

Gustav Robert Kirchhoff: Kurzbiographie, Bibliographie seiner spektroskopischen Arbeiten (1859-1863) und deren wissenschafts-historischer Einordnung

zusammengestellt von Dr. W. Beichel

Zweite, leicht überarbeitete Version vom 09.08.2024

Freiburg im Breisgau

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
2. Kurzbiographie Gustav Robert Kirchhoff.....	4
3. Bibliographie.....	7
4. Abkürzungsverzeichnis.....	14
5. Literaturverzeichnis.....	15

1. Einleitung

Der Name Kirchhoff ist eng mit bahnbrechenden Fortschritten in der Physik des 19. Jahrhunderts verbunden. Kirchhoff erlangte bereits 1845 als Student Aufmerksamkeit mit der Aufstellung der Regeln zu Strom- und Spannungsverteilung in elektrischen Schaltkreisen. Heute sind diese als Kirchhoff'sche Regeln in der Elektrotechnik und der Elektrizitätslehre bekannt. Besonderen Ruhm erlangte Kirchhoff mit seinen Arbeiten zu chemischer Spektralanalyse, zu dem nach ihm benannten Strahlungssatz und zu der chemischen Beschaffenheit der Sonne. Die spektralanalytische Forschung erfolgte in enger Zusammenarbeit mit seinem Freund und geschätzten Kollegen Robert Wilhelm Bunsen in den Jahren 1859-1861. Beide waren zu der Zeit Ordinarien an der Karl-Ruprechts Universität Heidelberg.

Darüber hinaus war Kirchhoff ein Vertreter der mathematischen Formulierung zur Erklärung physikalischer Erscheinungen, was zu der Zeit als mathematische Physik bezeichnet wurde. Als Ordinarius an der Friedrich-Wilhelms-Universität Berlin (1875-1887) hielt Kirchhoff Vorlesungen über mathematische Physik, die in insgesamt vier Bänden herausgegeben wurden. Sein Nachfolger, welche die Anwendung der Mathematik in der Physik ebenfalls pflegte und vorantrieb, war kein geringerer als der theoretische Physiker Max Planck.

Die oben erwähnten Forschungsrichtungen Kirchhoff's wurden in zahlreichen Originalabhandlungen und ebenso vielen Nachdrucken sowie Übersetzungen niedergelegt. Bei meinen eigenen Nachforschungen zum Kirchhoff'schen Strahlungssatz – welches ein bedeutendes Fundament zur Herleitung des Planck'schen Strahlungsgesetzes und somit zu der Geburt der Quantenphysik darstellt – stieß ich auf mehrere Originalabhandlungen Kirchhoff's und Nachdrucke derselben. Es erschien mir äußerst hilfreich diese Abhandlungen in chronologischer Reihenfolge aufzustellen, sowie zwischen Originalabhandlung und Nachdruck sowie Übersetzung bzw. Referat klar zu differenzieren. Da die Herleitung des Strahlungsgesetzes eng mit Kirchhoff's spektralanalytischen Forschungen verknüpft war, entschied ich mich die entsprechenden Abhandlungen mit in die Bibliographie aufzunehmen. Diese Arbeiten, die ich unter dem Begriff „spektroskopische Untersuchungen“ zusammenfasse, umfassen den Zeitraum 1859-1863.

Neben Kirchhoff's Originalarbeiten schien mir seine Biographie von großem Interesse. Wie auch bei anderen bedeutenden Persönlichkeiten gibt es eine Fülle von Quellen, in denen das Leben und Wirken Kirchhoffs beschrieben wird. Der Eintrag zu Kirchhoff in der Neuen Deutschen Biographie listet rund 30 Quellen auf ([NDB 1977]). Diese Auflistung enthält Nekrologe, Artikel in Sammelwerken oder beiläufige Erwähnungen Kirchhoff's sowie Artikel über seine wissenschaftliche Arbeit. Viele Artikel behandeln das Leben und Werk von Kirchhoff neben dem von Robert Wilhelm Bunsen, wobei Letzterem meist ein größerer Raum zuteil wird. Manche Autoren vermerken nicht die von Ihnen verwendeten Quellen. Bei der Vielzahl an biographischen Einträgen zu Kirchhoff ist eine Differenzierung nach Primär- und Sekundärquelle sowie eine Gewichtung der jeweiligen Quelle nach deren Aussagekraft nicht immer möglich.

Eine umfassende Biographie über Kirchhoff, welche umfangreiches Archivmaterial (darunter Akten und Briefe) als Quellen nutzt, stammt von Klaus Hübner ([Hübner 2010]). Anhand der Quellenanalyse von Hübner konnten die verschiedenen existierenden Nachrufe besser eingeordnet werden. Der Autor stuft hierbei die Nachrufe von Ludwig Boltzmann ([D3]), Robert von Helmholtz ([D5]) und Emil Warburg ([D8]) als relevant ein und hebt zusätzlich den Nachruf von August Heller ([D4]) hervor. Ein Vergleich der oben aufgeführten Nekrologe zeigt, dass in jedem Nachruf ein unterschiedlicher Fokus auf das Leben und Wirken des großen Physiker Gustav Robert Kirchhoff gelegt wurde. Hübner vermerkt, dass nachfolgende Würdigungen und biographische Einträge einschließlich der oben erwähnten ursprünglichen Quellen Fehler aufweisen, die sich bis heute beharrlich fortgepflanzt haben ([Hübner 2010, S. 12-14]). Erst seine umfassende Biographie konnte mehrere solcher Fehler aufgreifen und richtigstellen. Weitere Werke, die archivalische Quellen in unterschiedlichem Umfang berücksichtigten, stammen von Danzer ([Danzer, 1972]) und Bogomolov ([Bogomolov 2001], auf russisch). Bogomolov listet ein umfangreiches Publikationsverzeichnis der Kirchhoff'schen Arbeiten sowie deren Übersetzungen ins Russische auf. Zusätzlich beinhaltet sein Buch Literaturverweise auf Nekrologe und biographische Einträge zu Kirchhoff auf russisch. Ähnlich wie im Falle der deutschsprachigen Literatur sind die Angaben auf die bereits erwähnten Primärquellen zurückzuführen, wobei zusätzlich dem Artikel von A. G. Stoletov eine besondere Rolle zukommt ([D1]).¹ Als Beispiel für einen aktuellen Aufsatz auf deutsch sei der übersichtliche Artikel von Hentschel ([Hentschel 1997]) genannt.

Basierend auf dem Werk von Hübner habe ich eine zweiseitige Kurzbiographie zu Gustav Robert Kirchhoff in tabellarischer Form erstellt und der Bibliographie vorangestellt. Der Bibliographie selbst fügte ich einen Abschnitt mit Literaturquellen zu Kirchhoffs Leben hinzu. Die Auswahl basiert auf Quellen, die neben seiner wissenschaftlichen Arbeit seine Persönlichkeit hervorheben und von Zeitgenossen, (darunter von mit Kirchhoff bekannten Personen) verfasst worden sind. Sie geht über die enge Auswahl von Hübner etwas hinaus. Weitere Einblicke zu Kirchhoff's Persönlichkeit von Zeitgenossen finden sich in den Werken von Königsberger ([Königsberger 1919]), Meyer ([Meyer 1917]) und Roscoe ([Roscoe 1919])

¹ Alexander Grigorjewitsch Stoletov (1839-1896) war ein russischer Physiker. Nach seinem Studium an der Moskauer Universität besuchte im Zeitraum 1862-1865 Heidelberg, Göttingen und Berlin, um bei den führenden deutschen Physikern Vorlesungen zu hören und zu experimentieren. In der Heidelberger Zeit besuchte er die Kirchhoff'schen Vorlesungen und nahm an seinem physikalischen Praktikum teil. Ein erneuter Besuch des Kirchhoff'schen Laboratoriums erfolgte im Jahr 1871. Hierbei führte Stoletov experimentelle Arbeiten für seine in Moskau eingereichte Dissertation durch. Ab 1873 war er als ordentlicher Professor für mathematische Physik, ab 1883 für experimentelle Physik an der Moskauer Universität tätig. Stoletov war maßgeblich an dem Aufbau eines physikalischen Laboratoriums an der Moskauer Universität beteiligt. Laut Timirjazev zählte Kirchhoff ihn zu seinen besten Schülern. Weiterhin soll Kirchhoff sogar Stoletov seine später zu veröffentlichenden Manuskripte geschickt und Stoletov's Meinung dazu eingeholt haben [Timirjazev 1941].

wieder. Von weiteren Nachrufen und Einträgen in biographischen Sammelwerken, die auf den aufgeführten Primärquellen basieren, wurde folglich Abstand gehalten.

Zwei weitere Themen sollen hier zusätzlich Erwähnung finden, da sie unmittelbar mit Kirchhoff'schen spektroskopischen Arbeiten verbunden sind. Zum einen der Disput des deutschen Gelehrten mit dem schottischen Physiker Balfour Stewart.² Hierbei ging es um Prioritätsansprüche hinsichtlich der Herleitung des Strahlungssatzes. Der Disput um die Priorität griff auch auf andere spektroskopische Entdeckungen Kirchhoff's über und wurde zwischen englischen und deutschen Gelehrten ausgetragen. Die genannten Arbeiten in [E1]-[E3] betrachten diesen Disput aus der wissenschafts-historischen Perspektive.

Das zweite Thema ist die Entwicklung des Beweises des Kirchhoff'schen Strahlungssatzes. Kirchhoff selbst formulierte zwei Beweise (1859, 1860 und 1862)³ für seinen Strahlungssatz. Diese wurden bereits zu seinen Lebzeiten von Physikerkollegen in Frage gestellt. Nach Kirchhoff's Tod folgten weitere Beweise, u.a. von E. Pringsheim, M. Planck und D. Hilbert, bis die Frage nach dem exakten Beweis sich durch das Aufkommen der Quantenphysik auflöste ([E4]).

Mögen die vorliegenden Zusammenstellungen den Leser:innen helfen, eine Orientierung über Kirchhoff's Arbeiten und seine Person zu erhalten und den Versuch erleichtern seine eleganten Gedankengänge nachvollziehen zu können.

² Balfour Stewart (1828-1887) war ein schottischer Physiker. Er studierte an der Universität St. Andrews und Edinburgh. Ab 1856 war er Assistent des Observatoriums in Kew und danach bei James Forbes in Edinburgh. Im Jahre 1859 wurde er Direktor des Kew Observatoriums und schließlich im Jahre 1870 bis zu seinem Lebensende Professor for Natural Philosophy in Manchester ([Hartog 1898], [Ames 1901], S. 72, und [Zeller 1972 N], S. 45, Anm. 57]).

³ Die Beweise aus dem Jahr 1860 und 1862 sind sich sehr ähnlich.

2. Kurzbiographie Gustav Robert Kirchhoff

* 12.03.1824: Königsberg/Ostpreußen (heute Kaliningrad, Russische Föderation)

† 17.10.1887: Berlin, Deutsches Kaiserreich

Ostern 1842: Abitur am Kneiphöfischen Gymnasium in Königsberg.

1842-1847: Studium der Mathematik und Physik an der Königsberger Albertus Universität (SS1842 - SS1847), Besuch des Mathematisch-Physikalischen Seminars, Vorlesungen bei F. W. Bessel, L. O. Hesse, C. G. J. Jacobi, F. J. Richelot und F. E. Neumann, Durchführung experimenteller Arbeiten.

1845: Erste wissenschaftliche Arbeit "Ueber den Durchgang eines elektrischen Stromes durch eine Ebene, insbesondere durch eine kreisförmige" *Ann. Phys. Chem.* **1845**, 140(4), 497-514. Formulierung der Kirchhoff'schen Regeln zur Strom- und Spannungsverteilung in Leitersystemen.

1845-1852: Beiträge zu dem Referateblatt der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin *Fortschritte der Physik*.

Jan. 1847: Erhalt des Preises der philosophischen Fakultät mit der Preisschrift "Ueber die Bestimmung der Constanten, von welcher die Intensität der inducirten Ströme abhängt."

06.09.1847: Promotion mit der Dissertationsschrift "De valore constante experimentis determinato, a quo electricitatis motae pendet intensitas inductione effecta." Schrift auf Deutsch verfasst und basiert auf der Preisschrift. Promotionsbetreuer: F. E. Neumann.⁴

1847-1849: Forschung und Weiterbildung an der Friedrich-Wilhelms-Universität Berlin. Besuch der Chemievorlesungen von H. Rose, des chemischen Praktikums von W. H. Heintz, der Physikvorlesungen von C. G. J. Jacobi und H. G. Magnus. Arbeiten über Elektrizitätserscheinungen (u.a. das Ohm'sche Gesetz) sowie über Chladnische Klangfiguren.

26.07.1848: Habilitation auf der Basis seiner Dissertationsschrift, zweier Veröffentlichungen, einer Probevorlesung "Über einige neue Folgerungen aus dem Ohmschen Gesetz, besonders über die Reflexion und Refraction des elektrischen Stromes" mit anschließendem Kolloquium. Öffentlicher Vortrag mit dem Titel "De theoria laminarum elasticarum vibratium" [Über die Theorie elastischer Schwingungen]. Danach Privatdozententätigkeit.

⁴ Kirchhoff wurde maßgeblich von dem Königsberger Physiker und Mineralogen Franz Ernst Neumann (1798-1895) während seines Studiums geprägt. Letzterer hielt in dem mathematisch-physikalischen Seminar Physikvorlesungen. Im Rahmen des Seminars hat Kirchhoff Ergebnisse zu seiner ersten Publikation erarbeitet, welche auch 1845 in den Annalen der Physik und Chemie veröffentlicht wurden. Auch hat Neumann die Aufgabenstellung zum Preis der philosophischen Fakultät formuliert. Kirchhoff führte seine diesbzgl. Experimente ebenfalls im math.-phys. Seminar aus. Neumann begutachtete sowohl die Arbeit für die Preisausschreibung als auch die Dissertationsschrift von Kirchhoff. Auf Grund der Enge der oben beschriebenen Ereignisse mit der Person Franz Ernst Neumann kann dieser als Kirchhoffs Promotionsbetreuer im heutigen Sinne angesehen werden (siehe auch [Hübner 2010], S. 35, 38-43).

- 1849/1850: Berufung als Extraordinarius für Experimentalphysik an die Universität Breslau. Antritt zum WS1850/51. Teilung des Direktoriums des Physikalischen Kabinetts mit dem Ordinarius Prof. Dr. M. L. Frankenheim. Bekanntschaft mit dem Chemiker Robert Wilhelm Bunsen. Überwiegend Vorlesungstätigkeiten zur Experimentalphysik, mathematischer Physik, Physikalischen Übungen. Verbleib bis Oktober 1854.
- 1854-1875: Ordinarius für Physik an der Karl-Ruprechts-Universität Heidelberg.
- 1859-1862: Begründung der chemischen Spektralanalyse (mit Bunsen), Untersuchung der Fraunhofer-Linien und deren Rückführung auf das Vorkommen chemischer Elemente in der Sonnenatmosphäre, Formulierung des nach ihm genannten Strahlungssatzes, Einführung des schwarzen Körpers als Referenz-Strahlobjekt, hochpräzise Vermessung des Sonnenspektrums.
- 1861-1874: Beteiligung an dem Neubau eines Gebäudes für naturwissenschaftliche Fächer (Friedrichsbau), Übernahme von universitären Ämtern, Schicksalsschläge, Arbeiten zu verschiedenen physikalischen Themen, Vorlesungen über Experimentalphysik, Theoretische Physik u.a.
- 1869: Gründung eines mathematisch-physikalischen Seminars zum WS1869/70 mit Leo Königsberger.
- 1875: Doppelberufung an die Akademie der Wissenschaften zu Berlin und zugleich an die philosophische Fakultät der Friedrich-Wilhelms-Universität Berlin als freier Ordinarius [d.h. ohne eigenes Institut und ohne Arbeitsmittel].
- 1875-1887: Gremientätigkeiten an der Akademie, an der Universität, in der Physikalischen Gesellschaft, im Elektrotechnischen Verein etc.; Vorlesungen zu mathematischer Physik an der Universität, experimentelle und theoretische wissenschaftliche Arbeiten zu verschiedenen Gebieten der Physik.

Mitgliedschaften und Ehrungen (Auswahl):

- 1845: Auswärtige Mitgliedschaft der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin.
- 1856: Gründungsmitglied des Naturhistorisch-Medizinischen Vereins zu Heidelberg; 2. Vorstand 1863-1867 sowie 1869-1871; 1. Vorstand 1871-1873.
- 1861-1862: Verleihung zahlreicher Ritterkreuze und Orden, darunter die bayerische Maximilians-Medaille für Kunst und Wissenschaft sowie die Rumford-Medaille.
- 1865: Ernennung zum Hofrat, später (1870) zum geheimen Hofrat.
- 1881: Ehrenmitglied des Naturhistorisch-Medizinischen Vereins zu Heidelberg.
- 1887: Posthum-Verleihung des „prix Janssen“ von der Académie des Sciences (höchste Auszeichnung der Société Astronomique de France).

Aufnahmen als Mitglied der Akademien der Wissenschaft (AdW): a) korrespondierend: Bayerische (1861), Preußische (1861), Pariser (1870) und Russische (1862)⁵ AdW; b) auswärtig: AdW zu Göttingen (1862), Preußische (1870) und Bayerische (1871) AdW; c) außerordentlich: Ungarische AdW (1872); d) ordentlich: Preußische AdW (1875)⁶.

Relevante Forschungsgebiete:

Regeln zu Strom- und Spannungsverteilung in elektrischen Schaltkreisen, chemische Spektralanalyse, Kirchhoff'scher Strahlungssatz, chemische Beschaffenheit der Sonne, mathematische Physik.

Schüler:⁷ Carl Kohn (1859), Ernst Voit (1860), Karl Jacob Zöppritz (1864), Albert Steiner (1865 „Zur Theorie der Linsen“), William Philips (1868), Albert Hertz (1869), Georg von Scherff (keine Angaben), Loránd Eötvös (1870), Arthur Schuster (1873), Gabriel Lippmann (1874 „Beziehungen zwischen den capillaren und elektrischen Erscheinungen“, zuvor publiziert in *Ann. Phys. Chem.* **1873** 225(8), 546-551), Friedrich Poske (1874 „Ueber die Bestimmung der absoluten Schwingzahl eines Tones und die Abhängigkeit der Tonhöhe von der Amplitude“, zuvor publiziert in *Ann. Phys. Chem.* **1873** 228(7), 448-471).

⁵ Eintrag auf der Homepage der Russischen Akademie der Wissenschaften: http://www.ras.ru/win/db/show_per.asp?P=.id-50715.ln-ru.dl-.pr-inf.uk-12, zuletzt abgerufen am 16.05.2024.

⁶ Eintrag auf der Homepage der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften: <https://www.bbaw.de/die-akademie/akademie-historische-aspekte/mitglieder-historisch/historisches-mitglied-robert-gustav-robert-kirchhoff-1385>, zuletzt abgerufen am 16.05.2024.

⁷ Die Begriffe des Schülers und des Lehrers lassen sich unterschiedlich auslegen und sind dementsprechend anfällig für Mißverständnisse. Im heutigen akademischen Sprachgebrauch versteht man in der Regel einen Schüler, als eine Person, die bei einem professoralen Mentor (Lehrer) promoviert und seine Leistungen durch Vorlage einer Dissertation mit anschließender Verteidigung belegt hat. Der Doktorvater hat in der Regel während der Promotionsphase den Schüler und seine wissenschaftliche Vorgehensweise stark geprägt.

Dieses Verständnis ist im 19. Jahrhundert nicht immer anzutreffen. In vielen Fällen reichte bereits das Hören einer Vorlesung, der Besuch eines Praktikums oder die Durchführung einer wissenschaftlichen Arbeit, um sich oder Andere als Schüler zu bezeichnen. Die Durchführung einer Doktorprüfung könnte ebenfalls als Schüler-Lehrer-Beziehung aufgefasst werden. Die Anfertigung einer Dissertation war zur Zeit Kirchhoffs in Heidelberg optional ([Hübner 2010], S. 177-179).

Somit ist die Aufnahme von Personen als Schüler Kirchhoffs reine Ermessenssache. Ich habe mich für die Variante entschieden, bei der die aufgezählten Personen eine Doktorprüfung in dem Hauptfach Physik bei Kirchhoff absolviert haben. Personen, deren Name unterstrichen ist, haben eine Dissertation eingereicht. Die Auflistung mit den dazu gehörigen Informationen basiert auf [Hübner 2010], S. 178-179 und 194-198. Das Jahr der Prüfung und – soweit zutreffend – der Titel der Dissertation sind in runde Klammern gesetzt. Die Auswahl beschränkt sich auf die Prüfungen an der Universität Heidelberg. In Berlin wirkte Kirchhoff neben Helmholtz als Zweitprüfer für das Hauptfach Physik, wobei die Physikpromotionen Probleme der Experimentalphysik behandelten. Kirchhoff selbst betreute keine experimentelle Arbeiten ([Hübner 2010], S. 247-249).

3. Bibliographie

Anmerkungen zu der Zusammenstellung:

In eckigen Klammern hinter dem Zitat für die Originalpublikation ist das Veröffentlichungsdatum (soweit vorhanden) vermerkt. Bei den Nachdrucken bezieht sich die Zählweise auf die Originalpublikation, gefolgt von einem Kleinbuchstaben. Bei mehreren Nachdrucken des gleichen Artikels in unterschiedlichen Quellen werden die Buchstaben in alphabetischer Reihenfolge aufgeführt. Eine analoge Zählweise wird bei Übersetzungen und Referaten über die Originalpublikationen in fremdsprachigen Journalen verwendet, mit dem Unterschied, dass hier statt der alphabetischen Reihenfolge die römische Zählweise i, ii, iii, iv u.s.w. genutzt wird. Bei Nachdrucken in Sammelwerken, z. B. [Zeller 1972] werden aus Platzgründen nur die Seitenzahlen angegeben und die Quellen im Literaturverzeichnis vollständig ausgeschrieben. Eine alternative Zitierweise der Annalen der Physik und Chemie im 19. und 20. Jahrhundert ist die Nennung der Serie, welche unter einen bestimmten Herausgeber erfolgt ist. In unseren Fall handelt es sich um Poggendorff's Annalen, abgekürzt *Pogg. Ann.* Der Unterschied zwischen der Zitationsangabe *Ann. Phys. Chem.* und *Pogg. Ann.* liegt in der Bandnummer. Für die hier behandelten Publikationen Kirchhoff's sind die Angaben für die Bandnummer wie folgt aufgeführt:

<i>Pogg. Ann.</i>	64	108	109	110	113	118
<i>Ann. Phys. Chem.</i>	140	184	185	186	189	194

Einige Arbeiten und Vorträge wurden erst zu einem späteren Zeitpunkt publiziert, z. B. [A6] (Vortrag gehalten 1860, publiziert 1862). In solchen Fällen wird das Ereignisdatum (in eckigen Klammern vermerkt) dem Publikationsdatum vorgezogen.

Unter den aufgeführten Publikationen möchte ich gerne Referenz [A8] hervorheben. Es handelt sich um einen Brief Kirchhoff's an den Herausgeber des Journals für Praktische Chemie Otto Linné Erdmann. Im Band 80 des Jahres 1860 wurden in dieser Zeitschrift die Abhandlungen von Kirchhoff und Bunsen (Chemische Spektralanalyse [A7]), von Bunsen über die Entdeckung eines neuen Alkalimetalls und Kirchhoff's Abhandlung über die Fraunhofer'sche Linien ([A2]) abgedruckt. Der Brief ist der letztgenannten Publikation Kirchhoff's angehängt. Dort beschreibt Kirchhoff seine ersten Untersuchungen zu der Aufnahme des Sonnenspektrums. Er beschreibt darin seinen neuen von Steinheil erhaltenen Spektralapparat sowie die genaue Vermessung des Sonnenspektrums zwischen den Fraunhofer'schen Linien D und F. Anschließend äußert Kirchhoff sich über das Vorkommen chemischer Elemente, darunter Eisen, Chrom und Nickel in der Sonnenatmosphäre. Diese Untersuchungen gehen der Publikation Kirchhoff's vom Juni 1861 in den Abhandlungen der

Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin ([A11]) voraus. Ein Verweis auf diesen deutschsprachigen Brief ist mir bisher in keiner Sekundärliteratur begegnet, weswegen ich seiner Aufnahme in dieser Bibliographie ein Platz einräumen möchte. Hingegen erschien eine englische Übersetzung des Briefes im *Philosophical Magazine* ([C8i]). Der übersetzte Brief wurde von Roscoe an die Herausgeber der Zeitschrift kommuniziert. Als Datum wird der 01. Februar 1860 genannt. Dieses Datum ist allerdings für den inhaltlichen Zusammenhang recht verfrüht. Darauf hat bereits Hans Kangro in seinem Nachwort hingewiesen ([Zeller 1972 N], S. 48, Anm. 141). Mit der Auffindung des Originalabdrucks des Briefes im *Journal für Praktische Chemie* dürfte dieser Widerspruch aufgelöst worden sein. Unterstützt wird die Argumentation zusätzlich durch die detaillierten Angaben von K. Hübner zur Beschaffung des Spektralapparats von Steinheil ([Hübner 2010], S. 123-125). Der Apparat wurde nämlich Ende Mai 1860 von München aus nach Heidelberg verschickt. Erst danach könnte Kirchhoff seine Untersuchungen aufnehmen. Zu dem Datum der Zuschrift von Roscoe an das *Philosophical Magazine* kann hier nur noch die Vermutung ausgesprochen werden, dass die Angabe 1860 versehentlich erfolgte und der 01. Februar 1861 gemeint sein dürfte.

A: Originalarbeiten

- [A1] G. Kirchhoff, "Ueber den Winkel der optischen Axen des Aragonits für die verschiedenen Fraunhofer'schen Linien", *Ann. Phys. Chem.* **1859**, 184(12), 567–575. [September 1859]
- [A2] G. Kirchhoff, "Über die Fraunhofer'sche Linien", *Monatsber. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss. (Sitzung vom 27.10.1859)*, **1860**, 662–665. [20. Oktober 1859]
- [A3] G. Kirchhoff, "Ueber das Sonnenspektrum", *Verh. Nat.-hist.-med. Ver.* **1859**, 1, 251–255. [Vortrag vom 28. Oktober 1859]^{8,9}
- [A4] G. Kirchhoff, "Über den Zusammenhang zwischen Emission und Absorption von Licht und Wärme", *Monatsber. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss. (Sitzung vom 15.12.1859)* **1860**, 783–787. [11. Dezember 1859]
- [A5] G. Kirchhoff, "Ueber das Verhältniss zwischen dem Emissionsvermögen und dem Absorptionsvermögen der Körper für Wärme und Licht", *Ann. Phys. Chem.* **1860**, 185(2), 275–301. [Januar 1860]
- [A6] G. Kirchhoff, "Über einen neuen Satz der Wärmelehre", *Verh. Nat.-hist.-med. Ver.* **1862**, 2, 16–23. [Vortrag vom 03. Februar 1860]⁹

⁸ Dieser Vortrag wurde laut Aussagen von Emil Warburg ([D8, S. 209]) im gleichen Jahr in Karlsruhe vor dem Großherzog gehalten.

⁹ Online-Zugang über [Dörflinger 2012].

- [A7] G. Kirchhoff, R. Bunsen, "Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen“, *Ann. Phys. Chem.* **1860**, 186(6), 161–189. [April 1860]
- [A8] Aus einem Schreiben des Herrn Prof. Kirchhoff an Erdmann, "Ueber die Fraunhofer'schen Linien“, *J. Prakt. Chem.* **1860**, 80(1), 483–486. [06. August 1860]. Als Anhang zu der Originalpublikation.¹⁰
- [A9] G. Kirchhoff, "Über den von Herrn Hofr. Bunsen und [mir]¹¹ construirten Spectralapparat“, *Verh. Nat.-hist.-med. Ver.* **1862**, 2, 129–131. [Vortrag vom 14. Juni 1861]⁹
- [A10] G. Kirchhoff, R. Bunsen, "Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen – Zweite Abhandlung“, *Ann. Phys. Chem.* **1861**, 189(7), 337–381. [Juni 1861]
- [A11] G. Kirchhoff, "Untersuchungen über das Sonnenspectrum und die Spectren der chemischen Elemente“, *Abh. Kgl. Akad. d. Wiss. (Aus dem Jahre 1861)*, **1862**, 63–95. [Juni 1861]
- [A12] G. R. Kirchhoff, *Untersuchungen über das Sonnenspectrum und die Spectren der chemischen Elemente - Zweite durch einen Anhang vermehrte Auflage*. Besonderer Abdruck aus *Abh. Kgl. Akad. d. Wiss.*, Ferdinand Dümmler's Verlagsbuchhandlung, **1862**. [Februar 1862]¹²
- [A13] G. Kirchhoff, "Untersuchungen über das Sonnenspectrum und die Spectren der chemischen Elemente – Zweiter Theil. Enthaltend Beobachtungen von Hrn. K. Hofmann“, *Abh. Kgl. Akad. d. Wiss. (Aus dem Jahre 1862)*, **1863**, 227–240. [gelesen am 20. November 1862]
- [A14] G. Kirchhoff, "Zur Geschichte der Spectral-Analyse und der Analyse der Sonnenatmosphäre“ *Ann. Phys. Chem.* **1863**, 194(1), 94-111. [November 1862]
- [A15] G. Kirchhoff, R. Bunsen, "Die Spectren der Alkalien und alkalischen Erden“, *Z. Anal. Chem.* **1862**, 1(1), 1-2. [Dezember 1862]
- [A16] G. Kirchhoff, R. Bunsen, "Kleiner Spectralapparat zum Gebrauch in Laboratorien“, *Z. Anal. Chem.* **1862**, 1(1), 139-140. [Dezember 1862]

B: Nachdrucke und vereinzelte Referate

- [B1a] [Kirchhoff 1882], S. 557–564.
- [B2a] G. Kirchhoff, *Ann. Phys. Chem.* **1860**, 185(1), 148–150.
- [B2b] G. Kirchhoff, *J. Prakt. Chem.* **1860**, 80(1), 480–482.
- [B2c] G. Kirchhoff, *Polytechn. J.* **1860**, 156, 32–34.

¹⁰ Siehe die Ausführungen auf S. 7-8.

¹¹ Im Original heißt es: Vortrag des Herrn Prof. Kirchhoff „über den von Herrn Hofr. Bunsen und ihm construirten Spectral-Apparat“, am 14. Juni 1861.

¹² Das Buch setzt sich zusammen aus dem Nachdruck von [A11] (S. 1-21) und einem Anhang (S. 22-39). Bei dem Anhang handelt es sich um einen modifizierten Text von [A5].

- [B2d] [Kirchhoff 1882], S. 564–566.
- [B2e] [Planck 1898], S. 3–5.
- [B2f] [Zeller 1972], S.1–6.
- [B4a] [Kirchhoff 1882], S. 566–571.
- [B4b] [Planck 1898], S. 6–10.
- [B4c] [Zeller 1972], S. 7–13.
- [B5a] [Zeller 1972], S. 15–43.
- [B5b] [Schöpf 1978] S. 131–151.
- [B6a] G. Kirchhoff, *Polytechn. J.* **1860**, 157, 29–36.
- [B7a] G. Kirchhoff, R. Bunsen, *J. Prakt. Chem.* **1860**, 80(1), 449–477.
- [B7b] G. Kirchhoff, R. Bunsen, *Ann. Chem. Pharm.* **1861**, 118(3), 349–361. [Referat]
- [B7c] [Ostwald 1895], S. 1-28.
- [B7d] [Kirchhoff 1882], S. 598-625.
- [B7e] [Zeller 1972], S. 65–95.
- [B10a] [Ostwald 1895], S. 29-70.
- [B10b] [Zeller 1972], S. 97-143.
- [B11a] G. R. Kirchhoff, *Untersuchungen über das Sonnenspectrum und die Spectren der chemischen Elemente. von G. Kirchhoff - Zweite durch einen Anhang vermehrte Auflage*, Ferdinand Dümmler's Verlagsbuchhandlung, **1862**, S. 1-21. [Februar 1862]
- [B11b] [Zeller 1972], S. 145-179.
- [B12a] [Kirchhoff 1882], S. 571–598.¹³
- [B12b] [Planck 1898], S. 11–36.¹³
- [B12c] [Zeller 1972], S. 45–64.¹³
- [B13a] [Zeller 1972], S. 181-196.
- [B14a] [Kirchhoff 1882], S. 625–641.

C: Übersetzungen sowie Referate in fremdsprachigen Journalen

- [C1i] "Note sur la mesure des angles de axes optique de l'arragonite relatifs aux diverse raies de Fraunhofer", *Ann. Chim. Phys.* **1860**, 59, 488–491.
- [C2i] "Note sur le raies de Fraunhofer", *Ann. Chim. Phys.* **1860**, 58, 254–256.
- [C2ii] "Sur la nature chimique de l'atmosphère du soleil", *J. Pharm. Chim.* **1860**, 37, 388–389.
- [C2iii] G. G. Stokes, "On the Simultaneous Emission and Absorption of Rays of the same definite Refrangibility; being a translation of a portion of a paper by M. Léon Foucault, and of a paper by Professor Kirchhoff", *Phil. Mag.* **1860**, 19(126), 193–197. [Märzausgabe]; darin die Seiten 195-196.

¹³ Die Nachdrucke beziehen sich nur auf den Anhang der Publikation S. 22-39.

- [C4i] "Note sur le rapport entre le pouvoir émissif et le pouvoir absorbant de corps pour la chaleur et la lumière", *Ann. Chim. Phys.* **1860**, 59, 124–128.
- [C5i] "On the relation between the radiating and absorbing powers of different bodies for light and heat", *Phil. Mag.* **1860**, 20(130), 1–21. [Juliausgabe, mit einem Postscript von G. Kirchhoff]
- [C5ii] "Du rapport entre le pouvoir émissif et le pouvoir absorbant de corps pour la chaleur et la lumière" *Ann. Chim. Phys.* **1861**, 62, 160–192. [inkl. des Postscripts von G. Kirchhoff]
- [C6i] "On a new proposition in the theory of heat", *Phil. Mag.* **1861**, 21(140), 241–247. [Aprilausgabe]
- [C7i] "Chemical analysis by spectrum-observations", *Phil. Mag.* **1860**, 20(131), 88–109. [Augustausgabe]
- [C7ii] "On chemical analysis by spectrum-observations", *Quart. J. Chem. Soc. London*, **1861**, 13(3), 270–289.
- [C7iii] "Analyse chimique fondée sur les observations du spectre – premier mémoire", *Ann. Chim. Phys.* **1861**, 62, 452–486.
- [C7iv] [Ames 1901], S. 99-125.
- [C8i] H. E. Roscoe, "Letter from Prof. Kirchhoff on the chemical analysis of the solar atmosphere", *Phil. Mag.* **1861**, 21(139), 185–188. [Märzausgabe]
- [C8ii] "On the chemical analysis of the solar atmosphere", *Chem. News* **1861**, 3, 115–116.¹⁴
- [C10i] "Chemical analysis by spectrum-observations - Second memoir", *Phil. Mag.* **1861**, 22(148), 329-349 [Novemberausgabe] and 22(150), 498-510 [Supplement].
- [C10ii] "Analyse chimique fondée sur les observations du spectre – deuxième mémoire", *Ann. Chim. Phys.* **1862**, 64, 257–311.
- [C11i] H. F. Roscoe, *Researches on the solar spectrum and the spectra of the chemical elements by G. Kirchhoff*, Macmillan and co., Cambridge, **1862**.
- [C11ii] "Recherches sur le spectre solaire et les spectres de corps simple", *Ann. Chim. Phys.* **1863**, 68, 1–45.
- [C11iii] "Sullo spettro solare, e sugli spettri degli elementi chimici", *Il nuovo cimento (1855-1868)*, **1862**, 16(1), 199-232.
- [C12i] [Ames 1901], S. 73-97.
- [C13i] H. F. Roscoe, *Researches on the solar spectrum and the spectra of the chemical elements by G. Kirchhoff – 2nd part*, Macmillan and co., Cambridge, **1863**.

¹⁴ Die Quelle konnte nicht überprüft werden und ist dem Literaturverzeichnis von [Bogomolov 2001] entnommen.

- [C13ii] "Recherches sur le spectre solaire et les spectres de corps simple – second partie", *Ann. Chim. Phys.* **1864**, 1, 396–411.
- [C14i] G. Kirchhoff, "Contributions towards the history of spectrum analysis and of the analysis of the solar atmosphere", *Phil. Mag.* **1863**, 25(168), 250-262.

D: Biographische Angaben

- [D1] a) A. G. Stoletov, "G. R. Kirchgof" *Priroda* **1873**, 2, 174-179; b) A. K. Timirjazev (Hsgb.), *A. G. Stoletov Sobranie sočinenij*, Band 2, Gos. Izd. Techn.-Teoret. Lit., Moskva, **1941**, S. 31-52. (russ.)
- [D2] a) A. W. Hofmann (Nachruf auf Gustav Kirchhoff), *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **1887**, 20(2), 2771–2777. [Sitzung vom 24. Oktober 1887]; b) A. W. Hofmann, *Zur Erinnerung an vorangegangene Freunde*, Band 3, Vieweg, Braunschweig, **1888**, S. 147-156.
- [D3] a) L. Boltzmann, *Gustav Robert Kirchhoff - Festrede zur Feier des 301. Gründungstages der Karl-Franzens-Universität zu Graz*, Johann Ambrosius Barth, Leipzig, **1888**. [gehalten am 15. November 1887]; b) L. Boltzmann, *Populäre Schriften*, Johann Ambrosius Barth, Leipzig, **1905**, S. 51-75.
- [D4] August Heller, "Gustav Robert Kirchhoff", *Beilage zur Allgemeinen Zeitung* **1887**, 326, 4809–4810. [Ausgabe vom 24. November 1887]
- [D5] R. von Helmholtz, "Gustav Robert Kirchhoff", *Deutsche Rundschau* **1888**, 14, 232-245. [Ausgabe Januar – März 1888]
- [D6] W. Vogt, "Zum Gedächtnis von G. Kirchhoff", *Abh. Kgl. Ges. d. Wiss.* **1888**, 35, 1-10. [Rede gehalten am 05. Dezember 1888]
- [D7] A. Kussmaul, "Ein Dreigestirn großer Naturforscher an der Heidelberger Universität im 19. Jahrhundert", *Deutsche Revue* **1902**, 27, 35-45.
- [D8] E. Warburg, "Zur Erinnerung an Gustav Kirchhoff", *Die Naturwissenschaften* **1925**, 13(11), 205-212.

E: Der wissenschaftliche Diskurs

- [E1] H. Kangro, *Kirchhoff und die spektralanalytische Forschung*, Nachwort mit separaten Seitenangaben in *Milliaria Faksimiliendrucke zur Dokumentation der Geistesentwicklung XVII*, H. Rosenfeld, O. Zeller (Hsgb.): *Gustav Robert Kirchhoff Untersuchungen über das Sonnenspectrum und die Spectren der chemischen Elemente und weitere ergänzende Arbeiten aus den Jahren 1859-1862*, Neudruck der Ausgaben 1859-1863, Otto Zeller Verlag, Osnabrück, **1972**.
- [E2] D. M. Siegel "Balfourt Stewart and Gustav Robert Kirchhoff: Two Independent Approaches to Kirchhoff's Radiation Law", *Isis* **1976**, 67(4), 565–600.

- [E3] T. N. Gornstein "Gustav Robert Kirchgof i ego issledovanija po teplovomu islutscheniju" *Trud. Inst. Ist. Estestv. Tech. AN SSSR*, **1960**, 34, 110-156. (russ.)
- [E4] A. Schirmacher "Experimenting theory: The proofs of Kirchhoff's radiation law before and after Planck" *Hist. Stud. Phys. Biol. Sci.* **2003**, 33(2), 299-335.

4. Abkürzungsverzeichnis

<i>Abh. Kgl. Akad. d. Wiss.</i>	Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin
<i>Abh. Kgl. Ges. d. Wiss.</i>	Abhandlungen der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen
<i>Ann. Chem. Pharm.</i>	Annalen der Chemie und Pharmacie
<i>Ann. Chim. Phys.</i>	Annales de Chimie et de Physique
<i>Ann. Phys. Chem.</i>	Annalen der Physik und Chemie
<i>Ber. Dtsch. Chem. Ges.</i>	Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft
<i>Hist. Stud. Phys. Biol. Sci.</i>	Historical Studies in the Physical and Biological Sciences
<i>J. Pharm. Chim.</i>	Journal de Pharmacie et de Chimie
<i>J. Prakt. Chem.</i>	Journal für praktische Chemie
<i>Monatsber. Kgl. Preuß. Akad. d. Wiss.</i>	Monatsberichte der Königlichen Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin
<i>Phil. Mag.</i>	The London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine
<i>Pogg. Ann.</i>	Poggendorff's Annalen
<i>Polytech. J.</i>	Polytechnisches Journal
<i>Quart. J. Chem. Soc.</i>	Quarterly Journal of the Chemical Society of London
<i>Trud. Inst. Ist. Estestv. Tech. AN SSSR</i>	Trudy Instituta Istorii Estestvoznaniija i Techniki AN SSSR
<i>Verh. Nat.-hist.-med. Ver.</i>	Verhandlungen des Naturhistorisch-Medizinischen Vereins zu Heidelberg
<i>Z. Anal. Chem.</i>	Zeitschrift für analytische Chemie

5. Literaturverzeichnis

[Ames 1901] J. S. Ames (Hsgb.) *Scientific Memoirs XV. The laws of radiation and absorption - memoirs by Prévost, Stewart, Kirchhoff, Kirchhoff and Bunsen*. Translated and edited by D. B. Brace, American Book Company, New York, **1901**.

[Bogomolov 2001] V. S. Bogomolov, *Gustav Robert Kirchgof (1824-1887)*, OGUP Kaliningradskoe Knižnoe Izdat, Kaliningrad, **2001**. (russ.)

[Danzer 1972] K. Danzer, *Robert W. Bunsen und Gustav R. Kirchhoff – Die Begründer der Spektralanalyse*, Teubner Verlagsgesellschaft, Leipzig, **1972**.

[Dörflinger 2012] Sammlung "Heidelberger Texte zur Mathematikgeschichte, URL: <http://www.ub.uni-heidelberg.de/archiv/13199>, zusammengestellt von Gabriele Dörflinger, Universitätsbibliothek Heidelberg, **2012**.

[Hartog 1898] P. J. Hartog *Stewart, Balfour 1898*, Dictionary of National Biography, 1885-1900, Vol. 54; Online-Version auf Wikisource zuletzt aufgerufen am 18.05.2024: https://en.wikisource.org/wiki/Dictionary_of_National_Biography,_1885-1900/Stewart,_Balfour#top.

[Hentschel 1997] K. Hentschel *Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) und Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899)* in Karl von Meÿenn (Hsgb.) *Die grossen Physiker*, Band 1: Von Aristoteles bis Kelvin, Beck, München, **1997**, S. 416-430, 475-477, 532-534.

[Hübner 2010] K. Hübner, *Gustav Robert Kirchhoff. Das gewöhnliche Leben eines außergewöhnlichen Mannes*, Verlag Regionalkultur, Ubstadt-Weiher, **2010**.

[Kirchhoff 1882] G. R. Kirchhoff, *Gesammelte Abhandlungen*, Barth, Leipzig, **1882**.

[Königsberger 1919] L. Koenigsberger, *Mein Leben*, Winter, Heidelberg, **1919**.

[Meyer 1917] R. Meyer, *Victor Meyer Leben und Wirken eines deutschen Chemikers und Naturforschers 1848-1897*, Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, **1917**.

[NDB 1977] W. Gerlach, *Neue Deutsche Biographie*, **1977**, 11, S. 649–653. Online verfügbar unter <https://www.deutsche-biographie.de/pnd118723146.html#ndbcontent>

[Ostwald 1895] W. Ostwald (Hsgb.) *Chemische Analyse durch Spectralbeobachtungen von Gustav Kirchhoff und Robert Bunsen*, *Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 72*, Engelmann, Leipzig, **1895**.

[Planck 1898] M. Planck (Hsgb.) *Abhandlungen über Emission und Absorption von Gustav Robert Kirchhoff*, *Ostwald's Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 100*, Engelmann, Leipzig, **1898**.

[Roscoe 1919] H. E. Roscoe, *Ein Leben der Arbeit - Erinnerungen*, Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig, **1919**.

[Schöpf 1978] H.-G. Schöpf (Hsgb.) *Von Kirchhoff bis Planck. Theorie der Wärmestrahlung in historisch-kritischer Darstellung*, Akademie-Verlag, Berlin, **1978** (Reihe Wissenschaft).

[Timirjazez 1941] K. A. Timirjazez "Alexander Grigorjevitsch Stoletov" in A. K. Timirjazez (Hsgb.), *A. G. Stoletov Sobranie sočinenij, Band 2*, Gos. Izd. Techn.-Teoret. Lit., Moskva, **1941**, S. 5-28.

[Zeller 1972] Milliaria Faksimiliendrucke zur Dokumentation der Geistesentwicklung XVII, H. Rosenfeld, O. Zeller (Hsgb.): Gustav Robert Kirchhoff *Untersuchungen über das Sonnenspectrum und die Spectren der chemischen Elemente und weitere ergänzende Arbeiten aus den Jahren 1859-1862*, Neudruck der Ausgaben 1859-1863, Otto Zeller Verlag, Osnabrück, **1972**.

[Zeller 1972 N] H. Kangro, *Kirchhoff und die spektralanalytische Forschung*, Nachwort mit separaten Seitenangaben in [Zeller 1972], S. 1-54.

Weitere hilfreiche Hinweise und Quellenverweise

Die "Heidelberger Texte zur Mathematikgeschichte", zusammengestellt von Gabriele Dörflinger von der Universitätsbibliothek Heidelberg enthalten mehrere Originalpublikationen von und über Gustav Kirchhoff. Die Sammlung beinhaltet darüber hinaus zahlreiche Texte über Physiker und Mathematiker verschiedener Epochen. Die entsprechenden Texte lassen sich über den Heidelberger Dokumentenserver abrufen.

URL: <https://archiv.ub.uni-heidelberg.de/volltextserver/view/collections/c-18.html>

Eine Zusammenstellung von (zum Teil verlinkten) biographischen und bibliographischen Informationen zu Kirchhoff und seinem Werk findet sich auf der Homepage der "Historia Mathematica Heidelbergensis" unter <http://histmath-heidelberg.de/homo-heid/kirchhoff.htm>.