

Karl Schwarzschild
GESAMMELTE WERKE/COLLECTED WORKS



Karl Schwarzschild

GESAMMELTE WERKE / COLLECTED WORKS

Volume 1

- Biography – 1. Celestial Mechanics
2. Sun and Stellar Atmospheres
3. Cometary Tails
4. Structure, Kinematics and Dynamics of Stellar Systems

Volume 2

5. Astronomical Positioning – 6. Photographic Photometry
7. Measuring Techniques, Binary Stars, Variable Stars
and Spectroscopy

Volume 3

8. Optics – 9. Physical Papers
10. Miscellaneous
Bibliography
-

Karl Schwarzschild

GESAMMELTE WERKE
COLLECTED WORKS

Edited by H. H. Voigt

Volume 1

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

Professor Dr. Hans-Heinrich Voigt
Universitäts-Sternwarte, Geismarlandstraße 11
W-3400 Göttingen, Fed. Rep. of Germany

Annotators:

Dr. Rudolf Dvorak
Institut für Astronomie der Universität Wien, Türkenschanzstraße 17
A-1180 Wien, Austria

Professor Dr. Wolfgang Mattig
Kiepenheuer-Institut für Sonnenphysik, Schöneckstraße 6
W-7800 Freiburg, Fed. Rep. of Germany

Dr. Klaus Jockers
Max-Planck-Institut für Aeronomie, Postfach 20
W-3411 Katlenburg-Lindau, Fed. Rep. of Germany

Professor Dr. Roland Wielen
Astronomisches Rechen-Institut, Mönchhofstraße 12-14
W-6900 Heidelberg, Fed. Rep. of Germany

ISBN 978-3-642-63467-3 ISBN 978-3-642-58086-4 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-642-58086-4

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Schwarzschild, Karl:

Gesammelte Werke = Collected works / Karl Schwarzschild. Ed. by H. H. Voigt. -
Berlin; Heidelberg; New York; London; Paris; Tokyo; Hong Kong; Barcelona; Budapest: Springer
NE: Schwarzschild, Karl: [Sammlung]
Vol.1 (1992)

ISBN 978-3-642-63467-3

This work is subject to copyright. All rights are reserved, whether the whole or part of the material is concerned, specifically the rights of translation, reprinting, reuse of illustrations, recitation, broadcasting, reproduction on microfilm or in any other way, and storage in data banks. Duplication of this publication or parts thereof is permitted only under the provisions of the German Copyright Law of September 9, 1965, in its current version, and permission for use must always be obtained from Springer-Verlag. Violations are liable for prosecution under the German Copyright Law.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1992
Originally published by Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York in 1992

The use of general descriptive names, registered names, trademarks, etc. in this publication does not imply, even in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protective laws and regulations and therefore free for general use.

Reproduction and Printing: Beltz Offsetdruck, W-6944 Hemsbach

Vorwort

Karl Schwarzschild war einer der bedeutendsten Astronomen Deutschlands und zählt zu den Begründern der modernen Astrophysik. Sein Nachlaß wird in der Niedersächsischen Staats- und Universitätsbibliothek in Göttingen aufbewahrt, eine reichhaltige Sonderdrucksammlung befindet sich auch in der Göttinger Universitäts-Sternwarte. Die hier vorgelegte Sammlung beschränkt sich bewußt auf Schwarzschilds veröffentlichte Arbeiten. Manuskripte und Entwürfe wissenschaftlicher Arbeiten aus dem Nachlaß wurden nicht hinzugenommen. Im Nachlaß befinden sich ferner rund 7000 Briefe von und an Karl Schwarzschild mit über 700 verschiedenen Personen. Diese Briefsammlung, die sich als Mikrofilm auch am Center for History of Physics, American Institute of Physics in New York befindet, wurde bisher nicht systematisch bearbeitet sondern nur sporadisch für den Lebenslauf herangezogen. Anlässlich dieser Herausgabe hat die Handschriftenabteilung den Nachlaß neu geordnet und katalogisiert, so daß er auch anderen Interessenten nun übersichtlich zur Verfügung steht. Der Handschriftenabteilung der Niedersächsischen Staats- und Universitätsbibliothek unter Leitung von Herrn Dr. H. Rohlfing möchte ich an dieser Stelle für die ständige Bereitstellung des Nachlasses und andere Unterstützung vielmals danken.

Auf der Tagung der Astronomischen Gesellschaft in Hamburg im September 1986 hielt Professor Dr. Subrahmanyan Chandrasekhar die seit 1959 regelmäßig abgehaltene Karl-Schwarzschild-Vorlesung. Bei dieser Gelegenheit schlug er vor, die in vieler Hinsicht bahnbrechenden Arbeiten Schwarzschilds gesammelt herauszugeben. Der Springer-Verlag hat diese Anregung dankenswerter Weise aufgegriffen. Da die meisten Dokumente in Göttingen aufbewahrt sind, habe ich mich auf Bitten des Verlags gerne bereit erklärt, diese Herausgabe zu übernehmen. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, daß schon Ende der 20er Jahre Arnold Sommerfeld und Schwarzschilds Schwager Robert Emden den Plan faßten, Schwarzschilds Werke gesammelt herauszugeben. Bei der praktischen Arbeit sollte Albrecht Unsöld, damals als Privatdozent am Sommerfeldschen Institut in München tätig, wesentlich mitwirken. Aber die rapide zunehmende Macht der Nationalsozialisten ließ eine Herausgabe der gesammelten Werke von Karl Schwarzschild bald aussichtslos erscheinen.

Die Werke Schwarzschilds wurden in zehn Sachgebiete aufgeteilt, und mehrere Kollegen fanden sich bereit, zu diesen Gebieten einen einleitenden Kommentar zu schreiben, der den damaligen Stand der Wissenschaft, den wesentlichen Inhalt der Schwarzschild'schen Arbeiten und deren Wirkung für den weiteren Fortgang der Wissenschaft darstellt. Diesen Autoren, den Herren Rudolf Dvorak, Edward Geyer, Ulrich Haug, Friedrich Hund, Klaus Jockers, Wolfgang Mattig, Günter Schmahl, Günter Seiber und Roland Wielen, möchte ich an dieser Stelle für Ihre Arbeit meinen besonderen Dank sagen.

Es zeigte sich bald, daß die Zahl der Arbeiten sehr viel größer ist als in der Sonderdruck-Sammlung an der Göttinger Sternwarte. Zahlreiche Sternwarten und Bibliotheken haben bereitwillig geholfen, Sonderdrucke oder Kopien aller Arbeiten sowie Photos der Institute, an denen Schwarzschild gearbeitet hat, für diese Sammlung zur Verfügung zu stellen. Auch ihnen sei an dieser Stelle gedankt.

Die Fülle der übernommenen Arbeiten (insgesamt 119) machte es notwendig, das ganze Werk auf drei Bände zu verteilen. Teils aus sachlichen, teils aus buchtechnischen Gründen – die Bände sollten etwa gleich stark werden – wurde folgende Aufteilung vorgenommen: Band I enthält neben den biographischen Abschnitten die astronomischen Veröffentlichungen, die primär nach Objekten zusammengefaßt wurden: Himmelsmechanik, Sonne und Sternatmosphären, Kometen, Sternsysteme. Band II enthält astronomische Arbeiten, die eher nach methodischen Gesichtspunkten zusammengefaßt sind: astronomische Ortsbestimmung, photographische Photometrie, Meßtechnik und Spektroskopie. Band III schließlich enthält die Arbeiten zur Optik, zur Physik und schließlich im letzten Kapitel die populären und die nicht-fachlichen Arbeiten.

Natürlich nahm ich schon sehr bald auch Kontakt auf mit Martin Schwarzschild, Professor für Astronomie in Princeton, dem Sohn Karl Schwarzschilds. Verständlicherweise wollte er sich nicht an der Herausgabe der Werke seines Vaters aktiv beteiligen; aber er verfolgte die Arbeit mit Interesse und gab im mündlichen Gespräch manche zusätzliche Information zu dem Leben seiner Eltern. Für diese sehr persönlichen Gespräche möchte ich auch an dieser Stelle herzlich danken.

Die Übersetzung der zunächst deutsch verfaßten und die Überarbeitung der englisch geschriebenen Kommentare und sonstigen Begleittexte übernahm Herr Dr. Storm Dunlop in Chichester/West Sussex, dem für diese oft nicht leichte Arbeit ein besonderer Dank gilt. Manche Texte gingen mehrfach zwischen Autor und Übersetzer hin und her. Übersetzer und Herausgeber danken in diesem Zusammenhang auch folgenden Personen, die in schwierigen Fällen und beim Finden der richtigen Fachausdrücke dem Übersetzer geholfen haben: Dr. Suzanne Debarbat, Dr. Roger Griffin, Cmdr. Derek Howse, Dr. Constanze la Dous, Professor Sir William McCrea, Dr. Robert Smith.

Schließlich gilt mein Dank dem Verlag, der allen Wünschen gerne entgegenkam, jedwede technische Hilfe leistete und sich in jeder Hinsicht bemüht hat, dieses Werk so zu gestalten, wie es nun vorliegt.

Göttingen, Januar 1992

Hans-Heinrich Voigt

Foreword

Karl Schwarzschild was one of the most important German astronomers and was, in addition, one of the founders of modern astrophysics. His personal papers are held at the Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek in Göttingen, and an extensive collection of reprints can be found in the Observatory in Göttingen. The material presented in these volumes is restricted intentionally to Schwarzschild's published works. Manuscripts and drafts that are among his personal papers are not included. These personal papers contain some 7000 letters, which Karl Schwarzschild wrote to, and received from, about 700 different correspondents. This collection of letters, a microfilm copy of which is also held by the Center for the History of Physics, American Institute of Physics, New York, has not yet been systematically examined but has been consulted only sporadically for biographical details. For this current work, the Manuscript Department of the Niedersachsen State and University Library in Göttingen has collated and catalogued the papers afresh, so that full and clear details are now available to anyone interested. This is an appropriate place for me to express my great appreciation to the Manuscript Department and to the Chief Librarian, Dr H. Rolfing, for constantly supplying material from Schwarzschild's papers and for much other assistance.

At the meeting of the Astronomische Gesellschaft held in Hamburg in September 1986, Professor Subrahmanyan Chandrasekhar gave the Karl Schwarzschild Lecture, which has been held regularly since 1959. On that occasion he suggested that a collected edition of Schwarzschild's frequently pioneering papers should be published. Springer-Verlag very commendably took up this suggestion. As most of the documents are held at Göttingen, when the publishers approached me, I was delighted to be able to undertake the task of preparing this edition. It should be mentioned here that in the late 1920s Arnold Sommerfeld and Schwarzschild's brother-in-law Robert Emden planned to publish Schwarzschild's collected works. Albrecht Unsöld, who was then an external lecturer at the Sommerfeld Institute in Munich, was to have played an important part in seeing this into being. But the rapid rise to power of the National Socialist movement soon made it apparent that it would be futile to attempt to publish such a collective enterprise.

For this current project Schwarzschild's papers were divided into ten categories, which form the chapters of these volumes, and several colleagues agreed to write introductory commentaries for each of these chapters that would describe the then current state of knowledge, the scientific contribution made by Schwarzschild's papers, and their influence on later developments in that particular field. I particularly want to thank these authors, Rudolf Dvorak, Edward Geyer, Ulrich Haug, Friedrich Hund, Klaus Jockers, Wolfgang Mattig, Günter Schmahl, Günter Seeber and Roland Wielen, for their work.

It soon became obvious that the number of papers was far in excess of those held in the Göttingen Observatory's collection of reprints. Numerous observatories and libraries willingly cooperated in providing reprints or copies of various papers, as well as photographs of the various institutes at which Schwarzschild worked, especially for this collection. I should like to express my thanks to them here.

The number of papers included (a total of 119) required the collection to be divided into three volumes. Both for practical and technical reasons the volumes had to be of approximately the same size, so material was divided as follows. Volume I contains, apart from the biographical sections, those astronomical publications that primarily concern individual objects: celestial mechanics, the Sun and stellar atmospheres, comets, and stellar systems. Volume II contains astronomical papers that are more concerned with methods: astronomical position determination, photographic photometry, measuring techniques, and spectroscopy. Finally, Volume III contains papers on optics, physics and, in the last chapter, popular and non-scientific contributions.

Naturally I lost no time in getting in contact with Martin Schwarzschild, Professor of Astronomy at Princeton University and Karl Schwarzschild's son. Quite understandably, he did not want to play an active part in publishing his father's work; but he followed progress with interest and gave a lot of additional, verbal information about his parents' life. I must express my warmest thanks to him for these personal reminiscences. The translation of the commentaries that had been written in German, and the language-editing of those written in English, as well as work on a variety of additional material, was undertaken by Storm Dunlop of Chichester in West Sussex. He deserves particular thanks for what was often no easy task. Many of the sections went back and forth between the authors and translator several times. In this connection, the translator and publishers would like to thank the following persons, who helped to clarify difficult points and to decide upon the appropriate scientific terminology: Dr Suzanne Debarbat, Dr Roger Griffin, Cmdr Derek Howse, Dr Constanze la Dous, Professor Sir William McCrea, and Dr Robert Smith.

Finally, I must thank the publishers, who willingly accommodated all my requests, provided technical assistance, and took considerable pains in ensuring that this work appeared in its present form.

Göttingen, January 1992

Hans-Heinrich Voigt

Bemerkung.

Die Grösse meines Vaters Lebenswerk bedarf nicht eines Sohnes Lob. So habe ich es mir entsagt das Unternehmen, meines Vaters gesammte Arbeiten neu herauszugeben zu beeinflussen. Aber etwas ganz persönliches darf ich und will ich hier bekennen: Es ist für mich eine ausserordentliche Freude, dass die Errungenschaften meines Vaters durch diese Neuherausgabe so hoch anerkannt werden, und ich bin Professor H. Voigt von ganzem Herzen dankbar, dass er dies Unternehmen mit Energie und feinem Utheil durchgeführt hat.

Martin Schwarzgchild.

Contents

Biography of Karl Schwarzschild (1873–1916)	1
Honours	26
Biographical References	26
Karl Schwarzschild Lectures	29
Inauguration of the Lectures	29
S. Chandrasekhar: Introduction to the 17th Lecture	31
Appendix: Einstein's Memorial Address	34
From the Correspondence of K. Schwarzschild with A. Einstein	36

1. Celestial Mechanics

Commentary by R. Dvorak	45
1.1 Zur Bahnbestimmung nach Bruns / On Bruns' Method of Orbit Determination	50
1.2 Methode zur Bahnbestimmung der Doppelsterne / Method of Determining Double-Star Orbits	53
1.3 Definitive Bahnbestimmung des Cometen 1842 II / Definitive Determination of the Orbit of Comet 1842 II	55
1.4 Ueber die Stabilität der Bewegung eines durch Jupiter gefangenen Cometen / On the Stability of the Motion of a Comet Captured by Jupiter	62
1.5 Ueber eine Classe periodischer Lösungen des Dreikörperproblems / On a Class of Periodic Solutions of the Three-Body Problem	66
1.6 Ueber weitere Classen periodischer Lösungen des Dreikörperproblems / On Further Classes of Periodic Solutions of the Three-Body Problem ..	70
1.7 Über die periodischen Bahnen vom Hecubatypus / On Periodic Orbits of the Hecuba-Type	75
1.8 Über Himmelsmechanik / On Celestial Mechanics	83
1.9 Bahnbestimmung / Orbit Determination	96

2. Sun and Stellar Atmospheres

Commentary by W. Mattig	103
2.1 Ueber die totale Sonnenfinsternis vom 30. August 1905 / On the Total Solar Eclipse of 30 August 1905	110
2.2 Zur Sonnenfinsternis vom 29. August in Nordafrika / On the Solar Eclipse of 29 August in North Africa	184

2.3	Über die Helligkeitsverteilung des ultravioletten Lichtes auf der Sonnenscheibe / On the Distribution of Brightness of the Ultra-Violet Light on the Sun's Disk (with W. Villiger)	191
2.4	On the Distribution of Brightness of the Ultra-Violet Light on the Sun's Disk (with W. Villiger)	199
2.5	Note on the Ultra-Violet Radiation of Sun-Spots and Faculae (with W. Villiger)	221
2.6	Ueber das Gleichgewicht der Sonnenatmosphäre / On the Equilibrium of the Solar Atmosphere	223
2.7	Bemerkung zur Berechnung des Strahlungsgleichgewichtes der Atmosphäre / Remark on the Calculation of Radiative Equilibrium of the Atmosphere	236
2.8	Sind im Sonnenspektrum Wärmestrahlen von großer Wellenlänge vorhanden? / Is Longer-Wavelength Thermal Radiation Present in the Solar Spectrum? (with H. Rubens)	239
2.9	Über Umkehrungen der Calciumlinien H und K in Sternspektren / On Reversals of the H and K Calcium Lines in Stellar Spectra (with G. Eberhard)	246
2.10	Über Diffusion und Absorption in der Sonnenatmosphäre / On Diffusion and Absorption in the Solar Atmosphere	249
2.11	Über die Verschiebungen der Bande bei 3883 Å im Sonnenspektrum / On the Shifts of the Band at 3883 Å in the Solar Spectrum	267
2.12	Buchbesprechung / Book Review: R. Emden, <i>Gaskugeln /</i> <i>Gaseous Spheres</i>	280
2.13	Vierte Versammlung der Internationalen Vereinigung für kooperative Sonnenforschung 1910 / The Fourth Meeting of the International Association for Cooperative Solar Research, 1910	310
2.14	Tagung der Solar Union zu Bonn. 31.Juli – 5.August 1913 / Meeting of the Solar Union at Bonn, 31 July – 5 August 1913	312

3. Cometary Tails

	Commentary by K. Jockers	317
3.1	Der Druck des Lichts auf kleine Kugeln und die Arrhenius'sche Theorie der Cometenschweife / The Pressure of Light on Small Spheres and Arrhenius' Theory of Cometary Tails	322
3.2	Über die Helligkeitsverteilung im Schweif des Halley'schen Kometen / On the Distribution of Brightness in the Tail of Comet Halley (with E. Kron)	368
3.3	Bemerkung zu der von Miethé berichteten Bedeckung des Sterns AG Lpz II 4615 / Remark on the Occultation of the Star AG Lpz II 4615 Reported by Miethé	380

4. Structure, Kinematics and Dynamics of Stellar Systems

Commentary by R. Wielen	385
4.1 Ueber den Einfluss der saecularen Aberration auf die Fixsternörter / On the Influence of Secular Aberration on the Positions of Fixed Stars	389
4.2 Ueber die Eigenbewegungen der Fixsterne / On the Proper Motions of the Fixed Stars	391
4.3 Ueber die Bestimmung von Vertex und Apex nach der Ellipsoidhypothese aus einer geringeren Anzahl beobachteter Eigenbewegungen / On Determining the Vertex and Apex According to Ellipsoidal Theory from a Small Number of Observed Proper Motions	410
4.4 Über das System der Fixsterne / On the System of Fixed Stars	420
4.5 Über die Integralgleichungen der Stellarstatistik / On the Integral Equations in Stellar Statistics	439
4.6 Zur Stellarstatistik / On Stellar Statistics	443
4.7 Ein Theorem zur Verteilung der Sternengeschwindigkeiten / A Theorem for the Distribution of Stellar Velocities	451
4.8 Über die räumliche Bewegung der Praesepe / On the Spatial Motion of Praesepe	454
4.9 Über das Verhältnis der mittleren Eigenbewegung zur mittleren Parallaxe der Sterne / On the Relationship Between Mean Proper Motion and Mean Parallax of the Stars	455
4.10 Über die Häufigkeit und Leuchtkraft der Sterne von verschiedenem Spektraltypus / On the Frequency and Luminosity of Stars of Different Spectral Types	459
4.11 Stationäre Geschwindigkeitsverteilung im Sternsystem / Stationary Velocity Distribution in the Stellar System	481
Bibliography	493
Contents for Volume 2	497
Contents for Volume 3	501