 31 Tönen pro Oktave ist mit dem zugehörigen Monochord erhalten. Wraight, Cimbalo, 2003, S. 121–122.

<sup>277</sup> Erkennbar schon an Publikationstiteln wie Engel, Harmonium, 1881; Eitz, Tonsystem, 1891; Appunn, Harmoniesystem, 1892.

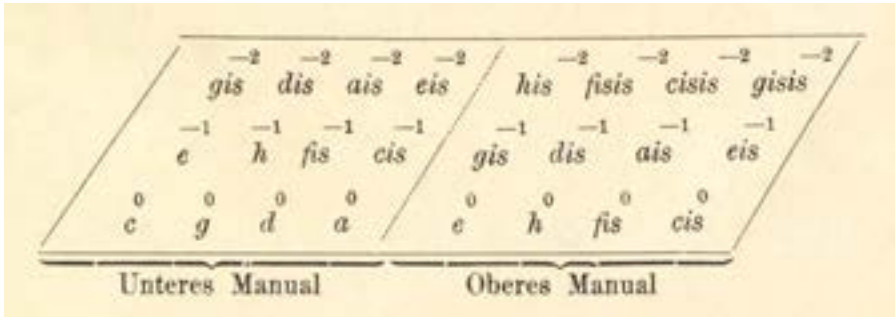


Abb. 14 Schema des Tonvorrats von Helmholtz' zweimanualiger Physharmonika.

pythagoreischen Terz ( $c^0$ – $e^0$ ) anzeigt.<sup>278</sup> Ausgegangen wird von einer Komma-Nullage ( $c^0$ ). Somit liegen in einem reinen Dur-Dreiklang Grundton und Quinte auf derselben horizontalen Ebene, die Terz aber ein Komma tiefer ( $c^0$ – $e^{-1}$ – $g^0$ ). Für die Gestaltung der Klaviaturen reingestimmter Instrumente kann das Tonnetz Orientierung bieten.

Helmholtz unternahm einen der frühesten Versuche, ein Tasteninstrument so zu stimmen, dass es einen Ausschnitt aus dem Tonnetz nutzbar machte. Seine Physharmonika der Firma J. & P. Schiedmayer war zweimanualig mit gewöhnlichen Klaviaturen (Abb. 14).<sup>279</sup>

Bei so wenig Tönen kann aber keine vollständig reine Stimmung erzielt werden. Der Mathematiker Alfred Jonquière (1862–1899) bezeichnete das Ergebnis als »enharmonische Temperatur«.<sup>280</sup> Sie beruht auf einer Vernachlässigung des nur etwa zwei Cent großen Schismas. Dadurch wird die Umdeutung mehrerer Töne möglich, indem beispielsweise  $e^{-1}$  und  $fis^0$  gleichgesetzt werden.<sup>281</sup> Helmholtz konnte damit je 15 Dur- und Mollakkorde und bestimmte Tonleitern annähernd rein darstellen.<sup>282</sup> Letztlich sollte das Instrument vor allem zu Studienzwecken dienen.

In der Folge wurde insbesondere das Harmonium mit bis zu 100 Tönen pro Oktave und verschiedenen Klaviaturlayouts ausgestattet, da die durchschlagenden Zungen eine so hohe Zahl von Intervallen erstmals praktisch umsetzbar machten.<sup>283</sup> Auch die Tat-

<sup>278</sup> Die pythagoreische Terz  $81 : 64$  erhält man, wenn man vier Quinten im Verhältnis  $3 : 2$  aufeinanderstapelt (z. B.  $c$ – $g$ – $d'$ – $a'$ – $e''$ ) und für die richtige Oktavlage zwei Oktaven  $2 : 1$  abzieht. Beim Addieren bzw. Subtrahieren von Intervallen muss multipliziert bzw. dividiert werden. Die reine Quinte steht im Verhältnis  $5 : 4$  und entspricht somit  $80 : 64$ . Das syntonische Komma ist also die Differenz  $81 : 80$ .

<sup>279</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 485–489. Ein Plan für die Verteilung der 24 Töne pro Oktave bei einer einmanualigen Physharmonika findet sich ebd., S. 598–600.

<sup>280</sup> Jonquière, *Grundriss*, 1898, S. 120.

<sup>281</sup> Ebd., S. 117–120.

<sup>282</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 485–489.

<sup>283</sup> Für eine Darstellung solcher Versuche siehe Fricke, *Pitch*, 2002.



sache, dass jede Zunge viel weniger Raum benötigt als eine Saite oder Orgelpfeife, sollte in diesem Zusammenhang nicht unterschätzt werden.<sup>284</sup> Dieser neuartige Charakter führte sogar zu einer Debatte, ob solche Harmoniums überhaupt noch als Musikinstrumente gelten könnten. Der Wiener Harmoniumvirtuose Leopold Zellner (1823–1894) unterschied zwei Kategorien mikrotonaler Harmoniums:

Die der einen sind zu dem ausgesprochenen Zwecke ersonnen und hergestellt worden, um die theoretisch berechneten klanglichen Unterschiede von Intervallen, die kleiner sind als der Halbton 25 : 24 [...] hörbar darzustellen. [...] Instrumenten dieser Gattung [...] muss ohne Frage die volle Existenzberechtigung zuerkannt werden, da sie das sind, was sie sein sollen, und nichts Anderes sein wollen, als: Apparate zur Demonstration akustischer Lehrsätze. Anders müssen Versuche der zweiten Art beurtheilt werden, welche mehr oder weniger die Aspiration erheben, zu praktischer Musikausübung geeignete Tonwerkzeuge zu sein.<sup>285</sup>

Zum ersten Typ zählt Zellner u. a. Helmholtz' Physharmonika und ein Harmonium von Appunn mit 36 Tönen pro Oktave. Den Erfolg der musikalisch gebrauchten mikrotonalen Harmoniums zweifelt er wegen einer geringen Lautstärke, komplexen Spielweise und fehlenden Ausdruckskraft an.<sup>286</sup> Hugo Riemann betonte gar, dass eine reine Stimmung an Tasteninstrumenten in der Praxis nicht möglich sei. Die äußerst kleinen Intervalle müssten immer exakt eingehalten werden und verlören bei jeder Abweichung ihre Identität, wohingegen man bei temperierten Stimmungen immer Kompromisse akzeptiere.<sup>287</sup>

Der Musikpädagoge Carl Eitz (1848–1924) entwarf schließlich ein Reinharmonium mit 104 Tönen pro Oktave, der wahrscheinlich feinsten bis dahin erreichten Unterteilung der Oktave.<sup>288</sup> Dem lag eine pädagogische Enttäuschung zugrunde. Eitz hatte die Erfahrung gemacht, dass viele Kinder trotz jahrelangem Musikunterricht »musikalische Analphabeten« blieben.<sup>289</sup> Er glaubte, dass eine geeignete wissenschaftliche Basis für den Unterricht fehle und entwickelte nach eigenen Studien ein »Tonwortsystem«, bei dem jedem Halbton eine Silbe zugewiesen wird, um den Kindern bei Gesangsübungen vom Blatt zu einem Verständnis der Tonbeziehungen zu verhelfen. Dafür schienen nämlich weder die herkömmlichen, schlecht singbaren Tonbuchstaben, noch die historischen Solmisationssilben geeignet.<sup>290</sup> Auch mangelte es an geeigneten Instrumenten, um die vielen Schattierungen hörbar zu machen.

<sup>284</sup> Kursell, Epistemologie, 2018, S. 63.

<sup>285</sup> Zellner, Vorträge, 1892, Bd. 2, S. 195–196.

<sup>286</sup> Ebd., S. 196–203.

<sup>287</sup> Riemann, Tonsystem, 1895, Bd. 1, hier S. 187–193.

<sup>288</sup> Preller, Interval, 2021, S. 83.

<sup>289</sup> Eitz an »Hochgeehrte Herren«, 14.08.1906. Deutsches Museum Verwaltungsarchiv, DMA, VA 1752–E008–E011. Ich danke Silke Berdux, die mich auf die Archivdokumente zu Eitz hingewiesen hat.

<sup>290</sup> Ebd. Eitz erwähnt noch, dass er sich 1905 in der englischen Tonic Sol-fa Society fortbildete, die auch Helmholtz schätzte. Allerdings geschah dies lang nach der Entwicklung seines Reinharmoniums.

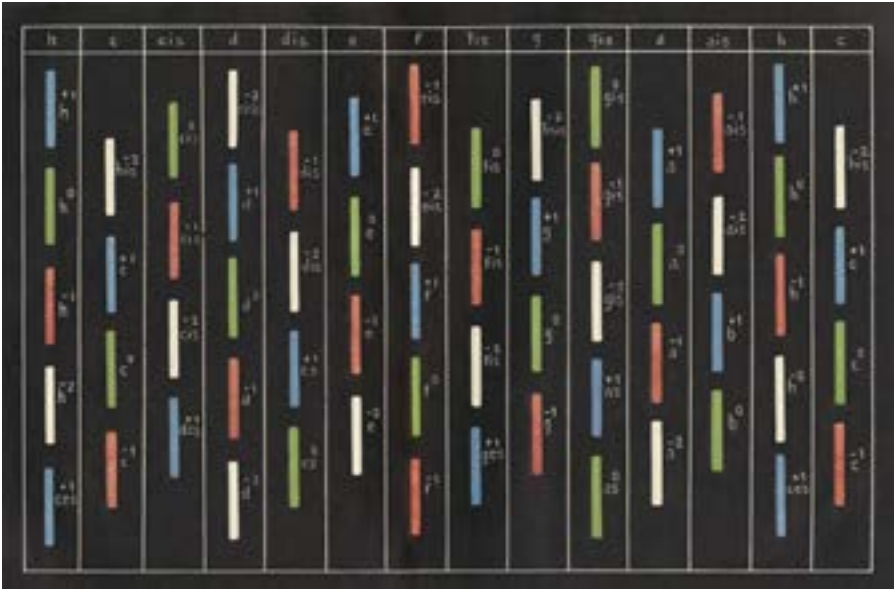


Abb. 15 Ausschnitt der Klaviatur von Carl Eitz' Reinharmonium.

Um die enorme Zahl von 104 Tönen sinnvoll auf eine Klaviatur zu verteilen, bedarf es einer gewissen Systematik, die hier nur angerissen werden kann.<sup>291</sup> Alfred Jonquière bildete 1898 einen Oktav-Ausschnitt von Eitz' Klaviatur ab und erleichterte das Verständnis mit zusätzlichen Informationen (Abb. 15).

Zunächst werden jeder Taste zwei Zungen zugeordnet, die über Register anwählbar sind, sodass sich die Zahl der nötigen Tasten auf 52 halbiert. Tasten, die mit dem gleichen Register verbunden sind, haben dieselbe Farbe. Es gibt vier Farben und demnach acht Register. Alle Tasten einer Farbe liegen auf derselben Kommaebene. Die Tonbezeichnungen geben das Beispiel für eine gewählte Registrierung mit den Kommaebenen -2, -1, 0 und +1. Die Exponenten zeigen, wie beim Tonnetz, die Abweichung zu einer Nulllage in syntonischen Kommas an. Wird eine andere Registrierung gewählt, erklingt ein anderer Ausschnitt aus dem Tonnetz.

Zwar bietet die Farbgebung der Tasten eine erste Orientierungshilfe, doch die resultierende Farbabfolge wäre zu gleichförmig, um Töne zu lokalisieren. Daher wird jede vertikale Reihe aus vier oder fünf hintereinander liegenden Tasten einer Stufe der gewöhnlichen chromatischen Klaviatur zugeordnet.<sup>292</sup> Ihr vertrautes schwarz-weißes Muster ist am Instrument hinter den Tastenreihen aufgezeichnet. Zusammenfassend

<sup>291</sup> Ausführlich erklärt bei Preller, *Interval*, 2021, S. 88–94.

<sup>292</sup> Der Grund für diese schwankende Zahl besteht darin, dass pro Oktave von jeder Farbe 13 Tasten ( $13 \times 4 = 52$ ) vorhanden sind, die auf die 12 chromatischen Spalten verteilt werden müssen.

lautet das Ordnungsprinzip, dass die Tasten in horizontaler Richtung chromatisch und in vertikaler Richtung nach ihrer Kommaebene angeordnet sind.<sup>293</sup> Wer dieses Instrument spielen will, muss also zunächst detaillierte Kenntnisse über seinen Aufbau erwerben und beim Spielen immer den Überblick behalten, auf welcher Kommaebene jeder Ton liegen soll.

Eitz hatte sein Instrument zunächst gedanklich konzipiert, benötigte aber eine Finanzierung. Deshalb schrieb er 1889 einen Brief an Helmholtz, der sich bekanntermaßen ebenfalls für die reine Stimmung einsetzte und mit reingestimmten Harmonien beschäftigt hatte.<sup>294</sup> Eitz erklärte seine Vision:

Das Instrument habe ich so gedacht, dass es nicht allein als Musikinstrument, sondern auch in ausgiebiger Weise zur Demonstration der Harmonielehre und auch der historischen Entwicklung der Tonleitern benutzt werden kann. [...] Zu dem Instrument habe ich außerdem das Zutrauen, dass es mit bisher nicht erreichter Leichtigkeit zu spielen sein wird und somit auch den Beifall der ausübenden Musiker erringen kann.<sup>295</sup>

Das Reinharmonium sollte also eine doppelte Rolle als Musikinstrument und Forschungswerkzeug erfüllen. Dies scheint angesichts der Komplexität erstaunlich, doch die diagonale Versetzung der Tasten einer Reihe bewirkt, dass sich übliche Akkorde und Tonfolgen erstaunlich bequem greifen lassen, wodurch die Klavierliteratur so gut wie möglich spielbar bleibt. Helmholtz, der für seine Physharmonika mit 24 Tönen pro Oktave eine möglichst praktikable Annäherung an die reine Stimmung gesucht hatte, erkannte wohl, wie aufwändig das Reinharmonium durchdacht war.<sup>296</sup> Als Eitz zu einer persönlichen Vorstellung geladen wurde, soll Helmholtz sich anerkennend geäußert und die Absicht für den Bau des Instruments angekündigt haben.<sup>297</sup> Er gab für das Institut für theoretische Physik an der Friedrich-Wilhelms-Universität in Auftrag, das er 1889 gegründet hatte und dem er vorstand.<sup>298</sup>

Als Hersteller wurde Schiedmayer in Stuttgart ausgewählt. Es erwies sich als eine äußerst aufwändige Arbeit, die zwei Jahre in Anspruch nahm. In dieser Zeit wurde Eitz von seiner Lehrtätigkeit freigestellt und beaufsichtigte den Bauprozess.<sup>299</sup> 1892 wurde das Harmonium in der »Gesellschaft Urania Berlin« erstmals öffentlich vorgestellt und bei der Wiener Musik- und Theaterausstellung 1892 präsentiert.<sup>300</sup> Passend dazu hatte Eitz

<sup>293</sup> Preller, *Interval*, 2021, S. 90–92.

<sup>294</sup> Hörz, *Brückenschlag*, 1997, S. 311–312.

<sup>295</sup> Zitiert nach ebd., S. 311–312.

<sup>296</sup> Wie sehr Helmholtz an weiteren derartigen Innovationen interessiert war, wird daran deutlich, dass er in die vierte Auflage der »Tonempfindungen« eine Beschreibung von Robert Holford Macdowall Bosanquets neuem Harmonium mit 53 Tönen pro Oktave aufnahm, vgl. Kursell, *Epistemologie*, 2018, S. 66.

<sup>297</sup> Goldbach, *Oettingen*, 2007, S. 14.

<sup>298</sup> Balk, *Friedrich-Wilhelms-Universität*, 1926, S. 153–154.; Eitz, *Lebenserinnerungen*, 1925, S. 88.

<sup>299</sup> Eitz, *Lebenserinnerungen*, 1925, S. 87–88.

<sup>300</sup> Gross, *Harmoniumtöne*, 2019, S. 3.

1891 seine theoretische Abhandlung »Das mathematisch-reine Tonsystem« veröffentlicht, in dem das Harmonium aber noch nicht erläutert wird.<sup>301</sup>

Helmholtz war nunmehr hauptsächlich als Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt tätig. Das Institut für theoretische Physik leitete Max Planck (1858–1947). Er war ein geübter Pianist, komponierte, dirigierte und soll über ein sehr präzises Gehör verfügt haben.<sup>302</sup> Planck vermutete, dass die reine Stimmung in musikalischen Besetzungen mit intonatorischer Freiheit, beispielsweise bei Streichquartetten oder Chören, zumindest teilweise zur Anwendung komme.<sup>303</sup> Um diese These überprüfen zu können, trainierte Planck sein Gehör am Reinharmonium, reine Intervalle zuverlässig zu erkennen. Anschließend besuchte er Konzerte, um das musikalische Geschehen hörend zu analysieren. Dabei stellte er fest, dass etwa Chöre bei lang ausgehaltenen Akkorden tatsächlich zu reiner Stimmung wechselten.<sup>304</sup> Dass sich die negativen Auswirkungen der gleichstufigen Stimmung dort stärker bemerkbar machen würden als in schnellen Läufen, hatte bereits Helmholtz beobachtet.<sup>305</sup> Planck publizierte seine Ergebnisse in einer musikwissenschaftlichen Zeitschrift, gab aber selbst keine Empfehlungen, welche Konsequenzen gezogen werden sollten. Tatsächlich war Planck nicht überzeugt, dass die konsequente Anwendung der reinen Stimmung eine Relevanz für die musikalische Praxis haben könne.<sup>306</sup>

Planck hob hervor, dass man auf dem Eitz-Reinharmonium »jedes ganz beliebig gedachte Intervall« darstellen könne, sogar das etwa zwei Cent betragende Schisma.<sup>307</sup> Dass damit die Grenzen des praktisch Möglichen ausgelotet wurden, zeigen allein die Dimensionen des Instruments: Bei 224 cm Höhe hat es einen Tonumfang von 4 1/2 Oktaven und ist mit 486 Zungen ausgestattet. Bei der zweijährigen Bauzeit mussten mechanische Schwierigkeiten überwunden und eine neue Legierung gefunden werden, die das Metall der Zungen vor Oxidation und somit vor Verstimmung bewahrt.<sup>308</sup> Auch die Komplexität der Spielweise stellte ein Hindernis dar. Schiedmayer ahnte wohl, dass niemand mehr ein solches Unterfangen beginnen würde, als er die Absicht formulierte,

Ein Kunstwerk herzustellen, dass [sic] von dem heutigen Stand der wissenschaftlich angewandten Technik in der Akustik ein treues Bild giebt und zugleich wohl für immer die Grenzen der mit dem menschlichen Ohr vernehmbaren Schwingungsunterschiede darstellt.<sup>309</sup>

<sup>301</sup> Eitz, Tonsystem, 1891.

<sup>302</sup> Pesic, Music, 2014, S. 255–256.

<sup>303</sup> Planck, Stimmung, 1893, S. 418.

<sup>304</sup> Ebd., S. 418–421.

<sup>305</sup> Hiebert, Helmholtz Legacy, 2014, S. 65.

<sup>306</sup> Goldbach, Oettingen, 2007, S. 6, zitiert eine entsprechende Aussage Plancks gegenüber einem Kollegen.

<sup>307</sup> Planck, Stimmung, 1893, S. 421.

<sup>308</sup> Preller, Interval, 2021, S. 98–99.

<sup>309</sup> Schiedmayer an das Deutsche Museum, 28.10.1909, Deutsches Museum Verwaltungsarchiv, DMA, VA–1757 sub S.

Max Planck scheint der einzige regelmäßige Nutzer des Reinharmoniums geblieben zu sein. Das Instrument verblieb noch bis mindestens 1926 an der Universität. Ab 1895 befand es sich dort in der Gesellschaft von Helmholtz' Physharmonika.<sup>310</sup> Wenige Jahre später wurde das Reinharmonium an das Berliner Musikinstrumentenmuseum übergeben und gilt heute als Kriegsverlust.<sup>311</sup> Schiedmayer hatte zuvor noch zwei weitere baugleiche Exemplare hergestellt, nämlich eines für das russische Hoforchester in St. Petersburg und eines für das Deutsche Museum.<sup>312</sup> Nur letzteres ist noch lokalisierbar und befindet sich in hervorragendem Zustand und präziser Stimmung, was die Qualität von Schiedmayers Arbeit unterstreicht.<sup>313</sup>

Nach 1900 verloren die durchschlagenden Zungen allmählich an Bedeutung gegenüber elektrischer Tonerzeugung. Dieser Bruch betrifft Musikinstrumente genauso wie die akustischen Apparate. Während die Präzisionsmechanik im 19. Jahrhundert eine Blütezeit erlebte, verlor sie im 20. Jahrhundert, dem elektrischen Zeitalter ihre Bedeutung. Der Wissenschaftshistoriker Roland Wittje hat argumentiert, dass um 1900 ein Paradigmenwechsel in der Akustikforschung stattfand.<sup>314</sup> Zuvor suchte sie die mechanischen Grundlagen von ausschließlich musikalischem Schallgeschehen zu erörtern. Forscher wie Helmholtz spielten Musikinstrumente, beherrschten Notenschrift und begriffen Klänge physiologisch als Sinnesaktivität. Im 20. Jahrhundert wurde Akustik von der Elektrotechnik her gedacht, drückte sich in Schaltbildern aus und ihr Anwendungsbereich verlagerte sich zu Medien und Industrie.<sup>315</sup> Ein zweites Nutzungsfeld fand die Akustik in den neuen Disziplinen Experimentalpsychologie und Musikethnologie.<sup>316</sup> Insofern wird der typische Charakter der Akustikforschung im 19. Jahrhundert wohl am besten im Rückblick deutlich. Helmholtz spielte darin eine herausragende Rolle und wirkte zugleich an ihrer Transformation mit, indem er Elemente der Klangsynthese und den Einsatz von Elektrizität bei der Tonerzeugung vorwegnahm.<sup>317</sup>

<sup>310</sup> Brief von Anna von Helmholtz an ihre Schwester Ida, 24.01.1895, Siemens-Helmholtz, Helmholtz, 1929, Bd. 2, S. 103: »Unsere liebe alte Orgel, Hermanns Harmonium mit der reinen Stimmung, habe ich dem Physikalischen Institut geschenkt für die historische Sammlung«.

<sup>311</sup> Goldbach, Oettingen, 2007, S. 14.

<sup>312</sup> Ebd., S. 14.

<sup>313</sup> Es trägt die Inventarnummer 36245 und ist bei Preller, Interval, 2021 genauer beschrieben.

<sup>314</sup> Wittje, Age, 2016, S. 27–28.

<sup>315</sup> Wittje, Imagination, 2013, hier S. 41–46.

<sup>316</sup> Wittje, Age, 2016, S. 27 und S. 41–47.

<sup>317</sup> Der Einsatz von elektromechanischer Tonerzeugung geht bis in das 18. Jahrhundert zurück. Als erster wirklicher Synthesizer gilt das ab 1894 entwickelte Telharmonium von Thaddeus Cahill. Vgl. Donhauser, Klangmaschinen, 2007, S. 12–17.

## Helmholtz' Steinway-Flügel, New York 1871

### Wie intensiv war der Kontakt zwischen Steinway und Helmholtz?

Im vorangegangenen Kapitel wurde skizziert, welche neuen Erkenntnisse Helmholtz über die Klangfarbe von Klavieren und deren Beeinflussung erbrachte. Der Klavierbaubetrieb, der diese Ergebnisse in besonderem Umfang genutzt haben soll, ist Steinway & Sons.<sup>1</sup> Daher werden die folgenden beiden Kapitel einen näheren Blick darauf werfen, wie die Umsetzung des neuen Wissens in diesem Fallbeispiel stattfand und warum es Mitte des 19. Jahrhunderts für Klavierbauer immer wichtiger wurde, über akustische Bildung zu verfügen.

Es gilt zunächst, das Ausmaß des persönlichen Austauschs zwischen beiden Parteien einzugrenzen.<sup>2</sup> Helmholtz erhielt von Steinway zwischen 1871 und 1893 drei Flügel als Dauerleihgabe. Dies allein legt schon die große Bedeutung nahe, die Helmholtz für Steinway gehabt haben muss. Die hauptsächliche Kontaktperson mit Helmholtz war Theodore Steinway, der für seine wissenschaftlich fundierte Arbeitsweise bekannt war.<sup>3</sup> Manche ihm nahestehende Quellen suggerieren einen engen Kontakt. Der Klavierbauer Alfred Dolge (1848–1922) berichtete beispielsweise, T. Steinway sei 1880 eigens nach Deutschland zurückgekehrt, um in Helmholtz' Nähe zu sein und von seinen Entdeckungen zu profitieren. Daraus habe sich eine enge Freundschaft entwickelt.<sup>4</sup> Fanny Morris Smith datiert die Bekanntschaft noch viel früher:

Helmholtz, his [T. Steinway's] friend and companion [...] was his most stimulating influence. In many of the researches of »Die Lehre von Tonempfindungen [sic]« did the great pianomaker lend a hand; and Helmholtz's experiments on strings were performed on the piano that his friend created.<sup>5</sup>

Demnach müssten Theodore Steinway und Hermann von Helmholtz sich bereits um 1860 begegnet sein. Es gibt aber keine Hinweise auf die Richtigkeit dieser Behauptung. T. Steinway wird in den »Tonempfindungen« nicht genannt und der Flügel, den Helmholtz damals besaß, stammte von Kaim und Günther.<sup>6</sup> T. Steinway hätte Helmholtz sicher eines seiner eigenen Instrumente zur Verfügung gestellt, wenn er gewusst hätte, dass dieser die Klangfarbe von Klavieren untersuchte. Helmholtz wohnte in den 1860er Jahren zwar in Heidelberg, doch die »Lehre von den Tonempfindungen« erschien bei Vieweg in Braunschweig, T. Steinways Wohnort bis 1865. Somit ist zumindest wahr-

<sup>1</sup> Dies schrieb Oscar Paul in seinem Bericht zur Wiener Weltausstellung, zitiert bei Steinway, Steinway, 1875, S. 78.

<sup>2</sup> Vorarbeiten dazu stammen von Hiebert/Hiebert, *Musical Thought*, 2011.

<sup>3</sup> Smith, *Art*, 1892, S. 152.

<sup>4</sup> Dolge, *Pianos*, 1911, S. 304–305.

<sup>5</sup> Smith, *Art*, 1892, S. 152.

<sup>6</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 131. Die Firma bestand seit 1845 in Kirchheim unter Teck bei Stuttgart, vgl. Clinkscale, *Makers*, 1999, Bd. 2, S. 207.

scheinlich, dass T. Steinway bald von der Neuerscheinung Notiz genommen haben könnte. Damit wäre er nicht allein gewesen, denn laut Oscar Paul waren schon bei der Pariser Weltausstellung 1867 Ergebnisse der Umsetzung von Helmholtz' Forschungen sichtbar. Angesichts der wichtigen Rolle, die die Ausstellungen für Steinways Ruf und Bekanntheit spielten, hätte T. Steinway sich solche neuen Entwicklungen nicht entgehen lassen.<sup>7</sup>

Ab Herbst 1865 hielt sich T. Steinway überwiegend in den USA auf. Erst bei seiner Rückkehr nach Europa 1869/70 lässt sich das erste persönliche Treffen mit Helmholtz nachweisen. Auch der früheste erhaltene Brief zwischen Steinway und Helmholtz datiert vom 11. März 1871.<sup>8</sup> Es handelt sich in mehrfacher Hinsicht um ein zentrales Dokument, enthält es doch detaillierte Angaben zur Auslieferung des Helmholtz-Flügels, zu seinen Eigenschaften und dem bisherigen Verhältnis zu Helmholtz. Zudem ist kein weiteres Schreiben von Steinway an Helmholtz erhalten. Die nachweisbare Korrespondenz besteht aus sechs Briefen (Tabelle 2), die in Anhang C transkribiert sind, soweit sie den Helmholtz-Flügel betreffen:<sup>9</sup>

**Tabelle 2: Überlieferte Korrespondenz zwischen Steinway und Helmholtz**

Absender	Datum	Anlass	Original verfügbar? <sup>10</sup>
Steinway & Sons	11.03.1871	Versandankündigung des Flügels	Ja (Berlin, BBADW)
Helmholtz	09.06.1871	Dank für den Flügel	Ja (New York, LGWA)
Helmholtz	13.08.1873	Dank für die Ausstattung des Flügels mit der Duplex-Skala	Nein (zitiert in Katalogen)
Helmholtz	16.03.1885	Dank für den neuen Flügel	Nein (zitiert in Katalogen)
Helmholtz	06.10.1893	Dank für die Führung in der New Yorker Fabrik	Ja (New York, LGWA)
Helmholtz	04.12.1893	Dank für den dritten Flügel	Nein, früher Steinway Privatsammlung <sup>11</sup>

<sup>7</sup> Pauls »Geschichte des Claviers« (Paul, Geschichte, 1868), war nachweislich im Besitz der Steinways, siehe Steinway, Diary, 1861–1896, Eintrag vom 01.02.1878.

<sup>8</sup> Berlin, Archiv der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften, NL Helmholtz Nr. 448. Die vollständige Transkription befindet sich in Anhang C. Nach freundlicher Auskunft der BBAdW sind im Helmholtz-Nachlass keine weiteren Briefe von Steinway erhalten.

<sup>9</sup> Zusammengefasst bei Hiebert/Hiebert, Musical Thought, 2011, S. 308. Sowohl Hiebert als auch Cahan standen in Kontakt mit Henry Z. Steinway, der das Steinway-Archiv verwaltete.

<sup>10</sup> Abkürzungen: BBADW: Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften, Archiv; LGWA: LaGuardia and Wagner Archives, New York.

<sup>11</sup> Cahan, Helmholtz, 2018, S. 845, Fn. 30.

Möglicherweise gab es ursprünglich noch geringfügig mehr Dokumente. Im Brief vom März 1871 wird ein Schreiben von Helmholtz erwähnt, dessen heutiger Verbleib nicht bekannt ist. Zwei weitere Briefe sind nur durch ihren Teilabdruck in Katalogen überliefert und möglicherweise nicht mehr erhalten oder in Privatbesitz.<sup>12</sup> Der Eindruck einer engen Freundschaft bestätigt sich jedenfalls nicht, denn jeder Brief hat einen konkreten Anlass und einen respektvollen, aber distanzierten Charakter. In einem Steinway-Katalog heißt es ausdrücklich, dass die Erfindung der Duplex-Skala durch die Lektüre der »Tonempfindungen« inspiriert wurde, also nicht durch eine persönliche Zusammenarbeit.<sup>13</sup> Dies zeigt, wie verzerrend manche Berichte sind, aber es macht den Einfluss von Helmholtz' Forschungen nicht weniger relevant.

Die drei Flügel-Leihgaben an Helmholtz geben ein materielles Zeugnis über die Bedeutung des Wissenschaftlers für Steinway & Sons. Sie erstrecken sich über einen Zeitraum von mehr als 20 Jahren. Die persönlichen Begegnungen und der Austausch zwischen Steinway und Helmholtz sind auf mehreren Ebenen mit der Geschichte seiner Flügel verzahnt. Mehrfach betonten die Steinways, sie könnten Helmholtz nur durch ihre im Klavierbau erzielten Erfolge danken. Helmholtz lobte im Gegenzug die Instrumente in den oben aufgeführten Briefen, die die Steinways teilweise in ihren Verkaufskatalogen abdruckten. Bevor näher auf die historischen Hintergründe zu den drei Flügeln eingegangen wird, sollen hier zur besseren Übersicht schon die wichtigsten Merkmale aufgelistet werden (Tabelle 3). Die einzelnen Instrumente lassen sich über ihre Seriennummern in den Firmenbüchern eindeutig identifizieren.<sup>14</sup> Die jeweilige Nummer wurde auch an einigen Stellen am Klavier vermerkt, um diese als Originalteile von Steinway zu kennzeichnen.

<sup>12</sup> Hiebert/Hiebert, *Musical Thought*, 2011, S. 308.

<sup>13</sup> Steinway & Sons, Katalog, 1876, S. 14: »The invention of the duplex scale is owing to the scientific investigations which Privy Counselor Professor Dr. Helmholtz has developed in his book, ›Ueber Tonempfindungen: (on Tone Sensations) [sic].«

<sup>14</sup> Die Seriennummernbücher konnten als Mikrofilm eingesehen werden. Washington D. C., National Museum of American History Archives, Steinway & Sons Records and Family Papers, AC NMAH 178, Box 6, Reel 1–3.



**Tabelle 3: Grunddaten zu den drei Steinway-Flügeln, die Helmholtz gehörten**

Ser.-Nr.	Verschickt am ...	In Helmholtz' Besitz bis ...	Tonumfang	Modell	Größe	Hergestellt in
21 460	17.4.1871	vor 1.9.1888 <sup>15</sup>	7 $\frac{1}{3}$ <sup>16</sup>	Style 2 <sup>17</sup>	8' 5" <sup>18</sup> ( $\approx$ 260 cm)	New York
50 515 <sup>19</sup>	15.02.1885	?	7	B	6' 8" ( $\approx$ 203,2 cm)	Hamburg <sup>20</sup>
76 401	10.10.1893 <sup>21</sup>	12.11.1894 <sup>22</sup>	7 $\frac{1}{3}$	B	6' 10 $\frac{1}{2}$ " ( $\approx$ 209,6 cm)	New York

Auf den ersten Flügel, Nr. 21 460, wird im Folgenden besondere Aufmerksamkeit gelegt. Zum einen ist nur in seinem Fall der heutige Standort bekannt. Zum anderen liegen selten so viele Dokumente zu einem einzelnen Instrument vor, weshalb sie hier ausgewertet und zu einer »Objektbiografie« zusammengesetzt werden sollen.<sup>23</sup> Wegen seiner Individualgeschichte, der Verbindung mit der Erfindung der Duplex-Skala, und seiner einzigartigen Variante der geteilten Dämpfung, dürfte dieser Flügel auch in technischer Hinsicht der interessanteste sein. An ihm soll festgestellt werden, wie sich der viel beschworene Einfluss von Helmholtz in der Praxis manifestiert hat.

<sup>15</sup> An diesem Tag wurde der Flügel von Hamburg nach London geschickt. Möglicherweise wurde er zuvor für einen unbekannten Zeitraum in der Hamburger Firma für den Weiterverkauf überarbeitet.

<sup>16</sup> Der Tonumfang der einzelnen Klaviere steht 1871 noch nicht im Seriennummernbuch. An dieser Stelle wurde die bei Steinway später übliche Angabe »7  $\frac{1}{3}$ « übernommen, obwohl sie nicht ganz korrekt ist. Der Umfang beträgt 7 Oktaven und eine kleine Terz, also 7  $\frac{1}{4}$  Oktaven.

<sup>17</sup> Die Style-Bezeichnungen wurden offenbar 1872 geändert. Konzertflügel mit dem erweiterten Tonumfang wie Nr. 21 460 wurden fortan »Style 3« genannt, was Verwirrung stiftet.

<sup>18</sup> Die Länge der Instrumente wird 1871 noch nicht im Seriennummernbuch spezifiziert, da sie wahrscheinlich aus der Style-Bezeichnung hervorgeht. Im Katalog wird diese Information dagegen angegeben.

<sup>19</sup> Diese Seriennummer ist bei Fostle, Saga, 1995, S. 289, aufgeführt.

<sup>20</sup> Dass dieser Flügel in Hamburg gefertigt wurde, lässt sich aus dem Seriennummernbuch erkennen, da die entsprechende Seite mit »Steinways Pianofabrik Hamburg« überschrieben ist.

<sup>21</sup> Dieser Seriennummernbuch-Eintrag ist abgebildet bei Kehl/Kirkland, Guide, 2011, S. 139.

<sup>22</sup> Ebd., S. 139.

<sup>23</sup> Die folgende chronologisch geordnete Erzählweise geschieht in Anlehnung an Preller, Applications, 2020.

## Objektbiografie des Helmholtz-Flügels

Der bereits erwähnte erste Brief vom 11. März 1871 enthält eine Beschreibung und Versandankündigung des Flügels. Darüber hinaus ist von Gesprächen mit Helmholtz im Jahr 1870 die Rede.<sup>24</sup> Zwischen Juli 1869 und September 1870 hielt sich T. Steinway hauptsächlich, aber nicht lückenlos in Deutschland auf.<sup>25</sup> Eine Reise zur Eröffnung des Sueskanals am 17. November 1869 ist jedenfalls verbürgt.<sup>26</sup> Für Helmholtz war 1870 ein ereignisreiches Jahr. Nach dem Tod des Berliner Physik-Professors Gustav Magnus im April wurde Helmholtz als dessen Nachfolger bestimmt und musste sich auf den Wegzug aus Heidelberg vorbereiten.<sup>27</sup> Im Juli brach der deutsch-französische Krieg aus, wodurch sich das Berufungsverfahren in Berlin verzögerte. Helmholtz war zwei Monate lang als Lazarettarzt in Heidelberg tätig und begleitete Verwundetentransporte.<sup>28</sup> Wegen eigener gesundheitlicher Probleme begab er sich nach einem Besuch bei den Schwiegereltern in Sarnberg für drei Wochen auf Kur nach Meran. Nach Heidelberg kehrte er im Oktober zurück, als T. Steinway bereits abgereist war.<sup>29</sup> Die Begegnungen dürften also vor dem Sommer stattgefunden haben. Wahrscheinlich ließ es sich T. Steinway bei der Gelegenheit nicht entgehen, Helmholtz seine Klaviere vorzuführen. Im Katalog von 1872 heißt es dazu: »The various improvements made by Steinway & Sons in their pianos [...] struck the Professor's attention, and, after a careful examination of the Steinway Pianos, and those of other makers, he arrived at the conclusion that the Steinway piano alone reached the acme of perfection«. <sup>30</sup> Das Zitat legt nahe, dass Helmholtz die Möglichkeit hatte, mehrere Steinway-Instrumente persönlich in Augenschein zu nehmen. Dies könnte in Braunschweig geschehen sein, wo 1870 eine neue Auflage der »Tonempfindungen« erschien. Dort lag auch das zentrale europäische Steinway-Depot.<sup>31</sup> Von der New Yorker Fabrik aus wurden immer wieder Flügel dorthin geschickt. Möglicherweise waren es jene Instrumente, die Helmholtz sah. Im Brief ist eindeutig zu erkennen, dass Helmholtz schriftlich einen Steinway-Flügel bestellte.<sup>32</sup>

<sup>24</sup> Brief von Steinway an Helmholtz, New York 11.03.1871 (Helmholtz-Nachlass Nr. 448): »Unter den besten Grüßen unseres Herrn Theodor Steinway, der sich noch immer mit großen Vergnügen [sic] der anregenden Unterhaltungen erinnert, welche derselbe im vorigen Jahre mit Ihnen hatte«. Für die Transkription des vollständigen Briefes siehe Anhang C.

<sup>25</sup> Steinway, Diary, 1861–1896, Eintrag vom 08.07.1869: »Departure of Theo. & wife & Lizzie Vogel to Germany by steamer Deutschland.« Eintrag vom 21.09.1870: »Theodore, his wife and a relative arrive pr. Steamer China via Liverpool & Queenstown.«

<sup>26</sup> Steinway & Sons, Pamphlet, S. 19.

<sup>27</sup> Cahan, Helmholtz, 2018, S. 390–394.

<sup>28</sup> Ebd., S. 394–398.

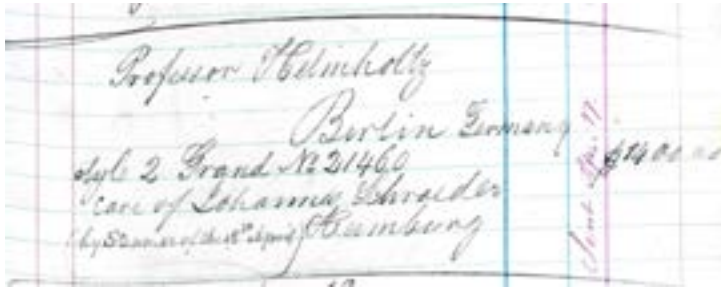
<sup>29</sup> Ebd.

<sup>30</sup> Steinway & Sons, Illustrated Catalogue, 1872, S. 28.

<sup>31</sup> Steinway, Steinway, 1875, S. 79, nennt die Adresse des Depots.

<sup>32</sup> Aus dem oben erwähnten Brief vom 11.03.1871: »Wir sind im Besitz Ihres freundlichen Schreibens. Empfangen Sie vor allen Dingen die Versicherung daß wir uns durch Ihren Auftrag sehr geehrt fühlen und wir werden Ihnen mit Vergnügen und auf unsere Kosten einen großen Concert Flügel zu Ihrer Disposition schicken.«

Der Weg des Helmholtz-Flügels lässt sich mit erstaunlicher Genauigkeit nachverfolgen. Durch die Seriennummer ist er eindeutig identifizierbar. Allein drei Firmenbücher bestätigen seinen neuen Besitzer: Das »Sales Book«, das Seriennummernbuch und das »Inventory Book«.<sup>33</sup> Letzteres listet den Flügel als Dauerleihgabe in der Spalte »Pianos loaned out«. Laut dem Eintrag im Sales Book wurde der Flügel am 17. April verschickt (Abb. 16).



**Abb. 16** Eintrag zu Nr. 21 460 in Steinways »Sales Book 1869–1871«, S. 317.

Das Dampfschiff brach am 18. April nach Hamburg auf, wo der Spediteur Johannes Schroeder den Flügel annahm. Der Brief vom 11. März kündigt an, dass Schroeder den Flügel nach Berlin weitertransportieren werde. Der Berliner Klavierbauer Carl Bechstein (1826–1900) werde dann helfen, das Instrument aufzustellen. William Steinway war zur selben Zeit auf einer Europareise. Im Mai hielt er sich auch in Berlin auf und wollte Helmholtz besuchen, der aber gerade nicht zuhause war.<sup>34</sup> Am selben Tag traf er sich mit Bechstein, der die Ankunft des Flügels bestätigte: »See Prof. Helmholtz wife, then Bechstein, our grand had just arrived«.<sup>35</sup> Bechstein kümmerte sich offenbar auch um die Versteuerung des Flügels, wie W. Steinway seinem Tagebuch anvertraute: »[I] call on Bechstein, receive about 5 Thlrs from him after deducting about 20 Thlrs duty for Helmholtz Grand«.<sup>36</sup> Von der Verzollung zeugt ein Stempel des »Königlich Preußischen Haupt-Steueramts für innere Gegenstände Berlin« (Abb. 17). Der Stempel selbst ist kaum mehr lesbar, aber die Behörde stellte auch Siegelmarken mit demselben Motiv aus.

<sup>33</sup> »Sales Book«: New York, LaGuardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection, Box 040330: Sales Book 1869–1871, S. 317. »Inventory Book«: Washington D.C., Smithsonian (National Museum of American History Archives. AC NMAH 178), Series 2: Steinway Business Records, 1858–1910, Box 5, Reel 3–4 Annual Inventories, 1856–1903, Inventar vom 02.01.1872, S. 257.

<sup>34</sup> Helmholtz war an diesem Tag an der Berliner Akademie der Wissenschaften mit einer Arbeit zur Elektrodynamik beschäftigt, siehe Koenigsberger, Helmholtz, 1902/1903, Bd. 2, S. 191.

<sup>35</sup> Steinway, Diary, 1861–1896, Eintrag vom 25.05.1871.

<sup>36</sup> Ebd., Eintrag vom 23.06.1871.



**Abb. 17** Der Stempel des K[öniglich], Pr[eußischen], Haupt Steueramt F[ür], I[nnere], G[egenstände] Berlin (links); zum Vergleich eine Siegelmarke mit demselben Motiv (rechts).

Helmholtz erhielt den Flügel nur wenige Wochen nach seinem Umzug von Heidelberg nach Berlin im April 1871. Spätestens mit der Annahme der dortigen renommierten Physik-Professur stieg Helmholtz in die erste Riege der internationalen Wissenschaft auf, was sein Lob für Steinway wohl noch wertvoller machte. Zudem feierte Helmholtz in diesem Jahr seinen 50. Geburtstag. Wahrscheinlich waren die Steinways zu diesem Zeitpunkt bereits mit der Entwicklung der Duplex-Skala beschäftigt, die mit der Akustikforschung besonders eng verbunden ist. Diese Konstruktion wurde aber erst im Mai 1872 patentiert und war daher in dem Flügel ursprünglich nicht enthalten. Hätten die Steinways dagegen mit ihrem Geschenk noch ein Jahr länger gewartet, hätte Helmholtz ein Instrument mit regulär eingebauter Duplex-Skala bekommen können.

Der Eintrag im Seriennummernbuch stiftet Verwirrung über den Zeitpunkt des Verkaufs bzw. der Verleihung des Flügels, die aber mit Hilfe anderer Unterlagen gelöst werden kann.

21 460 | plain grand | 2 |

Steinway + Sons London (from Hamburg) Sept. 1. 1888.

[shipped] + loaned Apr 17. 1881 to Prof. Von Helmholtz. Berlin + turned over to Steinways Pianofabrik Hamburg. See Entry Nov 21/91<sup>37</sup>

Die untere Zeile ist durchgestrichen, um anzuzeigen, dass die Information nicht mehr aktuell ist. Es konnte nicht ermittelt werden, wo der genannte Eintrag vom 21. November 1891 zu finden ist. Zumindest wird klar, dass die Notizen mit mehreren Jahren

<sup>37</sup> Steinway & Sons Seriennummernbuch, Eintrag zu Nr. 21 460.

Abstand eingetragen wurden. Bei Durchsicht der Seriennummernbücher fällt auf, dass die Handschrift weitestgehend einheitlich ist und eine andere Hand bei wenigen Einträgen Korrekturen vornahm. Die Haupthand war wohl William Steinway selbst.<sup>38</sup> Die andere Hand scheint die Bücher später durchgesehen und dabei nicht mehr aktuelle Einträge durchgestrichen oder fehlende ergänzt zu haben. Wahrscheinlich blieb das Besitzerfeld bei Nr. 24160 zunächst leer. Dass die Steinways Helmholtz einen zehn Jahre alten und technisch überholten Flügel geschickt hätten, ist sehr unwahrscheinlich, denn zwischen 1871 und 1881 wurden viele Neuerungen eingeführt, die man Helmholtz bestimmt nicht vorenthalten hätte, nicht zuletzt die Duplex-Skala. Außerdem bekam Helmholtz schon vier Jahre später den nächsten Flügel.

Aus dem Eintrag im Sales Book geht hervor, dass die Verschiffung am 17. April 1871 erfolgte, also auf den Tag genau zehn Jahre früher als im Seriennummernbuch angegeben. 1881 ist also ein Zahlendreher für 1871. Ein analoger Fehler passierte ausgerechnet bei Richard Wagners Flügel von 1876.<sup>39</sup> Das Besitzerfeld wurde möglicherweise erst nachträglich ausgefüllt. Dabei wurde das Jahr 1886 eingetragen, obwohl alle anderen Klaviere mit nahen Seriennummern auf dieser Seite 1876 verkauft wurden. Dies fiel offenbar einem späteren Bearbeiter auf, der oben an der Seite einen Zettel anheftete, um auf diese Unstimmigkeit aufmerksam zu machen.<sup>40</sup> Es ist kein Muster erkennbar, warum der Besitzeintrag bei manchen Instrumenten fehlt oder von anderer Hand als der Rest stammt.

Helmholtz erhielt von Steinway 1871 einen Konzertflügel mit 88 Tasten und 2,60 Meter Länge, also das größte erhältliche Modell. Anna von Helmholtz leitete bereits in Heidelberg einen Salon. Sie war es gewohnt, Persönlichkeiten aus Wissenschaft, Adel und Kunst einzuladen, und führte diese Tradition auch in Berlin fort.<sup>41</sup> Daher scheint es nicht unwahrscheinlich, dass ein solches Instrument auch repräsentative Zwecke erfüllte.

Helmholtz bedankte sich im Juni 1871 in einem Brief für den Erhalt des Flügels.<sup>42</sup> Er lobte dessen lang anhaltenden Ton, den leichtgängigen Anschlag, die effektive Dämpfung und die Klarheit der Basstöne. Dieser Lobbrief von Helmholtz war für Steinway sicherlich sehr wertvoll. Im Katalog von 1872 stand sein Urteil daher an erster Stelle der Liste. Dem Briefauszug war eine aufschlussreiche Bemerkung vorangestellt, die noch einmal den Wert seiner Aussagen unterstreichen soll:

<sup>38</sup> Dies ist einer eingeklebten Notiz vorne im ersten Seriennummernbuch zu entnehmen. Dabei handelt es sich um einen maschinengeschriebenen, mit einem S & S-Stempel versehenen Zettel ohne Datum oder Unterschrift.

<sup>39</sup> Die Seriennummer lautete 34304, vgl. Fostle, Saga, 1995, S. 289.

<sup>40</sup> Der Zettel ist unterschrieben mit »W. R.« und datiert auf den 23.07.1946 (?). Die Jahreszahl ist in der Mikrofilm-Aufnahme sehr unscharf. Hinter der Abkürzung verbirgt sich wahrscheinlich William Richard Steinway, ein Sohn von William Steinway aus zweiter Ehe, vgl. Lieberman, Steinway & Sons, 1995, S. 8–9.

<sup>41</sup> Wilhelmy-Dollinger, Salon, 2010.

<sup>42</sup> Der Brief ist im Original erhalten und in Anhang C transkribiert. New York, LaGuardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection, Box 040260, Folder 67, Letter 01.

<sup>43</sup> Steinway & Sons, Illustrated Catalogue, 1872, S. 28.

A MOST valuable distinction has been received by Steinway & Sons, in that conferred on their pianos by Professor Helmholtz, who occupies the Chair of Acoustics in the University of Berlin, and who is unanimously admitted to be the highest authority in the science of acoustics that is known.

The various improvements made by Steinway & Sons [in their pianos, namely – the Patent Resonator, (by means of which the tension of the sound-board can be regulated with the greatest nicety,) and other important inventions introduced by them, all tending to obviate previously existing defects in all pianos,] struck the Professor's attention, and, after a careful examination of the Steinway Pianos, and those of other makers, he arrived at the conclusion that the Steinway piano alone reached the acme of perfection and he directed the purchase of a Steinway grand piano for express use for his experiments and lectures on acoustics in the Berlin University.<sup>43</sup>

Der Verweis auf den »Double Iron Frame Resonator« von 1866 ist interessant. Erstens erläutert die Patentschrift ausführlich, welche akustischen Überlegungen ihm zugrunde liegen, zweitens erinnert der Name wohl nicht zufällig an Helmholtz' Resonatoren. Die Bezeichnung von Helmholtz als höchste Autorität der Akustik war nicht untertrieben. Allerdings entsprach es nicht den Tatsachen, dass er eine Professur für Akustik in Berlin gehabt habe. Die Informationslage zu Helmholtz' universitärem Akustik-Unterricht bietet keine Anhaltspunkte dafür, dass er dabei ein Klavier einbezogen hätte.<sup>44</sup> Überhaupt nutzte er dieses Instrument nur ganz zu Beginn seiner Forschungen für Experimente.<sup>45</sup> Einen Hinweis zum Aufbewahrungsort des Flügels gewährt Anna von Helmholtz in einem Brief vom 04. April 1876: »Er [Helmholtz] ist jetzt dabei, da er Gottlob Ferien hat, eine neue Auflage seiner Tonempfindungen zu machen und während ich schreibe, hat er schon die erstaunlichsten Dinge neben mir aus dem Flügel herausklingen lassen.«<sup>46</sup> Wenn auch im Briefkopf als Ortsangabe nur »Berlin« enthalten ist und nicht wie manchmal der genaue Straßename, ist anzunehmen, dass Anna sich im Wohnhaus in der Königin-Augustastraße befand – und der Flügel »neben mir«.<sup>47</sup> Die von Anna von Helmholtz erwähnte neue Auflage der »Tonempfindungen« (1877), enthielt als letzte zu Lebzeiten des Autors dann tatsächlich einen Absatz über die Versuche an diesem Flügel:

An einem neuen Flügel der Herren Steinway von New-York, der sich durch die Gleichmässigkeit seiner Klangfarbe auszeichnet, finde ich, dass die durch die Dauer des Schlags bedingte Dämpfung in den tieferen Lagen auf den neunten

<sup>44</sup> Im Archiv des Deutschen Museums sind zwei Notizbücher von Helmholtz erhalten, die er wahrscheinlich für seine Akustik-Vorlesungen in Berlin verwendete, Archiv-Signatur NL 266/041 und NL 266/043. Vgl. Preller, *Acoustics*, 2019.

<sup>45</sup> Kursell, *Epistemologie*, 2018, S. 64.

<sup>46</sup> Siemens-Helmholtz, Helmholtz, 1929, Bd. 1, S. 203.

<sup>47</sup> An dieser Adresse wohnte die Familie Helmholtz von 1871 bis 1876, vgl. ebd., S. 161.

<sup>48</sup> Helmholtz, *Lehre*, 41877, S. 131.

oder zehnten Partialton fällt, in den höheren Lagen dagegen sind schon der vierte und fünfte durch den Anschlag des Hammers kaum noch hervorzubringen, während sie beim Reissen mit dem Fingernagel deutlich hörbar werden. Bei einem älteren und viel gebrauchten Flügel dagegen, der ursprünglich die Hauptdämpfung in der Gegend des siebenten bis fünften Partialtons in den mittleren und tiefen Lagen zeigte, sind jetzt der neunte bis dreizehnte Ton stark entwickelt, was auf härter gewordene Hämmer schliessen lässt, und dem Klange jedenfalls nur nachtheilig sein kann.<sup>48</sup>

Helmholtz vergleicht hier die Dämpfung des Helmholtz-Flügels mit der eines älteren Exemplars, ohne allerdings den Hersteller zu nennen. Es ist denkbar, dass es sich dabei um den Kaim und Günther-Flügel handelte, den er zur Zeit der ersten Auflage nutzte.<sup>49</sup> Wie bei den meisten der für die »Tonempfindungen« untersuchten Musikinstrumenten lässt Helmholtz den Besitzstand offen. Obwohl Helmholtz seinen ersten Steinway-Flügel also durchaus für Untersuchungen genutzt hat, die in seinen Akustikunterricht und in seine Publikationen eingeflossen sein mögen, scheint Nr. 21 460 als heimisches Privatinstrument genutzt worden zu sein.

Ein Jahr nach der Lieferung des Helmholtz-Flügels meldete T. Steinway mit der Duplex-Skala eine neue Patentkonstruktion an, die auf Helmholtz' Akustikforschungen beruhen soll.<sup>50</sup> Den höchsten Tönen des Klaviers fehlen wegen der Kürze und Steifigkeit der entsprechenden Saiten genügend Obertöne. Die klingende Länge einer Saite erstreckt sich zwischen Agraßen und Steg. Die Saitenabschnitte jeweils davor und dahinter wurden üblicherweise durch Kontakt mit Filzstreifen gedämpft. Auch werden sie nicht direkt durch den Hammeranschlag in Schwingung versetzt. Wenn sie aber in eine proportionale Länge zu der Hauptsaiten gebracht werden, sollen sie zur Resonanz angeregt werden. 1873 kam T. Steinway persönlich zu Helmholtz, um den Flügel nachträglich mit der Duplex-Skala auszustatten.<sup>51</sup>

[Auf dem Stimmstock] hat er [T. Steinway] noch einen zweiten Steg angebracht, welcher Saitenstücke abgrenzt, die gewisse Obertöne der ganzen Saite geben. [...] Die höchsten Töne unseres Flügels haben wirklich gewonnen; man kann den Unterschied noch jetzt hörbar machen, wenn man die frei gemachten Saitenteile wieder dämpft.<sup>52</sup>

In diesem Brief an seine Frau Anna gibt es für Helmholtz keinen Grund, nicht seine ehrliche Meinung über das Ergebnis mitzuteilen. Er beschreibt einen deutlich wahr-

<sup>49</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 131: »Nach meinen Versuchen an einem sehr guten neuen Flügel von Kaim und Günther [...]«.

<sup>50</sup> Näheres hierzu im Kapitel »Die Entwicklung der Duplex-Skala bis ca. 1885«.

<sup>51</sup> Siemens-Helmholtz, Helmholtz, 1929, S. 186. Das vollständige Zitat ist in Anhang C zu finden.

<sup>52</sup> Ebd.

<sup>53</sup> So noch nach 12 Jahren in Steinway & Sons, *Illustrated Catalogue*, 1885, ohne Seitenzahl.

nehmbaren, positiven klanglichen Effekt. T. Steinway bat Helmholtz ebenfalls um ein Urteil in Briefform. Dieses blieb über Jahre hinweg ein fester Bestandteil der Steinway-Kataloge.<sup>53</sup> Vergleicht man die in dem Brief beschriebenen Vorgänge mit dem Zustand am Flügel, so fällt auf, dass man dort nicht von einem »zweiten Steg« sprechen kann (vgl. Abb. 46). Möglicherweise ist damit nur die treppenförmige Unterlage gemeint. Der Saitenabschnitt wird durch eine recht grob zugeschnittene Filzkannte begrenzt. Dies überrascht, weil sonst viel Wert auf die Genauigkeit und Festigkeit der Saitenführung gelegt wird.<sup>54</sup> Der klangliche Unterschied zwischen aktivierter und gedämpfter Duplex-Skala fällt heute gering aus, obwohl Helmholtz ihn ganz deutlich wahrnahm. Die nachträgliche Ausstattung eines Klaviers mit einer neuen Konstruktion ist kein Einzelfall. Auch an Richard Wagners Flügel von 1876 lässt sich solch ein Vorgang beobachten. Er bekam 1879 den sogenannten »Ton-Pulsator« eingebaut.<sup>55</sup> Zu diesem Zeitpunkt war die Fabrik in Hamburg noch nicht in Betrieb und so wurde das Zentraldepot in Braunschweig als Ort für die Reparatur bestimmt.

17 Jahre nach Erhalt des Flügels entschied sich Helmholtz schließlich, die Dauerleihegabe an Steinway zurückzugeben. Drei Jahre zuvor hatte er bereits einen neuen Flügel erhalten. Angesichts der schnellen technischen Entwicklung bei Steinway war der Flügel schon nach wenigen Jahren eigentlich nicht mehr auf dem neuesten Stand. Allein zwischen 1871 und 1885 kamen 42 Patentkonstruktionen hinzu.<sup>56</sup> Der konkrete Anlass zur Abgabe war möglicherweise der anstehende Umzug in die Dienstwohnung des Präsidenten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, der im Mai 1889 erfolgte.<sup>57</sup> Im Vorjahr war sie bereits geöffnet und Helmholtz zu ihrem Präsidenten ernannt worden.<sup>58</sup> Laut dem Seriennummernbuch wurde der Flügel am 01. September 1888 von der Hamburger Fabrik zu Steinway London geschickt. In Hamburg war er zuvor wahrscheinlich zum Weiterverkauf aufbereitet worden, weshalb das Signaturfeld beide Produktionsorte aufführt (Abb. 18).

Steinways Verkaufsraum in London befand sich auf der Wigmore Street bei Portman Square im Stadtteil Mayfair.<sup>59</sup> Einiges deutet darauf hin, dass der Helmholtz-Flügel dann

<sup>54</sup> Steinert, *Entwicklung*, 1849, S. 249 hebt bei Steinway den besonderen Grad an Kontrolle über die Saitenbewegung hervor: »Vom technischen Standpunkte muss gesagt werden, dass es nur vermöge der eminenten Qualität der Steinway'schen Gussmetall-Armaturen ermöglicht war, die Interferenz-Punkte der schwingenden Saiten mit jener Präzision herzustellen, welche dieselben streng genau in die mathematisch richtige Lage brachte. Sodann ist aber bei dem Steinway'schen Gussmetall jede Flächenbildung durch Druck der Saite ausgeschlossen [...]«.

<sup>55</sup> Steinway & Sons, *Illustrated Catalogue*, 1885, Seitenzählung fehlt. »In the beginning of 1879 Mr. Wagner was requested by Mr. Theo Steinway to send this Grand piano to the Steinway Central European Depot, in order to receive the latest invention, the »Tone Pulsator«, patented in July, 1878«.

<sup>56</sup> Gezählt wurden alle Patente nach Auslieferung von Nr. 21 460 und vor Fertigstellung von Nr. 50 515 (06.06.1871 bis einschließlich 23.01.1883). Für die Liste aller Steinway-Patente siehe Kehl/Kirkland, *Guide*, 2011, S. 133–138.

<sup>57</sup> Rechenberg, *Helmholtz*, 1994, S. 262.

<sup>58</sup> Cahan, *Helmholtz*, 2018, S. 619.

<sup>59</sup> Hoover, *Steinways*, 1981, S. 48 und Lieberman, *Steinway & Sons*, 1995, S. 59. Damals lautete die Adresse 15 und 17 Lower Seymour Street.





Abb. 18 Signaturfeld des Helmholtz-Flügels.



Abb. 19 Zettel des Lagerhauses »Hampton's Depository« auf einem der Beine des Helmholtz-Flügels.

über 100 Jahre in Großbritannien blieb. Schließlich fand André Maiwald, Steinway-Händler aus Kamen bei Dortmund, den Flügel in Wales, identifizierte den berühmten Vorbesitzer und erkannte die baulichen Besonderheiten.<sup>60</sup> Über Maiwald gelangte der Flügel 2009 an das Deutsche Museum. Über den Verbleib in der Zwischenzeit gibt es zumindest einen Hinweis. Auf der Oberseite eines der Flügel-Beine ist ein Zettel des »Hamptons' Depository« angebracht (Abb. 19). Das Lagerhaus in der Nähe des Battersea

<sup>60</sup> Dürer, Steinway, 2009, S. 37.

Park im Süd-Westen Londons wurde von 1900 bis 1903 gebaut und 1956 verkauft, was den Zeitraum, aus dem der Zettel stammen kann, klar eingrenzt.<sup>61</sup> Die Firma Hampton & Sons veranstaltete regelmäßig Auktionen für dort aufbewahrte Kunstgegenstände, darunter ausdrücklich auch Steinway-Flügel.<sup>62</sup>

Der Zettel hat im Namensfeld die Inschrift »NERES« in violett aufgestempelt. Die Tatsache, dass ein eigener Stempel mit ihrem Namen vorlag, deutet darauf hin, dass diese Person viele Objekte eingelagert hatte. Angesichts des ungewöhnlichen Namens erscheint es lohnenswert, sich auf eine Spurensuche nach möglichen Vorbesitzern zu begeben.

Ende des 19. Jahrhunderts betrieben die deutschen Auswanderer-Brüder Emil August (1847–1937) und Louis Neresheimer (1855–1904) in New York einen Diamanten- und Perlenhandel. Louis bekam schließlich die Leitung des Geschäftszweigs in London zugeteilt.<sup>63</sup> Auch sein Sohn Albert Carl Bonnet Neresheimer (1886–?) arbeitete in diesem Beruf. Durch Passunterlagen lässt sich nachvollziehen, dass letzterer ab 1918 seinen Nachnamen zu Neres abkürzte.<sup>64</sup> Nach dem Ersten Weltkrieg erschien es in England wohl vorteilhafter, einen weniger deutsch klingenden Namen zu haben. Ein Detail fällt besonders ins Auge: Albert Neres, wie er sich nun nannte, lebte 1918 in York Mansions an der Südseite des Battersea Park – weniger als zehn Gehminuten vom Hampton's Depository entfernt.<sup>65</sup> Das imposante Gebäude muss ihm bekannt gewesen sein. 1919 ging er bankrott.<sup>66</sup> Nach dem Ersten Weltkrieg dürfte die Nachfrage nach Perlen und Diamanten eingebrochen sein. Im folgenden Jahr beantragte er als amerikanischer Staatsbürger einen Not-Pass, in dem er erklärte, innerhalb eines Monats in die USA zurückkehren zu wollen. Dies tat er auch, wie eine Schiffs-Passagierliste nahelegt. Demnach hat er England über Southampton am 18. September 1920 verlassen und kam am 27. September in New York an.<sup>67</sup> Sollte der Helmholtz-Flügel sich zuvor in Alberts Wohnung befunden haben, wäre er möglicherweise in das nahe Lagerhaus gebracht und könnte zu einem unbekannten Zeitpunkt bei einer Auktion verkauft worden sein. Abschließend sind nicht genug Informationen vorhanden, um den Flügel eindeutig Albert Neres zuzuordnen. Allein schon, weil zu der fraglichen Zeit außer seinen direkten Verwandten niemand sonst mit diesem Namen in London dokumentiert ist, liegt diese Hypothese aber nahe.<sup>68</sup> Jedenfalls sollte nicht vergessen werden, dass es sich um einen Konzertflügel handelt, der sicher nicht in einem durchschnittlichen Wohnzimmer stand.

<sup>61</sup> Saint, Survey, 2013, S. 362.

<sup>62</sup> So beispielsweise in einer Verkaufsanzeige in [o. A.], Auction Hamptons, 1934, S. 334.

<sup>63</sup> Jordan, Encyclopedia, 1914, S. 1042.

<sup>64</sup> United States, National Archives, Draft Registration Cards, 1917–1918.

<sup>65</sup> [o. A.], Bankrupts, 1919, S. 3694.

<sup>66</sup> Ebd.

<sup>67</sup> United States, National Archives, U.S. Passport Applications, 1795–1925.

<sup>68</sup> Der britische Zensus von 1911 und von 1921 sind in einer Datenbank durchsuchbar: <https://ukcensusonline.com/> (18.02.2025). 1911 führte Albert noch den Namen Neresheimer. Es gab zu diesem Zeitpunkt niemanden mit dem Namen Neres in London. 1921 dagegen ist er als Albert C Neres in Battersea aufgeführt, obwohl er da eigentlich schon in New York war.

## Spätere Kontakte und weitere Flügel-Leihgaben

Zwischen 1873 und 1893 scheint es kaum Kontakt zwischen Helmholtz und Steinway gegeben zu haben. In W. Steinways Tagebuch findet sich nur ein einziger Eintrag zu dem berühmten Physiker vom April 1876: »learn from Dr. Knapp that Helmholtz is coming«. <sup>69</sup> Hermann Knapp (1832–1911) war ein 1868 in die USA ausgewanderter Augenarzt und Freund von Helmholtz. <sup>70</sup> 1876 luden Knapps Kollegen Helmholtz zu einem internationalen Kongress für Augenärzte nach New York ein. Nach einigen Überlegungen musste dieser die Reise aber absagen. <sup>71</sup> Diese Gelegenheit für eine Begegnung kam also nicht zustande.

Die konkreten Umstände, die dann zur Leihgabe des zweiten Flügels an Helmholtz führten, sind unklar. In der Zwischenzeit ist keine weitere Kontaktaufnahme mit Helmholtz verbürgt und somit kein konkreter Anlass erkennbar. Zwar war W. Steinway im Sommer 1885 wieder auf Europa-Reise und kam Ende August nach Berlin, verzeichnete dabei aber kein Treffen. <sup>72</sup> Das neue Instrument war zwar technisch moderner, aber im Vergleich zum Konzertflügel Nr. 21 460 kleiner dimensioniert: Nr. 50 515 gehörte dem Modell B an mit 203,2 cm Länge (6' 8") und einem Tonumfang von nur sieben Oktaven. Der Eintrag im Seriennummernbuch lautet:

[Nr.] 50 515 | [Oktaven] 7 | [Modell] B | [Länge] 6' 8" | [Ausführung] Ebon[y]  
 Professor von Helmholtz [sic]. Berlin Feb 15 1885. (loaned)  
 Oscar Agthe | Berlin | Oct 10 1884<sup>73</sup>

Dem zugehörigen Eintrag im Seriennummernbuch nach soll das Instrument am 10. Oktober 1884 zu Oscar Agthe (1835–1909) nach Berlin gekommen sein. Dieser Vermerk wurde nichtig gemacht und darüber zu »Professor Von Helmholtz [sic]. Berlin Feb 15 1885. (loaned)« korrigiert. Oscar Agthe war selbst Klavierbauer und der Stiefbruder von Carl Bechstein. <sup>74</sup> In Zeitungsanzeigen wird Agthe als »alleiniger Vertreter der Firma Steinway & Sons New York« bezeichnet. <sup>75</sup> Insofern ist es plausibel, dass der Flügel sich seit Herbst 1884 bereits in Berlin befunden hat, als entschieden wurde, ihn an Helmholtz zu verleihen. Wieder führt eine Verbindung zu Bechstein. Bemerkenswert ist in diesem

<sup>69</sup> Steinway, Diary, 1861–1896, Eintrag vom 15.04.1876.

<sup>70</sup> Cahan, Helmholtz, 2010, S. 3.

<sup>71</sup> Cahan, Helmholtz, 2018, S. 439–440.

<sup>72</sup> Steinway, Diary, 1861–1896. Demnach hielt sich W. Steinway vom 30.08. bis 03.09. in Berlin auf.

<sup>73</sup> Steinway & Sons Seriennummernbuch, Eintrag zu Nr. 50 515.

<sup>74</sup> Nach dem Tod von Bechsteins Vater heiratete die Mutter Christine Ernestine Augusta den Kantor Johann Michael Agthe, der sich um die musikalische Erziehung seines Stiefsohns kümmerte, vgl. Wendt, Bechsteins, 2016, S. 19–21.

<sup>75</sup> »Oscar Agthe Correspondence«, New York, LaGuardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection, Box 5, Folder 3.

Zusammenhang, dass Agthes Geschäft und Helmholtz' Wohnung in derselben Straße lagen, wenn auch relativ weit voneinander entfernt.<sup>76</sup>

Helmholtz schrieb auch nach Erhalt des Flügels wieder einen Dankesbrief an Steinway, der nicht im Original vorliegt und nur in Auszügen im Katalog von 1885 abgedruckt wurde.<sup>77</sup> Bemerkenswert ist, dass Helmholtz in der Liste von Referenzen unter allen berühmten Personen, die ihr Lob über Steinway kundgetan hatten, immer noch an erster Stelle stand. Alle drei seiner bisherigen Briefe an Steinway werden zitiert. Auf derselben Seite folgen jene von Franz Liszt (1811–1886), Richard Wagner, Anton Rubinstein und Hector Berlioz (1803–1869). Diese Gewichtung zeigt, dass Helmholtz' Urteil selbst über 20 Jahre nach der Publikation der »Tonempfindungen« nichts an Bedeutung als Aushängeschild verloren hatte, zumal sein Werk in den USA 1885 durch die zweite Auflage von Ellis' Übersetzung gerade neue Aufmerksamkeit erhielt.

Helmholtz hob an seinem zweiten Steinway-Flügel Änderungen an der Duplex-Skala hervor: »Another feature of special interest to me in the new Steinway Grand pianoforte was the study of the perfect effect of the recent improvements in your duplex scaling caused by its greater and more favourable harmonic sub-divisions.«<sup>78</sup> Die harmonische Unterteilung sei nun vielfältiger und vorteilhafter. Mit dem Komparativ nimmt er wohl Bezug auf seinen ersten Flügel als Vergleichspunkt, dessen Duplex-Skala nur auf dem Stimmstock verwirklicht war und nur Oktaven zum jeweiligen Grundton erzeugte. Beim neuen Instrument ergaben sich womöglich auch andere Intervalle und der hintere Teil der Duplex-Skala war wahrscheinlich vorhanden. Diese Eigenschaften würden gut mit der allgemeinen Entwicklung der Duplex-Skala in diesem Zeitraum übereinstimmen, müssten aber an diesem oder einem ähnlichen Instrument überprüft werden. Über Flügel Nr. 50 515 sind nur die Grunddaten aus dem Seriennummernbuch bekannt. Im Unterschied zu den beiden anderen Instrumenten von 1871 und 1893 verzeichnet der Eintrag keine Rücksendung an Steinway, die das Leihverhältnis beendet hätte. Es ist also möglich, dass der Flügel auch nach Helmholtz' Tod bei der Familie verblieb.

Den dritten Flügel erhielt Helmholtz nach der letzten persönlichen Begegnung mit der Familie Steinway. Als Vertreter Deutschlands beim »International Electrical Congress«, der 1893 im Rahmen der Weltausstellung in Chicago stattfand, reiste Helmholtz in die USA.<sup>79</sup> Dabei machte er auch einen Ausflug nach New York und nahm sich eigens Zeit für einen Besuch in Steinway Hall sowie eine Führung in der Steinway-Fabrik. Dabei durfte er sich einen Flügel aussuchen. Über diesen Tag schrieb Anna von Helmholtz in einem Brief an ihre Tochter Ellen (verh. Siemens-Helmholtz, 1864–1941): »Am Montag mit Papa [Helmholtz] zu Steinway, wo wir uns einen Flügel aussuchen mußten. Die ganze Firma versammelte sich und es war sehr schön. Eigentlich reicht für uns der

<sup>76</sup> Ebd. ist Agthes Adresse mit Wilhelmstraße 11 angegeben. Helmholtz wohnte in der Neuen Wilhelmstraße, Siemens-Helmholtz, Helmholtz, 1929, Bd. 1, S. 209–211.

<sup>77</sup> Steinway & Sons, Illustrated Catalogue, 1885, keine Seitenzahl. Von dem Katalog konnte in den LaGuardia and Wagner Archives nur eine Kopie mit losen Seiten eingesehen werden. Manche Seiten waren nummeriert, andere nicht.

<sup>78</sup> Ebd., S. 5.

<sup>79</sup> Cahan, Helmholtz, 2018, S. 703–721.

bisherige Flügel gut aus, aber Mr. Steinway [wahrscheinlich William] versicherte, er habe so viel von Papas Akustik gelernt, daß er nur durch den Erfolg an seinem Instrument seinen Dank beweisen könne.«<sup>80</sup> Aus dem Zitat geht hervor, dass sich zu diesem Zeitpunkt nur ein weiterer Flügel im Besitz der Familie befunden habe. Dies bekräftigt die Annahme, dass Helmholtz seinen ersten Steinway-Flügel 1888 abgab, um fortan nur das neuere Modell von 1885 zu behalten.<sup>81</sup>

Helmholtz schickte zwei Briefe an Steinway. Den ersten verfasste er noch in New York im Oktober. Darin bedankte er sich für den Besuch in Steinway Hall und die Führung in der Fabrik.<sup>82</sup> Zwei Aspekte interessierten ihn an den Instrumenten besonders, weil sie »mit den Resultaten meiner akustischen Studien übereinstimmen«.<sup>83</sup> Zum einen war das wieder die »zweckmässige Abtheilung von aliquoten Theilen der Saitenlänge«, also eine Verbesserung der Duplex-Skala, die auch durch den »zusammenhängenden, wenig gewölbten festen Steg« unterstützt werde. Zum anderen hob er »die dem Saitendruck entgegenwirkende Wölbung des Resonanzbodens« hervor.<sup>84</sup> Sie ähnele der Wölbung des Trommelfells, die zu einer besseren Schwingungsübertragung an die Gehörknöchelchen diene. Im Dezember bedankte sich Helmholtz schließlich erstmals auf Englisch für den Erhalt des dritten Flügels.<sup>85</sup> Mehrere befreundete Musiker hätten bereits darauf gespielt. Darunter sei auch Max Planck, der nun als Helmholtz' Nachfolger den universitären Akustikunterricht übernommen habe.<sup>86</sup> Dem Eintrag im Seriennummernbuch zufolge wurde das Instrument am 10. Oktober 1893, also kurz nach Helmholtz' Abreise, zur Steinway-Fabrik in Hamburg und von dort weiter nach Charlottenburg geschickt. Der Eintrag im Seriennummernbuch lautet:

[Ser. Nr.] [Umfang] [Modell] [Maß] [Material] [Datum] [Anmerkungen]  
76 401 | 7 1/3 | B | 6' 10 1/2" | Eb[on]y | Jun 13/93 | new desk

[gegenüberliegende Seite: Versandinformationen]

Dr H. von Helmholtz | Charlottenburg (s[en]t to Steinway Pianof[abri]k Hamburg  
Oct 10/93) | Nov 12 1894<sup>87</sup>

<sup>80</sup> Brief von Anna von Helmholtz an ihre Tochter Ellen vom 03.10.1893, Siemens-Helmholtz, Helmholtz, 1929, Bd. 2, S. 75.

<sup>81</sup> Cahan, Helmholtz, 2018, S. 714, schreibt, Helmholtz habe den dritten Flügel wiederum im Austausch für den anderen bekommen, den er zuvor besaß. Leider ist nicht klar, von welcher Quelle er diese Information bezieht.

<sup>82</sup> Brief vom 06.10.1893 an »Hochgeehrter Herr«, New York, LaGuardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection, Box 040260, Folder 067, Letter 004.

<sup>83</sup> Ebd.

<sup>84</sup> Ebd.

<sup>85</sup> Cahan, Helmholtz, 2018, S. 714 und 845 FN30.

<sup>86</sup> Dieser Brief ist in der Datenbank der LaGuardia and Wagner Archives nicht verzeichnet. Laut ebd., S. 845, FN30 befand er sich in der Privatsammlung von Henry Z. Steinway. Auf S. 714 zitiert er weite Abschnitte dieses Briefs. Fotografische Ausschnitte des Originals sind außerdem in Steinway, People, 1961, S. 60, abgebildet.

<sup>87</sup> Steinway & Sons Seriennummernbuch, Eintrag zu Nr. 76 401.

Das Datum 12. November 1894 in der Spalte ganz rechts ist deutungsbedürftig. An dieser Position steht normalerweise das Versanddatum, das in diesem Fall aber schon in der Mittelspalte enthalten ist. Helmholtz starb am 08. September 1894. Da er und Anna zuletzt in einer Dienstwohnung für den Präsidenten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt gelebt hatten, musste Anna die Wohnung für den Amts-Nachfolger zur Verfügung stellen.<sup>88</sup> Aus ihren Briefen geht hervor, dass sie zum Jahreswechsel 1894/1895 den Besitz ihres Mannes ordnete und teilweise fortgab.<sup>89</sup> Somit wäre es naheliegend, dass sie im Zuge dessen auch den neuen Flügel an Steinway zurückschickte.

## Dokumentation des Helmholtz-Flügels

### Bauliche Besonderheiten

Nachdem der Fokus zunächst auf einer historischen Dokumentation lag, soll nun näher auf die baulichen Merkmale des Helmholtz-Flügels eingegangen werden, darunter Besaitung, Korpus-Konstruktion, Mechanik, Pedale, Platte, Resonanzboden und Stimmton.<sup>90</sup> Dazu ist es hilfreich, die Gesamtansichten des Flügels in Abbildung 43–46 vor Augen zu haben. Im Unterkapitel »Der Flügelbau unter Theodore Steinway« wird die bauliche Entwicklung der Steinway-Flügel zwischen 1868 und 1885 genauer nachgezeichnet.

Der Helmholtz-Flügel im Deutschen Museum ist 260 cm bzw. 8' 5" lang mit einem erweiterten Tonumfang von 88 Tasten. Er ist nie grundlegend restauriert worden. Saiten, Filzteile und Tastenbeläge tragen deutliche Altersspuren. Dieser Zustand macht ihn zu einer wertvollen historischen Quelle. Der Korpus ist mit Palisander (»Rosewood«) furniert. Die Beine, Lyra und das Notenpult des Helmholtz-Flügels sind mit Schnitzereien versehen (vgl. Abb. 43).

Von AAA bis C# sind seine Saiten umspannen. Dies ist auch genau der Bereich, auf den hier die Kreuzbesaitung angewendet wird (vgl. Abb. 44). Die Gesamtzahl der Saiten beträgt 246. Mehrfach wechselt ihr Durchmesser. Ihre jeweiligen Stärken sind auf dem Stimmstock aufgestempelt (Tabelle 4). Diese Markierungen sind höchstwahrscheinlich original, denn sie finden sich auch an anderen zeitgenössischen Steinway-Flügeln. Das verwendete Nummerierungssystem bezieht sich auf die 1834 von Webster in Birmingham eingeführten Stahlsaiten und heißt dementsprechend »Birmingham Gauge«.<sup>91</sup> Vertreten sind hier die Nummern 13 bis 21 1/2, wobei niedrigere Nummern dünnere Saitenstärken anzeigen:

<sup>88</sup> Siemens-Helmholtz, Helmholtz, 1929, S. 97.

<sup>89</sup> Ebd., Bd. 2, S. 96–97 und 103.

<sup>90</sup> Die Terminologie der Klavierteile folgt dem mehrsprachigen Wörterbuch Schimmel, Nomenclatur, 21997.

<sup>91</sup> Hipkins, Description, 1896, S. 10–11.

**Tabelle 4: Saitenstärkenummern und die zugehörigen Saitenchöre. 1 = AAA, 88 = c<sup>5</sup>**

Nr.	21 ½	21	20	19	18	17	16 ½	16	15 ½	15	14 ½	14	13 ½	13
Taste	1–19	20–21	22–27	28–31	32–39	40–49	50–54	55–60	61–66	67–72	73–76	77–80	81–84	85–88

Die klingende Länge der Saiten wird auf dem Stimmstock durch Agraffen begrenzt. Diese Führungsschrauben für die Saiten wurden 1808 von Sébastien Erard eingeführt.<sup>92</sup> Sie sind in den Teil des Eisenrahmens eingeschraubt, der den Stimmstock teilweise bedeckt. Die Wirbel stecken aber in Holz. Neben fast allen Wirbeln haben sich feine Querrisse gebildet. Der hölzerne Teil des Stimmstocks endet entlang der Linie, wo die Filzunterlagen einsetzen. Die Agraffen und die treppenförmige Unterlage der Duplex-Skala sind stark patiniert, was sich in einer dunklen Verfärbung äußert. Sie bestehen wahrscheinlich aus Eisen oder Messing.<sup>93</sup> Für die mit Filz bedeckten Saitenaufgaben des Bass- und Mittelbereichs scheint dagegen Holz verwendet worden zu sein, möglicherweise um den Neigungswinkel der Saiten von den Wirbeln zu den Agraffen genau nachbearbeiten zu können.

Die Platte des Helmholtz-Flügels stammt aus der Zeit vor Eröffnung einer eigenen Gießerei. Bei der externen Anfertigung kam es mitunter zu Material- und Verarbeitungsdefiziten.<sup>94</sup> Daher betrachtete Steinway die Herstellung eigener Gussrahmen als großen Qualitätssprung.<sup>95</sup> Ein auffälliges Merkmal an der Anhangplatte sind die neun sogenannten »cooling holes«, deren ungewöhnliche Form an die Blätter der Stechpalme erinnert.<sup>96</sup> Sie dienen neben rein dekorativen Zwecken einer gleichmäßigen Kühlung der gegossenen Platte, indem keine zu großen zusammenhängenden Flächen des Metalls zugelassen werden. Eine andere Erklärung besteht darin, dass sich die Schwingungen des Resonanzbodens unterhalb der Platte durch die Löcher besser an die Luft übertragen können.<sup>97</sup>

Ein Schriftfeld auf der Anhangplatte gibt an, welche Patente auf der Platte Anwendung gefunden haben. Demnach sind die Kreuzbesaitung, die verbesserte Befestigung der Agraffen und der »Doppeleisenrahmen-Resonator« von 1866 enthalten.<sup>98</sup> Dessen Merkmale waren die Anbringung eines Eisengerüsts unterhalb des Resonanzbodens und von Stellschrauben in dem Verbindungsstück mit der Platte, um eine Kompression des Resonanzbodens zu bewirken. Beides ist am Helmholtz-Flügel nicht vorhanden. Dieses Patent wurde 1872 insofern abgewandelt, als das Eisengerüst verschwand und die Einschraubvorrichtung des Resonanzbodens in vereinfachter Form an die Basswand in der Nähe der Hammerlinie rückte.<sup>99</sup> Am Helmholtz-Flügel scheint diese reformierte Version

<sup>92</sup> Palmieri, *Encyclopedia*, 1996, S. 21.

<sup>93</sup> Steinert, *Entwicklung*, 1849, S. 249, gibt an, dass Agraffen gewöhnlich aus Gusseisen oder Messing bestehen.

<sup>94</sup> Steinway & Sons, *Katalog*, 1876, S. 23–24.

<sup>95</sup> Ebd., S. 17–18.

<sup>96</sup> Kehl/Kirkland, *Guide*, 2011, S. 172.

<sup>97</sup> Steinert, *Entwicklung*, 1849, S. 18.

<sup>98</sup> W. Steinway: »Upright Double Iron Frame »Resonator«, US-Patent Nr. 55,385, 05.06.1866.

<sup>99</sup> Die leicht geschwungene, diagonal verlaufende Vorrichtung ist in der Aufsicht des Helmholtz-Flügels gut zu erkennen, vgl. Abb. 44.

vorzuliegen, obwohl sie noch nicht patentiert war. Andere Merkmale jenes Patents wie der durchgehende Steg und die markante diagonale, vom Diskantende ausgehende Plattenstrebe sind nicht enthalten. Dies deutet darauf hin, dass die Beschreibungen in den Patenttexten nicht immer mit der praktischen Umsetzung übereinstimmen.

Der Steg ist in einen Bass- und einen Hauptabschnitt getrennt. Der Basssteg ist nach hinten versetzt und trägt die überkreuzt geführten Saiten. Der Hauptsteg strebt in Richtung der Mitte des Resonanzbodens statt wie bei früheren Instrumenten parallel zur Hohlwand zu verlaufen. Die Stege bestehen aus Ahorn und sind aus mehreren Teilstücken zusammengesetzt. Die Auflagefläche der Saiten zwischen den Stegstiften wird üblicherweise mit Graphit bedeckt, um die Reibung zu minimieren. 1878 setzte ein Umbruch in der Korpuskonstruktion der Steinway-Flügel ein. Die gesamte Korpuswand (»Rim«) wurde nun aus langen, verleimten Furnierschichten in einer Presse gebogen und nicht mehr aus mehreren Teilen zusammengesetzt.<sup>100</sup> Die äußere Form des Flügels wirkte dadurch weniger gerundet. Bei näherem Hinsehen ist auf der Unterseite des Helmholtz-Flügels erkennbar, dass der S-förmig gebogene Bereich der Hohlwand schon aus sechs dünnen Schichten besteht.<sup>101</sup> Die Bass- und die Diskantwand dagegen scheinen aus einem massiven Holzstück zu bestehen. Von dem bei frühen Hammerflügeln verwendeten geschlossenen Unterboden ist eine Art Rahmen übriggeblieben, der beim Helmholtz-Flügel dunkel, fast schon schwarz gebeizt ist (vgl. Abb. 45). Er trägt die Pedalanlage und die Beine. Die Aussparung in der Mitte lässt die darunterliegenden Rastenkeile und den Resonanzboden erkennen. Am Resonanzboden verläuft die Maserung des Fichtenholzes diagonal zur Hammerlinie.<sup>102</sup> Da die Fasern somit in weiten Stücken parallel zum Steg verlaufen, können sie dessen Schwingung über die ganze Fläche des Resonanzbodens verteilen.

Auf beiden Klaviaturbacken (den Holzblöcken neben den äußersten Tasten) befindet sich eine gestempelte Signatur. Der Name »H. Brandes« deutet auf einen deutschstämmigen Vorarbeiter hin. Es ist nicht klar, ob eine Verbindung zu Heinrich Wilhelm Brandes besteht, der in Hamburg 1846 eine Pianofortefabrik gründete, die noch 1874 bestand.<sup>103</sup> Auf der Unterseite des Resonanzbodens befindet sich eine blasse Bleistift-Signatur nahe am hinteren Bein. Wahrscheinlich hinterließ sie der Vorarbeiter, der die letzte Überprüfung unternahm. Der Name lautet »Rug«.

<sup>100</sup> T. Steinway: »Console Grand Bent Rim Case, Iron Shoe, Radial Braces«, US-Patent Nr. 204,106, 21.05.1878. Kehl/Kirkland, Guide, 2011, S. 134.

<sup>101</sup> Auch auf einer Patentzeichnung von 1872 ist ein solcher Aufbau der Hohlwand klar zu erkennen. T. Steinway: »Monitor Grand Case, Cupola Plate«, US-Patent Nr. 127383, 28.05.1872, Fig. 2. ebd., S. 133.

<sup>102</sup> Eine Untersuchung zu diesem unscheinbaren Aspekt im Klavierdesign fehlt bisher. Stichproben lassen erkennen, dass es hier viele Varianten gab. Der Maserungsverlauf früher Hammerflügel erfolgte meist parallel zur Basswand und zu den Saiten, später kommen auch quer- oder diagonal verlaufende Maserungen vor. Blüthner, Lehrbuch, 1872, S. 131–132, bemerkt dazu, dass mit allen Maserungsrichtungen gute Ergebnisse erzielt werden können. In England werde die Querausrichtung bevorzugt, weil sie einen lauten, kräftigen Klang unterstütze.

<sup>103</sup> Sandler, Handbuch, 1874, S. 50.



Zwei weitere Patentkonstruktionen sind auf der Unterseite des Flügels zu erkennen. Auf dem Resonanzbodens befinden sich mehrere rundliche Schrauben, die »acoustics dowels«.<sup>104</sup> Sie reichen in den Steg hinein und verklammern ihn mit dem Resonanzboden. So soll die Schwingungsübertragung unterstützt werden. Außerdem sind an den Rastenkeilen seitlich Holzblöcke angeschraubt. Sie nehmen die Plattenstützschrauben auf, die die Platte in Position halten. Ihre runden Köpfe sitzen auf den Plattenstreben und sind in der Aufsicht des Flügels gut sichtbar. Dadurch, dass die Schrauben nicht mehr direkt in die Rastenkeile, sondern in die Blöcke neben ihnen führen, wird die Justierung und Reparatur vereinfacht. Das zugehörige Patent stammt aber erst von 1876.<sup>105</sup> Möglicherweise erfolgte die nachträgliche Ausstattung, als der Flügel 1888 in der Hamburger Fabrik aufbereitet wurde.

Bei der Mechanik handelt es sich um eine Doppelrepetitionsmechanik. Sie ist in den von T. Steinway patentierten »Grand Tubular Metallic Action Frame« eingepasst.<sup>106</sup> Dieser Metallrahmen dient dazu, die Position der Mechanik fein einzustellen, um somit bestimmten Spielanforderungen gerecht zu werden. Außerdem kann der Rahmen mit- samt der Mechanik einfach herausgenommen werden, ohne dass die Tastatur bewegt werden müsste. Dies erleichtert die Wartung sehr.

Der Flügel hat zwei Pedale, nämlich links das übliche Una-Corda-Pedal und rechts eine ungewöhnliche Form der geteilten Dämpfungsaufhebung. Letztere war bei frühen Hammerklavieren recht verbreitet, wurde aber nach 1830 fast nicht mehr verwendet.<sup>107</sup> Mit ihr konnten Bass und Diskant unabhängig voneinander gestaltet werden. Am Helmholtz-Flügel aber war die Absicht eine andere. Das Pedal sollte »die tiefsten 17 Töne durch einen Drücker extra« anheben und »das Mitschwingen der harmonischen Obertöne anderer als der angeschlagenen Saiten jedes einzelnen Tones sehr hübsch zu Empfindung bringen«.<sup>108</sup> Die ungedämpften Saiten werden somit zu Resonanzsaiten. Diese Idee ist der der Duplex-Skala nicht unähnlich. Schon einige Zeit vor Mai 1872 arbeitete Steinway also daran, Resonanzphänomene zur klanglichen Bereicherung zu nutzen. Wie schon an anderen Beispielen gesehen, scheinen es gerade die neuen Erkenntnisse zur Resonanz gewesen zu sein, die Klavierbauer besonders interessierten.

Welcher »Drücker« allerdings die geteilte Dämpfungsaufhebung aktivieren sollte, ist nicht ganz klar, denn das Pedal selbst ist nicht geteilt. Diese Konstruktion setzte sich nicht durch und wurde auch nicht patentiert. Helmholtz erwähnt die geteilte Dämp-

<sup>104</sup> T. Steinway: »Grand and Upright Soundboard Bridge with Acoustic Dowels«, US-Patent Nr. 88,749, 06.04.1869. Kehl/Kirkland, Guide, 2011, S. 133.

<sup>105</sup> T. Steinway: »Centennial Grand Nosebolt Nut«, US-Patent Nr. 178,565, 13.06.1876, ebd., S. 134.

<sup>106</sup> T. Steinway: »Tubular Metallic Action Frame«, 10.08.1869, US-Patent Nr. 93,647, ebd., S. 133.

<sup>107</sup> Clinkscale, Makers, 1999, Bd. 2, führt nach 1830 kein Klavier mit geteilter Dämpfung mehr auf. Einzig bei einem von Johann August Tischner in St. Petersburg gebauten Flügel ist die Datierung unklar und wird mit 1825–1855 angegeben, vgl. ebd., S. 377.

<sup>108</sup> Berlin, Archiv der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften, Brief von Steinway an Helmholtz, New York 11.03.1871 (Helmholtz-Nachlass Nr. 448). Vollständige Transkription in Anhang C.

fungsaufhebung in seinem Dankesbrief: »Den solirten Pedalzug finde ich für die Art Musik, die ich gern spiele, namentlich Stücke von Bach, äußerst vortheilhaft«. <sup>109</sup> Die Formulierung lässt auch die Deutung zu, dass er das Una-Corda-Pedal gemeint haben könnte, aber es ist ein so üblicher Bestandteil von Klavieren, dass man sich nicht eigens darüber äußern müsste. Die zeitgenössischen Entwicklungen der Stimmungen und Stimmtonhöhen, wie sie von Helmholtz und anderen vorangetrieben wurden, machten auch vor Klavierbauern wie Steinway nicht halt. Obwohl die Praxis in diesem Bereich vielfältig ist, gibt es doch recht konkrete Dokumente. Alexander Ellis beschäftigte sich intensiv mit Stimmtonen. Zur genauen Bestimmung von Schwingungszahlen hatte er einen Tonometer mit durchschlagenden Zungen von Georg Appunn zur Verfügung. <sup>110</sup> Er sammelte einen großen Satz von Daten zu historischen und aktuellen Stimmtonhöhen anhand von Orgelpfeifen und Stimmgabeln. Dafür nahm Ellis auch Messungen an jenen Stimmgabeln vor, die bei verschiedenen Klavierbauern im Einsatz waren. Ellis publizierte seine Ergebnisse in Form von mehreren langen Tabellen 1880, sowie 1885 im Anhang seiner zweiten englischen Edition von Helmholtz' »Tonempfindungen«. <sup>111</sup> Dort sind die Abschnitte über Tasteninstrumente und Stimmungen stark von der Zusammenarbeit mit Alfred James Hipkins (1826–1903) geprägt, einem der führenden Klavier-Experten seiner Zeit. Nach einer Karriere als Klavierstimmer bei Broadwood hatte Hipkins 1855 begonnen, eine Sammlung von datierbaren historischen Stimmgabeln anzulegen. <sup>112</sup> Ellis und Hipkins lernten sich 1876 kennen und arbeiteten von da ab zusammen. Ergänzend dazu liegen Daten über die in den USA vor 1900 üblichen Stimmöne vor, die Charles R. Cross (1848–1921) vom »Rogers Laboratory of Physics« am MIT gesammelt hat. <sup>113</sup> Zur Überprüfung der Frequenzen dienten verschiedene Stimmgabeln von Rudolph Koenig. <sup>114</sup>

In den USA waren um 1870 zwei verschiedene Stimmöne in Gebrauch, nämlich »French pitch«, also  $a_1 = 435$  Hz, und »high pitch«, dessen Werte variierten. <sup>115</sup> Zu diesen beiden Haupt-Stimmönen konnten noch weitere hinzukommen, wie Ellis ausführt:

Broadwood, Erard, Steinway, all use the sharp pitch for concerts, but Broadwood has a second medium A 446.2, for private, instrumental performance, and keeps French pitch for pianos to accompany private singers. Brinsmead uses the same three pitches. Other piano makers and tuners also use French pitch, as well as the

<sup>109</sup> New York, LaGuardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection, Brief von Helmholtz an Steinway, Berlin 09.06.1871 (Box No. 040260, Folder 67, Letter 01), Transkription in Anhang C.

<sup>110</sup> [o. A.], Hipkins, 1898, S. 582.

<sup>111</sup> 1885 erschien die zweite Auflage. Die erste von 1875 enthielt den Anhang noch nicht. Helmholtz/Ellis, *Sensations*, 1954, S. 493–513.

<sup>112</sup> [o. A.], Hipkins, 1898, S. 582.

<sup>113</sup> Cross, *Notes*, 1900.

<sup>114</sup> Ebd., S. 456 und 458.

<sup>115</sup> Ebd., S. 453–454.

high pitch, and others a so-called Society of Arts Pitch, which should have been A 444, but rises to A 445.7, 448.4, 449.4, 450.3; that is, gradually becomes the High Pitch.<sup>116</sup>

US-Orchester hatten traditionell einen »high pitch«, aber der »French pitch« gewann nach seiner Einführung immer mehr an Bedeutung.<sup>117</sup> Nach einer Phase steigender Stimmöne und wiederholter Ausgleichsbemühungen wurde das Bedürfnis nach einem festen Stimmton stärker. Die »Piano Manufacturers' Association« bestimmte 1891 ein Komitee unter der Leitung von William Steinway, um diesen Standardton zu bestimmen. Die Entscheidung fiel auf den »French pitch«, der als »International pitch« umbenannt um 1900 Standard war.<sup>118</sup> Dayton C. Miller (1866–1941) beglaubigte auf Basis von Rudolph Koenigs Methoden Stimmgabeln für Firmen, darunter auch für Steinway & Sons.<sup>119</sup> In der folgenden Tabelle sind die Angaben von Ellis (E) und Cross (C) zu Steinway in chronologischer Ordnung zusammengefasst:<sup>120</sup>

**Tabelle 5: Überlieferte Stimmöne von Steinway & Sons**

Jahr	Ort	Stimmton	Bemerkungen	Quelle, Seite
1879	London	$a^1 = 454,7$	Steinway (in England)	E, 507
1879	New York	$a^1 = 457,2$	from a fork obtained for me by Messrs. Steinway as representing their American pitch	E, 502
1880	New York	$a^1 = 458$	from a fork furnished by R. Spice as Steinway's pitch	E, 502
1880 (?)		$c^1 = 272,2$	Steinway's Pitch, fork furnished by R. Spice	C, 457
1880	New York	$c^2 = 544,5$	Steinway	C, 460
1883		$a^1 = 457,7$	Steinway	C, 461
1890/1891 <sup>121</sup>	New York	$a^1 = 456$	Steinway & Sons	C, 465

Alle New Yorker Steinway-Stimmgabeln zwischen 1879 und 1891 bewegten sich zwischen 456 und 458 Hz für das  $a^1$  und damit im Bereich des »high pitch«. Interessant ist, dass sowohl Stimmgabeln in  $a^1$  als auch in  $c^1$  und  $c^2$  verwendet wurden. Der Ton  $c^1$  mit

<sup>116</sup> Ellis, History, 1880, S. 312.

<sup>117</sup> Cross, Notes, 1900, S. 453–454.

<sup>118</sup> Ebd., S. 455–456.

<sup>119</sup> Pantalony, Sensations, 2009, S. 104–105.

<sup>120</sup> Die Daten stammen von Helmholtz/Ellis, Sensations, 1954, S. 502–511; und Cross, Notes, 1900. Unter »Quelle« ist bei jedem Wert ein Kürzel und die Seitenzahl angegeben.

<sup>121</sup> Diese Jahreszahl steht nicht direkt in der Tabelle bei Cross. Sie kann aber erschlossen werden. Die Piano Manufacturers' Association bat ihre Mitglieder 1891 um Einsendung von Muster-Stimmgabeln. Cross, Notes, 1900, S. 458.

256 Hz war der Bezugspunkt in der Akustikforschung. Rudolph Koenig produzierte Stimmgabeln sowohl mit diesem Standard für wissenschaftliche Zwecke als auch mit »French pitch« für die Musikpraxis.<sup>122</sup> Zwei Mal fällt der Name des Herstellers von Steinways Stimmgabeln: Robert Spice (1846–1920) aus Brooklyn.<sup>123</sup> Spice war Professor für Chemie. Zu seinen Vorlesungen und Publikationen zählten gelegentlich auch akustische Themen.<sup>124</sup> Ellis erläutert, dass Steinway in London etwas tiefer stimmte, um sich dem Gebrauch von Broadwood anzupassen.<sup>125</sup> In der Tabelle sind nur Vertreter des »high pitch« enthalten. Daraus sollte nicht der Eindruck entstehen, dass der »French Pitch« weniger gebräuchlich gewesen sei.

Für die Zeit ab 1850 erscheint es, als ob die gleichstufige Stimmung als fester Standard vorausgesetzt werden kann. Ein Blick auf Alfred James Hipkins' Biografie zeigt aber, dass es diesen Eindruck zu hinterfragen lohnt.<sup>126</sup> In seiner Jugend soll Hipkins mit der bisherigen Praxis der mitteltönigen Stimmung unzufrieden gewesen sein und sich Kenntnisse der gleichstufigen Stimmung aus einem Buch des Komponisten und Organisten William Crotch (1775–1847) angeeignet haben. Auch Walter Broadwood (1819–1898) sei auf diese Neuerung aufmerksam geworden und habe Hipkins 1846 beauftragt, die Stimmer der Firma in der gleichstufigen Stimmung zu unterweisen.<sup>127</sup> Zu diesem Zeitpunkt sei sie in England kaum verbreitet gewesen. Bis zu einer allgemeinen Akzeptanz vergingen dann noch einige Jahre.<sup>128</sup> An Helmholtz' Beispiel ist erkennbar, dass es auch Ende des 19. Jahrhunderts noch Gegenstimmen gab. Letztlich konnten bei Steinway aber keine konkreten Aussagen zur Stimmpraxis gefunden werden.

## Messungen

Ein zentraler Begriff im Klavierbau, der im Folgenden immer wieder auftauchen wird, ist die »Skala«. Im Unterschied zur Mensur, die nur die schwingende Länge der Saite bezeichnet, bezieht die Skala alle relevanten Faktoren wie Durchmesser, Länge, Spannung und Lage der Saiten ein. Da diese Parameter sich gegenseitig beeinflussen, bilden sie für Klavierbauer eine Einheit. Eigenschaften der Basssaiten sind beispielsweise ihre bei verkürzter Länge größere Masse, ein erhöhter Saitenzug in der untersten Oktave, und die überkreuzte Lage der Saiten.<sup>129</sup>

In den Mensuren und den Anschlagsstellen bestehen zentrale Gestaltungsmittel des Klavierklangs.<sup>130</sup> Für Messungen sind sie sehr aussagekräftig, weil sie sich auch dann nicht

<sup>122</sup> Pantalony, *Sensations*, 2009, S. 104.

<sup>123</sup> Cross, *Notes*, 1900.

<sup>124</sup> Beispielsweise Spice, *Experiments*, 1877.

<sup>125</sup> Ellis, *History*, 1880, S. 330.

<sup>126</sup> [o. A.], Hipkins, 1898, S. 581–586.

<sup>127</sup> Ebd., S. 582.

<sup>128</sup> Ebd., S. 582.

<sup>129</sup> Vgl. Conklin, *Design Factors*, 1990, S. 32.

<sup>130</sup> Henkel, *Mensurierung*, 1989, S. 107.

ändern, wenn Saiten oder Hammerköpfe im Laufe der Zeit ausgewechselt wurden. Einige Klavierbauer begannen die Entwurfszeichnung eines neuen Modells mit der Hammerlinie.<sup>131</sup> Um den Anschlagpunkt herum wurden die Messuren konstruiert. Ein Klavier wurde demnach unter Berücksichtigung der beabsichtigten Länge des Instruments von innen nach außen entworfen. Für das klangliche Ergebnis spielen aber alle Faktoren zusammen.<sup>132</sup>

Bei der Berechnung der Mensur müssen einige Kompromisse eingegangen werden. Theoretisch könnten die Saiten jeder Oktave doppelt so lang gewählt werden wie die der nächst höheren. Dies bezeichnet man als pythagoräische Mensur.<sup>133</sup> Im Diskant lässt sie sich auch umsetzen, aber nicht über den ganzen Tonumfang hinweg, weil sich dann mehrere Meter lange Basssaiten ergeben würden. Dort müssen die Saiten abhängig von der beabsichtigten Größe des Instruments verkürzt werden. Die geringeren Längen können durch steigende Durchmesser der Saiten ausgeglichen werden. Die Wechsel sollten sich aber klanglich nicht bemerkbar machen. Henkel benennt die Stelle, wo die Bass-Verkürzung endet, als meist bei  $f$ .<sup>134</sup> Für gewöhnlich wurde auch im Diskant kein exaktes 2 : 1-Verhältnis der Oktaven eingehalten, weil es klanglich nicht optimal war.<sup>135</sup> Es gab eine Vielzahl verschiedener Lösungen.

In der folgenden Grafik ist der Mensurverlauf des Flügels dargestellt, wobei jeweils von der Mitte der Agraffe bis zum inneren Stegstift gemessen wurde (Abb. 20).<sup>136</sup>

Die Extremwerte bewegen sich zwischen 1978 mm (AAA) und 45 mm ( $c^5$ ). Der  $c^2$ -Wert liegt bei 329 mm. Zwei Beobachtungen stechen besonders heraus: Der Übergang von der Kreuzbesaitung zur regulären Besaitung liegt zwischen  $C\#$  und  $D$ . In diesem Bereich stagnieren die Werte. Bis zu  $C\#$  reichen auch die umspannten Saiten. Sie steigern die Masse der Saiten und erlauben somit kürzere Messuren. Daher ist der Abfall der Kurve zwischen AAA und  $C\#$  relativ flach. Der Diskant ist ab der zweigestrichenen Oktave nicht genau pythagoräisch mensuriert ( $c$ : 1283;  $c^1$ : 642,5 –  $c^2$ : 329 –  $c^3$ : 172,5 –  $c^4$ : 90,5 –  $c^5$ : 45; Maße in mm).

Zudem ist interessant, wie sich die Duplex-Längen im Vergleich zur Mensur der Hauptsaiten verhalten. Die Duplex-Skala erstreckt sich vom 52. bis 88. Saitenchor, weshalb der folgende Ausschnitt gewählt wird (Abb. 21):

Bei der Messung der Duplex-Längen ergab sich das Problem, dass der beabsichtigte Startpunkt nicht bekannt ist. Es wurde ab der Kante der Filzauflage gemessen, die aber unordentlich geschnitten und daher teils ausgefranst war. Wenn sich dadurch auch kleine

<sup>131</sup> Blüthner, Lehrbuch, 1872, S. 115, oder Petersen, »Schwachstarkastenkasten«, 2011, S. 151–152.

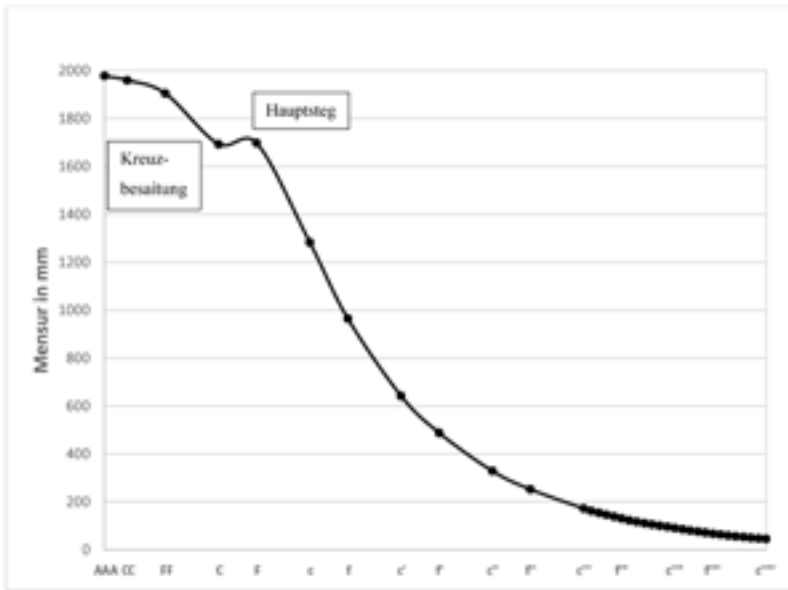
<sup>132</sup> Henkel, Mensurierung, 1989, S. 107 und 132.

<sup>133</sup> Poletti, Pythagoras, 2004, S. 273–274.

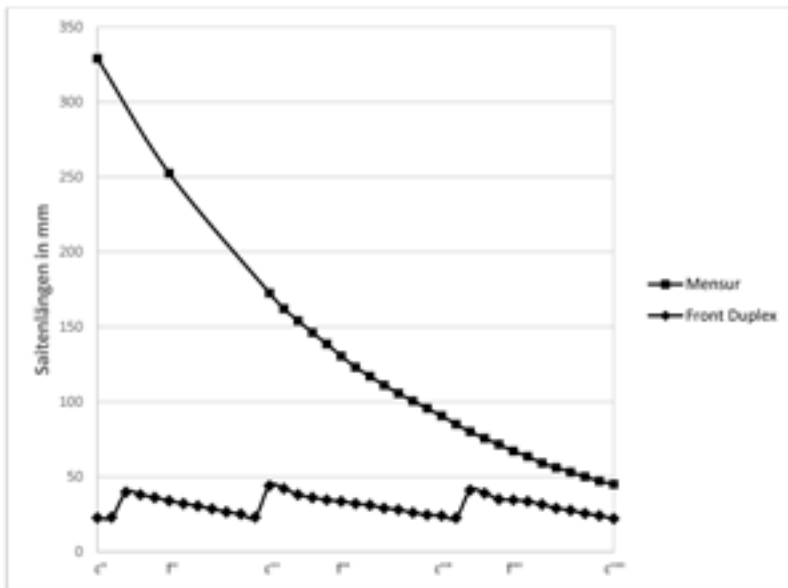
<sup>134</sup> Henkel, Mensurierung, 1989, S. 112.

<sup>135</sup> Ebd., S. 129.

<sup>136</sup> Bei der Messung erhielt ich Unterstützung durch die Klavierbauerin Susanne Wittmayer. Eine Tabelle der Messwerte und näheres zu der Messmethodik ist in Anhang C zu finden. Es gibt keine festen Konventionen über die Visualisierung von Mensurkurven. Bisweilen werden die gemessenen Werte nicht direkt, sondern in einer logarithmischen Darstellung aufgeführt, oder in ihre  $c^2$ -Äquivalenzlängen umgerechnet. Näheres zu letztgenannter Methode bei ebd., S. 110–111.



**Abb. 20** Mensurverlauf des Helmholtz-Flügels.



**Abb. 21** Mensur und »Front Duplex«-Längen im Diskant des Helmholtz-Flügels ab Taste Nr. 52.

Verschiebungen ergeben, so bleibt das Verhältnis der Duplex-Länge zur Mensur doch erkennbar bei  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{8}$  oder  $\frac{1}{16}$ , was den Oktaven über dem jeweiligen Grundton entspricht. Die Anordnung der Intervalle zwischen dem Duplex-Abschnitt und der Hauptsaiten entspricht genau dem Patent.<sup>137</sup>

Helmholtz hatte die Beobachtung aufgestellt, dass sich die Anschlagsstellen in Bass und Mittellage zwischen  $\frac{1}{7}$  und  $\frac{1}{9}$  der klingenden Länge bewegten. Somit sollten diese zum Grundton dissonanten Teiltöne unterdrückt werden. Mehrere Klavierbauer wandten ein, dass sich dieses Vorgehen in der Praxis nicht als vorteilhaft erweise und andere Verhältnisse gewählt werden müssten.<sup>138</sup> Andere, darunter Steinway und Erard, hielten an ihren Klavieren genau den von Helmholtz beobachteten Verlauf ein.<sup>139</sup> Im Diskant verlassen die Anschlagsstellen aber diesen fest definierten Bereich und können stark variieren. Der Übergang geschieht gewöhnlich in der zweigestrichenen Oktave.

Bei der Messung am Helmholtz-Flügel ergab sich das Problem, dass der Filzbezug der Hammerköpfe stark abgenutzt war und sich daher deutlich Rillen abzeichnen, wo der Hammerkopf die Saiten berührt. Da dies aber eine Fläche ergibt und keinen klaren Punkt, wurde die Mitte dieser Fläche gemessen. Dass damit nicht der anfangs intendierte Wert wiedergegeben wird, ist nicht auszuschließen, doch kann nur die gegenwärtig vorhandene Situation erfasst werden. Wichtig ist auch zu bemerken, wo ein Hammerkopf ausgetauscht oder ein gebrochener Hammerstiel repariert wurde, denn dort ergeben sich möglicherweise verfälschte Werte. Tatsächlich weichen sie dort teils stark von den umliegenden ab, wie Pfeile unter den Messpunkten anzeigen (Abb. 22).

In dem Bereich des Übergangs der Kreuzbesaitung, wo die Mensurwerte stagnieren, bleiben auch die Anschlagsstellen konstant, sodass sich das Längenverhältnis zur Hauptsaiten nicht ändert. Vergleichswerte liegen für einen Steinway-Flügel mit selbem Tonumfang von 1892 vor.<sup>140</sup> Obwohl die Verläufe im Einzelnen nicht genau gleich sind, stimmen doch zentrale Gestaltungsmittel überein: Vom tiefsten Bass bis zur zweigestrichenen Oktave bewegen sich alle Werte zwischen  $\frac{1}{8}$  und  $\frac{1}{9}$ , bleiben aber nicht genau auf exakt dem Wert. Ellis hatte selbst bei einem Steinway-Flügel in London die Anschlagsstellen von  $c$ ,  $c^1$  und  $c^2$  gemessen und diese bei  $\frac{2}{17}$ ,  $\frac{2}{18}$ , und  $\frac{2}{17}$  gefunden.<sup>141</sup> Diese Werte liegen also ebenfalls zwischen  $\frac{1}{8}$  und  $\frac{1}{9}$  der klingenden Länge.

Somit scheint dieser Bereich nicht zufällig erzielt worden zu sein, sondern einer gewissen Regelhaftigkeit zu unterliegen. Auch ein Erard-Flügel von 1853 zeigt dasselbe Muster, wenn er auch durch den kleineren Tonumfang im Diskant nicht so extreme Werte erreicht.<sup>142</sup>

<sup>137</sup> Für eine genaue Grafik der erzielten Intervalle siehe Plath/Preller, *Process*, 2018, S. 358.

<sup>138</sup> Hansing, *Pianoforte*, 1909, S. 90–92; siehe auch Paul, *Geschichte*, 1868, S. 40–41.

<sup>139</sup> Vgl. die Messungen an Flügeln von Erard, Pleyel und Steinway bei Winter, *Striking*, 1988, S. 287–288.

<sup>140</sup> Ebd., S. 288, Abb. 9.

<sup>141</sup> Helmholtz/Ellis, *Sensations*, 1954, S. 76, Fußnote †.

<sup>142</sup> Winter, *Striking*, 1988, S. 287, Abb. 8.

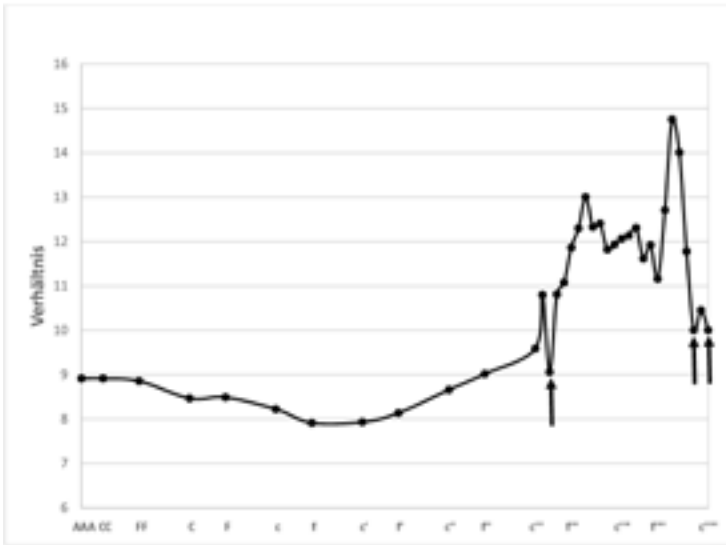
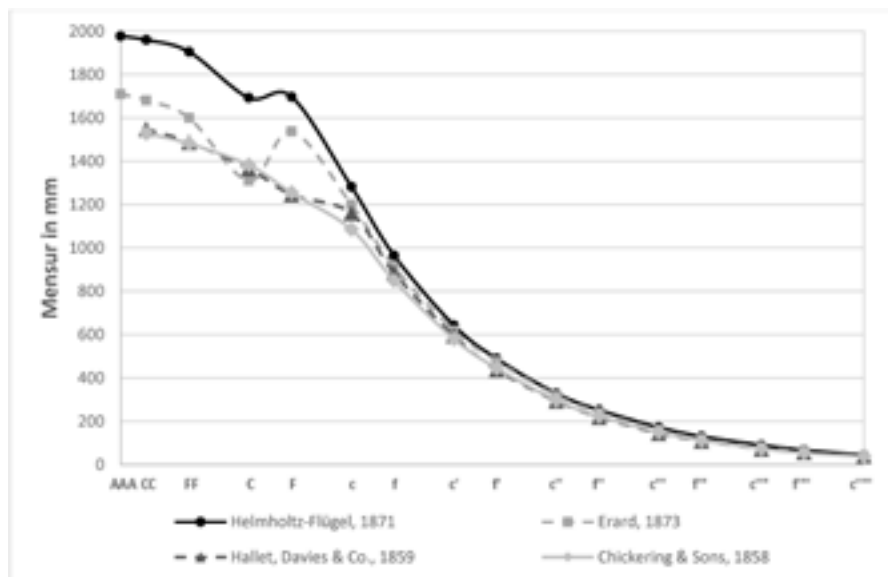


Abb. 22 Die Anschlagsstellen des Helmholtz-Flügels.

Beim Helmholtz-Flügel und dem oben genannten Steinway von 1892 ist die Bandbreite der Werte im Diskant viel größer und bewegt sich zwischen  $\frac{1}{9}$  und  $\frac{1}{13}$ . Beide Kurven erreichen mit steigender Tonhöhe ein vorläufiges Maximum in der dreigestrichenen Oktave und sinken zunächst ab, um dann nach  $f^{\sharp}$  wieder steil anzusteigen. Nur beim Helmholtz-Flügel fallen die letzten fünf Werte dann wieder ab. An den Hämmern zu Taste 86 und 88 liegen aber Reparaturen vor, durch die der Anschlagspunkt auf genau  $\frac{1}{10}$  fällt. Dies könnte täuschen. Eine mögliche Erklärung für die Unterschiede lautet, dass der Helmholtz-Flügel im Gegensatz zu dem späteren ursprünglich nicht mit einer Duplex-Skala konzipiert wurde. Somit könnte den Anschlagsstellen dort eine größere Bedeutung zum Ausgleich störender Klangeinflüsse zugekommen sein. Der bis  $c^5$  erweiterte Tonumfang war auch noch sehr neu und seine Klanggestaltung noch nicht etabliert. Bei diesen höchsten Tönen sind die Messungen zudem am wenigsten zuverlässig, weil sich kleine Messungenauigkeiten hier stark auswirken. Beispielsweise beträgt die schwingende Länge bei  $c^5$  nur 45 mm, sodass ein abweichender Messwert um 0,5 mm bei der Anschlagsstelle das Verhältnis deutlich ändert. Bei den gemessenen 4,5 mm ist es  $\frac{1}{10}$ , bei 5 mm  $\frac{1}{9}$  der klingenden Länge.

Um die Eigenheiten des Helmholtz-Flügels besser einordnen zu können, hilft ein Vergleich mit anderen zeitgenössischen Flügeln (Abb. 23). Ähnlichkeiten zu anderen Herstellern sind insbesondere bei Erard oder Chickering & Sons zu vermuten. Daher sollen in der folgenden Grafik die Mensurverläufe solcher Flügel als Vergleichsbasis aufgeführt werden.





**Abb. 23** Messuren ausgewählter Flügel nach 1850 im Vergleich zum Helmholtz-Flügel.<sup>143</sup>

Zunächst ist wichtig zu bemerken, dass bei den drei Flügeln nur zwei Messpunkte pro Oktave (jeweils  $c$  und  $f$ ) zur Verfügung stehen. In den Katalogen geben diese Werte eine Orientierung über die Tendenzen der Verläufe, doch entsteht bei einer Visualisierung der Eindruck einer geglätteten Kurve. Trotzdem kann man visuell wichtige Informationen gewinnen, die aus Zahlenreihen vielleicht nicht direkt offensichtlich sind.

Insbesondere im Diskant sind die Kurven sehr ähnlich. Eine Orientierung an der pythagoräischen Mensur scheint dort bevorzugt zu werden. Die  $c^2$ -Werte bewegen sich zwischen 294 mm bei Hallet bis zu 329 mm beim Helmholtz-Flügel. Im Bass sticht der Londoner Erard von 1873 hervor. Ein solcher Bruch in der Kurve ist durch einen geteilten Basssteg zu erklären. Er fällt stärker aus als beim Helmholtz-Flügel. Die Messwerte der beiden Bostoner Instrumente liegen so nahe zusammen, dass kaum von einem Zufall ausgegangen werden kann. Die Vergleichsflügel sind alle geradsaitig und haben 85 Tasten, wobei der Tonumfang der beiden amerikanischen Exemplare  $CC$ – $c^5$  beträgt, der bei Erard aber  $AAA$ – $a^4$ .<sup>144</sup> Die Klaviere sind mit 1,91 bis 2,06 Metern Länge von miteinander vergleichbarer Größe, aber deutlich kleiner als der Helmholtz-Flügel mit 2,60 Metern. Daher erklären sich seine deutlich längeren Messuren im Bass: Die Differenz bei  $CC$ ,

<sup>143</sup> Die Daten stammen von: Koster, Instruments, 1994, S. 300 und 306; Beurmann, Buch, 2007, S. 303. Nach 1850 gebaute Flügel sind aber eher selten in öffentlichen Sammlungen zu finden. Daher ist es schwierig, genügend geeignete Vergleichsexemplare zu finden.

<sup>144</sup> Koster, Instruments, 1994, S. 300 und 306; Beurmann, Buch, 2007, S. 303.

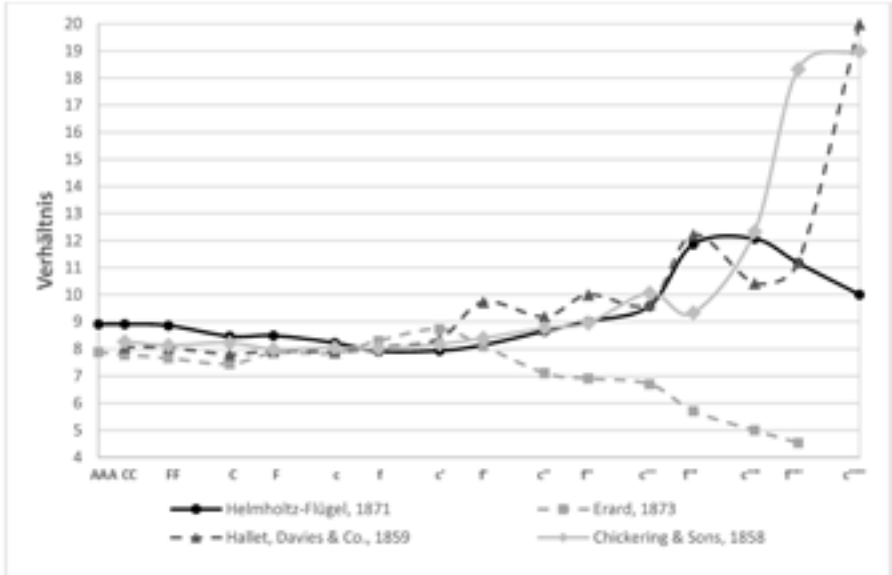


Abb. 24 Die Anschlagsstellen dreier zeitgenössischer Flügel im Vergleich.

dem tiefsten gemeinsamen Ton, beträgt zwischen dem Chickering und dem Helmholtz-Flügel sogar 43,1 cm. Auch Helmholtz waren in seinem Dankesbrief an Steinway die besonders langen Basssaiten aufgefallen.

Auch ein Vergleich der Anschlagsstellen ist interessant, aber wieder den gleichen Einschränkungen unterworfen (Abb. 24). Hier sind sogar noch größere Abweichungen zwischen den Werten von jedem Saitenchor zu erwarten.

Es verstärkt sich der Eindruck, dass die Anschlagsstelle zwischen  $\frac{1}{7}$  und  $\frac{1}{9}$  in Bass und Mittellage eine konstante Entscheidung ist. Im Diskant gehen die Werte dagegen sehr stark auseinander. Wieder stimmen die beiden Flügel aus Boston in ihren generellen Verläufen überein. Sie streben bis zu  $\frac{1}{20}$  der Saitenlänge an, also ganz nah an den Agrafen. So wird eine schärfere Klangfarbe erzielt. Die gegenteilige Entscheidung wird bei dem Erard getroffen: Hier liegt der Wert des höchsten Tons  $f^4$  zwischen  $\frac{1}{4}$  und  $\frac{1}{5}$  der Länge. Die Saiten werden eher in Richtung der Mitte angeschlagen. Winter vergleicht zwei Pleyel- und einen Erard-Flügel zwischen 1837 und 1853 und findet genau die gleichen Kontraste.<sup>145</sup> Dies bestätigt Helmholtz' Beobachtung, wonach Klavierbauer im Diskant zwei unterschiedlichen Prinzipien folgen: Entweder sie halten den Klang der höchsten Töne grundtönig »mild und angenehm, flötenähnlich« oder obertonreich »gellend und durchdringend [...], gleich der Piccolflöte [sic]«. <sup>146</sup> Er weist auch darauf

<sup>145</sup> Winter, Striking, 1988, S. 287, Abb. 8.

<sup>146</sup> Beide Zitate aus Helmholtz, Lehre, 1863, S. 317.

hin, dass der Effekt auf die Klangfarbe durch einen weicheren oder härteren Hammerkopf ausgeglichen werden kann.<sup>147</sup> Der Helmholtz-Flügel geht einen Zwischenweg zwischen den Extremen. Natürlich ist ein Vergleich mit nur drei anderen Flügeln nicht repräsentativ. Er zeigt aber gewisse Tendenzen dieser Zeit in der Gestaltung und wie sich Steinway zu ihnen verhält. Helmholtz' Beobachtungen erweisen sich als sehr gut anwendbar und treffend.

<sup>147</sup> Ebd., S. 133 und 317.

## Die Entwicklung der Duplex-Skala bis ca. 1885

### Zum Namen der Erfindung

Nur wenige Steinway-Patente haben so eine einprägsame und werbewirksame Bezeichnung erhalten wie die Duplex-Skala. Abgesehen von dem ungewöhnlichen Namen war auch die behauptete Verbindung zu Helmholtz eine für die Bekanntheit förderliche Maßnahme. Ein Hersteller profitiert davon, seine Marke mit gewissen Assoziationen zu belegen und somit griffig klarzustellen, worin sich seine Instrumente von denen der Konkurrenz abheben. Ein Beispiel dafür, wo diese Verknüpfung eines Klavierbauers mit einer für ihn typischen Konstruktion gelungen ist, bietet die »Aliquot-Besaitung« von Blüthner, die einige Parallelen, aber auch entscheidende Unterschiede zur Duplex-Skala aufweist. Das Konzept hierzu ist streng genommen nicht neu, da es sich schlicht um das Hinzufügen einer Resonanzsaite pro Saitenchor handelt, die nicht vom Hammer angeschlagen wird. Resonanzsaiten waren gerade im 18. Jahrhundert in Gebrauch, fanden aber wenig Anwendung bei Tasteninstrumenten.<sup>1</sup> Darin zumindest bestand eine gewisse Neuheit. Das Wort »Aliquot« war ein in der Musiktheorie des 18. Jahrhunderts bereits gängiger Terminus, der darüber hinaus auch in der Akustikforschung und in Orgelbau-traktaten Einzug fand.<sup>2</sup>

Anders verhält es sich bei der Duplex-Skala, deren Titel dem US-Patent nach vollständig »Improvement in Duplex Agraffe Scales for Piano-Fortes« lautete. Auf Deutsch verwendete T. Steinway auch die Bezeichnung »Doppelmensur«.<sup>3</sup> Es stellt sich die Frage, worin das *doppelte* Element bestehen soll, denn die Saiten werden durch die Duplex-Skala eigentlich in drei schwingende Teile gegliedert, die jeweils für sich exakt bemessen sind. Tatsächlich spricht W. Steinway in einer der frühesten Erwähnungen der Erfindung in seinem Tagebuch noch von einem geplanten »three scale patent«.<sup>4</sup> Erklärungsbedürftig ist ebenso die Wahl der Vokabel »Duplex« statt des näher liegenden »double«. Liest man die Benennungen etwa zeitgleich patentierter Erfindungen fällt auf, dass der Bestandteil »Duplex« darin nicht untypisch ist. Er kommt bei Duplex-Lokomotiven, Duplex-Telegraphen oder auch Duplex-Dampfpumpen vor.<sup>5</sup> Somit stellt sich die Duplex-Skala in eine Reihe mit technischen Neuheiten außerhalb des Klavierbaus, die für Wissenschaftlichkeit und Innovation stehen. Dass die Steinways von solchen Entwicklungen durchaus Notiz genommen haben könnten und ein breites Interesse für die neuesten Technologien aufbrachten, zeigt sich schon in der Modernität der 1860 eröffneten Fabrik mit Brandschutz-

<sup>1</sup> Vgl. Küllmer, Saiten, 1986, S. 28–33.

<sup>2</sup> Ebd., S. 133–137.

<sup>3</sup> Obwohl die Mensur streng genommen nur die klingende Länge bezeichnet, wird das Wort oft synonym zu Skala gebraucht, vgl. Henkel, Mensurierung, 1989, S. 107.

<sup>4</sup> Steinway, Diary, 1861–1896, Eintrag vom 02.04.1872. »At 5 P.M. at Theodors house, looking over his new three scale Patent with Mr. Hauff.«

<sup>5</sup> Beispiele in Janssen, Index, 2010, Bd. 1, S. 7, 94, 97, 141; Cooper-Hewitt Museum, Enterprise, 1984, S. 71.

türen, Aufzügen, über 100 Maschinen, die von vier großen Dampfkesseln betrieben wurden, und Telegrafleitungen zwischen den verschiedenen Firmengebäuden.<sup>6</sup> 1877 wurde in Steinway Hall das erste Konzert per Telefon übertragen und ein Jahr später wurden Telefone in der Fabrik installiert.<sup>7</sup>

Die Duplex-Skala gehört zu den Steinway-Erfindungen, die bis heute ein fester Bestandteil von Flügeln fast aller Hersteller sind. Von Beginn an hat sie jedoch stark polarisiert und die Meinungen über ihre Nützlichkeit sind bis heute geteilt.<sup>8</sup> Entweder wurde sie klanglich für nicht wirksam oder gar schädlich gehalten, oder als vorteilhafter und auf wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhender Beitrag gefeiert. Unter den frühen Kritikern ist Ludwig Bösendorfer (1835–1919) besonders stark hervorgetreten.<sup>9</sup> Der Klavierbauer und -historiker Paul Poletti urteilt, Steinways Erklärung der Funktionsweise sei »pure fantasy. [...] The actual text has about as much scientific validity as the sales talk for ›marvel cures and remedies‹ of the quack doctors [...]«. <sup>10</sup> Die gegensätzliche Position ist beispielsweise in dem Zitat aus der Überschrift von Fanny Morris Smith vertreten: »This scale, which rests upon the scientific investigations of Helmholtz, is one of the most beautiful applications of science to art that our civilization has seen.« <sup>11</sup>

Das Verhältnis speziell von Theodore Steinway zu Helmholtz wurde im Unterkapitel »Wie intensiv war der Kontakt zwischen Steinway und Helmholtz?« bereits näher beleuchtet. Gerade die Erfindung der Duplex-Skala soll Helmholtz besonders stark beeinflusst haben. So schrieb Oscar Paul in seinem Bericht zur Wiener Weltausstellung 1873:

Wie ich weiss, hat auch Helmholtz sich über diese neue Errungenschaft ausserordentlich anerkennend ausgesprochen. Diese äusserst sinnreiche und aus wissenschaftlichem Erkennen hervorgegangene Construction ist Herrn Theodor Steinway zu danken, welcher sich ganz besonders mit der praktischen Verwerthung der Helmholtz'schen Analysen beschäftigt. <sup>12</sup>

Bis heute hat sich die Vorstellung einer wie auch immer gearteten Mitwirkung von Helmholtz an der Duplex-Skala fest etabliert. <sup>13</sup> Deshalb ist es an der Zeit, diese Annahme zu überprüfen. Bei einer Konstruktion wie der Duplex-Skala sollten die Theorie und die praktische Umsetzung zu einem bestimmten Zeitpunkt getrennt betrachtet werden, denn gewisse Kernelemente und erwünschte Resultate sind in einem Klavierbaupatent zwar

<sup>6</sup> Paul, Geschichte, 1868, S. 175–181.

<sup>7</sup> Steinway, Diary, 1861–1896, Eintrag vom 02.04.1877: »In afternoon Telephone experiments, in evening at Steinway first Telephone Concert quite successful.«; Eintrag vom 03.09.1878: »Telephone being put into our office and factory and works first rate.« Für eine Abbildung der Telefon-Übertragung in Steinway Hall siehe Steinway, People, <sup>2</sup>1961, S. 27.

<sup>8</sup> Vgl. Öberg/Askenfelt, Influence, 2012, S. 856–857.

<sup>9</sup> Er »erklärte diese Erfindung als akustischen Unsinn und kaufmännischen Schwindel«, vgl. Steinway, Steinway, 1875, S. 77.

<sup>10</sup> Poletti, Steinway, 2000.

<sup>11</sup> Smith, Art, 1892, S. 58.

<sup>12</sup> Steinway, Steinway, 1875, S. 78.

<sup>13</sup> Vgl. Giordano, Physics, 2010, S. 143.

festgelegt, andere Gestaltungsmittel bleiben aber variabel. Beispielsweise besteht das Hauptmerkmal der Kreuzbesaitung im Anordnen der umsponnenen Basssaiten diagonal über denen der höheren Oktaven. Für die konkrete Ausführung gibt es jedoch mehrere Optionen: Wie viele Saiten sind betroffen, in welchem Winkel stehen sie zu der übrigen Besaitung, welche Folgen ergeben sich für die Steganordnung (genaue Position, Höhe, durchgehender Ringsteg oder getrennter Basssteg)? Diese Parameter können im Laufe der Zeit Änderungen unterworfen sein, die sich an den Instrumenten spiegeln. Bis zu einem gewissen Grad können auch schriftliche Dokumente solche Informationen liefern. Bisher sind aber kaum Studien erschienen, die den historischen Varianten einer Klavier-Patentkonstruktion und den Gründen für Modifikationen nachspüren. Im Falle der Kreuzbesaitung von 1859, die ebenfalls bei fast allen modernen Flügeln zum Einsatz kommt, hat Poletti die Erklärungen im Patenttext mit der frühen Implementierung abgeglichen.<sup>14</sup> Demnach sollten zwei Wirkungen erzielt werden: Die diagonale Anordnung lasse längere Basssaiten zu und der Steg könne näher in die Mitte des Resonanzbodens rücken und dort freier schwingen. Beide Ergebnisse müssten sich an frühen kreuzsaitigen Flügeln im Vergleich zu Geradsaitern nachmessen lassen. Polettis Überprüfung ergab allerdings, dass beide Behauptungen nicht in einem aussagekräftigen Maße zutreffen. Diese Feststellung impliziert jedoch nicht, dass die Konstruktion insgesamt wirkungslos wäre, sondern vielmehr, dass ihre Verdienste möglicherweise andere sind als die im Patent beschrieben. Daran schließt sich die Frage an, ob die Erklärungen in den Patenten tatsächlich den vollen Kenntnisstand der Klavierbauer widerspiegeln, oder ob sie einige Details bewusst verschweigen, damit bestimmte Informationen für die Konkurrenz nicht nachvollziehbar sind. Poletti vermutet als tatsächlichen Beweggrund für die Kreuzbesaitung, dass die Platte damit einfacher in einem Stück gegossen werden konnte und sich Verformungen minimieren ließen, die bei der Kühlung der großen gusseisernen Platten auftreten und diese mitunter komplett unbrauchbar machen können.<sup>15</sup> Dass sich die Kreuzbesaitung letztlich allgemein durchsetzen konnte, liegt laut Poletti nicht unbedingt nur an ihren praktischen Vorteilen, sondern auch an der Vermarktung durch Steinway:

The Steinway piano simply dominated the market and thereby created it's [sic] own self-propagating definition of a »good« piano. The use of pseudoscientific promotional materials may have further created the general perception that builders who followed any other path [...] were old-fashioned and backward.<sup>16</sup>

Ähnliche Aspekte könnten auch im Falle der Duplex-Skala eine Rolle gespielt haben. Mit einem Vergleich der zeitgenössischen Erklärungen zur Funktionsweise einerseits mit der praktischen Umsetzung in den ersten beiden Jahrzehnten andererseits können folgende Leitfragen angegangen werden: Inwiefern werden die im Patent geforderten proportio-

<sup>14</sup> Poletti, Steinway, 2000.

<sup>15</sup> Ebd., S. 252.

<sup>16</sup> Ebd., S. 253–254.

nalen Längen bzw. die erzielten Intervalle exakt umgesetzt? Stimmt die im Patent niedergelegte Theorie mit der Praxis überein? Lassen sich Argumente identifizieren, die auf einer Lektüre von Helmholtz' Akustik-Studien beruhen? Wie lange streckte sich die Vorlaufzeit der Entwicklung hin? In welchem zeitlichen Verhältnis steht die Patentanmeldung zur erstmaligen Implementierung an einem Flügel?

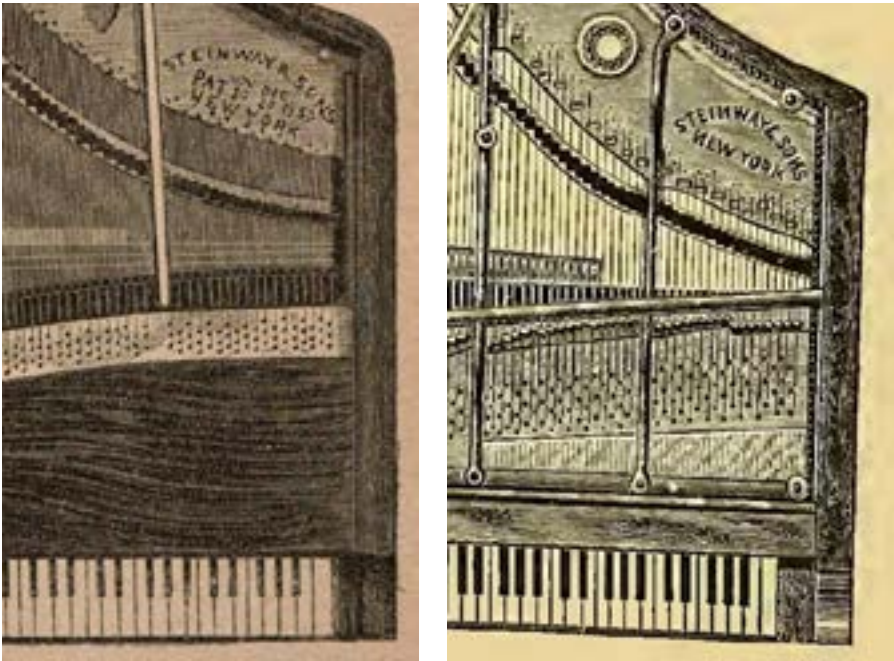
## Historische Erklärungsversuche der Funktionsweise

Generell versteht sich diese Arbeit als eine historische, deren Fokus darauf liegt, die Verbreitung des akustischen Wissens im Klavierbau während des 19. Jahrhunderts nachzuvollziehen, und nicht auf der Überprüfung des damaligen Kenntnisstands mit heutigen Mitteln. Ohnehin ist die moderne Sekundärliteratur zur Duplex-Skala spärlich und bis heute liegt kein Versuch einer vollständigen Erklärung der genauen Vorgänge vor.<sup>17</sup> Dafür wurden einige ihrer Effekte untersucht. Bevor aber die historischen Aussagen zur Funktionsweise der Duplex-Skala angeführt und verglichen werden, sei kurz beschrieben, worin die Erfindung besteht: Die Duplex-Skala wird auf den Diskantbereich und in unterschiedlichem Ausmaß auch auf die Mittellage eines Klaviers angewendet. Dort sind jeweils drei Saiten zu einem Chor zusammengefasst und werden zusammen vom Hammer angeschlagen. Jede Saite wiederum lässt sich in drei Abschnitte gliedern. Vom Wirbel bis zur Agraffe, von der Agraffe bis zum inneren Stegstift des Resonanzbodensteges, und vom äußeren Stegstift bis zum Anhangstift. Nur der mittlere Abschnitt bestimmt die klingende Länge. Die beiden kürzeren Außenlängen wurden vor Erfindung der Duplex-Skala mit Filz abgedämpft. Statt sie komplett ungenutzt und stumm zu belassen, besteht die Kernidee der Duplex-Skala darin, diese beiden Abschnitte in einem proportionalen Verhältnis zur klingenden Länge abzutheilen, sodass sie mitschwingen und den Obertongehalt des Klanges bereichern können. Dazu werden die Saiten an den entsprechenden Stellen durch kleine Stege oder Agraffen abgegriffen, die verschiedene Gestalt annehmen können.

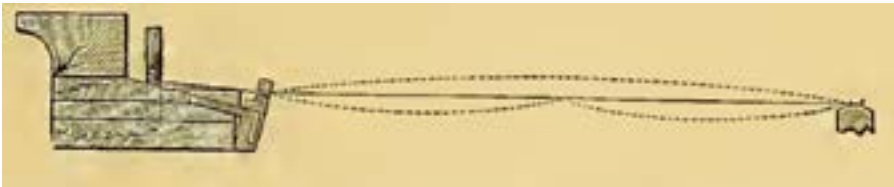
Auf Abbildung 25 (links) ist der Diskant eines Flügels vor Einführung der Duplex-Skala zu sehen. Zwischen Wirbeln und Agraffen befindet sich eine Filzunterlage. Die Streben der Platte enden vor den Wirbeln, bedecken also noch nicht den ganzen Stimmstock.

Hinter dem Steg wurden zur Dämpfung eigentlich Filzbänder eingeflochten, die aber nicht dargestellt sind. Die Saiten sind an ihrem hinteren Ende um die Anhangstifte gewickelt, die in der Platte befestigt sind. Der Plattenrand ist relativ weit vom Steg entfernt und verläuft parallel zu ihm. Abbildung 25 (rechts) zeigt die Veränderungen, die mit dem Einbau der Duplex-Skala einhergehen.

<sup>17</sup> Ausnahmen bilden Öberg/Askenfelt, *Influence*, 2012 und Zelmar/Caussé, *Study*, 2007. In der letztgenannten Publikation wird ein Testflügel benutzt, der nicht von Steinway stammt und nur über den hinteren Teil der Duplex-Skala verfügt.



**Abb. 25** Flügelaufsicht 1868 (links); Flügel mit Duplex-Skala 1876 (rechts).



**Abb. 26** Saitenverlauf ohne Duplex-Skala.

Statt der Agraffen auf dem Stimmstock hält nun eine neue Querstrebe der Platte, die capo d'astro oder Kapodaster genannt wird, die Saiten von oben in Position. Auf dem Stimmstock erfüllen die Agraffen nun eine andere Funktion. Indem sie in verschiedenen Abständen zum Kapodaster platziert werden, bestimmen sie jeweils die vordere Duplex-Länge für jeden Saitenchor. Die Platte erstreckt sich über den kompletten Stimmstock. Der Steg ist nahe an die Anhangplatte gerückt, an deren Rand Raum für die rechteckigen Duplex-Stege gelassen wurde, die zum Steg hin die hintere Duplex-Länge begrenzen.

Welche Folgen die Anbringung der Duplex-Skala für die schwingenden Saitenteile hat, ist im Querschnitt besser zu erkennen (Abb. 26). Der Block am linken Bildrand ist



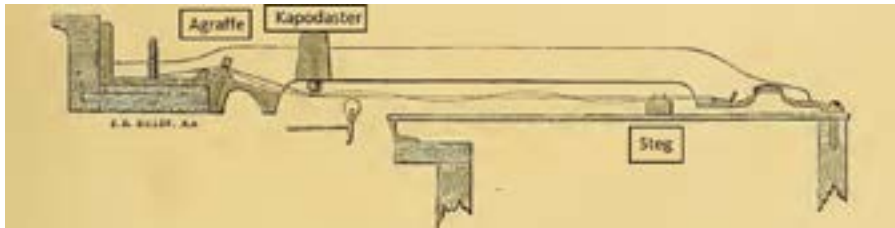


Abb. 27 Saitenverlauf mit Duplex-Skala und Kapodaster.

der Stimmstock, der zu dieser Zeit noch nicht vollständig von der Platte bedeckt war. Der Wirbel steckt im Holz, während die schräg stehende Agraffe in einen Teil der Platte gedreht wird, der im Stimmstock verklemmt ist. Vom Wirbel aus verläuft die Saite in einem nur leicht abfallenden Winkel hin zur Agraffe. Dort beginnt der schwingende Abschnitt der Saite, deren Schwingungsauslenkung durch gestrichelte Linien angedeutet ist. Beide Linien veranschaulichen außerdem, dass die Saite als Ganzes und zugleich in ihren Teillängen schwingt. Die Zeichnung endet rechts mit dem Steg, obwohl die Saite sich noch über diesen hinaus bis zu den Anhangstiften erstreckt, dort aber vom Mitschwingen abgehalten wurde.

In der detailreicheren Darstellung mit Duplex-Skala (Abb. 27) sind als neue Elemente nun unter anderem Hammer, Kapodaster, Resonanzboden und die Saitenaufhängung abgebildet. Zwei geschwungene Linien im Hintergrund bilden den Umriss einer Plattenstrebe, mit der der Kapodaster quer verbunden ist. Zudem ist nunmehr der ganze Stimmstock von der Platte bedeckt. Bei heutigen Flügeln befindet sich statt der Agraffe eine keilförmige Ausbuchtung der Platte (»pressure bar«) vor der Kante des Stimmstocks, über die die Saiten laufen und deren Spitze die Duplex-Längen begrenzt.<sup>18</sup>

Die Saite verläuft hier zunächst vom Wirbel aus aufwärts bis zur Agraffe. Von dort aus bewegt sie sich in einem steilen Winkel nach unten. Der Kapodaster hält sie von oben in Position. Er bildet somit ein Gegengewicht zum Hammeranschlag, der die Saite nach oben drücken würde. Der hintere Duplex-Steg liegt als flache Auflage direkt vor dem Anhangstift. Eigentlich müsste auch hinter dem Steg eine gestrichelte Linie die Aktivität der Schwingungen anzeigen. Der Grund, warum darauf verzichtet wurde, könnte im unterschiedlichen Charakter liegen, den T. Steinway den beiden Abschnitten der Duplex-Skala im Patent-Text zuschreibt: Während in der Agraffe oder dem Kapodaster ein Durchkreuzungspunkt vorliege, durch den sich die Schwingungen vom Hauptteil der Saite in den vorderen Duplex-Abschnitt fortsetzten, unterbreche der Steg die Bewegung der Saite. Stattdessen beruhe die Aktivierung des hinteren Bereichs ganz auf Resonanz durch seine proportionale Länge. Das Fehlen der gepunkteten Linie hinter dem Steg soll möglicherweise diesen Unterschied verdeutlichen.

<sup>18</sup> Vgl. Öberg/Askenfelt, *Influence*, 2012, S. 857.

Der Physiker Nicholas Giordano hat in seinem Buch über die Physik des Klaviers darauf hingewiesen, dass es für die Körper, die die Duplex-Abschnitte begrenzen, bislang nicht einmal eine einheitliche Bezeichnung gibt.<sup>19</sup> Bisweilen wurden sie selbst schon »duplex scale« genannt.<sup>20</sup> T. Steinway umschreibt sie mit »zweite Agraffe« oder »Unterlage«. In dem Plattenpatent von 1872, das etwa zeitgleich zur Duplex-Skala entstand, geht T. Steinway zur Benennung »nodal bridges« (von »node«: Knotenpunkt) über, die sich nicht durchgesetzt hat.<sup>21</sup> Giordano sieht wegen der gratähnlichen Form (»ridge«) eine Nähe zum Stimmstocksteg (engl.: »nut«) von Cembali und frühen Hammerflügeln und schlägt deshalb »duplex nut« vor.<sup>22</sup> Während »nut« im Instrumentenbau generell mit Sattel übersetzt wird, ist dieses Wort bei Tasteninstrumenten nicht üblich, wo man stattdessen vom Stimmstocksteg spricht. Auf Deutsch wäre die Entsprechung von »duplex nut« also eher »Duplex-Steg«. Wenn allerdings, wie in Abb. 27, eine Agraffe auf dem Stimmstock die Duplex-Länge begrenzt, ist es korrekter, von einer »Duplex-Agraffe« zu sprechen. Ebenso problematisch ist auch die Benennung der mitschwingenden Saitenteile. Während T. Steinway sie im Patent umständlich umschreibt, werden heute in der englischsprachigen Literatur die Begriffe »front duplex strings« und »rear duplex strings« verwendet, obwohl es sich bei beiden ja nicht um zusätzliche Saiten handelt.<sup>23</sup> Deshalb soll in der vorliegenden Arbeit der Einfachheit halber zumindest »Front Duplex« und »Rear Duplex« (als Eigenbezeichnung großgeschrieben) für die jeweiligen Saitenabschnitte übernommen werden. T. Steinway unterscheidet in deutschsprachigen Briefen an seinen Neffen Henry Ziegler aus den 1880er Jahren schließlich mit »die Duplex« und im Plural »die Duplexes« nicht mehr, ob er die Saitenbegrenzungsteile oder die -abschnitte meint.<sup>24</sup> Es gibt bei der Nomenklatur also erstaunlicherweise weder früher noch heute einen Standard.

Da bei den folgenden Erklärungen zur Funktionsweise der Duplex-Skala die Begriffe Longitudinal- und Transversalwellen eine gewisse Rolle spielen, müssen diese zunächst kurz definiert werden:

Schwingungen breiten sich in einem Übertragungsmedium als Wellen aus. [...] Stimmt die Schwingungsrichtung der Teilchen mit der Ausbreitungsrichtung der Welle überein, so spricht man von einer Longitudinalwelle. Schwingen die Teilchen quer zur Ausbreitungsrichtung, so spricht man von einer Transversalwelle. Schallwellen sind Longitudinalwellen.<sup>25</sup>

<sup>19</sup> Vgl. Giordano, *Physics*, 2010, S. 144.

<sup>20</sup> Öberg/Askenfelt, *Influence*, 2012, S. 857.

<sup>21</sup> T. Steinway: »Monitor Grand Case, Cupola Plate«, US-Patent Nr. 127,383, 28.05.1872, Text S. 2. Kehl/Kirkland, *Guide*, 2011, S. 133.

<sup>22</sup> Giordano, *Physics*, 2010, S. 144.

<sup>23</sup> Vgl. Öberg/Askenfelt, *Influence*, 2012, S. 856.

<sup>24</sup> Siehe Unterkapitel »Überarbeitung der Duplex-Skala (1880–1884)« und die transkribierten Briefe in Anhang B.

<sup>25</sup> Reuter, *Akustik*, 2014, S. 325.

Neben den sich in einem Medium wie der Luft ausbreitenden Schwingungen unternehmen auch die Saiten selbst Bewegungen in beiden Schwingungsarten. Die vertikalen Schwingungen der Saite durch den Hammerschlag nach oben und unten sowie die horizontale Auslenkung nach links und rechts durch Steg- und Resonanzbodenbewegungen sind Transversalwellen, da sie senkrecht zur Achse der Saite verlaufen. Die Saite wird zudem durch den Hammerschlag gestreckt und es entstehen Spannungsdifferenzen, sodass sich Bewegungen entlang ihrer Achse vollziehen, die Longitudinalwellen.<sup>26</sup> Deren Ausbreitungsgeschwindigkeit liegt etwa zehn Mal höher als die der Transversalwellen, sodass sie schneller den Steg erreichen und den Einschwingvorgang des Tons (»attack«) beeinflussen.<sup>27</sup> Die klanglichen Auswirkungen von longitudinalen Saitenschwingungen der Hauptmensur konnten nachgewiesen werden, allerdings sind sie in den obersten drei Oktaven kaum mehr wahrnehmbar.<sup>28</sup>

### Theodore Steinways US-Patent vom 14. Mai 1872

Für das Vorhaben, Theorie und Praxis der Duplex-Skala einander gegenüberzustellen, ist als nächster Schritt ein genauerer Blick auf das Patent nötig.<sup>29</sup> Es ist die Hauptquelle, um von Theodore Steinway selbst über die Motivation, die angestrebten Effekte und seine physikalischen Erklärungsmodelle zu erfahren. Hierzu wird der besseren Lesbarkeit halber aus der deutschen, von T. Steinways Hand verfassten Version zitiert, die inhaltlich mit der englischen identisch ist.<sup>30</sup> T. Steinways Argumentation wird zunächst paraphrasiert und zusammen mit der Zeichnung kommentiert. 1874/1875 kam es zu einer öffentlich ausgetragenen Debatte zwischen Ludwig Bösendorfer, Theodore Steinway und Ludwig (bzw. Lajos) Beregszászy (1817–1891) über Nutzen und Wirkung der Duplex-Skala. Beim Verfolgen dieser Auseinandersetzung ergibt sich die seltene Gelegenheit, gleich drei angesehene Klavierbauer dabei zu beobachten, wie sie ihr eigenes Verständnis von akustischer Theorie und den Folgen der praktischen Umsetzung demonstrieren. Durch einige genaue Hinweise lässt sich aus dieser Diskussion herausarbeiten, inwiefern die drei Klavierbauer auf Ergebnisse von Helmholtz und anderen Akustikforschern zurückgreifen.

Steinways Patenttext fasst zunächst in zwei Sätzen den Zweck seiner Erfindung zusammen. Demnach bringe sie die Schwingungen des Saitenteils zwischen Wirbel und Agraffe mit denen der klingenden Länge »in Einklang oder Harmonie«. Dasselbe geschehe mit den »Längeschwingungen« – also den Longitudinalwellen – des hinter dem Steg gelegenen Saitenabschnitts, sodass »die Reinheit des Tones nicht mehr, wie dies früher

<sup>26</sup> Giordano, *Physics*, 2010, S. 79.

<sup>27</sup> Ebd., S. 79–80.

<sup>28</sup> Öberg/Askenfelt, *Influence*, 2012, S. 856.

<sup>29</sup> T. Steinway: »Grand Duplex Agraffe Scale«, US-Patent Nr. 126,848, 14.05.1872.

<sup>30</sup> New York, LaGuardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection, Box 040235, Folder 24. Eine vollständige Transkription des handschriftlichen Textes wird in Anhang B wiedergegeben.

der Fall war, durch diese Längeschwingungen gestört [...] wird«, <sup>31</sup> Nach einem Verweis auf die beiliegende Zeichnung, einer Definition dessen, was »Skala« im Klavierbau bedeutet, und der Bemerkung, dass die Duplex-Skala auch für Tafelklaviere und Pianinos geeignet sei, beginnt der Hauptteil.

Die Fähigkeit, Partialtöne zu bilden, sei über den Tonumfang hinweg sehr unterschiedlich ausgeprägt und »bei den Saiten zwischen dem Contra C und dem kleinen c« am stärksten vorhanden. Die Teiltöne entstünden dadurch, dass die Saite sich durch die vom Hammerschlag hervorgerufenen Transversalschwingungen in viele Knotenpunkte teile. »Zugleich werden besonders bei den oben angegebenen Saiten [zwischen CC und c] durch die Längeschwingungen eine Anzahl unharmonischer Saiten Töne erzeugt, welche ein pfeifendes Geräusch machen und die Reinheit des Grundtones stören.« Wiederum werden hier die störenden Auswirkungen der Longitudinalwellen benannt, zusätzlich wird aber die wichtige Rolle der Transversalwellen bei der Bildung von Teiltönen hervorgehoben. Die bisherigen Ausführungen behandelten Bass und Mittellage.

Was nun die spezielle Situation im Diskant betreffe, so seien dort »beide oben angegebenen Eigenschaften« schwächer ausgeprägt. Gemeint sind wohl zum einen die Fähigkeit der Saite, Knotenpunkte und damit Teiltöne zu bilden, und zum anderen die von den Longitudinalwellen verursachten unharmonischen Töne. Bei a4 sei schließlich »die Grenze einen reinen Grundton zu erzeugen« erreicht, obwohl dieser noch bis zum c<sup>5</sup> benötigt werde. Die große Steifigkeit, Dicke und Spannung der gebräuchlichen Diskantsaiten »verhindert die Saite des oben genannten c<sup>5</sup> die für den Grundton nöthigen Transversal Schwingungen zu machen und von einer Abtheilung in Partial-Töne kann nicht die Rede sein.« T. Steinway diagnostiziert also zwei Defekte im höchsten Diskant, nämlich einerseits den unreinen Grundton und andererseits das Fehlen der Teiltöne. Die Transversalwellen bringt er nun auch mit dem Grundton in Zusammenhang, obwohl er zuvor beschrieben hat, dass sie es seien, die die Saiten in viele Knotenpunkte teilten. Im Anschluss an diese Ausführungen geht T. Steinway zu den Maßnahmen über, mit denen er den Missständen abhelfen will: Zur intensiveren Bildung von Teiltönen bringe er zwischen Wirbel und Agraffe »eine zweite Agraffe« an, die einer proportionalen Teillänge ( $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{8}$  etc.) des Hauptabschnitts der Saite entsprechen soll »oder irgend eine[r] Summe dieser Brüche«, denn in diese Verhältnisse teile sich auch die schwingende Saite. Nun folgt eine zentrale Stelle seiner Argumentation: Weil die Agraffe die Saite nur in einem kleinen Punkt berühre, sei es möglich, dass sich die Transversalschwingungen über die Agraffe hinaus fortpflanzen und dort in der entgegengesetzten Richtung zu der im Hauptabschnitt schwingen. Möglicherweise ist diese Idee so zu verstehen, dass die Schwingungsenergie dann zurück in die klingende Länge der Saite projiziert wird und sie somit anregt, sich zu teilen.

Als Nächstes werden im Patenttext etwas sprunghaft verschiedene Punkte erwähnt. In der Zeichnung (Abb. 28) sei die jeweils zwischen den Duplex-Abschnitten und der klin-

<sup>31</sup> Alle folgenden Zitate aus: La Guardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection, Box 040235, Folder 24. Vollständige Transkription in Anhang C.

genden Länge »bestehende Proportion« aufgeführt. Unerklärt bleibt aber, ob diese Angaben normativ zu verstehen sind oder als Beispiele. Schließlich hatte T. Steinway zuvor alle Brüche oder deren Summen zur Wahl gestellt, die den »Unterabtheilungen« der Saite entsprechen. Übergangslos schließt sich ein Absatz zu einem weiteren Vorteil der Duplex-Skala an. Das Reißen von Saiten sei bisher in einem Großteil der Fälle dadurch bedingt gewesen, dass bei einem starken Hammeranschlag die Schwingungen in der Agraffe wegen der dahinterliegenden Filzdämpfung abrupt gestoppt und dadurch »die Kohesion des Metalles gestört« worden sei. Durch die nun erzielte Fortsetzung der Schwingungen über die Agraffe hinaus werde »die Dauerhaftigkeit der Saiten« und »die Freiheit der Saiten Bewegung vermehrt«.

Es folgen die noch ausstehenden Erläuterungen zur hinteren Hälfte der Duplex-Skala. Wie zuvor schon angedeutet, sollen hiermit die Longitudinalschwingungen geschwächt werden, da sie »die unharmonischen Töne oder das pfeifende Geräusch« verursachten. Ähnlich wie beim Front Duplex wird hierfür eine proportionale Länge zum Hauptteil der Saite zwischen Resonanzbodensteg und Anhangstiften bestimmt. In diesem Fall sei es aber nicht möglich die Transversalwellen zu unterstützen, da der »Steg so breit ist, dass sich die Schwingungen nicht darüber hinaus fortpflanzen können, weil sich kein Knotenpunkt mit Durchkreuzung der Bewegung bildet«. Die klingende Länge endemit dem inneren Stegstift, aber der Duplex-Abschnitt beginne erst mit dem äußeren. Dazwischen werde also die Schwingung unterbrochen. Beim Front Duplex dagegen trafen beide Abschnitte in der Agraffe zusammen, sodass ein identischer Kontaktpunkt gegeben sei.

Anders verhalte es sich mit den Longitudinalschwingungen, die sich im Metall der Saiten fortbewegten, zumal bei der »gegenwärtig gebräuchlichen großen Dicke der Saiten« im Diskant. Diese Longitudinalwellen erzeugten unharmonische Töne, die erst durch das Einfügen von Duplex-Stegen zwischen Steg und Anhangstiften »in Einklang oder Harmonie mit dem Grundton der Saite gebracht [werden] und da diese Töne durch den Steg und den Resonanzboden zu Gehör gelangen, so wird dadurch der Grundton verstärkt statt dass wie bisher, die Reinheit des Tones durch jene Töne gestört wird.« Auch zur Position der hinteren Duplex-Stege sind in der Zeichnung die Proportionen in Gestalt von Brüchen angegeben.

Die Duplex-Stege, die T. Steinway meist »Unterlagen« oder »zweite Agraffe« nennt, können aus »Metall, Elfenbein oder irgend einem anderen Materiale gemacht werden, das fähig ist dem Druck der Saiten zu widerstehen.«

Den letzten Teil des Patenttextes bilden die beiden »Claims«, also die zu schützenden Eigenschaften der Erfindung. Front und Rear Duplex werden getrennt behandelt, obwohl die Formulierung bei beiden fast identisch ist. Es handelt sich um einen formal nötigen Abschnitt, der inhaltlich keine neuen Informationen enthält.

Die beigelegte Zeichnung (Abb. 28) enthält einige Informationen, die aus dem Text nicht hervorgehen und umgekehrt. Sie zeigt eine schematische Flügel-Aufsicht mit geschlossener Klaviaturklappe. Die hintere Hälfte der Duplex-Skala erstreckt sich vom 2. bis 5. von den Plattenstreben begrenzten Feld und die vordere vom 3. bis 5. Feld. Bei



**Abb. 28** US-Patentzeichnung zur Duplex-Skala. a: Wirbel; b: Agraffe (»Hauptunterstützungspunkt«); c: »zweite Agraffe«; d: klingende Länge der Saite; e: »Unterlage«; f: äußerer Stegstift; g: Anhangstift.

heutigen D-Flügeln ist jeweils ein Feld weniger betroffen. Dass der Rear Duplex zu diesem frühen Zeitpunkt so weit in die untere Mittellage hineinreicht – das 2. Feld liegt unterhalb der Kreuzbesaitung –, wird im Patenttext indirekt begründet: Dieser hintere Teil mindere die störende Wirkung der Longitudinalwellen, die aber gerade zwischen CC und c am stärksten sei. Obwohl sich heute der Eindruck etabliert hat, die Duplex-Skala solle nur den Diskant klanglich verschönern, hatte sie anfangs offenbar in einem größeren Bereich des Tonumfangs eine Funktion.

Mit Buchstaben von a bis g sind alle Stationen entlang der Saite bezeichnet. Zwar wird der äußere Stegstift benannt, aber nicht der innere, der ja ebenfalls eine Funktion als Begrenzung der klingenden Länge hat. Nah an den Wirbeln und den Anhangstiften sind die Brüche für die Längenverhältnisse verzeichnet, die auch die Intervalle zwischen den beiden Duplex-Abschnitten und der klingenden Länge anzeigen. Dabei werden ausschließlich Oktaven gebildet, die zwischen einer und sechs Oktaven über dem jeweiligen Grundton liegen. Wohl auch wegen der räumlichen Begrenzungen auf dem Stimmstock sind die Intervalle des Front Duplex höher als die des Rear Duplex, sodass pro Saitenchor drei verschiedene Töne erklingen. Nur im äußersten Diskant stimmen Front- und Rear-Duplex-Intervalle überein. Dort ist die klingende Länge schon so kurz, dass eine andere Unterteilung als die darüberliegende Oktave wohl nicht sinnvoll wäre. Sowohl die Chöre, zwischen denen von einem Intervall auf ein anderes gewechselt wird, als auch der genaue Bereich des Tonumfangs, auf den die Duplex-Skala angewendet wird, können je nach Flügel-Modell unterschiedlich ausfallen, zumal in den 1870er Jahren zwei verschiedene Tonumfänge in Gebrauch waren. Die Zeichnung bleibt deshalb in diesen Punkten vage. Sie deutet pro Feld nur vier Saiten an und ordnet ihnen jeweils Brüche zu.

Bei der Wiedergabe des Patenttextes ging es darum, der Argumentation zu folgen und diese nur dann zu kommentieren, wenn sie in sich unlogisch ist oder Lücken aufweist. Sprachlich fällt eine Spannung zwischen schwammigem Vokabular einerseits und der Verwendung von akustischen Fachbegriffen andererseits auf. »Einklang oder Harmonie« oder »Reinheit und Fülle des Tones« stehen Partialtönen, Longitudinalschwingungen oder einer »Kohesion des Metalles« gegenüber. Manche Satzteile und Formulierungen werden vielfach wiederholt, als sei der Text aus Bausteinen zusammengesetzt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die beiden Teile der Duplex-Skala dem Patent nach verschiedene Funktionen erfüllen sollen: Der Front Duplex, dient zur Bereicherung des Klangs mit Teiltönen durch die Förderung von Transversalwellen, während der Rear Duplex den Grundton verstärken und störende Nebentöne auslöschen soll. Da letztere in der Mittellage besonders stark zutage treten, wird der Rear Duplex über einen größeren Bereich des Tonumfangs angewendet. Manche klanglichen Faktoren, z.B. eine mögliche Auswirkung auf die Tondauer oder das angestrebte Verhältnis von Grundton und Obertönen, werden nicht erwähnt. Weder Text noch Zeichnung gehen auf die eigentlich zentrale Frage ein, wie die Duplex-Unterlagen aussehen sollen, die ja als komplett neue Elemente am Flügel hinzutreten. Für ihre Ausarbeitung gibt es schließlich mehrere Optionen: Sind es Agraften, Stege, Keile oder flache Unterlagen? Werden für jeden Saitenchor individuelle Einzelelemente verwendet oder sind mehrere Stücke mit-

einander verbunden? Sind sie grundsätzlich beweglich oder nicht, bzw. kann man sie stimmen? Berühren sie die Saiten in einem scharfen Punkt oder flächig? Wie steht es um Höhe und Winkel? Einzig auf die möglichen Materialien geht T. Steinway kurz ein.

### Debatte zwischen Theodore Steinway, Ludwig Bösendorfer und Ludwig Beregszászy, 1875

Die Nachricht der neuen Steinway-Konstruktion verbreitete sich spätestens mit der Wiener Weltausstellung 1873 nach Europa. Bereits im Oktober 1872 war die Duplex-Skala außerdem in Wien zum Patent angemeldet worden, sodass die dortigen Klavierbauer schon früh Gelegenheit hatten, von ihr zu erfahren.<sup>32</sup> So reagierte einer ihrer prominentesten Vertreter, Ludwig Bösendorfer, in einem polemischen Pamphlet, das er 1874 im Eigenverlag publizierte, auf die Erfindung.<sup>33</sup> Sein Urteil fiel alles andere als positiv aus. Offenbar wollte T. Steinway diese öffentliche Kritik nicht unerwidert hinnehmen und setzte ihr eine »Abwehr« in ähnlichem Stil entgegen. Beide Schriften wurden in der Zeitschrift »Signale für die musikalische Welt« im Januar 1875 zusammen abgedruckt.<sup>34</sup> Damit erreichte die Auseinandersetzung zugleich ein breiteres musikaffines Publikum, für das es die Erfindung auf eine andere Weise zu vermitteln galt als fachintern. Die Erklärungsversuche sind somit anschaulicher, verzichten aber zugleich nicht auf die Betonung der eigenen Sachkenntnis. Auf den »Signale«-Artikel hin schaltete sich mit Ludwig Beregszászy noch ein weiterer Klavierbauer in die Diskussion ein. Er ließ 1875 in Budapest eine Schrift drucken, in der er die »Steinway'sche Doppelmensur im Lichte der Praxis« untersuchte.<sup>35</sup> Um den zeitlichen Verlauf der Debatte zu spiegeln, sollen erst Bösendorfer, dann T. Steinway und schließlich Beregszászy zu Wort kommen.<sup>36</sup>

Bösendorfer schickt voraus, er stehe Erfindungen im Klavierbau offen gegenüber und experimentiere selber gerne. Dabei habe sich schon häufiger herausgestellt, dass auch eine gute Idee »im Kampfe gegen das Material oder andere praktische Bedingungen«<sup>37</sup> bei der Umsetzung scheitern könne. Seine Meinung über die Duplex-Skala, »eine für den Laien sehr verfängliche Theorie«, will Bösendorfer deshalb kundtun, »damit man nicht denke, irgend eine Neuerung am Clavierbau gehe an mir unberücksichtigt vorüber«. Bösendorfer erläutert, die Duplex-Skala bestehe darin, das Saitenstück zwischen Steg und Anhangstift proportional zur Hauptlänge zu mensurieren, damit es dem Klang Obertöne hinzufüge »und die der Hauptsaiten eigenthümlichen Obertöne verstärk[e]«. Vom Front Duplex wusste er offenbar nichts. Wenn man nun mehrere Akkorde nacheinander anschlage, ergebe sich »ein Gewirr von Tönen«, da die Duplex-Skala immer weiterklinge, als sei das Instrument schlecht gedämpft. Bösendorfer bestätigt, dass die Erfindung »wirk-

<sup>32</sup> Der Mappe mit Unterlagen über die Patentanmeldung der Duplex-Skala, La Guardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection, Box 040235, Folder 24, liegt eine entsprechende Patenturkunde bei.

<sup>33</sup> Petersen, »Schwachstarkastenkasten«, 2011, S. 246.

<sup>34</sup> Steinway, Steinway, 1875.

<sup>35</sup> Beregszászy, Doppelmensur, 1875.

<sup>36</sup> Die vollständigen Quellen der drei Debattenbeiträge sind in Anhang B transkribiert.

<sup>37</sup> Sofern nicht anders gekennzeichnet, stammen alle folgenden Zitate aus Steinway, Steinway, 1875, S. 72–77.



sam konstruiert ist«, aber genau das sei ihr Problem. Er bringt dabei die wichtige Perspektive ein, dass nicht nur die Effekte auf einen Einzelton, sondern auch auf einen musikalischen Zusammenhang zu beachten seien. Man könne die Wirkung der Duplex-Skala simulieren und sich so die Folgen praktisch zu Gehör bringen, wenn man auf einem beliebigen Klavier den rechten Arm auf die Tasten lege, so dass die Dämpfer sich anheben, und dann mit der linken Hand eine Tonfolge spiele; »so werden die dämpferfreien Saiten nach denselben Gesetzen, auf welche [sic] die zweite Scala basirt sein soll, mitschwingen«. Bösendorfer möchte damit deutlich machen, dass die Duplex-Skala keine Bewegungsübertragung von der klingenden Länge über den Steg hinaus auslösen könne, sondern nur Resonanz. Theodore Steinway bewaise »völliges Missverständniss des ganzen physikalischen Vorganges«, weil er dies nicht erkenne. In diesem Punkt liegt das Missverständnis ironischerweise auf Bösendorfers Seite, denn T. Steinway schreibt im Patent eindeutig, dass die Saitenteile hinter dem Steg nur durch Resonanz angeregt werden könnten. In dieser Feststellung sind sie sich also eigentlich einig. Bösendorfer hält es für »geradezu schimpflich«, sich mit der Erfindung auf Helmholtz zu berufen, da dieser »ja gerade der Entdecker der [...] Gesetze des Mitschwingens« sei. Auch die Bezeichnung der »Doppelskala« sei unzutreffend, denn die zusätzliche Saitenlänge bilde keine Skala, sondern eine »Aneinanderreihung von Intervallen.« Viel wichtiger als die Namensgebung seien allerdings die anderen Mängel der Konstruktion wie die nicht mögliche »reine andauernde Stimmung«.

Allein schon daran, dass Bösendorfer den Front Duplex überhaupt nicht behandelt, wird offensichtlich, dass er sich mit der Duplex-Skala nicht eingehend beschäftigt haben kann. Ein amerikanischer Klavierbauer habe sie 1873 nach Wien gebracht und als »man mir die Zeichnungen mit dem Bedeuten vorlegte, ich möge darnach ein Piano konstruieren, lehnte ich nach kurzer Prüfung der lithografirten Blätter das Anerbieten ab«. Ein anderer Wiener Klavierbauer wolle die Erfindung dagegen benutzen. Bösendorfer schließt mit der Bemerkung, dass Steinway die Duplex-Skala selbst durch eingeflochtene Tuchstreifen unwirksam mache, »d.h. er [der Erfinder] applicirt wohl an seinen Piano's die Doppelskala, macht aber keinen Gebrauch davon. Er wird wohl wissen, weshalb.« Bösendorfer hat also Zeichnungen gesehen und dass er von der Praxis des Tucheinflechtens hinter dem Steg weiß, lässt darauf schließen, dass er einen solchen Steinway-Flügel entweder selbst gesehen, oder dass ihm jemand davon erzählt hat. Trotz seiner ungenauen Kenntnisse fällt Bösendorfer also ein vernichtendes Urteil über die Duplex-Skala.

T. Steinway unterstützt seine »Abwehr« mit angefügten Dokumenten und so besteht der »Signale«-Artikel eher in einer Zusammenstellung als in einem fortlaufenden Text: Zu Beginn steht ein Vorwort T. Steinways, dem ein Briefauszug von Helmholtz angefügt ist. Es folgt die eigentliche »Abwehr«, zu der parallel auf dem unteren Seiten-Drittel Bösendorfers Pamphlet abgedruckt ist. Im Anhang befinden sich die Bewertung der Steinway-Instrumente aus dem »Amtlichen Berichte über die Wiener Weltausstellung«, eine Liste mit Kontaktadressen zu Steinway-Händlern und -Depots in Europa und eine ganzseitige Werbung für Steinway mit diversen Abbildungen. Im Vorwort geht T. Steinway auf die Motivation hinter der Erfindung ein. Inhaltlich ergeben sich hier einige

Überschneidungen zum Patenttext, wobei die Erklärungen zur Funktionsweise der Duplex-Skala meist verständlicher gehalten sind. Die Kernidee bestehe darin, dass zusätzlich zur Hauptmensur die »bisher todt liegenden Saitentheile eines Instrumentes durch eine proportionell verkürzte Mensur in Action gesetzt« würden. Mit seinem Nachweis der Partialtöne und der Erfindung der Resonatoren, mit denen diese untersucht werden können, habe Helmholtz den Anlass zur Prüfung gegeben, »ob in dem Steinway-Piano nun auch das, was die Wissenschaft theoretisch als höchsten Tonreichtum nachgewiesen hatte, in Wirklichkeit zur Erscheinung käme«. Erstmals deutet T. Steinway an, worin der Einfluss von Helmholtz bestanden habe. Wieder stellt er den Zusammenhang zwischen Kürze, Dicke und Spannung der Diskant-Saiten mit der Unfähigkeit zur Bildung von Teiltönen her, die nur dann gelindert werden könne, wenn die Saiten mehr »Elasticität« erhielten.

Zunächst werde die Agraffe als »äquivalenter theoretischer Knotenpunkt der Saite« behandelt »und diese als Durchgangspunkt der Kreuzung der Schwingungen bestimmt, so dass die Arbeit der Saite, sich zu theilen, ihren Impuls durch die Mechanik der umgekehrten Bewegung winter [sic] der Agraffe erhält.« Diese Aussage macht deutlicher als im Patent, dass die Bewegungsrichtung der Schwingungen im Front Duplex entgegengesetzt zu der der Hauptmensur laufe. Das mögliche Reißen der Saiten an dieser Stelle werde verhindert, weil die Saiten in der Agraffe nicht mehr starr festgehalten würden. Dieser zusätzliche Saitenteil werde bei proportionaler Mensurierung nicht nur mit angeregt, sondern übertrage auch den »Impuls seiner Bewegung« auf die klingende Länge zurück und somit über den Steg auf den Resonanzboden. »Diese doppelte transversale Bewegung der Saite kommt nun in der Molekular-Bewegung des Resonanzbodens zur Wirksamkeit« und dies bringe die gewünschten Klangeigenschaften hervor. Obwohl T. Steinway im »Signale«-Artikel sonst ohne den Verweis auf Longitudinal- und Transversalwellen auskommt, hält er es an dieser Stelle offenbar doch für angebracht, in seiner Wortwahl wissenschaftlich zu wirken. Den Begriff des »Moleküls« verwendeten nur wenige Akustikforscher, sodass sich daran erkennen lässt, auf welche Quellen T. Steinway hier zurückgreift. Der Absatz zum Rear Duplex ist recht kurz gehalten. Hinter dem Steg treffe man das Problem unharmonischer Nebentöne an, die besonders bei starkem Anschlag hervortreten. Durch eine zur Hauptmensur proportionale Länge des hinteren Saitenabschnitts könne »jene abscheulich falsche Tonbildung« verhindert werden. Darüber hinaus verlängere sich die Tondauer.

Zwei praktische Vorteile der Duplex-Skala bestünden in der längeren Haltbarkeit des Hammerkopfbezuges, da dieser durch die »jetzt viel elastischeren Saiten« nicht mehr so stark beansprucht werde, und in der besseren Kontrolle über die Stimmung der »nun richtig in Octaven, Quinten oder Terzen mensurirten Längen«, weil es nun leichter sei, »die Spannung der Saite vor und hinter dem Stege ins Gleichgewicht zu setzen.« Im Vergleich zum Patent ergeben sich als neue Gesichtspunkte die Verwendung von zusätzlichen zwei Intervallen, nämlich Quinten und Terzen statt nur Oktaven, der dauerhaftere Hammerkopfbezug, eine durch den Rear Duplex erreichte längere Tondauer und die Angabe, dass die Duplex-Skala mit Hilfe der Resonatoren und unter Rückgriff auf Helmholtz' Theorie entwickelt wurde.

Steinways Vorwort ist ein Auszug aus dem Brief beigelegt, in dem Helmholtz sich für die Ausstattung seines Flügels mit der Duplex-Skala bedankt. T. Steinway geht auf dieses Dokument allerdings nicht näher ein. Es folgt die eigentliche »Abwehr«, in der die von Bösendorfer vorgebrachten Kritikpunkte entkräftet werden sollen. Gleich zu Beginn weist T. Steinway darauf hin, dass Bösendorfer die vordere Hälfte der Duplex-Skala nicht kenne und sich daher mit ihr nicht genau beschäftigt haben könne. Die Konstruktion erfordere »ihrer Genauigkeit wegen sehr geschickte Arbeiter« und daher sei der Aufwand zu hoch für eine reine Werbe-Maßnahme, wie sie Bösendorfer unterstelle. Da die höchsten Saitenchöre am Flügel schnell verklängen, benötigten sie keine Dämpfung. Beim Rear Duplex gebe es längere Saitenteile, die Steinway »in leichter Weise so [abdämpft], dass solche zwar hörbare Töne geben, aber nicht nachsingen könne[n]«. Die mitklingenden Abschnitte auf dem Stimmstock seien alle so kurz, dass sie auch ohne Dämpfung nicht störend nachklängen. Damit bestätigt T. Steinway das Einflechten von Filzbändern, jedoch nur dort, wo die hinteren Saitenabschnitte eine gewisse Länge überschreiten. Offen lässt er allerdings, wie der Filz einerseits dämpfen und zugleich Töne erklingen lassen kann. Warum der Rear Duplex auch auf die untere Mittellage angewendet werde, hätte sich Bösendorfer selbst erschlossen, »wäre er überhaupt im Besitz physikalischer oder akustischer Kenntnisse, oder nur ein denkender Clavierbauer«. Es gebe zwei Gründe für diese Einrichtung: Wenn man in ein Klavier hineinsinge, erklingen dort alle entsprechenden Obertöne. »Es werden durch die molekularen Erschütterungen der Luft der Resonanzboden, durch diesen das Medium, der Steg, und durch diesen die Saiten in transversale Schwingungen versetzt.« Eine Saite in der Mittellage des Tonumfangs schwinde durch den Hammeranschlag auf und ab, wodurch der Grundton entstehe, und teile sich zugleich von selbst in viele Knotenpunkte, die den Obertongehalt bestimmen. Durch die Auslenkungen und den großen Zug der Saiten werde der Steg in verschiedene Richtungen bewegt. Wenn der hinter dem Steg liegende Saitenabschnitt nicht mensuriert sei, wirkten seine »Schwingungen aber zerstörend auf die der langen Saite zurück«, zumal pro Chor drei Saiten mit verschiedenen Längen gleichzeitig schwingen. Der schädliche Einfluss geschehe unabhängig davon, ob dort gedämpft werde oder nicht. Mit genau bemessenen Duplex-Abschnitten dagegen könne man eine größere Tondauer erreichen und Nebengeräuschen abhelfen.

Darüber hinaus helfe der Rear Duplex, eine länger anhaltende, reinere Stimmung umzusetzen, auch wenn Bösendorfer das Gegenteil behaupte. Durch die Schränkung der Stegstifte ergebe sich eine große Reibung auf dem Steg, sodass die Saitenteile vor und hinter dem Steg unter verschiedener Spannung stehen könnten. Ohne den Rear Duplex habe ein Stimmer »keine Controle für die Summe der Differenzen in der Spannung beider Saitenstücke«. Beim Spielen gleiche sich das Ungleichgewicht durch die Hammerwirkungen zwar aus, als Ergebnis sei der Flügel dann aber verstimmt, weil in den drei Saiten eines Chores verschiedene Spannungsdifferenzen vorlägen. Mit einer mensurierten Länge hinter dem Steg könne ein Stimmer das Spannungsgleichgewicht hingegen hörend überprüfen, indem »er die Saiten mit einem Fischbeinstäbchen zum Tönen bringe«, wobei das richtige Intervall dann die Übereinstimmung anzeige.

Nach seinen Er widerungen richtet T. Steinway eine Mahnung an Bösendorfer. Wenn man die Erfindungen anderer kritisieren wolle, gehöre es sich, bei fehlender eigener Sachkenntnis Kritik entsprechend vorsichtig auszudrücken. Es sei aber »eine Unwürdigkeit«, »bei so viel Unkenntnis eine solche Sprache zu führen«. Ein weiterer Austausch erübrige sich damit. Das Verhältnis zwischen den beiden Klavierbauern muss infolge dieser Auseinandersetzung nachhaltig beeinträchtigt gewesen sein. So ist es wohl zu erklären, dass die Firma Bösendorfer sich weniger als andere Hersteller dem von Steinway geprägten »amerikanischen System« anpasste und auch die Duplex-Skala nicht verwendete.<sup>38</sup>

Damit hätte der Streit beendet sein können, doch noch im selben Jahr ließ auch der »K. K. Hof-Pianoforte-Fabrikant« Ludwig Beregszászy ein 12-seitiges Pamphlet über »Die Steinway'sche Doppelmensur im Lichte der Praxis« drucken. »Die Erbitterung, mit welcher die beiden Fachleute sich gegenseitig angriffen«, <sup>39</sup> habe sein Interesse geweckt. Beregszászy äußert sich vorwiegend oder ausschließlich auf Grundlage des »Signale«-Artikels und es gibt keine Hinweise, dass er selbst Gelegenheit hatte, einen Steinway-Flügel mit Duplex-Skala oder das Patent zu studieren. Von Beginn an bezieht er sowohl inhaltlich als auch persönlich Position gegen Steinway, »denn vom hohen Rosse herab wird Bösendorfer Audienz ertheilt und solch elendes Gewürm erbarmungslos zermalmt.« Dieser höhnische Stil durchzieht seinen gesamten Text.

Was das theoretische Fundament betrifft, hält Beregszászy die Duplex-Skala für vielversprechend. Deshalb sei sie für Laien, aber auch für Helmholtz so verfänglich. Er wolle dagegen »auf die praktische Durchführbarkeit dieser so interessanten Idee, auf die Frage, ob die so mensurirten Saiten durch ihre Töne nicht störend auf den Klang des Grundtons einwirken«, eingehen. Grundsätzlich gelinge das Vorhaben, den Grundton zu verstärken und zu verlängern, »nur durch einen unmittelbar mit dem Grundton in Verbindung stehenden Resonator; soll dies durch einen vom Grundton abgesonderten Gegenstand geschehen, so stört das Mitklingen dieses letzteren den Grundton.« Dies trete im Fall der Duplex-Skala umso mehr zutage, als die beiden Duplex-Abschnitte nicht abgedämpft seien und daher noch weiterklängen, nachdem der Grundton bereits von den Dämpfern ausgelöscht sei. Beregszászy paraphrasiert hier Bösendorfers Argument, dass die Duplex-Skala gerade wegen ihrer Wirksamkeit nachhalle. Die Glaubwürdigkeit von T. Steinways Behauptung, mit eingeflochtenen Filzbändern den Nachhall einerseits abdämpfen, andererseits doch hörbare Töne erzeugen zu können, zweifelt Beregszászy stark an, »da doch an den Punkten, wo der Tuchstreifen die Saite berührt, nothwendigerweise eine Reihe von Knotenpunkten entstehen muss, und dadurch die noch möglichen Transversalwellen der Saite unregelmässig werden, das heisst mit andern Worten: die Saite gibt keinen eigentlichen Ton«. Obwohl es Beregszászy ja um die praktischen Resultate geht, will er sein Verständnis der physikalischen Vorgänge offenbar auch nicht zurückhalten. Da er sich aber auf den »Signale«-Artikel bezieht und nicht auf das Patent, kennt er

<sup>38</sup> Den Verzicht auf die Duplex-Skala behielt Bösendorfer zumindest noch bis vor wenigen Jahren bei, vgl. Zelman/Caussé, Study, 2007, S. 1.

<sup>39</sup> Sofern nicht anders gekennzeichnet stammen alle folgenden Zitate aus Beregszászy, Doppelmensur, 1875.

T. Steinways Überlegung nicht, wonach die Transversalwellen durch den Steg unterbrochen würden und daher im Rear Duplex nicht vorkämen.

Den Front Duplex hält er für nichtig, weil dort die mitschwingenden Abschnitte so kurz und die Frequenzen so hoch seien, »dass der Ton, den sie geben könnten, sehr schwach und schnellverhallend ist, und darum durch das menschliche Ohr nicht vernommen werden kann.« Dass die Diskantsaiten sich erst durch den Impuls aus dem Front Duplex in Knotenpunkte zu teilen begännen, während längere Saiten dazu selbst imstande seien, hält Beregszászy für nicht zutreffend, da alle Saiten denselben physikalischen Gesetzmäßigkeiten unterlägen. Ihre Obertöne seien einfach sehr schwach, hoch und schnell verklingend und würden dadurch schlechter wahrgenommen. Um sie zu verstärken, sei aber die Duplex-Skala als eine eigene, nicht mit dem Grundton verbundene Tonquelle die falsche Maßnahme.

Beregszászy macht erneut einen Widerspruch darin aus, dass der Rear Duplex einerseits eine längere Tondauer begünstigen solle, andererseits aber durch den eingeflochtenen Tuchstreifen am Nachklingen gehindert werde. Da die durch Longitudinalwellen hervorgerufenen störenden Nebentöne »nicht durch die hinter dem Stege liegenden Saitenstücke hervorgerufen werden, sondern im Grundtone selbst ihr Entstehen haben«, könnten sie durch die Duplex-Skala auch nicht behoben werden.

Besonders viel Aufmerksamkeit widmet Beregszászy der Entkräftung der Behauptung, dass die Duplex-Skala das Stimmen erleichtere und die Stimmung dauerhafter mache. Schließlich vergrößere sie die Reibung der Saite und jeder Klavierstimmer wisse, »dass die Stimmung des Klavieres desto unsicherer wird, je mehr Reibungen die Saite in ihrem Verlaufe ausgesetzt ist«. Statt vormals drei seien durch sie gleich fünf problematische Reibungspunkte zu beachten, bei denen die Verteilung der Spannung ausgeglichen werden müsse. Auch das genaue Bestimmen der Spannungsdifferenzen zwischen den verschiedenen Saitenteilen erschien Beregszászy nicht möglich und zudem steige der Zeitaufwand zum Stimmen. Zusammenfassend erwiesen sich die mangelnde Stabilität und der zugleich höhere Aufwand der Stimmung als »für die Praxis illusorisch«.

Auch ob der angebliche Vorteil einer längeren Haltbarkeit der Saiten durch die Duplex-Skala tatsächlich gegeben sei, sei fragwürdig. T. Steinway hatte darauf hingewiesen, dass ein Großteil aller Saitenrisse an der Agraffe geschähe, weil dort die Schwingungen plötzlich unterbrochen würden, was mit Hilfe der Duplex-Skala nicht mehr der Fall sei. Beregszászy jedoch wendet ein, dass »die Schwingungen der Saite über die Stifte nicht fortgesetzt werden, bei seinen Saiten ebenso nicht als bei unseren«. Wenn er damit ein Abbrechen der Schwingungen am Steg meint, hat er T. Steinway missverstanden, dem es um das Brechen der Saiten an der Agraffe ging. Über den angeblich dauerhafteren Hammerkopfbezug wundert sich Beregszászy ebenfalls, ohne aber eine Begründung anzuführen. Abschließend kritisiert er T. Steinway für dessen »eigenthümlich hochfahrenden Ton«. Beregszászy findet, es dürfe bei der Bewertung einer Erfindung keine Rolle spielen, ob deren Hersteller in großem Umfang produziert, umsatzstark und berühmt sei oder nicht. »Oder muss Alles, was von Grossen kommt, schon an und für sich anbetungswürdig sein?«

Alle drei Beteiligten der Debatte sind nicht um Sachlichkeit und differenzierte Abwägungen bemüht. In T. Steinways Interesse liegt es, den Nutzen seiner eigenen Erfindung herauszustellen, während seine Konkurrenten deren Wirkungslosigkeit oder gar schädliche Effekte durch sie nachweisen wollen. An manchen Stellen der Schriften von Bösendorfer und Beregszászy geht nicht hervor, auf welcher Informationsgrundlage diese überhaupt urteilen und so sind gegenseitige Missverständnisse nicht auszuschließen. Doch durch ihre Erklärungsversuche und Argumente zu Theorie und Praxis einer Konstruktion – in diesem Fall der Duplex-Skala – stellen die drei Klavierbauer wertvolles Material zur Verfügung, um untersuchen zu können, wie sehr und in welchen Punkten sich Akustikforschung in ihrem jeweiligen Wissenskanon niederschlägt. Diese Einflüsse sollen nun näher identifiziert werden.

### Bezüge zur zeitgenössischen Akustikforschung und andere mögliche Vorbilder

T. Steinways Sprache ist stark von einer Terminologie geprägt, die eine Beschäftigung mit der Akustik-Literatur seiner Zeit deutlich erkennen lässt: So schreibt er ausführlich zur Wirkung von Longitudinal- und Transversalwellen, zu Knotenpunkten, Partialtönen, der »Molekular-Bewegung des Resonanzbodens« und der Nutzung von Resonatoren. Wie hat er diesen Kenntnisstand gewonnen? Welche Literatur könnte er genutzt haben? Welche neuen Erkenntnisse waren für die Erfindung der Duplex-Skala besonders relevant? Fehlte im Patent noch jegliche direkte Referenz zu Helmholtz, fällt sein Name im »Signale«-Artikel gleich an vier Stellen. Drei davon, der Brief von Helmholtz, der Bericht von Oscar Paul und Bösendorfers Missfallen, »mit der Autorität eines Namens, wie der von Helmholtz, einen solchen physikalischen Unsinn, wie die Doppelskala einer ist, in Verbindung bringen zu wollen«, gehen nicht auf die Art des Einflusses ein, so dass aus ihnen zu diesem Kontext kaum neue Informationen zu entnehmen sind. Anders verhält es sich dagegen mit T. Steinways Aussage zu Beginn der »Abwehr«, was die Erfindung motiviert habe:

Der Umstand, dass sich in den Metallsaiten eines Instrumentes neben dem Grundtone mehr oder minder Partialtöne bilden, welche theoretisch von Herrn Geheimerath Professor Dr. Helmholtz berechnet und durch seine intelligente Erfindung der Resonatoren einzeln nachgewiesen wurden, bestimmte uns mit Hilfe dieser Instrumente zu untersuchen, ob in dem Steinway-Piano nun auch das, was die Wissenschaft theoretisch als höchsten Tonreichtum nachgewiesen hatte, in Wirklichkeit zur Erscheinung käme.<sup>40</sup>

40 Steinway, Steinway, 1875, S. 72.

T. Steinway selbst hebt Helmholtz zum einen für dessen Studien zu Teiltönen und damit wohl auch zur Klangfarbe hervor. Zum anderen sei Steinway durch dessen Resonatoren in die Lage versetzt worden, eigene Experimente zu diesem Themengebiet anzustellen. Die Formulierung zum Ziel, dass der »höchste[...] Tonreichtum [...] in Wirklichkeit zur Erscheinung käme«, bleibt wieder vage.

Bösendorfer wiederum bringt Helmholtz insbesondere mit der Entdeckung der »Gesetze des Mitschwingens« in Verbindung. In den »Tonempfindungen« nimmt deren Analyse ein eigenes Kapitel in der ersten Abteilung ein.<sup>41</sup> In diesem führt Helmholtz bereits die Resonatoren ein und leitet aus dem Mitschwingen die »objective Existenz der Partialtöne« ab, sodass sich hier eine Überschneidung zu den von T. Steinway genannten Verdiensten ergibt.<sup>42</sup> Diese enge Verbundenheit brachte Franz Josef Pisko (1827–1888) 1865 auf den Punkt: »Die ›Resonanz‹ spielt überhaupt in der neueren Akustik eine Hauptrolle. Sie liefert die Mittel zur Klanganalyse und Klangsynthese, und ohne dieselbe wäre ein überzeugender Beweis von dem allgemeinen Dasein der Obertöne gar nicht möglich.«<sup>43</sup> Auch ohne eine ausdrückliche Nennung von Helmholtz kann im Patenttext nach weiteren Anzeichen gesucht werden, die auf eine Rezeption von Akustikforschung schließen lassen. Helmholtz erläutert beispielsweise den Zusammenhang zwischen der Steifigkeit dicker Saiten mit der Unfähigkeit, höhere Obertöne zu bilden, den auch T. Steinway wiedergibt.<sup>44</sup> Allerdings ist dies ein Umstand, den Klavierbauer aus eigener Erfahrung kennen dürften, und der insofern nicht allein Helmholtz zuzuschreiben ist.

Für T. Steinways Argumentation nimmt die Tätigkeit von Longitudinal- und Transversalwellen der Saiten eine zentrale Position ein. In seinem Kapitel über die »Klänge der Saiten« bezieht Helmholtz Beschreibungen dieser Schwingungsvorgänge allerdings nicht ein. Auch die entsprechenden Fachbegriffe verwendet er nicht.<sup>45</sup> Eine umfassende Theorie der Longitudinal- und Transversalwellen lässt sich aus den »Tonempfindungen« nicht gewinnen. Dies ist umso erstaunlicher, als die beiden Schwingungsarten bereits in Chladni »Akustik« ausführlich behandelt werden.<sup>46</sup> Möglicherweise hängt das Auslassen dieses Themas durch Helmholtz mit einer Debatte zusammen, die sich bis um 1900 durch sehr viele akustische Schriften zog: »Geht das Lautwerden der Körper, z. B. bei einer Klaviersaite oder Stimmgabel etc. aus den Totalschwingungen dieser Körper oder aus der Tätigkeit ihrer Materie hervor?«<sup>47</sup> Für eine Saite war demnach zu entscheiden, ob ihr Schwingen die Luft in Bewegung setzt oder ob ein Ton durch die Streckungen und Stauchungen innerhalb der Saite entsteht. Diese Debatte zieht sich erstaunlich lange durch die Akustikforschung. Schon im 17. und 18. Jahrhundert gab es Vertreter beider Positionen.<sup>48</sup>

<sup>41</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 60–83.

<sup>42</sup> Ebd., S. 73–76 und 83.

<sup>43</sup> Pisko, *Apparate*, 1865, S. XIII.

<sup>44</sup> Helmholtz, *Lehre*, 1863, S. 136.

<sup>45</sup> Nur an einer Stelle ist von »longitudinal schwingenden Stäben« die Rede, ebd., S. 127.

<sup>46</sup> Chladni, *Akustik*, 1802, erster Teil, 2. und 5. Abschnitt.

<sup>47</sup> Hansing, *Pianoforte*, 1909, S. 4.

<sup>48</sup> Krieger, *Versuch*, 1840, S. 17.

Oscar Paul hält Karl Emil von Schafhütl für denjenigen, der als erster den »Grund der musikalischen Töne tiefer liegend [...] nämlich in den Molecularschwingungen«<sup>49</sup> gesucht habe: Schafhütl habe einen Versuch gemacht, bei dem er eine lange Basssaite in der Mitte stark hochzog und herunterschnellen ließ, worauf sie lange weiterschwang, nachdem der Ton schon verklungen war. Umgekehrt klinge eine vom Hammer angeschlagene Klaviersaite noch weiter, wenn die Saitenschwingung nicht mehr sichtbar sei.<sup>50</sup> Daraus habe Schafhütl gefolgert, »dass die Totalschwingungen einer Saite nicht die tönenden Schwingungen sind [...] und dass die Molecularschwingung die eigentlich tönende sei«.<sup>51</sup> Helmholtz setzte diesem empirischen Ansatz die Beobachtung entgegen, dass die Schwingung einer angeschlagenen Saite im Zeitverlauf ebenso an Intensität verliere, wie ihr Ton an Lautstärke abnehme. Dies würde wiederum für einen Zusammenhang beider Faktoren sprechen. Siegfried Hansing (1842–1913) ordnete Helmholtz derjenigen Ansicht zu, die die Totalschwingung als tongebend ansieht.<sup>52</sup> Aus den »Tonempfindungen« kann man allerdings eine eindeutige Positionierung von Helmholtz zu dieser Frage nicht erkennen. Paul deutet dies folgendermaßen: »Im Grunde genommen scheinen die Ansichten *Pellissor's* [Pseudonym von Schafhütl] mit denen von *Helmholtz* übereinzustimmen, nur sieht Letzterer mehr auf die Wirkung indem er den Klangcharakter durch die Obertöne bestimmt, hingegen Ersterer die Ursache im Material zu ergründen sucht.«<sup>53</sup> T. Steinway folgt in seinen Ausführungen klar Schafhütls Linie.

Schafhütls Einfluss lässt sich auch an der wiederholten Verwendung des Begriffs »Molekül« erkennen, den er so intensiv nutzt wie fast niemand sonst. Er ist auch bei Savart zu finden, der ihn eingeführt haben könnte. In einer biografischen Enzyklopädie heißt es, Savart habe sich in der Artillerieschule seines Vaters mit Molekularphysik beschäftigt.<sup>54</sup> Das dort erlernte Wissen und Vokabular könnte später in seine Akustikstudien übergegangen sein. Nachdem Chladni das Schwingungsverhalten von Platten als Gegenstand der Akustik etabliert hatte, war Schafhütl möglicherweise auch der erste, der sich näher mit den Resonanzböden von Klavieren beschäftigte.<sup>55</sup> Bei Steinway wird schon in der Patentschrift des »Double Iron Frame Resonator« von 1866 die »molecular vibration« des Resonanzbodens thematisiert. Daher kann die Lektüre von Schafhütl als starker Einfluss für T. Steinway identifiziert werden.

Auf weitere Hinweise auf rezipierte Akustik-Literatur stößt man, wenn man dem Ratschlag T. Steinways an Bösendorfer folgt, dieser hätte sich besser mit den »Arbeiten der Gelehrten seines eigenen Vaterlandes, wie Dr. Fr. Jos. Pisko, Dr. J. Stefan, Dr. E. Mach

<sup>49</sup> Paul, *Geschichte*, 1868, S. 12.

<sup>50</sup> Hansing, *Pianoforte*, 1909, S. 6.

<sup>51</sup> Paul, *Geschichte*, 1868, S. 12.

<sup>52</sup> Hansing, *Pianoforte*, 1909, S. 3–6.

<sup>53</sup> Paul, *Geschichte*, 1868, S. 13.

<sup>54</sup> Houssay, Savart, 2014, S. 19: »Félix Savart vint à Metz pour y pratiquer son art. Il retrouva les ateliers de l'école d'artillerie que dirigeait son père. Ce milieu lui inspira le goût des arts de précision et il se livra dès lors à des recherches de physique moléculaire«.

<sup>55</sup> Schafhütl, *Berichtigung*, 1833. Schon in diesem Buch spricht er mehrfach von den Molekülen, v.a. auf S. 2–16.



u.s.w.« beschäftigen sollen. Tatsächlich haben alle drei mit unterschiedlichen Schwerpunkten und Methoden über Akustik publiziert. Von Franz Josef Pisko stammt das Lehrbuch »Die neueren Apparate der Akustik«, das die Akustikforschung von ihren Experimenten und Instrumenten her begreift und somit auch ausführlich auf die Helmholtz-Resonatoren eingeht. Die Longitudinal- und Transversalschwingungen behandelt Pisko hauptsächlich im Zusammenhang mit schwingenden Stäben.<sup>56</sup> Josef Stefan (1835–1893), u. a. Direktor des physikalischen Instituts der Universität Wien, publizierte zwischen 1858 und 1870 drei Aufsätze »Über die Transversalschwingungen eines elastischen Stabes« (1858), »Über Longitudinalschwingungen elastischer Stäbe« (1867) und »Über die Erregung longitudinaler Schwingungen in der Luft durch transversale« (1870).<sup>57</sup> Sie erschienen in einem naturwissenschaftlichen Fachjournal und richteten sich daher weniger an Musikinteressierte, boten aber einen vertieften theoretischen Hintergrund. Ernst Mach schließlich war um die Vermittlung akustischer Bildung an ein breites musikalisches Publikum bemüht.<sup>58</sup>

Neben eigenen Experimenten und der Rezeption von Akustik-Literatur ist es auch denkbar, dass T. Steinway für die Duplex-Skala Anregung bei einer ähnlichen Konstruktion an einem Musikinstrument gefunden haben könnte. T. Steinways breit angelegte Instrumentensammlung, die auch einige ungewöhnliche Stücke enthält (siehe das Unterkapitel »Biografische Hintergründe«), bot einiges Anschauungsmaterial. Allerdings sind gerade historische Tasteninstrumente im heutigen Überlieferungszustand dort stark unterrepräsentiert. Bei den gängigen Resonanzsaiten-Instrumenten des 18. Jahrhunderts schwingen zudem ganze Saiten mit, sodass es von dort noch eines Gedankensprungs zur Anwendung resonierender Saitenteile bedarf. Zur Nutzung von Resonanzeffekten an Klavieren sind im 19. Jahrhundert auch andere Versuche unternommen worden.<sup>59</sup> Als frühestes Beispiel eines Klavierbauers, der die Saitenteile hinter dem Resonanzbodensteg mit einem kleineren Steg abgegriffen haben soll, gilt der in Paris tätige Wilhelm Leberecht Petzold (1784–1838). Seine Idee habe er aber wegen Schwierigkeiten der Stimmung wieder verworfen.<sup>60</sup> Der Londoner Klavierbauer William Frederick Collard (1776–1866) von der Firma Clementi, Collard & Co. patentierte 1821 mit der »Bridge of Reverberation« ebenfalls einen zweiten Steg in einem proportionalen Abstand hinter dem regulären Resonanzbodensteg.<sup>61</sup> Hierfür wurden die Saiten nicht mehr auf der Anhangplatte, sondern wie bei einer Harfe direkt auf dem Resonanzboden befestigt.<sup>62</sup> Im Patenttext

<sup>56</sup> Pisko, *Apparate*, 1865, S. 153–155, S. 251–258.

<sup>57</sup> Stefan, *Transversalschwingungen*, 1858; Stefan, *Longitudinalschwingungen*, 1867, S. 597–621; Stefan, *Erregung*, 1870, S. 491–498.

<sup>58</sup> Mach, *Vorlesungen*, 1865.

<sup>59</sup> Hansing, *Pianoforte*, 1909, S. 75–76.

<sup>60</sup> Schott, *Petzold*, 2014, S. 59.

<sup>61</sup> Hansing, *Pianoforte*, 1909, S. 76. Hansing gibt als Datum des Patents fälschlich 1822 an. Daneben führt er auch eine von Sébastien Erards Neffen Pierre erfundene »Barre harmonique« von 1838 auf, die bei Paul, *Geschichte*, 1868, S. 130–131, näher beschrieben ist. Inwiefern dort Resonanz genutzt wird, ist nicht klar.

<sup>62</sup> Busby, *Concert Room*, 1825, S. 14. Ich danke Panagiotis Pouloupoulos für den Hinweis auf diese Konstruktion.

wird erwähnt, dass die Idee, die Töne des Klaviers durch Obertöne zu bereichern, von einem Mathematiker angeregt worden sein soll.

Alois Biber (1804–1858) in München erfand 1842 eine »Klangmaschine«, die Schafhäutl in einem Nekrolog auf Biber beschreibt.<sup>63</sup> Biber sei der erste Münchner gewesen, der Klaviere nicht nach Wiener, sondern nach englischem Vorbild mit einem stärkeren Saitenbezug und entsprechender Mechanik gebaut habe.<sup>64</sup> Der Ton der dicken, kurzen Diskantsaiten habe aber zu wünschen übrig gelassen. Die Lösung für dieses Problem habe wohl eine Leiste bringen sollen, die im Diskant auf den Stimmstocksteg geschraubt wurde.<sup>65</sup> Siegfried Hansing hielt die Erfolge all dieser Anstrengungen für überschaubar, obwohl er selbst »eine ähnliche Einrichtung« wie die Duplex-Skala entwickelt hat.<sup>66</sup>

Abgesehen vom gezielten Einsatz solcher Konstruktionen sollte nicht übersehen werden, dass sogenannte »After-lengths«, also zum Mitschwingen fähige Saitenabschnitte außerhalb der klingenden Länge, bei Saiteninstrumenten ohnehin keine Seltenheit sind. Bei Streichinstrumenten befindet sich ein relativ langer Abschnitt zwischen Steg und Saitenhalter.<sup>67</sup> An dieser Stelle werden die Saiten heute mit bunten Fäden umwickelt. Ob dies auch bei den damaligen Darmsaiten üblich war, ist fraglich. Auf manchen historischen Hammerflügeln, etwa denen Johann Andreas Steins (1728–1792), sind beide Saitenteile außerhalb der klingenden Länge ungedämpft.<sup>68</sup> Bei Flügeln einiger anderer Hersteller sind Filzbänder eingeflochten, oder die Wirbel befinden sich direkt vor dem Stimmstocksteg. Stein aber lässt gerade im Diskant auf dem Stimmstock ungewöhnlich viel Platz zwischen den Wirbeln und dem Stimmstocksteg, sodass dieser lange Abschnitt sich klanglich ausgewirkt haben dürfte, wenn er nicht am Mitschwingen gehindert wurde.

## Chronologische Entwicklung der Duplex-Skala unter Theodore Steinway

### Die Anfänge (1872–1875)

Nachdem nun das theoretische Konzept zur Duplex-Skala umrissen wurde, stellt sich die Frage, wie diese in den ersten Jahren tatsächlich ausgeführt wurde. Hierfür dienen schriftliche Dokumente und erhaltene Flügel als Quelle.<sup>69</sup> Ein vollständiges und einheitliches Bild kann daraus nicht gewonnen werden, weil nicht alle Modelle gleich ausgestattet waren. T. Steinway schrieb in der »Abwehr«, dass der Rear Duplex zu diesem Zeitpunkt

<sup>63</sup> Ich danke Georg Olt, Musikinstrumentenrestaurator am Germanischen Nationalmuseum, für den Hinweis auf Bibers »Klangmaschine«.

<sup>64</sup> Schafhäutl, Nekrolog, 1895, S. 8.

<sup>65</sup> Ebd., S. 11.

<sup>66</sup> Hansing, Pianoforte, 1909, S. 77.

<sup>67</sup> Fouilhé/Houssay, String, 2013, S. 295–298.

<sup>68</sup> Gleim, Hammerflügel, 2012. Zumindest ist dies der Zustand, wie dessen Flügel heute in Sammlungen angetroffen werden können. Andere Hersteller haben die Wirbel nah am Stimmstocksteg platziert, sodass der Zwischenraum sich klanglich nicht stark bemerkbar gemacht haben dürfte, unabhängig davon, ob dort zusätzlich ein Filzband eingeflochten war oder nicht.

<sup>69</sup> Dieser Abschnitt basiert auf Recherchen zu Plath/Preller, Process, 2018.

(Januar 1875) nur in Konzertflügel eingebaut worden sei.<sup>70</sup> Eine Beurteilung, welche Konstruktionen bei welchen Modellen wie lange und in welcher Form im Einsatz war, gestaltet sich angesichts der wenigen erhaltenen zeitgenössischen Steinway-Flügel in öffentlichen Sammlungen grundsätzlich schwierig.

Die Suche startet mit dem Prozess, der der Patentanmeldung vorausging. Die Recherchen zur Objektbiografie des Helmholtz-Flügels im Deutschen Museum haben ergeben, dass T. Steinway und Helmholtz sich seit spätestens 1870 persönlich kannten. Nähere Hintergründe zum Anlass und den Themen ihrer Gespräche sind nicht überliefert.

Zuvor hatte T. Steinway bei einem einjährigen Aufenthalt in Deutschland von Sommer 1869 bis 1870 insbesondere die neuesten Fortschritte der deutschen Stahl- und Eisen-Industrie studiert und auf dieser Basis in den folgenden Jahren grundsätzliche Überarbeitungen der Platten entwickelt.<sup>71</sup> Schon im März 1871 lagen erste Entwürfe vor: »In aft. Theo. shows me the new Plate of the Grand Piano, also wooden pattern of the new small Upright, which is nearly ready.«<sup>72</sup> Hier können eigentlich nur die Holzmodelle für den Guss der über ein Jahr später patentierten »Cupola«-Platte und der kleinen Pianino-Platte gemeint sein. Wegen der zeitlichen Nähe der Fertigstellungen der beiden anderen Patente mit dem der Duplex-Skala liegt es nahe, dass T. Steinway auch an ihr schon ab 1870 gearbeitet haben könnte. Die Modifikationen an der Platte und die Entstehung der Duplex-Skala könnten sogar ganz unmittelbar zusammenhängen, wie ein Absatz im Steinway-Katalog von 1876 andeutet:

The invention of the duplex scale is owing to the scientific investigations which Privy Counselor Professor Dr. Helmholtz has developed in his book, »Ueber Tonempfindungen« (on Tone Sensations) [sic]. It has been observed that the character or shade (timbre) of tone produced by the transverse vibrations of a steel string, changed just as soon as the fixed end-points upon the same sounding-board matter were of different material; for instance, if the agraffe was fastened into iron, the tone differed much from that which was produced when the agraffe stood in wood, and this induced STEINWAY to make a careful analysis of tone, if we may be permitted to so call it, by means of the tone and resonance tubes constructed by Helmholtz.<sup>73</sup>

Die Abhängigkeit der Klangfarbe vom Material der Saitenbefestigung als Ausgangspunkt für die Entwicklung der Duplex-Skala findet sonst bei keiner bekannten Quelle Erwähnung. Dass die Klangfarbe mit Hilfe der Resonatoren analysiert worden sei, ist bereits aus der »Abwehr« vertraut, wobei die Bezeichnung »resonance tubes« hier nicht auf kugelförmige, sondern zylindrische Resonatoren schließen lässt. Deren Vorteil besteht in ihrer

<sup>70</sup> Steinway, Steinway, 1875, S. 73.

<sup>71</sup> Steinway & Sons, Pamphlet, S. 19; Smith, Art, 1892, S. 119–120.

<sup>72</sup> Steinway, Diary, 1861–1896, Eintrag vom 25.03.1871.

<sup>73</sup> Steinert, Entwicklung, 1849, S. 14.

Stimmbarkeit. Rudolph Koenig bot diese »résonnateurs universels à tirants gradués« allerdings erst in seinem zweiten Katalog von 1873 an, nicht jedoch im ersten von 1865.<sup>74</sup> Denkbar ist, dass Koenig sie bei der Pariser Weltausstellung vorgestellt haben könnte. Die »fixed end-points« der Stahlsaite sind wohl als Wirbel und Anhangstift, sowie Agraffe und Stegstift zu deuten. Zur fraglichen Zeit vollzog sich ein Wechsel bei der Anbringung der Wirbel. Vor 1872 bedeckte die Platte den Stimmstock nicht vollständig, sodass die Wirbel im Holz steckten, die Agraffen aber im Metall. Ein Bestandteil des Plattenpatents vom Mai 1872 sah eine Erweiterung der Platte über den ganzen Stimmstock vor, sodass die Wirbel mit dem Gusseisen in Verbindung kamen. Wie im Zitat angesprochen, scheint die daraus resultierende klangliche Änderung die Vorstudien zur Duplex-Skala angestoßen zu haben. Für diese meldete T. Steinway am 14. Mai 1872 das US-Patent an und nur zwei Wochen später folgten zwei Plattenpatente für den sogenannten »Monitor«-Flügel und für ein kleines Pianino-Modell.<sup>75</sup> Diese drei Erfindungen hängen also schon rein zeitlich eng zusammen.

Die früheste Erwähnung der Duplex-Skala in William Steinways Tagebuch datiert vom 30. März 1872: »In afternoon with Theo & Albt [Albert Steinway] uptown looking over points of the new Upr & grand patents, cupola Iron frame & increasing length of strings on the vibrating nodes.« Wieder werden die drei Erfindungen als zusammengehörige Einheit behandelt. Während der »Cupola Iron Frame« schon ein feststehender Begriff zu sein scheint, umschreibt William die Duplex-Skala als Verlängerung der Saiten an den Schwingungsknoten. Drei Tage später fahren die Vorbereitungen bei Gesprächen mit Steinways Patentanwaltskanzlei Van Santvoord + Hauff fort: »at Theodors house, looking over his new three scale Patent with Mr. Hauff.«<sup>76</sup> Auch zu diesem Zeitpunkt scheint noch keine griffige Benennung der Erfindung gefunden.

Ende April 1872, immer noch mehr als zwei Wochen vor der Patentregistrierung, stand dann der erste Flügel mit Duplex-Skala in den Verkaufsräumen.<sup>77</sup> Diese Premiere fiel mit der Jubiläumsnummer 25 000 zusammen, was die Bedeutung der Erfindung unterstreicht.<sup>78</sup> Es handelte sich um einen ca. 259 cm (8'5") langen Konzertflügel mit 88 Tasten, der als Aushängeschild mehrere Wochen im Geschäft verblieb.<sup>79</sup> In dieser Zeit verfasste William Steinway einen neuen Firmenkatalog.<sup>80</sup> Außerdem bewarb er sein Unternehmen und möglicherweise den neuen Flügel bei einer großen Feier anlässlich der Ankunft des Braunschweiger Hofkapellmeisters und Komponisten Franz Abt (1819–

<sup>74</sup> Pantalony, *Sensations*, 2009, S. 216–217.

<sup>75</sup> Kehl/Kirkland, *Guide*, 2011, S. 133.

<sup>76</sup> Steinway, *Diary*, 1861–1896, Eintrag vom 02.04.1872.

<sup>77</sup> Ebd., 27.04.1872: »Grandpiano No 25.000 down in the Store since Yesterday With Duplex scale, very fine«.

<sup>78</sup> Steinway & Sons Seriennummernbuch, Eintrag zu Nr. 25 000: »25 000 | grand | [style] 3 | First new patent duplex scale«.

<sup>79</sup> Kehl/Kirkland, *Guide*, 2011, S. 107.

<sup>80</sup> Steinway, *Diary*, 1861–1896, Eintrag vom 26.04.1872: »Have completed the Manuscript for our new illustrated Catalogue«.

1885) in New York, an der ca. 250 Personen teilnahmen.<sup>81</sup> Der Jubiläumsflügel wurde im Juni nach St. Petersburg zum »Großfürsten Alexander von Russland« geschickt.<sup>82</sup> Gemeint ist wahrscheinlich Alexander Alexandrowitsch Romanow (1845–1894), der ab 1881 als Zar Alexander III. regierte. Im Steinway-Katalog desselben Jahres wird nicht er, sondern seine Frau Marija Fjodorowna (1847–1928) als Besitzerin genannt.<sup>83</sup> Wegen der Vielzahl an Residenzen der Zarenfamilie und der Aufteilung ihrer Besitztümer nach der Revolution gestaltet es sich schwierig, das Instrument zu lokalisieren, falls es noch existiert.

Die Bauzeit eines Klaviers erstreckt sich über mehrere Monate. Von Flügel Nr. 25 000 ist überliefert, dass sein Korpus im Dezember 1871 gefertigt wurde.<sup>84</sup> Wenn also die frühesten Flügel mit der neuen Konstruktion schon vor der Patentanmeldung verkaufsbereit waren, lässt das zwei mögliche Schlüsse zu. Entweder wurde die Duplex-Skala schon Wochen vorher eingesetzt, oder sie konnte nach dem Guss der Platte hinzugefügt werden. Einiges spricht dafür, dass zunächst letzteres üblich war. Dies bringt bei der Ausführung sowohl Vorteile als auch Beschränkungen mit sich. Die treppenförmige Unterlage des Front Duplex kann separat gefertigt und auf den Stimmstock aufgesetzt werden. Dafür mussten nur die vorher verwendeten Filzstücke, die bis direkt vor die Agraffen reichen, durch die Unterlage ersetzt werden. Dieses Arrangement lässt eine große Flexibilität zu, weil damit zum einen auch ältere Flügel nachgerüstet werden konnten und zum anderen die Platten-Gussmodelle nicht geändert werden mussten. Probleme ergaben sich aber im Bereich des Rear Duplex, denn die Anhangstifte befanden sich so nah am Rand der Platte, dass die Duplex-Stege dazwischen keinen Platz fanden. Damit wie im Patent gefordert zum Hauptteil der Saite proportionale Längen zwischen Resonanzbodensteg und Duplex-Stegen erzielt werden können, musste der Abstand zwischen dem Plattenrand und den Anhangstiften vergrößert werden. T. Steinway schreibt in seinem »Signale«-Artikel im Januar 1875, dass »bei Concert-Instrumenten« auch der Rear Duplex vorliege. Die Einschränkung impliziert, dass dies auf kleinere Modelle nicht zutreffe.

Die Quellenlage zum Helmholtz-Flügel bringt den Nachweis, dass der nachträgliche Einbau tatsächlich durch Steinway und auch schon relativ zeitnah zur Einführung der Duplex-Skala erfolgte. Wie oft dieser Umbau allerdings ausgeführt wurde, ist allein schon wegen der geringen Zahl erhaltener Flügel zwischen ca. 1870 und 1875 schwer feststellbar. Durch den Klaviertechniker William Shull ist mit Nr. 10 343 sogar ein Flügel von ca. 1865 bekannt, der ebenfalls über eine nahezu identische Duplex-Skala auf dem Stimmstock verfügt.<sup>85</sup> Dieser Flügel muss also zu einem unbekannten Zeitpunkt nach-

<sup>81</sup> Ebd., Eintrag vom 01.05.1872: »Get up description of grandpiano 25.000 and the firm of St & Sons [...] At home in evening writing descriptions & history of firm for celebration of next saturday«. Eintrag vom 04.05.1872: »at 4 P.M. our celebration takes place, about 250 persons, incl. Franz Abt present. very fine affair.«

<sup>82</sup> Steinway & Sons Seriennummernbuch, Eintrag zu Nr. 25 000: »Grand Duke Alexander of Russia, St. Petersburg June 28 1872«.

<sup>83</sup> Steinway & Sons, Illustrated Catalogue, 1881, S. 5.

<sup>84</sup> Kehl/Kirkland, Guide, 2011, S. 107. Zu manchen Instrumenten liegen die genauen Daten dazu vor, wann die Platte gegossen, der Korpus fertiggestellt oder das Instrument poliert wurde. Sie lassen sich mit den Verkaufsdaten abgleichen.

<sup>85</sup> Shull, Review, 2012. Auf S. 15 ist ein Foto dieser Duplex-Skala zu finden.

gerüstet worden sein. Diejenigen Seriennummern, die nahe an Nr. 25 000 liegen, könnten sich noch vor Verkauf in der Fabrik befunden haben und dort noch eine Duplex-Skala erhalten haben. Im Museum für Kunst und Gewerbe Hamburg befindet sich aber ein Steinway-Flügel von 1872 mit der Seriennummer 24 169, der nicht mit dieser Konstruktion ausgestattet ist.<sup>86</sup>

Auch schriftliche Hinweise verdichten den Eindruck, dass zunächst nur der Front Duplex eingebaut wurde. Der Katalog von 1872 beschreibt die aktuell angewandten Konstruktionen in kurzen Absätzen. Demnach bestehe die Duplex-Skala nur aus dem vorderen Teil zwischen Agraffen und Wirbeln und erzeuge nur Oktaven zum jeweiligen Grundton.<sup>87</sup> 1873 bekam Oscar Paul in Wien einen neuen Steinway Flügel aus dem Besitz des Grafen Henckel von Donnersmarck zu sehen. Pauls genaue Beschreibung lässt nur den Schluss zu, dass bei diesem Flügel wieder ausschließlich der vordere Teil vorhanden war, dass nur Oktaven erzielt wurden und dass die Einrichtung nicht nur den Diskant, sondern auch die Mittellage umfasste.<sup>88</sup> Es muss allerdings als Ungenauigkeit angesehen werden, dass Paul nur die erste Oktave über dem Grundton nennt, was sich wegen der begrenzten Länge des Stimmstocks nicht durchgängig umsetzen lässt. Durch den mehrfachen Wechsel des Intervalls ergibt sich erst die typische Treppenform. Von Donnersmarcks Flügel war dem Seriennummernbuch nach ein Konzertflügel in dekorativer Ausführung (»fancy grand« Style 4).<sup>89</sup> Obwohl laut T. Steinway die Konzertflügel 1875 einen Rear Duplex enthielten, war dies hier noch nicht der Fall.

Somit liegt der Schluss nahe, dass das erste Stadium der Duplex-Skala zumindest bei den kleineren, vielleicht sogar bei allen Flügel-Modellen nur im vorderen Teil bestand, der als separat hergestelltes Stück auf der fertigen Platte befestigt wurde. Auf diese Weise konnten auch ältere Instrumente nachgerüstet werden. Allerdings ergibt sich dadurch eine gewichtige Abweichung von der im Patent vorgesehenen Bauweise.

### Nach Einführung des Kapodasters 1875

Die Jahre 1875 und 1876 waren von den Vorbereitungen auf die Weltausstellung in Philadelphia geprägt, für die Steinway mit dem »Centennial Grand« ein neues Flügel-Modell als Aushängeschild entwickelte.<sup>90</sup> Im Zuge dessen erfuhr die Platte und mit ihr die Duplex-Skala einige Modifikationen. Eine bleibende neue Einrichtung ist der Kapo-

<sup>86</sup> Beurmann, Buch, 2007, S. 295–298.

<sup>87</sup> Steinway & Sons, Illustrated Catalogue, 1872, S. 19.

<sup>88</sup> Paul, Bericht, 1874, S. 633. Instrument war »durchweg mit solcher Saiteneintheilung und Saitenlage construiert, dass auch das Stück Saite, welches vor der Agraffe liegt und bei anderen Flügeln stumm bleibt, mit vibriert, wenn der Hammer die Saite in ihrem Grundtone erregt hat. Das Stück vor der Agraffe ist nun auch nach dem Gesetz der Obertöne so lang, dass in ihm die Octave des Grundtones erscheint und dadurch also der erste Oberton wesentlich verstärkt wird, wodurch die Mitte und der Discant des Flügels eine wunderbare Fülle erhalten«.

<sup>89</sup> Steinway & Sons Seriennummernbuch, Eintrag zu Nr. 27 022.

<sup>90</sup> Die Weltausstellung feierte das 100. Jubiläum (»centennial anniversary«) der amerikanischen Unabhängigkeitserklärung. Kehl/Kirkland, Guide, 2011, S. 184–187.

daster. Er besteht aus einer knapp hinter dem Stimmstock verlaufenden Querstrebe, die mit allen anderen Plattenstreben verbunden ist. An ihrer Unterseite ist eine Art Agraffen eingeschraubt, die die Saiten von oben in Position halten. Wieder gibt es terminologische Unregelmäßigkeiten. Ursprünglich wurden nur diese Agraffen als »capodastros« bezeichnet.<sup>91</sup> Heute heißt die Querstrebe selbst Kapodaster.<sup>92</sup>

Zweck der »capodastros« war es, eine möglichst kleine Kontaktstelle für die Saiten zu schaffen, weil diese als Durchkreuzungspunkt der Schwingungen, insbesondere für die höheren Obertöne, möglichst präzise sein muss. Davon ist laut T. Steinway die Wirksamkeit der Duplex-Skala abhängig.<sup>93</sup> 1875 wurden noch einige andere Änderungen an der Platte vorgenommen, die auf Abbildung 29 zu sehen sind.

Diese Fotografie ist bei Fanny Morris Smith abgedruckt und dort nicht datiert. Es scheint sich aber um eine Detailaufnahme von derselben Platte zu handeln, die auch Dolge abbildet und mit der Jahreszahl 1875 versieht.<sup>94</sup>

Da beide Bücher auf der folgenden Seite außerdem die identische Ansicht der Plattenunterseite zeigen, kann davon ausgegangen werden, dass sie das gleiche Material verwendeten.<sup>95</sup>

Die Aufnahmen wurden Smith von Frederick Steinway (1860–1927), einem Neffen von Theodore, zur Verfügung gestellt. Sie könnten also noch in der Steinway-Fabrik angefertigt worden sein, um die Neuerungen an einem Probeguss bildlich festzuhalten.<sup>96</sup> Somit zeigt die Fotografie sehr wahrscheinlich den technischen Stand von 1875.

Auf ihr sind einige Details sichtbar, die am fertigen Instrument verdeckt werden, durch die die Machart der Duplex-Skala aber besser nachvollzogen werden kann. Auf dem Stimmstock sind die größeren Löcher für die Plattenschrauben vorgesehen und die kleineren für die Wirbel. Beide Felder enthalten je drei Unterlagen, die auf die Platte aufgeschraubt oder eingegossen sind. Ihre Gestalt ist allerdings unterschiedlich (Abb. 30).

Auf der linken Bildhälfte wurden diagonal verlaufende Auflageflächen für mehrere Chöre gewählt, sodass jede der drei Saiten innerhalb eines Chores eine geringfügig andere Länge erhält. Im höchsten Diskant dagegen sind die Unterlagen treppenförmig und für jeden Chor liegt ein eigenes quadratisches Teil vor. Die Differenzierung der Längen gelingt mit jener Lösung genauer. An den Rändern sind erhobene Kanten zu erkennen, die die Saiten abgreifen sollen (vgl. schwarzer Pfeil). Das Vorhandensein des Rear Duplex kann man nur an der jeweiligen Position der Anhangstifte in individuell abgestufter Entfernung vom Plattenrand erkennen. Die Duplex-Stege werden also separat hergestellt und nachträglich angebracht, entweder als einzelne Elemente pro Chor und somit

<sup>91</sup> Ebd., S. 186.

<sup>92</sup> Ebd., S. x und S. 186–187. Schimmel, *Nomenclatur*, 1997, S. 47.

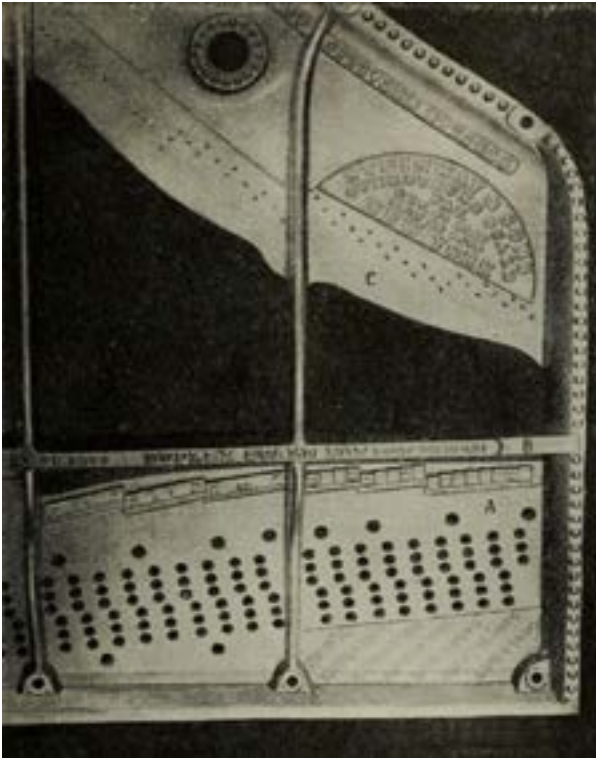
<sup>93</sup> Vgl. Steinert, *Entwicklung*, 1849, S. 17.

<sup>94</sup> Dolge, *Pianos*, 1911, S. 72. Die Fotografie, ebenfalls vor schwarzem Hintergrund, ist eine Gesamtaufnahme der Platte mit einer geringeren Auflösung.

<sup>95</sup> Smith, *Art*, 1892, S. 150 und Dolge, *Pianos*, 1911, S. 73. Die Unterseite hat bei beiden übereinstimmend einen anderen Hintergrund als die Vorderseite. Dolge bildet wieder die Gesamtaufnahme ab und Smith einen Ausschnitt.

<sup>96</sup> Smith, *Art*, 1892, S. 160.





**Abb. 29** Diskantbereich einer Flügelplatte mit Kapodaster (wahrscheinlich 1875).



**Abb. 30** Details aus Abbildung 29.



stimmbar, oder als zusammenhängende Unterlage.<sup>97</sup> 1875 diversifizieren sich die Intervalle zu Oktaven, Quinten und Terzen.<sup>98</sup> Diese sind aber immer noch Bestandteile der Obertonreihe des Grundtons.

### Überarbeitungen der Duplex-Skala (1880–1884)

Mit der großen Dichte an Patentkonstruktionen Ende der 1870er Jahre kam die Entwicklung der Steinway-Flügel zu einem allmählichen Abschluss. T. Steinway resümierte Ende 1881 in einem Brief an Henry Ziegler: »Bei den fertigen Systemen der Grand ist die Arbeit gethan« und es sei nun Zeit, sich verstärkt den Pianinos zuzuwenden.<sup>99</sup> Bis auf eine Ausnahme beziehen sich alle von Henry Zieglers Patenten auf Pianinos.<sup>100</sup> Trotzdem lässt sich aus T. Steinways Briefen zwischen 1880 und 1884 ablesen, dass bei der Duplex-Skala immer noch Änderungsbedarf bestand. Dabei ging es meist um unerwünschte, hochfrequente Nebengeräusche, die mit »Pfeifen«, »Zinseln« oder »Schnat-tern« umschrieben werden.<sup>101</sup>

In einer langen Briefstelle vom 05. Juli 1884 geht T. Steinway auf mögliche Maßnahmen ein.<sup>102</sup> Man könne den Rear Duplex mit einem eingeflochtenen Tuchstreifen dämpfen. Dieses Verfahren hatten Bösendorfer und T. Steinway bereits in ihrer Debatte 1875 thematisiert. Für T. Steinway lagen die Störungen aber nicht an der Duplex-Skala – im Gegenteil: »ich weiß, dass Pianos ganz ohne Duplex schreien wie der Teufel, z. B. Blüthner am meisten, dann Chickering, dann Bechstein.«<sup>103</sup> Außerdem wird die Verlängerung oder Verkürzung der Duplex-Abschnitte mehrfach beschrieben. An einer Stelle ist von der Überschreitung der Hörgrenze die Rede.<sup>104</sup> Beim Helmholtz-Flügels bleiben alle Duplex-Frequenzen unter 9000 Hz und damit weit von der Hörgrenze entfernt. Als tiefster Duplex-Ton erklingt bei Taste 64 (c<sup>3</sup>) das c<sup>5</sup>. Die Duplex-Frequenzen setzen also genau an der oberen Grenze des regulären Tonumfangs an. Zum Vergleich ergeben die Messungen an einem modernen Steinway-Flügel vom Modell C für den Front Duplex einen Frequenzbereich zwischen 4000 und 7000 Hz und für den Rear Duplex zwischen 1200 und 4800 Hz.<sup>105</sup>

<sup>97</sup> Plath/Preller, *Process*, 2018, S. 352.

<sup>98</sup> Steinway, Steinway, 1875, S. 73.

<sup>99</sup> LaGuardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection, Box 040260, Folder 24, Letter 11.

<sup>100</sup> Kehl/Kirkland, *Guide*, 2011, S. 135.

<sup>101</sup> LaGuardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection, Box 040260, Folder 24, Letter 08 und 18.

<sup>102</sup> LaGuardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection, Box 040260, Folder 24, Letter 18. Siehe Anhang B für das vollständige Zitat.

<sup>103</sup> LaGuardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection, Box 040260, Folder 24, Letter 18.

<sup>104</sup> LaGuardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection, Box 040260, Folder 24, Letter 19. Siehe Anhang B für das vollständige Zitat.

<sup>105</sup> Öberg/Askenfelt, *Influence*, 2012, S. 860.

## Zusammenfassung

Die Duplex-Skala besteht aus zwei Hälften mit unterschiedlicher Wirkweise. Der Abschnitt hinter dem Steg kann nur durch Resonanz angeregt werden, weil der Kontakt der Saiten mit dem Steg die Schwingung der Hauptsaiten abbricht. Bei dem Abschnitt auf dem Stimmstock dagegen soll der Hammerimpuls durch die Agraffe übertragen werden. In beiden Fällen gelinge die Übertragung nur durch die Einhaltung eines proportionalen Verhältnisses. Obwohl beide Hälften von Anfang an vorgesehen waren, scheint zunächst nur die vordere umgesetzt worden zu sein. Es ist kein Instrument bekannt, das exakt so gebaut wurde wie im Patent beschrieben. Bei dem Ende April 1872 verkaufsbereiten Jubiläumsflügel Nr. 25 000 war die Konstruktion erstmals regulär eingebaut worden, in der Folge aber wahrscheinlich nur bei bestimmten Modellen. Da jedoch zum Teil auch bereits vor 1872 gebaute Instrumente über eine Duplex-Skala verfügen, liegt der Schluss nahe, dass Steinway zunächst Einbau-Teile für den Front Duplex verwendete. Für deren Verwendung sprach der Vorteil, dass die Gussform der Platte nicht umgearbeitet werden musste; eine Notwendigkeit dazu besteht nur beim Rear Duplex. Laut T. Steinway scheinen zumindest bei Konzertflügeln auch beide Duplex-Hälften implementiert worden zu sein. Als Körper, die die Saitenteile begrenzen, wurden Agraffen, flache Metallplättchen oder Filzkannten gewählt.

Das erste Stadium von Steinways Duplex-Skalen wies außerdem das Merkmal auf, dass nur Oktaven zum Grundton erzeugt wurden. Ab 1875 löste der von oben auf die Saiten drückende Kapodaster die Agraffen im Diskant ab. Während man zu Beginn ausschließlich auf Oktaven als resultierende Intervalle setzte, wurden später auch Quinten und Terzen zugelassen und schließlich weitere freiere Intervalle. Diese »greater and more favourable harmonic sub-divisions« befürwortete Helmholtz in seinen Briefen von 1885 und 1893 im Vergleich zu seinem ersten Flügel.<sup>106</sup> Dass die Entwicklung und Umsetzung der Duplex-Skala in mehreren Schritten erfolgte, kann durch Messungen an ausgewählten historischen Flügeln ebenso wie durch Informationen aus schriftlichen Dokumenten geschlossen werden.<sup>107</sup> Bei heutigen Flügeln der Modelle C und D weichen die Intervalle des Rear Duplex im Vergleich zur klingenden Länge teils stark von Oktaven, Quinten oder Terzen ab.<sup>108</sup> Dass die Duplex Skala immer wieder klangliche Probleme verursachte, die auch nach mehreren Jahren nicht gelöst waren, geht aus T. Steinways Briefen an seinen Neffen Henry Ziegler hervor.

<sup>106</sup> Steinway & Sons, Illustrated Catalogue, 1885, keine Seitenzahl.

<sup>107</sup> Plath/Preller, Process, 2018, S. 358–359.

<sup>108</sup> Öberg/Askenfelt, Influence, 2012, S. 858.



## Theodore Steinways Umgestaltung des Flügels (1868–1885)

### Von Steinweg zu Steinway – Klavierbau zwischen Seesen und New York

Wahrlich dünkt es mich beschämend für so manche andere Zweige der Kunst, dass gerade diese eine des Klavier-Instrumentenbaues sich einer unleugbar idealen Vollendung zuneigt / ich wüsste in Malerei, Sculptur Architectur, Literatur und – leider auch Musik nichts nachzuweisen, was [...] den sinnigen Ausbildungen des Klavierbaues gleich käme.<sup>1</sup>

Klaviere gehören zu jenen Instrumenten, bei denen sich erst spät internationale Standardisierungstendenzen herausbildeten. Auch die Zeit um und nach 1850 war noch von stetigem Wandel geprägt, wie das obige Zitat Richard Wagners von 1879 unterstreicht. Trotzdem erhielt diese Epoche des Klavierbaus in der Sekundärliteratur bisher recht wenig Aufmerksamkeit.<sup>2</sup>

Viele bauliche Merkmale moderner Flügel waren bereits lange vor 1850 erfunden worden, wurden zunächst aber nur von einzelnen Herstellern angewandt. So gab es beispielsweise auch für Eisenstützen oder -rahmen etliche Vorläufer.<sup>3</sup> Steinway gilt als die Firma, die erstmals alle heute noch gebräuchlichen Bausteine zusammenfügte und zu einem stimmigen »System« vereinte.<sup>4</sup> Eine Entwicklungsgeschichte des Klavierbaus nur anhand von Erfindungen und Patenten zu erzählen, birgt insofern Risiken. Wie der Klavierbau-Historiker Edwin Good bemerkte, sollte nicht vergessen werden, zwischen Innovation und Adaption zu unterscheiden.<sup>5</sup> Zwischen dem ersten Einsatz einer neuen Konstruktion und ihrer allgemeinen Verbreitung vergehen oft viele Jahre. Beispielsweise gelten Erards Repetitionsmechanik und Papes Hammerkopfbezug aus Filz statt Leder zwar als Meilensteine, doch wandte sie jahrelang niemand außer den Erfindern selbst an.<sup>6</sup> Teils sollten Patente ja gerade für einen gewissen Zeitraum vor Kopien schützen, teils musste sich eine Idee auch erst bewähren, bevor sie andere überzeugte. An Erfindungen mangelte es wahrlich nicht, doch oft schuf die Lösung für ein Problem an anderer Stelle sogar neue Defekte. So bewirkten frühe Versuche mit vollen Eisenrahmen in den USA zwar eine höhere Stimmstabilität, hatten aber negative Auswirkungen auf die Tonqualität.<sup>7</sup> Andere setzten für denselben Zweck auf eine sehr stabile Holzkonstruktion des Korpus. Diese erreichte aber endgültig ihre Grenzen, als der Tonumfang und der Saiten-

1 Brief von Richard Wagner an »Hochgeehrter Herr« (wahrscheinlich T. Steinway), 11.04.1879, Faksimile abgedruckt in: Schneider, Ausstellung, 1894, S. 253–254.

2 Rowland, Piano, 1998, S. 40–56; Good, Giraffes, 1982; Ahrens, Ton, 1999.

3 Good, Giraffes, 1982, S. 119–136.

4 Ebd., S. 166.

5 Ebd., S. 120.

6 Ebd., S. 120.

7 Steinway, Instruments, 1895, S. 510.

zug weiter anstiegen. Infolgedessen erwies sich der Eisenrahmen doch als unausweichlich, denn er erfüllte auch andere Desiderate, wie in einem Artikel in der Allgemeinen musikalischen Zeitung über die Klaviere der Wiener Weltausstellung 1873 anschaulich wird:

Wie unsere Orchestermusik nach und nach immer lärmender geworden ist, so hat man auch dem Clavier immer grössere Tonstärke zu geben gesucht. [...] Das Streben nach Steigerung der Tonstärke hat zu einer völligen Umwandlung im Bau der Klaviere geführt; es wurden immer mehr Eisentheile zur Festigung des Kastens nöthig, bis man endlich bei den grossen Gusseisenrahmen anlangte, welche die New-Yorker Firma Steinway [...] am frühesten verwendet hat.<sup>8</sup>

Der schrittweise Einzug von Metallteilen in das Klavier hatte praktische Gründe und klangliche Folgen, mit deren Behebung Klavierbauer lange beschäftigt waren.<sup>9</sup> Der steigende Saitenzug ist die Hauptursache. Seit den 1780er Jahren wurde der Raum zwischen dem Stimmstock und dem Damm mit Metallspreizen abgestützt, denn dort braucht die Mechanik Platz, ihre Bewegungen auszuführen.<sup>10</sup> Ab 1834 stand neben Eisen auch englischer Gussstahl als Saitenmaterial zur Verfügung, das zunächst eiserne Anhangplatten erforderte und sich dann mit immer mehr Spreizen bis hin zum vollen, über den Stimmstock reichenden Rahmen erweiterte.<sup>11</sup> Das filigrane, wenige hundert Kilo stemmende Holzgerüst zu Beginn des Jahrhunderts entwickelte sich zu einem steifen, massiven Metallskelett mit einer ca. 25-mal so hohen Saitenspannung.<sup>12</sup>

Mit der steigenden Popularität eines öffentlichen Konzertwesens und immer größeren Sälen differenzierte sich der Flügel in Konzert- und Salonmodelle aus. Eine solche Unterscheidung hatte es zuvor nicht gegeben. Flügel für den heimischen Gebrauch mussten im Gegenteil nicht immer größeren, sondern immer kleineren Räumen gerecht werden:

Manche Instrumentengruppe erschien wie eine Illustration gewisser socialen Zustände, Gewöhnungen oder Moden. So war z.B. gleich aus den Clavieren zu erkennen, dass man seit geraumer Zeit theuer wohnt [...] Uebrigens hat auch der Flügel, wenn er nicht als Concertinstrument dienen soll, sich zum Stutzflügel verkleinert, und die Verkleinerung ist jetzt [...] zu einem früher nicht gewagten Grade fortgeschritten.<sup>13</sup>

<sup>8</sup> Gugler, Rückblick, 1874.

<sup>9</sup> Karl Emil von Schaffhäufl fasste die Problematik zusammen: »Bringt man an die Stelle des Holzes Metall, so wird zwar der Ton heller und klingender, aber er erhält zu wenig Volumen, – er wird spitzig, gleichsam eisern.«, Schaffhäufl, Nekrolog, 1895, S. 10.

<sup>10</sup> Rowland, Piano, 1998.

<sup>11</sup> Th. Mann & Cie, Betrachtungen, 1889, S. 6.

<sup>12</sup> Pollens, Piano, 2018, S. 397.

<sup>13</sup> Gugler, Rückblick, 1874, Sp. 278–279.

Eine hohe Lautstärke stand hier nicht so sehr im Vordergrund wie eine platzsparende Form. Die dafür nötigen kurzen Saiten bereiten eigene klangliche Probleme.<sup>14</sup> Je nach dem Verwendungskontext wurden also sehr unterschiedliche Ansprüche an die verschiedenen Bauformen und Modelle gestellt. In den USA nahmen die dort favorisierten Tafelklaviere ähnliche Ausmaße an wie Flügel und die Beliebtheit von Pianinos stieg erst mit Verzögerung.<sup>15</sup> Auch in anderen Punkten unterschied sich der amerikanische Klavierbau deutlich von dem in europäischen Ländern.

### Besonderheiten der amerikanischen Flügelproduktion

Die Familie Steinway fand in New York eine komplett andere Klavierkultur vor als die, die sie zuvor kannte. Während in Europa Klaviere zur selbstverständlichen Ausstattung bürgerlicher Haushalte gehörten, waren sie in den USA lange Luxusgegenstände und nur in den großen Städten der Ostküste zu finden. Zunächst hatte man insbesondere Tafelklaviere aus England importiert. Sie hielten den wechselnden klimatischen Bedingungen und den üblichen Heizungen aber nicht lange stand.<sup>16</sup> Es stellte sich also die Aufgabe, eine neue, stabilere Bauweise zu entwickeln. Die großen Entfernungen und mangelnden Infrastrukturen erschwerten zudem eine flächendeckende Versorgung mit Reparaturen und Stimmungen, sodass eine regelmäßige Wartung nur in wenigen Städten möglich war.<sup>17</sup> Eine lebendige Klavierkultur in den USA musste also erst Startschwierigkeiten überwinden.

Die ersten vereinzelten amerikanischen Hersteller von Klavieren waren um 1800 in Philadelphia ansässig. Erst die verstärkt ab etwa 1815 eingewanderten englischen Klavierbauer begründeten eine eigene Industrie.<sup>18</sup> Um 1850 war dann bereits der Großteil der Arbeiter wie auch der Firmenleiter in Amerika geboren und in der zweiten Jahrhunderthälfte dominierten schließlich die vielen deutschen Einwanderer wie die Familie Steinweg.<sup>19</sup> Jede Generation brachte dabei das Wissen und die Fertigungsweisen ein, die sie gelernt hatte. Somit kommt in den amerikanischen Klavieren eine Mischung aus europäischen Einflüssen und der Reaktion auf die Bedürfnisse des amerikanischen Marktes zusammen. Neben New York wurde Boston das bedeutendste Zentrum des amerikanischen Klavierbaus. Kleinere Produktionsorte waren Baltimore und Philadelphia, später folgte auch Chicago.<sup>20</sup>

<sup>14</sup> Ebd., Sp. 279.

<sup>15</sup> Steinway, Instruments, 1895, S. 512. Beispielsweise bildet Good, Giraffes, 1982, S. 169, ein 223,3 cm breites Tafelklavier von Nunn & Clark, 1853, ab. Noch 1881 maßen Steinways Tafelklaviere zwischen 6' 6" (~ 198 cm) und 6' 11 1/2" (~ 211 cm). Zum Vergleich waren die für den heimischen Gebrauch bestimmten, »Parlor Grand« genannten Flügel zwischen 6' (~ 183 cm) und 7' 2" (~ 218 cm) groß (vgl. Steinway & Sons, Illustrated Catalogue, 1881, nach S. 24).

<sup>16</sup> Steinway, Instruments, 1895, S. 509.

<sup>17</sup> Ebd., S. 509.

<sup>18</sup> Ebd., S. 509.

<sup>19</sup> Ebd., S. 512.

<sup>20</sup> Ebd., S. 512.

Zur Jahrhundertmitte wurden fast ausschließlich Tafelklaviere, nur sehr wenige Flügel und möglicherweise gar keine Pianinos hergestellt.<sup>21</sup> So waren etwa bei der Londoner Weltausstellung 1851 54 der 56 Flügel und alle 116 Pianinos europäisch.<sup>22</sup> In Boston gab es mit Chickering & Sons und Hallet, Davis & Co nur zwei Hersteller von Flügeln.<sup>23</sup> Chickering begann deren Produktion 1840 und Steinway 1856.<sup>24</sup> Vor 1860 betrug der Anteil von Flügeln bei Steinway gerade einmal 3,5%.<sup>25</sup> Der Rest entfiel ausschließlich auf Tafelklaviere. Das geringe Interesse, eigene Flügel zu bauen, hing wohl auch damit zusammen, dass es vor 1850 kaum amerikanische Berufspianistinnen und -pianisten und keinen großen Konzertmarkt gab. Europäische Virtuosen brachten für ihre Auftritte in den USA englische oder französische Flügel mit.<sup>26</sup> Chickering erkannte dies und wurde nicht nur ein Vorreiter in der Fertigung von Flügeln, sondern auch in deren Vermarktung. Er begann, sie für Konzerttourneen zur Verfügung zu stellen. Den Pianisten entstanden dabei keine Kosten und die Klavierbauer profitierten von der Begeisterung des Publikums und der Presse.<sup>27</sup> Diese erfolgreiche Strategie ahmte Steinway später nach. Eine solche Zusammenarbeit brachte nicht nur den Klavierbauern steigende Umsätze, sondern bewirkte auch ein wachsendes Interesse an klassischer Musik in Gegenden, die zuvor mit ihr wenig in Kontakt gekommen waren.<sup>28</sup>

Jonas Chickering (1798–1853), der Gründer des US-Marktführers Chickering & Sons hatte ebenso wie der fast gleichaltrige Heinrich Engelhard Steinweg (1797–1871) schon viel Erfahrung im Klavierbau, bevor er sich 1853 mit seinen Söhnen zusammenschloss – im selben Jahr, in dem auch die Firmengründungen von Steinway & Sons, Blüthner und Bechstein erfolgten.<sup>29</sup> Chickerings neue Fabrik konnte damals gar für sich beanspruchen, nach dem Kapitol in Washington das zweitgrößte Gebäude der Vereinigten Staaten zu sein.<sup>30</sup> Daran wird ein hoher Grad an Industrialisierung deutlich, der nur in England vergleichbar fortgeschritten war. Eduard Hanslick stellte 1862 die extremen Unterschiede in den Produktionsbedingungen zwischen den Nationen heraus:

<sup>21</sup> Laut ebd., S. 512, waren Verkäufe von Flügeln bis etwa 1855 »about as scarce as angels' visits«. Bis um 1830 wurden überhaupt nur Tafelklaviere gebaut, vgl. Steinway, *Instruments*, 1895, S. 509.

<sup>22</sup> Good, *Giraffes*, 1982, S. 171.

<sup>23</sup> Stand 1853. Vgl. Koster, *Instruments*, 1994, S. 309.

<sup>24</sup> Good, *Giraffes*, 1982, S. 174.

<sup>25</sup> Lieberman, *Steinway & Sons*, 1995, S. 466.

<sup>26</sup> Good, *Giraffes*, 1982, S. 174.

<sup>27</sup> Lieberman, *Steinway & Sons*, 1995, S. 53.

<sup>28</sup> Lott, *Paris*, 2008.

<sup>29</sup> Wohl weil die Firma nicht mehr existiert, findet man so gut wie keine Sekundärliteratur über sie. Eine Ausnahme aus wirtschaftshistorischer Perspektive bildet ein Artikel von Kornblith, *Craftsman*, 1985, S. 349–368. Die »Chickering Foundation« sammelt außerdem Material zur Firmengeschichte und den Instrumenten: <http://chickeringfoundation.org/> (18.02.2025).

<sup>30</sup> Lieberman, *Steinway & Sons*, 1995, S. 36.

[...] wie sehr derlei große englische Unternehmungen durch die riesigen Dimensionen ihres Capitals, Verkehrs, ihrer Arbeitskraft und Speculation vor ähnlichen Fabricationen des Continents begünstigt sind. [...] Mit solchen Dimensionen kann nun freilich der genialste Claviermacher Deutschlands nicht concurriren. Neben England ist es vorzüglich Nordamerika, wo derlei Fabricationen sich colossal entwickeln können, wo Talent und Arbeitskraft den üppigsten Boden und selbst bei mangelndem Capital die Hilfe ausgiebigen Credits finden.<sup>31</sup>

Nicht zufällig konnte London 1851 die erste Weltausstellung auf die Beine stellen und die englischen Klaviere waren es auch, die zunächst die Goldmedaillen einholten. Als Wendepunkt gilt die Pariser Weltausstellung 1867, wo die amerikanischen Klaviere erstmals besser bewertet wurden als europäische.<sup>32</sup>

### Steinweg vor Steinway

Will man die Geschichte der Familie Steinweg, die sich nach ihrer Auswanderung 1850 in Steinway unbenannte, erkunden, stößt man schon in den frühen Quellen auf eine schwer aufzulösende Mischung aus Legenden und historischen Fakten.<sup>33</sup> In der Sekundärliteratur hat sich dadurch eine Erzählung herausgebildet, die oft unkritisch wiedergegeben wird. Bereits im späten 19. Jahrhundert war die Familie daran interessiert, ihr Bild für die Nachwelt zu prägen. Insbesondere William Steinway, aber auch der Familie nahestehende Personen veröffentlichten zu diesem Zweck biografische Abrisse. Diese sind zwar wertvoll, weil sie aus erster Hand stammen, müssen aber immer mit anderweitig gesicherten Informationen, z. B. aus Archiven, abgeglichen werden.

Die Vorgeschichte des Unternehmens Steinway & Sons spielte sich zunächst in Seesen im Harz ab, wo sich Heinrich Engelhard Steinweg nach einigen Umwegen als Instrumentenbauer betätigte.<sup>34</sup> Er stammte aus dem nahen Wolfshagen, wo er 1797 als Sohn eines Köhlermeisters geboren wurde. Bis zum Alter von 15 Jahren soll Steinweg alle nahen Angehörigen verloren haben.<sup>35</sup> Die Angaben seiner weiteren Stationen bis 1824

<sup>31</sup> Hanslick, *Musikalisches*, 2008, S. 108–109.

<sup>32</sup> Hoover, *Steinways*, 1981, S. 59.

<sup>33</sup> Wegen dieser Namensänderung gibt es für jedes Familienmitglied eine deutsche und eine englische Namensform. Um Verwechslungen zu vermeiden, soll im Folgenden Heinrich Engelhard Steinweg auf Deutsch belassen werden, weil er den Großteil seines Lebens in Deutschland verbrachte. Die Söhne dagegen sollen jeweils mit ihren englischen Namen erscheinen, weil ihr Wirkungsschwerpunkt in den USA lag.

<sup>34</sup> Dirk Stroschein, Leiter des Städtischen Museums Seesen, hat als einziger gründlich in deutschen Archiven zur Familie Steinweg geforscht. Stroschein, *Steinway*, 2013.

<sup>35</sup> Über die Zahl seiner Geschwister gibt es unterschiedliche Angaben. Laut ebd., S. 10, war er das vierte von acht Kindern. Andere Quellen nennen ihn das jüngste von zwölf Kindern. Zimmermann, *Steinweg*, 1893, S. 23, hat in einem Kirchenbuch ermittelt, dass der Vater 1811 an Auszehrung starb und nicht wie oft angegeben zusammen mit Heinrichs Brüdern durch einen Blitzschlag. Vgl. z. B. [o. A.], *Steinway, Henry Engelhard [Encyclopædia]*, 1882, S. 362.



gehen in den Quellen auseinander.<sup>36</sup> Was aber übereinstimmt, ist, dass er sich mehrere Jahre dem Militär angeschlossen und durch das Bauen und Spielen einer Zither hervorgetan habe.<sup>37</sup> Nach Beendigung seiner Soldatenlaufbahn ging er nach Goslar, um eine Ausbildung als Tischler zu erhalten.<sup>38</sup> Um in diesem Beruf Meister zu werden hätte er aber eine zehn Jahre lange Lehr- und Gesellenzeit absolvieren müssen, weshalb er auf den Orgelbau umstieg, der diesen Bestimmungen nicht unterlag. Bei wem er dort tätig war, ist unbekannt. 1824 lässt sich Steinweg wieder in Wolfshagen nachweisen, wo er die Selbstständigkeit als Tischler und einen Erlass der fehlenden Gesellenzeit beantragte.<sup>39</sup> Sein Gesuch war erfolgreich und auch die Tischlergilde in Seesen, die ihn zunächst nicht aufnehmen wollte, wurde schließlich von Amts wegen dazu angehalten. Im April 1825 trat er als Meister in die Gilde ein, sollte aber in Wolfshagen bleiben. Einen Monat später heiratete er Juliane Thieme (1804–1877) aus Seesen und wollte zu ihr ziehen, da sie sich um ihre Eltern kümmern und für sie Geld hinzuverdienen musste.<sup>40</sup> Steinweg wurde zwar als Bürger in Seesen aufgenommen, bis zur Erlaubnis der Niederlassung dort verging aber fast ein Jahr. In der Zwischenzeit hatte ein Brand Seesen zu großen Teilen zerstört. Von den über 2000 Anwohnern wurden hunderte obdachlos. Diese Notlage erscheint zwar als plausibler Grund für eine schnelle Aufnahme auswärtiger Tischler zum Wiederaufbau Seesens, doch die Gilde sperrte sich zunächst dagegen, weil sie zu viel Konkurrenz befürchtete.<sup>41</sup>

Auch wegen der Wohnungsnot in Seesen konnte die wachsende Familie erst 1829 ein eigenes Haus erwerben. Dieses teilte sie mit Mietern und wohl auch Lehrlingen.<sup>42</sup> So erweiterte Steinweg seine räumlichen Möglichkeiten und verlagerte seinen Arbeitsschwerpunkt allmählich in den Instrumentenbau. Das früheste erhaltene Tafelklavier ist auf 1835 datiert und mit »H. Steinweg / Instrumentenmacher / Seesen« signiert.<sup>43</sup> Im April 1836 bewarb Steinweg in einer Regionalzeitung seine »Pianofortes so wie auch Flügel nach den neuesten Wiener Façons«.<sup>44</sup> Im selben Jahr beantragte er bei der zuständigen Behörde, zwei seiner Klaviere in einer Lotterie anbieten zu dürfen.<sup>45</sup> In diesem Dokument berichtet er, dass er schon in seiner Jugend Instrumente habe bauen wollen, aber

<sup>36</sup> Siehe etwa die biografischen Abschnitte bei Spillane, *History*, 1890, S. 213–216, bei Dolge, *Pianos*, 1911, S. 299–303 und den wahrscheinlich von William Steinway verfassten Eintrag [o. A.], Steinway, Henry Engelhard [Encyclopædia], 1882, S. 362–368.

<sup>37</sup> Stroschein, Steinway, 2013, S. 10.

<sup>38</sup> Laut [o. A.], Steinway, Henry Engelhard [Encyclopædia], 1882, S. 363, war Heinrich beim Austritt aus dem Militär 21 Jahre alt. So käme man auf 1818. Zimmermann, Steinweg, 1893, S. 23, korrigiert dieses Datum mit Hilfe von nicht näher benannten Militärlisten auf 1822.

<sup>39</sup> Stroschein, Steinway, 2013, S. 12.

<sup>40</sup> Ebd., S. 12 und 13.

<sup>41</sup> Ebd., S. 13 und 14.

<sup>42</sup> Ebd., S. 18.

<sup>43</sup> Ulferts, Führer, 1997, S. 59; abgebildet ebd. auf S. 31.

<sup>44</sup> Stroschein, Steinway, 2013, S. 28.

<sup>45</sup> Ebd. Die Akte trägt die Signatur NLA WO 129 Neu 44 Nr. 1 in oben genanntem Archiv.

wegen Armut »dazu keine Anleitung erhalten« habe.<sup>46</sup> In Zeiten geringer Beschäftigung aufgrund der Vielzahl der Tischler in Seesen habe er sich dem Klavierbau zugewandt und dafür sowohl Anerkennung als auch erste Käufer gefunden. Aus dieser Situation begründete Steinweg den Wunsch nach einer Lotterie, denn er brauchte »zur Gründung einer Fabrik dieser Art musikalischer Instrumente [...] einen Vorschuß«. 1838 erhielt Steinweg auch die Erlaubnis für einen Anbau an sein Haus, weil »es mir unmöglich bleiben muß, in der bis jetzt benutzten Werkstätte, worin kaum zwei Leute Tischlerarbeit verfertigen können, den Instrumentenbau zu betreiben«.<sup>47</sup>

Aus der Frühzeit von Heinrich Steinwegs Klavierbauwerkstatt sind nur wenige Instrumente erhalten (für eine Auflistung s. Anhang B). Durch eine Leihgabe und spätere Schenkung der Firma Grottrian-Steinweg gelangten zwei Tafelklaviere 1930 in das Städtische Museum Braunschweig.<sup>48</sup> Darüber hinaus blieben laut der Musikinstrumenten-Kuratorin Cynthia Hoover jeweils ein Flügel und ein Tafelklavier von 1836 im Besitz der Firma Steinway, die leihweise auch im Metropolitan Museum in New York ausgestellt waren.<sup>49</sup> Drei der vier erhaltenen Instrumente sind wohl noch in der alten, kleinen Werkstatt entstanden. Ihre gemeinsamen Merkmale sind das Fehlen von Eisenteilen, der Tonumfang von sechs Oktaven und die eher sparsame Ausstattung mit Pedalen. Der Gebrauch von Kniehebeln beim Tafelklavier von 1835 war zu jener Zeit eigentlich schon unüblich geworden.<sup>50</sup> Weil Heinrich Steinweg keine klassische Ausbildung im Klavierbau erhalten hat, sind auch seine unmittelbaren Einflüsse schwer zu bestimmen. Zu Beginn scheint er sich einen individuellen Stil erarbeitet zu haben: »being familiar with the construction of the old English and new German pianos, he combined the merits of both in a new construction«.<sup>51</sup> In der oben zitierten Zeitungsannonce von 1836 gibt er als Vorbild zeitgenössische Wiener Klaviere an. 1844 hatte Steinweg einen »Flügel in aufrecht stehender Form, [und] ein neues tafelförmiges ebenfalls selbst gearbeitetes Pianoforte mit englischem Mechanismus und eisernem Resonanzboden« fertig.<sup>52</sup> Daran wird deutlich, dass Steinweg sehr verschiedene Modelle herstellte und anpassungsfähig an neue Entwicklungen war. Vergleiche mit anderen lokalen Herstellern wie Becker & Grahe oder Friedrich Zeitter & Christian Ludewig Winkelmann in Braunschweig liegen nahe.<sup>53</sup> Tatsächlich stellt Gert-Dieter Ulferts, Herausgeber des Katalogs der Musikinstrumente im Städtischen Museum Braunschweig, bei einem um 1840 gebauten Tafelklavier

<sup>46</sup> Zitiert nach ebd., S. 28.

<sup>47</sup> Ebd., S. 30.

<sup>48</sup> Ulferts, Führer, 1997, S. 59.

<sup>49</sup> Die Information stammt von 1982. Hoover, Steinways, 1981, S. 51–52. Das Tafelklavier befand sich laut Clinscale, Makers, 1999, Bd. 2, S. 355, leihweise im Metropolitan Museum, Inv.-Nr. L1983.2.2.

<sup>50</sup> Ein später Vertreter, der aber seine Klaviere nicht genau datierte, war der Berliner Johann Christian Schlep: Clinscale, Makers, 1999, Bd. 2, S. 327–329.

<sup>51</sup> [o. A.], Steinway, Henry Engelhard [Encyclopædia], 1882, S. 364.

<sup>52</sup> Stroschein, Steinway, 2013, S. 38. Die Formulierung stammt von einer Behörde und missverständlich. Das Tafelklavier enthielt wahrscheinlich eine Eisenplatte und nicht einen eisernen Resonanzboden.

<sup>53</sup> Von den Genannten sind ebenfalls Instrumente bei Ulferts, Führer, 1997, S. 10–11 und S. 61–62 aufgeführt.

von Becker & Grahe eine enge Verwandtschaft zu Steinwegs frühestem Instrument fest.<sup>54</sup> Eine genauere Einordnung von Steinwegs Baustil wäre nur durch eine detaillierte Untersuchung möglich, zumal Regionalstudien über den Klavierbau außerhalb großer Zentren bisher eher selten vorliegen. Zwar stammt keines der erhaltenen Instrumente aus der Zeit unmittelbar vor der Auswanderung und doch lassen sie erkennen, dass die Familie ihr Handwerk in den USA grundlegend neu lernen musste. Steinways erstes Tafelklavier von 1853 ist in seiner wuchtigen Bauweise durchweg amerikanisch und hat mit seinen ersten fragilen kleinen Instrumenten wenig gemein.<sup>55</sup>

Steinweg professionalisierte seine Fertigung allmählich und in den 1840er Jahren erreichten mehrere Söhne ein geeignetes Alter zur Mitarbeit. In dieser Zeit konnte Steinweg pro Jahr zehn bis zwölf neue Klaviere an Kunden im Harz liefern.<sup>56</sup> Der Handel blieb lokal, weil es keine Eisenbahn und keine Händler in anderen Städten gab.<sup>57</sup> Diese auf den ersten Blick geringe Zahl war nicht ungewöhnlich für einen nicht industriell geprägten Betrieb. Noch 1860 betrug die jährliche Fertigung von Theodore Steinway in Braunschweig ebenfalls zehn Klaviere.<sup>58</sup> Dies steht in Kontrast zur bisweilen geäußerten Annahme, dass die erste New Yorker Seriennummer 483 direkt an die Zahl der in Seesen gefertigten Klaviere anknüpfte.<sup>59</sup> Dass Steinweg in den etwa 15 Jahren seiner Tätigkeit diese Größenordnung erreicht habe, erscheint auch deshalb unwahrscheinlich, weil sich in den Jahren vor der Auswanderung die wirtschaftliche Situation sehr verschlechterte.

## Die Auswanderung

In dem von 1815 bis 1866 bestehenden Deutschen Bund gehörte Seesen zum vergleichsweise kleinen Herzogtum Braunschweig (Abb. 31). Dessen Gebiet war hauptsächlich von den Königreichen Hannover und Preußen umgeben. 1834 wurde mit dem Deutschen Zollverein ein Handelsbündnis für die vielen Kleinstaaten geschaffen, das allerdings von Preußen dominiert wurde. Hannover und Braunschweig traten diesem zunächst nicht bei, sondern schlossen sich im sogenannten Steuerverein zusammen. Braunschweig wechselte 1842 schließlich doch zum größeren Zollverein, war damit aber von Hannovers Gebiet umschlossen.<sup>60</sup>

In einer wahrscheinlich von W. Steinway verfassten Biografie seines Vaters wird dieses Ereignis als Wendepunkt der bis dahin gut laufenden Geschäfte bezeichnet.<sup>61</sup> Die neu

<sup>54</sup> Ebd., S. 61.

<sup>55</sup> Dieses Tafelklavier ist im Städtischen Museum Seesen ausgestellt, vgl. Stroschein, Steinway, 2013, S. 56–57.

<sup>56</sup> Ebd., S. 38.

<sup>57</sup> [o. A.], Steinway, Henry Engelhard [Encyclopædia], 1882, S. 364.

<sup>58</sup> Lieberman, Steinway & Sons, 1995, S. 75.

<sup>59</sup> Beispielsweise gibt ebd., S. 27, an, dass Heinrich »bis 1848 etwa vierhundert Klaviere gebaut« habe. Ein Nachweis hierfür fehlt. Die Seesener Instrumente sind nicht nummeriert.

<sup>60</sup> Stroschein, Steinway, 2013, S. 37; Lieberman, Steinway & Sons, 1995, S. 28–29.

<sup>61</sup> [o. A.], Steinway, Henry Engelhard [Encyclopædia], 1882, S. 364. Die historischen Umstände geraten dort allerdings durcheinander, wenn es heißt, der Zollverein unter Preußens Führung sei 1845 gegründet worden und Braunschweig sei ihm gleich beigetreten.



**Abb. 31** Lage des Herzogtums Braunschweig und des Königreichs Hannover im Deutschen Bund (1815–1866).

hinzugekommenen Zollkosten hätten für jedes Klavier fast die Hälfte seines Verkaufspreises betragen.<sup>62</sup> Steinwegs hauptsächlicher Kundenkreis war, wie schon erwähnt, im Harz zu finden, also östlich und süd-östlich von Seesen. Diese Situation führte für ihn also zu großen Einbußen. Aus der Not heraus versuchte Steinweg noch zwei weitere Male, seine Klaviere mittels einer Lotterie zu verkaufen.

Supplicant [Steinweg] hat inzwischen bei fortdauernder Erwerbslosigkeit außerordentlich gelitten an einem hohen Grad von Betriebsamkeit [...] Er vermag aber nicht länger der Ungunst der Verhältnisse zu widerstehen und sieht mit seiner Familie einem wahren Untergange entgegen, wenn er nicht zu einer namhaften Summe baaren Geldes gelangen kann.<sup>63</sup>

<sup>62</sup> Ebd. Der Zoll wurde nicht auf den Preis, sondern auf das Gewicht erhoben (zehn Thaler pro 100 Pfund). Die Angabe in Relation zum Preis des Klaviers macht die Größenordnung allerdings deutlicher.

<sup>63</sup> Kreisdirektion Gandersheim an das herzogliche Staatsministerium, wohl 1848, zitiert nach Stroschein, Steinway, 2013, S. 40.

Beide Anträge wurden abgelehnt, obwohl Heinrich in allen Akten als äußerst fleißig, geschickt und redlich beurteilt wird. Eine Auswanderung war ein möglicher Ausweg aus der festgefahrenen Lage. Offenbar war zunächst geplant, dass nur T. Steinway im Sommer 1847 nach Amerika aufbrechen sollte, wie er selbst öffentlich ankündigte.<sup>64</sup> Dazu kam es aber aus unbekannten Gründen nicht. Stattdessen reiste Theodores Bruder Carl (1829–1865, später Charles) 1849 nach New York voraus. Als Grund hierfür wird oft genannt, dass er sich während der Revolutionsbemühungen 1848 für den Umsturz eingesetzt habe und daher das Land habe verlassen müssen.<sup>65</sup> Möglicherweise wollte der damals 20-Jährige dem Wehrdienst entgehen, von dem T. Steinway bereits zuvor ausgemustert worden war.<sup>66</sup> Die Familie Steinweg war bis 1849 auf insgesamt zwölf Kinder angewachsen, von denen neun überlebten. Fast alle Söhne waren in einem arbeits- und bald auch wehrfähigem Alter. Es war absehbar, dass sie nicht genug Arbeit in Seesen und Umgebung finden konnten. Wenn die Familie zusammenbleiben wollte, konnte sie nur in einem größeren Markt bestehen. Diese Überlegungen bildeten den Anlass, im Frühjahr 1850 nach New York aufzubrechen.<sup>67</sup> Allein der älteste Sohn T. Steinway blieb zunächst zurück.

### Viele Wege zum Erfolg

New York war für deutsche Klavierbauer ein naheliegendes Ziel, denn in dieser Stadt machten deutsche Einwanderer 1860 ein Viertel der Bevölkerung aus.<sup>68</sup> Zugleich waren sie sehr dominant im dortigen Musikleben.<sup>69</sup> Heinrich Steinweg und seine Söhne trafen die geschickte Entscheidung, sich trotz mitgebrachten Kapitals nicht gleich selbstständig zu machen, sondern erst getrennt voneinander drei Jahre bei anderen Klavierbauern zu arbeiten, um so den Markt kennenzulernen.<sup>70</sup> Zur eigenen Firmengründung kam es im März 1853 an William Steinways 18. Geburtstag.<sup>71</sup> Der Vater Heinrich war zu diesem Zeitpunkt bereits 56 Jahre alt. Es lag also an seinen vier Söhnen, die ihn in die USA begleitet hatten, dem neuen Unternehmen ein Profil zu geben. Sie waren noch sehr jung und damit anpassungsfähiger. Es gilt als Erfolgsrezept von Steinway, dass in jeder Generation große Talente im Hinblick auf Technik, Musikalität und Vermarktung vorhanden waren.<sup>72</sup>

<sup>64</sup> Ebd., S. 39.

<sup>65</sup> Lieberman, Steinway & Sons, 1995, S. 29.

<sup>66</sup> Stroschein, Steinway, 2013, S. 43. Näheres zu T. Steinway s. u.

<sup>67</sup> Ebd., S. 43 und 48–52.

<sup>68</sup> Lieberman, Steinway & Sons, 1995, S. 32.

<sup>69</sup> Ebd. Diese musikalischen Aktivitäten der deutschen Einwanderer in New York sind in jüngerer Zeit Gegenstand von Studien gewesen, vgl. Bungert, Festkultur, 2016 und Mecking/Wasserlos, Inklusion & Exklusion, 2016.

<sup>70</sup> Lieberman, Steinway & Sons, 1995, S. 33.

<sup>71</sup> Stroschein, Steinway, 2013, S. 55.

<sup>72</sup> Lieberman, Steinway & Sons, 1995, S. 12–13.

William Steinway pflegte beste Kontakte in die New Yorker Gesellschaft und konnte Erfolge als Geschäftsmann auch außerhalb des Klavierbaus verbuchen. Er war an verschiedenen Infrastrukturprojekten in New York für Tunnel oder U-Bahn-Strecken beteiligt. Außerdem erwarb er von Gottlieb Daimler (1834–1900) die US-Rechte für dessen Motorpatente und förderte die Verbreitung des Automobils.<sup>73</sup> Sogar für politische Ämter bis zum Bürgermeister von New York war er im Gespräch.<sup>74</sup> Daneben förderte W. Steinway auch die großen Orchester New Yorks und weitere Konzerte finanziell.<sup>75</sup> Er war als Sänger sehr aktiv und langjähriger Vorsitzender des bedeutenden Gesangsvereins »Liederkrantz«. Für diese Bemühungen erhielt er den Beinamen »Mr. Music«.<sup>76</sup> William gilt als der amerikanischste der Söhne, blieb aber auch mit Seesen verbunden und engagierte sich dort wohl tätig.<sup>77</sup>

Henry Steinway Jr. (1830–1865) hatte mit Erfindungen wie der Kreuzbesaitung, der Befestigung der Agraffen in einer Plattennase und Mechanik-Patenten den Grundstein für eine große Klaviertechnik-Karriere gelegt. Außerdem erarbeitete er Vermarktungs-Strategien, um die Bekanntheit der Marke Steinway & Sons zu steigern.<sup>78</sup> Er und sein Bruder Charles starben aber 1865 nach mehrjähriger Krankheit und konnten ihre Potenziale so nicht voll entfalten.<sup>79</sup> Richard K. Lieberman, Direktor des Steinway-Archivs in New York, vertritt die Ansicht, Henry Steinway sei der eigentliche »Schöpfer des modernen Klaviers, das seit 1859 nur noch unerheblich verändert wurde«.<sup>80</sup>

Charles Steinway, der 1849 als erster nach New York gekommen war und dessen Berichte aus New York die Familie im Vorhaben der Auswanderung bestärkt hatten, leitete die Verwaltung der Fabrikgebäude.<sup>81</sup> Nach dem Tod von Henry Jr. und Charles 1865 und dem Nachzug Theodore Steinways nach New York teilten die drei verbliebenen Brüder die Aufgaben der Firmenleitung. William kümmerte sich um die kaufmännische und finanzielle Verwaltung, T. Steinway konzentrierte sich auf die technische Weiterentwicklung der Klaviere.<sup>82</sup>

Albert Steinway (1840–1877) plante und verwaltete die zwischen 1870 und 1873 in Queens errichtete, hochmoderne Fabrik, in der nun erstmals alle Arbeitsschritte inklusive Sägemühle und Gießerei ausgeführt wurden und zu der eine eigene Arbeitersiedlung gehörte, aber auch er, der jüngste der Brüder, starb früh mit nur 37 Jahren.<sup>83</sup>

Das Bauen guter Klaviere allein reichte nicht, um eine führende Position im Markt einzunehmen, wie am Vorbild von Chickering zu erkennen war. Steinway brauchte ähn-

<sup>73</sup> Stroschein, Steinway, 2013, S. 76–80.

<sup>74</sup> Lemke, Geschichte, 1891, S. 46.

<sup>75</sup> Lieberman, Steinway & Sons, 1995, S. 79.

<sup>76</sup> Ebd., S. 79.

<sup>77</sup> Stroschein, Steinway, 2013, S. 102 und 122.

<sup>78</sup> Lieberman, Steinway & Sons, 1995, S. 52–58.

<sup>79</sup> Zur Krankheitsgeschichte von Henry Jr. und Charles siehe ebd., S. 66–74.

<sup>80</sup> Ebd., S. 52.

<sup>81</sup> Dolge, Pianos, 1911, S. 301 und 306.

<sup>82</sup> Steinway & Sons, Katalog, 1876, S. 7.

<sup>83</sup> Dolge, Pianos, 1911, S. 311–312.

lich effektive Strategien der Vermarktung wie die Zusammenarbeit mit berühmten Pianisten bei Konzerttourneen, das Versenden von Klavieren an berühmte Personen – explizit auch nach Europa –, den Abdruck ihrer Lobschreiben in den Katalogen, positive Kritiken in Zeitungen und den Gewinn von Medaillen auf Weltausstellungen.<sup>84</sup> Henry Jr. leitete die ersten Schritte dazu ein, indem er 1855 ein Klavier für die Ausstellung des »Metropolitan Mechanics Institute« in Washington konstruierte.<sup>85</sup> Die Teilnahme bei der Weltausstellung in London 1862 mit mehr als sechs Millionen Besuchern sicherte der Firma schließlich größere Sichtbarkeit in Europa. Trotzdem fuhr Steinway bei der Jury dort noch nicht den großen Erfolg ein. Das bestbewertete Klavier stammte von Broadwood aus London.<sup>86</sup> Bei der Pariser Weltausstellung 1867 lagen Steinway und Chickering dann in den Medaillen und Bewertungen so nah zusammen, dass beide für sich den ersten Platz beanspruchten.<sup>87</sup>

Eine Maßnahme, mit der sich Steinway zunächst von den amerikanischen Konkurrenten absetzte, war ein eigener Konzertsaal. Steinway Hall wurde 1864 eröffnet und stand mit einer Kapazität von 2000 Plätzen an zweiter Stelle in New York. Der Saal wurde außerdem für verschiedene Veranstaltungen vermietet. Alle Gäste gingen auf dem Weg zu den Vorstellungen durch die Ausstellungsräume.<sup>88</sup> Steinway Hall entstammte der Initiative von William Steinway, und sollte die eigenen Klaviere unverzichtbar für das Konzertwesen machen, denn für eine bessere Akzeptanz neuer Erfindungen mussten zunächst ihre Einsatzmöglichkeiten demonstriert werden.

Das Sostenuto-Pedal beispielsweise bewarb Steinway in einer Werbeschrift, die im Eigenverlag erschien.<sup>89</sup> Dafür konnten sie als Autor den Pianisten Ferdinand Q. Dulcken (1837–1901) gewinnen.<sup>90</sup> Nach einer kurzen einleitenden Bemerkung folgen einige Beispielstücke unterschiedlicher Schwierigkeitsgrade, die zu großen Teilen von Dulcken selbst stammen, aber auch von amerikanischen Pianisten wie Louis Moreau Gottschalk (1829–1869), Friedrich Brandeis (1835–1899) oder William Mason (1829–1908). Auch an einigen Stellen aus berühmten Klavier-Werken wurde der Einsatz des Pedals vorgeführt. Dulcken widmete die Publikation Theodore Steinway. Der eigentliche Erfinder des Tonhaltepedals war dessen Bruder Albert, der aber 1880 bereits nicht mehr lebte. Gerade weil sich ähnliche dritte Pedale schon vorher nicht durchgesetzt hatten, sollte diese Sammlung Pianistinnen und Pianisten darin unterstützen, die spieltechnischen Möglichkeiten ausschöpfen zu lernen.

Franz Liszt fügte 1883 einem Brief an Steinway zwei Arrangements seiner »Consolation Nr. 3« und von Berlioz' »Danse des Sylphes« hinzu, bei denen er den Gebrauch des

<sup>84</sup> Lieberman, Steinway & Sons, 1995, S. 53–58.

<sup>85</sup> Ebd., S. 39.

<sup>86</sup> Ebd., S. 55–57.

<sup>87</sup> Ebd., S. 84–88.

<sup>88</sup> Ebd., S. 80–84.

<sup>89</sup> Dulcken, Pedal, 1880.

<sup>90</sup> Ich danke Silke Berdux für Informationen zu Dulckens Beziehung mit Steinway und für den Hinweis auf diese Werbeschrift.



Tonhaltepedals demonstrierte. Liszt wurde auch gebeten, sich zu einigen Steinway-Konstruktionen zu äußern. Allerdings scheiterte dieser Versuch:

In ihrem Briefe, hochgeehrter Herr [wahrscheinlich T. Steinway] erwähnen Sie einige Neuerungen am Flügel z B. dass der klingende Körper aus einem einzigen Stücke gebogen ist und dass ein Theil der Saiten, welche bis dahin Todt lagen, nun Theil daran nimmt und als besondere Töne in die Grundtöne eingefügt sind. Ihr Nutzen wird besonders durch den Namen des Erfinders garantirt. Meine Unkenntnis des Mechanismus der Klavier-Construction eingestehend, kann ich nur das prächtige Resultat in Kraft und Vollkommenheit bewundern.<sup>91</sup>

Aus den etwas umständlichen Formulierungen geht hervor, dass T. Steinway Liszt auf die neue Korpusbauweise mit der aus einem Stück gebogenen Wand, dem Biege-Rim, und auf die Duplex-Skala des Flügels hingewiesen hat. Liszt umging ein Urteil der technischen Neuerungen, sei es aus mangelndem Interesse oder Verständnis. Umso mehr überrascht es, dass er ein halbes Jahr später die entgegengesetzte Absicht verlauten ließ: »Wenn Steinway hieher kommt, werde ich mit Ihm ein sach und fachmässiges Claviergespräch führen, betreff, der neuen Construction seiner Flügel.«<sup>92</sup> Obwohl Pianistinnen und Pianisten viel Zeit an ihrem Instrument verbringen, müssen sie es nicht stimmen und sich auch sonst nicht zwingend mit dessen Bauweise auseinandersetzen. Der körperliche Kontakt beschränkt sich auf die Klaviatur und Pedale, weshalb die sonstigen baulichen Besonderheiten nicht unbedingt wahrgenommen werden.

Henry Steinway Jr. hatte schon 1859 begonnen, Instrumente an berühmte Persönlichkeiten zu senden. Nicht einmal zehn Jahre nach Firmengründung und noch ohne Auszeichnungen bei internationalen Ausstellungen hatte er auch Franz Liszt als möglichen Empfänger ins Gespräch gebracht.<sup>93</sup> Liszt und Richard Wagner erhielten ihre Flügel erst 1876, also fünf Jahre nach Helmholtz.<sup>94</sup> Die lobenden schriftlichen Äußerungen, die im Gegenzug für die Instrumenten-Schenkungen eintrafen, sind seit 1866 unter der Rubrik »Certificates« Bestandteil der Firmenkataloge.<sup>95</sup> Wenn man diese Aussagen vergleicht, wird der Stellenwert von Helmholtz deutlich. Für Steinway war das befürwortende Urteil des führenden Akustikforschers ein Mittel, sich von der Konkurrenz abzuheben. So wichtig die Fürsprache von Pianisten war, so freigiebig verteilten sie oft ihr Lob. Gerade Liszt hat sich über Klaviere verschiedener Fabrikate positiv, aber jeweils sehr ähnlich geäußert.<sup>96</sup> Dadurch verfehlten die Aussagen den Zweck, die jeweiligen Klaviere vor der Konkurrenz hervorzuheben. Helmholtz dagegen wurde mit keinem anderen Klavierbauunternehmen als mit Steinway assoziiert. Das Vokabular, das allgemein für

<sup>91</sup> Ein Faksimile des Briefs ist abgedruckt in: Schneider, Ausstellung, 1894, S. 257.

<sup>92</sup> Brief vom 10.05.1884, abgedruckt in: Steinway, People, 1961, S. 50.

<sup>93</sup> Lieberman, Steinway & Sons, 1995, S. 53–54.

<sup>94</sup> Ebd., S. 54 und Fostle, Saga, 1995, S. 289.

<sup>95</sup> Lieberman, Steinway & Sons, 1995, S. 54.

<sup>96</sup> Ebd.



Klangeindrücke verwendet wird, ist zudem oft vage und wirkt wenig prägnant. Steinway scheint aber darauf bedacht gewesen zu sein, dass die Beobachtungen über den Klang ihrer Klaviere ungewöhnlich genau ausfallen. Hector Berlioz etwa bemerkte 1867:

[...] you have discovered the secret to lessen, to an imperceptible point, that unpleasant harmonic of the minor seventh, which heretofore made itself heard on the eighth or ninth node of the longer strings, to such a degree as to render some of the most simple and finest chords disagreeable (cacophonique).<sup>97</sup>

Die Beschreibung erinnert an die Diskussion um die richtige Positionierung der Anschlagsstellen und die Frage, ob man gezielt bestimmte Teiltöne auslöschen sollte.<sup>98</sup> Berlioz befürwortete dies, damit Akkorde weniger dissonant erscheinen. Es ist schwer zu beurteilen, ob dieser Gedanke von Berlioz selbst ausging, oder ob wieder T. Steinway Berlioz' Aufmerksamkeit auf dieses Merkmal richtete, damit dieser es erwähnt. Auch der russischen Pianistin Annette Essipoff (1851–1914) fiel die Vermeidung unreiner Teiltöne auf. Steinways »sympathetic tone quality [...] arises from the perfect purity of its component parts [...] and I frequently detect impure mixtures in what is designated as a sympathetic tone in the pianos of other makers.«<sup>99</sup>

Die an Steinways Klavieren hervorgehobenen Eigenschaften sind neben allgemeiner Klangfülle die Reinheit des Tons, die Gleichmäßigkeit der Klangfarbe, die lange Tondauer und die Stabilität der Stimmung. Der Klang wird mehrfach sowohl mit einem Orchester als auch mit der menschlichen Stimme verglichen. An der Mechanik wird ihre präzise, schnelle Ansprache und feine Abstufungsmöglichkeit gelobt.<sup>100</sup> Helmholtz erwähnt einige dieser Punkte auch, fügt aber hinzu, dass die Duplex Skala auf wissenschaftlichen Überlegungen beruhe. Er allein konnte diese akademische Beglaubigung beisteuern.

Helmholtz' »Tonempfindungen« waren um 1870 noch nicht auf Englisch erhältlich. Daher hatten die Steinways, die erkannt hatten, dass die wissenschaftliche Fundiertheit auch in den USA eine immer größere Rolle spielen würde, allein schon einen sprachlichen Vorteil dabei, sie als wesentliches Unterscheidungsmerkmal zu anderen Klavierbauern auszubauen. Sie brachten aus Europa Wissenszugänge mit, die speziell ihr Hauptkonkurrent Chickering als gebürtiger Amerikaner nicht hatte. Diesen Vorteil ausspielen zu können, erscheint als ein weiteres Motiv, warum Helmholtz ein so bedeutender Kontakt für Steinway war. Zugleich nutzten sie das amerikanische Erfolgsmodell aus Erfindungsreichtum und geschickter Vermarktung. T. Steinway ist nun die Person, die die Verbindung von Klavierbau und Akustikforschung am deutlichsten verkörperte. In fast jeder biografischen Beschreibung fallen Sätze wie: »Theodore Steinway was a scientist from childhood; his methods of thought were trained in the processes of scientific reasoning; his mind was

<sup>97</sup> Steinway & Sons, *Illustrated Catalogue*, 1881, S. 97.

<sup>98</sup> Auch heute noch sprechen sich manche Akustikforscher dagegen aus, vgl. Steinway & Sons, *Illustrated Catalogue*, 1872; Conklin, *Design Factors*, 1990, S. 25.

<sup>99</sup> Steinway & Sons, *Illustrated Catalogue*, 1881, S. 21.

<sup>100</sup> Ebd., S. 20–23.

stored with scientific data.«<sup>101</sup> Wo also nahm diese viel beschworene Wissenschaftlichkeit ihren Ursprung?

## Biografische Hintergründe

T. Steinway wurde 1825 nur wenige Monate nach dem Großbrand in Seesen geboren. Der Ort bot in seiner Jugend trotzdem ein lebhaftes intellektuelles Umfeld, denn in Seesen befand sich eine international bekannte jüdische Reformschule. Seit ihrer Gründung im Jahr 1801 strebte die Jacobson-Schule eine breite Ausbildung für Kinder aus jüdischen und christlichen, sowie wohlhabenden und mittellosen Familien an.<sup>102</sup> Nach dem Tod des Gründers Israel Jacobson (1768–1828) und einigen Änderungen des Lehrplans trat 1838 eine neue Schulordnung in Kraft. Die Ausbildung sollte sich im Sinne einer Bürgerschule an den Anforderungen für handwerkliche, technische und kaufmännische Berufe orientieren oder auf den Übertritt zu höheren Schulen vorbereiten.<sup>103</sup> Das Mindesteintrittsalter lag bei acht Jahren und der Abschluss erfolgte entweder im Alter von 15 oder, für eine Lehramtslaufbahn, von 18 Jahren.<sup>104</sup>

T. Steinway besuchte die Jacobson-Schule erst mit 14 Jahren. Auch ist er nur für ein halbes Jahr in der Schülerliste eingetragen (von April bis Michaelis 1839).<sup>105</sup> Möglicherweise konnte er nicht früher aufgenommen werden, weil für die christlichen Schüleranwärter aus Seesen galt, dass sie bereits konfirmiert sein mussten.<sup>106</sup> Zudem war die Schule wegen eines Umbaus von Sommer 1838 bis Frühjahr 1839 geschlossen.<sup>107</sup> Ähnlich kurze Ausbildungszeiträume finden sich auch bei anderen Schülern. Die Schritte von T. Steinways weiterem Werdegang gehen aus einem kurzen biografischen Abriss hervor, den er 1852 einem Antrag beifügte:

Meine Ausbildung habe ich in der Art genossen, dass ich nachdem mit dem Schulunterrichte zugleich für meine musikalische Ausbildung Sorge getragen war, bei meinem Vater meine technische Ausbildung beendete, nun machte ich öftere und größere Reisen um verschiedene und größere Fabriken kennen zu lernen, unterlies dazu nicht dem Studium der theoretischen Wissenschaften obzuliegen als Akustik Mechanik und Physik sofern die einzelnen Zweige mir zu wissen nöthig sind.<sup>108</sup>

<sup>101</sup> Smith, Art, 1892, S. 152–154.

<sup>102</sup> Eliav, Erziehung, 2001, S. 124–126.

<sup>103</sup> Ebd., S. 124–132.

<sup>104</sup> Ebd., S. 130.

<sup>105</sup> Fotokopien von Schülerlisten der Jacobson-Schule in Seesen 1834–1866. Wolfenbüttel, Niedersächsisches Landesarchiv, WO, 289 N, Nr. 44. Auf die Bestände des Wolfenbütteler Archivs hat mich Dirk Stroschein, Leiter des Städtischen Museums Seesen, aufmerksam gemacht.

<sup>106</sup> Arnheim, Jacobson-Schule, 1867, S. 21.

<sup>107</sup> Ebd., S. 20–21.

<sup>108</sup> Wolfenbüttel, Niedersächsisches Landesarchiv, WO, 129 Neu, 30 Nr. 368. »Acta das Gesuch des Theodor Steinweg zu Seesen um Concession zu einer Musik Instrumenten Fabrik betr. 1852«.

Nachdem T. Steinway 1839 seine Schulzeit beendet hatte, arbeitete er bei seinem Vater und besuchte »größere Fabriken« im Ausland. Bei dieser Formulierung kommen insbesondere Erard und Broadwood in den Sinn. Gesicherte Informationen hierzu fehlen aber. Die theoretischen Kenntnisse könnte T. Steinway auch auf seinen Reisen erworben haben. Bei der Auswanderung der Familie war er bereits volljährig, hatte Berufserfahrung gesammelt und war zudem »wegen untauglicher Füße« vom Militär ausgemustert worden.<sup>109</sup> Er selbst erklärt die Umstände seiner Trennung von der Familie folgendermaßen:

Mein Vater der Instrmm. H Steinweg ging im Jahre 1850 nach Amerika, aus dem Grunde weil meine 4 Brüder sämtlich Instrumentenmacher waren und die Folgezeit jedenfalls Missfeligkeiten in die Famielie gebracht haben würde, weil hier wohl einer existiren kann aber nicht mehrere, ich blieb hier theils um die contractlichen Verpflichtungen als Garantie u.s.w., zu übernehmen wie auch zugleich die Fabrikeinrichtungen, und weil ich zu der Zeit gerade kränklich war.<sup>110</sup>

Dies mögen Gründe gewesen sein, zunächst zu bleiben, doch hatte T. Steinway fest vor, seiner Familie zu folgen. Zwei Jahre später hatte er diese Pläne offenbar aufgegeben. Stattdessen bewarb sich der mittlerweile 27-jährige bei der zuständigen herzoglichen Kreisdirektion Gandersheim um Konzession für die Eröffnung einer Musikinstrumentenfabrik und den Handel mit Instrumenten:

Ich habe nun um die Consesion [sic] nachzusuchen so lange gezögert, weil es meine Absicht war auch auszuwandern, da mir aber meine Eltern selbst den Rath geben hier zu bleiben Und der Anschluss Hannovers an den Preussischen [sic] Zollverein bevorsteht so sind dies Gründe genug mich hier zu halten.<sup>111</sup>

Die nach New York emigrierten Familienmitglieder waren damals auch noch nicht zu Wohlstand gelangt; 1852 arbeiteten sie zu niedrigen Löhnen für andere Klavierbauer.<sup>112</sup> Der bevorstehende Beitritt Hannovers zum Zollverein versprach dagegen vor Ort einen wirtschaftlichen Aufschwung. Zudem heiratete T. Steinway in diesem Jahr die 17-jährige Johanna Lüdemann (1835–1883) aus dem ca. 30 km von Seesen entfernten Herzberg.<sup>113</sup>

Da T. Steinway die Konzession erst 1852 beantragte, ergibt sich eine Lücke von zwei Jahren in seinem Lebenslauf. Während dieser Zeit durfte er wahrscheinlich keine Klaviere bauen, denn erst die Konzession erteilte ihm die Erlaubnis dazu. Es stellt sich daher die Frage, womit er Geld verdiente. Da er der Familie bald folgen wollte, konnte er keine langfristig verpflichtende Tätigkeit beginnen. Hier rückt die Jacobson-Schule wieder in den Blick. Einige biografische Quellen betonen den Einfluss des Rektors Benjamin Gins-

<sup>109</sup> Ebd.

<sup>110</sup> Ebd.

<sup>111</sup> Ebd.

<sup>112</sup> Lieberman, Steinway & Sons, 1995, S. 33–35.

<sup>113</sup> Lemke, Geschichte, 1891, S. 39.

berg (1808–1871) auf T. Steinways spätere Arbeitsweise.<sup>114</sup> Ginsberg habe ihn in seiner wissenschaftlichen Bildung gefördert und er habe im Gegenzug die Experimente in den Akustik- und Mathematikvorlesungen vorbereitet.<sup>115</sup> Mit diesen Angaben ergeben sich aber Ungereimtheiten.

Benjamin Ginsberg wurde 1808 in Breslau geboren. Er studierte Philosophie und Philologie, bevor er sich dem Lehramt zuwandte. Nach sechs Jahren als Dirigent und Oberlehrer in Altstrelitz unterrichtete er ab 1842 an der Wilhelmschule in Breslau.<sup>116</sup> Nach Seesen wurde er erst 1847 als neuer Direktor berufen. Bei Ginsbergs Ankunft war T. Steinway also 22 Jahre alt. Die Formulierungen lassen die Deutung zu, dass er nicht als Schüler, sondern als Assistent von Ginsberg aufgenommen wurde. T. Steinway wäre demnach zeitweise ein »Preparateur«, wie Marloye, gewesen. Es ergibt sich noch eine weitere Verbindung zur Jacobson-Schule. Anlässlich der Auswanderung verkaufte Heinrich Steinweg sein Haus an Israel Jacobsons ältesten Sohn Meyer Jacobson (1789–1877), der dort ein Waisenhaus errichtete.<sup>117</sup> Meyer hatte auch die Leitung der Schule übernommen.<sup>118</sup> Denkbar ist also, dass T. Steinway bis zu seiner geplanten Auswanderung weiter in dem Haus wohnen durfte und an der Schule eine Beschäftigung bekam. Der Musiklehrer der Jacobson-Schule E. H. Ebeling stellte für das Konzessionsgesuch ein Attest aus, in dem er die Qualität von T. Steinways Arbeit bewertet: »Besondere Ehre macht ihm der Flügel den er vor einigen Monaten für Herrn Rittergutsbesitzer M. Jacobson gebaut, wie auch der den er so eben der hiesigen Jacobsonschule geliefert hat.«<sup>119</sup> Meyer Jacobson selbst und die Schule vergaben also Aufträge an T. Steinway, was wieder die nähere Beziehung unterstreicht.

1852 wurde T. Steinway die Konzession erteilt. In zwei Attesten wurde er für fähig befunden, günstigerweise hatte er in Seesen kaum Konkurrenz und konnte durch seine Familie gleichzeitig neue Einflüsse aus den USA aufnehmen:

Durch Mittheilungen meiner Brüder und Eltern aus New York (dieser im Piano Forte bau berühmten Stadt) bin ich im Stande manche Einrichtungen und Verbesserungen zu machen die theils hier noch Geheimmittel einiger größeren Fabriken sind theils auch noch gar nicht bekannt sind.<sup>120</sup>

<sup>114</sup> [o. A.], Steinway, Theodore, [Encyclopædia], 1884, S. 438.

<sup>115</sup> Ebd., S. 438. Der Vorlesungsraum habe »all the acoustic and scientific apparatus known at that period« enthalten. Über diese Sammlung von wissenschaftlichen Instrumenten konnte kein Beleg gefunden werden. Die Bibliothek der Jacobson-Schule wurde an mehrere Standorte aufgeteilt. Ein Großteil der naturwissenschaftlichen Schriften gelangte an die Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen. Vgl. <http://fabian.sub.uni-goettingen.de/fabian?Jacobson-Gymnasium> (18.02.2025).

<sup>116</sup> Arnheim, Jacobson-Schule, 1867, S. 25–26.

<sup>117</sup> Stroschein, Steinway, 2013, S. 44.

<sup>118</sup> Arnheim, Jacobson-Schule, 1867, S. 15–16.

<sup>119</sup> Wolfenbüttel, Niedersächsisches Landesarchiv, WO, 129 Neu, 30 Nr. 368. »Acta das Gesuch des Theodor Steinweg zu Seesen um Concession zu einer Musik Instrumenten Fabrik betr. 1852«.

<sup>120</sup> Ebd.

Zwischen 1852 und 1855 lebte T. Steinway in Seesen und Holzminden.<sup>121</sup> 1855 erstellte der Stadtmagistrat in Wolfenbüttel eine weitere Akte, weil er sich in dieser Stadt ansiedeln wollte.<sup>122</sup> Hier schilderte er erneut seine berufliche, finanzielle und familiäre Situation. Daraus gehen neue Informationen hervor, beispielsweise, dass er zu dieser Zeit ein Kind hatte. Die Akte enthält auch spätere amtliche Schreiben anlässlich seines geplanten Umzugs nach Braunschweig. 1860 heißt es dort, dass »das einzige aus dieser Ehe hervorgegangene Kind aber wieder gestorben« sei.<sup>123</sup>

In einem der Akte beigefügten Dokument attestiert der Organist und Lehrer Selmar Miller aus Wolfenbüttel die Eignung T. Steinways und gibt an, dass

[...] er sich durch mehrfache Erfindungen, ungemein praktische Verbesserungen, nicht allein bei der Fabrikation von Flügeln, Piano's u.s.w. sondern auch bei der Fabrikation von Streichinstrumenten, in höchst anerkennungswerther Weise als ein gebildeter Künstler in der Instrumentenbaukunst gezeigt, und daß derselbe sich auch als ein ganz vorzüglicher Stimmer der Clavierinstrumente ausgebildet hat.<sup>124</sup>

T. Steinways Tätigkeiten waren vielseitiger, als es zunächst scheint: Er verkaufte und baute Tasten- ebenso wie Streichinstrumente, stimmte und tat sich mit Erfindungen hervor. In Wolfenbüttel traf er den Klavierbauer Friedrich Grotrian (1803–1860), mit dem er ab 1858 zusammenarbeitete.<sup>125</sup> Sie verlegten den Betrieb nach Braunschweig, doch Grotrian starb 1860. Bei T. Steinways Auswanderung übernahm daher Friedrich Grotrians Sohn Wilhelm (1843–1917) die Leitung des Geschäfts und führte es mit Partnern unter dem Namen »C. F. Th. Steinweg Nachf.[olger]« fort.<sup>126</sup>

Die Klaviere dieser Schaffensphase, von der Konzession 1852 bis zu T. Steinways Auswanderung 1865, sind bisher nicht erforscht. Die Zahl der Instrumente, die er mit eigenem Namen signiert hat, kann nicht allzu hoch gewesen sein. Es ist überliefert, dass noch 1860 die gesamte jährliche Fertigung in Braunschweig nur zehn Klaviere betrug.<sup>127</sup> Daraus würde sich eine Größenordnung von insgesamt 100 bis 200 Instrumenten ergeben, die sich nur schwer mit den Seriennummern der erhaltenen Klaviere vereinbaren lässt. Ein ähnliches Zählungsproblem begegnete ja auch bei der ersten von Steinway & Sons verwendeten Nummer 483.

<sup>121</sup> Stroschein, Steinway, 2013, S. 44.

<sup>122</sup> Wolfenbüttel, Niedersächsisches Landesarchiv, WO, 34 N, Nr. 3044, »Acta des Stadtmagistrats zu Wolfenbüttel die Concessionierung des Instrumentenmakers Steinweg aus Seesen und dessen Aufnahme als Gemeindegensosse hieselbst betr.«, f. 3.

<sup>123</sup> Ebd., f. 16 v.

<sup>124</sup> Wolfenbüttel, Niedersächsisches Landesarchiv, WO, 34 N, Nr. 3044, »Acta des Stadtmagistrats zu Wolfenbüttel die Concessionierung des Instrumentenmakers Steinweg aus Seesen und dessen Aufnahme als Gemeindegensosse hieselbst betr.«, Anlage D.

<sup>125</sup> Ulferts, Führer, 1997, S. 12.

<sup>126</sup> Ebd., S. 12–13. Es schlossen sich einige gerichtliche Verhandlungen über die Namensrechte an.

<sup>127</sup> Lieberman, Steinway & Sons, 1995, S. 75.

Eine genaue Untersuchung von Heinrichs und Theodore Steinways Instrumenten würde den Rahmen dieser Arbeit verlassen. In Anhang B sind auch zu den erhaltenen Klavieren T. Steinways Grunddaten zusammengetragen. Weil er bis 1865 parallel zu dem Unternehmen seiner Familie weiterarbeitete und bei seiner Ankunft in New York nicht ausgiebig Zeit zum Studium der Eigenheiten anderer amerikanischer Klaviere hatte, könnten sich in seinen Braunschweiger Klavieren schon Ideen finden, die er später weiter ausarbeitete oder sogar patentierte. Das Städtische Museum Braunschweig besitzt aus einer Schenkung der Firma Grottrian-Steinweg drei Tafelklaviere und vier Pianinos aus T. Steinways Produktion. Von Heinrich ist nicht bekannt, ob er überhaupt Pianinos baute. Bei T. Steinway scheinen sie hingegen einen ähnlich großen Anteil auszumachen wie Tafelklaviere, wenn das Verhältnis der erhaltenen Instrumente nicht täuscht. Zumindest versuchte er seine Familie 1857 zu überzeugen, in Zukunft verstärkt auf Pianinos zu setzen, zumal er einen gusseisernen Rahmen für diese entwickelt hatte, der den Ton verbessern sollte.<sup>128</sup> Neben den sieben Klavieren im Städtischen Museum Braunschweig sind auch zwei von T. Steinway gebaute Flügel in Privatbesitz erhalten.<sup>129</sup>

Überraschend ist, dass T. Steinway sowohl mit seinem Namen als auch mit der Firma seiner Familie signierte. Auch deren Patente übernahm er, namentlich die Kreuzbesaitung und Mechanik. Somit stellt sich die Frage, inwieweit T. Steinways Produktion überhaupt von der New Yorker getrennt zu betrachten ist. In einem 1882 erschienenen biografischen Abriss zu Heinrich Steinweg heißt es, T. Steinway baue in Braunschweig Flügel »on the model of those manufactured by his father and brothers in New York, and as early as the season of 1860–61 many renowned pianists performed on these new grand pianos at their concerts in Germany.«<sup>130</sup> Doch wie genau gestaltete sich der Ideenaustausch zwischen den Kontinenten?

Die Datierung der Instrumente kann auf mehreren Wegen eingegrenzt werden. Die Nennung der Fertigungsorte gibt einen Hinweis, denn 1855 zog T. Steinway nach Wolfenbüttel und 1860 nach Braunschweig. Wenn auf der Platte Steinway-Patente verzeichnet sind, muss das Instrument um oder nach 1859 entstanden sein. Schließlich sind auf zwei Tafelklavieren sogar genaue Daten zu finden, die bei der Fertigstellung oder bei Reparaturen angebracht worden sein könnten.<sup>131</sup> Demnach stammen beide aus dem Jahr 1860, doch die Differenz ihrer Nummern beträgt 230. Da in diesem Jahr nur zehn Instrumente entstanden sind, kann geschlossen werden, dass es sich nicht um fortlaufende Seriennummern handeln kann. Der Zweck dieser Ziffern ist nicht klar, jedenfalls eignen sie sich wohl nicht für die Datierung.

<sup>128</sup> Ebd., S. 97.

<sup>129</sup> Einer befindet sich in der Chris Maene Collection in Belgien (Slg. Nr. CM 13 118). LaGuardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection, Photo ID 04.034.4096–04.034.4105, versammelt einige Fotos und Informationen über den anderen Flügel im Besitz von Ernst Sell.

<sup>130</sup> [o. A.], Steinway, Henry Engelhard [Encyclopædia], 1882, S. 365.

<sup>131</sup> Die Information, dass die Angaben sich auf die Fertigstellung beziehen, findet sich bei Ulferts, Führer, 1997, S. 60. Der genaue Wortlaut ist dort aber nicht vermerkt.

Anlässlich der Eröffnung von Steinway Hall kam T. Steinway 1864 erstmals nach New York.<sup>132</sup> Dies ist gleichzeitig die allererste Erwähnung von ihm in William Steinways Tagebuch, das dieser seit drei Jahren führte. Es stellt sich also die Frage, wie viel Kontakt T. Steinway zum Rest der Familie hatte. In den La Guardia and Wagner Archives sind nur sechs Briefe an T. Steinway aus der Zeit vor 1865 erhalten.<sup>133</sup> In einem davon bestreiten die Brüder, Profit mit seinen Klavieren zu machen. Daraus kann geschlossen werden, dass T. Steinway weitgehend unabhängig arbeitete. Nach nur knapp zwei Monaten reiste er mit seiner Frau Johanna und weiteren Familienmitgliedern wieder ab.<sup>134</sup> Der Bruder Charles blieb dann offenbar bis zu seinem frühen Tod am 31. März 1865, also etwa acht Monate später, in Braunschweig.<sup>135</sup> Auch ein weiterer Bruder, Henry Jr., starb in diesem Jahr. Bereits kurz nach der Todesnachricht versuchte William, T. Steinway zum Umzug nach New York zu bewegen.<sup>136</sup>

Der Eindruck, dass T. Steinway 1865 seinen Wohnsitz dauerhaft nach New York verlegte, kann sich bei einer Auswertung von W. Steinways Tagebuch und Briefen der Familie nicht bestätigen. William verzeichnete genau, wann T. Steinway auf Reisen war, mal auf dem Weg zu Weltausstellungen, mal zurück nach Braunschweig. So verbrachte er zwischen 1865 und 1880 etwa gleich viel Zeit in New York wie auswärts. Die Entscheidung, 1880 einen Hamburger Zweig der Firma zu gründen, verschaffte dem mittlerweile 55-jährigen T. Steinway einen willkommenen Anlass, nach Europa zurückzukehren. Den Export erschwerte zu dieser Zeit die Höhe der Zölle und des Dollar-Kurses. Für Hamburg sprachen das Fehlen von Konkurrenz vor Ort, die deutlich niedrigeren Löhne und vor allem der Hafen, von dem aus Materialien empfangen und Klaviere verschifft werden konnten.<sup>137</sup> Auch die Nähe zu Braunschweig dürfte eine Rolle gespielt haben. Die Leitung der neuen Fabrik wurde zwar einem langjährigen Kollegen übertragen, doch behielt T. Steinway die Aufsicht über das europäische Geschäft.<sup>138</sup> Aus den Briefen an Henry Ziegler geht hervor, dass er auch in New York noch Anweisungen zur Fertigung gab. Für das Frühjahr 1882 ist T. Steinways letzter Aufenthalt in New York dokumentiert. Ansonsten verbrachte er seine letzten Jahre in Braunschweig, wo er in einem großen Haus lebte. T. Steinway war ein eifriger Sammler von Kunstgegenständen und Büchern. Im Laufe der Zeit hatte er auch eine große Musikinstrumentensammlung zusammengetragen. Diese vermachte er in seinem Testament dem Städtischen Museum Braunschweig.<sup>139</sup> Es handelt sich um eine bunte Mischung an Instrumenten verschiedener Epochen, Länder, Arten

<sup>132</sup> Steinway, Diary, 1861–1896, Eintrag vom 10.05.1864: »Theodor Steinweg and his wife arrive by Steamer »Hansa« from Bremen. I take them uptown. Inauguration of our new Store with the members of the Press & some Artists«.

<sup>133</sup> Ergebnis einer Suche in der online Datenbank der La Guardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection.

<sup>134</sup> Steinway, Diary, 1861–1896, Eintrag vom 02.07.1864: »Theodor & wife & Charles & wife with Charles & Ziegler eldest boys leave for Europe in the steamer »Hansa««.

<sup>135</sup> Ebd., Eintrag vom 25.04.1865: »Letter from Theo. Steinweg with the terrible News that Charles died in Brunswick of Typhoid fever«.

<sup>136</sup> Ebd., Eintrag vom 28.04.1865.

<sup>137</sup> Lieberman, Steinway & Sons, 1995, S. 149–152.

<sup>138</sup> Ebd., S. 152.

<sup>139</sup> Ulferts, Führer, 1997, S. 18–19.

der Tonerzeugung und sozialer Verwendungskontexte. Einzig Tasteninstrumente sind unter ihnen kaum zu finden.<sup>140</sup> T. Steinways weitere Besitztümer wurden aufgeteilt. W. Steinway bekam u. a. den Anteil der Hamburger Firma und Patentrechte, die Schwester Dorette (1827–1900) erhielt das Haus in Braunschweig und der Neffe Frederick die Bibliothek.<sup>141</sup>

## Der Flügelbau unter Theodore Steinway

In der ersten Hälfte dieses Kapitels standen biografische Aspekte im Vordergrund. Nun soll die Aufmerksamkeit auf die Erfindungen gerichtet werden.<sup>142</sup> »Steinway & Sons«, so der am 05. März 1853 eingetragene Firmennamen, begann die Produktion ausschließlich mit Tafelklavieren.<sup>143</sup> Der erste Flügel folgte 1856 und das erste Pianino 1861.<sup>144</sup> Eine bisher wenig bearbeitete Frage ist, an welchen Herstellern sich Steinway zu Beginn orientiert hat und welche Klangideale die Firma verfolgte.

Um 1855 hatten sich in Boston und New York zwei typische Bauprinzipien und Klang-Ästhetiken etabliert, deren Merkmale W. Steinway zusammenfasste.<sup>145</sup> Demnach wurden in New York nur kleine gusseiserne Anhängeplatten verwendet. Schwere hölzerne Stützen des Korpus und ein massiver hölzerner Unterboden von 5 Inch (~ 12,7 cm) Dicke sollten für eine stabile Konstruktion garantieren. Daraus resultierte eine dauerhaft haltende Stimmung, aber ein wuchtiges, weniger elegantes Aussehen. Schließlich setzte sich auch in New York der volle Eisenrahmen durch. In Boston dagegen hatte man diesen schon früher angewendet. Auch er halte zwar die Stimmung gut, doch durch das viele Metall ergebe sich ein dünner, unangenehm nasaler Klangcharakter. Insgesamt beschreibt W. Steinway den New Yorker Ton als voll und kräftig, den Bostoner dagegen als singend.

<sup>140</sup> Ebd., S. 19–20., heißt es: »Saitenklaviere [...] sind in der Sammlung Steinweg kaum vertreten«. Im Katalogteil, S. 58–68, ist dagegen kein einziges Tasteninstrument diesem Nachlass zugeordnet.

<sup>141</sup> Steinway's Will, 1889, S. 274.

<sup>142</sup> Im Folgenden sind die Fachbezeichnungen von Klavierteilen am Wörterbuch von Schimmel, Nomenclatur, 1997, orientiert. Dort erleichtern Bildtafeln die Zuordnung und die Begriffe sind in mehreren Sprachen angegeben. Einzelne Termini wurden jedoch nur in den historischen Patenten verwendet und haben gar keine deutschen Entsprechungen.

<sup>143</sup> Lieberman, Steinway & Sons, 1995, S. 35.

<sup>144</sup> Kehl/Kirkland, Guide, 2011, S. 105–106.

<sup>145</sup> Steinway, Instruments, 1895, S. 510.





**Abb. 32** Gesamtaufsicht eines frühen Steinway-Flügels um 1857.<sup>146</sup>

Es sind nicht viele Flügel aus der Anfangsphase vor Einführung der Kreuzbesaitung erhalten, mit denen man die eben skizzierten Eigenschaften abgleichen könnte. Einer befindet sich im National Museum of American History in Washington D.C.<sup>147</sup> Dieses Instrument von 1857 ist geradsaitig mit geteiltem Steg und hat einen Tonumfang von sieben Oktaven (AAA–a<sup>4</sup>). Es ist durchweg mit Agraffen ausgestattet und verfügt über eine schmale Anhängenplatte mit sechs Streben. Auch der Stimmstock ist teilweise mit Eisen bedeckt, das sich aber nicht bis zu den Wirbeln erstreckt. Die Mechanik ist nicht mehr im Original erhalten.<sup>148</sup> Hier ist der technische Stand vor Einführung eigener Patente dokumentiert, als man noch stark von anderen Herstellern beeinflusst war.

Ein weiterer Unterschied zwischen den beiden Städten war die Verwendung verschiedener Mechanik-Typen. Die in Boston gebräuchliche englische Mechanik zeichne sich durch einen schweren, verzögerten (»dragging«) Anschlag aus. In New York favorisiere

<sup>146</sup> Die Bildunterschrift im Original lautet: »First Grand Exhibited by Steinway & Sons«.

<sup>147</sup> National Museum of American History, Washington (DC), Catalog Number 74.06. Steinway & Sons, New York 1857, Ser. Nr. 1199, [https://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah\\_605949](https://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah_605949) (18.02.2025).

<sup>148</sup> Ebd.



auch in der zeitgenössischen Klavierbauliteratur nicht erwähnt wird. Ziel von Henry Steinways Mechanik ist es, denselben Effekt zu erzielen wie sonst nur Erard, nämlich die Doppelrepetition, dies aber auf eine weniger komplizierte Weise. Statt ein System mit mehreren Hebeln zu verwenden, versah Henry den Stößer B mit einem »sliding post«<sup>156</sup> genannten Draht d mit einem knopfförmigen hölzernen Kopf. Stößer und sliding post liegen an ihrer Unterseite auf einem Kissen h, das mit einer Feder g verbunden ist.

Wird die Taste gedrückt, schlägt der Hammer die Saiten an und wird vom Fänger aufgefangen. Dabei rutscht der Kopf von d unter einen Vorsprung c auf der Unterseite des Hammerstiels. Das Gewicht des Hammers drückt den sliding post und damit auch die Feder g herunter. Solange die Taste gedrückt bleibt, wird diese Spannung aufrechterhalten. Wird sie aber nur etwas losgelassen, drückt die Feder den sliding post wieder nach oben und dieser hebt den Hammer näher an die Saiten, wo er dann schnell zu einem wiederholten Anschlag zur Verfügung steht. An dieser Erfindung wird klar, dass Steinway von Beginn an eigene Lösungen suchte. Schaffhütl berichtet, dass auch andere Klavierbauer wie Broadwood die Doppelrepetition mit einfacheren Mitteln erreichen wollten.<sup>157</sup>

### Theodore Steinways Patentkonstruktionen

Das Studium verschiedener Patenttexte einer Firma wie hier etwa bei Steinway lohnt sich aus mehreren Gesichtspunkten. Die Erklärung der Funktionsweise einer Erfindung lässt Rückschlüsse auf das Verständnis von Akustik zu. Das Verhältnis zwischen einer wirklichen Innovation und einer Neuauflage bereits vorhandener Ideen ist für den Klavierbau kaum untersucht. Da vielfach angenommen wird, dass Flügel um 1850 schon den modernen Stand erreicht haben, werden die darauf folgenden Entwicklungen bis etwa 1900 kaum untersucht, obwohl Steinway mit den Patentanmeldungen erst 1857 begonnen hat. Das Verhältnis zwischen in den Patenten festgehaltener Theorie und in den Instrumenten umgesetzter Praxis ist aufschlussreich, denn beides stimmt nicht immer überein, wie an der Duplex-Skala zu sehen war. Manche Konstruktionen sind von außen kaum sichtbar, aber trotzdem folgenreich. Es gibt eine Tendenz, Dingen mehr Aufmerksamkeit zu schenken, die man leicht erkennt, wie z.B. der Kreuzbesaitung.

Der Anschein von Innovationskraft war eine wichtige Werbemaßnahme in den Katalogen und auch, um auf Weltausstellungen zu überzeugen. Allerdings waren nicht alle angeblichen Neuerungen tatsächlich aus eigenem Antrieb entstanden oder überhaupt wirksam, wie Hanslick anlässlich der Weltausstellung in London 1862 bemängelte:

<sup>156</sup> Da dieses Bauteil nur hier auftaucht und es dafür keinen deutschen Begriff gibt, wird der englische aus dem Patent beibehalten.

<sup>157</sup> Schaffhütl, Nekrolog, 1895, S. 16.

Beiläufig gesagt, prahlt ein großer Theil der ausgestellten Claviere mit irgend einer neuen Erfindung und dem darauf genommenen »Patent«. Wenn man näher zusieht, so findet man fast durchgehens entweder die Auffrischung eines ältern überwundenen Experiments, oder die geringfügige Abänderung irgend eines Nebenbestandtheiles, oder endlich neue Combinationen, welche sehr sinnreich gedacht und hübsch zu lesen sind, die aber in Wirklichkeit das damit begnadete Clavier um kein Haar besser, als seine einfacheren Brüder machen.<sup>158</sup>

Ähnlich wie die Duplex-Skala hatte auch die Kreuzbesaitung viele Anhänger, stieß aber auch auf Ablehnung. Sogar nach Ablauf des Patentschutzes wurden in Europa noch lange geradsaitige Flügel gebaut. Im »Gewerbeblatt aus Württemberg« urteilte ein Autor, dass die Kreuzbesaitung »gewöhnlich den Ton des Tenorschlüssels schwächt und [...] ein schnarrender Ton bemerkbar wird.«<sup>159</sup> Blüthner bemängelte bei kreuzsaitigen Klavieren das Auftreten »ganz fremdartige[r] Tonregister«, wo sich die Klangfarbe von der der umliegenden Tonbereiche unterscheidet.<sup>160</sup> Ein ausgewogener Mensurverlauf ist wichtig für die Gleichmäßigkeit der Klangfarbe. Möglicherweise verlängerten manche Hersteller die Mensur nur im Bass auf eine unproportionale Weise, ohne dies klanglich mit anderen Mitteln auszugleichen. Steinway dagegen behielt die Längenverhältnisse bei, indem auch die anderen Saiten länger genommen wurden.<sup>161</sup> Die Kreuzbesaitung gilt als dasjenige Merkmal, das anzeigt, ob ein Klavierbauer nach Steinways Vorbild arbeitet oder nicht. Dies liegt wohl zu einem großen Teil an ihrer sofortigen Sichtbarkeit. Der Steinway-Händler Morris Steinert (1831–1912) rief 1892 dazu auf, die Qualität von Steinways Klavieren nicht allein auf die Kreuzbesaitung zu reduzieren:

Wir sind weit entfernt, in dem kreuzsaitigen System allein das Heil des Clavierbaues zu erblicken: es gehören noch ganz andere wesentliche Erfordernisse dazu, um die Tonfülle und Solidität Steinway'scher Flügel zu erreichen. Man kann eben à la Steinway gut oder schlecht arbeiten.<sup>162</sup>

Bestimmte Assoziationen sind nützlich für das »Branding« und die Wiedererkennbarkeit eines Produkts, doch der Fokus allein auf bestimmte Konstruktionen genügt nicht, um die Qualität eines Instruments zu bestimmen. In einem Klavier wirken alle Teile zusammen. Andererseits sind manche klanglich folgenreichen Eingriffe äußerlich oft gar nicht erkennbar.

Bevor T. Steinway die technische Leitung in New York übernahm, hatte sein Bruder Henry Jr. schon acht Patente angemeldet, von denen sich sechs auf die Mechanik und zwei auf den Eisenrahmen beziehen. 1859 führte Henry sowohl den Plattenflansch mit

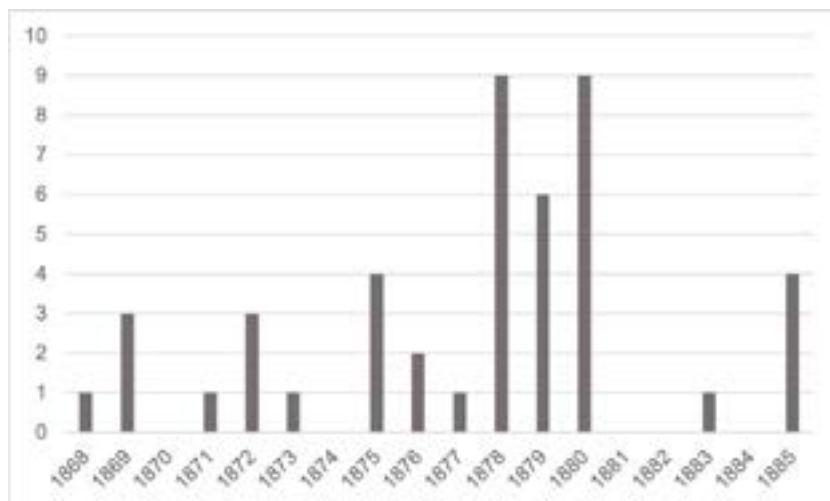
<sup>158</sup> Hanslick, *Musikalisches*, 2008, S. 109.

<sup>159</sup> [o. A.], *Musik-Instrumente*, 1872, S. 444.

<sup>160</sup> Blüthner, *Lehrbuch*, 1872, S. 234.

<sup>161</sup> Poletti, *Steinway*, 2000, S. 242–243.

<sup>162</sup> Steinert, *Entwicklung*, 1849, S. 249.



**Abb. 34** Verteilung der Anzahl von Theodore Steinways Patenten pro Jahr.

Agraffen als auch die Kreuzbesaitung bei Flügeln ein, für die er berühmt geworden ist. Theodore Steinway meldete laut einer offiziellen Liste zwischen 1868 und 1885 45 Patente an (siehe Anhang B).<sup>163</sup> Sie verteilen sich recht ungleichmäßig auf diesen Zeitraum. Die deutlichste Häufung ist zwischen 1878 und 1880 zu beobachten (Abb. 34). Nach 1880 hielt sich T. Steinway hauptsächlich in Deutschland auf.

Schließlich ist zu beachten, dass die Patente verschiedene Bauformen und verschiedene Modelle betreffen. Da im hiesigen Zusammenhang die Entwicklung der Flügel im Vordergrund steht, können Piano-Patente nur nachrangig berücksichtigt werden. Der »Official Steinway Guide« reicht bisweilen solche Informationen nach, auch wenn sie nicht im Patent enthalten sind. Konzertflügel hatten nicht die gleiche Ausstattung wie kleinere, günstigere Modelle.

Die Hauptbestandteile eines US-Patents waren ein Text, eine oder mehrere Zeichnungen und bis 1880 ein Modell, das beim Patentamt einzureichen war.<sup>164</sup> Nach der Genehmigung bescheinigt eine Urkunde den Gegenstand und die Dauer des Schutzes. Der Aufbau folgt einer sehr formalisierten Struktur. Jedes Blatt enthält die Grunddaten wie Urheber, Titel, Patentnummer, Datum und Zeugen. Die Zeichnungen selbst sind num-

<sup>163</sup> Kehl/Kirkland, Guide, 2011, S. 133–135. In die Zählung miteinbezogen wurden Wiederauflagen (sog. Reissues – RE), Designpatente (DES), und deutsche Versionen (GER). Letztere sind allerdings nicht vollständig erfasst: Sie beziehen sich nur auf die Verzeichnisse im 1877 gegründeten »Kaiserlichen Patentamt«. Eine Recherche im Patentinformationssystem DEPATISnet zeigt, dass neben den beiden aufgelisteten Einträgen (vom 20. und 26.03.1879) noch zwei Zusatzpatente (29.08. und 20.09. 1881) vorliegen. Dazu kommen vor der Vereinheitlichung des deutschen Patentwesens zahlreiche lokale Schutzbestimmungen und möglicherweise noch weitere im europäischen Ausland (Wien, England, Frankreich).

<sup>164</sup> Cooper-Hewitt Museum, Enterprise, 1984, S. 13.

meriert und alle Einzelteile mit Buchstaben beschriftet.

Der Text umfasst selten mehr als zwei Seiten und gliedert sich in folgende Abschnitte:

- Urheberschafts-Erklärung (»Be it known that I [...] have invented«)
- Aufzählung der beigelegten Zeichnungen (»Figure 1 represents [...]«)
- optional: Bezug zu anderen Patenten (»This invention relates principally to certain improvements on a patent [...]«)
- Angabe, worin die Neuheit besteht und welchen Nutzen sie bringt (»This improvement consists in [...]«)
- Genaue Erklärung der Bestandteile unter Zuhilfenahme der Zeichnungen (»In the drawings, The letter A designates [...]«) Aufzählung der Punkte, die geschützt werden sollen (»What I claim as new, and desire to secure by Letters Patent, is [...]«)

In den Patenten selbst sind die Titel der Erfindungen gewöhnlich allgemein gehalten, z. B. »Improvement in Piano Sound-Boards«, wenn sich das Patent auf den Resonanzboden bezieht. Für Werbezwecke wie in den Katalogen brauchte man natürlich griffigere Namen mit höherem Wiedererkennungswert. So schuf Steinway spezielle Bezeichnungen wie Resonator, Ring-bridge, Iron Cupola, Pier Frame oder Pulsator. Während manche dieser Bezeichnungen wie Kuppel oder Brückenpfeiler (»pier«) aus der Architektur entlehnt sind, verbergen sich hinter anderen Anklänge an Wissenschaft und Technik. Der »Pulsator« ist beispielsweise ein Bestandteil von Telegrafen.<sup>165</sup> Auch das Wort »Duplex« war zeitgleich bei Telegrafen und Lokomotiven üblich.

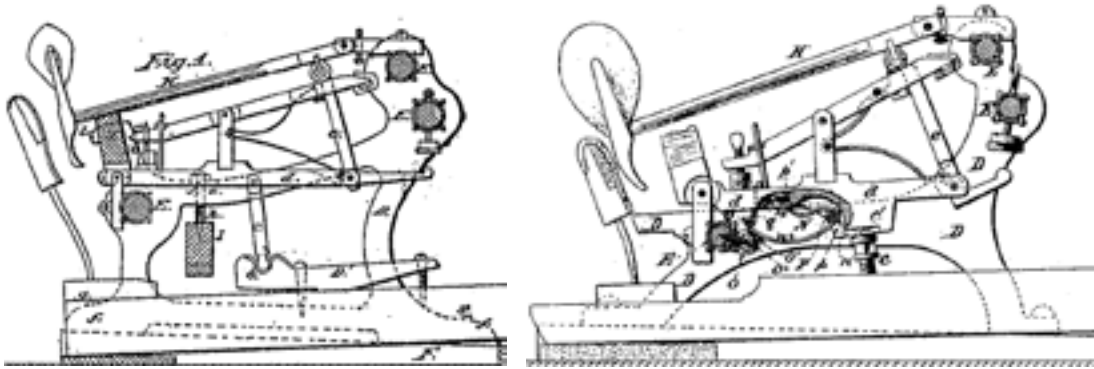
## Auswertung

### Mechanik

T. Steinways Überarbeitung der Mechanik beginnt mit dem »Metallic Action Frame«, einem Metallgestell, das die Mechanik umgibt. Es wurde zunächst 1868 für das Pianino patentiert; 1869 folgte eine Anpassung für Flügel.<sup>166</sup> Diese Konstruktion erlaubte zum einen eine vereinfachte Feineinstellung der Hämmerposition durch Regulierschrauben und untergelegte Keile. Damit lassen sich Spielpräferenzen individuell vornehmen. Zum anderen ermöglichte der Rahmen, die Mechanik getrennt von den Tasten herauszunehmen, sodass Anpassungen oder Reparaturen bei beiden Teilen unabhängig voneinander stattfinden können. Das eigentliche Hebelsystem sieht in der Zeichnung deutlich anders aus als der letzte Stand von Henry Jr. Es handelt sich nun klar um eine Erard-Doppelrepetitionsmechanik mit Pilote, Hebeglied, Repetierschenkel und Hammerrolle. Einzig die Pilote (Buchstabe c in Abb. 35 links) hat eine ungewöhnliche, längliche Gestalt. Ihr Fuß ist abgerundet und in einer konkaven Fassung auf der Taste gelagert. Diese Anordnung ermöglicht das Herausheben der Mechanik und ist daher eines der patentierten Merkmale.

<sup>165</sup> Herausgegriffen sei nur ein Patent von Thomas Edison von 1872, das den Pulsator 24-mal erwähnt. T. Edison: »Improvement in Telegraph Apparatus«, US-Patent Nr. 123,005, 23.01.1872.

<sup>166</sup> T. Steinway: »Grand Tubular Metallic Action Frame«, US-Patent Nr. 93,647, 10.08.1869. Kehl/Kirkland, Guide, 2011, S. 133.



**Abb. 35** Detail der beiden Mechaniken von 1869 (links) und 1883 (rechts). c bezeichnet jeweils die Pilote, d das Hebelglied und e den Stößer. D ist der »metallic action frame«, E steht für die mit Holz gefüllten, quer verlaufenden Röhren.

Bei zwei späteren Patenten von 1875 und 1883 nimmt die Pilote dann die heute bekannte, schraubenähnliche und flache Form an (Abb. 35 rechts).<sup>167</sup> Beide Versionen haben zum Ziel, durch Reduktion von Reibung bzw. Gewicht im Hebelsystem einen leichtgängigen, sensitiven Anschlag zu erreichen. Dies lässt erahnen, dass bei der vorherigen Version zu viel Kraft zum Druck der Tasten nötig geworden war.

1879 und 1880 wendet sich T. Steinway in je zwei Patenten dem Hammerkopf, dem »Metallic Action Frame«, und dem Klaviaturrahmen zu. Für die Dauerhaftigkeit des Hammerkopfs ist von Bedeutung, dass er der seitlichen Verformung durch den Schlag gegen die Saiten gut widersteht.<sup>168</sup> Hierfür versieht T. Steinway bestimmte Bereiche des Hammerfilzes mit flüssiger Gelatine oder Leim und härtet sie so aus. Zu einem ähnlichen Zweck bringt er quer durch den Hammerkopf an dessen dickster Stelle einen Abbinde Draht an, der die Stabilität des Wollfilzes erhöht.<sup>169</sup> So soll auch die für den Klang sehr wichtige und genau bestimmte Anschlagsstelle länger erhalten bleiben.

Eine weitere Methode, um die exakte Einhaltung der Anschlagsstelle zu sichern, bietet die Anbringung eines Schlittens in die Zierbacke (die seitliche Innenwand neben der Klaviatur), wodurch der ganze Klaviaturrahmen und mit ihm die Hämmer vor oder zurück geschoben werden können.<sup>170</sup> In diesem Kontext fügt T. Steinway einen kurzen Absatz über die akustischen Hintergründe an:

<sup>167</sup> T. Steinway: »Grand Action Pilot«, US-Patent Nr. 170,645, 30.11.1875 und T. Steinway: »Grand Action w/ Support Spring«, US-Patent Nr. 270,914, 23.01.1883. Es gibt noch ein weiteres Patent (Nr. 115,782, 06.06.1871) das offenbar nur für das Flügelmodell Monitor vorgesehen war, siehe *Official Steinway Guide* ebd. und S. 164–165.

<sup>168</sup> T. Steinway: »Hammer Waterproofing«, US-Patent Nr. 213,630, 24.08.1880.

<sup>169</sup> T. Steinway: »Hammer w/ Compression Ligature«, US-Patent Nr. 231,629, 24.08.1880.

<sup>170</sup> T. Steinway: »Grand Treble Keyblock Regulating Screw«, US-Patent Nr. 219,323, 10.07.1879.

The quality and timbre of the tone, however, depend chiefly upon the hammers striking the strings at certain points in relation to their length, which points will slightly vary even in instruments of the same kind and construction, and will change by atmospheric influences, or when tuned to a higher or lower pitch, or by other causes.<sup>171</sup>

Während die gerade beschriebene Konstruktion den Klaviaturrahmen horizontal verschiebt, erfand T. Steinway auch eine Vorrichtung zur vertikalen Justierung.<sup>172</sup> Der Klaviaturrahmen liegt auf dem sogenannten Stuhlboden. Damit sich auf die Mechanik keine Unebenheiten übertragen, müssen beide sehr genau ausgearbeitet werden und das Holz sollte sich nicht verziehen. Der sensibelste Punkt ist dabei der Waagebalken, der den Angelpunkt der Taste bildet. T. Steinways Idee bestand darin, unter dem Waagebalken mehrere auf einem Schraubengewinde befestigte metallene Scheiben in den Stuhlboden einzulassen. Auf der Unterseite des Stuhlbodens kann das Gewinde mit einem Schraubenschlüssel gedreht werden, wodurch die Scheiben angehoben oder gesenkt werden können.

T. Steinway war also besonders 1879 und 1880 bestrebt, die Genauigkeit bei der Regulierung zu steigern. Zudem erleichterte er bei der aufwändigen, aus vielen Teilen bestehenden Mechanik die Reparatur und Herstellung und steigerte die Haltbarkeit des Hammerkopfs. Die Mechanik übersetzt den Tastenanschlag in ein klangliches Resultat. Sie soll durch ein möglichst gleichmäßiges, fein abgestuftes Spielgefühl überzeugen. Die Patente beschäftigen sich daher oft mit mechanisch-praktischen Aspekten. Akustische Sachverhalte oder klangliche Konsequenzen werden eher selten erörtert.

### Resonanzboden mit Steg

Im Vergleich zur feinteiligen Mechanik bieten sich beim Resonanzboden ganz andere Anwendungsmöglichkeiten von Ergebnissen der Akustikforschung. Der Resonanzboden ist der eigentliche Klang-Körper und weist ein komplexes Schwingungsverhalten auf.<sup>173</sup> Die Vorlage für seine Untersuchung boten Chladni berühmte Experimente, bei denen mit Sand bestreute Platten in Schwingung versetzt werden. Diese Methode wurde nachweislich auf den Resonanzboden von Klavieren und auch auf Geigendecken angewandt.<sup>174</sup>

<sup>171</sup> Ebd.

<sup>172</sup> T. Steinway: »Grand Keyframe Leveling Screws«, US-Patent Nr. 217,828, 22.07.1879.

<sup>173</sup> Siehe z.B. Bucur, *Handbook*, 2016, S. 175–206.

<sup>174</sup> Welcker von Gontershausen, *Clavierbau*, 1864, S. 123–124; und Blüthner, *Lehrbuch*, 1872, S. 233–234, beschreiben entsprechende Versuche.



Gleich das erste Patent von 1869 zielt darauf ab, die Bildung von Schwingungen zu unterstützen.<sup>175</sup> Der Kontakt zwischen Steg und Resonanzböden kann an manchen Stellen unterbrochen sein. Dies stört die Schwingungsübertragung. Deshalb sollen mehrere Dübel (»acoustic dowels«) von der Unterseite des Resonanzbodens ausgehend bis in den Steg geführt werden, sodass sie mögliche Zwischenräume überbrücken und so die Vibrationen weiterleiten. Das klangliche Resultat beschreibt T. Steinway folgendermaßen: »I obtain thereby harmonic intermediate tones of vibration, which add fullness and roundness to the increased prolongation of sound realized by constructing the bridge with free suspended portions.«<sup>176</sup> T. Steinway gibt an, dass diese Teilung die Tondauer verlängere und nun wolle er die Tonqualität durch die Dübel mit »harmonic intermediate tones« bereichern. Diese Formulierung ist unklar und unüblich, impliziert aber, dass es sich weder um Obertöne noch um störende Töne handelt.

Im selben Jahr 1869 schließt sich noch ein Patent an, bei dem die Teilung des Steges aufgehoben wird.<sup>177</sup> Die nach hinten versetzte Position des Bassstegs bleibt erhalten, sodass der Steg im Verbindungsbereich eine Kurve bildet. Hierdurch sollten sich die Schwingungen jeder Saite über den ganzen Resonanzboden ausbreiten können, was der Fülle und Gleichheit des Tons zugutekomme.

Zwei weitere Erfindungen mit besonderen Namen waren die »bind-bar« und der »Tonpulsator«. In beiden Fällen handelt es sich um auf den Resonanzboden geschraubte Leisten. Die »bind-bar« wird an der Vorderkante des Resonanzbodens angewendet. Durch sie sollen die Holzfasern an der Kante nicht mehr rechtwinklig, sondern schräg abgeschnitten werden. Auf die Schrägen wird eine hölzerne oder metallene Leiste geschraubt, die die Fasern miteinander verbinden und stützen soll. Dahinter steht die Vorstellung einer Analogie von Saiten und Holzfasern. Ebenso wie bei den Saiten klare Begrenzungen der klingenden Länge wichtig sind, um keine Schwingungsenergie zu verlieren, solle auch der Resonanzboden an seinen Kanten eingespannt werden. Der Tonpulsator von 1878 besteht aus einer oder zwei Unterstützungsleisten (»sustaining-bars«), die auf der Ober- und Unterseite des Resonanzbodens angebracht sind.<sup>178</sup> Sie befinden sich an einer bestimmten Stelle des Resonanzbodens, nämlich auf der Oberseite parallel zum Steg, aber näher an der Basswand, und in derselben Ausrichtung auf der Unterseite, quer zu den Rippen. Diese Position ist eine ähnliche wie die, die zuvor der Doppelisenrahmenresonator innehatte, der im Vorjahr aufgegeben worden war.<sup>179</sup> Es liegt also nahe, dass der Tonpulsator ihn ersetzen sollte. Durch den Tonpulsator soll der Resonanzboden sich nicht verziehen, aber auch seine Schwingungsfähigkeit behalten, bzw. sogar ver-

<sup>175</sup> T. Steinway: »Grand and Upright Soundboard Bridge with Acoustic Dowels«, US-Patent Nr. 88,749, 06.04.1869. Das Patentmodell ist erhalten, vgl. Cooper-Hewitt Museum, Enterprise, 1984, S. 136.

<sup>176</sup> T. Steinway: »Grand and Upright Soundboard Bridge with Acoustic Dowels«, US-Patent Nr. 88,749, 06.04.1869.

<sup>177</sup> T. Steinway: »Monitor Grand Double Iron Frame, Ring Bridge«, US-Patent Nr. 97,982, 14.12.1869. Dieses Patent enthält noch einige weitere Änderungen der Platte, die im entsprechenden Abschnitt besprochen werden.

<sup>178</sup> T. Steinway: »Grand Soundboard Pulsator«, US-Patent Nr. 204,110, 21.05.1878.

<sup>179</sup> Steinway, Diary, 1861–1896, Eintrag vom 03.06.1877: »At 9 A.M. to factory, see Kroegeer talk everything over with him, & see that Iron Resonator in Grand is dropped«.

größern. Die obere Schiene besteht aus Metall mit hölzernen Unterlagen, die jeweils über den Rippen liegen. Schrauben oder Dübel verlaufen von der Schiene aus in die Rippen, um deren seitliche Bewegungen zu verhindern. Dem Steg wurde 1880 die letzte Überarbeitung in dieser Gruppe zuteil.<sup>180</sup> Aus eigener Beobachtung hatte T. Steinway erkannt, dass ein Steg, der aus abwechselnden Schichten von Hart- und Weichholz besteht, Schwingungen besser überträgt, als wenn nur ein Material beteiligt ist. So könne eine Schwingungsübertragung auf größere Bereiche des Resonanzbodens und eine höhere Lautstärke sichergestellt werden. Einen Erklärungsversuch liefert T. Steinway nicht.

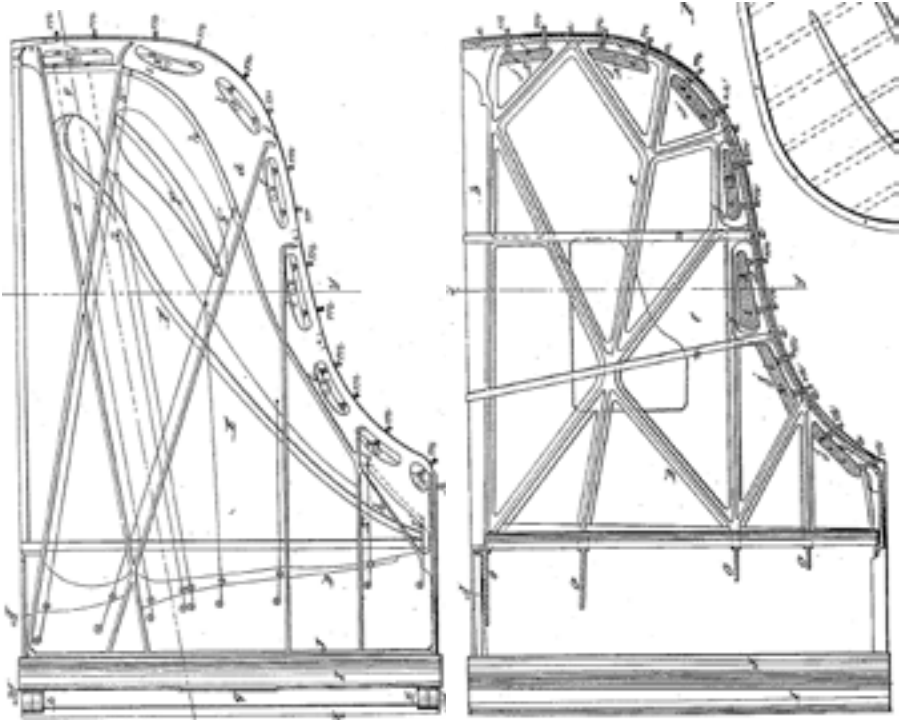
### Platte

Zwar erschien der »Double Iron Frame Resonator« von 1866 als einziges Patent unter Williams Namen, doch entstand er wohl unter Mitwirkung von T. Steinway.<sup>181</sup> Die Patentschrift enthält eine ungewöhnlich ausführliche akustische Abhandlung. Die Zeichnungen und Erklärungen gehen vom Pianino aus, sollen aber auch auf Flügel übertragbar sein. Zwei Neuerungen kommen darin vor: Ein Netz aus Metallstreben (»rafters«) bildet eine Art zweiten Eisenrahmen, der unter dem Resonanzboden verläuft. Er ist mit der eigentlichen Platte verbunden, so dass beide Hälften den Resonanzboden in einem Metallgehäuse einschließen. Zudem werden in dieses Gehäuse Stellschrauben eingelassen, die gegen die Ränder des Resonanzbodens drücken und dessen Spannung regulieren. William gibt an, durch Experimente herausgefunden zu haben, dass die beste Schwingungsfähigkeit der Saiten und des Resonanzbodens auf gegensätzlichen Bedingungen beruht. Die Saiten bräuchten die größtmögliche Spannung, um möglichst lange zu schwingen, weshalb das Material ihrer Unterlage nicht nachgeben darf. Dagegen solle der Resonanzboden nicht wie eine Trommelmembran gespannt sein, sondern reproduziere Schwingungen am besten, wenn konstanter Druck von den Rändern in Richtung der Mitte ausgeübt werde. Für letzteres dient die Schraubvorrichtung und für die Festigkeit der Saitenunterlage das Metallgehäuse. Diesen Erläuterungen sind erstmals in einem Steinway-Patent akustische Fachbegriffe beigelegt. Ihre Definitionen bleiben aber vage: Die Transversalschwingung sei die »long continuing and strong motion of the string« und die »Molekularschwingung« des Resonanzbodens dessen Fähigkeit zur Reproduktion der vom Steg übertragenen Schwingungen. 1869 folgte eine Anwendung des »Resonators« auf den Flügel, was einige Erweiterungen erforderte. Der zweite Rahmen besteht aus strahlenförmig angeordneten Metallstreben, die in der Mitte des Korpus zusammenlaufen (Abb. 36 rechts).

Entlang der Hohlwand hält ein abgerundetes Verbindungsstück (»semi-cylindrical edge«) die beiden Eisenrahmen zusammen. Durch diese Plattenwand drücken Stell-

<sup>180</sup> T. Steinway: »Laminated Soundboard Bridge«, US-Patent Nr. 233,710, 26.10.1880.

<sup>181</sup> Lemke, Geschichte, 1891, S. 39–40, beschreibt die Neugestaltung des Pianinos als gemeinsames Projekt. Bei einer Vorführung eines Steinway-Flügels in der Berliner Königlich-Preußischen Akademie der Künste 1867 heißt es: »Mr. Theodore Steinway delivered a discourse on the influence of the compression of the resonance matter, explaining, also, the operations of the apparatus for compression invented by himself and his co-operator, William Steinway; he further described the construction of the grand piano and the physical laws applied to it.« Steinway & Sons, Katalog, 1876, S. 36.



**Abb. 36** Patent 97982 von 1869. Aufsicht auf Platte und Resonanzboden mit Steg. Mit den Stellschrauben m wird die Spannung des Resonanzbodens reguliert (links); Querschnitt der Ebene unterhalb des Resonanzbodens mit den strahlenförmigen Eisenstreben (rechts).

schrauben auf Holzblöcke, an die der Resonanzboden und Unterboden geschraubt sind. So kann deren Kompression reguliert und durch die richtige Spannung die Lautstärke des Flügels gesteigert werden. Die Stegteilung wird aufgehoben. An der Stelle, wo vorher eine Lücke zwischen Bass- und Hauptsteg bestand, muss die Platte angehoben werden, um genug Platz für das Verbindungsstück zu schaffen. Die Einführung verschiedener Stützen, Streben und Blöcke im Inneren des Flügels steigert die Verbundenheit aller Bauteile und die Stabilität insgesamt. So soll verhindert werden, dass sich etwa der Stimmstock oder der Resonanzboden verziehen.

Es ist schwer einzuordnen, wie oft das Eisengerüst unter dem Resonanzboden tatsächlich zur Anwendung kam.<sup>182</sup> Ganz erfolglos kann die Idee nicht gewesen sein, denn Mason & Hamlin verwendet noch heute eine recht ähnliche Konstruktion unter der

<sup>182</sup> Bei Kehl/Kirkland, Guide, 2011, S. 133, wird das Patent mit dem Modell Monitor in Verbindung gebracht. Möglicherweise war es also auf diese Flügel beschränkt.

Bezeichnung »Tension Resonator«.<sup>183</sup> Die Namensverwandtschaft entstand wohl kaum zufällig, denn der Erfinder, Richard Gertz (1865–1921), war der Sohn des ersten Steinway-Händlers in Deutschland und arbeitete in New York für Steinway, bevor er 1895 die technische Leitung bei Mason & Hamlin übernahm.<sup>184</sup> Auch sein »Tension Resonator« besteht aus einem Metallgerüst unter dem Resonanzboden, der dazu dient, dessen Spannung einzustellen.

Bei Steinway jedenfalls war der untere Eisenrahmen bereits im nächsten Platten-Patent von 1872 wieder obsolet.<sup>185</sup> Dort wurde die Kompressionsvorrichtung in verkleinerter Form von der Hohlwand an die Basswand nahe der Hammerlinie verlagert. Die Platte war an den Rändern gewölbt, was ihr den Beinamen »Cupola Plate« verschaffte. Dies sollte Platz für die Schwingungen des Resonanzbodens schaffen.<sup>186</sup> Der vordere Teil der Platte bedeckt den Stimmstock nun vollständig und ist fest mit ihm verschraubt.<sup>187</sup> Die zwei Wochen zuvor zum Patent angemeldete Duplex-Skala wird kurz erwähnt. Auch der Unterboden und der Korpus erfahren in diesem Patent Überarbeitungen. Das Resultat sei eine Reduktion der Größe des Flügels bei Beibehaltung der Tonfülle und eine deutliche Senkung der Herstellungskosten.

1875 führte T. Steinway die »capodastro-bar« ein, eine Querstrebe der Platte, an deren Unterseite für jeden Saitenchor eine Halterung für eine kleine Stahlkugel eingeschraubt ist.<sup>188</sup> Diese hält die Saiten jedes Chors von oben in Position. Er soll bewirken, dass die Saiten sich nach Kontakt mit der Agraffe nach unten biegen und dann vom Kapodaster einen entgegengesetzten Druck erfahren. Zwischen diesen beiden Saitenlenkungspunkten liegt zugleich der vordere Abschnitt der Duplex-Skala. Der Kapodaster ersetzt zudem die Agraffen als vordere Begrenzung der klingenden Saitenlänge.

Die Platten-Querstrebe des Kapodasters ist Gegenstand eines weiteren Patents.<sup>189</sup> Allein durch ihre Hinzufügung steige der Widerstand der Platte gegen den Saitenzug von zuvor 33 000 auf nunmehr 45 000 Pfund. Hinzu kommt noch eine diagonal verlaufende Metallstrebe, die von der Anhängeplatte ausgeht und diese vor Verformung durch den Saitenzug schützen soll. Mit diesen Maßnahmen zusammen soll die Platte bis zu 70 000 Pfund aushalten, also weit mehr als nötig.<sup>190</sup> Eine für Reparaturen praktische Änderung

<sup>183</sup> Dolge, *Pianos*, 1911, S. 109–110.

<sup>184</sup> Ebd., S. 144–148.

<sup>185</sup> T. Steinway: »Monitor Grand Case, Cupola Plate«, US-Patent Nr. 127,383, 28.05.1872.

<sup>186</sup> Smith, *Art*, 1892, S. 124.

<sup>187</sup> Möglicherweise war das schon beim vorherigen Patent Nr. 97,982 der Fall, was die Zeichnungen andeuten, der Text aber nicht erwähnt. Auf Fig. 2. ist der Stimmstock H von einer schraffierten Fläche bedeckt, die kaum anders gedeutet werden kann. Auf der Aufsicht Fig. 1 sieht der vordere Teil sehr ähnlich aus wie bei 127,383.

<sup>188</sup> T. Steinway: »Centennial Grand Capo d'Astro Agraffe«, US-Patent Nr. 170,646, 20.10.1875. Kehl/Kirkland, *Guide*, 2011, S. 133. Auf deutsch ist mit Kapodaster die Metallstrebe inklusive der Kontaktflächen zu den Saiten gemeint, vgl. Schimmel, *Nomenclatur*, 21997, S. 46–47. T. Steinway nennt im Patent nur die an der Unterseite der Strebe angebrachten Schraubengewinde mit Stahlkopf »capodastro«.

<sup>189</sup> T. Steinway: »Centennial Grand Plate«, US-Patent Nr. 170,647, 20.10.1875.

<sup>190</sup> Bei dieser Angabe handelt es sich wohl nicht um eine Messung, sondern um eine Schätzung. Dies legt die Formulierung »I expect to raise the sustaining power of my metal frame to seventy thousand pounds« nahe.

von 1876 betrifft die Plattenstützschrauben (engl. »nosebolts«).<sup>191</sup> Sie bildeten eine vertikale Verbindung von den Längsstreben des Eisenrahmens durch den Resonanzboden und bis in die Rastenkeile. Durch das Festschrauben von Muttern an ihrem oberen Ende wurde der Eisenrahmen in Position gehalten. Am fertigen Instrument konnten die Schrauben aber nicht mehr nachjustiert werden. Auch bei Beschädigungen ließen sie sich nur aufwändig austauschen. Um diese Umstände zu vermeiden, versetzte T. Steinway das Gewinde der Plattenstützschraube in einen Hartholz-Block, der seitlich an eine Raste geschraubt wurde. Dieses Material war stabiler als das Nadelholz der Rasten. Zudem konnte eine gebrochene Schraube einfach von unten herausgenommen und ausgetauscht werden.

Von den drei Patenten 1878 waren eine metallene Stegplatte auf dem Stimmstock und eine Adaption der Duplex-Skala jeweils für das Piano konzipiert. Davon abgesehen reformierte T. Steinway die Gestalt der Agraffen.<sup>192</sup> Sie waren zuvor aufwändig herzustellen und einzupassen. Die Ausstattung mit rundem Schaft und Gewinde erforderte eine Gewindebohrung in der Platte. Die Saiten mussten einzeln durch Löcher im Agraffenkopf geführt werden. Die neuen Agraffen wurden gegossen oder ausgestanzt. Mit einem quadratischen, sich nach unten verjüngenden Schaft ließen sie sich leicht einhängern. Ihr Kopf war flach und enthielt Einkerbungen für die Saiten.

Unter den beiden abschließenden Patenten 1885 befindet sich mit der »treble bell« noch eine bis heute auch von anderen Marken angewandte Erfindung.<sup>193</sup> Dabei handelte es sich wieder um eine Maßnahme, dem Saitenzug im Diskant bzw. der dadurch verursachten Verformung der Platte entgegenzuwirken. Dies geschah durch eine externe Stütze in Gestalt eines hohlen Kegels mit einer ringförmigen Basis, der auf der Unterseite des Diskant-Rim, also der Außenwand des Korpus, genauer im 90°-Winkel zum Rim nach innen gerichtet, angebracht wird. Ein weiteres zentrales Element bildet eine Stützschraube von der Plattenoberseite in die Spitze des Kegels, denn diese Schraube ist es, die ein Anheben der Platte verhindern soll. Klanglich mache sich dies durch einen viel singenden Ton im Diskant bemerkbar.<sup>194</sup> Warum er sich ausgerechnet für eine Kegelform entscheidet, beantwortet T. Steinway nicht abschließend. An einer Stelle erläutert er, dass der Kegel die Schwingungen des Rim weiterleite: »the vibration of the rims are propagated in longitudinal direction through the hollow bell-shaped bracket D without being interrupted or impeded thereby.«<sup>195</sup> Der Beiname »bell« verweist auf eine Ähnlichkeit mit dem Schallbecher von Blechblasinstrumenten, der also als Vorbild gedient haben könnte. In seinem letzten konstruktionsrelevanten Patent geht T. Steinway erneut den Korpus und Rahmen an.<sup>196</sup> Die Platte nimmt nun die Gestalt einer Doppelkuppel an (»double cupo-

<sup>191</sup> T. Steinway: »Centennial Grand Nosebolt Nut«, US-Patent Nr. 178,565, 13.06.1876.

<sup>192</sup> T. Steinway: »Grand Duplex Agraffe«, US-Patent Nr. 204,109, 21.05.1878.

<sup>193</sup> T. Steinway: »Grand Treble Bell«, US-Patent Nr. 314,740, 31.03.1885.

<sup>194</sup> T. Steinway: »Grand Treble Bell«, US-Patent Nr. 314,740, 31.03.1885: »impart to the strings of the treble a greatly-improved singing quality of tone«.

<sup>195</sup> T. Steinway: »Grand Treble Bell«, US-Patent Nr. 314,740, 31.03.1885.

<sup>196</sup> T. Steinway: »Grand Double Cupola Plate, Upright Closing Rim«, US-Patent Nr. 314,742, 31.03.1885.

la frame«). Damit wird ein Bezug zur »cupola«-Platte von 1872 hergestellt. Dort wölbten sich die Ränder der Platte von der Hohlwand aus nach oben. Hier bezieht sich der Begriff darauf, dass die ganze Plattenoberfläche in Diskant und Bass eine Wölbung erfährt. Das doppelte Element ergibt sich durch die Anhebung der Anhangplatte im Bass, damit sie auf gleicher Höhe mit den überkreuzt geführten Saiten liegt. Insgesamt soll damit der Luftraum zwischen Resonanzboden und Platte vergrößert werden, um die Schwingungsausbreitung zu fördern.<sup>197</sup>

### Korpus

Die meisten Umarbeitungen am Korpus fallen äußerlich kaum auf, weil sie sich auf der Unterseite oder im Inneren des Instruments abspielen. Ihre Wirkung kann dennoch sehr weitreichend ausfallen. Hier ist das Konsultieren der Patente also besonders nützlich. T. Steinway begann erst 1872, sich der Neugestaltung des Unterbodens, des Rim und der Rasten zuzuwenden.<sup>198</sup> Schon seit den 1820er Jahren hatten manche Klavierbauer den geschlossenen Unterboden zu einem Rahmen reduziert, auf dem die drei Füße befestigt waren.<sup>199</sup> Auch bei Steinway legt eine große Aussparung in der Mitte den Blick auf die Unterseite des Resonanzbodens frei. Den Rahmen darum organisierte T. Steinway zweilagig (Abb. 36 links). Die untere Schicht war relativ schlicht aus wenigen großen Flächen aufgebaut, während die Decklage aus verschiedenen längs, quer und diagonal ausgerichteten Brettern bestand. Dieser Aufbau sollte Leichtigkeit bei gleichzeitiger Widerstandskraft gegen den Saitenzug sicherstellen.

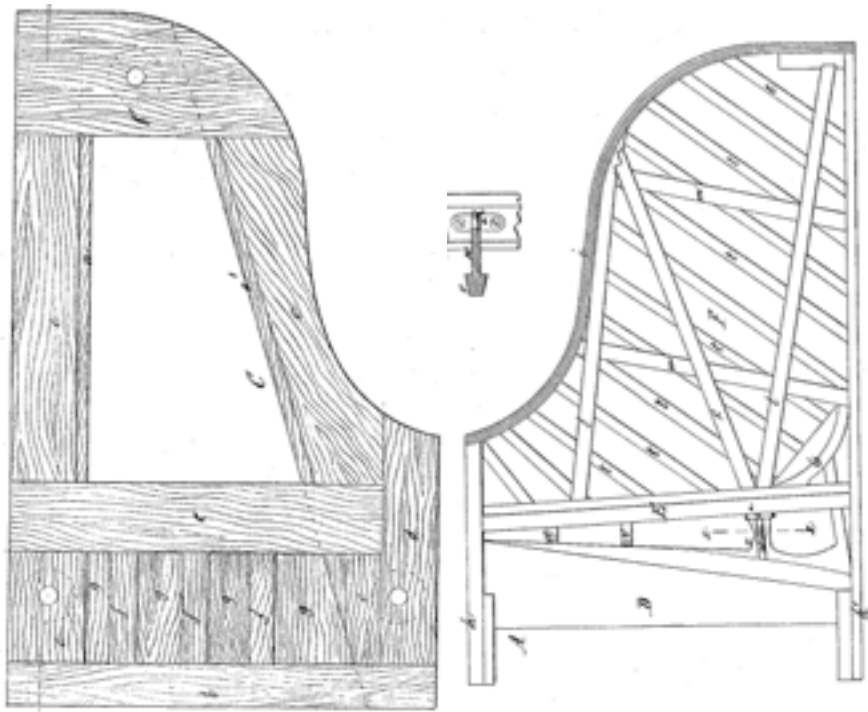
Wird der Unterboden herausgenommen, fällt der Blick auf den Rim, die Rastenkeile und die Unterseite des Resonanzbodens mit den Rippen (Abb. 37 rechts). Drei Rastenkeile verlaufen längs, zwei quer. Ihre Ausrichtung erfolgt in einer Mischung aus Gitter- und Strahlenanordnung. An der Stelle, wo zwei Rastenkeile V-förmig zusammentreffen, ragt eine Stütze vom Damm gegen einen Vorsprung an der Vorderkante der Platte, um wiederum dem Saitenzug entgegenzuwirken. Auf dem Damm ist die Vorderkante des Resonanzbodens aufgeleimt. An ihrem Bassende befindet sich eine Aussparung für Kompressionsschrauben, die von einer metallenen Halterung (G) umgeben und abgesichert sind. Eine ähnliche Einspannungsvorrichtung für den Resonanzboden ist aus dem Plattenpatent von 1869 bekannt. In diesem ging sie von dem zweiten Eisenrahmen aus und führte an der Hohlwand entlang. Da dieser aber drei Jahre später schon nicht mehr vorhanden war, musste die Vorrichtung an eine andere Stelle verlegt werden.

Der Rim bestand aus drei Teilen, nämlich einer geraden Bass- und Diskantwand, sowie einer S-förmig gebogenen Hohlwand. Sie treffen in rechtwinkligen Kanten aufeinander. Ein wichtiges Detail ist auch in der Zeichnung erkennbar (Abb. 37 rechts): Die Hohlwand besteht aus mehreren zusammengeklebten Furnierschichten statt aus massivem Holz. 1878 geht T. Steinway noch einen Schritt weiter, indem der Rim nicht mehr aus

<sup>197</sup> T. Steinway: »Grand Double Cupola Plate, Upright Closing Rim«, US-Patent Nr. 314,742, 31.03.1885.

<sup>198</sup> T. Steinway: »Monitor Grand Case, Cupola Plate«, US-Patent Nr. 127,383, 28.05.1872.

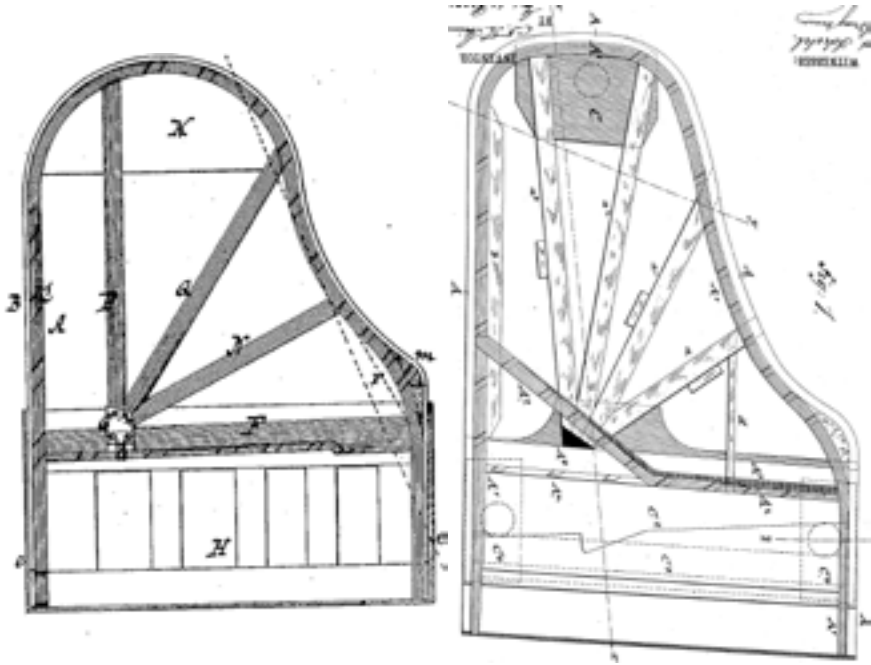
<sup>199</sup> Pollens, Piano, 2018, S. 405.



**Abb. 37** Zeichnungen zum US-Patent 127,383 von 1872. Zweilagiger Unterboden mit verschiedenen Maserungsrichtungen, vertikal gespiegelt (links); Ansicht der Unterseite eines Flügels bei herausgenommenem Unterboden (rechts). Zu sehen sind Stimmstock D, Damm E, Resonanzboden F, Rippen t, Rim (h, h', i) und Rastenkeile (j, k, l). Wo k und l zusammentreffen, befindet sich auf der anderen Seite des Damms die Stütze w. Zwischen Damm und Basswand liegt die Metallhalterung G der Kompressionsvorrichtung.

drei Teilen zusammengesetzt, sondern aus einem Stückgebogen wird (Abb. 37 links).<sup>200</sup> Äußerlich erhält der Korpus eine durchweg rundliche Gestalt. Mit dieser Änderung gehen zwei Restrukturierungsmaßnahmen einher: Zum einen erfolgt die Trennung in einen Innen- und einen Außenrim, die zusammengeklebt sind und nur in der Diskantkurve verschiedene Formen haben. Dazwischen lassen sie Platz für ein Verstärkungsstück, das der Verformung des Innenrims durch den Saitenzug entgegenwirkt. Auf dem inneren Rim liegen der Eisenrahmen, der Stimmstock und der Resonanzboden auf. Der Damm ist als quer gerichtete Stütze an beiden Seiten im inneren Rim befestigt. Zum anderen werden alle drei Rastenkeile strahlenförmig angelegt und in einer Metallschuh (»metallic shoe«) am Damm zusammengeführt (Abb. 37 rechts, Buchstabe G). Die Spange lehnt

<sup>200</sup> T. Steinway: »Console Grand Bent Rim Case, Iron Shoe, Radial Braces«, US-Patent Nr. 204,106, 21.05.1878. Kehl/Kirkland, Guide, 2011, S. 134.



**Abb. 38** Vergleich der Rasten 1878 und 1885. Zeichnung aus Patent Nr. 204,106. Innenrim C und Außenrim B. Damm F, »metallic shoe« G (links); Zeichnung aus Patent Nr. 314,742. Der charakteristische, in der Basshälfte abknickende »closing rim« A2 und die rechtwinklig auf dem Damm stehende »tension-bar« d (rechts).

sich gegen eine Plattennase oder gegen den Stimmstock, damit sie nicht aus ihrer Position gerät. Sie übernimmt damit die Funktion der Klammer aus dem vorherigen Patent. Auch mit diesen Mitteln soll die Verbindung aller Teile gestärkt und der Korpus relativ leicht, aber widerstandsfähig gegen den Saitenzug gemacht werden.

Es sollte nicht unerwähnt bleiben, dass dieses Patent das endgültige Verschwinden des Unterbodens einleitete. Von dem zuvor verwendeten Rahmen blieben ab 1878 nur der Stuhlboden und die Auflage für den hinteren Fuß übrig. Diese beiden Flächen nennt T. Steinway Konsolen. Dazwischen gibt es keine Verbindungsbretter mehr. Somit ist fast der ganze Resonanzboden nach unten hin freigelegt – »leaving an open space for the escape of the sound«. Ob damit tatsächlich klangliche Änderungen beabsichtigt sind, wird nicht erläutert.



1880 entwickelte T. Steinway für seinen neuen Rim auch eine spezielle Biegepresse.<sup>201</sup> Im selben Jahr konstruierte er auch noch den Stuhlboden neu, um einerseits das Holz am Verziehen zu hindern und andererseits Geräusche aus der Mechanik nicht zu verstärken.<sup>202</sup> Den Stuhlboden setzt T. Steinway hierfür aus mehreren dünnen Holzstreifen zusammen, die von Leisten eingefasst sind. Holzverbindungen halten alle Teile zusammen, doch zwischen sie ist jeweils weiches, faseriges Füllmaterial eingefügt, das die Übertragung von Schwingungen stoppt. Zuvor habe der Stuhlboden wie ein Resonanzboden insbesondere das Pochen der angeschlagenen Tasten auf dem Klaviaturrahmen verstärkt.

In seinem letzten, den Korpus überarbeitenden Patent (Abb. 38 rechts) gibt sich T. Steinway offen kritisch gegenüber manchen seiner früheren Ideen und führt deren Nachteile aus.<sup>203</sup> Die Konsolen, auf denen die Fußklötze befestigt sind, waren Stand 1878 im Rim verkeilt, wodurch aber die Holzfasern rechtwinklig aufeinandertrafen. Das behinderte die Schwingungsverbreitung über die ganze Länge des Rim hinweg. Deshalb verlegte T. Steinway die Konsolen unter den Rim. So konnte die Höhe des Korpus verringert und Material gespart werden. Dieselbe 1878 patentierte Konstruktion sah auch vor, die Pedale direkt am Stuhlboden anzubringen. Durch den wiederholten Pedaldruck beim Spielen bestand die Gefahr, dass der Stuhlboden in der Mitte absinken und sich dadurch auch der Klaviaturrahmen und mit ihm die Mechanik verziehen könnte. Hier war also eine Stützvorrichtung nötig.

Neben diesen Revisionen führte T. Steinway noch eine Neuerung ein. Nachdem der Rim schon aus einem Stück gebogen war, fehlte nur noch ein Verbindungsstück, um den Rahmen vollständig zu schließen. Dieser »closing rim« bestand ebenfalls aus geklebten Furnierschichten. Er verlief im Diskant entlang des Damms und knickte in der Mitte in einem stumpfen Winkel ab, sodass er an der Basswand in den Rim mündete (Abb. 38 rechts, A2). Dadurch sollte die Schwingungsübertragung über die Holzfasern fortgeführt werden. Außerdem lag der Resonanzboden nun auf dem geschlossenen Rahmen, während seine Vorderkante zuvor auf dem Damm aufgeleimt war. So konnten sich die an einer Stelle erregten Schwingungen überall hin verbreiten, »whereby the sonority and singing quality of tone are greatly increased, especially in the treble portion«.<sup>204</sup> Damit der closing rim im Diskant nicht aus seiner Position gedrückt wird, sichert ihn eine hölzerne oder metallene Strebe, die »tension-bar«. Sie erstreckt sich im rechten Winkel zum closing rim bis in einen Rastenkeil.

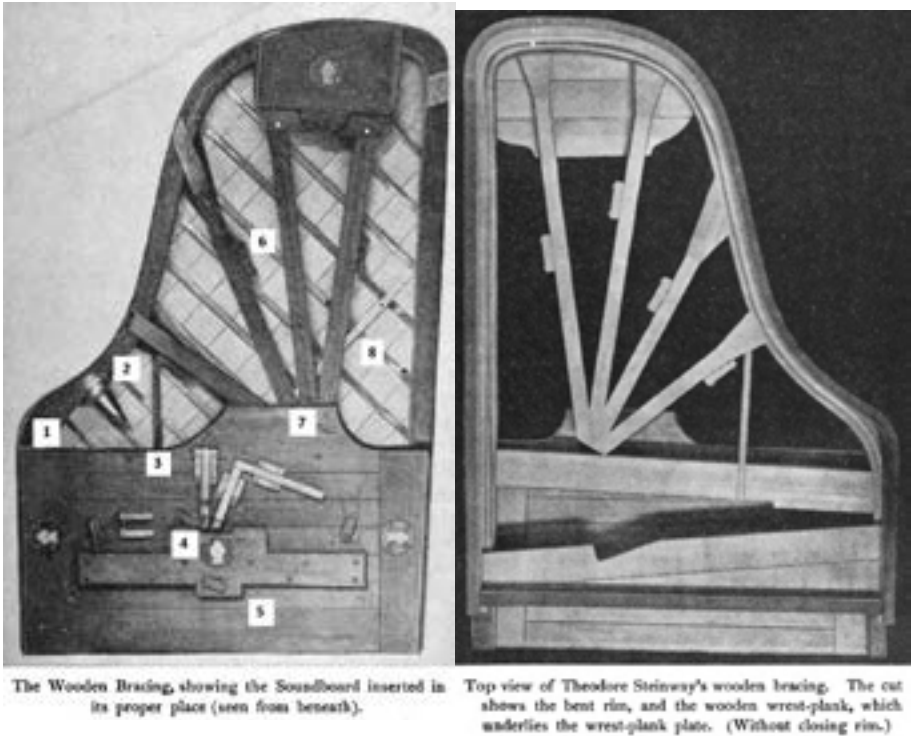
Die radikale Umarbeitung an der Holzkonstruktion der Flügel wird deutlich, wenn man das Ergebnis nach 1885 (Abb. 39) mit der Unterseite des Helmholtz-Flügels ver-

<sup>201</sup> T. Steinway: »Rim-Bending Screw-Clamp«, US-Patent Nr. 229,198, 22.06.1880. Kehl/Kirkland, Guide, 2011, S. 134.

<sup>202</sup> T. Steinway: »Keybed«, US-Patent Nr. 232,857, 05.10.1880, ebd., S. 135.

<sup>203</sup> T. Steinway: »Grand Double Cupola Plate«, US-Patent Nr. 314,742, 31.03.1885. Erkennbar an Formulierungen wie »In the construction heretofore patented [...] thus greatly diminishing the power of said rim to readily transmit the vibrations« und über ein anderes vorheriges Patent »[...] had the disadvantage of making the entire bass portion of the string-frame so rigid as to deaden the vibrating power«.

<sup>204</sup> T. Steinway: »Grand Double Cupola Plate«, US-Patent Nr. 314,742, 31.03.1885.



**Abb. 39** Holzgerüste von Steinway-Flügeln um/nach 1885, offenbar nicht jeweils dasselbe Instrument. Untersicht mit 1: double rim; 2: treble bell; 3: tension bar; 4: Sostenuto-Pedal; 5: Stuhlboden; 6: nosebolt nut; 7: Strahlenraste; 8: tone pulsator (links); Übersicht ohne Resonanzboden. Gut zu sehen sind der Stimmstock, der Stuhlboden, der Damm, die Rastenkeile, sowie der innere und äußere Rim (rechts).

gleicht (Abb. 45). In Abbildung 39 sind die neu hinzugekommenen Erfindungen markiert. Eigenartig ist, dass zwar die stützende »tension-bar« zwischen Damm und Rastenkeil vorhanden ist (Abb. 39 links, Nr. 3, vgl. mit Abb 38 rechts d), aber nicht der »closing rim«. In dieser letzten Phase setzen viele Maßnahmen auf eine möglichst ungestörte Vibration des Rim und möglichst großflächige Übertragung von Schwingungen des Resonanzbodens. Gleichzeitig wurde der Stuhlboden bewusst am Schwingen gehindert und der Unterboden gar ganz aufgegeben.

### Technische Briefe von Theodore Steinway an Henry Ziegler

Die erhaltene Korrespondenz der Familie Steinway wird in den LaGuardia and Wagner Archives in New York aufbewahrt. Den im hiesigen Kontext interessantesten Bestand bilden die 26 Briefe mit technischem Inhalt von Theodore Steinway an seinen Neffen

und Nachfolger Henry Ziegler.<sup>205</sup> Ziegler war der Sohn von Theodores ältester Schwester Doretta und ihrem Mann Jacob Ziegler (1825–1897), einem aus Württemberg emigrierten Möbelschreiner.<sup>206</sup> Die Briefe stammen aus der Zeit zwischen 1880 und 1886, als T. Steinway sich wieder überwiegend in Braunschweig aufhielt. An Zusatzmaterial sind bisweilen kleine Zeichnungen, Rezepte für Leim, oder Anweisungen (»ordre«) an die Vorarbeiter beigelegt. Ein Brief ist an Frederick Steinway, einen anderen Neffen, adressiert. Leider sind die Antworten von Ziegler dort nicht erhalten, auf die T. Steinway immer wieder Bezug nimmt. Überhaupt findet man im New Yorker Archiv nur sehr wenige an T. Steinway adressierte Briefe. Dies lässt vermuten, dass sein schriftlicher Nachlass nicht nach New York gegeben wurde. Eine tabellarische Übersicht jener Briefe befindet sich in Anhang B.

Oft drehen sich die Briefe um festgestellte Mängel an den Klavieren und Vorschläge, wie sie beseitigt werden können. T. Steinway berichtet außerdem über neue Materialforschungen und andere Erfindungen. Mehrfach wird die Versendung von Instrumenten, Zeichnungen oder Materialproben zwischen der New Yorker und der Hamburger Fabrik erwähnt.<sup>207</sup> Die den Briefen beigelegten Anweisungen an Vorarbeiter legen nahe, dass T. Steinway noch von Braunschweig aus eine leitende Funktion für die New Yorker Fertigung beibehielt. Nur einmal kommt explizit eine akustische Erläuterung vor, nämlich wieder über die Molekular- und Transversalschwingungen des Resonanzbodens.<sup>208</sup> Die interessanten Stellen zur Duplex-Skala wurden im Kapitel »Chronologische Entwicklung der Duplex-Skala unter Theodore Steinway« ausgewertet.

Insgesamt gehen die Briefe sehr in Details über einzelne Arbeitsschritte. Beispielhaft soll hier nur eine Stelle herausgegriffen werden, die größere Zusammenhänge skizziert. Es handelt sich um einen der erstdatierten Briefe an Ziegler vom Dezember 1880, also kurz nach Abschluss der dichtesten Patent-Phase, in dem T. Steinway Bilanz über sein Schaffen zieht:

[...] du wirst aus der Reihenfolge und dem Inhalt der Patente den allgemeinen Schluss ziehen, dass eine Erfindung nicht allein neue Wirkungen hervorbringt, sondern immer nur einen kleinen Teil repräsentiert, welcher aufs Neue durch nachfolgende Erfi[ndungen] vervollkommenet werden müsste.<sup>209</sup>

<sup>205</sup> New York, LaGuardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection, Box 040260, Folder 24, Letter 1–26.

<sup>206</sup> Ein Steinway-Familienstammbaum findet sich bei Lieberman, Steinway & Sons, 1995, S. 8–9. Näheres zur Biografie Jacob Zieglers: <https://americanhistory.si.edu/steinwaydiary/annotations/?id=841> (18.02.2025).

<sup>207</sup> Box 040260, Folder 24, Letter 14, 15, 17, 22, 24.

<sup>208</sup> Box 040260, Folder 24, Letter 24.

<sup>209</sup> New York, LaGuardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection, Box 040260, Folder 24, Letter 02. Als Grundlage für die Transkription dienten die im Archiv eingesehenen Kopien der Briefe. Zudem lagen der Mappe Transkriptionen bei, die offenbar zwischen 1994 und 1996 von Trude Rittmann erstellt wurden, wie drei begleitende Briefe von Rittmann an Richard K. Lieberman, den Direktor des Archivs, erkennen lassen.

T. Steinway formuliert im Anschluss 14 »Ideen«, in denen er die Entwicklungsschritte seiner Klaviere zusammenfasst und aufzeigt, welche Konsequenzen aus ihnen folgen.<sup>210</sup> Wenn auch nicht immer ganz klar ist, was er meint, lassen sich die Punkte doch oft mit bestimmten Patenten in Verbindung bringen. Dabei erscheint die Reihenfolge weitgehend chronologisch:

**Tabelle 6: T. Steinways Auflistung von 14 Innovationen an den Steinway-Klavieren**

Idee	Formulierung in T. Steinways Brief	Zugehörige Erfindung	Jahr
1	»Saiten auseinanderzulegen; Große Flächen des Bodens [mit] effektiven wirkenden Stegen zu bedecken«	Kreuzbesaitung, evtl. Acoustic Dowels	1859, 1869
2	»Verlassen der kurzen Mensuren; stärkere und längere Saiten«	Änderungen der Skala	
3	»stärkere Verspreizungen des Rast[ens; oder Kastens?];«	Evtl. zweilagiger Unterboden und Neuordnung der Rastenkeile	1872
4	»Kompression des Bodens mit schwächeren Resonanz Apparaten«	Double Iron Frame Resonator	1866, 1869, 1872
5	»schwerere Hämmer«		
6	»Vorsorge der Arbeiten, die sich auf Mechanik und Spielart beziehen, wegen der zu schweren Spielart durch die schwereren Hämmer«	Reduktion von Gewicht und Reibung in der Mechanik	1871, 1875
7	»Solidität der Upe. [Upright = Pianino] Mechaniken herstellen«	Evtl. Tubular Metallic Action Frame	1868
8	»Kompression des Bodens mit Prinzip der möglichststen längsten Holzfasern. Cupolplatte, weil Schrauben unsolid«	Cupolplatte, evtl. Bind Bar	1872, 1876
9	»Ironframe Stimmstock viel Metall wenig Holz und richtige Anwendung der Duplexscale«	Stimmstock bedeckende Platte, Duplex-Skala	1872, 1875
10	»Anwendung des Tonpulsators«	Tonpulsator	1878
11	»Radikalumwälzung des Kastenbendensystemes [?], statt der alten Manier, bucksteinähnlich Holz zu verbauen. Die Leitungsfähigkeit der Langfaser des Holzes, in Form gebogener Zangen benutzen, um starken Holzbau mit leichter Vibrationskraft, dem streifen Stimmstock Einfluss auszugleichen«	Einteiliger Biegearm	1878
12	»Filzhämmer mit mehr Masse und weniger an Veränderlichkeit (welche mit der Masse stieg)«	Hammerkopf: Abbindeklammer und Leimrinne	1880
13	»In Pianinos das feste Stimmstockprinzip anzuwenden daraus resultierende Veränderungen des Körperbaues«		
14	»Elastizität des Bodens durch neue Stegkonstruktion«	Laminated Soundboard Bridge (abwechselnde Schichten von Hart- und Weichholz)	1880

<sup>210</sup> Der Brief ist in Anhang B transkribiert. Zur besseren Lesbarkeit wurden hier Satzzeichen eingefügt, die im Original fast vollständig fehlen. Ebenfalls wurden gröbere Rechtschreibfehler wie »Efektiven« statt »effektiven« oder »spräuzen« statt »spreizen« ausgebessert. T. Steinways Schreibstil verfügt ohnehin über einige Eigenheiten, sodass in einer unbearbeiteten Transkription das Textverständnis deutlich erschwert ist. Die eckigen Klammern deuten Risse am Zeilenende an. Oft ist es möglich, die fehlenden Buchstaben zu ergänzen.

Die ersten sieben Punkte beschreiben das Zusammenspiel von Saiten und Mechanik. Mit einem größeren Abstand zwischen den Saiten, der mit der Kreuzbesaitung erreicht wird, können auch ihre Dicke und Länge insbesondere im Bass gesteigert werden, ohne dass sie beim Schwingen aneinanderstoßen. Zugleich nahm aber die Saitenspannung zu und musste durch eine stabilere Korpusbauweise aufgefangen werden. Als Reaktion auf eine massivere Besaitung waren schwerere Hämmer nötig. Ihr Gewicht sollte sich beim Spielen aber nicht bemerkbar machen. Die beiden Hammerkopfpatente von 1880 sorgen für größere Haltbarkeit der Garnitur. In der zweiten Hälfte geht es mit Korpus, Platte und Resonanzboden eher um die vermehrte Schwingungsfähigkeit der Holzteile, wenngleich auch der Stimmstock in Metall eingefasst wurde.

### Fazit zu Theodore Steinways Arbeitsweise

Als T. Steinway in den 1880er-Jahren New York endgültig verließ, um seinen Lebensabend in Braunschweig zu verbringen, hatte er die Flügel-Modelle innen wie außen gründlich überarbeitet.<sup>211</sup> Ziegler beschäftigte sich anschließend hauptsächlich mit der Weiterentwicklung des Pianinos, das das Tafelklavier 1888 komplett ablöste. Einige von Theodore Steinways Patenten blieben dauerhaft im Einsatz, andere waren schnell überholt. Innerhalb der Texte finden sich Rückbezüge und Ansätze, ältere Patente zu verbessern. Gerade in T. Steinways letztem Patent wurde offen angesprochen, dass sich bei manchen Konstruktionen nachteilige Effekte herausgestellt hatten. In diesem Fall waren Revisionen möglich: »we decide to re-adopt our former style of making soundboards.«<sup>212</sup> Dies zeigt, dass die Produktion nicht starr den Patenten folgte, sondern einer ständigen Qualitätskontrolle unterzogen wurde. Von diesen selbstkritischen Überprüfungen handeln auch die Briefe von Theodore Steinway oft.

In T. Steinways Patenten gibt es wiederkehrende Muster. Teile werden mit einem anderen Material gefüllt, um Nebengeräusche zu dämpfen. Die Eigenschaften von Hart- und Weichholz werden kombiniert. Es ist auffällig, wie oft ein größerer Widerstand gegen den Saitenzug erzielt werden sollte. Sprachlich fallen Begriffe aus der Architektur auf: Architrav, Konsole, Pfeiler (»pier«), Tragbalken (»girder«).<sup>213</sup> Sie wurden wahrscheinlich über den Möbelbau entlehnt. Möglicherweise ist auch das Aufgreifen von Techniken wie der Biegung miteinander verleimter Furnierschichten auf diese Einflüsse zurückzuführen. Die Schwierigkeiten gegensätzlicher Ziele wie größerer Stabilität bei Reduktion von Gewicht sowie vereinfachter Schwingungsübertragung bei gleichzeitiger Verhinderung unerwünschter Schwingungen erforderten das genaue Studium von Materialeigenschaften.

<sup>211</sup> LaGuardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection, Box 040260, Folder 24, Letter 11. Aus William Steinways Tagebuch lassen sich Theodores Reisen und Aufenthaltsorte rekonstruieren. Seine letzte Abreise per Dampfschiff aus New York ist am 16.04.1884 verzeichnet.

<sup>212</sup> Steinway, Diary, 1861–1896, Eintrag vom 19.05.1874.

<sup>213</sup> Vgl. die Nutzung der Vokabeln »architrave«, »console« und »girder« im Patent 314,742.

Ab 1869 arbeitete T. Steinway sich intensiv in die Metallurgie ein, indem er sowohl Wissen aus Fachbüchern erwarb als auch auf mehreren langen Reisen in Europa die Produkte vieler Gießereien untersuchte.<sup>214</sup> Diese Forschungen sollen 1876 abgeschlossen gewesen sein. Tatsächlich berichtete er in diesem Zeitraum über Anwendungsmöglichkeiten von Stahlbronze für Saiten oder Stahlblech für den Diskant in Flügeln.<sup>215</sup> Die neue Legierung der Platte soll nicht nur eine viel größere Stabilität, sondern auch eine niedrige Eigenfrequenz des Metalls bewirkt haben.<sup>216</sup> Laut Alfred Dolge beschäftigte sich T. Steinway auch mit der Chemie für die Bearbeitung von Filz oder die Herstellung von Leimen und Lacken.<sup>217</sup>

Sowohl bei Dolge als auch bei Smith fällt eine Haltung auf, die die Wissenschaftlichkeit im Klavierbau geradezu in einen Gegensatz zur Empirie setzt. T. Steinways Methodik sei durch den Kontakt mit seinem Seesener Lehrer Ginsberg geprägt worden: »This intimate relation to the scientist [Ginsberg] in his youth prevented Theodore from ever becoming a mere empiric.«<sup>218</sup> Sehr pointiert erscheint auch Dolges Beschreibung des Klavierbauers Jonas Chickering. Der habe sich wissenschaftlichen Forschungen und Experimenten verschrieben. Eine neue Erfindung habe er nie gleich ausprobiert, sondern immer zuerst am Zeichenbrett entworfen und überdacht. »He was not an empiric, who would experiment haphazard with an idea.«<sup>219</sup> Das Experimentieren wird also unterschieden in ein wissenschaftlich überdachtes einerseits und ein »Herum-Probieren« nach dem Prinzip Versuch und Irrtum andererseits. Diese starke Wertung ist besonders interessant vor dem Hintergrund, dass die beiden Bücher von Dolge und Smith sich hauptsächlich an ein amerikanisches Publikum richteten, für das Erfindungen von Personen ohne akademischen Hintergrund die Regel waren. Zur selben Zeit feierte schließlich der Autodidakt Thomas Edison seine größten Erfolge mit revolutionären Technologien. Trotzdem gab es offenbar das Bedürfnis nach der Aufwertung einer vermeintlich theoriearmen handwerklichen Tätigkeit in eine forschende, geistige. Bei der Pianistin und Musiklehrerin Smith sollte die Betonung der gestalterischen Elemente den Klavierbau wohl in die Nähe anderer Künste rücken, was schon der Titel ihres Buchs »A Noble Art. Three Lectures on the Evolution and Construction of the Piano« hervorhebt.

Einen weiteren möglichen Grund für Klavierbauer, die Wissenschaftsbasiertheit der eigenen Arbeit herauszustellen, führt Poletti an, und zwar den daraus resultierenden Marktvorteil.<sup>220</sup> Mit der Behauptung, eine Erfindung habe eine wissenschaftlich nachweisbare Wirkung, wird es für die Konkurrenz schwerer, sie abzulehnen. Stattdessen müs-

<sup>214</sup> Smith, Art, 1892, S. 120–126.

<sup>215</sup> Steinway, Diary, 1861–1896, Eintrag vom 11.12.1875: »letter from Theo. from Berlin dated Novbr 27th has Idea of Bronze steel for strings«; Eintrag vom 06.12.1875: »letter from Theo. of Novbr 20th, has invented Stahlblech to improve treble of Grand pianos«.

<sup>216</sup> Smith, Art, 1892, S. 124.

<sup>217</sup> Dolge, Pianos, 1911, S. 304.

<sup>218</sup> Ebd., S. 303.

<sup>219</sup> Ebd., S. 272.

<sup>220</sup> Poletti, Steinway, 2000, S. 253–254.

sen eigens Gegenargumente gefunden werden, die ebenfalls den Eindruck erwecken sollten, fundiert zu sein. Dies ist an Bösendorfers Reaktion auf die Duplex-Skala zu sehen. Er wies es zunächst von sich, nicht offen für echte Fortschritte zu sein. Dann versuchte er ausführlich, die Fehler in T. Steinways Erklärung aufzuzeigen. Die Debatte endete in dem gegenseitigen Vorwurf, der jeweils anderes sei ein uninformierter Klavierbauer. Außerdem wird für die Mitbewerber ein Druck aufgebaut, der Neuerung zu folgen, denn niemand möchte als rückständig gelten. Darin sieht Poletti eine wichtige Motivation, warum die Kreuzbesaitung sich letztlich allgemein durchsetzte.<sup>221</sup> Vor diesem Hintergrund dürfte Dolges Urteil über T. Steinways größte Leistung nicht überraschen: »While Theodore Steinway has not created anything positively new in piano construction, he revolutionized piano making and all auxiliary industries by forcing the acceptance of scientific methods upon all who desired to stay in the progressive march.«<sup>222</sup>

<sup>221</sup> Ebd., S. 254.

<sup>222</sup> Dolge, *Pianos*, 1911, S. 305–306.

## Die frühe Rezeption von Akustikforschung im Klavierbau

### Vermittlung von Akustik-Wissen durch Klavierbau-Lehrbücher ab ca. 1830

Bisher lag der Fokus dieses Buchs insbesondere auf Helmholtz' Impulsen für Akustikforschung und Klavierbau. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts erschien die Koppelung dieser beiden Disziplinen bereits als keine Neuigkeit mehr, wie an Steinways Fallbeispiel zu sehen war. Nun soll noch ein Blick auf die Umbruchphase zuvor gerichtet werden, als diese Selbstverständlichkeit noch nicht gegeben war. Klavierbauer sollen zu der Frage zu Wort kommen, warum und ab wann die Akustik als potenzielle neue Wissensquelle wahrgenommen wurde. So kann auch näher eingegrenzt werden, welche akustischen Themenfelder als relevant für das Handwerk galten. Geschah der Durchbruch wirklich erst durch Helmholtz oder bereits zuvor? Welche Schwierigkeiten galt es zu überwinden? Wozu benötigte man überhaupt Kenntnisse, die sich nicht aus praktischer Erfahrung erschlossen? Eine besonders wertvolle Quellengattung zu diesem Zweck sind die ab ca. 1830 erschienenen Lehrbücher für Klavierbauer. Hier geschieht die Übersetzung von Wissenschaft in das Handwerk. Dazu kommen ab ca. 1850 auch Geschichten des Klavierbaus, die meist anlässlich einer Welt- oder Industrieausstellung erschienen und ebenfalls ausführliche Abschnitte zu Akustik enthalten.

In die Gedankenwelt des Instrumentenbaus vor 1800 geben vereinzelt handschriftliche Notizbücher Einblicke.<sup>1</sup> Dazu kommen ein paar publizierte Quellen.<sup>2</sup> Diese Abhandlungen erschienen in naturwissenschaftlichen Reihen oder Handwerksenzyklopädiën und sprachen ein anderes Zielpublikum an als die Instrumentenbauer selbst. Zwischen 1844 und 1855 gab Carl Hartmann eine »Zeitschrift für Orgel-, Clavier- und Flügelbau«, aber auch alle anderen Instrumente heraus.<sup>3</sup> Darin wurden meist neue Erfindungen, aber auch Entwicklungen in der Akustik besprochen.<sup>4</sup> Bis zur Gründung der »Zeitschrift für Instrumentenbau« 1880 fehlte dann eine eigene Diskussionsplattform dieses Gewerbes.<sup>5</sup> Die Wissensvermittlung erfolgte hauptsächlich individuell in den Ausbildungsbetrieben.<sup>6</sup> Durch die Wanderjahre bekamen junge Klavierbauer Einblicke in verschiedene Werkstätten, was auch eine internationale Ideenzirkulation gewährleistete.

Das umfangreichste Werk über den Tasteninstrumentenbau im 18. Jahrhundert sind François Bédos de Celles (1709–1779, bekannt als »Dom Bédos«) vier Bände *L'art du facteur d'orgues*. Über das Cembalo und Fortepiano sind nur relativ kurze Abschnitte enthalten, obwohl besaitete Tasteninstrumente zu dieser Zeit meist noch in das Tätigkeitsfeld des Orgelbaus gehörten.<sup>7</sup> Für den Geigenbau erschien etwa zur selben Zeit

1 Lomtev, Notizbücher, 2014; Silva, Fortepiano, 2008; Latcham, Notizbuch, 2011.

2 Ein guter Überblick findet sich bei Becker, Darstellung, 1836, Sp. 245–264.

3 Hartmann, Zeitschrift, 1844–1855.

4 Beispielsweise im dritten Band von 1853 der Artikel »Die Fortschritte der Akustik im Jahre 1850«, S. 18–24.

5 Petersen, »Schwachstarkastenkasten«, 2011, S. 198–205.

6 Heyde, Musikinstrumentenbau, 1986, S. 54.

7 Bédos de Celles, *L'art*, 1766–1778, Bd. 4, S. 634–643.



Antonio Bagatellas (1755–1829) »Regole per la costruzione de' violini, viole, violoncelli e violoni«.<sup>8</sup> Peter Nathanael Sprengels (1737–1814) »Handwerke und Künste in Tabellen« enthält einen ausführlichen Artikel über die »Verfertigung des Claviers, des Flügels, und des Fortepiano« und weitere über Lauten- und Orgelbau.<sup>9</sup> Darin beschreibt er die Schritte bei der Konstruktion relativ genau. Zudem behandelt Sprengel auch die Eigenschaften der gebräuchlichen Holzarten und ihre Bearbeitung.

Für Musikinstrumentenbauer relevante akustische Fragen, etwa über die Ausbreitung von Schall in Holz, wurden im 18. Jahrhundert auch in naturwissenschaftlichen Publikationen angesprochen. Der Mathematiker Pierre Louis Moreau de Maupertuis stellte seine Dissertation über die Form der Musikinstrumente 1724 vor der Pariser Akademie der Wissenschaften vor.<sup>10</sup> Die Arbeit erschien 1751 in einer deutschen Übersetzung.<sup>11</sup> Maupertuis kommt zu dem Schluss, dass bei Saiteninstrumenten die Form von Decke und Boden so gewählt ist, dass Holzfasern jeglicher Länge vorkommen.<sup>12</sup> Demnach stehen die Längen der Saiten mit denen bestimmter Holzfasern in einem proportionalen Verhältnis und können sie so in Resonanz versetzen. Im Zusammenhang mit der Klangfarbe wurde Matthias Gablers »Der Instrumentalton. Eine physikalische Abhandlung« bereits erwähnt. Auch Gabler bespricht die Abhängigkeit der Resonanz von der Länge der Fasern. Er sieht darin gar die Ursache der Klangfarbe, weil dieselbe Saite auf einem anderen Instrument verschieden klingt und folglich der Resonanzkörper den Klang ganz wesentlich bestimme.<sup>13</sup> Auf der Suche nach ähnlichen Schriften vor 1800 findet sich auch ein Verweis auf einen Aufsatz »Ueber den Bau der musikalischen Saiteninstrumente, besonders ihrer Resonanzboden« von Carl Kolbe (1770–ca. 1840).<sup>14</sup> Zu dieser Zeit ging es hauptsächlich um praktische Fragen wie die Eigenschaften der Materialien und die Schritte der Konstruktion, aber kaum um die Akustik im engeren Sinn. Maupertuis entwickelt seine These beispielsweise ohne Experimente oder Bezug auf andere Vorarbeiten. Gabler erwähnt zumindest die Diskussion über das »Lautwerden der Körper«, will aber nichts allgemein über die »Natur des Tons« beitragen, sondern sich nur auf die Klangfarbe der Instrumente fokussieren.<sup>15</sup>

Erst ab etwa 1830 ließ die Kombination aus neu gewonnenem Wissen über die Akustik und einer steigenden Zahl junger Klavierbauer die Publikation von Lehrbüchern lohnenswert erscheinen. Der Hammerklavierbau nabelte sich immer stärker vom Orgelbau ab. Quer durch das 19. Jahrhundert vollzog sich auch die allmähliche Auflösung der Zünfte und eine Spezialisierung der Tätigkeit, besonders in größeren Betrieben.<sup>16</sup> Mit

8 Pollens, *Manual*, 2015, S. 9.

9 Sprengel, *Handwerke*, 1773, S. 240–270. Danach folgen noch Abschnitte zu Lauten- und Orgelbau.

10 Storni, Maupertuis, 2016, S. 158.

11 Maupertuis, *Form*, 1751.

12 Ebd., S. 446–447.

13 Gabler, *Instrumentalton*, 1775, S. 28–29.

14 Becker, *Darstellung*, 1836, Sp. 246. Kolbes Aufsatz erschien in dem Band »Vermischte Abhandlungen besonders bergmännischen und physikalischen Inhalts«, Quedlinburg 1794.

15 Gabler, *Instrumentalton*, 1775, S. 1–2.

16 Heyde, *Musikinstrumentenbau*, 1986, S. 49–51.

den veränderten Arbeitsumständen ging eine Neuordnung der Ausbildungsinhalte einher. Natürlich wurden in den Lehrbüchern hauptsächlich praktisch relevante Themen abgedeckt. Hier interessiert aber insbesondere ihre jeweilige Einstellung gegenüber der Verwendbarkeit von Akustikforschung und die Verknüpfung dieser Inhalte mit den baulichen Entscheidungen. Nachdem Chladni 1821 einen Brückenschlag zwischen praktischer Akustik und Instrumentenbau unternommen hatte, schlossen sich mehrere Publikationen diesem Ansatz an.<sup>17</sup> Für den Geigenbau ist hier Gustav Adolph Wettengels (1800–1873) »Vollständiges, theoretisch-praktisches auf Grundsätze der Akustik, Tonkunst und Mathematik [...] begründetes Lehrbuch« (1828) zu nennen, und für den Orgelbau Johann Gottlob Töpfers »Orgelbau-Kunst« (1833). Die folgenden Publikationen machen im Hinblick auf den Klavierbau den Transfer des Akustik-Wissens zum Handwerk hin nachvollziehbar und verdienen daher besondere Aufmerksamkeit.

Carl Kützing verfasste das erste Klavierbau-Lehrbuch und ließ diesem in den folgenden elf Jahren noch drei weitere Bände folgen.<sup>18</sup> Diese Produktivität überrascht, weil sein Schaffen heute kaum bekannt ist und sein Wirkungsort Bern kein großes Klavierbauzentrum war. Vereinzelt sind Klaviere von ihm erhalten.<sup>19</sup> Kützing hatte sowohl Orgel- als auch Klavierbau gelernt und war in London und den USA tätig gewesen, bevor er sich in Bern niederließ.<sup>20</sup> Durch diese Erfahrung kannte er internationale Trends und die Abläufe in großen, industrialisierten Betrieben wie Broadwood. Kützings »Theoretisch-praktisches Handbuch der Fortepiano-Baukunst« von 1833 enthält bereits einen Abschnitt über die Klangfarbe und verwendet auch dieses Wort. Fast niemand sonst hat diesen Begriff so früh auf Deutsch genutzt. Insofern scheint Kützing teilweise mit der neuesten zeitgenössischen Forschung, wie sie beispielsweise von Bindseil zusammengefasst wurde, vertraut gewesen zu sein. Von der Sirene hatte er aber nur in einer Literaturstelle gelesen, deren Beschreibung er wiedergibt.<sup>21</sup> Chladnis »Akustik« findet im Abschnitt über die Stimmung Erwähnung, seine Sandfiguren werden im Zusammenhang mit dem Resonanzboden erwähnt.<sup>22</sup> Die Beschäftigung mit der Klangfarbe helfe dabei, eine konstante Qualität zu erzielen und »die möglichste Schönheit des Klanges durch Kunstmittel hervorzuheben«.<sup>23</sup> Ohne diese Grundlage könne das Klangergebnis von zwei nach denselben Maßen verfertigten Instrumenten sehr unterschiedlich ausfallen. Kützing benennt aber nicht konkret, welche Erkenntnisse diese Kontrolle sicherstellen könnten. Sein theoretisches Fundament ist zunächst noch recht gering.

<sup>17</sup> Chladni, *Beiträge*, 1821.

<sup>18</sup> Kützing, *Handbuch*, 1833; Kützing, *Beiträge*, 1838; Kützing, *Fortepiano-Baukunst*, 1844. Dazu kommt noch ein weiteres Lehrbuch zum Orgelbau: Kützing, *Handbuch der Orgelbaukunst*, 1836.

<sup>19</sup> Clinkscales, *Makers*, 1999, Bd. 2, S. 225.

<sup>20</sup> [o. A.], Kützing, 1862, S. 4.

<sup>21</sup> Kützing, *Fortepiano-Baukunst*, 1844, S. 93–94.

<sup>22</sup> Ebd., S. 31–32, 81 und 83.

<sup>23</sup> Ebd., S. 38.

Diese Lücken füllte Kützing 1838 in »Beiträge zur praktischen Akustik als Nachtrag zur Fortepiano- und Orgelbaukunst«.<sup>24</sup> Damit nimmt er klar Bezug auf Chladni, der 1821 denselben Haupttitel gewählt hatte.<sup>25</sup> Möglicherweise hatte Kützing Anfragen erhalten, ob er stärker auf die Akustik eingehen könne. Nun besaß er jedenfalls eine Sirene und experimentierte mit der Größe und Entfernung der Löcher.<sup>26</sup> Da deren Änderungen die Klangfarbe beeinflussten, stellte er die These auf, dass die Form der Schallwellen ursächlich für die Klangfarbe sei. Die Obertöne brachte er aber nicht mit ihr in Verbindung. Die Sirene nutzte Kützing auch zur Frequenzbestimmung und führte weitere Methoden an. Er machte Klangfiguren-Experimente zu Resonanzböden und ermittelte durch das Aufsetzen angeschlagener Stimmgabeln die klangverstärkenden Stellen.<sup>27</sup> Zum Thema Saitenschwingung zitierte er ausführlich Chladni und Schafhäutl.<sup>28</sup> Insgesamt ist Kützings Publikation von 1838 deutlich reicher an Experimenten und theoretischen Erläuterungen als sein Handbuch von 1833.

In seinem letzten Lehrbuch, »Das Wissenschaftliche der Fortepiano-Baukunst« von 1844, setzte Kützing beide Stränge, Klavierbaupraxis und akustische Theorie, konsequenter zusammen. Neben Saiten und Resonanzboden bekamen auch die Mechanik und der Entwurf eines Instruments eigene Kapitel. Die Hebelgesetze bei der Mechanik werden recht ausführlich, aber leicht verständlich erklärt.<sup>29</sup> Kützing plädierte für eine einfache Lösung, die Kräfteverhältnisse geschickt zu nutzen, und nannte Erards Doppelrepetitionsmechanik als Negativbeispiel.<sup>30</sup> Sie sei mit zu vielen Einzelteilen überladen, die teils gar gegeneinander wirkten.

Heinrich Welcker von Gontershausen, Hof-Pianofortenhändler in Darmstadt, veröffentlichte 1853 das erste Lehrbuch nach Kützing. Die dritte Auflage erschien stark verändert 1864 unter dem Titel »Der Clavierbau in seiner Theorie, Technik und Geschichte«. Welcker behauptete dort, dass die Wissenschaft bisher keinen Nutzen für die Praxis hervorgebracht habe. »Alle Fortschritte in Bezug auf Klangverbesserung geschahen bisher nur empirisch durch Versuche der Künstler«.<sup>31</sup> Der Klavierbau sei weit weniger erforscht als der Geigenbau und die Akustik stecke überhaupt noch in den Kinderschuhen.<sup>32</sup> Diese Aussage fiel im Jahr nach dem Erscheinen der »Tonempfindungen«, wobei Welcker offenbar nichts von Helmholtz' Forschungen wusste. Immerhin ist das Kapitel über Akustik mit ca. 50 Seiten aber recht umfangreich und behandelt die Erfindungen von Chladni, Scheibler, Savart und Seebeck. Welcker hatte ein zwiespaltiges Verhältnis in seinen Erwartungen an die Akustik. Für ihn gehörte die Möglichkeit einer

<sup>24</sup> Kützing, Beiträge, 1838. Kützing hatte 1836 ebenfalls ein Handbuch für den Orgelbau veröffentlicht.

<sup>25</sup> Chladni, Beiträge, 1821.

<sup>26</sup> Kützing, Beiträge, 1838, S. 14.

<sup>27</sup> Ebd., S. 28–32.

<sup>28</sup> Ebd., S. 16–18.

<sup>29</sup> Kützing, Fortepiano-Baukunst, 1844, S. 68–80.

<sup>30</sup> Ebd., S. 77–78.

<sup>31</sup> Welcker von Gontershausen, Clavierbau, 1864, S. IV.

<sup>32</sup> Ebd.

Messung der Klangfarbe »in das Reich der frommen Wünsche«, doch angesichts des allgemeinen Fortschritts der Technik »läßt [sich] eine solche in nicht zu ferner Zukunft von der Wissenschaft erwarten«.<sup>33</sup>

Mit Julius Blüthner (1824–1910) betätigte sich 1872 erstmals der Leiter einer großen Klavierbau-Marke als Lehrbuch-Autor. Unterstützung erhielt er dabei von dem Physiker Heinrich Friedrich Gretschel (1830–1892), der bereits 1868 Wettengels Geigenbaulehrbuch für eine Neuauflage aktualisiert hatte, indem er den aktuellen Stand der Akustik zusammenfasste.<sup>34</sup> Teile davon konnte er für Blüthners Vorhaben übernehmen.<sup>35</sup> An dieser Zusammenarbeit sieht man eine Professionalisierung, denn nun war die didaktische Aufbereitung der im Umfang stark angewachsenen Akustik-Literatur an einen Spezialisten ausgelagert. Dies hatte allerdings zur Folge, dass die drei Teile des Buches – Akustik, Geschichte, Baupraxis – recht klar voneinander getrennt sind. Auch die Unterteilung in einen Text- und einen Bildband mit 122 Abbildungen spricht für die größere Anlage des Projekts. Zu seiner Motivation gibt Blüthner an, die Akustikforschung habe in der letzten zehn Jahren unerwartet große Fortschritte gemacht. Nun gehe es an die Verwertung dieses neuen Wissensstandes.<sup>36</sup> Zuvor sei kaum etwas gefunden worden, was im Klavierbau wirklich anwendbar gewesen wäre. Diesen von Blüthner beschriebenen Durchbruch kann niemand anderer als Helmholtz eingeleitet haben. Die Ausführungen über Resonatoren sind aus Gretschels Beitrag in dem Geigenbaulehrbuch übernommen.<sup>37</sup> Daher ist nicht klar, ob auch Blüthner sie anwandte. Gretschel fasste auch Helmholtz' neue Erkenntnisse über die Klangfarbe zusammen.<sup>38</sup> Im Publikationsjahr 1872 patentierte Blüthner seine Aliquot-Besaitung. Möglicherweise hat ihn also die Arbeit an dem Buch und der Austausch mit Gretschel dazu animiert. Dennoch hat er diese Verbindung mit dem Physiker nie öffentlichkeitswirksam dargestellt.

Das letzte große Lehrbuch des 19. Jahrhunderts stammt von Siegfried Hansing. Obwohl er ein gelernter Tischler und ein Autodidakt in wissenschaftlichen Belangen war, machte er die Akustik noch konsequenter zum Zentrum seines Ansatzes als seine Vorgänger.<sup>39</sup> »Das Pianoforte in seinen akustischen Anlagen« erschien 1888, als Hansing in den USA arbeitete. Emmy Hansing-Perzina legte eine englische Übersetzung des Buches vor, die 1904 in New York erschien und ein Novum auf dem englischsprachigen Markt darstellte. Seine Bekanntheit steigerte Hansing auch mit der wiederholten Publikation über akustische Themen in der »Zeitschrift für Instrumentenbau«.<sup>40</sup> Hansing war also bereits in das Fach eingeleitet, aber unzufrieden mit der häufigen Fehlerhaftigkeit der Informa-

<sup>33</sup> Ebd., S. 3–4.

<sup>34</sup> Heyde, Musikinstrumentenbau, 1986, S. 31.

<sup>35</sup> Beispielsweise besteht der Abschnitt über die Klangfarbe zu großen Teilen aus Paraphrasen und wörtlichen Übernahmen.

<sup>36</sup> Blüthner/Gretschel, Lehrbuch, 1872, Bd. 1, S. V–VI und 1–2.

<sup>37</sup> Ebd., S. 46–47.

<sup>38</sup> Ebd., S. 42–49.

<sup>39</sup> Petersen, Craftsmen-Turned-Scientists, 2013, S. 212.

<sup>40</sup> Ebd., S. 213.

tionen über die Akustik. Daher begnügte sich Hansing nicht damit, den Forschungsstand zusammenzufassen, sondern scheute nicht davor zurück, abweichende Meinungen zum Beispiel gegenüber Helmholtz kundzutun.<sup>41</sup> Dabei ging es etwa um Zweifel an der Resonanztheorie des Hörens oder der wellenförmigen Schallausbreitung in der Luft.<sup>42</sup> Hansing rezipierte auch die englischsprachige Literatur von John Tyndall oder Henry Augustus Mott (1852–1896).<sup>43</sup> Etwa die Hälfte seines Buches ist akustischen Fragestellungen gewidmet. Die eigentlich klavierbaulichen Inhalte sind in einem Block in der Mitte zusammengefasst. Hansing geht über ein bloßes Lehrwerk hinaus, indem er eigene Forschungspositionen einbringt.

Von Kützing bis Hansing vermehrten sich die Inhalte und der Umfang der Lehrbücher enorm. Ihr Aufbau blieb aber recht konstant: Begonnen wird mit den akustischen Grundlagen, dann folgen Kapitel über den Bauprozess, meist unterteilt nach Korpus, Saitenbezug, Mechanik, Resonanzboden. Später wird auch das Erstellen von Zeichnungen behandelt. Kapitel über die Geschichte des Klaviers sind optional. Unterschiede bestehen darin, wie stark die Akustik mit den handwerklichen Inhalten verknüpft wird. Kützing und Hansing schöpften aus ihren Erfahrungen im internationalen Klavierbau, während Blüthner sich auf die ihm bekannte nordeutsche Bauweise beschränkte.<sup>44</sup> Welckers Wissensstand entspricht dem Zeitpunkt unmittelbar vor Helmholtz. Bei ihm zeigt sich eine noch ambivalente Einstellung zur Wissenschaft, von der er sich einerseits eine theoretische Fundierung erhoffte, wobei er andererseits aber ihre Grenzen und die fehlende Übertragbarkeit von wissenschaftlichen Entdeckungen betonte.<sup>45</sup> Bis zum Erscheinen der »Tonempfindungen« konnte mangels Analysemethoden oder eines geeigneten Vokabulars nur vage über den resultierenden Klang geschrieben werden.<sup>46</sup> Helmholtz führte selbst erstmals die Zusammenhänge zwischen den klavierbaulichen Parametern und klanglichen Konsequenzen aus.<sup>47</sup>

Zu den eigentlichen Klavierbau-Lehrbüchern gesellten sich ab etwa 1850 Klavierbau-Historien, die auch alle zumindest ein Kapitel über die Schalllehre enthalten. Eine klare Trennung zwischen beiden Gattungen ist insofern nicht immer gegeben, als auch die Lehrbücher bisweilen historische Kapitel enthalten. Ein Unterschied besteht darin, dass Autoren wie Oscar Paul eben vorrangig Historiker und nicht selbst Klavierbauer waren. Ziel dieser Veröffentlichungen war meist eine Zusammenfassung und Einordnung des bei Welt- oder Industrieausstellungen präsentierten Standes der Technik. Wissenschaftliche Instrumente wie die Sirene wurden in den Klavierbaulehrbüchern thematisiert und abgebildet. Blüthner und Gretschel gehen sogar auf verschiedene Schallvisualisierungsmethoden und die Resonatoren ein. Dass die Apparate auch bei der Arbeit an neuen

<sup>41</sup> Dolge, *Pianos*, 1911, S. 426.

<sup>42</sup> Hansing, *Pianoforte*, 1909, S. 207–218.

<sup>43</sup> Z. B. ebd., S. 214.

<sup>44</sup> Blüthner/Gretschel, *Lehrbuch*, 1872, Bd. 1, S. V.

<sup>45</sup> Welcker von Gontershausen, *Clavierbau*, 1864, S. IV–VI und 3–4.

<sup>46</sup> Winter, *Striking*, 1988, S. 268–270.

<sup>47</sup> Vgl. Unterkapitel »Das Klavier in den Tonempfindungen«.

Erfindungen eingesetzt wurden, war am Beispiel der Duplex-Skala zu sehen. Im 20. Jahrhundert stellte Grottrian-Steinweg mit Carl Heinrich Hörig (1882–?) einen Physiker an und betrieb zwischen 1926 und 1931 eine eigene Experimentierwerkstatt.<sup>48</sup>

Durch die Gründung der »Zeitschrift für Instrumentenbau« bildete sich schließlich eine Plattform für regelmäßige Debatten über Klavierbau und Akustik. 1889 blickte ein Klavierbauer dort auf die lehrreichsten Publikationen der vergangenen Jahrzehnte zurück:

Im zweiten Viertel [des 19. Jahrhunderts] entstehen die werthvollen Schriften von Töpfer und Kitzing, im dritten Viertel verschiedene Lehrbücher, Blüthner & Gretschel, Welcker von Gontershausen u. a., welche des Wissenswerthen Vieles enthalten, jedoch für die Ausbildung wenig Werth haben, vielleicht auch mehr als Unterhaltungslitteratur gedacht sind und als solche den Klaviermachern auch dienen mögen. Daneben verzeichnen wir lehrreiche Schriften von Professor Helmholtz, Dr. Paul u. a. Endlich in unserm letzten Jahrhundertsviertel besitzen wir in unserer Fachzeitung ein Mittel gegenseitigen Austausches, [...] <sup>49</sup>

Natürlich konnten und sollten die Lehrbücher die praktische Erfahrung nicht ersetzen. Kützing fand aber, dass ein Handwerker ohne geeignetes theoretisches Fundament nur kopieren statt selbst schaffen kann.<sup>50</sup> Für Blüthner sollte die Lektüre der Vorbildung und einer Schärfung der Aufmerksamkeit dafür dienen, welche Details beachtet werden müssen.<sup>51</sup> Hansing wählte den Vergleich, dass die akustischen Vorgänge sich im Verborgenen abspielen. Nur das »geistige Auge ist imstande, den Tastsinn zu schärfen, und mit diesem müssen wir uns in dem Unsichtbaren zurechtfinden«.<sup>52</sup> Die Schule für das »geistige Auge« wiederum bot die Akustik.

## Die Ablösung der geometrischen Konstruktionsgrundlagen

Abgesehen von den schriftlichen Quellen stellt sich auch die Frage, an welchen baulichen Merkmalen eines Klaviers sich die Aufnahme von neuem Wissen bemerkbar machte. Auch hierauf geben die Lehrbücher Hinweise. So soll die in der Einleitung zitierte Frage von Sonja Petersen wieder aufgegriffen werden, »in wieweit Instrumente Wissens-Objekte darstellen«.<sup>53</sup> Der Klavierbau hat sich zumindest bis kurz vor 1900 ständig gewandelt. Auf diesem Weg sind immer wieder alte Grundlagen verloren gegangen, die zwar meist nicht niedergeschrieben worden waren, aber an den Instrumenten Spuren

<sup>48</sup> Petersen, »Schwachstarkastentasten«, 2011, S. 167–197.

<sup>49</sup> Th. Mann & Cie, Betrachtungen, 1889, S. 6.

<sup>50</sup> Kützing, Fortepiano-Baukunst, 1844, Vorrede.

<sup>51</sup> Blüthner/Gretschel, Lehrbuch, 1872, Bd. 1, S. V.

<sup>52</sup> Hansing, Pianoforte, 1909, S. IV.

<sup>53</sup> Petersen, »Schwachstarkastentasten«, 2011, S. 239.



**Abb. 40** Aufsicht auf einen Flügel um 1780, Johann Andreas Stein zugeschrieben (links), und auf einen Steinway Flügel vor 1892 (rechts).

hinterlassen haben. Eine Gegenüberstellung zweier Flügel des späten 18. und späten 19. Jahrhunderts lädt dazu ein, sich die Umwälzung der Bauweise zu vergegenwärtigen und nach ihren Ursachen zu fragen (Abb. 40).

Natürlich können nur zwei isolierte Instrumente nicht die gesamte bauliche Bandbreite ihrer Zeit repräsentieren. Die beiden Hersteller Stein und Steinway galten aber jeweils als führend. Insofern kann ihnen doch eine gewisse Modellhaftigkeit zugesprochen werden. Zudem würden sich die angesprochenen Merkmale in ähnlicher Weise auch bei anderen Exemplaren finden. Der Umriss des süddeutschen Hammerflügels beruht auf einem rechtwinkligen Dreieck und wirkt wohlproportioniert.<sup>54</sup> Seine Hohlwand verläuft größtenteils gerade und der Steg nah und parallel zu ihr. Die Maserung des Resonanz-

<sup>54</sup> Für eine ausführlichere geometrische Analyse von Steins Flügeln siehe Birkett/Jurgenson, *Drawings*, 2001, S. 278–281.



bodens ist entlang der Saiten ausgerichtet. Bei dem etwa 100 Jahre später gebauten Steinway-Flügel stellt sich ein gegenteiliger Eindruck ein: Die Grundform ist rundlich, doch schief. Die Basswand steht nicht rechtwinklig zur Klaviatur, sondern ist nach links geneigt. Die Plattenstreben verlaufen in verschiedenen Richtungen. Mit der Aufgabe des Unterbodens verliert der Flügel ein klanglich relevantes Element.<sup>55</sup> Der Korpus ist kein geschlossener Kasten mit entsprechender Eigenfrequenz mehr. Der Steg hat sich in seiner Form von der Hohlwand gelöst und stärker in die Mitte des Resonanzbodens verlegt. Generell wird weniger Wert auf ein optisch ruhiges, ausgewogenes Gesamtbild gelegt. Bei dem Steinway-Flügel kann man klar konstatieren, dass die optische Ausgewogenheit der Teile zueinander keine Rolle mehr spielt.

Herbert Heyde beobachtete, dass sich der westliche Instrumentenbau seit seiner allmählichen Professionalisierung im Spätmittelalter in zwei Hauptphasen einteilen lässt: Die geometrisch-proportionale vom 15. bis 18. Jahrhundert und die naturwissenschaftlich-empirische ab dem 19. Jahrhundert.<sup>56</sup> Der Übergang zwischen beiden verlief natürlich nicht abrupt. Beide Epochen sind durch die besonders intensive Aufnahme theoretischer Einflüsse, des Austauschs und der Kooperationen mit den Wissenschaften geprägt. Das 15. Jahrhundert gilt als die Phase, in der die Geometrie auf die Konstruktionsweise von Instrumenten nachhaltig einwirkte. Die Vermittlung geschah wohl durch Personen mit einer Universitätsausbildung, zu der auch Geometrie und Musik als Teile des Quadriviums gehörten. Als Erfinder des Cembalos ist etwa ein Arzt aus Wien überliefert.<sup>57</sup> Das ausführlichste Traktat zur Konstruktion von Tasten- und Lauteninstrumenten (ca. 1440) stammt ebenfalls von einem Astronomen und Arzt. Im 15. Jahrhundert ist auch die Betätigung von Mönchen als Orgelbauer bezeugt.<sup>58</sup>

Die Suche nach leitenden Prinzipien ist dem gesamten Kunsthandwerk gemeinsam und wurde in der Geschichte in solchen Umbruchphasen artikuliert. Albrecht Dürer (1471–1528) nannte als Motivation für das Verfassen seiner »Underweysung der Messung, mit dem Zirckel und Richtscheyt«, dass die Malergesellen bisher »im vnuerstand wie eyn wylder vnbeschnytener bawm auff erwachsen« seien, da sie »die kunst der messung nit gelernet haben an die keyn rechter werckmann werden oder seyn kann«.<sup>59</sup> Mit »Messung« ist die Geometrie gemeint, die nicht nur für Maler, sondern für alle »Werkmänner« nötig war. Die Anwendung geometrischer Gestaltungsprinzipien betraf also neben Malerei, Architektur und anderen konstruierenden Handwerksdisziplinen auch den Musikinstrumentenbau. Darauf verwies Sebastian Virdung (ca. 1465–?) mit der Rechtfertigung, in seiner instrumentenkundlichen Schrift »Musica getutscht« nicht näher auf die Konstruktionsweisen eingehen zu wollen: »Das clavicordium unnd andere instrument wie man dye machen soll das wil ich nit beschreiben dann das trifft mer dye

<sup>55</sup> Pollens, Piano, 2018, S. 405–406.

<sup>56</sup> Heyde, Musikinstrumentenbau, 1986, S. 7.

<sup>57</sup> Koster, History, 2001, S. 20.

<sup>58</sup> Heyde, Musikinstrumentenbau, 1986, S. 55.

<sup>59</sup> Dürer, Underweysung, 1525, Vorwort (nicht paginiert).



architectur / oder das hantwerch der schreyner an / dann dye Musicam.«<sup>60</sup> In der Sicht der Zeitgenossen unterschieden sich die einzelnen Handwerke nicht in ihren Methoden, sondern in dem Material, das sie bearbeiteten. Eine Ausübung mehrerer Berufszweige war nicht ungewöhnlich.<sup>61</sup> Die Architektur galt als Leitdisziplin, auch weil über sie seit Vitruv (1. Jh. v. Chr.) Traktate vorliegen, die Theorie und Anwendung verbinden.<sup>62</sup>

So verwundert es nicht, dass auch Instrumentenbauer sich an jene Regeln hielten, die für Merkmale eines guten Entwurfes – sei es einer Zeichnung, eines Schrankes oder einer Skulptur – gehalten wurden. Dazu kommt, dass seit der Antike die musikalischen Intervalle auf dem Monochord geometrisch konstruiert wurden.<sup>63</sup> Wie sich Instrumentenbauer aber der Klanggestaltung näherten, ist schwerer zu rekonstruieren. Der Entwurf eines Instruments ist selbstverständlich nur eine Ebene des Bauprozesses. Es scheint aber, als hätten sich zumindest bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts gleichbleibende Konstruktionsprinzipien gehalten, die dann allmählich erodierten.

Einige Instrumente sind im Laufe des 19. Jahrhunderts gründlich reformiert worden, doch gerade bei Streichinstrumenten sind solche Entwicklungen äußerlich weniger klar erkennbar. Leopold Mozart (1719–1787) beschwerte sich über die ungleiche Qualität der neueren Geigen, die an dem Fehlen objektiver Bauprinzipien liege. Hier ergibt sich eine starke Ähnlichkeit mit Dürers Beobachtung, dass viele nur nach Gefühl und Augenmaß arbeiteten und daher oft unbrauchbare Ergebnisse erzielt würden. Mozart forderte eine Untersuchung der Ursachen für die Klangunterschiede und wie sie behoben werden können:

In diesem Stücke könnten die Herren Mathematiker ihren Ruhm verewigen. [...] Das ganze musikalische Reich wüßte es einer solchen gelehrten Gesellschaft nimmer genug zu verdanken, wenn sie den Instrumentmachern ein so nützbares Licht anzündete, dadurch der Musik eine ungemeine Zierde zuwachsen könnte.<sup>64</sup>

Im 18. Jahrhundert stammten die meisten Arbeiten zur Akustik noch von Mathematikern wie Leonhard Euler. Mozart forderte einen Kurswechsel der Akustikforschung: Nicht mehr die Musiktheorie solle ihr Gegenstand sein, sondern praktische Anweisungen für den Instrumentenbau. Zudem schwand die Bedeutung der Mathematik für die Musikästhetik.<sup>65</sup> Im Geigenbau war es für lange Zeit die Einhaltung der Proportionen, die für ein gutes klangliches Resultat bürgen sollte. Daran kamen im 18. Jahrhundert Zweifel auf, auch wenn sich die Bauweise anschließend nicht so grundlegend geändert hat.<sup>66</sup>

<sup>60</sup> Zitat gefunden bei Koster, *Cathedrals*, 2000, S. 6.

<sup>61</sup> Heyde, *Musikinstrumentenbau*, 1986, S. 50.

<sup>62</sup> Birkett/Jurgenson, *Drawings*, 2011, S. 246–248.

<sup>63</sup> Pollens, *Manual*, 2015, S. 253.

<sup>64</sup> Mozart, *Versuch*, 1756, S. 7. Zitat (in englischer Übersetzung) gefunden bei: Dolan, *Perfection*, 2020, S. 116–117.

<sup>65</sup> Hanslick, *Vom Musikalisch-Schönen*, 1854, S. 47, urteilte beispielsweise: »Schöpfungen der Phantasie sind keine Rechenexempel. Alle Monochord-Experimente, Klangfiguren, Intervallproportionen u. dgl. gehören nicht hierher, das [sic] ästhetische Bereich fängt erst an, wo jene Elementarverhältnisse in ihrer Bedeutung aufgehört haben.«

<sup>66</sup> Heyde, *Musikinstrumentenbau*, 1986, S. 139.

Der Geigenbau trat in eine »postgeometrische« Phase ein, bei der die alten Grundlagen zwar nicht aufgegeben, aber aus empirischen Gründen freier abgewandelt wurden.<sup>67</sup>

Nur wenig später als Mozart beschrieb Jakob Adlung (1699–1762) in seiner »Musica mechanica organoedi« jene Kenntnisse, über die ein guter Orgelbauer verfügen müsse. Diese Kunst »erfordert einen guten Grund in der Mathematik, weil sie stets mit Aus- und Abmessungen zu thun hat: [...] Nicht weniger muß auch ein guter Orgelmacher die Metalle und Holzarten aus der Physik verstehen [...] sonderlich aber wird erfordert, daß er die Architektur gründlich inne habe.«<sup>68</sup> Dies ist eine interessante Mischung aus alten und neu hinzugekommenen Fachgebieten. Die schon von Virdung genannte Architektur gehört immer noch dazu. Unter Physik wird das Wissen über Materialeigenschaften verstanden, unter Mathematik das Messen. Welche Fähigkeiten zur Beurteilung von Klängen nötig waren, erwähnt Adlung aber nicht.

Mit der allmählichen Aufgabe der alten Prinzipien ging ein Bedürfnis nach neuen Leitlinien einher. 1811 veröffentlichte der Wiener Klavierbauer Jakob Bleyer (1778–1812) von der Firma Wachtl & Bleyer in der AMZ einen Artikel über die neuen aufrechtstehenden Flügel.<sup>69</sup> Dieser Bautyp, bei dem die Saiten vertikal angebracht sind, war an sich keine Neuheit, doch etwa 40 Jahren zuvor, also um 1770, seien die Vorgänger beim Bau an technische Grenzen gestoßen, weshalb diese Instrumente nur selten und unter großen Mühen erbaut worden seien. Wachtl & Bleyer hätten die Bauweise so grundlegend reformiert, dass sie beim Resultat von einer neuen Erfindung sprachen.<sup>70</sup> Für die Bewältigung der baulichen Herausforderungen sei der Erwerb naturwissenschaftlicher Bildung zentral: »Dass es nothwendig sey, sich Kenntnisse der Physik, Akustik, Mechanik und Mathematik eigen zu machen [...] das glaubten die damaligen Klavermacher eben so wenig, als es viele heute noch nicht glauben.«<sup>71</sup> Der genaue Beitrag der vier von Bleyer genannten Disziplinen verdient eine nähere Erläuterung.

Bleyer geht an zwei Stellen der Werbeanzeige explizit auf Aspekte zur Akustik ein und verwendet dieses Wort auch. Zum einen führt Bleyer aus, wie der Korpus stabil gegen Verformungen durch den Saitenzug und gleichzeitig möglichst schwingungsfähig gebaut werden könne, und verweist dazu in einer Fußnote auf Chladni »Akustik« und auf Georg Joseph Voglers (1749–1814) »Data zur Akustik«.<sup>72</sup> Zum anderen führt Bleyer wiederum Chladni an, wenn er die effiziente Übertragung der Saitenschwingungen auf

<sup>67</sup> Ebd., S. 138–140.

<sup>68</sup> Adlung, *Musica*, 1768, Bd. 1, S. 5.

<sup>69</sup> Bleyer, *Beschreibung*, 1811, Sp. 73–77.

<sup>70</sup> »Wir schreiben auf jedes Namensschild unserer aufrechtstehenden Fortepianos: erfunden, weil die Unsrigen die ersten brauchbaren aufrechtstehenden Fortepianos waren.«, Bleyer, *Beschreibung*, 1811, Sp. 73.

<sup>71</sup> Bleyer, *Beschreibung*, 1811, Sp. 73.

<sup>72</sup> Wachtl & Bleyer erfanden die sogenannte Leistenbauweise, bei der zwischen den Außenwänden eines Klaviers stützende Holzleisten in Schichten versetzt übereinanderliegen und einander dabei durchkreuzen. Dadurch »erhält der Kasten eine solche Cohärenz, die der Natürlichen nicht viel nachsteht und daher der akustischen Absicht ungewöhnlich entspricht, denn es ist bekannt, dass ein fester Körper ein vollkommener Schalleiter ist \*).«, Bleyer, *Beschreibung*, 1811, Sp. 76. Der Stern verweist auf eine Fußnote am unteren Ende der Seite, in der Chladni und Vogler genannt sind.

den Resonanzboden behandelt.<sup>73</sup> Was die Mechanik betrifft, so fallen bei aufrechtstehenden Klavieren die Hämmerchen nicht allein durch den Einfluss der Schwerkraft zurück, sondern benötigen besondere Rückholvorrichtungen. Bei den horizontalen Flügelmechaniken muss die Anschlagsenergie des Fingers möglichst effizient zum Hammer geleitet werden. Für Klavierbauer ist es daher unerlässlich, Hebelwirkungen und Kräfteübertragung in der Mechanik zu studieren. Johann Andreas Stein soll bei der Entwicklung seiner Wiener Mechanik um 1780 von seiner Freundschaft mit dem berühmten Augsburger Präzisionsmechaniker Georg Friedrich Brander (1713–1783) profitiert haben. Stein habe seine Pianofortes »durch geschickte Bewegungs-Vortheile verbessert« und »sich jederzeit eben so stark auf die Theorie als auf die Praxin gelehrt.«<sup>74</sup> Hieran wird deutlich, dass das Bestreben, neue Wissenszweige einzubinden, weiter zurückreicht.

Kützing glaubte 1844, dass »für den Fortepianomacher einige mathematische Kenntnisse unumgänglich nothwendig sind, um den wissenschaftlichen Theil der Fortepiano-Baukunst für sich nützen zu können.«<sup>75</sup> Dabei ging es vor allem um die Berechnung der Messuren mit Logarithmen. Diese Fähigkeit mussten viele Instrumentenbauer neu lernen. Laut Kützing hatte die Mehrheit der Orgelbauer keinerlei mathematische Vorbildung.<sup>76</sup> Im Handwerk war eine Schulbildung oder Alphabetisierung über Jahrhunderte nicht zwingend erforderlich gewesen.<sup>77</sup> Handwerker lernten statt schriftlicher Berechnungen geometrische Operationen mit Hilfe von Zirkel und Lineal, die als eine Art »mechanischer Taschenrechner« gebraucht werden konnten, um Strecken zu teilen oder Verhältnisse proportional zu vergrößern.<sup>78</sup> Im 19. Jahrhundert reichten diese Methoden allerdings immer weniger aus.

Wenn man Adlung folgt, wurde mit der Physik offenbar vorwiegend die Materialwissenschaft gemeint, insbesondere die Metallurgie. Viele Entwicklungen im Klavierbau des 19. Jahrhunderts erforderten Materialanpassungen. Ein Vorsprung in dieser Hinsicht brachte also entscheidende Produktionsvorteile. Die Zunahme von Eisenteilen war eher eine praktische Notwendigkeit als klangliches Gestaltungsmittel. Aus Gießereien gelieferte Platten oder Saiten konnten oft den Qualitätsansprüchen nicht genügen. Klavierbauer wie T. Steinway experimentieren daher selbst. Steinway konnte schließlich den Schritt gehen, die Fertigung aller Teile in die eigene Hand zu nehmen. Wachtl und Bleyer hielten nun auch explizit Kenntnisse in der Akustik für erstrebenswert. Sie waren mit dieser Position nicht allein. Um 1830 waren auch andere Klavierbauer überzeugt, dass die Instrumente in Zukunft nach »wahrhaft akustischen Prinzipien« gebaut werden müssten.<sup>79</sup>

<sup>73</sup> »Es kam nur auf eine schickliche Auswahl des Holzes, auf eine angemessene Dicke des Resonanzbodens und auf eine zweckmässige Verbindung desselben an, um einen Resonanzboden zu erhalten, der, wie Chladni richtig anmerkt, fähig ist, jede Schwingung der Saiten anzunehmen [...]«, Bleyer, Beschreibung, 1811, Sp. 76.

<sup>74</sup> Zitiert nach Körndle, Stein, 2012, S. 188.

<sup>75</sup> Kützing, Fortepiano-Baukunst, 1844, S. 53.

<sup>76</sup> Kützing, Handbuch der Orgelbaukunst, 1836, S. IV.

<sup>77</sup> Heyde, Musikinstrumentenbau, 1986, S. 54.

<sup>78</sup> Birkett/Jurgenson, Drawings, 2011, S. 252–255; Poletti, Pythagoras, 2004, S. 288. Für einen Überblick der gängigsten geometrischen Operationen siehe Heyde, Musikinstrumentenbau, 1986, S. 56–62.

<sup>79</sup> Ein solches Zitat bei Heyde, Musikinstrumentenbau, 1986, S. 30.

Der Kanon aus Physik, Akustik, Mechanik und Mathematik verfestigte sich Mitte des 19. Jahrhunderts.<sup>80</sup> Er gehörte auch zu Theodore Steinways Ausbildung, wie seinem Konzessionsgesuch zu entnehmen ist. An diesen Aussagen wird klar, dass einige Zeitgenossen eine Verwissenschaftlichung des Klavierbaus wahrnahmen oder sogar aktiv einforderten. Noch 1872 schrieb Blüthner, dass es nun die Aufgabe jüngerer Klavierbauer sei, »die Errungenschaften wissenschaftlicher Forschung in der Praxis zu verwerthen«.<sup>81</sup>

Die Auseinandersetzung mit wissenschaftlichen Entwicklungen geschah nicht allein aus inhaltlichen Gründen. Auch im Hinblick auf einen weiteren Aspekt weist der Einzug der Geometrie in das Handwerk eine Ähnlichkeit zur Verbindung von Physik und Instrumentenbau auf: beide dienten der sozialen Aufwertung handwerklicher Produkte und ihrer Hersteller.<sup>82</sup> Seit der Renaissance gab es, in ähnlicher gesellschaftlicher Position wie andere Kunsthandwerker, sehr angesehene Instrumentenmacher. Laut Heyde gefährdete die Industrialisierung diese Stellung, weil der vormals selbständige Handwerker sich nun gegen Lohn in ein arbeitsteiliges Wirtschaftsunternehmen eingliedern musste.<sup>83</sup>

Die historischen Konstruktionsprinzipien von Streichinstrumenten und Orgeln werden seit längerem untersucht.<sup>84</sup> Von besonderem Wert sind dabei die im Museo del Violino in Cremona aufbewahrten Werkzeuge, Formen, Zeichnungen und Schablonen von Antonio Stradivari (1644–1737), die einen einzigartigen Einblick in den Entwurfsprozess erlauben.<sup>85</sup> Erst mit etwas Verzögerung weitete man diese Studien auch auf Hammerflügel aus.<sup>86</sup> Sie beschränken sich allerdings auf die klassischen Wiener Instrumente des späten 18. Jahrhunderts und auf deren äußere Form. Von größerem klanglichem Einfluss ist aber die Skala.<sup>87</sup> Beides hängt natürlich insofern zusammen, als die Bestimmung der Saitenlängen, also die Mensurierung, die Form des Stegs und der Hohlwand vorgibt. Die Klavierbau-Lehrbücher geben glücklicherweise auch darüber Aufschluss, wie man ab 1830 die Länge, Dicke und Spannung der Saiten, sowie den Anschlagpunkt bestimmte. Weil das Wort »Skala« im Deutschen weniger gebräuchlich ist, werden all diese Faktoren oft auch unter »Mensur« zusammengefasst.<sup>88</sup> Mehrere Klavierbauer des 19. Jahrhunderts benannten die Mensur als dasjenige Element, bei dem der größte klangliche Schaden angerichtet werden kann und auch lange wurde.<sup>89</sup>

<sup>80</sup> Die vier Disziplinen werden bereits im ersten Satz bei Fischhof, Versuch, 1853, S. 3, als Wissensgrundlagen genannt.

<sup>81</sup> Blüthner/Gretschel, Lehrbuch, 1872, Bd. 1, S. V–VI.

<sup>82</sup> Hirschfelder, Handwerk, 2010, S. 245.

<sup>83</sup> Heyde, Musikinstrumentenbau, 1986, S. 50.

<sup>84</sup> Coates, Geometry, 1985; Heyde, Musikinstrumentenbau, 1986, S. 169.

<sup>85</sup> Sacconi, »Geheimnisse«, 1976.

<sup>86</sup> Birkett/Jurgenson, Drawings, 2011.

<sup>87</sup> Poletti, Pythagoras, 2004, S. 401.

<sup>88</sup> Henkel, Mensurierung, 1989, S. 107.

<sup>89</sup> Hansing, Pianoforte, 1909, S. 83; Heyde, Musikinstrumentenbau, 1986, S. 123.

Nach Welckers Ansicht wandten gerade die Amerikaner im internationalen Vergleich die geringste Sorgfalt bei der Mensurbestimmung auf.<sup>90</sup>

Natürlich gab es hierfür nie die eine richtige oder wissenschaftliche Lösung. In den ca. 100 Jahren zwischen den beiden abgebildeten Flügeln änderte sich das Klangideal grundsätzlich und mit ihm die Bauweise. Liest man die zeitgenössischen Vorstellungen über den gewünschten Klang um 1800, so sollte sich dieser »so sehr als nur möglich, dem Tone der besten Blasinstrumente nähern«.<sup>91</sup> Angestrebt wurde auch die »Ähnlichkeit mit der Menschenstimme, oder denen Instrumenten [...], welche durch ihre runden, das ganze Ohr ausfüllenden Töne, so mächtig auf unser Gefühl wirken.«<sup>92</sup> Das Ziel war also die Rührung des Publikums durch Annäherung an die menschliche Stimme oder an expressive Blasinstrumente, für die ihrerseits der Vergleich mit der Stimme oft ein Qualitätsprädikat war. Frühe Hammerklaviere zeichneten sich durch eine Vielfalt an Klangfarben, eine relativ kurze Tondauer, klare Abgrenzung der Register und Imitationen anderer (Instrumental-)Klänge aus. Das Klavier war, was seine Klanggestaltung anbelangt, um 1800 ein noch recht neues Instrument. Einige bauliche Parameter konnten vom Cembalo übernommen werden, aber gerade die Anschlagsstellen mussten aufgrund der anderen Art der Saitenanregung neu gefunden werden.<sup>93</sup> Möglicherweise haben zunächst Orgelbauer wie Johann Andreas Stein die Wandelbarkeit des Orgelklangs auf ihr Ideal des Klavierklangs übertragen. Im späten 19. Jahrhundert war dagegen eine völlige Gleichmäßigkeit der Klangfarbe durch den ganzen Tonumfang und alle Dynamikstufen erwünscht.<sup>94</sup> Ein zweites Desiderat bestand in der Ausgewogenheit der Lautstärke zwischen Bass und Diskant. In diesem Punkt hatte es im 18. Jahrhundert oft noch einen Lautstärkeabfall zum Diskant hin gegeben, der mit den Eigenschaften der Mensur zusammenhing.<sup>95</sup>

Wie historische Instrumentenbauer Klänge mit dem Gehör analysierten, geht aus schriftlichen Quellen gewöhnlich nicht hervor. Dass sie aus ihrer Erfahrung aber korrekte akustische Zusammenhänge ableiteten, wenngleich sie sie vielleicht nicht formulieren konnten, ist kaum zu bezweifeln. Helmholtz bemerkte in seinem langen Aufsatz über die mathematische Theorie der Orgelpfeifen, dass seine aufwändig berechneten Ergebnisse nicht anders lauteten als eine durch Gottfried Silbermann (1683–1753) überlieferte

<sup>90</sup> Welcker von Gontershausen, Flügel, 1856, S. 6.

<sup>91</sup> Streicher, Bemerkungen, 1801, S. 12.

<sup>92</sup> Ebd., S. 12–13.

<sup>93</sup> Schwarz, Cristofori, 2002, S. 49.

<sup>94</sup> Blüthner/Gretschel, Lehrbuch, 1872, Bd. 1, S. 230. Die »letzte, aber zugleich schwierigste Arbeit« am fertigen Instrument ist daher das »Egalisieren« aller Töne.

<sup>95</sup> Henkel, Mensurierung, 1989, S. 117. Die Schwäche des Diskants ist ein Kritikpunkt, den schon Johann Sebastian Bach an Gottfried Silbermanns frühen Hammerflügeln geäußert hatte.

[...] Regel, dass man, um Register von gleichmässiger Klangfarbe zu erhalten, die Weite der Pfeiffen bei abnehmender Länge so abnehmen lassen müssen [sic], dass die None den halben Durchmesser bekomme. Gleichbleibende Klangfarbe bedeutet gleichbleibende relative Stärke der Obertöne.<sup>96</sup>

Wenn durchgehend der doppelte oder halbe Pfeifen-Durchmesser für die Oktaven gewählt würde, wären die Pfeifen zueinander klanglich unausgewogen. Daher müssen die Durchmesser weniger stark ansteigen als den pythagoräischen Proportionen gemäß.<sup>97</sup> Die naheliegenden pythagoräischen Maßverhältnisse erwiesen sich also bei Orgelpfeifen klanglich nicht als vorteilhaft.<sup>98</sup> Anpassungen wurden aus Erfahrung getroffen, bedurften aber keiner theoretischen Begründung. Seit dem 15. Jahrhundert sind im Instrumentenbau verschiedene geometrische Verfahren nachweisbar, mit denen sich durch den Einsatz von Zirkel und Lineal Strecken in bestimmten Verhältnissen teilen, verkürzen oder vergrößern lassen.<sup>99</sup> So erübrigen sich aufwändige Berechnungen für jedes einzelne Maß. Eine vielfach überlieferte Methode kann für unterschiedliche Instrumente angewendet werden: Bei einem rechtwinkligen Dreieck wird die Hypotenuse mit abwechselndem Zirkelschlag und Errichtung eines Lots auf der Basiskathete stetig verkürzt.<sup>100</sup> Auf diese Weise wurden an Zupfinstrumenten die Bundabstände gesetzt oder an Blasinstrumenten verschiedener Größe die Tonlochabstände in Relation zueinander beibehalten.<sup>101</sup> Schon im 15. Jahrhundert ist dieses Vorgehen nachweisbar, um den Punkt zu bestimmen, wo die Clavichordtangente die Saiten abgreifen.<sup>102</sup> Eine andere, von der Konstruktion her ähnlich einfache Methode zur proportionalen Verkürzung innerhalb einer Oktave bildet Kützing 1833 ab (Abb. 41, »Fig. 8«).

<sup>96</sup> Helmholtz, *Reibung*, 1882, S. 387.

<sup>97</sup> Poletti, *Pythagoras*, 2004, S. 286.

<sup>98</sup> Es gab aber dennoch bis zum 18. Jahrhundert Stimmen, die das Oktaverhältnis 1 : 2 verteidigten, vgl. Heyde, *Musikinstrumentenbau*, 1986, S. 170–171.

<sup>99</sup> Beschrieben ebd., S. 56–60.

<sup>100</sup> Für die genaue Anleitung siehe Poletti, *Pythagoras*, 2004, S. 286–290.

<sup>101</sup> Heyde, *Musikinstrumentenbau*, 1986, S. 59.

<sup>102</sup> Ebd., S. 146 und 170.

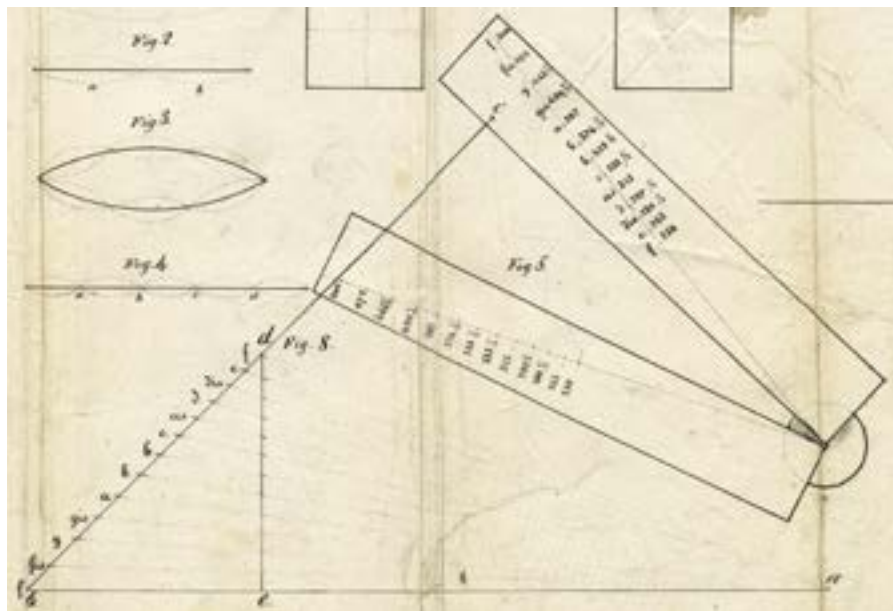


Abb. 41 Kützing's Konstruktion der Mensuren mit einem Proportionalzirkel und mit Dreiecken.<sup>103</sup>

Auch dieses Verfahren geht von einem Dreieck aus. Die frei gewählte Ausgangslänge, die beispielsweise eine Saite für den Ton *f* annehmen soll, ist  $\overline{bc}$ . In ihrer Mitte liegt der Punkt *d*. Bei *b* wird eine Strecke  $\overline{ba}$  gezogen, die in einem  $45^\circ$  Winkel zu  $\overline{bc}$  steht. Von  $\overline{ba}$  wird ein Lot durch *d* erstellt, das den Punkt *e* festlegt. Dann teilt man *de* in 12 gleiche Teile. Addiert man die Strecken  $\overline{de}$  und  $\overline{db}$ , so erhält man die Entfernung des Punktes *a* von *e*. Von *a* aus zieht man Linien durch die 12 Punkte auf  $\overline{de}$  bis zu  $\overline{db}$ . Daraus resultieren die proportional verkürzten Teillängen für jeden Halbton.<sup>104</sup> Alternativ kann ein Proportionalzirkel (Abb. 41, »Fig. 5«) benutzt werden. Man wähle wieder eine Ausgangslänge und setze sie gleich dem Wert 500 auf dem Zirkel. Die Oktave entspricht 250 und die übrigen Verhältnisse für die Halbtöne listet Kützing auf.<sup>105</sup> Der Proportionalzirkel wird auf die Weite der zu teilenden Strecke geöffnet und ein gewöhnlicher Zirkel so angelegt, dass er die jeweils auf den Schenkeln eingezeichneten Punkte abnimmt.<sup>106</sup> In beiden Fällen muss man die gefundenen Werte für die anderen Oktaven schlicht verdoppeln oder halbieren.

<sup>103</sup> Eine fast identische Abbildung verwendet noch 35 Jahre später Sievers, *Pianoforte*, 1868, Bd. 2, Tafel 3.

<sup>104</sup> Kützing, *Fortepiano-Baukunst*, 1844, S. 20–21.

<sup>105</sup> Ebd., S. 19–20.

<sup>106</sup> Pollens, *Manual*, 2015, S. 254.

Die Saitenlängen wurden dann auf einen sogenannten Mensurstab übertragen. Mit seiner Hilfe wurde die Position des Stegs direkt auf dem Resonanzboden markiert. Nach dieser Zeichnung wurde dann der Steg ausgesägt.<sup>107</sup> Der große Vorteil dieses Vorgehens war seine Anpassbarkeit. Laut Sprengel wurde die Länge eines Flügels von Kundenseite festgelegt.<sup>108</sup> Die Breite ergab sich je nach Tonumfang durch die Klaviatur. Daher musste die Mensurierung also bei jedem Instrument neu gefunden werden.

In der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts gab es Überschneidungen im Gebrauch solcher traditioneller und der neuen »wissenschaftlichen« Mensurbestimmungen. Diese Entwicklung ist bei Kützing gut zu studieren. Durch ihn wurde laut Heyde »die Zeit des Umbruchs im Klavierbau hinsichtlich der Saitenmensur abgesteckt.«<sup>109</sup> 1833 ermittelte er noch mit Hilfe des in Abbildung 41 dargestellten Dreiecks-Konstruktion oder des Proportionalzirkels die Saitenlängen innerhalb einer Oktave und verdoppelte bzw. halbierte sie für den übrigen Tonumfang.<sup>110</sup> Für die Saitendicke sollte auf Erfahrungswerte zurückgegriffen werden. Als Faustregel galt, dass eine Saite dann die richtige Spannung habe, wenn sie einen Ganzton höher gestimmt zerreißen würde.<sup>111</sup> 1838 änderte Kützing seine Strategie, indem die Saitenlängen sich nun umgekehrt proportional zu den Frequenzen verhalten sollten. Alle Saiten sollten zudem gleich gespannt sein.<sup>112</sup> 1844 beschrieb er die Saitenlängen zwischen dem höchsten Ton  $f_4$  und dem kleinen  $f$  als exponentielle Kurve. Dazu war die Rechnung mit Logarithmen nötig. Unterhalb des  $f$  hänge das Ausmaß der Verkürzung von der gewählten Länge des Instruments ab.<sup>113</sup>

Johann Gottlob Töpfer reagierte 1842 mit einem eigenen Handbuch über die Mensurierung, weil er Kützings Regeln nicht zustimmte. Er entgegnete, dass man Saitenlängen und Frequenzen eben nicht direkt proportional setzen könne, wenn die Spannung und Dicke der Saiten nicht einkalkuliert seien.<sup>114</sup> Ohnehin erlaubte die Einführung von Stahlsaiten ab 1834 ganz andere Messuren mit dickeren und längeren Saiten, sodass Kützings Angaben schnell veraltet waren, wie er auch selbst zugab.<sup>115</sup> Töpfer ging bei seiner Berechnung sehr detailliert vor und stellte viele Formeln auf. Die Ergebnisse bereitete er aber auch in Tabellen auf.<sup>116</sup> Für die Anschlagsstellen der Mittellage nannte Töpfer bereits den Bereich zwischen  $1/8$  und  $1/9$ . Dabei bezog er sich auf Saiten aus deutschen Fabriken, die wohl noch aus Eisen bestanden. Bei den längeren englischen Stahlsaiten könne auch  $1/10$  gewählt werden.<sup>117</sup> Im Diskant müsse man einen mittigeren Punkt des Anschlags wählen, weil hier die Spannung der Saiten im Vergleich zu ihrer Dicke stärker zunehme

<sup>107</sup> Sprengel, *Handwerke*, 1773, S. 254–255.; Heyde, *Musikinstrumentenbau*, 1986, S. 164.

<sup>108</sup> Sprengel, *Handwerke*, 1773, S. 257.

<sup>109</sup> Heyde, *Musikinstrumentenbau*, 1986, S. 164.

<sup>110</sup> Kützing, *Handbuch*, 1833, S. 20.

<sup>111</sup> Ebd., S. 22.

<sup>112</sup> Kützing, *Beiträge*, 1838, S. 24–25.

<sup>113</sup> Kützing, *Fortepiano-Baukunst*, 1844, S. 25–29.

<sup>114</sup> Töpfer, *Abhandlung*, 1842, S. 14–15.

<sup>115</sup> Kützing, *Fortepiano-Baukunst*, 1844, S. 1–2.

<sup>116</sup> Töpfer, *Abhandlung*, 1842, S. 29–42.

<sup>117</sup> Ebd., S. 27–28.



und dem Ton »Schärfe« verleihe. Die Anschlagsstellen könnten also die klanglichen Konsequenzen der Mensur ausgleichen. An diesem Beispiel wird wieder klar, dass man bei der Skala nicht einen Parameter isoliert beurteilen kann.

Töpfer schloss mit einer Anleitung zur Zeichnung der Skala. Dort solle man mit der Hammerlinie beginnen.<sup>118</sup> Auch Kützing fügte 1844 erstmals ein Kapitel über Zeichnungen ein.<sup>119</sup> Dies ist bemerkenswert, weil vor dem 19. Jahrhunderts die Verwendung von Entwurfszeichnungen in Originalgröße noch ungebräuchlich gewesen zu sein scheint.<sup>120</sup>

Was die Verortung der Anschlagspunkte betrifft, scheint eine Regelhaftigkeit im Laufe des 19. Jahrhunderts zuzunehmen, zumindest in Bass und Mittellage des Tonumfangs.<sup>121</sup> Um diese Vermutung zu stützen, müssten aber Daten zu mehr Instrumenten vorliegen und ausgewertet werden. Ellis stellte bei seinen Stichproben über die Entwicklung der Anschlagsstellen fest, dass im 18. Jahrhundert kein Versuch einer – für ihn erkennbaren – gleichmäßigen Positionierung unternommen worden sei: »[Johann Andreas] Stein of Augsburg [...] knew nothing of it«.<sup>122</sup> Wie gesehen lag den damaligen Instrumenten aber auch noch ein ganz anderes Klangideal zugrunde als späteren. Für Kützing hing die Wahl der Anschlagsstelle von der Stärke des Saitenbezugs, sowie den Eigenschaften des Resonanzbodens und der Mechanik ab. 1833 hielt er den Wert  $\frac{1}{8}$  in der Mittellage für vorteilhaft, nicht aber für Bass und Diskant, wo das Gehör entscheiden müsse.<sup>123</sup> 1844, mit den neuen Stahlsaiten, bevorzugte er  $\frac{1}{8}$  und  $\frac{1}{9}$ .<sup>124</sup>

Zusammenfassend sind um 1840 mehrere Änderungen im Entwurfsprozess von Klavieren zu beobachten. Erstens werden nun detaillierte Zeichnungen erstellt. Ihr Ausgangspunkt ist die Hammerlinie, gefolgt von der Festlegung der Mensuren. Dies hängt offenbar mit einem Wunsch nach genauerer Festlegung der klanglichen Parameter zusammen. Sie werden nicht im Moment des Bauens nach dem Gehör angepasst, sondern vor Beginn der Arbeit schon geplant. Nach 1850 sind eigene Zeichenzimmer ein fester Bestandteil der Fabrik-Räumlichkeiten, so auch bei Steinway.<sup>125</sup> Zweitens standen im Zuge von internationalen Standardisierungstendenzen nun allgemein akzeptierte Einheiten zur Verfügung. Die Metrisierung ging von Frankreich aus, wo ihre Verwendung ab 1840 vorgeschrieben war.<sup>126</sup> Dem passt sich Kützing 1844 an.<sup>127</sup> Auch Blüthner und Hansing gaben alle Maße in Millimeter an. Auch Stimmtöne wurden vereinheitlicht und konnten in zunehmender Genauigkeit angegeben werden. Cagniard de la Tour hatte mit

118 Heyde, Musikinstrumentenbau, 1986, S. 164.

119 Kützing, Fortepiano-Baukunst, 1844, S. 83–94.

120 Hubbard, Centuries, 1965, S. 209–210.

121 Diese Entwicklung legen zumindest die Messkurven bei Winter, Striking, 1988, S. 278–288, nahe.

122 Helmholtz/Ellis, Sensations, 1954, S. 77.

123 Kützing, Fortepiano-Baukunst, 1844, S. 24–25.

124 Kützing, Fortepiano-Baukunst, 1844, S. 41.

125 Theodore Steinways »Scale Drawing Room« ist bei Steinway, People, 1961, S. 38, abgebildet. Bei Petersen, »Schwachstarkastentasten«, 2011, S. 86, ist ein Foto des Zeichenzimmers von Grottrian-Steinweg zu sehen.

126 Heyde, Musikinstrumentenbau, 1986, S. 78–79.

127 Kützing, Fortepiano-Baukunst, 1844, S. 8.

seiner Sirene das a1 auf 427 Hz angegeben.<sup>128</sup> 1834 schlug Scheibler einen Stimmton von 440 Hz vor, der von manchen Instrumentenbauern wie Streicher und Theobald Böhm (1794–1881) bald übernommen wurde.<sup>129</sup> Andere hielten sich an den Pariser Standard von 435 Hz.<sup>130</sup>

Es ist aufschlussreich, diese Entwicklungen mit denen der Akustikforschung parallel zu setzen. Die Geometrie war zu einer Zeit nötig, als man kaum formalisiertes Wissen über Klangfarben hatte. Vom Monochord her war man damit vertraut, dass die musikalischen Intervalle mit ganzzahligen Längenverhältnissen zusammenhingen. Ein geordneter Entwurf eines Musikinstruments sollte ein gutes klangliches Resultat garantieren. Der geometrisch-proportionale Ansatz machte sich bei einem Instrument schon äußerlich bemerkbar. Mit der Zunahme des Interesses an der Klangfarbe gerieten am Klavier jene Merkmale verstärkt in den Fokus, die diese beeinflussen. Wenn man nun bei der Betrachtung eines Flügels des späten 19. Jahrhunderts nach Anzeichen für die Beteiligung von akustischem Wissen sucht, kann man auf den ersten Blick zwar erkennen, dass der Steg in der Mitte des Resonanzbodens liegt, um freier schwingen zu können. Die Skala als Herzstück der klanglichen Anlage wird aber erst durch Messungen analysierbar. Um den akustisch-empirischen Ansatz zu »lesen«, muss man sich den Merkmalen zuwenden, die stärker im Verborgenen liegen.

### Synthese: Was macht die »Wissenschaftlichkeit« im Klavierbau aus?

Seit Mitte des 18. Jahrhunderts häuften sich Aussagen, dass der Instrumentenbau neue Qualitätskriterien brauche, weil die Eigenschaften neuerer Instrumente zu unterschiedlich ausfielen.<sup>131</sup> Dieses Bedürfnis war also bereits vorhanden, bevor Chladni die Akustik auf ein neues Fundament stellte. Sprengel erwähnte mehrfach eine strenge Geheimhaltung bei Instrumentenbauern, »weil sie besorgen müssen, daß jeder andre Holzarbeiter ihre Vortheile und Handgriffe ausspähet« und in Konkurrenz zu ihnen trete.<sup>132</sup> Besaitete Tasteninstrumente seien gar meist von Tischlern gefertigt worden.<sup>133</sup> Im Fall von Heinrich Steinweg waren es die strengen Gildebestimmungen der Tischler, die ihn vorübergehend in den Orgelbau wechseln ließen. Vermutlich gab es im Klavierbau also eine recht große Zahl an Quereinsteigern ohne langjährige Erfahrung in der Klanggestaltung. Andererseits führte die Verschlossenheit der etablierten Betriebe dazu, dass sich deren jeweiligen Eigenheiten verfestigten. 1872 betont Blüthner wie wichtig es sei, dass

<sup>128</sup> Ebd., S. 13.

<sup>129</sup> Jackson, *Triads*, 2006, S. 206–207.

<sup>130</sup> Blüthner/Gretschel, *Lehrbuch*, 1872, Bd. 1, S. 26; Hansing, *Pianoforte*, 1909, S. 55.

<sup>131</sup> Eine besonders frühe derartige Aussage ist die bereits zitierte von Leopold Mozart, die sich allerdings auf die Geige bezieht. Im Klavierbau finden sich derartige Forderungen bei Bleyer, *Beschreibung*, 1811 (siehe oben) oder von Friedrich Danchell und Friedrich Greiner 1834, letzteres zitiert bei Heyde, *Musikinstrumentenbau*, 1986, S. 30.

<sup>132</sup> Sprengel, *Handwerke*, 1773, Bd. 11, S. 271.

<sup>133</sup> Ebd., S. 240.

das Gehör bereits in jungen Jahren geschult werde. Weil dies zu selten geschehe, gebe es »so viele blosse Handwerker [...], denen aber jede Fähigkeit zur Beurtheilung des musikalischen Charakters eines Instrumentes abgeht.«<sup>134</sup>

Mehr qualitative Konsistenz sollte die Einbeziehung von Akustik, Physik, Mechanik und Mathematik bringen. Physik bedeutet hierbei Materialwissenschaft, besonders Metallurgie. Von mathematischer Seite sollte die Berechnung von Messuren und Frequenzen mit Hilfe von Logarithmen beherrscht werden. Für die Konstruktion der Mechanik war eine Kenntnis der Hebelgesetze nötig. Das Wissen über die Akustik schließlich wird in den Lehrbüchern einerseits als wichtig hervorgehoben, andererseits aber oft vom praktischen Teil abgetrennt. Der Aussage Hansings nach wirke das erworbene Wissen im Hintergrund mit und führe gleichsam die Hand. In den Lehrbüchern bis 1860 blieben die akustischen Erläuterungen auf einem sehr grundlegenden Niveau. Immer wieder wird betont, dass nur so viel Theorie vermittelt werden soll, wie wirklich nötig sei. Für die Mehrzahl der Lernenden war dies sicher sinnvoll, doch wer sich mit eigenen Erfindungen hervortun wollte, musste über die Grundlagen hinausgehen und selbst Experimente anstellen. Da die Akustikforschung zuerst von Deutschland und Frankreich ausging, sind dort auch die ersten Fälle einer Rezeption im Klavierbau zu verorten. In den USA hatte Steinway den Vorteil, früher auf die deutschsprachigen Arbeiten zurückgreifen zu können als der Hauptkonkurrent Chickering. Wenn jemand wie Theodore Steinway als wissenschaftlich arbeitender Klavierbauer bezeichnet wird, bezieht sich dies nicht allein auf seine Kenntnisse in der Akustik.

Vonseiten der Klavierbauer wurde häufig hervorgehoben, wie wichtig die Akustikforschung sei. Dafür sei nur an die eingangs zitierte Aussage von W. Steinway erinnert, »daß ohne Helmholtz' epochemachende Entdeckungen die Pianofabrikation nie eine solche Entwicklung und Vollkommenheit würde erreicht haben.«<sup>135</sup> Ihren Einfluss an den Instrumenten selbst festzumachen, ist aufwändiger. Während die Ausrichtung an Geometrie und Proportion sich ganz klar optisch manifestiert, scheint sich die Einbeziehung akustischer Kenntnisse weniger in der Form als in der Funktion niedergeschlagen zu haben. Bei der Untersuchung der Klaviere stößt man also auf das Paradox, Wissen über unsichtbare Vorgänge lokalisieren zu wollen.

Für die Klavierbauer geht es mit dem Einbezug von naturwissenschaftlicher Bildung auch um eine soziale Aufwertung. Der Wissenschaftshistoriker Myles Jackson macht in seiner Studie über die Kooperationen zwischen Naturwissenschaftlern, Instrumentenbauern und Präzisionsmechanikern im heutigen Deutschland darauf aufmerksam, dass der zunehmenden Zusammenarbeit zwischen Handwerk und Wissenschaft sozialgeschichtliche Entwicklungen zugrunde lagen.<sup>136</sup> Um durch wirtschaftliche Stärke die Einigung im Deutschen Bund voranzutreiben, unterstützten Physiker die Manufakturen mit ihrem Wissen, damit diese auf effizientere Innovationsmethoden als das Prinzip

<sup>134</sup> Blüthner/Gretschel, Lehrbuch, 1872, Bd. 1, S. 228–229.

<sup>135</sup> [o. A.], Hurrahl Helmholtz!, 1893, S. 12.

<sup>136</sup> Jackson, Triads, 2006, S. 112–113.

Versuch und Irrtum zurückgreifen konnte. Im Gegenzug steuerte das Handwerk seinen Erfahrungsschatz bei.<sup>137</sup> Die Wissenschaftsgeschichte hat Kunsthandwerker schon lange als Treiber der Experimentalwissenschaften erkannt.<sup>138</sup> Dieses gegenseitig befördernde Verhältnis ist nicht selbstverständlich, denn ein Technisierungsprozess kann auch darauf abzielen, Handarbeit zu ersetzen. Dies war speziell durch die fortgeschrittene Industrialisierung in Großbritannien mit all ihren negativen sozialen Folgen deutlich geworden.<sup>139</sup> Ersetzungsprozesse gab es bis zu einem gewissen Grad jedoch trotz der Kooperation, so beispielsweise bei dem Textilunternehmer Johann Heinrich Scheibler. Die einfache Handhabbarkeit seiner Stimmgabeln eröffnete auch nicht professionell ausgebildeten Stimmern diesen Beruf.<sup>140</sup> Eine Objektivierung von Ergebnissen wird speziell da nötig, wo Arbeitsteilung zunimmt und das Erfahrungswissen abnimmt. Wenn Klavierbauer nicht mehr die Entwicklung des gesamten Instruments begleiten, sondern nur noch bestimmte Schritte ausführen, können sie nicht mehr das Zusammenwirken aller Einzelteile beurteilen. Es werden also äußere Qualitätskontrollen benötigt.

Der Klavierbau nach geometrischen Regeln hatte sich auch solchen Handwerkern geöffnet, die zwar in Holzbearbeitung und -konstruktion, aber nicht in der Klanggestaltung geschult waren. Natürlich gab es zu jeder Zeit sehr verschiedene individuelle Bildungshintergründe. Das Gelingen kann sowohl von einem Mangel an praktischer Übung als auch an theoretischen Kenntnissen beeinträchtigt werden.<sup>141</sup> Ein dritter Faktor besteht in individuellem Talent. Der Soziologe Richard Sennett ging in seiner Studie über das Handwerk auch auf die Rolle von Versuch und Irrtum in der Aufklärung ein.<sup>142</sup> Diderot hatte sich bei der Erstellung seiner Enzyklopädie selbst in manchen Handwerken betätigt, die er beschreiben wollte, weil bestimmte Handlungen ohne eigene Erfahrung kaum in Worte gefasst werden können. Er sah Versuch und Irrtum als Grundvoraussetzung für einen Lernprozess hin zur Perfektion. Andererseits führte es ihm seine eigenen Begrenzungen vor Augen, denn bei unzureichendem Talent kann ein bestimmtes Niveau nicht erreicht werden.<sup>143</sup> Die Anwendung objektivierter Methoden soll die Auswirkungen individueller Unterschiede verringern. Die immer geringere Wertschätzung des Prinzips von Versuch und Irrtum im 19. Jahrhundert führte bisweilen dazu, dass Empirie wegen ihrer Subjektivität und Talentabhängigkeit als Gegenpol zur Wissenschaftlichkeit dargestellt wurde. Für Helmholtz dagegen war das Experimentieren ein wichtiger Bestandteil seiner Forschungen.

Bei der Beschäftigung mit der Akustik war das Ohr als Analysewerkzeug unabdingbar. Der Einfluss wissenschaftlicher Apparate für die Verbreitung und Beglaubigung der neuen Erkenntnisse ist nicht zu unterschätzen. Die Sinnesschulung machte das neue

<sup>137</sup> Ebd.

<sup>138</sup> Birkett/Jurgenson, *Drawings*, 2011, S. 248.

<sup>139</sup> Jackson, *Triads*, 2006, S. 113.

<sup>140</sup> Ebd., S. 166.

<sup>141</sup> Heyde, *Musikinstrumentenbau*, 1986, S. 54–55.

<sup>142</sup> Sennett, *Craftsman*, 2008, S. 96–97.

<sup>143</sup> Ebd., S. 96–97.

Wissen für Instrumentenbauer besonders anwendbar, denn sie waren bereits an eine ähnliche Art des analytischen Hörens gewöhnt. Wie an dem Beispiel der Anwendung von Resonanzsaiten gesehen, brauchte es nicht einmal völlig neuartige Erkenntnisse, um Erfindungen anzuregen. Vielmehr scheint es, als ob die Versprachlichung und Systematisierung von Beobachtungen schon eine neue Sichtweise erlaubte. Die Klangfarbe war lange die große Leerstelle geblieben, die sich jeglicher Erfassung und Beschreibung entzog. Publikationen aus dem 18. Jahrhundert konnten zwar handwerkliche Prozesse vermitteln, aber keine Anleitungen zur Klanggestaltung bieten. Insofern brauchte es erst eine eigentliche Klangwissenschaft, um Klänge wirklich vergleichen und charakterisieren zu können.

Der Austausch zwischen Akustikforschern und Instrumentenbauern nahm unterschiedliche Formen an. Dies betrifft zum einen die verschiedenen Zwecke, denen der Rückgriff auf Akustik-Wissen dienen kann. Bei Streichinstrumenten ging es oft darum zu verstehen, was die herausragende Qualität bestimmter historischer Geigen ausmacht. So nutzte Vuillaume seine Zusammenarbeit mit Savart, um exaktere Kopien italienischer Meistergeigen zu bauen. Zu solchen Zwecken werden akustische Messungen heute noch eingesetzt. Nicht immer war also das Ziel, etwas Neues zu schaffen, sondern auch, akustische Eigenschaften mehrerer Instrumente miteinander abzugleichen. Bei Wilhelm Webers Versuchen mit durchschlagenden Zungen stand das Ziel fest, expressivere Orgelpfeifen herzustellen, bei denen Lautstärkenunterschiede keine Tonhöhenänderung zur Folge haben.<sup>144</sup> Karl Emil von Schafhäütl half Theobald Böhm mit aufwändigen Berechnungen, um die Position und Größe von Grifflöchern, sowie die Bohrung seiner Flöten zu überarbeiten. Wenn Böhm jedoch ein Instrument nach den Berechnungen baute, entsprach das Resultat nicht genau den Erwartungen.<sup>145</sup> Aus dieser Erfahrung zog Schafhäütl ein bemerkenswertes Fazit über das Verhältnis zwischen Wissenschaft und Handwerk:

Wenn die Theorie, der schaffende Gedanke im Stande ist, messend und rechnend in das innere Wesen der Bewegungserscheinungen einzudringen und zum Beispiel die Gesetze der tönenden Schwingungen dem Geiste klar zu machen, so wird es nur dem genialen Mechaniker und Virtuosen allein möglich, auf den Ergebnissen der Theorie weiter bauend ein wirklich, d.i. ein praktisches musikalisches Instrument zu schaffen, zu dessen Vollendung ohne diese Eigenschaften des Virtuosen Jahrhunderte nothwendig gewesen sein müßten.<sup>146</sup>

Die Akustikforschung erscheint als eine Art Katalysator für Entwicklungen im Instrumentenbau, die sich aber auch ohne sie vollzogen hätten. Dem Wissenschaftler kommt dabei eher eine Randposition zu, denn sein Einflussbereich ist beschränkt. Wenn er seine Studien abgeschlossen hat, liegt es an dem Instrumentenbauer, einen Weg zu finden, wie

<sup>144</sup> Jackson, *Triads*, 2006, S. 115.

<sup>145</sup> Ullmann, *Chladni*, 1996, S. 89.

<sup>146</sup> Zitiert nach: ebd., S. 89.

er die Theorie für seine Arbeit verwertbar machen kann. Einen ganz ähnlichen Gedanken äußerte Pierre Louis Moreau de Maupertuis schon 1724 in seiner oben erwähnten Dissertation. Er hielt die Herausbildung der Gestalt von Saiteninstrumenten für das Ergebnis eines langen Prozesses von Versuch und Irrtum, bei dem eben keine Wissenschaft zur Unterstützung bereitstand:

Man dachte nicht daran, durch Vernunftschlüsse herauszubringen, welche Körper wohl zur Verstärkung des Klanges am geschicktesten wären; man suchete sie durch Erfahrung [...] Wenn aber eine Kunst, wiewohl nur unter den Händen der Arbeiter lange dauret [sic], so gelanget sie zu der Vollkommenheit, zu der sie die erleuchtetsten Naturforscher hätten bringen können. Der Weg des Fühlens ist immer lang, aber fast immer der sicherste. Man wird sehen, daß die Zeit den Instrumenten die Form ertheilet habe, welche die Physik forderte.<sup>147</sup>

Auch hieraus geht die Vorstellung hervor, dass technische Entwicklungen hin zu einem immer vollkommeneren Zustand auch dann stattfinden, wenn keine Theorie involviert ist. Der Unterschied besteht nur darin, dass die zeitlichen Abläufe viel langsamer sind. Die Pariser Académie des sciences, an der Maupertuis diese Dissertation vorstellte, vertrat ein Nützlichkeitsideal der Wissenschaften.<sup>148</sup> Manche glaubten zu dieser Zeit, dass der Stand der Wissenschaft auch ohne direkte persönliche Vermittlung Einzug in die Technik finden werde. Obwohl beispielsweise die Astronomie auf den ersten Blick nicht als angewandte Disziplin erscheine, sei die Schifffahrt bei der Navigation doch auf sie angewiesen.<sup>149</sup> Musikinstrumente von hervorragender Qualität existierten jedoch schon lange vor jeglichem theoretischen Verständnis des Aufbaus von Klängen. Maupertuis' Untersuchung der Ursachen ihrer Formen zielt auf eine nachträgliche Begründung des Ist-Zustands.<sup>150</sup> Zwar hätte theoretisch auch die Physik die Weiterentwicklung der Instrumente bis in das 18. Jahrhundert vorantreiben können, doch war damals die Akustik dafür noch nicht reif genug. Maupertuis jedoch sah da bereits die Möglichkeit einer Entwicklungsbeschleunigung durch ein wissenschaftliches Verständnis der Klänge voraus, die erst über 100 Jahre später zur vollen Blüte kommen konnte.

<sup>147</sup> Maupertuis, *Form*, 1751, S. 444–445.

<sup>148</sup> Storni, *Maupertuis*, 2016, S. 161.

<sup>149</sup> Ebd., S. 161.

<sup>150</sup> Ebd.

## Dank

Das vorliegende Buch beruht auf meiner 2021 an der Münchner Ludwig-Maximilians-Universität eingereichten und verteidigten Dissertationsschrift. Sie entstand im Rahmen meiner Promotionsstelle in der Forschungsgruppe »Materialität der Musikinstrumente« am Deutschen Museum (2016–2020), die von der Leibniz-Gemeinschaft finanziert wurde. In Vorbereitung für die Publikation habe ich das Manuskript stilistisch überarbeitet. Für das überaus sorgfältige Lektorat möchte ich Markus Ehberger und Dorothee Messerschmid-Franzen sowie für den Satz Jutta Esser herzlich danken.

Meinem Erstbetreuer und nun Vorgesetzten Hartmut Schick gebührt mein Dank für fortwährende Unterstützung, Rat und Geduld; Rebecca Wolf, Zweitbetreuerin meiner Dissertation und Leiterin der Forschungsgruppe, dafür, dass sie immer wieder Dinge unkompliziert ermöglicht und effizient vorangebracht hat. Zum Erfolg und zur großen Sichtbarkeit dieses Projekts hat zudem die hervorragende Zusammenarbeit im Team mit Leon Chisholm, Julin Lee und Johanna Spangenberg beigetragen.

Der Austausch mit den Visiting Fellows des Projekts, insbesondere Laurence Libin, Niko Plath und Walter Chinaglia, hat mir neue Fragen und Perspektiven zu Klang und Bauweise historischer Klaviere eröffnet. Die Promotionsstelle ermöglichte mir im November 2017 eine Archivreise nach New York und Washington, bei der ich viele Originaldokumente zur Firmengeschichte von Steinway & Sons einsehen konnte. Den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Archive und Museen in den USA, Berlin, Wolfenbüttel, Seesen und München danke ich sehr für ihre Unterstützung.

Ab 2016 gab es eine einmalige Konstellation geballter Instrumenten-Kompetenz am Deutschen Museum durch das Team der neuen Dauerausstellung »Musikinstrumente« – Christian Breternitz, Rüdiger Herrmann, Judith Kemp und Miriam Noa –, den Orgelbauer und Restaurator Alexander Steinbeißer sowie das Erard-Projekt von Panagiotis Pouloupoulos. Silke Berdux, Kuratorin der Musikinstrumentensammlung, hat den Fortgang meiner Forschung in vielen konstruktiven Gesprächen begleitet. Die Anbindung an das Forschungsinstitut für Wissenschafts- und Technikgeschichte des DM unter der Leitung von Helmuth Trischler und Ulf Hashagen hat meinen methodischen Horizont bedeutend erweitert. Für die bereichernden Gespräche und für die herzliche Atmosphäre möchte ich allen Kolleginnen und Kollegen danken.

All diese Faktoren machten das Deutsche Museum zum idealen Umfeld, um ein solches Thema an der Schnittstelle von Wissenschaft und Kunst bewältigen zu können, – neben dem Profil der »Studies-Reihe« ein weiterer Grund, weshalb ich mir für die Publikation keinen geeigneteren Verlag hätte vorstellen können.





## Anhang

### Anhang A: Themenkreis Helmholtz

#### Archivmaterial

Eine ausführliche Liste der Institutionen, die Archivmaterial zu Helmholtz besitzen, findet sich in Cahan, Helmholtz, 2018, S. 853–859. Im Folgenden soll es daher genügen, nur die für diese Arbeit verwendeten Dokumente aufzuführen.

#### **Berlin, Archiv der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften**

- Briefe von Ferdinand Sauerwald, Berlin 22. März 1856, 03. August 1860 und 09. März 1864 (Helmholtz-Nachlass Nr. 397)
- Brief von Steinway, New York 11. März 1871 (Helmholtz-Nachlass Nr. 448)

#### **München, Archiv des Deutschen Museums**

- Nachlass Hermann von Helmholtz. Zwei Notizbücher zu Akustik-Vorlesungen in Berlin (NL 266/041, NL 266/043). Digitalisiert unter:  
<https://soundandscience.net/texts/helmholtz-lecture-notebook-akustik/>  
<https://soundandscience.net/texts/helmholtz-lecture-notebook-mathematische-akustik/>
- Deutsches Museum Archiv, Brief von Hermann von Helmholtz an Ernst Mach, Heidelberg, 31. Dezember 1866 (NL 174/1455) <https://digital.deutsches-museum.de/item/NL-174-1455/#0001>
- Brief von Carl Eitz an »Hochgeehrte Herren«, 14. August 1906, Deutsches Museum Verwaltungsarchiv, DMA, VA 1752–E008–E011
- Brief von Schiedmayer an das Deutsche Museum, 28. Oktober 1909, Deutschen Museum Verwaltungsarchiv, DMA, VA 1757 sub S

#### **Liste von Helmholtz' Publikationen über Akustik**

Quelle: Cahan, Helmholtz, 2018, S. 878–886. Die meisten Aufsätze sind abgedruckt in Helmholtz' Wissenschaftlichen Abhandlungen (WA), 3 Bde.

- 1852: Bericht über »die Theorie der Akustik« und »akustische Phänomene« betreffende Arbeiten vom Jahre 1848, WA1
- 1854: Bericht über »die Theorie der Akustik« betreffende Arbeiten aus dem Jahre 1849, WA1
- 1856: Ueber Combinationstöne, WA1
- 1856: Ueber die Combinationstöne oder Tartinischen Töne, WA3
- 1856: Ueber Combinationstöne, WA1
- 1857: Ueber die physiologischen Ursachen der musikalischen Harmonie (frz. 1867)
- 1857: Ueber die Vocale, WA1

- 1859: Theorie der Luftschwingungen in Röhren mit offenen Enden, WA1
- 1859: Ueber Luftschwingungen in Röhren mit offenen Enden, WA3
- 1859: Ueber die Klangfarbe der Vocale, WA1
- 1859: Ueber die physikalische Ursache der Harmonie und Disharmonie
- 1860: Ueber die Bewegung der Violinsaiten, WA1
- 1860: Ueber Klangfarben, WA1
- 1860: Ueber musikalische Temperatur, WA1
- 1861: Zur Theorie der Zungenpfeifen, WA1
- 1862: Ueber die arabisch-persische Tonleiter, WA1
- 1863: Die Lehre von den Tonempfindungen (6 Auflagen)
- 1863: Ueber den Einfluss der Reibung in der Luft auf die Schallbewegung, WA1
- 1866: Ueber den Muskelton, WA2
- 1867: Ueber die Mechanik der Gehörknöchelchen, WA2
- 1869: Die Mechanik der Gehörknöchelchen und des Trommelfelles  
(Engl. 1873), WA2
- 1869: Ueber die Schallschwingungen in der Schnecke des Ohres, WA2
- 1878: Telephon und Klangfarbe, WA1
- 1878: Lord Rayleigh's »Theory of Sound« (2 Teile)
- 1898: Die mathematischen Principien der Akustik

### Liste von Helmholtz' Vorlesungen

Aufgeführt sind hier nur die Veranstaltungstitel, die »Akustik« oder »Schall« enthalten. Bei der Vorlesung »Experimentalphysik I«, die in fast jedem Wintersemester stattfand, ist die entsprechende Angabe nur manchmal enthalten. Zum Wintersemester 1881/1882 fehlt das Vorlesungsverzeichnis.

Quelle: Bayerische Staatsbibliothek, Signaturen 4 H.lit.p. 239 h-1860/75, 4 H.lit.p. 239 h-1875/87, 4 H.lit.p. 239 h-1889/93.

### Sommer 1872

»Die mathematische Theorie der Bewegungen von tropfbaren und gasigen Körpern (die des Schalls eingeschlossen)«, drei Wochenstunden, privatim

### Winter 1872/1873

»Die Akustik und die physiologische Theorie der Musik«, drei Wochenstunden, privatim

### Winter 1874/1875

»Die physiologische und musikalische Akustik«, drei Wochenstunden

### Sommer 1875

»Die mathematische Akustik«, drei Wochenstunden

### Winter 1875/1876

»Den ersten Theil der Experimentalphysik, nämlich die Physik der wägbaren Körper, mit Einschluss der Akustik und der Wärmelehre«, fünf Wochenstunden

**Winter 1876/1877**

»Experimentalphysik, I. Theil (Physik der wägbaren Körper, des Schalls, der Wärme)«, fünf Wochenstunden, privatim

**Sommer 1877**

»Mathematische Akustik«, dreimal wöchentlich

**Winter 1877/1878**

»Erster Theil der Experimentalphysik, nämlich die Physik der wägbaren Körper, der Wärme und die Akustik«, 5 Wochenstunden, privatim

**Winter 1878/1879**

»Experimentalphysik, 1ter Theil (Allgemeine Physik, Lehre von den wägbaren Körpern, der Wärme und des Schalls)«, fünf Wochenstunden, privatim

**Sommer 1879**

»Mathematische Akustik«, drei Wochenstunden, privatim

**Winter 1879/1880**

»Erster Theil der Experimentalphysik, nämlich die allgemeine Physik, die Lehre von den Eigenschaften der wägbaren Körper, die Lehre von der Wärme und dem Schalle«, fünf Wochenstunden, privatim

**Winter 1880/1881**

»Experimentalphysik, erster Theil (Allgemeine Physik, Eigenschaften der wägbaren Körper, der Wärme und Akustik)«, fünf Wochenstunden, privatim

**Sommer 1881**

»Mathematische Akustik«, drei Wochenstunden, privatim

**Sommer 1883**

»Mathematische Akustik«, drei Wochenstunden, privatim

**Winter 1889/1890**

»Die mathematischen Grundlagen der Akustik und Optik«, vier Wochenstunden, privatim

## Anhang B: Themenkreis Steinway & Sons

### Archivmaterial

#### Patente

Die historischen US-Patente liegen als Digitalisate durch »Google Patents« vor: <https://www.google.com/?tbn=pts>

Die deutschen Versionen sind in der Datenbank »DEPATISnet« enthalten, die das Deutsche Patent- und Markenamt betreibt: <https://www.dpma.de/recherche/depatisnet/>

**Washington D.C., Smithsonian (National Museum of American History Archives. AC NMAH 178, Steinway & Sons Records and Family Papers) NMAH.AC.0178**

Series 2: Steinway Business Records, 1858–1910

- Box 5, Reel 3–4 Annual Inventories, 1856–1903
- Box 6, Reel 1–3, Serial number books for piano production, Book # 12-487-2000 thru 125999 (negative microfilm)

#### **New York, LaGuardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection**

- »Sales Book 1869–1871« (Box No. 040330)
- Brief von Hermann Helmholtz an »hochgeehrter Herr«, Berlin 09. Juni 1871 (Box No. 040260, Folder 67, Letter 01)
- Brief von Hermann von Helmholtz an »hochgeehrter Herr«, New York 06. Oktober 1893 (Box No. 040260, Folder 67, Letter 004)
- Technische Briefe von Theodore Steinway an seinen Neffen Henry Ziegler (Box No. 040260, Folder 24, Letters 01–26)
- Mappe mit Materialien zur Patent-Anmeldung der Duplex-Skala. Enthält eine US-Patenturkunde mit beglaubigter Kopie, eine deutschsprachige, handschriftliche und von T. Steinway unterschriebene Reinschrift des Patenttextes auf blauem Papier (6 Seiten), Patenturkunden der Österreichisch-Ungarischen Monarchie und des Königreichs Württemberg, sowie moderne Fotokopien der vorherigen Dokumente (Box No. 040235, Folder 24)
- »Illustrated Catalogue of Steinway & Sons' Pianos« 1872, 1874 und 1885 (Box No. 040005, Folder 6, 7 und 19)
- »Oscar Agthe Correspondence«, New York, LaGuardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection, Box No. 5, Folder 3. [https://www.laguardiawagnerarchive.lagcc.cuny.edu/pages/FileBrowser.aspx?LinkToFile=FILES\\_DOC/STEINWAY\\_FILES/04.010.0085.5.3.PDF](https://www.laguardiawagnerarchive.lagcc.cuny.edu/pages/FileBrowser.aspx?LinkToFile=FILES_DOC/STEINWAY_FILES/04.010.0085.5.3.PDF), S. 1
- Fotografien eines frühen Flügels von Theodore Steinway im Besitz von Ernst Sell: Photo ID 04.034.4096–04.034.4105

**Wolfenbüttel, Niedersächsisches Landesarchiv**

- »Herzogl. Kreis Direction Gandersheim. Acta das Gesuch des Theodor Steinweg zu Seesen um Concession zu einer Musik Instrumenten Fabrik betr. 1852« (NLA WO 129 Neu 30 Nr. 368)
- »Acta des Stadtmagistrats zu Wolfenbüttel die Conzessionierung des Instrumentmachers Steinweg aus Seesen und dessen Aufnahme als Gemeindegensosse hieselbst betr. 1855« (NLA WO, 34 N, Nr. 3044)
- »Acten in Civilproceß-Sachen der Beschwerde der Kaufleute Wilhelm Grottrian u A. Helfferich zu Braunschweig die Firma ihres Geschäfts wider d betr. wegen Ergangen 1881« (NLA WO, 37 A Neu, Fb. 3 Nr. 66)
- »Verzeichniss der Zöglinge, Pensionäre u[nd] Schüler der Jacobsonsschule 1834–Abg. 1864« (Kopie), (NLA WO, 289 N, Nr. 44)

**Erhaltene Steinway-Klaviere vor der Auswanderung****1. In Seesen gebaute Klaviere von Heinrich Steinweg<sup>1</sup>**

Instrument	Jahr	Mechanik/Tonumfang	Aufbewahrungsort
Tafelklavier	1835	FF–f <sup>3</sup> , 2 Kniehebel	Braunschweig
Flügel	1836	FF–f <sup>3</sup> , Wiener Mechanik, 2 Pedale	MIM, Scottsdale, Arizona (zuvor: MET, New York) <sup>2</sup>
Tafelklavier	1836	FF–f <sup>3</sup> , Wiener Mechanik, 2 Pedale	Unbekannt (früher: MET, New York) <sup>3</sup>
Tafelklavier	1840	6 Oktaven, 1 Pedal	Braunschweig

**2. In Wolfenbüttel und Braunschweig erbaute Klaviere von Theodore Steinway. Abkürzungen: Grd. = grand piano (Flügel), Upr. = upright (Pianino), Sq. = square piano (Tafelklavier).<sup>4</sup>**

<sup>1</sup> Sofern nicht anders vermerkt, stammen die folgenden Daten aus Ulferts, Führer, 1997, S. 58–68.

<sup>2</sup> Smith, Steinway, 2020, S. 11.

<sup>3</sup> Hoover, Steinways, 1981, S. 51.

<sup>4</sup> Sofern nicht anders vermerkt, stammen die folgenden Daten aus Ulferts, Führer, 1997, S. 58–68.

Bau- form	Datierung; Ort <sup>5</sup>	Nr.	Signatur
Upr.	(nach 1855), Wolfenbüttel	–	»First Premium Pianofortes/Steinweg & sons at New York/C. F. Th. Steinweg in Wolfenbüttel« (Innen)
Upr.	(nach 1855), Wolfenbüttel	42	
Sq.	25.03.1860, Braunschweig	78	
Upr.	Braunschweig	92	
Grd. <sup>6</sup>	Braunschweig	181	»STEINWAY & SONS. NEW-YORK. PATENT. ACTION./T. STEINWEG./BRAUNSCHWEIG.« (Vorsatzbrett)
Sq.	September 1860, Braunschweig	308	»STEINWAY & SONS NEW YORK PATENT. ACTION./T. STEINWEG« (Klaviaturraum), »STEINWAY & SONS/NEW YORK/BRAUNSCHWEIG« (Platte)
Upr. <sup>7</sup>	Braunschweig	316	»STEINWAY & SONS/NEW YORK/BRAUNSCHWEIG« (Platte)
Upr.	(Braunschweig) <sup>8</sup>	367	»Steinway & Sons/Patent-Action./New York / Braunschweig«
Sq.	Braunschweig	523	»STEINWEG«
Grd. <sup>9</sup>	(Braunschweig)	553	»STEINWAY & SONS/NEW YORK/PATENT« (Platte)
Upr. <sup>10</sup>	Braunschweig	645	»STEINWAY & SONS/NEW YORK« (Platte)

<sup>5</sup> In Klammern eigene Ergänzungen.

<sup>6</sup> In der Chris Maene Collection, Ruiselede, Slg.-Nr. CM 13 118.

<sup>7</sup> Privatbesitz in Deutschland.

<sup>8</sup> Ulferts, Führer, 1997, S. 65, gibt hier fälschlicherweise Wolfenbüttel an. Laut Signatur entstand das Pianino aber in Braunschweig und auch die hohe Seriennummer legt das nahe.

<sup>9</sup> In der Datenbank der LaGuardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection, sind einige Fotos und Informationen über diesen Flügel im Besitz von Ernst Sell enthalten (Photo ID 04.034.4096–04.034.4105).

<sup>10</sup> In Bill Shulls Period Piano Collection, Redlands, CA.

### Theodore Steinways technische Briefe an Henry Ziegler

Überblick über die 26 Briefe an den Neffen Henry Ziegler. New York, LaGuardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection, Box No. 040260, Folder 24, Letters 01–26.

Nr.	Brief an	Datum	Ort	Themen
01	Henry Ziegler (HZ)	05.08.1880	Cannstadt	Konstruktion einer »Hauptwand-anleime-Maschine« für das Flügelmodell D
02	HZ	26.12.1880	Braunschweig (Briefkopf Hamburg)	Rückblick auf 14 Innovationen von 1859 bis 1880
03	HZ	19.08.1881	Hamburg	Rippen des Resonanzbodens im Diskant bei Erweiterung des Tonumfangs bis c5; Platten-Modelle
04	Mr. Koch	07.10.1881		Anweisung für Vorarbeiter: detaillierte Angaben zur Bearbeitung von Hämmern
05	Mr Hob-ein Senior	07.10.1881		Anweisung für Vorarbeiter: zu hartes Holz bei den Resonanzbodenrippen im Diskant
06	Mr Hob-ein Senior	10.10.1881		Anweisung für Vorarbeiter: Abbindeleisten (= bind bar) am Piano
07	HZ	21.11.1881	Braunschweig	Piano Modell N, »Druck der Platten auf den Resonanzboden«
08	HZ	26.11.1881		Beschwerde über minderwertiges Resonanzbodenholz, dürfen nicht in Spannung nachlassen

Nr.	Brief an	Datum	Ort	Themen
09	HZ	09.12.1881	Braun- schweig	Glycerinleimtränke für die Garnierung der Kapseln in der Mechanik
10		09.12.1881		Rezept für die Glycerinleimtränke
11	HZ	29.12.1881	Braun- schweig	Zu viele und zu starke Resonanzboden-Rippen
12	HZ	06.02.1882	Hamburg	Wie der Resonanzboden seine Krümmung erhält
13	HZ	20.02.1882		Erklärung, in welcher Richtung das Holz für die Resonanzboden-Rippen geschnitten werden soll
14	HZ	30.11.1882	Braun- schweig	Änderungen an Platte und Steg bei Konzertflügeln für andere Klangfarbe. Beilage: Aus Katalog ausgeschnittene Flügel-Abbildung mit Bleistift-Markierungen von T. Steinway
15	HZ	17.05.1883		Neue Platte mit Doppel-Cupola, die den Ton im Bass verbessern soll
16	HZ	18.07.1883	Bad Neuenahr	Anpassungen an der Mechanik und des Resonanzbodens
17	HZ	08.09.1883	Braun- schweig	Neue Zeichnungen, privates
18	HZ	05.07.1884	Braun- schweig	Nebengeräusche der Duplex-Skala
19	HZ	17.11.1884		Geänderte Längen der Duplex-Skala



Nr.	Brief an	Datum	Ort	Themen
20	HZ	05.01.1885	Braunschweig	Verschiedene Bemerkungen über Duplex-Skala, Mechanik, Stege, Platten
21	Frederick T. Steinway	04.05.1885	Braunschweig	Anleitung, den Resonanzboden am Rand nahe der Hohlwand auszudünnen
22	HZ	04.11.1885		Neue Zeichnungen, Verbesserung am Ringsteg, die an einer beigefügten Zeichnung erklärt werden. Fragt nach Proben von Kohleneisen, Eisen-Experte soll angestellt werden.
23	HZ	19.11.1885	Hamburg	Ungenauigkeiten bei Platte und Resonanzboden
24	HZ	12.12.1885	Braunschweig	Ursachen für die zu kurzen Basstöne der Konzertflügel
25	HZ	26.02.1886	Braunschweig	Kommentiert das Foto der neuen Platte, Zeichnungen für Stimmstock
26	HZ	03.04.1886	Braunschweig	Idee für ein neues Patent am Pianino-Modell E

### Transkriptionen ausgewählter Stellen aus den Briefen

Die Briefe konnten im Archiv nicht im Original eingesehen werden, sondern nur als schwarz-weiß-Kopie. Die Zeilenenden waren oft nicht gut lesbar und wurden hier nach Möglichkeit ergänzt. Interpunktion und Umlautpunkte fehlten fast vollständig. Letztere wurden nachgetragen, ansonsten wurden Schreibweisen unverändert belassen.

Auszug aus Brief Nr. 02, Braunschweig 26. Dezember 1880:

»Ide[e]

- I Die Saiten auseinanderzulegen Große Flächen des Bodens [mit] effektiven wirken-  
den Stegen zu bedecken dies wäre ohne [bew..?]
- II Verlassen der kurzen Mensuren stärkere und längere Saiten
- III Erforderte Vorsorge im stärkere Verspreizungen des Kast[ens; oder Rastens?]
- 4 und der Compression des Bodens mit schwereren Resonanz
- 5 Aparaten / Erforderte schwerere Hämmer und Vors[orge]
- 6 der Arbeiten die sich auf Mechanik und Spielart beziehen wegen der zu schweren  
Spielart durch die schwereren Hammer dazu
- 7 die Solidität der Upr. [Upright = Pianino] Mechaniken herstellen.

Die Compression des Bodens mit Prinzip der möglichsten

- 8 längsten Holzfasern Cupolaplatte, weil Schrauben unsolid
- 9 Verwandlung der bisherigen relativen Druckfestigkeit der Metallspräuzen,  
weil Bogengitter[?] dies verwandeln in absolute Fest[Riss im Brief] Ironframe[?]  
Stimstock viel Metall wenig Holz und richtige

10 Anwendung der Duplexscala.

- 10 Durch Steifigkeit des Stimstockes aufhören der Vibration desselben. Calami-  
tät des steifen Ton versucht durch Weglassen der Hauptrippen (Bodencompression)  
Rippen durchlaufend, verwerfen und aus- und aufbeulen des Bodens, dage-  
gen Anwendung des Tonpulsators.

- 11 Radikalumwälzung des Kastenbendensystemes, statt der alten Manier, backsteinähn-  
lich Holz zu verbauen. Die Leitungsfähigkeit der Langfaser des Holzes, in Form  
gebogener Zargen benutzen, um starken Holzbau mit leichter Vibrationskraft, dem  
steifen Stimstock Einfluss auszugleichen.

- 12 Filzhammer mit mehr Masse und weniger an Veränderlichkeit (welche mit der  
Masse stieg)

- 13 In Pianinos das feste Stimstockprinzip anzuwenden daraus resultierende Verände-  
rungen des Körperbaues

- 14 Elasticität des Bodens durch neue Stegkonstruktion

Wah! next? [sic]«

Auszug aus Brief Nr. 18, Braunschweig 05. Juli 1884:

»was das laute Singen der Duplex betrifft so giebt es ein sehr einfaches Mittel für solche  
welche es stört die Duplex mit einem Bande zu durchflechten aber die scharfen hohen  
Töne in der tiefsten Lage der Duplex stammen leider nicht von der Duplex ich hoffe die

verdickten Bridges werden das Pfeifen wegbringen (dann kannst du durch vorbringen von Eisen an die offene Partien und verkürzen der Duplex dich noch immer helfen die Länge der Duplex sollte  $2 \frac{3}{4}$  Zoll zu  $1 \frac{1}{3}$  Zoll als kürzeste in den Dimensionen innehalten, aber das ist nur möglich wenn mit vielen Quarten arbeitet [sic] und dann wird es schwer halten. jetzt haben wir  $3 \frac{1}{4}$  Zoll zu  $1 \frac{1}{2}$  aber wie gesagt, ich weis das Pianos ganz ohne Duplex schreien wie der Teufel z.B. Blüthner am meisten, dann Chickering dann Bechstein[.] Die Sache liegt also nicht an den Duplex besonders wie die mit Leder an der Unterlage versehen, so viel über diesen Gegenstand nur noch das ich erst durch die Duplex das pfeifende und schreiende bei einem bestimmten und pakenden Tone weggebracht habe, das kannst Du am besten an alten Flügeln studiren die Grand von 1867 hatten neu einen ganz vorzüglich vollen runden Ton aber die Diskante waren stumpf machte ich durch festere Unterlagen die Diskante heller. [...] ebenso sollten die langen Duplex Scala welche schnattern nur eine höhere Steigung haben und damit würden alle die kleinen Mängel von selber ganz verschwinden lege also nur Keile unter die am weitesten abstehenden Duplexes und modifice dadurch die Beweglichkeit wenn Du in diesem Sinne recht aufmerksam diese Sache behandelst so wird es nicht nöthig sein die Duplexscala anderst und kürzer auszutheilen[.]«

Auszug aus Brief Nr. 19, 17. November 1884:

»Deine Idee[e] die Duplex ganz auf Metall zu legen ist nicht übel aber dann must du in der Länge der Duplexscala über die Hörgränze gehen sonst stört der Ton wenn mitklingend zu sehr länger als  $1 \frac{1}{3}$  Zoll dürfte dann kein Duplexon vor Capodastro sein auch kannst du dann mit 13 bis  $15^{\circ}$  Schränkung auskommen was besser für das Stimmen ist das tiefste [Wort durchgestrichen] der Felder könnten vorläufig so bleiben mit Boden da ist nichts störendes d.h. also vom 36 bis 53 Ton aber von da an könnte die Duplex kürzer sein da müßte bei den langen Obertönen durch Leder die Abdämpfung beibehalten werden denn der Ton in dieser Gegend hat einen förmlich zärtlichen Reiz und eine besondere Vornehmheit was leider vom 54 [Ton, also  $d^2$ ] an verschwindet im Gegentheil kommt da der Oberton immer als Individium zu Gehör und das sollte nicht sein dies wäre nun durch eine sehr kurze Scala auf Metall sicher wegzubringen und der Reiz der Theilung der Saite müßte zunehmen vorausgesetzt die Länge ist über der Hörgränze für das Ohr aber du müsstest dann Sorge tragen das die Saite die [La..?] nicht berührt und Raum für den Mulden [?] bleibt du kannst das Modell [möglicherweise das Holz-Modell für den Plattenguss] unbedenklich in diesem Sinne ändern.«

### Theodore Steinways US-Patente

Zusammengetragen aus Kehl/Kirkland, Guide, 2011, S. 133–135. Eine Übersetzung der sehr spezifisch gewählten Bezeichnungen wäre nicht sinnvoll. Die Informationen zu den Bautypen, für die das Patent gedacht war, wurden soweit möglich aus den Patenttexten entnommen. Abkürzungen: G = grand piano (Flügel), U = upright (Pianino).

Datum	Bezeichnung (laut »Official Steinway Guide«)	Bauteil	Patent Nummer	Bautyp
1868 (18.08.)	Upright Tubular Metallic Action Frame	Mechanik	81,306	U
1869 (06.04.)	Grand and Upright Soundboard Bridge with Acoustic Dowels	Resonanzboden	88,749	G, U
1869 (10.08.)	Grand Tubular Metallic Action Frame	Mechanik	93,647	G
1869 (14.12.)	Monitor Grand Double Iron Frame, Ring Bridge	Platte/Resonanzboden	97,982	G
1871 (06.06.)	Monitor Grand Action w/Counter Spring, Backcheck Spring	Mechanik	115,782	G
1872 (14.05.)	Grand Duplex Agraffe Scale	Platte	126,848	G
1872 (28.05.)	Monitor Grand Case, Cupola Plate, Plate Wedge, Compression Screws, Acoustic Dowels	Platte/Korpus	127,383	G
1872 (28.05.)	Small Upright Case, Cupola Plate, Return Bridge	Platte	127,384	U
1873 (11.02.)	Reinforced Soundboard Bridge	Resonanzboden	135,857	
1875 (30.11.)	Grand Action Pilot (»Capstan Screw«)	Mechanik	170,645	G

Datum	Bezeichnung (laut »Official Steinway Guide«)	Bauteil	Patent Nummer	Bautyp
1875 (30.11.)	Centennial Grand Capo d'Astro Agraffe	Platte	170,646	G
1875 (30.11.)	Centennial Grand Plate	Platte	170,647	G
1876 (13.06.)	Centennial Grand Nosebolt Nut	Platte	178,565	G
1876 (01.08.)	Centennial Grand Soundboard Bind Bar	Resonanzboden	180,671	G
1878 (21.05.)	Console Grand Bent Rim Case, Iron Shoe Radial Braces: Model A	Korpus	204,106	G
1878 (21.05.)	Upright Action Pilot, Double Key	Mechanik	204,107	U
1878 (21.05.)	Upright Screwed-on Capo Bar, Metallic Bridge Plate: Model E	Platte	204,108	U
1878 (21.05.)	Grand Duplex Agraffe: Model A B C	Platte	204,109	G
1878 (21.05.)	Grand Soundboard Pulsator	Resonanzboden	204,110	G
1878 (21.05.)	Upright Triplex Capo d'Astro	Platte	204,111	U
1878 (02.06.)	Upright Repetition Hammer Butt Nose	Mechanik	205,696	U
1879 (22.07.)	Grand Keyframe Leveling Screw (»Balance Rail Stud«)	Mechanik	217,828	G

1879 (02.09.)	Grand Treble Keyblock Regulating Screw	Mechanik	219,323	G
1880 (13.04.)	Upright Action, Wood Rails, Repetition Butt: Model N	Mechanik	226,462	U
1880 (22.06.)	Rim-Bending Screw- Clamp	Korpus	229,198	
1880 (20.07.)	Upright Bent Rim, Plate Flange: Model O	Platte/ Korpus/ Resonanz- boden	230,354	U
1880 (24.08.)	Hammer w/Compressi- on Ligature	Mechanik	231,629	
1880 (24.08.)	Hammer Waterproo- fing	Mechanik	231,630	
1880 (05.10.)	Keybed	Korpus/ Mechanik	232,857	
1880 (26.10.)	Laminated Soundboard Bridge	Resonanz- boden	233,710	
1883 (23.01.)	Grand Action w/ Support Spring	Mechanik	270,914	G
1885 (31.03.)	Grand Treble Bell	Platte	314,740	G
1885 (31.03.)	Grand Antifriction Trapwork, Pedal Support Plate	Korpus	314,741	G
1885 (31.03.)	Grand Double Cupola Plate, Upright Closing Rim	Platte/ Korpus	314,742	G (U)
1885 (07.04.)	Upright Desk Panel	Korpus	315,447	U

## Duplex-Skala: Transkription des deutschen Patenttexts

Quelle: New York, LaGuardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection, Box No. 040235, Folder 24.

»C. F. Theodor Steinway  
Fabrikant von New York.

Vollständige Beschreibung einer verbesserten Doppel Agraffe Scala für Pianofortes.

Diese Erfindung besteht darin, die Schwingungen derjenigen Theile, einer Reihe von Saiten in einem Pianoforte, welche zwischen den Agraffen und den Stimmstiften liegen, mit den Schwingungen der Haupttheile derselben in Einklang oder Harmonie zu bringen, wodurch die Reinheit und Fülle des Tones bedeutend vermehrt wird.

Die Erfindung besteht ferner darin, die Längeschwingungen derjenigen Theile einer Reihe von Saiten in einem Pianoforte, welche zwischen dem Resonanzboden Steg und den Anhängestiften eines Eisenrahmens liegen, mit den Schwingungen der Haupttheile derselben Saiten in Einklang oder Harmonie zu bringen, so dass die Reinheit des Tones nicht mehr, wie dies früher der Fall war, durch diese Längeschwingungen gestört, sondern vielmehr die Fülle des Tones dadurch vermehrt wird.

In der beifolgenden Zeichnung ist der Plan eines Flügels mit meiner verbesserten Scala gezeigt.

Um meine Erfindung vollständig deutlich zu machen will ich zuerst bemerken, dass der Ausdruck »Scala« eines Pianofortes, die Lage der Saiten neben oder über einander ihre Länge und Dicke und ihre Spannung umfaßt und ich will ferner bemerken dass meine oben angedeutete Erfindung

[S. 2]

auf alle Saiten Instrumente Anwendung findet, bei welchen die Töne durch die Wirkung von Hämmern auf die Saiten hervorgebracht werden.

Wenn die Baßtöne eines solchen Instrumentes von Octave zu Octave nach dem Diskant zu angeschlagen werden, so zeigt sich ein großer Unterschied in dem Effekt der verschiedenen Saiten je nach deren Länge in Beziehung auf die Partial – Töne, welche von der freiwilligen Abtheilung der Saiten in Hälften, Viertel, Achtel u.s.w. herrühren. Die längste Schwingungs – Periode und die größte Fähigkeit sich in Partial-Töne zu theilen, wird bei den Saiten zwischen dem Contra C und dem kleinen c gefunden. Innerhalb dieser Grenze theilt sich die Saite von selbst unter der Wirkung des Hammers und der durch denselben erzeugten Transversal Schwingungen in eine große Anzahl von Knotenpunkten, wodurch die sogenannten harmonischen Obertöne erzeugt und der Grundton reich und wohlklingend gemacht wird.

Zugleich werden besonders bei den oben angegebenen Saiten durch die Längeschwingungen eine Anzahl unharmonischer Saiten Töne erzeugt, welche ein pfeifendes Geräusch machen und die Reinheit des Grundtones stören.

Beide oben angegebenen Eigenschaften vermindern sich, wie die Höhe der Töne steigt, und die Grenze einen reinen Grundton zu erzeugen, wird bei dem  $a^4$  gefunden, während es in den meisten Fällen wünschenswerth ist, einen klaren Ton von dem  $c^5$  zu erhalten. Aber die große Steifigkeit der jetzt gewöhnlich

[S. 3]

angewandten dicken Saiten und der wegen dieser Dicke nöthigen Spannung verhindert die Saite des oben genannten  $c^5$  die für den Grundton nöthigen Transversal Schwingungen zu machen und von einer Abtheilung in Partial-Töne kann nicht die Rede sein.

Um die Unterabtheilung der Saiten und die Erzeugung der Partial-Töne zu veranlassen oder zu erleichtern, verbinde ich mit dem Theile der Saite, welcher zwischen dem Stimmstifte  $a$  und dem Hauptunterstützungspunkte (oder Agraffe)  $B$  liegt (siehe Zeichnung) eine zweite Agraffe  $c$ , welche die Saite unterstützt und in einer Entfernung von der Haupt Agraffe liegt, die mit einer der oben angedeuteten Unterabtheilungen des Haupttheiles  $d$  der Saite übereinstimmt d.h.  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{16}$ ,  $\frac{1}{32}$  oder  $\frac{1}{64}$  oder irgend eine Summe dieser Brüche von der Länge des Haupttheiles der Saite beträgt.

Der Hauptunterstützungspunkt  $b$  hergestellt mittelst Agraffe oder Klangbalken, welcher die Saite bloß in einem Punkte unterstützt, erlaubt, dass mittelst einer gewissen Durchkreuzung der Bewegung die Transversal Schwingungen sich mit den zwischen der Haupt Agraffe und dem Stimmstifte gelegenen Theil der Saite erstrecken und zwar sind die Schwingen dieses Theiles der Saite denen des Haupttheiles der Saite entgegen gesetzt.

Dadurch nun dass die 2<sup>te</sup> Agraffe  $c$  so gesetzt wird, dass ihre Entfernung von der Haupt Agraffe  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{16}$ ,  $\frac{1}{32}$  oder  $\frac{1}{64}$  oder  $\frac{1}{2} + \frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{2} + \frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2} + \frac{1}{8}$  oder irgend eine die oben angegebenen Brüche von der Länge der Haupttheile enthaltende Summe be-

[S. 4]

beträgt, wird die freiwillige Unterabtheilung der Saite in partiale Schwingungen und die darauf basirte Erzeugung harmonischer Obertöne erzielt oder wesentlich befördert.

In der Zeichnung ist gegenüber von jedem Stimmstifte die zwischen der Entfernung der beiden Agraffen von einander und der Länge des Haupttheiles jeder Saite bestehende Proportion angegeben.

Dadurch, dass die Schwingungen der Saiten über die Haupt Agraffen hinaus sich erstrecken können, wird die Dauerhaftigkeit der Saiten wesentlich vermehrt, indem durch ein absolutes Abschneiden der Schwingungen an diesem Punkte gewöhnlich geschieht, die Kohesion des Metalles gestört wird und es ist Thatsache, dass der Bruch von  $\frac{9}{10}$  aller Saiten, welche in einem Pianoforte durch den Schlag des Hammers reißen, auf die soeben angegebene Ursache zurückgeführt werden kann.

Durch Zugabe meiner 2ten Schwingungs Periode wird die Freiheit der Saiten Bewegung vermehrt und die Gefahr, dass die Saiten durch starken Anschlag der Hammer abreißen, ist bedeutend vermindert.

Die unharmonischen Töne oder das pfeiffende Geräusch, welches von den Längeschwingungen der Saiten herrührt, vermeide ich dadurch dass ich den Theil der Saite, welcher zwischen dem Resonanzboden Steg und dem Anhängestift liegt, in einer Entfer-



nung von dem Stege unterstütze, die  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{16}$ ,  $\frac{1}{32}$  oder  $\frac{1}{64}$  der Länge des Haupttheiles der Saite oder eine Summe dieser Brüche beträgt.

Durch den Resonanzboden-Steg werden die Transversal Schwingungen der Saiten nothwendigerweise unterbrochen, da dieser Steg so

[S. 5]

breit ist, dass sich die Schwingungen nicht darüber hinaus fortpflanzen können, weil sich kein Knotenpunkt mit Durchkreuzung der Bewegung bildet. Aber besonders bei der gegenwärtig gebräuchlichen großen Dicke der Saiten erstrecken sich die Längeschwingungen innerhalb des Metalles der Saiten, welche zwischen dem Steg und dem Anhängestifte liegen, und um die durch diese Längeschwingungen erzeugten unharmonischen Töne zu vermeiden, bringe ich zwischen den Steg und den Anhängestiften g auf die Metallplatte unter jeder Saite eine Unterlage e an in einer Entfernung von dem äußersten Stifte f in dem Steg, welche gleich  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{16}$ ,  $\frac{1}{32}$  oder  $\frac{1}{64}$  von der Länge des Haupttheiles der Saite oder gleich irgend einer aus jenen Brüchen gebildeten Summe ist.

In der Zeichnung ist gegenüber von jedem Anhängestiften die Proportion angegeben, welche zwischen der Entfernung der Unterlage e von dem Stege und der Länge des Haupttheiles der Saite besteht.

Auf diese Weise werden die mittelst der Längeschwingungen der stärkeren Saiten erzeugten Töne in Einklang oder Harmonie mit dem Grundton der Saite gebracht und da diese Töne durch den Steg und den Resonanzboden zum Gehör gelangen, so wird dadurch der Grundton verstärkt statt dass wie bisher, die Reinheit des Tones durch jene Töne gestört wird.

Die Unterlagen c e können aus Metall, Elfenbein oder irgend einem anderen Materiale gemacht werden, das fähig ist dem Druck der Saiten zu widerstehen.

[S. 6]

Was ich als neu beanspruche und durch ein Patent zu sichern wünsche ist. —

1. Die Vorrichtung in einem Pianoforte von einer Reihe von Saiten, in jeder von welchen die Schwingungen des zwischen der Agraffe oder Klangbalken und dem Stimmstifte gelegenen Theiles mit den Schwingungen des Haupttheiles der Saite in Harmonie gebracht sind, dem Wesen nach wie beschrieben.

2. Die Vorrichtung in einem Pianoforte von einer Reihe von Saiten in jeder von welchen die Längeschwingungen an das zwischen dem Resonanzboden Stege und dem Anhängestifte gelegenen Theiles mit den Schwingungen des Haupttheiles der Saite in Harmonie gebracht sind, dem Wesen nach wie beschrieben.

CF Theodor Steinweg  
Mitglied der Fyrma Steinway & sons  
New York«

**Duplex-Skala: Transkription der Debatten-Beiträge von Ludwig Bösendorfer und Theodore Steinway**  
 Beide Beiträge erschienen 1875 zusammen in einem Artikel der Zeitschrift »Signale für die musikalische Welt«. Dort wird »Bösendorfer's Circular« fortlaufend im unteren Seitiendrittel unter T. Steinways »Abwehr« gedruckt. Der besseren Lesbarkeit halber sollen beide Textteile hier nacheinander wiedergegeben werden. Bei »Bösendorfer's Circular« handelte es sich wohl ursprünglich um eine eigenständige Publikation, von der sich heute aber kein Exemplar mehr lokalisieren lässt. Hervorhebungen im Text wurden übernommen.

[S. 72]

**»Steinway & Sons' in Newyork.**  
 neue Erfindung der  
**Duplex Scala** (Doppelte Mensur.)  
 Patent No. 126.848 vom 14. Mai 1872.  
 und  
**Herr Bösendorfer in Wien.**

Die Nützlichkeit und Neuheit dieser Erfindung wurde folgenderweise motivirt:  
 Zu der Hauptmensur, welche von den Agraffen zum Stege des Resonanzbodens eines Saiten-Instrumentes bisher gebräuchlich, werden die bisher todt liegenden Saitentheile eines Instrumentes durch eine proportionell verkürzte Mensur in Action gesetzt. Der Umstand, dass sich in den Metallsaiten eines Instrumentes neben dem Grundtone mehr oder minder Partialtöne bilden, welche theoretisch von Herrn Geheimerath Professor Dr. Helmholtz berechnet und durch seine intelligente Erfindung der Resonatoren einzeln nachgewiesen wurden, bestimmte uns mit Hülfe dieser Instrumente zu untersuchen, ob in dem Steinway-Piano nun auch das, was die Wissenschaft theoretisch als höchsten Tonreichtum nachgewiesen hatte, in Wirklichkeit zur Erscheinung käme. Wir fanden bald, dass mit der Verstärkung der Saiten und bedeutender Vergrößerung deren Spannung, die Fähigkeit und Elasticität, welche nöthig war um die theoretische Anzahl der harmonischen Obertöne zu bilden, wesentlich beeinträchtigt war, besonders in den höheren Noten, und zwar stieg dieser Mangel mit der Kürze der Saiten. Da diese nun, um den starken Grundton zu erzeugen, die Spannung behalten mussten, so handelte es sich darum einen Weg zu finden, unter Beibehaltung, ja möglicher Vergrößerung dieser Factoren, wozu die vorhergenommenen Patente des Steinway-Piano befähigen, auch die Elasticität herzustellen, welche der Kraft des Tones den süßen Reiz des innern Reichthums der Harmonie verleiht.

In erster Linie war dazu befähigt der Theil zwischen Agraffe und Stimmwirbel. Ein äquivalenter theoretischer Knotenpunkt der Saite wurde auf den Punkt der Agraffe gelegt und diese als Durchgangspunkt der Kreuzung der Schwingungen bestimmt, so dass die Arbeit der Saite, sich zu theilen, ihren Impuls durch die Mechanik der umgekehrten Bewegung winter [sic] der Agraffe erhält. Bedenkt man, dass ein Abschlagen von Saiten wesentlich mit seinen Grund hatte, wenn Agraffe oder Capodastros angehendet, wo die

Saite absolut festgehalten wird, da dann dasselbe eintritt, als fasst man mit einer glatten Zange ein Drahtstück und biegt es scharf vor den Kanten hin und her, wie dann so leicht der Draht bricht, während mit einer runden Zange gehalten die vordere Bewegung sich auf die hintere überträgt, ein Brechen niemals eintritt, so wird sofort einleuchten, dass dieses Patent die Biegsamkeit und Dauerhaftigkeit vergrößert, dass aber dieser zweite Theil der Saite, sobald derselbe den äquivalenten Theil eines Obertones erhält, nicht allein mit bewegt wird, sondern den Impuls seiner Bewegung auch auf den Haupttheil der Saite, welcher auf den Resonanz-

[S. 73]

boden wirkt, mit überträgt und deren Theilbarkeit veranlasst. Diese doppelte transversale Bewegung der Saite kommt nun in der Molekular-Bewegung des Resonanzbodens zur Wirksamkeit, hierdurch wird das durch die dortwährende Vergrößerung der Spannung der Saite und deren Steifigkeit verloren gegangene reiche und süsse Singen, verbunden mit einer viel grösseren Weichheit des Tones bei viel grösserer Tragfähigkeit wieder hergestellt. Ferner ramponiren die jetzt viel elastischeren Saiten nicht mehr so leicht die Hämmer und bleibt die Garnitur derselben viel länger unbeschädigt

Wir mensuriren ferner den Theil zwischen Steg und Eisenrahmen; hier ist der Steg auf dem elastischen Resonanzboden nicht mehr unbeweglich. Die Erfahrung lehrte, dass von diesem Theile niemals Saiten abreißen, wohl aber erzeugten stark gespannte Saiten unter festem Angriffe falsche Nebentöne, **welche leider häufig für besondere Kraft des Tones ausgegeben werden.** Wir mensuriren bei Concert-Instrumenten auch diesen Theil äquivalent in der Länge eines harmonischen Grundtones der durchlaufenden Saite und erreichen damit längeren Gesang des Tones als unmensurirt, wo früher auf einem Tone drei verschiedene Längen, welche jede einen andern Impuls oder Zeitdauer der Schwingung hatte, und vermeiden damit jene abscheuliche falsche Tonbildung.

Ferner geben die nun richtig in Octaven, Quinten oder Terzen mensurirten Längen dem intelligenten Stimmer Controlle über diesen Theil der Saite, die Summe der Reibung an den Stegstiften zu ermitteln und die Spannung der Saite vor und hinter dem Stege ins Gleichgewicht zu setzen.

--

(Abschrift).

Berlin, den 13. August 1873.

Herren Steinway and Sons

New York.

Meine Herren!

Ich kann Ihnen nur Glück wünschen zu der grossen Verbesserung, welche Sie durch die Einführung ihrer doppelten Mensur bei Ihren Piano's erreicht haben. Ich habe wiederholt und sorgfältig den Effect dieser Doppel-Mensur studirt, die jetzt in meinem Steinway-Piano angebracht ist, und finde diese Verbesserung höchst überraschend und günstig, hauptsächlich in den höheren Noten: denn so schön mein Flügel vorher war, so hat ihm doch die Doppel-Mensur einen mehr fliessenden, singenden und harmonischen Ton gegeben. Ich halte die Verbesserung für sehr glücklich in ihren Resultaten, und für fähig noch weiter entfaltet zu werden u.s.w.

Ihr ganz ergebener

H. Helmholtz.

[S. 74]

Abweh r.

Der Erbe eines Namens in der Clavierfabrikation, Herr Bösendorfer in Wien, erlaubt sich in gedruckten Circularen eine von mir gemachte, in Oesterreich, Deutschland, England, Frankreich und Amerika patentirte Erfindung, genannt Doppel-Scala, zu verdächtigen. Ich sehe mich daher veranlasst zu folgenden Erklärungen:

Diese Erfindung besteht darin, bisher todt liegende Theile der Saiten eines Claviers, sowohl vor den Agraffen, als hinter dem Stege durch Extra-Mensuren in einen dem Grundton entnommenen, in diesem nun mitwirkenden harmonischen Partialton zu verwandeln. Er will diese Erfindung geprüft haben. Die Unwahrheit dieser Behauptung geht daraus hervor, dass er nur von dem Theile hinter dem Resonanzbodenstege spricht, aber nichts von dem Theile kennt auf dem Stimmstocke zwischen Stimm-Wirbel und Agraffe, wo letztere nur als Knotenpunkt dient für den an diesem Theile besonders wirk-samen Partialton.

Herr Bösendorfer geht so weit, zu behaupten, dass wir diese doppelte Scala, welche ihrer Genauigkeit wegen sehr geschickte Arbeiter erfordert (also für Reclame-Zwecke wohl zu theuer wäre), lediglich vom kaufmännischen Gesichtspunkte aus anwendeten, dann aber durch Tuchstreifen abdämpfen und so unwirksam machen.

Herr Bösendorfer spricht nicht davon, dass circa 60 Saiten des Discantes keine Dämpfung erfordern, und dass für gewöhnlich der 18. bis 20. Ton von oben heruntergezählt an einem 7octavigen Instrumente erst einer Dämpfung benöthigt ist, weil auf diesen Tönen erst das Nachsingen störend wirkt; allesolche tieferen Töne hinter dem Stege, welche als Partialtöne gewonnen sind, dämpfen wir in leichter Weise so, dass solche zwar hörbare Töne geben, aber nicht nachsingen können; die vor den Agraffen liegende Doppelscala ist viel kürzer, als oben bezeichnete Tonpartie, deshalb auf ihrer ganzen Linie nicht abgedämpft.

Den Grund, weshalb wir den Saiten bis da, wo die überspannenen an-  
[S. 75]

fangen, überhaupt einen dem Grundton der langen Saite äquivalenten Oberton mensuriren, ist freilich Herrn Bösendorfer ein verschlossenes Buch. Hätte er, wie er vorgeibt, das Patent geprüft, oder wäre er überhaupt im Besitz physikalischer oder akustischer Kenntnisse, oder nur ein denkender Clavierbauer, so würde er die Gründe dafür von selbst gefunden haben. Wir wollen dem Leser zwei sehr gewichtige Gründe angeben (Herrn Bösendorfer dieses begreiflich zu machen, darauf verzichten wir, wegen des Einblickes, welchen wir von seinem Verständniss für solche Sachen aus seiner vorgeblichen Beleuchtung unserer Arbeit gewonnen haben). Singt man in ein Piano, so wird man sofort alle den gesungenen Tönen äquivalente harmonische Töne mitsingen hören. Die physikalische Erklärung dieser Erscheinung ist folgende: Es werden durch die molekulären Erschütterungen der Luft der Resonanzboden, durch diesen das Medium, der Steg, und durch diesen die Saiten in transversale Schwingungen versetzt; diese Empfindlichkeit beider, des Steges und des Resonanzbodens, veranlasste uns neben der direct auf die Saiten wirkenden Anlage der Doppelscala zwischen Agraffe und Stimmwirbel auf dem Stimmstocke auch dem hinter dem Stege liegenden Theile der Saiten unsere Aufmerksamkeit zuzuwenden. Wenn drei der stärkeren Saiten eines Tones, von welchen jede einzelne eine Zugkraft von 150 bis 250 Pfund hat, durch einen starken Anschlag zum längeren Klingen oder Singen gebracht werden, wird die Saite durch das Auf- und Abspringen ebenso viel mal kürzer und länger, was den Grundton bedingt; gleichzeitig theilt sich [sic] die lange Saite von selbst in eine grosse Anzahl, harmonische Obertöne bedingende Knotenpunkte, was bei den kürzeren Saiten [sic] erst mit Hülfe der Doppelscala erreicht wird. Die Gewalt, mit welcher dieses, durch die enorme Zugkraft der Saite bedingt, geschieht, bewegt den Steg auf und ab, vorwärts und rückwärts gegen die Längengerichtung der Saiten; ist der hinter dem Stege liegende Theil äquivalent irgend einem der sich in der Saite bildenden Knotenpunkte, so dauert die Schwingung bedeutend länger, als wenn nach alter Manier das Chor, welches hinter dem Stege liegt, drei ganz verschiedene unharmonische Längen hat, welche durch den

[S. 76]

Steg mit in Action treten, deren Schwingungen aber zerstörend auf die der langen Saite zurück wirken. Ob dieses, hinter dem Stege liegende Chor abgedämpft ist, oder nicht, sein Einfluss ist unmensurirt schädlich, mensurirt aber weit weniger schädlich. Leider ist es noch nicht gelungen, die starken Stahlsaiten wie bei der Harfe, direct vom Boden ausgehen zu lassen, denn eine solche direct am Boden hängende Saite wirkt mit einer Zugkraft von 60 bis 100 Pfund im Verhältniss ganz anders, als drei Saiten eines Flügelchores mit zusammen 600 Pfund Zugkraft. Doch würden uns diese Auseinandersetzungen zu weit führen für den Raum dieser Abwehr, genug, dass wir mit dieser Einrichtung den Ton länger und singend, auch frei von den pfeifenden und kreischenden Nebentönen erhielten, welche Pianos, die nicht die Doppelscala führen, sonst häufig unter starkem Angriff erzeugen [sic].

Der zweite Grund ist gerade entgegen der Behauptung Bösendorfer's, da durch die Doppelscala eine viel reinere und dauerhaftere Stimmung zu erreichen ist, als ohne dieselbe; denn der Partialton hinter dem Stege, welcher genau mensurirt ist, auf den 4. oder 8. Theil angenommen, giebt einen drei oder vier Octaven höheren Ton, wenn die Saite gleiche Spannung hat. Ein guter Stimmer soll nun diese gleiche Spannung herstellen, weil davon, bei sonst dauerhaftem Spreiz- und Kastenbau, die Stimmungsdauer abhängt; ist aber die Partie hinter dem Stege nicht mensurirt, so hat der Stimmer durchaus keine Controle für die Summe der Differenzen in der Spannung beider Saitenstücke, denn die Reibung auf dem Stege, durch Schränkung der Stifte erzeugt, ist so gross bei einem Herausziehen oder Herunterlassen der Saite, dass dieser Umstand unsern Stimmern in New-York erst mittelst der Doppelscala klar wurde. Es erfordert wenig Uebung, die Uebereinstimmung der Spannung zu bewerkstelligen. Die Reibung der Saite an den ausser Linie gestellten Stegstiften beträgt je nach der damit erzielten Schränkung in der Partie des a1 in der inneren Dynamik häufig bis 5 Pfund (oder ein viertel bis drei achtel Ton) Differenzen, in der Spannung ein und derselben Saite. Dies gleicht sich durch die Erschütterung des Hammerschlages beim nachherigen Spielen langsam

[S. 77]

aus und das Instrument ist verstimmt, da niemals die drei Saiten gleiche Gewichts-differenzen, sondern immer Unterschiede in der Spannung zeigen. Ein gewissenhafter Stimmer kann nun gerade, wie Vorstehendes klar darlegt, mit Hülfe der, wenn auch schwach gedämpften, Doppelscala hinter dem Stege, wenn er die Saiten mit einem Fischbeinstäbchen zum Tönen bringt, deren Uebereinstimmung unter sich und mit der Spannung der Hauptsaiten controliren. Ein so gestimmtes Piano hält sich lange und gut in Stimmung, selbst unter dem Angriff des kräftigsten Spielers; dieses muss jedem Sachverständigen auf den ersten Blick einleuchten. Die Erfahrung lehrte uns, dass Concertflügel mit dieser Scala in 5 Concertlocalen hintereinander gespielt, noch absolut rein in Stimmung waren, was vor der Einführung der Doppelscala unerhört gewesen wäre.

Nun noch zum Schluss ein ernstes Wort an Herrn Bösendorfer. Will man kritisiren und in gedruckten Cirkularen seine Meinung über Erfindungen Anderer der Oeffentlichkeit übergeben, ohne die nöthige Sachkenntniss, ja sogar das elementare Verständniss des betreffenden Thema's zu besitzen, so thut man dieses, wenn man sich dennoch für berechtigt hält mitzusprechen, anständigerweise, indem man bescheiden seine Zweifel ausdrückt. Selbst eine solche Simpelei, wie das angebliche Experiment, die Duplex-Scala mit dem Ellenbogen auf einem Bösendorfer-Flügel hergestellt, würden wir unerwidert mit dem Selbsturtheile Jedermanns ruhig überlassen haben. Aber bei so viel Unkenntniss eine solche Sprache zu führen, wie dies Herr Bösendorfer gegen ein grosses geachtetes Haus sich erlaubt, ist eine Unwürdigkeit, welche uns verhindern wird, uns in eine weitere Controverse einzulassen mit einem Manne, der französische sogenannte wissenschaftliche Romane studirt haben mag, aber niemals sich selbst hätte ein schlagenderes geistiges Armuthszeugniss ausstellen können, als er es in seinem unmotivirten Angriffe gethan; hätte er nur eine Idee von den Arbeiten der Gelehrten seines eigenen Vaterlandes, wie Dr. Fr. Jos. Pisko, Dr. J. Stefan, Dr. E. Mach u.s.w. gehabt, so würde er sich dies Zeugniss

seiner Unwissenheit, wie des Mangels aller guten Sitte haben ersparen können.

C. F. Theodor Steinway.

[S. 78 und 79: Auszug aus dem Amtlichen Bericht über die Wiener Weltausstellung 1873, in dem Oscar Paul den Abschnitt über Musikinstrumente verfasst hat, und Werbeanzeige von Steinway]

[Hier folgt nun Bösendorfers Schrift, die auf S. 74–77 jeweils im unteren Seitendrittel und damit parallel zur »Abwehr« abgedruckt ist]

Bösendorfer's Circular lautet wörtlich:

»**Die Doppelscala (double scale).** Jede fortschrittliche Neuerung in meinem Fach begrüße ich mit Freude, und nehme gerne Anlass, in meinen Werkstätten zu experimentiren. Schon manche vielversprechende Theorie musste nach grossem Aufwande von Zeit, Mühe und Geld, im Kampfe gegen das Material oder andere praktische Bedingungen, wieder aufgegeben werden.

In jüngster Zeit macht eine für den Laien sehr verfängliche Theorie ganz verzweifelte Anstrengungen, die Aufmerksamkeit auf sich zu lenken. Es ist die Theorie der Doppelscala. Ich sehe mich veranlasst – damit man nicht denke, i r g e n d eine Neuerung am Clavierbau gehe an mir unberücksichtigt vorüber – meine Ansichten und Erfahrungen über den Werth und das Wesen der Doppelscala unumwunden zu veröffentlichen.

Die Theorie der Doppelscala besteht auf [sic] dem Versuche, die Saitenstücke, welche hinter dem Resonanzbodenstege nach den Anhängestiften laufen, und bisher durch eingeflochtene Tuchstreifen abgedämpft wurden, mitklingen zu lassen. Durch zweckentsprechende Länge jener Saitenstücke  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{8}$  der normalen Saitenlänge, erreicht man, dass beim Anschlagen des Tones die Saitenstücke der Doppelscala als consonirende Obertöne zum Tone der Hauptsaiten erklingen und die der Hauptsaiten eigenthümlichen Obertöne verstärken.

Nun denke man sich den C-dur-Accord angeschlagen, so müssten in der oben beschriebenen hinteren Scala, welche nicht abgedämpft ist (ausser andern Obertönen, welche vorläufig ausser Betracht bleiben sollen), alle C E G mitklingen. Bringt man nun unmittelbar nach dem C-dur-Accord i r g e n d einen zweiten von C-dur verschiedenen Accord, so wird Folgendes eintreten:

1. wird der Klang dieses neuen Accordes durch die vorher zum Mitklingen und natürlicher Weise fort klingenden C E G der hinteren Scala gestört;
2. werden die Töne, welcher dieser zweite Accord aus der hinteren Scala als mitklingend hervorlockt, mit den C E G von v o r h i n z u g l e i c h e r k l i n g e n .

Man erhält schon jetzt ein Gewirr von Tönen, das um so empfindlicher sein wird, wenn man den zweiten Accord weniger stark anschlägt, als den ersten. Nun denke man sich dieses Experiment mit stets neuen Accorden fortgesetzt – wie es ja in jedem Musikstück praktisch vorkommt – so werden fortwährend neue Töne der hinteren Scala erzeugt und müssen darin auch schwächer und schwächer fortfahren, mitzuklingen. Welches Durcheinander von Tönen schon während der Zeit, dass man stets neue Accorde an-

schlägt! Hört man aber auf zu spielen, so bleibt die pflichtgetreue Doppelscala noch lange in Thätigkeit. Das Clavier erscheint als schlecht abgedämpft. Es schwirrt und summt Alles durcheinander. Der Fluch dieser Erfindung besteht merkwürdiger Weise darin, dass das Uebel in dem Maasse grösser wird, als die Doppelscala wirksam construirt ist.

Für Diejenigen, welche die Beobachtung an der Doppelscala noch nicht gemacht haben und vielleicht glauben, dass ein besonderes scharfes Ohr dazu gehöre, dieses Gewirr von Tönen wahrzunehmen, sowie für Diejenigen, denen augenblicklich kein Clavier mit Doppelscala zur Verfügung steht, empfehle ich folgenden (dem eben beschriebenen vollständig entsprechenden) Versuch.

Man benutze das erstbeste Clavier, lege den rechten Arm auf die Tastatur ohne anzuschlagen, jedoch so, dass die Dämpfer von den Saiten entfernt werden, und führe mit der linken Hand irgend eine Scala aus, so werden die dämpferfreien Saiten nach denselben Gesetzen, auf welche die zweite Scala basirt sein soll, mitschwingen.

Das nun hörbare Durcheinander von Tönen ist genau entsprechend dem Effect, welchen die Doppelscala erzeugt. Denn wenn etwa die Herren Erfinder der Doppelscala glauben sollten, dass die Bewegung der Normalsaite über den Steg hinaus transmittirt (übertragen) wird und hierin der Umstand zu suchen sei, dass die hintere Scala zum Mitschwingen gebracht wird, so bekunden sie völliges Missverständniss des ganzen physikalischen Vorganges. Da der Theil der Saite, welcher auf dem Stege ruht, absolut fest sein soll, weil nur dann von einem bestimmten Tone der Normalsaite die Rede sein kann, findet das Mitklingen der hinteren Scala nur nach den akustischen Gesetzen des Mitschwingens statt. Eben dieselben Gesetze sind es, welche einzig und allein bei dem von mir angerathenen Versuche an einem beliebigen Clavier wirksam sind. Es ist geradezu schimpflich, mit der Autorität eines Namens, wie der von Helmholtz, einen solchen physikalischen Unsinn wie die Doppelscala einer ist, in Verbindung bringen zu wollen, denn Helmholtz ist ja gerade der Entdecker der lange vor ihm geahnten, aber nie klar ausgesprochenen Gesetze des Mitschwingens.

Beiläufig bemerke ich, dass der Name Doppelscala ebenso ungerechtfertigt ist, wie die Anpreisung Desjenigen, was man damit bezeichnen wollte. Die hintere Scala formirt keine Scala, sondern ist eine von der Form des Claviers und den möglichen Längen der hinter dem Steg befindlichen Saitentheile abhängige – Aneinanderreihung von Intervallen. Aber was wollen diese eben angeführten Zurückweisungen der Doppelscala heissen gegen das gewichtigste Moment: Die Unmöglichkeit ihrer exacten praktischen Ausführung. Eine reine andauernde Stimmung der Doppelscala ist eine Unmöglichkeit.

Als im Jahre 1873, zur Zeit der Wiener Welt-Ausstellung, die Doppelscala durch einen amerikanischen Clavierfabrikanten nach Oesterreich importirt wurde, und man mir die Zeichnungen mit dem Bedeuten vorlegte, ich möge darnach ein Piano construiren, lehnte ich nach kurzer Prüfung der lithografirten Blätter das Anerbieten ab und erklärte diese Erfindung als akustischen Unsinn und kaufmännischen Schwindel.



Man möchte fast glauben, dass die geistreich tollen Spässe eines Jules Verne Impuls zu diesem physikalischen Nonsens gegeben haben.

Wie es bisher Hauptaufgabe eines jeden gewissenhaften Claviermachers war, jedes fremdartige Mitvibriren beim Klange der normalen Saiten zu vermeiden, so wird dieses noch fernerhin Hauptaufgabe bleiben müssen. Die Theorie der Doppelscala (wenn überhaupt von einer solchen die Rede sein darf) wird die auf Erfahrung und Wissenschaft begründeten Principien nicht zum Wanken bringen.

Ganz unbegreiflich ist es mir aber, dass einer meiner Wiener Collegen\*) diesen amerikanischen Humbug nicht als solchen erkannt, die Doppelscala noch weiter ausnutzen will, während selbst der transatlantische Erfinder diese »geniale Idee« dadurch dementirt, dass er an seinen Clavieren durch Einflechten von Tuchstreifen in die Doppelscala jeden Effect derselben absichtlich zerstört, d.h. er applicirt wohl an seinen Piano's die Doppelscala, macht aber keinen Gebrauch davon. Er wird wohl wissen, weshalb.

December 1874.

**Bösendorfer.**«

---

\*) Im übrigen Europa hat sich meines Wissens noch kein Nachbeter gefunden.«

### **Duplex-Skala: Transkription von Ludwig Beregszászys Pamphlet »Die Steinway'sche Doppelmensur im Lichte der Praxis« (1875)**

Transkribiert nach dem Exemplar in der National Széchényi Library Budapest, Inv. Nr. 210.573. Der Text hat einige formale Besonderheiten. Um den polemischen, stark an mündlicher Rede orientierten Stil wiederzugeben, wurden die häufigen Geviertstriche, der erhöhte Zeichenabstand zur Betonung und die Kursivschreibung übernommen. Nicht umgesetzt sind Layout-Elemente wie der originale Zeilenumbruch, der Einzug nach Absätzen und die verschiedenen Schriftarten auf dem Titelblatt. Die eigenwillige Rechtschreibung wurde beibehalten mit Ausnahme der häufigen Leerzeichen vor einem Satzzeichen, deren Verwendung keinem System zu folgen scheint.

[S. 1]

»DIE  
STEINWAY'SCHE DOPPELMENSUR  
IM  
LICHTE DER PRAXIS.  
VON  
LUDWIG BEREGSZÁSZY  
K. K. HOF-PIANOFORTE-FABRIKANT.  
BUDAPEST, 1875.  
DRUCK VON KHÓR & WEIN.

[S. 3]

Kaum zwei Jahre sind es, dass die Klavierbaukunst durch Herrn Theodor Steinway mit einer neuen Erfindung beschenkt wurde, die der Erfinder ›die Doppelscala (double scale, duplex scala, doppelte Mensur,)‹ – benannte und in verschiedenen Staaten patentiren liess. Wie bei ähnlichen Gelegenheiten immer, – fanden sich bald Fachleute, welche die neue Erfindung auf p r a k t i s c h e m Gebiete prüften und [sic] ihren Anschauungen theils für, theils gegen die Neuerung, öffentlich Ausdruck gaben. – So fand die Doppelscala auch in Bösendorfer einen Gegner, der sein Urtheil über dieselbe in einer Flugschrift – (die Doppelscala benannt) – veröffentlichte und zwar in schonungsloser Manier. Er mag den Erfinder gekannt haben! Wenigstens rechtfertigte es die Folge. Denn kaum waren seine Worte verklungen, so erschien schon die Abwehr des Erfinders in einer Brochure, die ihrem Verfasser wahrlich Ehre macht; – (›Steinway and sons in New-York neue Erfindung der Doppelscala und die Unwissenheit des Herrn Bösendorfer in Wien‹ – betitelt sich das Meisterwerk) – denn vom hohen Rosse herab wird Bösendorfer Audienz ertheilt und solch elendes Gewürm erbarmungslos zermalmt. Wie untersteht sich auch ein B ö s e n d o r f e r, – ein Nichts (!) – die Erfindung eines S t e i n w a y, dessen Name gross und allmächtig ist (!) anzugreifen! –

Die Erbitterung, mit welcher die beiden Fachleute sich gegenseitig angriffen, verlied dieser neuen

[S. 4]

Erfindung in meinen Augen einen erhöhten Reiz. Es musste ja doch etwas wichtiges sein, was Männer wie Bösendorfer und Steinway veranlassen konnte einander so an den Leib zu gehen. Ich machte mich also daran, diese Erfindung, – den Casus belli – zu studiren und im Nachfolgenden will ich meine Ansichten über die Bedeutung von Steinway's neuer Erfindung auseinandersetzen, um zur Sichtung dieser an und für sich sehr interessanten Frage mein Schärfflein beizutragen.

Die Erfindung Steinway's besteht, – wie es der Erfinder selbst definirt, – darin ›dass bisher todt liegende Theile der Saiten eines Klavieres, sowohl v o r d e n A g r a f f e n, als h i n t e r d e m S t e g e, durch Extra-Mensuren in einen, dem Grundton entnommenen, in diesem nun mitwirkenden harmonischen Partialton verwandelt werden.‹ – Das Streben, die sogenannten Obertöne zur Verstärkung des Grundtones zu benützen, lässt sich, aus t h e o r e t i s c h e m Standpunkte betrachtet, nur loben, und wahrlich nicht geringe Achtung flösst es uns ein, die vom genialen Helmholtz entdeckten und zuerst klar ausgesprochenen Gesetze der Mitschwingung, in der Tonformation des Klavieres benützt zu sehen. – Die t h e o r e t i s c h e, streng wissenschaftliche Grundlage, das hohe w i s s e n s c h a f t l i c h e Interesse lässt sich bei Steinway's neuer Erfindung nicht weglegen. Und eben deshalb scheint die Idee der Doppelmensur den Theoretikern und Laien so überaus packend und anziehend, dass selbst ein Helmholtz, der grosse Theoretiker, sich lobend darüber aussprach. (Wenigstens so erfahren wir dies, aus einem Schreiben Helmholtz's an Steinway, welches letzterer in seiner obbenannten Abwehr veröffentlicht.) – Man

[S. 5]

kann auch kaum an der Erfindung der Doppelmensur etwas aussetzen, solange wir auf dem Gebiete der Theorie bleiben. — Aber ›Grau ist alle Theorie‹ sagt Goethe.

Tragen wir die fragliche Erfindung in's praktische über, und alles erscheint uns in anderem Lichte.

Der Zweck dieser neuen Einrichtung soll — Steinway's eignen Worten gemäss, — sein, ›den Grundton zu verstärken, dessen Ton länger und stärker singend zu erhalten, frei von den pfeifenden und kreischenden Nebentönen, die bei gewöhnlichen Piano's mit dem Grundtone entstehen.‹ — Einen Grundton stärken und ihm mehr Gesangsfähigkeit geben, kann man — immer nur das praktische vor Augen gehalten — nur durch einen unmittelbar mit dem Grundton in Verbindung stehenden Resonator; soll dies durch einen vom Grundton abgesonderten Gegenstand geschehen, so stört das Mitklingen dieses letzteren den Grundton; klingt aber dieser letztere Gegenstand nicht, so ist er auch zur Verstärkung des Grundtones nutzlos. — Wollte man z. B. einem Sänger zu Hilfe kommen, der in einem Raume mit s. g. schlechter Akustik zu singen hätte, so liesse sich dies durch wohlberechnete und mit Verständniss angewandte Schallbrecher erreichen, *weil hier die Form und Dimensionen des Raumes, den eigentlichen Tonregulator abgeben.* — Fiele es aber Jemandem ein, der akustischen Mangelhaftigkeit dieses Raumes durch harmonisch mitklingende Gegenstände abzuhelpfen, die den Sänger harmonisch lautend unterstützen, seinen Ton verstärken sollten, so würde sein Bestreben übel belohnt werden, weil ein jeder solcher Gegenstand *eine eigene Tonquelle bildet*

[S. 6]

*und die so erregten Partialtöne, — weil ihr Entstehen mit dem Erzeugen des Grundtones nicht zusammenfällt, — mit dem Grundtone nicht in einen Tonkörper verschmelzen können.* — Darum müssen auch bei der Doppel-Mensur die Obertöne auf die Deutlichkeit der Grundtöne störend wirken, um so mehr als dieselben, — da sie nicht abgedämpft sind, — länger klingen als die Töne der abgedämpften Grund-Mensur. Das mit Doppel-Mensur versehene Klavier muss also nothwendigerweise *schlecht abgedämpft* erscheinen und zwar um so mehr, je wirksamer die Doppel-Mensur construirt ist. Dies muss auch Steinway bei den praktischen Versuchen seiner Doppel-Mensur empfunden haben, und hat seine hintere Scala *leicht abgedämpft*, indem er ganz lege artis Tuchstreifen in die Doppelscala einflocht. Was der Ausdruck *leicht Abdämpfen* bedeuten soll, darüber lässt uns Steinway im Unklaren; ich meinestheils bin wenigstens davon überzeugt, dass die eingeflochtenen Tuchstreifen jedwede regelmässige transversale Schwingung dieser Saitentheile verhindern und somit die Doppelscala ausser Action setzen. Denn dass *abgedämpfte* Saiten zwar *hörbare Töne* geben, aber nicht nachsingen können, — wie dies Steinway in seiner Brochure behauptet, ist, gelinde gesagt, — ein Irrthum; — da doch an den Punkten, wo der Tuchstreifen die Saite berührt, nothwendigerweise eine Reihe von Knotenpunkten entstehen muss, und dadurch die noch möglichen Transversalwellen der Saite unregelmässig werden, das heisst mit andern Worten: die Saite gibt keinen eigentlichen Ton. — Was das Nichtabdämpfen der Saitentheile vor den Agraffen betrifft, so sind dieselben selbst mit Steinway's Mensur versehen so kurz, ihre Schwin-

[S. 7]

gungen deshalb so zahlreich und schnell, dass der Ton, den sie geben könnten, sehr schwach und schnellverhallend ist, und darum durch das menschliche Ohr nicht vernommen werden kann. — Und somit entfällt jene Wichtigkeit, die Steinway der Mensur dieser Saitentheile beilegt, von selbst.

Dass Steinway den Saiten bis da, wo die übersponnenen anfangen, überhaupt einen dem Grundtone der langen Saite äquivalenten Oberton mensurirt, erklärt uns die ›Abwehr‹ mit den allbekannten Elementargesetzen des Mitschwingens, als würde Jemand nach dieser Ursache geforscht haben! Es liegt ja doch so klar auf der Hand, dass die Doppel-Mensur nur dem Grundtone äquivalente Obertöne haben kann, soll sie nicht schon in der Theorie als absurdum gelten. Das Hauptgewicht bei Beurtheilung der Steinway'schen Doppel-Mensur fällt auf die praktische Durchführbarkeit dieser so interessanten Idee, auf die Frage, ob die so mensurirten Saiten durch ihre Töne nicht störend auf den Klang des Grundtones einwirken. — Und hier ist des Pudels Kern! Steinway glaubt, seinen Erörterungen gemäss, die Doppelscala auch deshalb besonders für die kürzeren Saiten für nothwendig, weil — ›die lange Saite, wenn sie zum längeren Klingen gebracht wird, nicht nur als ganze ihre Schwingungen macht, sondern sich auch von selbst in eine Anzahl, harmonische Obertöne bedingende Knotenpunkte theilt, — was bei den kürzeren Saiten erst mit Hilfe der Doppelscala erreicht wird.‹ Meines Wissens — und auch die Physik gibt mir hierin Recht, — kennt die Lehre von der Akustik keine besonderen Gesetze für die Schwingungen langer

[S. 8]

Metallsaiten, welche von den Gesetzen der Schwingungen kurzer Metallsaiten abweichen würden, da doch beide Metallsaiten sind, unter gleichen Verhältnissen gespannt sind und auf gleiche Weise zum Tönen gebracht werden. — Oder kennt etwa die Steinway'sche Fabrik Extra-Gesetze für die Schwingungen der kurzen Metallsaiten? Dann bitten wir dieselben zu Nutzen und Frommen der Wissenschaft, bekannt zu geben! Die kurzen Saiten bilden ebenso ihre, die harmonischen Obertöne bedingenden Knotenpunkte, nur sind die Obertöne, vermöge ihrer schnellen und seichten Schallwellen sehr schwach, kurz klingend und hoch, so dass sie theils ihrer Höhe, theils ihrer kurzen Dauer wegen dem menschlichen Ohre nicht zum Bewusstsein kommen. Deshalb wäre es wünschenswerth diese höheren Töne zu unterstützen, sie zu kräftigen. Dies kann aber, wie ich schon weiter oben auseinandergesetzt, nur durch unmittelbar mit dem Grundtone in Verbindung stehende Resonatoren geschehen; jedes andere Auskunftsmittel ist, wenn nicht dem Grundtone schädlich, doch wenigstens nutzlos.

›Ist der hinter dem Steg liegende Theil der Saite, — sagt die Abwehr weiter, — äquivalent irgend einem der sich in der Saite bildenden Knotenpunkte, so dauert die Schwingung bedeutend länger als bei dem nach alter Manier eingerichteten Chor; der Einfluss dieses hinter dem Stege liegenden Chores ist unmensurirt schädlich, mensurirt aber weit weniger schädlich.‹ — Und hiemit leugnet der Erfinder selbst, die Wichtigkeit seiner Doppelmensur ab. Denn eben das längere Nachklingen der hinter

dem Stege liegenden Saitenstücken [sic], — das bei einzelnen nur allein tönenden oder bei unisono tönenden Saiten sehr erwünscht sein

[S. 9]

könnte, — bewog den Erfinder, wie er es ganz deutlich und unverhohlen in seiner ›Abwehr‹ — gesteht, die hinteren mensurirten Saitenstücke ›leicht abzdämpfen‹, da dies längere Nachklingen, also der eigentliche Zweck der Erfindung, ihm schädlich vorkam. Er verfährt ganz nach alter Gewohnheit, welche die hinter dem Stege liegenden Theile durch Einflechten eines guten wolligen Tuchstreifens unschädlich macht. — Viel Lärm um — Nichts!

Was die ›kreischenden und pfeifenden Nebentöne‹ betrifft, welche der Erfinder durch seine Doppel-Mensur zu verhindern glaubt, denen dürfte selbst diese Erfindung kaum etwas helfen, da diese Nebentöne nicht durch die hinter dem Stege liegenden Saitenstücke hervorgerufen werden, sondern im Grundtone selbst ihr Entstehen haben. Die Doppel-Mensur ist also auch in dieser Richtung nutzlos!

Und nun zur stärksten Seite der ›Abwehr!‹ ›Durch die Doppelscala ist eine reinere und dauerhaftere Stimmung zu erreichen.‹ So lehrt es uns die Abwehr. Es ist jedem der nur einigermaßen sich mit Klavierstimmen abgibt, bekannt, — und so lehrt es unsere Kunst, — dass die Stimmung des Klaviers desto unsicherer wird, je mehr Reibungen die Saite in ihrem Verlaufe ausgesetzt ist. Bei unseren Instrumenten mit unmensurirten hinterem Chor ist die Reibung der Saite besonders an 3 Punkten (Agraffe, Resonanzbodensteg, und Platte) in Betracht zu ziehen, während bei den doppeltmensurirten Saiten auch die zwei Endpunkte der Saite zu berücksichtigen sind, weil auch diese Theile mittönen sollen. Fünf Reibungspunkten also ist eine solche Saite ausgesetzt. Dass unter solchen Verhältnissen die gleichmässige Span-

[S. 10]

nung der Saite schwerer zu erreichen ist, und das s. g. Nachrutschen der Saite bei den Erschütterungen des Hammerschlages viel schneller eintreten kann, — ist doch leicht einzusehen. Die reine, andauernde Stimmung des doppelt mensurirten Klaviers ist aber auch eine Unmöglichkeit, da kaum Klavierstimmer zu finden sein werden, welche, — nach den diesbezüglichen Weisungen Steinway's — die Differenz der Reibungen vor und hinter dem Stege genau kontrolliren, durch den Ton des Obertones die Reinheit und Korrektheit des Grundtones herzustellen im Stande wären, — selbst jener ›gewissenhafte‹ Stimmer nicht, auf den sich Steinway in seiner ›Abwehr‹ beruft. Und wenn es einen Stimmer gäbe, wie viel Zeit würde die gewissenhafte Stimmung eines einzigen Klaviers in Anspruch nehmen! Wie heisst es doch in ›Robert‹ — und alles Gold ist nur Chimäre! Zugegeben nun, dass das Klavier exact und gewissenhaft gestimmt die Fabrik verlässt, sehen wir was mit den Saiten und demnach mit der Stimmung weiterhin geschieht! Das Instrument wird, — wie es bei Klavieren geschieht, die in Gebrauch sind, und zum Gebrauch sind doch die Steinway'schen neuen Instrumente auch bestimmt, — bald einer kühleren bald einer höheren Temperatur ausgesetzt und diese kleinen Temperaturdifferenzen genügen dazu, dass die Saiten ihre Länge verändern, denn ich glaube selbst Steinway kann die atmosphärischen Einflüsse auf das Holz und Metall, das er zu

seinen Instrumenten benützt, nicht ausschliessen. Der Ton, den die Saite jetzt gibt ist nicht mehr derselbe, den er in der Fabrik gegeben, und weil sich die Hauptsaiten in ihrer Länge verändert hat, kann auch die Doppel-Mensur nicht unverändert bleiben, sie gibt also auch

[S. 11]

einen andern Ton, der nicht immer der erwünschte Oberton sein dürfte, und – das Klavier ist verstimmt. Später nach längerer Zeit verändert sich die Saite an den Reibungspunkten auch in ihrer Dicke, sie wird durch den Druck und die enorme Spannung dünner an den Reibungspunkten und das Verhältniss zwischen dem Hauptton und der Doppel-Mensur ist bedeutend verändert. Die Stimmung eines solchen Instrumentes kann also kaum längere Zeit anhalten und es wäre Noth, vor jedesmaligem Spielen zuerst die Mensur durch Sachverständige auf ihre Korrektheit prüfen zu lassen. Diese Eigenschaft der Doppelmensur wäre a l l e i n schon genug dieselbe für die Praxis illusorisch zu machen!

Steinway glaubt in den Motiven seines Patentes hervorheben zu sollen, dass durch diese Einrichtung die Saiten von längerer Dauer sind, dass sie nie reissen, – weil die Saite, wenn sie an einem Punkte gehalten wird und b e i d e Enden auf- und ab bewegt werden, dem Zerreißen besser widersteht, als würde unter ähnlichen Verhältnissen nur das eine Ende auf- und ab bewegt werden. Umgekehrt wäre dies richtiger, denn jeder kann sich leicht überzeugen, dass es leichter sei einen mit einer Zange gehaltenen Draht zu brechen, wenn man beide Enden desselben auf- und ab bewegt, als wenn man dies nur mit einem Ende thut. – Zum Glücke für die Doppelmensur, bewegen sich die Saiten Steinway's ebensowenig und resp. ebensoviel vor und hinter den Stiften, als alle andern Saiten, weil die Schwingungen der Saite über die Stifte nicht fortgesetzt werden, bei seinen Saiten ebenso nicht als bei unseren! Auch die G a r n i t u r d e s H a m m e r s soll durch diese Einrichtung viel länger verschont bleiben. – Hört – und staunet! Was

[S. 12]

alles die Doppelmensur im Stande ist! Diese Berechnung der Dauerhaftigkeit der Hammergegarnitur gehört wahrlich mit dem Zählen der Sterne in eine Kategorie!

Und endlich können wir uns nicht zurückhalten, unser Missfallen auszudrücken über den eigenthümlich hochfahrenden Ton, in welchem die oftgenannte ›Abwehr‹ gehalten ist. Unter Donner und Blitz wird uns Schwarz auf Weiss bekannt gegeben, dass es eine Unwürdigkeit ist ein g r o s s e s , g e a c h t e t e s Haus anzugreifen! Seit wann werden denn die Verdienste einzelner Leistungen nach der f i n a n z i e l l e n Lage des Betreffenden beurtheilt? Seit wann und nach welchen Gesetzen ist es Gebrauch die Erfindungen je nach dem zu beurtheilen und zu würdigen, ob der Erfinder X oder Z heisst, ob er mit Tausenden von Gehilfen arbeitet oder ganz allein? Ist das Verdienst, Tüchtiges geleistet zu haben, nicht gleich für Gross und Klein? Oder m u s s Alles, was von G r o s s e n kommt, schon an und für sich anbetungswürdig sein? Sollte vielleicht ausser Seiner Heiligkeit auch Steinway unfehlbar sein? Ich glaube es kaum!«

## Anhang C: Materialien zum Helmholtz-Flügel

### Transkription der Briefe zwischen Helmholtz und Steinway

1. Berlin, Archiv der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften, NL Helmholtz Nr. 448.

»New York März 11 1871.

Herrn Professor Helmholtz  
Heidelberg.  
Geehrter Herr!

Wir sind im Besitz Ihres freundlichen Schreibens. Empfangen Sie vor allen Dingen die Versicherung daß wir uns durch Ihren Auftrag sehr geehrt fühlen und wir werden Ihnen mit Vergnügen und auf unsere Kosten einen großen Concert Flügel zu Ihrer Disposition schicken.

Der Flügel ist im Umfange von 7  $\frac{1}{4}$  Octaven und wird mit getheilter Dämpfung gemacht, wodurch die tiefsten 17 Töne durch einen Drücker extra gehoben werden & wodurch man das Mitsingen der harmonischen Obertöne anderer als der angeschlagenen Saiten jedes einzelnen Tones sehr hübsch zur Empfindung bringen kann. (Zachariä in Frankfurt hat zu diesem Zweck ein sehr sinnreiches, aber auch sehr complicitres Pedalsystem erfunden).

Sobald dieser kleine Apparat fertig ist senden wir das Instrument an das Speditions Geschäft des

[S. 2]

Herrn Johannes Schroeder in Hamburg und wir ersuchen Sie diesem Herrn Ihre Berliner Adresse mitzutheilen. Herr Hof Pianoforte Fabrikant Bechstein wird Ihnen das Instrument auf Ihr Ersuchen gewiss gern auspacken und aufstellen

Sollte das Instrument Ihren Beifall haben und Ihnen dessen Besitz wünschenswerth sein so spielt der Kostenprei absolut keine Rolle und kommt durchaus nicht in Anbetracht – einmal weil Sie so viel Nutzbringendes für uns über die Empfindung des Tones gearbeitet haben und wichtiger noch weil wir hoffen daß dieses Piano Sie für fernere werthvolle Entdeckungen im Reiche der Töne anregen möge.

Unser Herr William Steinway wird wahrscheinlich im Monat Mai in Berlin eintreffen und sich glücklich schätzen Ihre Bekanntschaft zu machen.

Unter den besten Grüßen unseres Herrn Theodor Steinway, der sich noch immer mit großen Vergnügen der anregenden Unterhaltungen erinnert, welche derselbe im vorigen Jahre mit Ihnen hatte, empfehlen wir uns

Achtungsvoll und ergebenst.  
Steinway & Sons«

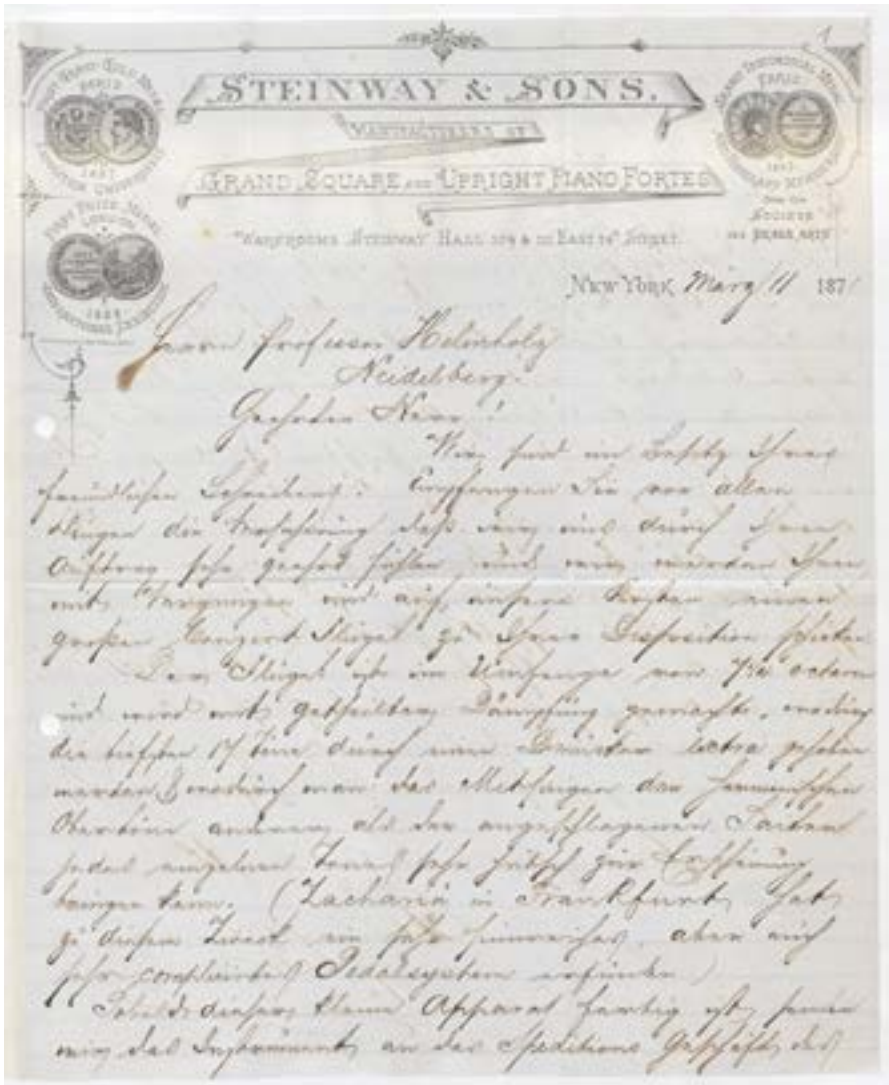


Abb. 42 Berlin, Archiv der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften, NL Helmholtz Nr. 448. Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung.



**2. New York, LaGuardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection,  
Box No. 040260, Folder 67, Letter 01.**

»1871. Helmholtz Hr. \_\_\_\_

Berlin 9 Juni 1871

Hochgeehrter Herr

Ich sage Ihnen hierdurch meinen allerbesten Dank für den sehr ausgezeichneten Flügel, den Sie mir gesandt haben, und der jetzt glücklich bei mir eingetroffen ist. Ich bin erstaunt über die Dauer des Tons, durch welche das Instrument wirklich etwas Orgelähnliches bekommt, über die Leichtigkeit und Zartheit des Anschlags bei der großen Kraftfülle und über die präzise und vollkommene Auslöschung des Tons durch die Dämpfung, welche ein wesentliches Element für die Klarheit des Spiels ist. Durch die langen Saiten der tiefsten Octave ist die musikalische Erkennbarkeit der Baßtöne sehr verbessert. Offenbar geben auf den gewöhnlichen Instrumenten die zu kurzen und zu stark

[S. 2]

belasteten Baßsaiten unharmonische Obertöne, wodurch der Baß etwas flaschenähnliches erhält und seine musikalischen Intervalle undeutlich werden.

Einem solchen Instrumente gegenüber muß ich mir manche der früher von mir über das Klavier abgegebenen Urtheile modificiren. Ich höre oft Kombinationstöne, und ein so anhaltender Ton, wie der Ihres Flügels ist [darüber eingefügt:] weniger [Einfügung Ende] empfindlicher (gegen Verstimmung), als der der gewöhnlichen schneller verklingenden Instrumente.

Ich fange an zu glauben, daß es ein wesentlicher Gewinn sein würde, einem solchen Instrumente reine Stimmung für verschiedene Tonarten zu geben, was vielleicht nach einem ähnlichen System, wie bei der Pedalarfe ohne einen zu complicirten Mechanismus geschehen könnte. Wollen Sie nicht einmal versuchen, eines ihrer Instrumente für eine Tonart rein stimmen zu lassen und dann den Klang der

[S. 3]

Accorde und unmodulirter kurzer Musikstücke mit einem gleichschwebend gestimmten zu vergleichen? Der Versuch wäre ja leicht zu machen und würde eine Vorstellung geben von dem, was etwa durch Anpassung an die reine Stimmung zu gewinnen sein würde.

Den solirten Pedalzug finde ich für die Art Musik, die ich gern spiele, namentlich Stücke von Bach, äußerst vortheilhaft; ob Leute, die überwiegend moderne Stücke spielen damit viel anfangen werden, weiß ich nicht.

Ihren Herrn Bruder habe ich leider selbst noch nicht hier gesehen, doch hat er meiner Frau versprochen wiederzukommen, und hoffe ich dann jedenfalls ihn kennen zu lernen.

Mit nochmaligem besten Dank,

Ihr

H. Helmholtz«

**3. Siemens-Helmholtz, Ellen von (Hrsg.), Anna von Helmholtz. Ein Lebensbild in Briefen, Berlin 1929, Bd. 1, S. 186.**

»Meine liebe Anna!

Berlin, 1. August 1873.

[...]

Vormittags erschien Mr. Theodor Steinway und wünschte unserem Flügel seine neueste Verbesserung der hohen Saiten anzubringen, wenigstens so weit es noch bei einem älteren Instrument möglich sei. An dem Stücke der Saiten, welches auf der Seite der Tastatur nicht mehr klingt, zwischen dem Wirbel und dem Befestigungspunkt [Agraffe] hat er noch einen zweiten Steg angebracht, welcher Saitenstücke abgrenzt, die gewisse Obertöne der ganzen Saite geben. Heute hat er es fertig gemacht; einer seiner Werkmeister hat den größeren Theil des Tages daran gearbeitet und er selbst hat es beaufsichtigt. Die bisher etwas trockenen hohen Noten scheinen in der That voller und klingender geworden zu sein. Er wünscht nun, daß ich ihm einen Brief schreibe, wie mir die Sache gefällt.

Die höchsten Töne unseres Flügels haben wirklich gewonnen; man kann den Unterschied noch jetzt hörbar machen, wenn man die frei gemachten Saitenteile wieder dämpft. Es ist übrigens unglaublich, was für Studium und feine Arbeit in einem solchen Flügel steckt. Herr Steinway hat mir noch viele Einzelheiten im Innern gezeigt; ich werde ihm aber noch Abänderungen vorschlagen. [...]«

**4. Brief von Helmholtz an »Herren Steinway and Sons«, 13. August 1873. Original nicht erhalten, Auszug zitiert im »Signale«-Artikel. Transkription siehe oben.**

**5. New York, LaGuardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection, Steinway & Sons, Illustrated Catalogue, 1885, ohne Seitenzahl (Auszug, Original nicht erhalten).**

»Extract from letter dated BERLIN, March 16th, 1885.

GENTLEMEN,—Another feature of special interest to me in the new Steinway Grand pianoforte was the study of the perfect effect of the recent improvements in your duplex scaling caused by its greater and more favourable harmonic sub-divisions. I am convinced that thereby you have introduced a further important improvement—the tone throughout the entire scaling being remarkable for its evenness, and for its wonderful sweetness, richness, and volume of tone.

H. Helmholtz.«

**6. New York, LaGuardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection, Box No. 040260, Folder 67, Letter 004.**

»New York, October 6th 1893

Charlottenburg  
Marchstrasse

Hochgeehrter Herr

Ich habe von Ihrer gütigen Erlaubniss Gebrauch gemacht, und sowohl die Reife der fertigen Flügel in Steinway Hall, als auch die Fabrik in New York mir angesehen, wo die einzelnen Theile der Mechanik zusammengesetzt und einander angepasst werden. Es haben mich dabei namentlich zwei Punkte interessirt, die mit den Resultaten meiner akustischen Studien übereinstimmen; nämlich erstens die weitere Durchführung und zweckmässigere Abtheilung von aliquoten Theilen der Saitenlänge, um Verstärkung einzelner harmonischer Obertöne zu erreichen und dadurch die Gesammtklang der Saite musikalischer zu machen. Die jetzige Abtheilung durch einen zusammenhängenden, wenig gewölbten festen Steg erlaubt offenbar eine leichtere Übertragung des gemeinsamen Obertons, und ein langsames [sic] derselben, was beides deutlich wahrnehmbar ist. Zweitens war mir sehr interessant die Art, wie Sie die dem Saitendruck entgegenwirkende Wölbung des Resonanzbodens hervorbringen. Auf den besonderen Einfluss der Wölbung der resonirenden Fläche bin ich selbst erst nach Vollendung meines Buchs über Tonempfindungen aufmerksam geworden, und habe denselben in einem kleineren Aufsatz über Mechanik des menschlichen Ohres, der auch in die Sammlung meiner wissenschaftlichen Aufsätze aufgenommen ist, besprochen. Im Ohre ist nämlich am Trommelfell [sic] für die Uebertragung der Schwingungen der Luft an die Gehörknöchelchen benutzt, derselbe Kunstgriff benutzt und eine ganz ähnliche Wölbung der Fläche, den Sie bei den Piano's so nützlich befunden haben. Dass durch die Klemmung des Holzes, welche der Wölbung entspricht auch die Dauer des Flügels in Beziehung auf Tonfülle und Stärke sehr günstig beeinflusst werden muss, ist evident

Mit den besten Wünschen für Ihre baldige vollständige Genesung, und nochmaligen Dank für die mir freundlich gewährte Gelegenheit Ihre Werkstätten zu sehen

Ihr ergebener

H. v. Helmholtz

M W. Steinway  
New York  
Grammercy Place«

### Abbildungen des Helmholtz-Flügels

Die folgenden Fotografien wurden im Juli 2019 durch Konrad Rainer am Deutschen Museum erstellt.



**Abb. 43** Gesamtansicht des Helmholtz-Flügels. Deutsches Museum, Inv.-Nr. 2009-477.



Abb. 44    Aufsicht auf den Helmholtz-Flügel.



**Abb. 45**    Untersicht des Helmholtz-Flügels.



**Abb. 46** Die Duplex-Skala des Helmholtz-Flügels.

### Messungen am Helmholtz-Flügel

Die Messungen am Helmholtz-Flügel wurden am 11.12.2018 mit Unterstützung der Klavierbauerin Susanne Wittmayer vorgenommen, der an dieser Stelle herzlich gedankt sei. Da die Messuren bis zu zwei Metern betragen, sind allein aus praktischen Gründen schon zwei Personen nötig. Die Messungen erfolgten mit einem Maßband mit 1 mm Genauigkeit, einem Stahllineal mit 0,5 mm Genauigkeit und einer Schieblehre mit elektronischer Anzeige bis auf die hundertstel-Millimeter-Ebene.<sup>1</sup> In Musikinstrumenten-Katalogen werden von Messuren und Anschlagsstellen unterhalb der dreigestrichenen Oktave gewöhnlich nur jeweils die f- und c-Werte angegeben.<sup>2</sup> Die Kreuzbesaitung erschwert die Messung an den Saiten, die unterhalb der Basssaiten verlaufen. Das Maßband muss unter einer schräg verlaufenden Plattenstrebe hindurchgeführt und dann bis zum Steg unterhalb der Basssaiten gehalten werden.

Taste Nr.	Ton	Mensur	Duplex-Länge	Anschlagsstellen
88	c <sup>5</sup>	45	22	4,5
87		47	24	4,5
86		50	25,5	5
85		53	27,5	4,5
84		56	29	4
83		59	31,5	4
82		63,5	33,5	5
81	f <sup>4</sup>	67	34,5	6
80		71,5	35	6
79		75,5	39	6,5
78		80	41	6,5
77		85	22,5	7
76	c <sup>4</sup>	90,5	24	7,5

<sup>1</sup> Ich danke Alexander Steinbeißer, Musikinstrumentenrestaurator am Deutschen Museum, für das Ausleihen der Messwerkzeuge.

<sup>2</sup> So auch bei Henkel, Tasteninstrumente, 1994, S. 296–297; und Beurmann, Buch, 2007.



Taste Nr.	Ton	Mensur	Duplex-Länge	Anschlagsstellen
75		95,5	24,5	8
74		100,5	26	8,5
73		105,5	28	8,5
72		111	29	9
71		117	31	9
70		123	32	10
69	f <sup>♯</sup>	130,5	33,5	11
68		138,5	34,5	12,5
67		146	36	13,5
66		154	38	17
65		162	42	16
64	c <sup>3</sup>	172,5	44	18
63			23	
62			25	
61			26,5	
60			28,5	
59			30,5	
58			32	
57	f <sup>2</sup>	252,5	34	28
56			36	
55			38	
54			39,7	
53			23	
52	c <sup>2</sup>	329	22,5	38
51				
50				
49				
48				
47				
46				

Taste Nr.	Ton	Mensur	Duplex-Länge	Anschlagsstellen
45	f <sup>1</sup>	488,5		60
44				
43				
42				
41				
40	c <sup>1</sup>	642,5		81
39				
38				
37				
36				
35				
34				
33	f	965		122
32				
31				
30				
29				
28	c	1283		156
27				
26				
25				
24				
23				
22				
21	F	1698		200
20				
19				
18				
17				
16	C	1693		200
15				
14				

Taste Nr.	Ton	Mensur	Duplex-Länge	Anschlagsstellen
13				
12				
11				
10				
9	FF	1905		215
8				
7				
6				
5				
4	CC	1960		220
3				
2				
1	AAA	1978		222

Der Helmholtz-Flügel wurde mit drei anderen zeitgenössischen Flügeln verglichen. Die Grunddaten zu diesen drei Instrumenten sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst:<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Die Daten stammen aus den Katalogen Koster, Instruments, 1994, S. 300–311 und Beurmann, Buch, 2007, S. 299–303.

	Chickering & Sons	Hallet, Davis & Co.	Erard
Ort/Jahr	Boston 1858	Boston um 1859	London 1873
Seriennr.	19 298	7492	13 032
Tonumfang	CC–c <sup>5</sup> (85 Tasten)	CC–c <sup>5</sup> (85 Tasten)	AAA–a <sup>4</sup> (85 Tasten)
Korpusmaße	2060 x 1417 x 342	2058 x 1310 x 353	1910 x 1355 x 350
Teilung zwischen Bass- und Hauptsteg	Teilung zwischen F und F <sup>#</sup>	Teilung zwischen F und F <sup>#</sup>	Teilung zwischen C <sup>#</sup> und D
Besaitung	Geradsaitig  CC–EE: einsaitig  FF–c <sup>5</sup> : zweichörig	Geradsaitig  CC–AA: zweichörig, Stahlsaiten  BB–c <sup>5</sup> : dreichörig, Stahlsaiten	Geradsaitig  AAA–FF: einsaitig umspannen  FF <sup>#</sup> –C <sup>#</sup> : zweichörig umspannen  D–f <sup>5</sup> : zweichörig blank  f <sup>#5</sup> –a <sup>4</sup> : dreichörig
Saitenstärkenummern		f <sup>4</sup> –c <sup>5</sup> : 12 f <sup>5</sup> –e <sup>4</sup> : 13 g <sup>2</sup> –e <sup>3</sup> : 14 b <sup>1</sup> –f <sup>#2</sup> : 15 e <sup>1</sup> –a <sup>#1</sup> : 16 a <sup>#</sup> –d <sup>#1</sup> : 17 e–a: 18 c–d <sup>#</sup> : 19 A <sup>#</sup> –B: 20 G <sup>#</sup> –A: 21 F <sup>#</sup> –G: 22	g <sup>4</sup> : 12 d <sup>#4</sup> : 12 ½ c <sup>4</sup> : 13 g <sup>#3</sup> : 13 ½ f <sup>5</sup> : 14 c <sup>3</sup> : 15 g <sup>2</sup> : 16 d <sup>2</sup> : 18 b <sup>1</sup> : 19 d <sup>1</sup> : 20 f <sup>#</sup> : 20 ½ B: 21 D: 22

## Literatur- und Quellenverzeichnis

### Literatur

- : Alfred James Hipkins. In: *The Musical Times and Singing Class Circular* 39 (1898), H. 66S. 581–586.
- : Auction Hamptons. In: *The Connoisseur. An Illustrated Magazine for Collectors* 93 (1934), H. 4, S. 334.
- : Bankrupts from the London Gazette. In: *The Edinburgh Gazette*, 25.11.1919, S. 3694, <https://www.thegazette.co.uk/Edinburgh/issue/13529/page/3694/data.pdf> (12.02.2025).
- : Die Musik-Instrumente auf der Londoner Internationalen Ausstellung von 1972. In: *Gewerbeblatt aus Württemberg*, 10.11.1872, H. 45, S. 443–448.
- : Hurrah! Helmholtz! »Old Columbia« ehrt den deutschen Gelehrten. In: *New-Yorker Staats-Zeitung*, 06.10.1893, S. 12.
- : Karl Kützing. In: *Eidgenössische Zeitung*, 164, 16.06.1862, S. 4, <https://www.e-newspaperarchives.ch/?a=d&d=EIZE18620616-01.2.7> (12.02.2025).
- : Steinway, Henry Engelhard. In: *Encyclopædia of Contemporary Biography of New York*. Band 2 von 3. New York 1882, S. 362–368.
- : Steinway, Theodore. In: *Encyclopædia of Contemporary Biography of New York*. Band 3 von 3. New York 1884, S. 438–440.
- : Steinway, William. In: *Encyclopædia of Contemporary Biography of New York*. Band 3 von 3. New York 1884, S. 40–43.
- : The Siren of Science. Or, the Mode of Numbering Sonorous Vibrations. In: *Harper's New Monthly Magazine* 45 (1872), S. 844–849.
- : Theodore Steinway's Will. In: *The Musical Courier* 18 (1889), H. 14, S. 274, [https://archive.org/details/sim-music-magazine-and-musical-courier\\_1889-04-03\\_18\\_477/page/274/mode/2up](https://archive.org/details/sim-music-magazine-and-musical-courier_1889-04-03_18_477/page/274/mode/2up) (12.02.2025).
- Abraham, Otto: Tonometrische Untersuchungen an einem deutschen Volkslied. In: *Psychologische Forschung: Zeitschrift für Psychologie und ihre Grenzwissenschaften* 4 (1923), S. 1–22, <https://doi.org/10.1007/BF00410630> (28.02.2025).
- Adlung, Jakob: *Musica Mechanica Organoedi*. Das ist: Gründlicher Unterricht von der Struktur, Gebrauch und Erhaltung [et]c. der Orgeln, Clavicymbel, Clavichorden und anderer Instrumente [...]. 2 Bde. Berlin 1768.
- Ahrens, Christian: ... einen überaus poetischen Ton. Hammerklaviere mit Wiener Mechanik. Frankfurt a. M. 1999.
- Anderson, R. G. W.: Were Scientific Instruments in the Nineteenth Century Different? Some Initial Considerations. In: de Clercq, Peter R. (Hrsg.): *Nineteenth-Century Scientific Instruments and Their Makers. Papers Presented at the Fourth Scientific Instrument Symposium*, Amsterdam, 23–26 Oct. 1984. Amsterdam 1985, S. 1–12.
- Appunn, Anton: Ein natürliches Harmoniesystem. Mit besonderer Rücksicht auf Anwendung in der musikalischen Praxis, verbunden mit einer Anleitung zur Behandlung eines neu konstruierten Instruments mit reiner Stimmung, ohne Aenderung der gewöhnlichen Claviatur. Leipzig 1892.
- Appunn, Georg: Ueber die Helmholtz'sche Lehre von den Tonempfindungen als Grundlage für die Theorie der Musik, nebst Beschreibung einiger, zum Theil ganz neuer Apparate, welche zur Erläuterung und zum Beweis dieser Theorie geeignet sind. In: *Wetterauische Gesellschaft für die Gesamte Naturkunde zu Hanau* (Hrsg.): *Bericht der Wetterauischen Gesellschaft für die gesammte Naturkunde zu Hanau*. Hanau 1868, S. 73–90.
- Arnheim, Josef: *Die Jacobson-Schule zu Seesen am Harz*. Braunschweig 1867.
- Askenfelt, Anders (Hrsg.): *Five Lectures on the Acoustics of the Piano*. Stockholm 1990.
- Bailhache, Patrice: *Une histoire de l'acoustique musicale*. Paris 2001.

- : Helmholtz, du son à la musique. Paris 2011.
- Balk, Norman: Die Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin. Mit einer Darstellung des Berliner Bildungswesens bis 1810. Berlin 1926.
- Becker, Carl F.: Systematisch-chronologische Darstellung der musikalischen Literatur von der frühesten bis auf die neueste Zeit. Leipzig 1836.
- Bédos de Celles, François: L'art du facteur d'orgues. 4 Bde. Paris 1766–1778.
- Berdux, Silke; Steinbeißer, Alexander: Speaking Apparatus Now Speaking. A Project at the Deutsches Museum in Munich. In: Pucher, Michael; Trouvain, Jürgen; Lozo, Carina (Hrsg.): HSCR 2019: Proceedings of the Third International Workshop on the History of Speech Communication Research, Vienna, September 13–14, 2019. Dresden 2019, S. 59–68.
- Beregszászy, Ludwig: Die Steinway'sche Doppelmensur im Lichte der Praxis. Budapest 1875.
- Beurmann, Andreas E.: Das Buch vom Klavier. Die Sammlung Beurmann im Museum für Kunst und Gewerbe in Hamburg und auf Gut Hasselburg in Ostholstein. Hildesheim/Zürich/New York 2007.
- Beyer, Robert T.: Sounds of Our Times. Two Hundred Years of Acoustics. New York 1999.
- Bijsterveld, Karin; Peters, Peter F.: Composing Claims on Musical Instrument Development. A Science and Technology Studies' Contribution. In: Interdisciplinary Science Reviews 35 (2010), H. 2, S. 106–121.
- Bindseil, Heinrich E.: Akustik – mit sorgfältiger Berücksichtigung der neuern Forschungen. Potsdam 1839.
- Bingham, Tony; Turner, Anthony J. (Hrsg.): Metronomes and Musical Time. Catalogue of the Tony Bingham Collection at the Exhibition AUF TAKT! Held in the Museum für Musik, Basel. London 2017.
- Birkett, Stephen; Jurgenson, William: Why Didn't Historical Makers Need Drawings? Part I – Practical Geometry and Proportion. In: Galpin Society Journal 54 (2001), S. 242–284.
- Bleyer, J. F.: Historische Beschreibung der aufrechtstehenden Forte-Pianos, von der Erfindung Wachtl und Bleyers in Wien. In: Intelligenz-Blatt zur Allgemeinen Musikalischen Zeitung 13 (1811), Nr. 17, Sp. 73–77.
- Blüthner, Julius; Gretsche, Heinrich: Lehrbuch des Pianofortebaues in seiner Geschichte, Theorie und Technik. 2 Bde. Weimar 1872.
- Bouveresse, Jacques: Percevoir la musique. Helmholtz et la théorie physiologique de la musique. Paris 2016.
- Brackhane, Fabian: Die Orgel als Prototyp der künstlichen Spracherzeugung. In: Acta organologica 35 (2017), S. 339–368.
- Brain, Robert M.: The Pulse of Modernism. Physiological Aesthetics in Fin-de-Siècle Europe. Seattle/London 2015.
- Brandt, Eduard: Ueber Verschiedenheit des Klanges (Klangfarbe). In: Annalen der Physik und Chemie 112 (1861), H. 2, S. 324–336.
- Braun, Peter (Hrsg.): Objektbiographie. Ein Arbeitsbuch. Weimar 2015.
- Brenni, Paolo: The Triumph of Experimental Acoustics: Albert Marloye (1795–1874) and Rudolph Koenig (1832–1901). In: Bulletin of the Scientific Instrument Society 44 (1995), S. 13–17.
- : 1800–1900: A Century of Instruments for the Study of Acoustics. In: Giatti, Anna; Miniati, Mara (Hrsg.): L'acustica e i suoi strumenti. Acoustics and Its Instruments. Florenz 2001, S. 57–72.
- : Nineteenth-Century Acoustics and Its Instruments: On the Method of Reenactment, 2020, <https://soundandscience.net/contributor-essays/nineteenth-century-acoustics-and-its-instruments-on-the-method-of-reenactment/> (12.02.2025).
- Bucur, Voichita: Handbook of Materials for String Musical Instruments. Cham 2016.
- Bungert, Heike: Festkultur und Gedächtnis. Die Konstruktion einer deutschamerikanischen Ethnizität 1848–1914. Paderborn 2016.
- Busby, Thomas: Concert Room and Orchestra Anecdotes of Music and Musicians. Ancient and Modern. London 1825.

- Buß, Georg: Musik und Elektrizität. In: Die Gartenlaube (1892), H. 3, S. 92–93, [https://de.wikisource.org/wiki/Musik\\_und\\_Elektrizit%C3%A4t](https://de.wikisource.org/wiki/Musik_und_Elektrizit%C3%A4t) (12.02.2025).
- Cagniard de la Tour, Charles: Sur la sirène, nouvelle machine d'acoustique destinée à mesurer les vibrations de l'air qui constituent le son. In: *Annales de Chimie et de Physique* 12 (1819), S. 167–171.
- Cahan, David (Hrsg.): Hermann von Helmholtz and the Foundations of Nineteenth Century Science. Berkeley/Los Angeles/London 1993.
- (Hrsg.): Letters of Hermann von Helmholtz to His Parents. The Medical Education of a German Scientist, 1837–1846. Stuttgart 1993.
- : Helmholtz in Gilded-Age America: The International Electrical Congress of 1893 and the Relations of Science and Technology. In: *Annals of Science* 67 (2010), H. 1, S. 1–38.
- : Helmholtz. A Life in Science. Chicago/London 2018.
- Chinaglia, Walter: Towards the Rebuilding of an Italian Renaissance-Style Wooden Organ. München 2020, <https://www.deutsches-museum.de/assets/Verlag/Download/Studies/studies-5-download.pdf> (12.02.2025).
- Chisholm, Leon: Keyboard Playing and the Mechanization of Polyphony in Italian Music, Circa 1600. Diss. University of California, Berkley, 2015, <https://escholarship.org/uc/item/950881g4> (12.02.2025).
- Chladni, Ernst F. F.: Entdeckungen über die Theorie des Klanges. Leipzig 1787.
- : Die Akustik. Leipzig 1802.
- : Neue Beyträge zur Akustik. Leipzig 1817.
- : Beyträge zur praktischen Akustik und zur Lehre vom Instrumentbau. Leipzig 1821.
- : Kurze Uebersicht der Schall- und Klanglehre nebst einem Anhang, die Entwicklung und Anordnung der Tonverhältnisse betreffend. Mainz 1827.
- Clinksale, Martha N.: Makers of the Piano. 1820–1860. Oxford 1999.
- Coates, Kevin: Geometry, Proportion and the Art of Lutherie. Oxford 1985.
- Coelho, Victor A.: Music and Science in the Age of Galileo. Dordrecht u. a. 1992.
- Cohen, Hendrik F.: Quantifying Music. The Science of Music at the First Stage of Scientific Revolution, 1580–1650. Dordrecht 1984.
- Colmont, Achille de: Histoire des expositions des produits de l'industrie française. Paris 1855.
- Conklin Jr., Harold A.: Piano Design Factors – Their Influence on Tone and Acoustical Performance. In: Askenfelt, Anders (Hrsg.): Five Lectures on the Acoustics of the Piano. Stockholm 1990, S. 19–38.
- Cooper-Hewitt Museum (Hrsg.): American Enterprise. Nineteenth-Century Patent Models. New York 1984.
- Cross, Charles R.: Historical Notes Relating to Musical Pitch in the United States. In: *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences* 35 (1990), H. 22, S. 453–467.
- Dahlhaus, Carl: Hermann von Helmholtz und der Wissenschaftscharakter der Musiktheorie. In: Zaminer, Frieder (Hrsg.): Über Musiktheorie. Referate der Arbeitstagung 1970 in Berlin. Köln 1970, S. 49–58.
- Daston, Lorraine; Galison, Peter: The Image of Objectivity. In: *Representations* 40 (1992), S. 81–128.
- Davies, James Q.: Instruments of Empire. In: Davies, J. Q.; Lockhart, Ellen (Hrsg.): Sound Knowledge. Music and Science in London, 1789–1851. Chicago 2016, S. 145–174.
- Davies, James Q.; Lockhart, Ellen (Hrsg.): Sound Knowledge. Music and Science in London, 1789–1851. Chicago 2016.
- Dennis, Flora: Sound and Domestic Space in Fifteenth- and Sixteenth-Century Italy. In: *Studies in the Decorative Arts* 16 (2008), H. 1, S. 7–19.
- : When is a Room a Music Room? In: Howard, Deborah; Moretti, Laura (Hrsg.): The Music Room in Early Modern France and Italy. Sound, Space and Object. Oxford 2012, S. 37–49.
- : Organology and Material Culture. In: *Journal of the American Musical Instrument Society* 44 (2018), S. 18–25.
- Dierig, Sven: Wissenschaft in der Maschinenstadt. Emil Du Bois-Reymond und seine Laboratorien in Berlin. Göttingen 2006.
- Dolan, Emily I.: Toward a Musicology of Interfaces. In: *Keyboard Perspectives* 5 (2012), S. 1–13.

- : *The Orchestral Revolution: Haydn and the Technologies of Timbre*. Cambridge (UK)/New York 2013.
- : *Hearing Perfection*. In: Hui, Alexandra; Mills, Mara; Tkaczyk, Viktoria (Hrsg.): *Testing Hearing. The Making of Modern Aurality*. New York 2020, S. 109–130.
- Dolge, Alfred: *Pianos and Their Makers*. Covina 1911.
- Donders, Frans Cornelis: *Zur Klangfarbe der Vocale*. In: *Archiv für die holländischen Beiträge zur Natur- und Heilkunde* 3 (1864), S. 446–448.
- : *Zur Klangfarbe der Vocale*. Vorläufige Notiz. In: *Annalen der Physik und Chemie* 123 (1864), S. 527–528.
- Donhauser, Peter: *Elektrische Klangmaschinen*. Wien/Köln/Weimar 2007.
- Dostrovsky, Sigalia; Cannon, John T.: *Entstehung der musikalischen Akustik (1600–1750)*. In: Zaminer, Frieder u. a. (Hrsg.): *Hören, Messen und Rechnen in der frühen Neuzeit*. Darmstadt 1987, S. 7–80.
- Dove, Heinrich W.: *Nachtrag zu den Combinationstönen* pag. 53. In: *Repertorium der Physik* III (1839), S. 404–405.
- : *Beschreibung einer Lochsirene für gleichzeitige Erregung mehrerer Töne*. In: *Annalen der Physik und Chemie* 158 (1851), S. 596–598.
- Drake, Stillman: *Renaissance Music and Experimental Science*. In: *Journal of the History of Ideas* 31 (1970), H. 4, S. 483–500.
- Dulcken, Ferdinand Q.: *The Tone Sustaining Pedal. A Method for Its Proper Use, Exemplified by Many Original Preludes and Also Extracts From Classical and Modern Compositions*. New York 1880, <https://www.loc.gov/resource/sm1880.00540.0/?sp=1> (12.02.2025).
- Dürer, Albrecht: *Underweysung der Messung mit dem Zirckel und Richtscheit*. In *Linien, Ebenen und ganzen Corporen durch Albrecht Dürer zusammen getzogen [...]*. Nürnberg 1525.
- Dürer, Carsten: *Steinway fragte Hermann von Helmholtz*. In: *PianoNEWS. Magazin für Klavier und Flügel* (2009), H. 4, S. 37.
- Dyck, Walther von: *Deutsches Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik*. München, Maximilianstrasse 26. Führer durch die Sammlungen. Leipzig 1907.
- Eitz, Carl: *Das mathematisch-reine Tonsystem. Gemeinverständlich dargestellt*. Leipzig 1891.
- : *Lebenserinnerungen von Carl Eitz*. Wie sich die Forschung ihre Werkzeuge zur Lösung bestimmter Aufgaben auswählt und vorbereitet. In: *Mansfelder Heimatkalender* 4 (1925), S. 82–89, <https://www.laton.ch/detailinformation/lebenserinnerungen-carl-eitz/> (12.02.2025).
- Eliav, Mordechai: *Jüdische Erziehung in Deutschland im Zeitalter der Aufklärung und der Emanzipation*. Münster u. a. 2001.
- Ellis, Alexander J.: *On the History of Musical Pitch*. In: *Journal of the Society of Arts* 28 (1880), H. 1424, S. 293–336.
- Engel, Gustav: *Das mathematische Harmonium*. Berlin 1881.
- Fau, J.; Chevalier, Charles: *Nouveau manuel complet du physicien-préparateur ou description d'un cabinet de physique*. 2 Bde. Paris 1853/1854.
- Fischhof, Joseph: *Versuch einer Geschichte des Clavierbaues*. Wien 1853.
- Fostle, Don W.: *The Steinway Saga: An American Dynasty*. New York 1995.
- Fouilhé, Eric; Houssay, Anne: *String »After-Length« and the Cello Tailpiece: Acoustics and Perception*. In: Bresin, Roberto; Askenfelt, Andres (Hrsg.): *Proceedings of the Stockholm Music Acoustics Conference*. Berlin 2013, S. 60–65.
- Fricke, Jobst P.: *Pitch bending und das Harmonium als Reininstrument*. Mit einem Verzeichnis der Reininstrumente und deren Beschreibung. In: Lustig, Monika (Hrsg.): *Harmonium und Handharmonika*. Bericht des 20. Musikinstrumentenbau-Symposiums 1999. Blankenburg 2002, S. 105–116.
- Fuchs, Franz: *Zur Entwicklungsgeschichte der physikalischen Abteilung im Deutschen Museum*. In: *Physikalische Blätter* 7 (1951), H. 12, S. 543–555.
- Gabler, Matthias: *Der Instrumentaltön*. Eine physikalische Abhandlung. Ingolstadt 1775.
- Ganot, Adolphe: *Cours de physique, purement expérimentale et sans mathématiques. A l'usage des gens du monde*. Paris 1859.



- Gethmann, Daniel: »Musick of Scraping Trenchers«. Medienexperimente zur Frequenzbestimmung von Galileo Galilei, Robert Hooke, Felix Savart und die Medialisierung des Klangs. In: Volmar, Axel; Schröter, Jens (Hrsg.): *Auditive Medienkulturen*. Bielefeld 2013, S. 45–60.
- Giatti, Anna; Miniati, Mara (Hrsg.): *L'acustica e i suoi strumenti. Acoustics and Its Instruments*. Florenz 2001.
- Gilbert, Sarah M: *Intersections of Music and Science in Experimental Violins of the Nineteenth Century*. Master Thesis Florida State University, 2013.
- Giordano, Nicholas J.: *Physics of the Piano*. Oxford/New York 2010.
- Gleim, Elfrid (Hrsg.): *Hammerflügel bis ca. 1825 im Germanischen Nationalmuseum*. Beschreiben der Katalog. Wilhelmshaven 2012.
- Goldbach, Karl T.: *Arthur von Oettingen und sein Orthotonophonium im Kontext*. 2007, <http://hdl.handle.net/10062/5574> (12.02.2025).
- Good, Edwin M.: *Giraffes, Black Dragons, and Other Pianos*. Stanford 1982.
- Gouk, Penelope: *The Role of Acoustics and Music Theory in the Scientific Work of Robert Hooke*. In: *Annals of Science* 37 (1980), H. 5, S. 573–605.
- : *Music, Science and Natural Magic in Seventeenth Century England*. New Haven, Conn. 1999.
- Gross, Hans-Werner: *Harmoniumtöne in der Geschichte der Wissenschaftspopularisierung im 19. Jahrhundert*. 2019, [https://harmonium.gdo.de/fileadmin/ak\\_harmonium/veroeff/e-Publications/Gross\\_Wissenschaftspopularisierung\\_2020/Gross\\_Harmonium\\_Wissenschaftspopularisierung.pdf](https://harmonium.gdo.de/fileadmin/ak_harmonium/veroeff/e-Publications/Gross_Wissenschaftspopularisierung_2020/Gross_Harmonium_Wissenschaftspopularisierung.pdf) (12.02.2025).
- Gugler, Bernhard: *Rückblick auf die Musikinstrumente der Wiener Weltausstellung*. In: *Allgemeine Musikalische Zeitung* 9 (1874), H. 18, Sp. 278–280.
- Haffke, Maren: *Archäologie der Tastatur*. Paderborn 2019.
- Hansing, Siegfried: *Das Pianoforte in seinen akustischen Anlagen*. Schwerin 1909.
- Hanslick, Eduard: *Vom Musikalisch-Schönen*. Ein Beitrag zur Revision der Aesthetik der Tonkunst. Leipzig 1854.
- : *Musikalisches aus London, III. Von der Ausstellung, 2.7.1862*. In: Dietmar Strauß (Hrsg.): *Eduard Hanslick. Sämtliche Schriften. Historisch-kritische Ausgabe*. Band 1/6 Aufsätze und Rezensionen 1862–1863. Wien 2008.
- Hartmann, Carl (Hrsg.): *Zeitschrift für Orgel-, Clavier- und Flügelbau, sowie für die Anfertigung der Geigen, Bratschen, Cello's und Bässe, der dazu gehörigen Saiten und Bogen, ingleichen sämtlicher Blas- und anderer musicalischen Instrumente*. Weimar 1844–1855.
- Hatfield, Gary: *Helmholtz and Classicism. The Science of Aesthetics and the Aesthetics of Science*. In: Cahan, David (Hrsg.): *Hermann von Helmholtz and the Foundations of Nineteenth Century Science*. Berkeley/Los Angeles/London 1993, S. 522–558.
- Helmholtz, Hermann von: *Ueber physikalische Ursache der Harmonie und Disharmonie*. In: *Amtlicher Bericht über die Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte* 34 (1858), S. 157–159.
- : *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*. Braunschweig 1863.
- : *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*. Braunschweig 1865.
- : *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*. Braunschweig 1870.
- : *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*. Braunschweig 1877.
- : *Telephon und Klangfarbe*. In: Helmholtz, Hermann von (Hrsg.): *Wissenschaftliche Abhandlungen*. Leipzig 1882, S. 463–474.
- : *Theorie der Luftschwingungen in Röhren mit offenen Enden*. In: Helmholtz, Hermann von (Hrsg.): *Wissenschaftliche Abhandlungen*. Band 1 von 3. Leipzig 1882, S. 303–382.
- : *Ueber Combinationstöne*. In: Helmholtz, Hermann von (Hrsg.): *Wissenschaftliche Abhandlungen*. Band 1 von 3. Leipzig 1882a, S. 256–262.
- : *Ueber Combinationstöne*. In: Helmholtz, Hermann von (Hrsg.): *Wissenschaftliche Abhandlungen*. Band 1 von 3. Leipzig 1882b, S. 263–302.

- : Ueber den Einfluss der Reibung in der Luft auf die Schallbewegung. In: Helmholtz, Hermann von (Hrsg.): *Wissenschaftliche Abhandlungen*. Band 1 von 3. Leipzig 1882, S. 383–387.
- : Ueber die arabisch-persische Tonleiter. In: Helmholtz, Hermann von (Hrsg.): *Wissenschaftliche Abhandlungen*. Band 1 von 3. Leipzig 1882, S. 424–426.
- : Ueber die Bewegung der Violinsaiten. In: Helmholtz, Hermann von (Hrsg.): *Wissenschaftliche Abhandlungen*. Band 1 von 3. Leipzig 1882, S. 410–419.
- : Ueber die Klangfarbe der Vocale. In: Helmholtz, Hermann von (Hrsg.): *Wissenschaftliche Abhandlungen*. Band 1 von 3. Leipzig 1882, S. 397–407.
- : Ueber die Vocale. In: Helmholtz, Hermann von (Hrsg.): *Wissenschaftliche Abhandlungen*. Band 1 von 3. Leipzig 1882, S. 395–396.
- : Ueber musikalische Temperatur. In: Helmholtz, Hermann von (Hrsg.): *Wissenschaftliche Abhandlungen*. Band 1 von 3. Leipzig 1882, S. 420–423.
- : Ueber die Combinationstöne oder Tartinischen Töne. In: Helmholtz, Hermann von (Hrsg.): *Wissenschaftliche Abhandlungen*. Band 3 von 3. Leipzig 1895, S. 7–9.
- : Erinnerungen. Tischrede gehalten bei der Feier des 70. Geburtstages Berlin 1891. In: Helmholtz, Hermann von (Hrsg.): *Vorträge und Reden von Hermann von Helmholtz*. Band 1 von 2. Braunschweig 1896, S. 1–21.
- : Vorlesungen über die mathematischen Prinzipien der Akustik. Leipzig 1898.
- : Über die physiologischen Ursachen der musikalischen Harmonien. Mit einem wissenschaftshistorischen Nachwort herausgegeben von Fritz Krafft. München 1971.
- Helmholtz, Hermann von; Ellis, Alexander J. (Übersetzer): *On the Sensations of Tone as a Physiological Basis for the Theory of Music*. London 1885; Reprint Mineola, N.Y. 1954.
- Helmholtz, Hermann von; Guérout, Georges (Übersetzer); Wolff, Auguste (Übersetzer): *Théorie physiologique de la Musique fondée sur l'étude des sensations auditives*. Paris 1868.
- Henkel, Hubert: Theorien zur Mensurierung von Hammerklavieren und ihre Anwendung in der Praxis des Pianofortebaus. In: *Deutsches Museum: Wissenschaftliches Jahrbuch*. München 1989, S. 107–132.
- : Besaitete Tasteninstrumente. *Deutsches Museum von Meisterwerken der Naturwissenschaft und Technik. Musikinstrumentensammlung: Kataloge der Sammlungen – Musikinstrumentensammlung*. Frankfurt a.M. 1994.
- Hentschel, Klaus: The »Invisible Hand« of Carl Friedrich Gauß – Retracing the Life of Moritz Meyerstein, a 19th Century Instrument Maker and Universitäts-Mechanicus. In: Forstner, Christian; Walker, Mark (Hrsg.): *Biographies in the History of Physics. Actors, Objects, Institutions*. Cham 2020, S. 13–36.
- Heyde, Herbert: *Musikinstrumentenbau*. 15.–19. Jahrhundert. Kunst – Handwerk – Entwurf. Wiesbaden 1986.
- Hiebert, Elfrieda F.: Helmholtz's Musical Acoustics: Incentive for Practical Techniques in Pedaling and Touch at the Piano. In: Dobszay, László: *The Past in the Present. Papers Read at the IMS Intercongressional Symposium and the 10th Meeting of the CANTUS PLANUS*. Budapest 2003, S. 425–443.
- Hiebert, Erwin N.: *The Helmholtz Legacy in Physiological Acoustics*. Cham u.a. 2014.
- Hiebert, Erwin N.; Hiebert, Elfrieda: *Musical Thought and Practice: Links to Helmholtz's Tonempfindungen*. In: Krüger, Lorenz: *Universalgenie Helmholtz. Rückblick nach 100 Jahren*. Berlin 1994, S. 295–311.
- Hiller, Arnold: Hermann von Helmholtz und seine Verdienste um die Musik. In: *Zeitschrift für Instrumentenbau* 15 (1894), H. 1, S. 1–3.
- Hipkins, Alfred J.: *A Description and History of the Pianoforte*. London/New York 1896.
- Hirschfelder, Dagmar: *Handwerk und Wissenschaft. Zum Künstlerverständnis in der Frühen Neuzeit*. In: Hess, Daniel; Hirschfelder, Dagmar: *Renaissance – Barock – Aufklärung. Kunst und Kultur vom 16. bis zum 18. Jahrhundert*. Nürnberg 2010, S. 244–255.
- Hoffmann, Christoph: Helmholtz' Apparatuses: Telegraphy as Working Model of Nerve Physiology. In: *Philosophia Scientia* 7 (2003), H. 1, S. 129–149.

- : Unter Beobachtung. Naturforschung in der Zeit der Sinnesapparate. Göttingen 2006.
- Hoover, Cynthia A.: The Steinways and Their Pianos in the Nineteenth Century. In: *Journal of the American Musical Instrument Society* 7 (1981), S. 47–89.
- Hörz, Herbert: Brückenschlag zwischen zwei Kulturen. Marburg a. d. Lahn 1997.
- Houssay, Anne: Félix Savart (1791–1841), acousticien: entre mythe et réalité. In: Bret, Patrice; Pajonk, Gérard (Hrsg.): *Savants et inventeurs entre la gloire et l'oubli*. Paris 2014, S. 17–25.
- Howard, Deborah; Moretti, Laura (Hrsg.): *The Music Room in Early Modern France and Italy. Sound, Space and Object*. Oxford u. a. 2012.
- Hubbard, Frank: *Three Centuries of Harpsichord Making*. Cambridge, MA 1965.
- Huber, Alfons (Hrsg.): *Das österreichische Cembalo. 600 Jahre Cembalobau in Österreich*. Tutzing 2001.
- Hui, Alexandra E.: Instruments of Music, Instruments of Science. In: *Annals of Science* 68 (2011), H. 2, S. 149–177.
- : *The Psychophysical Ear. Musical Experiments, Experimental Sounds, 1840–1910*. Cambridge, MA 2013.
- Hui, Alexandra; Mills, Mara; Tkaczyk, Viktoria (Hrsg.): *Testing Hearing. The Making of Modern Aurality*. New York 2020.
- Israel, Paul: *Edison. A Life of Invention*. New York u. a. 1998.
- Jackson, Myles W.: *Harmonious Triads*. Cambridge, MA 2006.
- Janssen, Barbara Suit: *Patent Models Index. Guide to the Collections of the National Museum of American History, Smithsonian Institution. Volume 1: Listings by Patent Number and Invention Name*. Washington, DC 2010, <https://doi.org/10.5479/si.19486006.54-1> (28.02.2025).
- Jonquière, Alfred: *Grundriss der musikalischen Akustik*. Leipzig 1898.
- Jordan, John W.: *Encyclopedia of Pennsylvania Biography*. New York 1914.
- Kehl, Roy F.; Kirkland, David R.: *The Official Guide to Steinway Pianos*. Milwaukee 2011.
- Kiesewetter, R. G. (Hrsg.): *Die Musik der Araber*. Leipzig 1842.
- Kirsch, Sebastian: *Technology and Cultural History of Altered Lute Instruments*. In: Vandervelle, Pascale (Hrsg.): *Preservation of Wooden Musical Instruments. Ethics, Practice, Assessment. Proceedings*. Brüssel 2017, S. 41–44.
- Kirsten, Christa (Hrsg.): *Dokumente einer Freundschaft. Briefwechsel zwischen Hermann von Helmholtz und Emil du Bois-Reymond 1846–1894*. Berlin 1986.
- Koenig, Rudolph: *Catalogue des appareils d'acoustique construits par Rudolph Koenig*. Paris 1865.
- : *Bemerkungen über die Klangfarbe*. In: *Annalen der Physik und Chemie*, 14 (1881), H. 11, S. 369–393.
- : *Quelques expériences d'acoustique*. Paris 1882.
- : *Catalogue des appareils d'acoustique construits par Rudolph Koenig*. Paris 1889.
- Koenigsberger, Leo: *Hermann von Helmholtz, 3 Bde.* Braunschweig 1902/1903.
- Kohl, Max: *Physikalische Apparate. Preisliste* 21. Chemnitz 1905.
- Költzsch, Peter: *Von der Antike bis in das 20. Jahrhundert – ein Streifzug durch die Geschichte der Akustik*. Berlin 2010.
- : *Sondhauf-Röhre, Seebeck-Sirene – wer waren ihre Namensgeber?* Berlin 2012.
- Kornblith, Gary J.: *The Craftsman as Industrialist. Jonas Chickering and the Transformation of American Piano Making*. In: *Business History Review* 59 (1985), H. 3, S. 349–368.
- Körndle, Franz: *Johann Andreas Stein und die »spättischen Clavier«*. In: *Musik in Baden-Württemberg* 19 (2012), S. 179–190.
- Koster, John: *Cathedrals, Cabinetmaking, and Clavichords*. In: *Clavichord International* 4 (2000), H. 1, S. 6–13; H. 2, S. 40–47; 5 (2001), H. 1, S. 6–13.
- : *Toward a History of the Earliest Harpsichords*. In: Huber, Alfons: *Das Österreichische Cembalo. 600 Jahre Cembalobau in Österreich*. Tutzing 2001, S. 17–33.
- Koster, John: *Keyboard Musical Instruments in the Museum of Fine Arts, Boston*. Boston 1994.
- Krieger, Joseph: *Versuch einer Theorie der Töne, nach der Ansicht Perrault's, Carre's, de la Hire's u. a. m., und ihrer Anwendung zur Erklärung der Modification der Harmonie der Musik*. Pressburg 1840.

- Kromhout, Melle J.: The Unmusical Ear. Georg Simon Ohm and the Mathematical Analysis of Sound. In: *ISIS* 111 (2020), H. 3, S. 471–492.
- Küllmer, Eva: Mitschwingende Saiten. Bonn 1986.
- Kursell, Julia: Fine-Tuning Philology: Helmholtz's Investigation Into Ancient Greek and Persian Scales. In: *History of Humanities* 2 (2017), H. 2, S. 345–359.
- : Klangfarbe um 1850 – ein epistemischer Raum. In: *Netzwerk »Hör-Wissen im Wandel«* (Hrsg.): *Wissensgeschichte des Hörens in der Moderne*. Berlin/Boston 2017, S. 21–39.
- : *Epistemologie des Hörens. Helmholtz' physiologische Grundlegung der Musiktheorie*. Paderborn 2018.
- Kützing, Carl: *Theoretisch-praktisches Handbuch der Fortepiano-Baukunst*. Bern/Thur 1833.
- : *Theoretisch-praktisches Handbuch der Orgelbaukunst*. Bern/Thur/Leipzig 1836.
- : Beiträge zur praktischen Akustik als Nachtrag zur Fortepiano- und Orgelbaukunst. Bern/Thur/Leipzig 1838.
- : *Das Wissenschaftliche der Fortepiano-Baukunst*. Bern/Thur/Leipzig 1844.
- Latcham, Michael: *The Stringing, Scaling and Pitch of Hammerflügel Built in the Southern German and Viennese Traditions 1780–1820*. München/Salzburg 2000.
- : *Das Notizbuch von Johann David Schiedmayer und seinem Sohn Johann Lorenz*. Wilhelmshaven 2011.
- Lemke, Theodor: *Geschichte des Deutschtums von New York*. Von 1848 bis auf die Gegenwart. New York 1891.
- Lenoir, Timothy: Helmholtz and the Materialities of Communication. In: *Osiris* 9 (1994), H. 1, S. 183–207.
- Lerebours et Secretan: *Catalogue et prix des instruments d'optique, de physique, de chimie, de mathématiques, d'astronomie et de marine*. Paris 1853.
- Lichau, Karsten; Tkaczyk, Viktoria; Wolf, Rebecca (Hrsg.): *Resonanz. Potentiale einer akustischen Figur*. Paderborn 2009.
- Lieberman, Richard K.: *Steinway & Sons*. New Haven/London 1995.
- Lloyd, Llewelyn S.: Helmholtz and the Musical Ear. In: *The Musical Quarterly* 25 (1939), H. 2, S. 167–175.
- Lomtev, Denis: *Karl Wirths Notizbücher*. München 2014, <https://www.deutsches-museum.de/museum/verlag/publikation/karl-wirths-notizbuecher-ideenwelt-eines-musikinstrumentenbauers> (12.02.2025).
- Lott, R. Allen: *From Paris to Peoria: How European Piano Virtuosos Brought Classical Music to the American Heartland*. New York 2008.
- Mach, Ernst: *Zwei populäre Vorlesungen über musikalische Akustik*. Graz 1865.
- : *Einleitung in die Helmholtz'sche Musiktheorie. Populär für Musiker dargestellt*. Graz 1866.
- Magnusson, Thor: *Of Epistemic Tools. Musical Instruments as Cognitive Extensions*. In: *Organised Sound* 14 (2009), H. 2, S. 168–176.
- Marloye, Albert: *Catalogue des principaux appareils d'acoustique et autres objets qui se fabriquent chez Marloye, à Paris, rue de la Harpe, 59*. Paris 1840, <http://cnum.cnam.fr/redir?M9921> (12.02.2025).
- Maupertuis, Pierre L. M. de: *Von der Form der musikalischen Instrumente*. In: Steinwehr, Wolf B. A. (Hrsg.): *Der Königl. Akademie der Wissenschaften in Paris physische Abhandlungen*. Breslau 1751, S. 443–455.
- Mecking, Sabine; Wasserlos, Yvonne (Hrsg.): *Inklusion & Exklusion. »Deutsche« Musik in Europa und Nordamerika: 1848–1945*. Göttingen 2016.
- Meier, Thomas u. a. (Hrsg.): *Materiale Textkulturen. Konzepte, Materialien, Praktiken*. Berlin/München/Boston 2015.
- Mersenne, Marin: *Harmonie universelle. The Books on Instruments*. Übersetzt von Roger Eddington Chapman. Den Haag 1957.
- Miller, Dayton C.: *The Science of Musical Sounds*. New York 1916.
- Moseley, Roger: *Keys to Play. Music as a Ludic Medium From Apollo to Nintendo*. Oakland 2016.
- Mozart, Leopold: *Versuch einer gründlichen Violinschule*. Augsburg 1756.
- Münxelhaus, Barbara: *Pythagoras Musicus. Zur Rezeption der pythagoreischen Musiktheorie als quadrivieraler Wissenschaft im lateinischen Mittelalter*. Bonn-Bad Godesberg 1976.
- Muzzolini, Daniel: *Genealogie der Klangfarbe*. Bern u. a. 2006.

- Netzwerk »Hör-Wissen im Wandel« (Hrsg.): Wissensgeschichte des Hörens in der Moderne. Berlin/Boston 2017.
- Öberg, Fredrik; Askenfelt, Anders: Acoustical and Perceptual Influence of Duplex Stringing in Grand Pianos. In: *Journal of the Acoustical Society of America* 131 (2012), H. 1, S. 856–871, <https://doi.org/10.1121/1.3664049> (28.02.2025).
- Ohm, Georg S.: Über die Definition des Tones, nebst daran geknüpfter Theorie der Sirene und ähnlicher tonbildender Vorrichtungen. In: *Annalen der Physik und Chemie* 59 (1843), H. 8, S. 513–565.
- Olivier, Ludwig: Über die Urstoffe der menschlichen Sprache. Wien 1821.
- Palisca, Claude V.: Scientific Empiricism in Musical Thought. In: Rhys, Hedley H.: *Seventeenth Century Science and the Arts*. Princeton 1961, S. 91–137.
- Palmieri, Robert (Hrsg.): *Encyclopedia of the Piano*. New York 1996.
- Pantalony, David: *Altered Sensations*. Dordrecht u. a. 2009.
- Paul, Oscar: *Geschichte des Claviers vom Ursprunge bis zu den modernsten Formen dieses Instruments*. Leipzig 1868.
- : Musikalische Instrumente. In: *Amtlicher Bericht über die Wiener Weltausstellung im Jahre 1873*, Band 2 von 3. Braunschweig 1874, S. 565–670.
- Pesic, Peter (Hrsg.): *Music and the Making of Modern Science*. Cambridge, MA 2014.
- Petersen, Sonja: Vom »Schwachstarkastenkasten« und seinen Fabrikanten. *Wissensräume im Klavierbau 1830 bis 1930*. Münster u. a. 2011.
- : Craftsmen-Turned-Scientists? The Circulation of Explicit and Working Knowledge in Musical-Instrument-Making, 1880–1960. In: *Osiris* 28 (2013), H. 1, S. 212–231.
- Pisko, Franz J.: *Die neueren Apparate der Akustik. Für Freunde der Naturwissenschaft und der Tonkunst*. Wien 1865.
- Planck, Max: Die natürliche Stimmung in der modernen Vokalmusik. In: *Vierteljahresschrift für Musikwissenschaft* 9 (1893), S. 418–440.
- Plath, Niko; Preller, Katharina: Early Development Process of the Steinway & Sons Grand Piano Duplex Scale. In: Pérez, Marco A.; Marconi, Emanuele: *Wooden Musical Instruments. Different Forms of Knowledge. Book of End of WoodMusICK COST Action FP1302*. Paris 2018, S. 343–365.
- Poletti, Paul: Steinway and the Invention of the Overstrung Grand Piano Frame. In: Chevallier, Claire; van Immerseel, Jos (Hrsg.): »Matière et musique«. *The Cluny Encounter: Proceedings of the European Encounter on Instrument Making and Restoration*. Antwerpen 2000, S. 241–263.
- : Beyond Pythagoras: Ancient Techniques for Designing Musical Instrument Scales. In: Steiner, Thomas (Hrsg.): *Keyboard Instruments – Flexibility of Sound and Expression*. Bern u. a. 2004.
- Pollens, Stewart: *The Manual of Musical Instrument Conservation*. Cambridge (UK) u. a. 2015.
- : The Piano of the Future. In: Kreidy, Ziad; Barkalaya, Nino (Hrsg.): *Clefs pour le piano. Keys to the Piano*. Château-Gontier 2018, S. 397–412.
- Preller, Katharina: Teaching Acoustics: Hermann von Helmholtz's Lecture Notebooks. In: *Sound & Science: Digital Histories* (2019), <https://soundandscience.net/contributor-essays/teaching-acoustics-hermann-von-helmholtz-lecture-notebooks/> 12.02.2025).
- : »one of the most beautiful applications of science to art«? Der Helmholtz-Flügel von Steinway & Sons. In: Rebecca Wolf u. a.: *Materialität der Musikinstrumente. Eine virtuelle Ausstellung*. Deutsches Museum Digital 2020, [https://omeka.dmd.zone/s/musikinstrumente/page/steinway-fl-gel\\_musikinstrumente](https://omeka.dmd.zone/s/musikinstrumente/page/steinway-fl-gel_musikinstrumente) (12.02.2025).
- : »Every Interval Imaginable«. A Case Study of the Microtonal Harmoniums at the Deutsches Museum. In: *Keyboard Perspectives. Yearbook of the Westfield Center for Historical Keyboard Studies* 12 (2021), S. 83–100.
- Putzger, Friedrich Wilhelm: F. W. Putzgers historischer Schul-Atlas zur alten, mittleren und neuen Geschichte. Bielefeld u. a. 1893.

- Rasch, Rudolf: Why Were Enharmonic Keyboards Built? From Nicola Vicentino (1555) to Michael Bulyowsky (1699). In: Willmann, Joseph (Hrsg.): *Chromatische und enharmonische Musik und Musikinstrumente des 16. und 17. Jahrhunderts*. Bern u. a. 2003, S. 35–94.
- Raz, Carmel: How the Sheng Became a Harp. In: *Sound Studies* 6 (2020), H. 2, S. 239–256.
- Rechenberg, Helmut: Hermann von Helmholtz. Bilder seines Lebens und Wirkens. Weinheim 1994.
- Rehding, Alexander: Instrumentalklang als Musiktheorie. Monochord, Archicembalo und Rhythmicon. In: Körndle, Franz; Wolf, Rebecca (Hrsg.): *Materialität – Musik und ihre Objekte*. Laaber 2019, S. 5–28.
- : Opelt's Siren and the Technologies of Musical Hearing. In: Hui, Alexandra; Mills, Mara; Tkaczyk, Viktoria (Hrsg.): *Testing Hearing. The Making of Modern Aurality*. New York 2020, S. 131–157.
- Reuter, Christoph: *Musikalische Akustik*. Laaber 2014.
- Reuter, Christoph; Siddiq, Saleh: The Colourful Life of Timbre Spaces. Timbre Concepts From Early Ideas to Meta-Timbre Space and Beyond. In: Wöllner, Clemens (Hrsg.): *Body, Sound and Space in Music and Beyond. Multimodal Explorations*. London u. a. 2017, S. 150–167.
- Rheinberger, Hans-Jörg; Hagner, Michael (Hrsg.): *Die Experimentalisierung des Lebens. Experimentalsysteme in den biologischen Wissenschaften 1850/1950*. Berlin 1993.
- Rieger, Matthias: *Helmholtz Musicus*. Darmstadt 2006.
- Riemann, Hugo: Das chromatische Tonsystem. In: Riemann, Hugo (Hrsg.): *Präludien und Studien. Gesammelte Aufsätze zur Aesthetik, Theorie und Geschichte der Musik*. Leipzig 1895, S. 183–219.
- : Appunn. In: Einstein, Alfred (Hrsg.): *Hugo Riemanns Musik-Lexikon*. Berlin 1919, S. 35–36.
- Rigaudière, Marc: L'acoustique musicale de Helmholtz et la théorie musicale de la seconde moitié du 19e siècle. In: *Alliage: Culture – Science – Technique* 79 (2018), S. 106–116.
- Rossi-Rognoni, Gabriele: Organology and the Other: A Political Perspective. In: *Journal of the American Musical Instrument Society* 44 (2018), S. 7–17.
- Rowland, David: The Piano Since c. 1825. In: Rowland, David (Hrsg.): *The Cambridge Companion to the Piano*. Cambridge (UK) 1998, S. 40–56.
- Sacconi, Simone F.: Die »Geheimnisse« Stradivaris. Frankfurt a. M. 1976.
- Saint, Andrew (Hrsg.): *Survey of London*. Band 49 von 55: Battersea. Part 1: Public, Commercial and Cultural. New Haven/London 2013.
- Sandler, Christoph: *Handbuch der Leistungsfähigkeit der gesamten Industrie*. Leipzig 1874.
- Sauveur, Joseph: *Collected Writings on Musical Acoustics*. Utrecht 1984.
- Schaffhäufl, Karl E. von: *Berechtigung eines Fundamental-Satzes der Akustik und Beiträge zur Theorie einiger musikalischen Instrumente*. Halle 1833.
- : Nekrolog des k. b. Hof-Pianofortefabrikanten Aloys Biber in München. Besonderer Abdruck aus dem Kunst- und Gewerbeblatt für das Königreich Bayern, November- und Dezember-Heft 1858. München 1859.
- Scheibler, Johann H.: *Der physikalische und musikalische Tonmesser. Welcher durch den Pendel, dem Auge sichtbar, die absoluten Vibrationen der Töne, der Haupt-Gattungen von Combinations-Tönen, so wie die schärfste Genauigkeit gleichschwebender und mathematischer Accorde beweist*. Essen 1834.
- Schimmel, Nikolaus: *Piano Nomenclatur*. Frankfurt a. M. 1997.
- Schlick, Arnolt: *Spiegel der Orgelmacher und Organisten 1511*, Abdruck, mitgeteilt von W. Bethge junior (mit facsimil. Titelblatt). In: *Monatshefte für Musik-Geschichte* 1 (1869), S. 77–114.

- Schneider, Siegmund (Hrsg.): Die internationale Ausstellung für Musik- und Theaterwesen Wien 1892. Wien 1894.
- Schoff, Howard: Petzoldt, Wilhelm Leberecht. In: Libin, Laurence (Hrsg.): *The Grove Dictionary of Musical Instruments*. Band 4 von 5: Pabarrung – Tiana. New York 2014, S. 59.
- Schwarz, Kerstin: Bartolomeo Cristofori. Hammerflügel und Cembali im Vergleich. In: *Scripta Artium* 2 (2002), S. 23–67.
- Seebeck, August: Beobachtungen über einige Bedingungen der Entstehung von Tönen. In: *Annalen der Physik und Chemie* 53 (1841), H. 7, S. 417–436.
- : Akustik. In: Dove, Heinrich W.; Moser, Ludwig (Hrsg.): *Repertorium der Physik*. Enthaltend eine vollständige Zusammenstellung der neuern Fortschritte dieser Wissenschaft. Berlin 1849, S. 1–109.
- Seiler, Emma: Altes und Neues über die Ausbildung des Gesangorgans mit besonderer Rücksicht auf die Frauenstimme. Leipzig 1861.
- Sennett, Richard: *The Craftsman*. London 2008.
- Shull, William: Review: Kehl/Kirkland, *The Official Guide to Steinway Pianos*. In: *Newsletter of The American Musical Instrument Society* 41 (2012), H. 2, S. 14–16.
- Siemens-Helmholtz, Ellen von (Hrsg.): Anna von Helmholtz. Ein Lebensbild in Briefen. Berlin 1929.
- Sievers, Giacomo Ferdinando: Il pianoforte. Guida pratica per costruttori, accordatori, dilettanti e possessori di pianoforti con 300 disegni parte intercalati nel testo e parte in apposito atlante. 2 Bde. Neapel 1868.
- Silva, Preethi de (Hrsg.): *The Fortepiano Writings of Streicher, Dieudonné, and the Schiedmayers. Two Manuals and a Notebook, Translated From the Original German, with Commentary*. Lewiston, NY 2008.
- Smith, Fanny M.: *A Noble Art: Three Lectures on the Evolution and Construction of the Piano*. New York 1892.
- Smith, Laura L. (Hrsg.): *Steinway & Sons*. Chicago 2020.
- Smith, Pamela H.: *The Body of the Artisan*. Chicago 2004.
- Spice, Robert: Experiments on the Sympathetic Resonance of Tuning Forks. In: *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science* 3 (1877), H. 15, S. 78–80.
- Spillane, Daniel: *History of the American Pianoforte. Its Technical Development, and the Trade*. New York 1890.
- Sprengel, Peter N.: *P. N. Sprengels Handwerke und Künste in Tabellen*. Berlin 1773.
- Steege, Benjamin: *Helmholtz and the Modern Listener*. Cambridge (UK)/New York 2012.
- Stefan, Josef: Über die Transversalschwingungen eines elastischen Stabes. In: *Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien – mathematisch-naturwissenschaftliche Classe* 32 (1858), H. 22, S. 207–241.
- : Über Longitudinalschwingungen elastischer Stäbe. In: *Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien – mathematisch-naturwissenschaftliche Classe* 55 (1867), H. 2, S. 597–621.
- : Über die Erregung longitudinaler Schwingungen in der Luft durch transversale. In: *Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien – mathematisch-naturwissenschaftliche Classe* 61 (1870), H. 2, S. 491–498.
- Steinert, Morris: Die Entwicklung der Clavier-Baukunst bis auf die Gegenwart. In: Schneider, Siegmund (Hrsg.): *Die internationale Ausstellung für Musik- und Theaterwesen Wien 1892*. Wien 1894, S. 225–250.
- Steinway, C. F. Theodor: *Steinway & Sons' in Newyork neue Erfindung der Duplex Scala (Doppelte Mensur.) [...] und Herr Bösendorfer in Wien*. In: *Signale für die musikalische Welt* 33 (1875), H. 5, S. 72–79.
- Steinway, Theodore E.: *People and Pianos*. New York 1961.
- Steinway, William: *American Musical Instruments*. In: Depew, Chauncey M. (Hrsg.): *1795–1895. One Hundred Years of American Commerce*. Band 2 von 2. New York 1895, S. 509–515.

- ; Hoover, Cynthia Adams; Good, Edwin M. (Hrsg.): *The William Steinway Diary, 1861 – 1896*, <https://americanhistory.si.edu/steinwaydiary/> (12.02.2025).
- Steinway & Sons: *Illustrated Pamphlet on the Founding and Development of Steinway*, N. Y. (Long Island City). New York ohne Datum, [http://americanhistory.si.edu/steinwaydiary/gallery/?start=1&max=8&category\\_id=1](http://americanhistory.si.edu/steinwaydiary/gallery/?start=1&max=8&category_id=1) (zuletzt aufgerufen am 12.02.2025).
- : *Illustrated Catalogue of Steinway & Sons' Pianos*. New York 1872.
- : *Katalog zur Centennial-Exhibition 1876*. New York 1876, <https://archive.org/details/SteinwayAndSons1876> (12.02.2025).
- : *Illustrated Catalogue of Steinway & Sons' Pianos*. New York 1881, <https://archive.org/details/illustratedcatal00stei> (12.02.2025).
- : *Illustrated Catalogue of Steinway & Sons' Pianos*. New York 1885.
- Stetten, Paul von: *Kunst-, Gewerbe- und Handwerks-geschichte der Reichs-Stadt Augsburg*. Augsburg 1779.
- Storni, Marco: *Maupertuis et la science de la musique*. In: *Annales de Bretagne et des Pays de l'Ouest*. Anjou. Maine. Poitou-Charente. Touraine 123 (2016), H. 1, S. 157–178, <http://journals.openedition.org/abpo/3211> (12.02.2025).
- Streicher, Andreas: *Kurze Bemerkungen über das Spielen, Stimmen und Erhalten der Fortepiano, welche von den Geschwistern Stein in Wien verfertigt werden*. Wien 1801.
- Stroschein, Dirk: *William Steinway*. Seesen 2013.
- Stumpf, Carl: *Die Sprachlaute. Experimentell-phonetische Untersuchungen; nebst einem Anhang über Instrumentalklänge*. Berlin 1926.
- Th. Mann & Cie.: *Betrachtungen über den Klavierbau im 19. Jahrhundert, mit ausschliesslicher Beziehung auf Deutschland*. In: *Zeitschrift für Instrumentenbau* 9 (1889), H. 1, S. 4–8.
- Tkaczyk, Viktoria: *The Making of Acoustics Around 1800, or How to Do Science with Words*. In: Dupree, Mary H.; Franzel, Sean B. (Hrsg.): *Performing Knowledge, 1750–1850*. Berlin/Boston 2015, S. 27–55.
- Töpfer, Johann G.: *Abhandlung über den Saitenbezug der Pianoforte's in Flügel- und Tafel-Form*. Ein Versuch. Leipzig 1842.
- Tresch, John; Dolan, Emily I.: *Toward a New Organology. Instruments of Music and Science*. In: *Osiris* 28 (2013), H. 1, S. 278–298.
- Trippett, David: *Sensations of Listening in Helmholtz's Laboratory*. In: *Studies in History and Philosophy of Science – Part A* 47 (2014), S. 124–132.
- Turner, Gerard L'E.: *Nineteenth-Century Scientific Instruments*. London 1983.
- Turner, Steven: *The Ohm-Seebeck Dispute, Hermann von Helmholtz, and the Origins of Physiological Acoustics*. In: *The British Journal for the History of Science* 10 (1977), S. 1–24.
- Ulferts, Gert-Dieter: *Führer durch die Sammlung Historische Musikinstrumente*, Braunschweig 1997.
- Ullmann, Dieter: *Chladni und die Entwicklung der experimentellen Akustik um 1800*. In: *Archive for History of Exact Sciences* 31 (1984), S. 35–52.
- : *Ohm-Seebeck-Helmholtz und das Klangfarbenproblem*. In: *NTM. Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin* 25 (1988), H. 1, S. 65–68.
- : *Chladni und die Entwicklung der Akustik von 1750–1860*. Basel 1996.
- United States, National Archives and Records Administration (NARA), Washington D.C.: *U.S. Passport Applications, 1795–1925*, <https://www.ancestry.com/search/collections/1174/> (12.02.2025).
- United States, National Archives and Records Administration: *Microfilm Publication M1509. United States World War I Selective Service System Draft Registration Cards, 1917–1918*, <https://www.familysearch.org/search/collection/1968530> (12.02.2025).
- van Helden, Albert; Hankins, Thomas L.: *Introduction: Instruments in the History of Science*. In: *Osiris* 9 (1994), H. 1, S. 1–6.
- van Orden, Kate: *Materialities. Books, Readers, and the Chanson in Sixteenth-Century Europe*. Oxford/New York 2015.
- Vandervellen, Pascale (Hrsg.): *Preservation of Wooden Musical Instruments. Ethics, Practice, Assessment*. Proceedings. Brüssel 2017.



- Varblow, Heidi (Übersetzerin): Hurrah! Helmholtz! – »Old Columbia« Honors the German Scholar. In: Hoover, Cynthia Adams; Good, Edwin M. (Hrsg.): *The William Steinway Diary, 1861 – 1896*, <https://americanhistory.si.edu/steinwaydiary/annotations/?print=1&id=769> (12.02.2025).
- Vogler, Georg Joseph: *Data zur Akustik. Eine Abhandlung*. Leipzig 1801.
- Weber, Gottfried: *Versuch einer geordneten Theorie der Tonsetzkunst*. 3 Bde. Mainz 1817/1818/1821.
- Webers, Wilhelm: *Akustik*. Stuttgart 1835.
- Welcker von Gontershausen, Heinrich: *Der Flügel oder die Beschaffenheit des Piano's in allen Formen*. Frankfurt a. M. 1856.
- : *Der Clavierbau in seiner Theorie, Technik und Geschichte unter Hinweisung seiner Beziehungen zu den Gesetzen der Akustik*. Frankfurt a. M. 1864.
- Welsh, Caroline: *Die Sirene und das Klavier. Vom Mythos der Sphärenharmonie zur experimentellen Sinnesphysiologie*. In: Dotzler, Bernhard J. (Hrsg.): *Parasiten und Sirenen. Zwischenräume als Orte der materiellen Wissensproduktion*. Bielefeld 2008, S. 143–178.
- Wendt, Gunna: *Die Bechsteins. Eine Familiengeschichte*. Berlin 2016.
- Wess, Günther: *Hermann von Helmholtz und die Musik. Wie gut, dass er Klavier gespielt hat*. Erlensee 2020.
- Wilhelmy-Dollinger, Petra: *Salon der Anna von Helmholtz (1834–1899). Die Begegnung von alter Salontradition und moderner Naturwissenschaft im Berlin der Bismarckzeit*. In: *Mitteldeutsches Jahrbuch für Kultur und Geschichte* 17 (2010), S. 120–140.
- Willmann, Joseph (Hrsg.): *Chromatische und enharmonische Musik und Musikinstrumente des 16. und 17. Jahrhunderts*. Bern u. a. 2003.
- Winter, Robert S.: *Striking It Rich: The Significance of Striking Points in the Evolution of the Romantic Piano*. In: *The Journal of Musicology* 6 (1988), H. 3, S. 267–292.
- Wittje, Roland: *The Electrical Imagination. Sound Analogies, Equivalent Circuits, and the Rise of Electroacoustics, 1863–1939*. In: *Osiris* 28 (2013), H. 1, S. 40–63.
- : *The Age of Electroacoustics. Transforming Science and Sound*. Cambridge, MA 2016.
- Wöllner, Clemens (Hrsg.): *Body, Sound and Space in Music and Beyond. Multimodal Explorations*. London u. a. 2017.
- Wolf, Rebecca: *Spieltechnik der Musik. Beispiele einer organologischen Kulturgeschichte*. In: Volmar, Axel; Schröter, Jens (Hrsg.): *Auditive Medienkulturen*. Bielefeld 2014, S. 79–98.
- Wright, Denzil: *The Cimbalo Cromatico and Other Italian String Keyboard Instruments with Divided Accidentals*. In: Willmann, Joseph (Hrsg.): *Chromatische und enharmonische Musik und Musikinstrumente des 16. und 17. Jahrhunderts*. Bern u. a. 2003, S. 105–136.
- Zaminer, Frieder (Hrsg.): *Über Musiktheorie. Referate der Arbeitstagung 1970 in Berlin*. Köln 1970.
- Zaminer, Frieder u. a. (Hrsg.): *Hören, Messen und Rechnen in der frühen Neuzeit*. Darmstadt 1987.
- Zaminer, Friedrich: *Die Musik und die musikalischen Instrumente in ihrer Beziehung zu den Gesetzen der Akustik*. Gießen 1855.
- Zellner, Leopold A.: *Vorträge über Akustik. Gehalten am Conservatorium der Gesellschaft der Musikfreunde in Wien*. 2 Bde. Wien/Pest/Leipzig 1892.
- Zelmar, Philippe; Caussé, René: *Experimental and Theoretical Study of the Vibration of Strings in the High Register of the Piano. The Effect of the »Duplex Scale«*. In: *19th International Congress on Acoustics, September 2007, Madrid, Spain*, <https://hal.science/hal-01161421> (12.02.2025).
- Zimmermann, Paul: *Steinweg: Heinrich (Engelhard)*. In: *Historische Commission bei der königl. Akademie der Wissenschaften* (Hrsg.): *Allgemeine Deutsche Biographie*. Leipzig 1893, S. 22–25.
- Zurmühl, Georg: *Abhängigkeit der Tonhöhenempfindung von der Lautstärke und ihre Beziehung zur Helmholtz'schen Resonanztheorie des Hörens*. In: *Zeitschrift für Sinnesphysiologie* 61 (1930), S. 40–86.

## Internetquellen

- Links zuletzt überprüft am 11.02.2025
- Deutsches Museum, Leibniz-Gruppe »Materialität der Musikinstrumente«:  
<https://www.deutsches-museum.de/forschung/forschungsinstitut/projekte/detailseite/materialitaet-der-musikinstrumente>
- Weitere Materialien zum Helmholtz-Flügel auf Deutsches Museum Digital: <https://digital.deutsches-museum.de/item/2009-477/>
- Doppelsirene von Sauerwald im Hunterian Museum and Art Gallery der Universität Glasgow: <http://museu.ms/collection/object/181514/helmholtz-polyphonic-siren>
- Doppelsirenen von Sauerwald im Museum Boerhaave in Leiden: <https://mmb-web.adlibhosting.com/Details/collect/14172>  
<https://mmb-web.adlibhosting.com/Details/collect/13887>
- Datenbank des britischen Zensus von 1911: <https://ukcensusonline.com/census/1911/>
- Die »Chickering Foundation«: <http://chickering-foundation.org/>
- Die ehemaligen Bestände der Jacobson-Schule in der Niedersächsischen Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen: <http://fabian.sub.uni-goettingen.de/fabian?Jacobson-Gymnasium>
- Datenbank der LaGuardia and Wagner Archives, Steinway & Sons Collection: <https://www.laguardiawagnerarchive.lagcc.cuny.edu/pages/COLLECTIONS.aspx?ViwType=1&ColID=4>
- Findmittel der Sammlung »Steinway & Sons Records and Family Papers« in den National Museum of American History Archives, Washington D.C.: <https://sirismm.si.edu/EADpdfs/NMAH.AC.0178.pdf>
- Steinway-Flügel von 1857 im National Museum of American History, Washington, D.C.: [https://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah\\_605949](https://americanhistory.si.edu/collections/search/object/nmah_605949)
- Bill Shull Period Piano Collection, Redlands, CA: [http://www.shullpiano.com/html/the\\_collection.html](http://www.shullpiano.com/html/the_collection.html)
- Chris Maene Collection, Ruiselede (Belgien): <https://www.chrismaenecollection.com/en/catalog/theodore-steinweg-concert-grand/128/>

## Abbildungsverzeichnis

- Abb. S. 8: Foto: Datum und Urheberschaft unbekannt, Universitätsarchiv Heidelberg, BA Pos I 1305, public domain.
- Abb. 1: Ganot, Cours, 1859, S. 200.
- Abb. 2: [O. A.], Siren, 1872, S. 846.
- Abb. 3 a: Helmholtz, Tonempfindungen, 1863, S. 23; 3 b: Koenig, Catalogue, 1889, S. 17; 3 c: Seebeck, Akustik, 1849, S. 26; 3 d: Pisko, Apparate, 1865, S. 45.
- Abb. 4: Pisko, Apparate, 1865, S. 107.
- Abb. 5: Koenig, Catalogue, 1889, S. 86.
- Abb. 6: Helmholtz, Tonempfindungen, 1865, S. 138.
- Abb. 7: Pisko, Apparate, 1865, S. 22.
- Abb. 8: Foto: Deutsches Museum/Reinhard Krause, CC BY-SA 4.0.
- Abb. 9: Helmholtz, Tonempfindungen, 1863, S. 561.
- Abb. 10: Helmholtz, Tonempfindungen, 1863, S. 173.
- Abb. 11: Helmholtz, Tonempfindungen, 1865, S. 135.
- Abb. 12: Grafik: Katharina Preller, CC BY-SA 4.0.
- Abb. 13: Jonquière, Grundriss, 1898, S. 53; Scan Bildstelle Deutsches Museum, CD\_93540.
- Abb. 14: Jonquière, Grundriss, 1898, S. 118; Scan Bildstelle Deutsches Museum, CD\_93541.
- Abb. 15: Jonquière, Grundriss, 1898, nach S. 128.; Scan Bildstelle Deutsches Museum, CD\_93542.
- Abb. 16: LaGuardia and Wagner Archives, Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung.
- Abb. 17: Foto: Deutsches Museum, CC BY-SA 4.0 (links); Foto: Katharina Preller, CC BY-SA 4.0 (rechts).
- Abb. 18: Foto: Niko Plath, CC BY-SA 4.0.
- Abb. 19: Foto: Rebecca Wolf, CC BY-SA 4.0.
- Abb. 20: Grafik: Katharina Preller, CC BY-SA 4.0.
- Abb. 21: Grafik: Katharina Preller, CC BY-SA 4.0.
- Abb. 22: Grafik: Katharina Preller, CC BY-SA 4.0.
- Abb. 23: Grafik: Katharina Preller, CC BY-SA 4.0.
- Abb. 24: Grafik: Katharina Preller, CC BY-SA 4.0.
- Abb. 25: Paul, Geschichte, 1868, S. 185 (links); Steinway & Sons, Katalog, 1876, S. 17 (rechts).
- Abb. 26: Steinway & Sons, Katalog, 1876, S. 15.
- Abb. 27: Steinway & Sons, Katalog, 1876, S. 15.
- Abb. 28: T. Steinway: »Grand Duplex Agraffe Scale«, US-Patent Nr. 126,848, 14.05.1872.

- Abb. 29: Smith, Art, 1892, S. 149.  
 Abb. 30: Smith, Art, 1892, S. 149.  
 Abb. 31: Putzger, Schul-Atlas, 1893, Tafel 28; Scan  
 Bildstelle Deutsches Museum, CD\_93539.  
 Abb. 32: Spillane, History, 1890, nach S. 224.  
 Abb. 33: H. Steinway Jr.: »Pianoforte Action«,  
 US-Patent Nr. 17,238, 05.05.1857.  
 Abb. 34: Grafik: Katharina Preller, CC BY-SA 4.0.  
 Abb. 35: T. Steinway: »Grand Tubular Metallic  
 Action Frame«, US-Patent Nr. 93,647,  
 10.08.1869. (links); T. Steinway: »Grand Action  
 w/ Support Spring«, US-Patent  
 Nr. 270,914, 23.01.1883 (rechts).  
 Abb. 36: T. Steinway: »Monitor Grand Double  
 Iron Frame, Ring Bridge«, US-Patent Nr. 97,982,  
 14.12.1869 (links und rechts).  
 Abb. 37: T. Steinway: »Monitor Grand Case,  
 Cupola Plate«, US-Patent Nr. 127,383,  
 28.05.1872 (links und rechts).  
 Abb. 38: T. Steinway: »Console Grand Bent Rim  
 Case, Iron Shoe, Radial Braces«, US-Patent Nr.  
 204,106, 21.05.1878 (links); T. Steinway:  
 »Grand Double Cupola Plate«, US-Patent  
 Nr. 314,742, 31.05.1885 (rechts).  
 Abb. 39: Smith, Art, 1892, S. 45 (links); Ebd.,  
 S. 87 (rechts).  
 Abb. 40: Foto: Germanisches Nationalmuseum,  
 CC-BY-NC-ND 4.0, Wiedergabe mit  
 freundlicher Genehmigung (links); Smith, Art,  
 S. 83 (rechts).  
 Abb. 41: Kützing, Handbuch, Tab. I; Scan  
 Deutsches Museum Bildstelle CD\_93543.  
 Abb. 42: Foto: Archiv der Berlin-Brandenburgi-  
 schen Akademie der Wissenschaften,  
 Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung.  
 Abb. 43–46: Foto: Deutsches Museum/Konrad  
 Rainer, CC BY-SA 4.0.

## Personenregister

Kursiv gesetzte Seitenangaben beziehen sich auf  
 Nennungen in den Fußnoten, die über eine rein  
 bibliografische Angabe hinausgehen. Rufnamen  
 wurden unterstrichen.

Wo im Text bei der Erstnennung von Personen  
 Lebensdaten fehlen, waren sie nicht zu eruieren.

- Abt**, Franz 155–156  
**Adlung**, Jakob 217–218  
**Agthe**, Christine Ernestine Augusta, siehe  
 »Bechstein, Christine Ernestine Augusta«  
**Agthe**, Johann Michael (Vater von Oscar Agthe  
 und Stiefvater von Carl Bechstein) 114  
**Agthe**, Oscar 114–115  
**Appunn**, Anton 43, 96  
**Appunn**, Georg August Ignaz 43, 46, 72–74, 96,  
 121  
**Auerbach**, Felix 68, 74  
  
**Bagatella**, Antonio 208  
**Bechstein**, Christine Ernestine Augusta (geb.  
 Reising, in zweite Ehe Agthe; Mutter von Carl  
 und Frau von Johann Michael Agthe) 114  
**Bechstein**, Friedrich Wilhelm Carl 9, 106, 114, 160,  
 166, 242, 262  
**Bédos de Celle**, François 207  
**Bell**, Alexander Graham 12, 83  
**Benedetti**, Giovanni Battista 29  
**Beregszászy**, Ludwig / Lajos 138, 143, 147–149,  
 256  
**Berlioz**, Hector 115, 174, 176  
**Bernard**, Claude 76  
**Bernoulli**, Daniel 33, 40  
**Biber**, Alois / Aloys 153  
**Bindseil**, Heinrich Ernst 32, 34, 209  
**Bleyer**, Jakob 217–218  
**Blüthner**, Julius 90, 131, 160, 166, 185, 187,  
 211–213, 219, 224–225, 242  
**Böhm**, Theobald 225, 228  
**Bois-Reymond**, Emil du 54, 57, 64, 66–67  
**Bonaparte**, Napoleon, ab 1804 Kaiser  
 Napoleon I. 46  
**Bosanquet**, Robert Holford Macdowall 98  
**Bösendorfer**, Ludwig 132, 138, 143–144,  
 146–147, 149, 150–151, 160, 206, 249,  
 251–254, 256–257  
**Brandeis**, Friedrich 174

Brander, Georg Friedrich 218  
 Brandt, Eduard 53, 60  
 Brandt, Marianne 53  
 Broadwood, Walter 88, 121, 123, 174, 178, 186,  
 209

**C**agniard de la Tour / de Latour, Charles 35,  
 37–38, 40, 48, 224  
 Cavaillé-Coll, Aristide 36, 82, 92  
 Chanot, François 16, 46, 47  
 Chickering, Jonas 127, 129, 160, 166, 173–174,  
 176, 205, 226, 242, 275  
 Chladni, Ernst Florens Friedrich 10, 15, 25, 32,  
 34–36, 43, 45–48, 57, 150–151, 191,  
 209–210, 217, 218, 225  
 Collard, William Frederick 152  
 Corti, Alphonse / Alfonso 76  
 Cross, Charles Robert 121–122  
 Crotch, William 123

**D**aimler, Gottlieb 173  
 Deslandes, Pierre-François 31  
 Diderot, Denis 32, 227  
 Dolge, Alfred 101, 158, 185, 205–206  
 Donders, Franciscus Cornelis 53, 60–61  
 Dove, Heinrich Wilhelm 37–38, 40, 65  
 Duhamel, Jean-Marie 43  
 Dulcken, Ferdinand Q. 174  
 Dürer, Albrecht 215, 216

**E**beling, E. H. 179  
 Eckert, Karl Anton Florian 53  
 Edison, Thomas Alva 12, 44, 83, 205  
 Eisenmann, Richard 81  
 Eitz, Carl 96–99  
 Ellis, Alexander John 46, 80, 82–83, 115, 121–123,  
 126, 224  
 Erard, Sébastien 9, 118, 121, 126–129, 152, 163,  
 178, 185–186, 189, 210, 275  
 Essipoff, siehe »Jessipowa«  
 Euler, Leonhard 10, 33, 216

**F**essel, Friedrich 60, 66–68, 70, 73–74  
 Fichte, Johann Gottlieb 51  
 Fjodorowna, Marija (geb. Dagmar von Dänemark)  
 156

**G**abler, Matthias 34, 208  
 Galilei, Galileo 21, 27

Galilei, Vincenzo 27–29  
 Ganot, Adolphe 14  
 Germain, Sophie 14  
 Gertz, Richard W. 195  
 Ginsberg, Benjamin 178–179, 205  
 Gottschalk, Louis Moreau 174  
 Gretschel, Heinrich Friedrich 211–213  
 Grimm, Jacob Ludwig Carl 80  
 Grotrian, Georg Friedrich Karl 180  
 Grotrian, Wilhelm 180, 236

**H**ansing, Siegfried 151–153, 211–213, 224, 226  
 Hansing-Perzina, Emmy 211  
 Hartmann, Carl 207  
 Hauptmann, Moritz 94  
 Helmholtz, Anna von 53, 108–110, 115, 117, 265  
 Helmholtz, Ellen von (verh. Siemens-Helmholtz) 115  
 Helmholtz, Hermann Ludwig Ferdinand von 8–13,  
 15–19, 22–25, 33–37, 40, 45–46, 50,  
 51–100, 101–132, 134, 138, 144–147,  
 149–152, 154, 156, 160–161, 175–176, 200,  
 207, 210–213, 220, 226–227, 249, 251, 255,  
 257, 262, 264–266, 271, 274  
 Helmholtz, Friedrich 86  
 Henckel von Donnersmarck, vermutlich Hugo Graf  
 157

Hermann, Ludimar 61  
 Herschel, Wilhelm 23, 36  
 Hipkins, Alfred James 121, 123  
 Hooke, Robert 30–32  
 Hörig, Carl Heinrich 213  
 Humboldt, Alexander von 51  
 Huyghens, Christiaan 9

**J**acobson, Israel 177–179  
 Jacobson, Meyer 179  
 Jankó, Paul von 81  
 Jessipowa, Anna Nikolajewna 176  
 Joachim, Amalie Maria (geb. Schneeweiss) 53  
 Joachim, Joseph 53  
 Jonquière, Alfred 95, 97

**K**ämmerling, Hermann 35, 42–43  
 Kelvin, William Thomson 83  
 Knapp, Hermann 114  
 Koenig, Rudolph 14, 16, 35, 39, 43–44, 48–50,  
 65, 67, 89, 70–72, 75–76, 83, 121–123, 155  
 Koenig, Johann Friedrich 50  
 Kohl, Max 37, 43, 45

Kolbe, Carl Christian Wilhelm 208  
 Kratzenstein, Christian Gottlieb 93  
 Kützing, Carl 15, 209–210, 212–213, 218,  
 221–224

Lagrange, Joseph-Louis de 10  
 Lambert, Johann Heinrich 10  
 Laplace, Pierre-Simon 9  
 Lissajous, Jules Antoine 44–45, 62  
 Liszt, Franz 115, 174–175  
 Lotze, Rudolf Hermann 73  
 Low, Seth 11

**Mach**, Ernst 82, 152  
 Magendie, François 21  
 Magnus, Heinrich Gustav 51, 105  
 Maiwald, André 112  
 Marloye, Albert 16, 24–25, 35–36, 40, 47–49,  
 179  
 Martinville, Edouard-Léon Scott de 44  
 Mason, William 174, 194–195  
 Maupertuis, Pierre Louis Moreau de 47, 208, 229  
 Maximilian II., König von Bayern 67, 69  
 Mersenne, Marin 25, 29–31  
 Miller, Dayton Clarence 122  
 Miller, Selmar 180  
 Mohl, Ida von (verh. von Schmidt-Zabierow) 100  
 Morton, John H. 185  
 Moscheles, Ignaz 42  
 Mott, Henry Augustus 212  
 Mozart, Leopold 216–217, 225  
 Müller, Friedrich Max 80, 82  
 Müller, Johannes 51, 73, 79  
 Muncke, Georg Wilhelm 42  
 Mustel, Charles Victor 82

**Neef**, Christian Ernst 66  
 Neresheimer / Neres, Albert Carl Bonnet 113  
 Neresheimer / Neres, Louis 113  
 Neresheimer, Emil August 113  
 Neupert, Wolf-Dieter 86

**Oettingen**, Arthur von 94  
 Ohm, Georg Simon 24, 39–40, 53, 64, 69, 80  
 Opelt, Friedrich Wilhelm 38–39, 41, 45

**Pape**, Jean-Henri 42, 163  
 Paul, Oscar / Oskar 9–11, 25–26, 82, 90, 101,  
 102, 132, 149, 151, 157, 212–213, 254

Pellisov, siehe »Schafhäütl«  
 Petzold, Wilhelm Leberecht / Guillaume Lebrecht  
 152  
 Pisko, Franz Josef 150–152, 253  
 Planck, Max 99–100, 116  
 Pleyel, Camille 82, 129, 185  
 Politzer, Adam 76

**Rameau**, Jean-Philippe 33  
 Riccati, Giordano 10  
 Riemann, Hugo 96  
 Röber, August Wilhelm 39–40  
 Romanow, Alexander Alexandrowitsch, ab 1881  
 Zar Alexander III. 156  
 Rore, Cipriano de 29  
 Rousseau, Jean-Jacques 32–33  
 Rubinstein, Anton 53, 115

**Sauerwald**, Ferdinand 50, 54, 65  
 Sauveur, Joseph 31–33  
 Savart, Félix 16, 36, 43–44, 47–48, 151, 210,  
 228  
 Schafhäütl, Karl Emil von (alias »Pellisov«) 56, 151,  
 153, 164, 186, 210, 228  
 Scheibler, Johann Heinrich 31, 35, 41–43, 45, 210,  
 225, 227  
 Schleip, Johann Christian 169  
 Schlick, Arnolt 31  
 Seebeck, August 24, 39–40, 46, 53, 210  
 Seiler, Emma (geb. Diruf) 61  
 Siemens, Werner von 66  
 Silbermann, Gottfried 220  
 Smith, Fanny Morris 9, 13, 101, 132, 158, 205  
 Spice, Robert 123  
 Spillane, Daniel 185  
 Spohr, Louis 42  
 Sprengel, Peter Nathanael 208, 223, 225  
 Stefan, Josef 151–152, 253  
 Stein, Johann Andreas 153, 214, 218, 220, 224  
 Steinert, Morris 187  
 Steinway allgemein 9, 11, 17, 19, 77, 81, 101–105,  
 107–109, 111–119, 121–123, 126–127, 129,  
 130–133, 144, 163–167, 169, 173–174, 176,  
 207, 214–215, 224, 256–261, 266  
 Steinway, Albert 155, 173–174  
 Steinway, Carl / Charles G. 172–173, 182  
 Steinway, Doretta / Dorette (verh. Ziegler) 183  
 Steinway, Frederick 158, 183, 202, 240

Steinway, Heinrich Engelhard / Henry E.  
 166–172, 178–179, 181, 225, 236  
 Steinway, Heinrich / Henry Jr. 173–175, 182,  
 185–187, 189  
 Steinway, Henry Z. 102, 116  
 Steinway, Johanna (geb. Lüdemann) 178, 182  
 Steinway, Juliane (geb. Thiemer) 168  
 Steinway, Christian Friedrich Theodor / C. F.  
 Theodore 9, 11, 17–19, 92, 101–102, 105,  
 110–111, 117, 120, 131–132, 136–140,  
 143–158, 160–161, 170, 172–176, **177–183**,  
 187–193, 195–197, 199–200, 202–206,  
 218–219, 226, 237, 239, 246, 248–249, 254,  
 257, 262, 265  
 Steinway, Wilhelm / William 10–11, 77, 106, 108,  
 114, 116, 122, 131, 155, 167, 170, 172–174,  
 182–183, 226, 262  
 Stradivari, Antonio 219  
 Steinweg, siehe »Steinway«  
 Stumpf, Carl 68, 73, 76

**T**aylor, Brook 26  
 Töpfer, Johann Gottlob 42, 209, 213, 223–224  
 Tyndall, John 65, 83, 212

**V**irdung, Sebastian 215, 217  
 Vitruv 216  
 Vogler, Georg Joseph 217  
 Vuillaume, Jean Baptiste 16, 46–48, 228

**W**agner, Cosima (geb. de Flavigny) 53  
 Wagner, Richard 53, 108, 111, 115, 163, 175  
 Weber, Wilhelm Eduard 33, 43, 58, 93, 228  
 Welcker von Gontershausen, Heinrich 43, 210,  
 212–213, 220  
 Wertheim, Wilhelm 69  
 Wettengel, Gustav Adolph 209, 211  
 Wolff, Auguste Désiré Bernard 82  
 Wornum, Robert 185

**Z**amminer, Friedrich Georg Karl 78  
 Zarlino, Gioseffo 28–29, 94  
 Zellner, Leopold Alexander 96  
 Ziegler, Henry 19, 137, 160–161, 182, 202, 204,  
 238  
 Ziegler, Jacob 202

## Bisher erschienen

### **Band 1** Dirk Bühler

Museum aus gegossenem Stein: Betonbaugeschichte im Deutschen Museum  
 urn:nbn:de:bvb:210-dm-studies1-9

### **Band 2** Panagiotis Pouloupoulos

New Voices in Old Bodies: A Study of »Recycled« Musical Instruments with a Focus on the Hahn Collection in the Deutsches Museum  
 urn:nbn:de:bvb:210-dm-studies2-6

### **Band 3** Hartmut Petzold

Eine Berliner Waage im Münchner Deutschen Museum: Geschichte, Hintergründe und Aktualität eines Museumsobjekts  
 urn:nbn:de:bvb:210-dm-studies3-2

### **Band 4** Astrid Mignon Kirchhof (ed.)

Pathways into and out of Nuclear Power in Western Europe, Austria, Denmark, Federal Republic of Germany, Italy, and Sweden  
 urn:nbn:de:bvb:210-dm-studies4-8

### **Band 5** Walter Chinaglia

Towards the Rebuilding of an Italian Renaissance-Style Wooden Organ  
 urn:nbn:de:bvb:210-dm-studies5-4

### **Band 6** Wilhelm Fühl (Hrsg.)

Von Ingenieuren, Bergleuten und Künstlern. Das Digitale Porträtarchiv »DigiPortA«  
 urn:nbn:de:bvb:210-dm-studies6-1

### **Band 7** Andrea Geipel, Johannes Sauter, Georg Hohmann (Hrsg.)

Das digitale Objekt – Zwischen Depot und Internet  
 urn:nbn:de:bvb:210-dm-studies7-7

### **Band 8** Charlotte Holzer

Das Kleid aus Glas: Eine Restaurierungsgeschichte im Deutschen Museum  
 urn:nbn:de:bvb:210-dm-studies8-3

### **Band 9** Elisabeth Vaupel (Hrsg.)

Ersatzstoffe im Zeitalter der Weltkriege  
 urn:nbn:de:bvb:210-dm-studies9-0

### **Band 10** Gun-Brit Thoma, Lorenz Kampschulte, Inga Specht, Doris Lewalter, Stephan Schwan, Olaf Köller

Wer geht in welches Museum? Vergleichende Besucherstrukturanalyse in den acht Forschungsmuseen der Leibniz-Gemeinschaft  
 urn:nbn:de:bvb:210-dm-studies10-7

**Band 11** Peter Donhauser

Oskar Sala als Instrumentenbauer: Ein Leben für das Trautonium

urn:nbn:de:bvb:210-dm-studies11-3

**Band 12** Artemis Yagou (ed.)

Technology, Novelty, and Luxury

urn:nbn:de:bvb:210-dm-studies12-0

**Band 13** Rudolf Seising (Hrsg.)

Geschichten der Künstlichen Intelligenz in der Bundesrepublik Deutschland.

Die Genese der KI-Forschung als Teilgebiet der bundesdeutschen Informatik

urn:nbn:de:bvb:210-dm-studies13-6

**Band 14** Marisa Pamplona, Rebecca Wolf (eds.)

Material Authenticity of the Ephemeral

urn:nbn:de:bvb:210-dm-studies14-2

**Band 15** Fabienne Huguenin, Matthias Göggerle (Hrsg.)

Das digitale Objekt II – Vermittlung und Forschung

urn:nbn:de:bvb:210-dm-studies15-9



