



---

Horst Kant (MLS)

## Karl Schwarzschild – Anmerkungen zu Leben und Werk

Veröffentlicht: 08.02.2017

---

Karl Schwarzschild wurde am 9. Oktober 1873 in einer gut situierten und kulturinteressierten jüdischen Geschäftsfamilie in Frankfurt am Main als erstes von sieben Geschwistern geboren.<sup>1</sup> Die Frankfurter Wurzeln dieser Familie lassen sich bis ins 16. Jahrhundert zurückverfolgen [37]. Der Vater war Börsenmakler und stand einer liberalen Konzeption des Judentums nahe. Schwarzschild besuchte zunächst die jüdische Gemeindeschule und dann das städtische Gymnasium. Beim Klavierunterricht habe ihn nicht nur die Musik, sondern auch die Mechanik des Klaviers und die Theorie der Schall-schwingungen interessiert, wird mit Blick auf seine Vielseitigkeit berichtet. Dem Mathematikunterricht folgte er mit Leichtigkeit und bereits als 16-jähriger veröffentlichte er seinen ersten Aufsatz in den *Astronomischen Nachrichten*.

1891 begann Schwarzschild ein Studium der Astronomie in Straßburg. 1893/94 absolvierte er seinen Militärdienst als Einjährig-Freiwilliger bei einem Regiment der Feldartillerie in München und setzte anschließend sein Studium in München bei dem bedeutenden Astronomen Hugo von Seeliger (1849-1924), einem Mitbegründer der Stellarstatistik, fort. 1896 promovierte er bei Seeliger.

1899 wurde Schwarzschild Privatdozent an der Münchener Universität. Er hatte sich mit einer Arbeit habilitiert, die er als Assistent an der Kuffnerschen Sternwarte in Wien erarbeitet hatte. Hatten seine Vorlesungen in München eine Hörerzahl von 6 bis 8 (für damalige Verhältnisse nicht schlecht), hatte eine Vorlesungsreihe über *Das Sonnensystem* an der Münchener Volkshochschule anfangs 193 Zuhörer angezogen und bis zum Schluss blieben es noch 128 [46, S.7]. Das belegt die populärwissenschaftliche Begabung Schwarzschilds, die er auch mit entsprechenden Zeitungs- und Zeitschriftenartikeln pflegte.

1901 wurde Schwarzschild als Direktor an die Göttinger Universitätssternwarte berufen. Bereits in seiner Göttinger Anfangszeit hatte Schwarzschild Else Rosenbach (1879-1950), Tochter des Direktors der chirurgischen Universitätsklinik Prof. Friedrich Julius Rosenbach (1842-1923), kennengelernt. Er war zwar im Hause Rosenbach gern gesehener Gast, aber einer engeren Beziehung stand eine starke Reserviertheit gegenüber dem jüdischen Glauben im Wege.<sup>2</sup> So gelang eine Heirat erst im Jahre 1909, kurz vor der Übersiedelung nach Berlin. Hier übernahm Schwarzschild die Leitung des Astrophysikalischen Observatoriums in Potsdam, damals der renommierteste Posten, den Preußen auf diesem Gebiet zu vergeben hatte.

Am Rande sei erwähnt, dass Schwarzschild auch ein begeisterter Wanderer, Kletterer und Schifahrer war, gern gemeinsam mit seinem Bruder Alfred (der Maler war) oder mit befreundeten Kollegen wie u.a. Max von Laue (1879-1960), Arnold Sommerfeld (1868-1951) oder seinem Schwager Robert Emden (1862-1940), ein Schweizer Astrophysiker und Meteorologe, – u.a. bestieg er das Matterhorn.

Bei Ausbruch des Ersten Weltkrieges folgte Schwarzschild dem Mobilisierungsauf Ruf und meldete sich als Kriegsfreiwilliger. Er wurde im meteorologischen Dienst eingesetzt. „Er habe sich als ‚deutscher Jude‘ zu diesem Schritt besonders herausgefordert gefühlt“, soll seine Frau später gesagt haben [8, S.43]. Eine Parallele zu Fritz Haber? Auch Arnold Sommerfeld und andere wären gegangen,

---

<sup>1</sup> Zur Biographie siehe u.a. [2, 6, 17, 18, 21, 41, 43, 46, 47].

<sup>2</sup> Ein Urahn Rosenbachs war zu Zeiten des 30-jährigen Krieges Pastor bei Göttingen.

hätten sie nicht bereits die Altersgrenze überschritten gehabt. Er wurde im Range eines Leutnants an der Ost- und Westfront eingesetzt. Bei einer Artillerieeinheit in Belgien und in Russland untersuchte Schwarzschild den Einfluss von Wind und Luftdichte auf die Flugbahn von Geschossen – die Arbeit erschien, da zunächst vom Militär als geheim eingestuft, noch posthum in den Berichten der Preußischen Akademie [35]. Im März 1916 kehrte er als Kriegsinvalide nach Potsdam zurück; eine damals unheilbare seltene Hautkrankheit (Pemphigus, eine Autoimmunkrankheit) war zwar seit der Kindheit latent, aber an der Front akut ausgebrochen.

Am 11. Mai 1916 verstarb Schwarzschild in Potsdam. Er wurde in Göttingen beigesetzt, wohin die Familie zurückkehrte. Der Sohn Martin (1912-1997) wurde ebenfalls ein bekannter Astronom und emigrierte 1935 in die USA, der jüngere Sohn Alfred (1914-1944) wurde Instrumentenmacher in Berlin und schied in Folge des Nazi-Terrors durch Freitod aus dem Leben. Die Tochter Agathe (1910-2006) war Altphilologin und Maoriforscherin und emigrierte über England und Neuseeland in die USA.<sup>3</sup>

\*\*\*\*\*

Schwarzschild war Mitglied der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen (1905), der Leopoldina in Halle (1910) und der Kgl. Preußischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin (1912) sowie auswärtiges Mitglied der Royal Astronomical Society in London. 1914 verlieh ihm die Göttinger Universität die Ehrendoktorwürde.

Verschiedene physikalische Effekte und Methoden tragen seinen Namen: Schwarzschild-Effekt, Schwarzschild-Exponent, Schwarzschild-Radius, Schwarzschild-Lösung oder Schwarzschild-Metrik, Schwarzschild-Teleskop.

Max(imilian) Wolf (1863-1932) entdeckte am 23.9.1916 an der Sternwarte auf dem Königstuhl bei Heidelberg einen Asteroiden, dem er den Namen *Schwarzschilda* gab. 1970 wurde ein Mondkrater auf der Mondrückseite nach Schwarzschild benannt.

1960 wurde im thüringischen Tautenburg ein Observatorium – damals als Institut der Berliner Akademie der Wissenschaften, heute Thüringische Landessternwarte – gegründet, das ebenfalls den Namen Schwarzschilds trägt.

Seit 1959 vergibt die Astronomische Gesellschaft – die älteste dieser Art in Europa mit Sitz in Hamburg – die Schwarzschild-Medaille. Erster Preisträger war Martin Schwarzschild. Seit 2011 vergibt das Institut für Astrophysik in Potsdam eine Schwarzschild-Fellowship für Nachwuchswissenschaftler.

In Berlin-Adlershof gibt es auf dem WISTA-Gelände seit 1998 eine Schwarzschildstraße zwischen Rudower Chaussee und Johann-Hittorf-Straße. Auch in Potsdam, Göttingen, Oberkochen und Garching bei München finden sich nach Schwarzschild benannte Straßen.

Nachfolgend sollen einige bedeutsame Ergebnisse der Schwarzschild'schen Forschungen in Verbindung mit Ihren Entstehungsorten facettenartig angesprochen werden, ohne dass im Detail darauf eingegangen werden kann. Auch ist die Auswahl eher willkürlich und es wären viele andere Dinge bei der thematischen wie auch methodologischen Vielfalt, die sein beobachtendes, experimentelles und theoretisches Werk auszeichnet, ebenfalls erwähnenswert.

\*\*\*\*\*

Nach seiner Promotion in München ging Schwarzschild als Observator an die von Kuffnersche Sternwarte in Ottakring im westlichen Teil Wiens. Diese Privat-Sternwarte war 1883/84 im Zusammenwirken des Wiener Ordinarius für theoretische Astronomie Theodor von Oppolzer (1841-1886), des Geodäten Norbert Herz (1858-1927) und des für Wissenschaft begeisterten ottakringer Bierbrauers

---

<sup>3</sup> Sie war verheiratet mit dem Philologen Harry Thornton.

Moriz von Kuffner (1854-1939) entstanden; Herz wurde ihr erster Direktor [16]. Sie wurde mit den damals modernsten Instrumenten ausgestattet. Von 1891 bis 1916 war Leo de Ball (1853-1916) hier Direktor. Bis 1916 war sie eine der bedeutendsten astronomischen Forschungsstätten im damaligen Österreich-Ungarn; nach dem 2. Weltkrieg wurde sie als Volkssternwarte weiter betrieben. Schwerpunkt der Arbeit war die Vermessung des Sternhimmels, aber auch die beginnende Astrophysik stieß auf Interesse.

In der Astrophysik geht es – knapp formuliert – um die Erforschung der Natur der Gestirne. Nachdem Gustav Kirchhoff (1824-1887) und Robert Bunsen (1811-1899) 1859 die Spektralanalyse entwickelt und bald darauf die Fraunhoferschen Linien gewissermaßen als chemischen Fingerabdruck der Elemente in der Sonne erkannt hatten (vgl. u.a. [20]), kam bald das Bestreben, auch die chemische Zusammensetzung anderer Sterne auf diese Weise zu untersuchen. Das kann man als Geburtsstunde der Astrophysik ansehen, wenngleich vorangehende Verknüpfungen von Physik und Astronomie, insbesondere seit der Entdeckung der Keplerschen Gesetze, nicht übergangen werden sollen. Auch die Entwicklung der Fotografie spielte für die Astrophysik eine wichtige Rolle. 1895 wurde mit *The Astrophysical Journal* die erste Zeitschrift auf diesem Gebiet gegründet.

In Wien legte Schwarzschild die Grundlagen für die Bestimmung von Sternhelligkeiten. Während seiner dortigen Arbeit entwickelte er die theoretischen und praktischen Grundlagen einer fotografischen Fotometrie, womit aus Schwärzungsmessungen fotografischer Platten die Sternhelligkeiten ermittelt werden können (Schwarzschild-Gesetz). Mit dieser Arbeit habilitierte er sich dann wieder in München.

Nach dem Bunsen-Roscoe-Gesetz (1862) sollte sich bei gleich großem Produkt aus Belichtungszeit ( $t$ ) und Strahlungsintensität ( $I$ ) die gleiche Schwärzung ergeben; bei sehr langen (oder sehr kurzen) Belichtungszeiten, wie in der Astronomie erforderlich, ergaben sich jedoch Abweichungen. Schwarzschild zeigte nun 1899, dass die Schwärzung des fotografischen Materials einem Potenzgesetz folgt:

$$I \times t^p = \text{const.}$$

Der Schwarzschild-Exponent  $p$  strebt dabei im Grenzwert gegen Null (Sättigung).

\*\*\*\*\*

Am 1. Juli 1901 starb der Direktor der Göttinger Sternwarte Wilhelm Schur (1846-1901). Bekanntlich war Göttingen zu jener Zeit ein weltweit anerkanntes Zentrum der mathematischen Wissenschaft, mit Felix Klein (1849-1925) und David Hilbert (1862-1943) an der Spitze. Aus diesem Kreis kam der Wunsch, die Göttinger Astronomie stärker mit der angewandten Mathematik zu verbinden. Man reichte beim preußischen Ministerialdirektor Friedrich Althoff (1839-1908) – dem berühmten heimlichen Kultusminister Preußens – den üblichen Dreivorschlag für die Nachfolge ein: Seeliger, Wolf und Schwarzschild – letzterer offenbar vor allem auf Empfehlung Seeligers und Kleins. Althoff hatte zwar zunächst den Plan, Hermann von Struve (1854-1920) von Königsberg nach Göttingen zu bringen, doch Seeliger, Wolf und Struve sagten ab und so wurde Schwarzschild als Direktor der Sternwarte und Extraordinarius nach Göttingen berufen – mit 28 Jahren damals der jüngste Professor in Deutschland.<sup>4</sup> Bereits ein Jahr später erhielt er eine ordentliche Professur. Struve wurde dann 1903 Direktor der Berliner Sternwarte.

In Göttingen konnte Schwarzschild nicht zuletzt die praktische Zweckmäßigkeit seines fotometrischen Verfahrens für die Erstellung eines fotometrischen Sternkataloges demonstrieren: die sog. *Göttinger Aktinometrie* (1910) im Rahmen der sogenannten *Bonner Durchmusterung*. Des weiteren

---

<sup>4</sup> Bemerkenswert ist, dass – zumindest laut Schwarzschild selbst – nicht sein jüdischer Glaube, sondern allein seine Jugend ausschlaggebend dafür gewesen war, ihn nicht auf eine ordentliche Professur zu berufen (vgl. [46, S.10]).

befasste sich Schwarzschild in Göttingen mit himmelsmechanischen Problemen, der Physik der Sonnenatmosphäre sowie der Stellarstatistik.

Schwarzschild hatte sich schnell in die Göttinger Community um Klein und Hilbert eingelebt und spielte bald auch eine gewichtige Rolle in der mathematischen und physikalischen Gesellschaft der Universitätsstadt.

Schwarzschild war zudem ein anregender Lehrer und engagierte sich auch in der Lehrerausbildung (siehe beispielsweise [30]); überdies förderte er junge Talente, wie den dänischen Astrophysiker Ejnar Hertzsprung (1873-1967), den er 1909 nach Göttingen holte.<sup>5</sup>

Der Einstieg in die Sonnenphysik u.a. mit dem Aspekt der Entwicklung von Vorstellungen über Sternaufbau und Sternatmosphären ergab sich für Schwarzschild vor allem durch die Teilnahme an einer Sonnenfinsternisexpedition 1905 nach Algerien. Die totale Sonnenfinsternis war für den 30. August 1905 angesagt und sie löste weltweite Aktivitäten aus, da sie diesmal von relativ vielen leicht zugänglichen Orten der Erde von Nordamerika über Nordafrika und Europa bis ins westliche Asien beobachtet werden konnte. Mit der beginnenden Astrophysik rückten dabei auch Fragen nach der Energieerzeugung auf der Sonne oder nach der Entstehung von Sonnenflecken und Protuberanzen in das Interesse. Die Hamburger Sternwarte schickte eine Expedition nach Souk-Ahras in Nord-Algerien, die Göttinger Sternwarte ins von dort nur 85 km entfernte Guelma;<sup>6</sup> dort hatten auch englische, französische und schweizer Astronomen ihre Beobachtungsposten aufgebaut [28, 29]. Schwarzschild hatte die Göttinger Expedition gemeinsam mit dem Mathematiker Carl Runge (1856-1927) organisiert [3, S.156].

Schwarzschilds Interesse an der Sonnenphysik führte 1907 auch zu dem Vorschlag zur Einrichtung einer Südsternwarte für Sonnen- und Geophysik. U.a. wurde dafür als Standort Windhoek im damaligen Deutsch-Südwestafrika (heute Namibia) ins Auge gefasst. Im Prinzip wurde diese Idee jedoch erst mit der 1962 erfolgten Gründung der Europäischen Südsternwarte in Chile umgesetzt. Und in Namibia gibt es nach mehreren Fehlschlägen seit Ende der 1990er Jahre mit Unterstützung des Münchener Max-Planck-Instituts für Astrophysik eine Amateursternwarte auf dem Gamsberg.

\*\*\*\*\*

Mit der Gründung eines astrophysikalischen Observatoriums auf dem Telegrafenberg in Potsdam institutionalisierte man im Jahre 1874 in Preußen erstmals den seit Mitte des 19. Jahrhunderts sich verstärkenden Trend in der astronomischen Forschung, spektroskopische und andere physikalische Analysen in die astronomische Forschung einzubeziehen. 1879 konnte der Gebäudekomplex bezogen werden. In die Leitung teilten sich zunächst die Berliner Astronomen Wilhelm Foerster (1832-1921) und Arthur Auwers (1838-1915) sowie der Physiker und Mitentdecker der Spektralanalyse Gustav Robert Kirchhoff, der jetzt ebenfalls an der Berliner Universität wirkte; 1882 übernahm der Astrophysiker Hermann Carl Vogel (1841-1907), der seit der Gründung am Observatorium beschäftigt war, die alleinige Leitung. Nach seinem Tode 1907 wurde nun ein Nachfolger gesucht. Der preußische Staat, dem das Astrophysikalische Observatorium direkt unterstand (im Gegensatz zur Sternwarte, die von Universität und Akademie betrieben wurde), bat die Akademie um einen Besetzungsvorschlag. Diese setzte eine Findungskommission ein bestehend aus den Astronomen Auwers und Struve, dem Geodäten Robert Helmert (1843-1917) und dem Physiker und PTR-Präsidenten Emil Warburg (1846-1931). Wie Conrad Grau und Hans-Jürgen Treder schon früher dargelegt haben, kam es dabei zu erheblichen Flügelkämpfen zwischen den Vertretern der klassischen und der modernen Astronomieauffassung [15, 44]. Die Akademie setzte schließlich in ihrem Vorschlag an erster Stelle Hugo von Seeliger, von dem man jedoch annahm, dass er nicht von München nach Berlin kommen würde, und an zweiter Stelle Schwarzschild. Auwers allerdings erstellte ein Gegengutachten – für ihn war

---

<sup>5</sup> Siehe dazu den Beitrag von D.B.Herrmann in dieser Ausgabe.

<sup>6</sup> <http://www.friedensblitz.de/sterne/sonne/1905.html> (abgerufen am 4.11.16)

Schwarzschild zu vielseitig, und die klassischen astronomischen Untersuchungen stünden gegenüber den physikalischen und mathematischen nicht im Vordergrund. Auwers forderte einen Direktor, der „recht hausbackene, aber durchweg solide“ Arbeit leiste (zit. nach [44, S.14]).

So zogen sich die Verhandlungen zwei Jahre hin, bis Schwarzschild 1909 berufen wurde. Pikanterweise wurde ihm keine Professur an der Berliner Universität angeboten. Erst 1916 gab ihm die Universität eine ordentliche Professur,<sup>7</sup> die er dann aber nicht mehr wahrnehmen konnte.

\*\*\*\*\*

Infolge des Widerstandes einiger konservativer Mitglieder der Akademie, insbesondere von Auwers, dauerte es bis 1912, bis die Berliner Akademie Schwarzschild zu ihrem Mitglied wählte. Gemäß der Gepflogenheiten in Berlin hatte er nun auch das Recht, Vorlesungen an der Universität zu halten.

Den Wahlantrag verfasste der Astronom Hermann Struve, unterstützt wurde er vor allem von mehreren Physikern; Auwers enthielt sich bei der Wahl der Stimme [47, S.300]. Wurden im Antrag vor allem Schwarzschilds astrophysikalische Arbeiten gewürdigt, so aber zugleich auch seine um 1905/06 in Göttingen entstandenen Arbeiten zur geometrischen Optik, durch die besser als bisher die Theorie der Spiegelteleskope und Linsensysteme abgeleitet werden könne, und die als „[...] eine der hervorragendsten Leistungen auf diesem Gebiet seit Gauß [...]“ bezeichnet wurden [42]. Aus diesen Arbeiten resultierte nicht zuletzt ein von der Firma Zeiss gebautes lichtstarkes Kameraobjektiv [24, S.11]. Nach seinen Vorgaben wurde dann 1912 durch Bernhard Schmidt (1879-1935) auch das 50-cm-Objektiv am Potsdamer Doppelrefraktor korrigiert [47, S.296].

Als in der Klassensitzung vom 12. Juni 1913 über die Zuwahl und die besonderen Arbeitsbedingungen an der Berliner Akademie für Albert Einstein verhandelt wurde, war Schwarzschild einer der maßgeblichen Unterstützer dieses Vorschlages [45, S.7].

\*\*\*\*\*

Am 31. Juli 1915 hatte Sommerfeld an Schwarzschild im Felde geschrieben: „Möge der gute Geist der Astronomie über Ihnen wachen, auch damit Sie Gelegenheit finden, Ihre Sonnenbeobachtungen mit der allgemeinen Relativität zu versöhnen.“[1, S.498f] Und im Oktober 1915 ermunterte ihn Hilbert mit den Worten: „Die Astronomen, meine ich, müssten nun Alles liegen lassen u. nur danach trachten, das Einsteinsche Gravitationsgesetz zu bestätigen oder [zu – HK] widerlegen!“ (zit. nach [25, S.454]).

Doch Schwarzschild benötigte eigentlich keine besondere Ermutigung, um auf Einsteins Allgemeine Relativitätstheorie zu reagieren. Nicht nur befasste sich Schwarzschild seit längerem mit den astronomischen Folgen, die sich aus der Allgemeinen Relativitätstheorie ergaben – so hatte er bereits 1913 eine Serie von Beobachtungen des Sonnenspektrums begonnen, um die gravitative Rotverschiebung der Spektrallinien nachzuweisen, die aus Einsteins 1911 verallgemeinertem Äquivalenzprinzip folgten. 1914 versuchte er erstmals, diese Rotverschiebung mit einem Spektrografen vom Turm des Beamtenwohnhauses auf dem Telegrafenberg aus zu messen.

Schwarzschild hatte sich schon vor Einsteins Relativitätstheorie mit Problemen befasst, die erst später eben durch die Relativitätstheorie adäquat behandelt werden konnten – so in einer Arbeit aus dem Jahre 1900 mit der Frage, ob der Raum euklidisch oder gekrümmt sei. Jenen Artikel leitete er mit der Feststellung ein, dass er hiermit etwas vorlege, das weder „[...] von eigentlich praktischer Anwendbarkeit, noch von erheblicher mathematischer Bedeutung [...]“ sei, um dann darauf hinzuweisen, dass es „[...] die merkwürdigsten Perspektiven für spätere mögliche Erfahrungen [...]“ eröffne

---

<sup>7</sup> [www.luise-berlin.de/kalender/jahr/1916.htm](http://www.luise-berlin.de/kalender/jahr/1916.htm)

und „[...] ein völliges Sichlosmachen von gerade dem Astronomen besonders fest eingewurzeltten Anschauungen [...]“ erfordere [27].<sup>8</sup>

Offenkundig nutzte Schwarzschild Fronturlaube, um während des Krieges einige Sitzungen der Akademie zu besuchen. Und so hatte er offenbar Einsteins Vortrag vor der physikalisch-mathematischen Klasse am 25. März 1915 „Grundgedanken der allgemeinen Relativitätstheorie und über die Anwendung dieser Theorie in der Astronomie“ nicht nur gehört, sondern in der Diskussion auch das Wort ergriffen, und bei der Plenarveranstaltung am 18. November 1915, auf der Einstein sein vorgelegtes Manuskript „Erklärung der Perihelbewegung des Merkurs aus der allgemeinen Relativitätstheorie“ erläuterte, war er wohl ebenfalls anwesend [23, S.11 FN37; 45, S.24].

Üblicherweise wird angegeben, dass Schwarzschild sich an der russischen Front mit dem Problem beschäftigte und von dort am 22. Dezember 1915 die Lösung an Einstein schickte [5, S.89; 13, S.431]. Er teilte diese Lösung am gleichen Tage allerdings auch Sommerfeld mit, und aus diesem Brief geht eindeutig hervor, dass er sich zu diesem Zeitpunkt wieder an der Westfront in den Südvogesen befand. Schwarzschild schrieb darin: „Bei Einstein’s Rechnung bleibt die Eindeutigkeit der Lösung noch zweifelhaft. In der ersten Annäherung, die Einstein macht, ist die Lösung sogar [...] scheinbar mehrdeutig [...]. Ich habe versucht, eine strenge Lösung abzuleiten, und das ging unerwartet einfach.“ [1, S.506f].<sup>9</sup> Den daraus resultierenden Aufsatz von Schwarzschild „Über das Gravitationsfeld eines Massenpunktes nach der Einsteinschen Theorie“ legte Einstein der Akademie am 13. Januar 1916 vor [32]. Einstein war begeistert, dass sich die Lösung „so einfach“ ergab [4, S.231]. Neben dieser sogenannten äußeren (statischen) Lösung der Schwarzschild-Metrik fand Schwarzschild in einer zweiten, der Akademie Ende Februar 1916 vorgelegten Arbeit auch noch eine nicht-statische Lösung für eine inkompressible Flüssigkeit [33]; man spricht dabei von der inneren Lösung. Man kann aus der Schwarzschild-Lösung auch den Radius eines Schwarzen Loches berechnen, später als Schwarzschild-Radius bezeichnet. Populärwissenschaftlich wird deshalb heute die Schwarzschild-Lösung oft als Beschreibung eines Schwarzen Loches bezeichnet – der Begriff wurde allerdings erst 1969 von John Archibald Wheeler (1911-2008) eingeführt und der Zusammenhang ist etwas komplexer. – Interessant zu erwähnen ist noch, dass unabhängig von Schwarzschild ein Schüler von Henryk Antoon Lorentz (1853-1928) in Leiden fast gleichzeitig ebenfalls die Lösung fand: Johannes Droste (1886-1963) in seiner Dissertation [7, 14].

\*\*\*\*\*

Die letzte Arbeit, die sich Schwarzschild noch im Frühjahr 1916 vornahm, führte auf das Gebiet der Quantentheorie. Max Planck [22] und Arnold Sommerfeld [38, 39] befassten sich Ende 1915 mit spezifischen Fragen der Erweiterung der Bohrschen Atomtheorie und stellten in der Preußischen respektive Bayerischen Akademie entsprechende Abhandlungen vor. Dabei ging es u.a. um die Aufspaltung der Spektrallinien im elektrischen Feld (Stark-Effekt) und im magnetischen Feld (Zeeman-Effekt). Am 5. März 1916 schrieb Schwarzschild an Sommerfeld: „Auf der Rückfahrt von Brüssel glaube ich mich überzeugt zu haben, dass mein Quantenansatz auch allgemein mit Planck stimmt und, wie mir scheint, die eigentliche Formulierung dessen, was er will, ist. [...] Der Quantenhimmel hängt voller Geigen.“[1, S.531] Sommerfeld antwortet am 9. März: „Dass Sie sich gleichzeitig in Belgien und im Quantenhimmel tummeln, imponiert mir sehr.“[1, S.534f] Knapp zwei Wochen später teilt Schwarzschild Sommerfeld mit: „[...] habe ich den Starkeffekt ohne jede Schwierigkeit und völlig eindeutig erledigen können.“[1, S.542f]

---

<sup>8</sup> Vgl. auch [26].

<sup>9</sup> Möglicherweise ist Schwarzschild also, als er am 18. November in Berlin war, auf dem Wege von der russischen an die französische Front gewesen. Aus einem Brief Sommerfelds an Schwarzschild von 1916 [1, S.534f] geht zudem hervor, dass sich sein Einsatz an der Ostfront offenbar an der russischen Grenze in Kowno (einem damaligen russischen Gouvernement im Litauischen, das u.a. an Ostpreußen grenzte) erfolgte.

Schwarzschild legte seine Arbeit am 30. März 1916 der Berliner Akademie vor – sie erschien am 11. Mai, seinem Todestag. Er hatte Sommerfeld noch kurz zuvor davon unterrichtet [1, S.545], damit dieser seinen Schüler Paul S. Epstein (1883-1966) anspornen konnte, den Sommerfeld ebenfalls auf dieses Problem angesetzt hatte und der bereits erste Ergebnisse vorliegen hatte, möglichst noch vorher seine Arbeit zu publizieren – Epstein reichte am 29. März eine kurze Note an die Physikalische Zeitschrift. Ein Beleg auch für Schwarzschilds kollegiales Verhalten und der Förderung jüngerer Leute.

\*\*\*\*\*

Einstein betonte in seiner Gedächtnisrede auf Schwarzschild – übrigens der einzigen, die er vor der Akademie hielt –: „Was an Schwarzschilds theoretischen Werken besonders in Erstaunen setzt, ist die spielende Beherrschung der mathematischen Forschungsmethoden und die Leichtigkeit, mit der er das Wesentliche einer astronomischen oder physikalischen Frage durchschaute. [...] So kam es, dass er auf verschiedenen Gebieten da wertvolle theoretische Arbeit leistete, wo die mathematischen Schwierigkeiten andere abschreckten.“[12]<sup>10</sup> Ähnlich bewundernd betonte Sommerfeld mit Blick gerade auf seine quantentheoretische Arbeit: „Die Lücke, die er im deutschen Geistesleben läßt, ist unausfüllbar. [...] Die unvergleichliche Leichtigkeit seiner Auffassung und die Tiefe seines Blickes für analytische, physikalische und astronomische Zusammenhänge machten ihn auf diesem noch reichlich dunklen Gebiete zum Pfadfinder wie geschaffen.“[40, S.946] Und der britische Astrophysiker Arthur Eddington (1882-1944) schrieb in seinem mehrseitigen Nachruf – immerhin während des Krieges –: „The wide range of his contributions to knowledge suggests a comparison with Poincaré; but Schwarzschild’s bent was more practical, and he delighted as much in the design of instrumental methods as in the triumphs of analysis.“[9 S.319] Und er zitiert nachfolgend aus Schwarzschilds Antrittsrede vor der Berliner Akademie – und dieses Credo soll den Abschluss auch dieses Beitrages bilden: „Mathematik, Physik, Chemie, Astronomie marschieren in einer Front. Wer zurückbleibt, wird nachgezogen. Wer vorausseilt, zieht die anderen nach. Es besteht die engste Solidarität der Astronomie mit dem ganzen Kreis der exakten Naturwissenschaften.“ Mit Bezug zu seinen Göttinger Erfahrungen setzte Schwarzschild fort: „Dort galt die bewußte Devise, daß Mathematiker, Physiker und Astronomen *eine* Wissenschaft betrieben, die wie etwa die griechische Kultur nur als Gesamtheit zu erfassen sei.“[31, S.240]

## Literatur

- [1] Arnold Sommerfeld. Wissenschaftlicher Briefwechsel Bd.1: 1892-1918. Hrsg. von M.Eckert und K.Märker. Berlin/Diepholz/München 2000.
- [2] Blumenthal, O.: Karl Schwarzschild. Jahresbericht der Deutschen Mathematikervereinigung 26(1918) S.56-75.
- [3] Briefftagebuch zwischen Max Planck, Carl Runge, Bernhard Karsten und Adolf Leopold. Hrsg. von Klaus Hentschel und Renate Tobies. (= Berliner Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik, Bd.24) ERS Verlag Berlin 2003 (2.erw. Aufl.), S.156.
- [4] Collected Papers of Albert Einstein. Vol.8. Princeton University Press 1998.
- [5] Crelinsten, Jeffrey: Einstein’s Jury. The Race to Test Relativity. Princeton University Press 2006.
- [6] Dieke, Sally H.: Karl Schwarzschild. In: Dictionary of Scientific Biography Vol.XII, S.247-253.

---

<sup>10</sup> Wenn Einstein das Talent Schwarzschilds bewunderte, so sah er den Menschen offenbar kritischer, wie er am 14.5.1916 an Michele Besso schrieb: „[...] Er wäre eine Perle gewesen, wenn er so anständig wie gescheit gewesen wäre.“ [4, S.287]. Gründe für diese kritische Sicht gibt Einstein nicht an.

- [7] Droste, J.: The Field of a Single Centre in Einstein 's Theory of Gravitation, and the Motion of a Particle in that Field by J.Droste. *General Relativity and Gravitation* 34(2002)9, Editor's note S.1541-1543 & Originalarbeit (1916) S.1545-1563.
- [8] Eckert, Michael: Der Quantenhimmel voller Geigen. *Physik Journal* 15(2016)5, S.41-45.
- [9] Eddington, A.S.: Karl Schwarzschild – Obituary. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 77(1917) S.314-319.
- [10] Einstein, Albert: Grundgedanken der allgemeinen Relativitätstheorie und über die Anwendung dieser Theorie in der Astronomie. *Sitzungsberichte ...* (1915)
- [11] Einstein, Albert: Erklärung der Perihelbewegung des Merkurs aus der allgemeinen Relativitätstheorie. *Sitzungsberichte der Königlich Preußischen Akademie der Wissenschaften* (1915), S.831-839.
- [12] Einstein, Albert: Gedächtnisrede auf Karl Schwarzschild, gehalten in der Akademie der Wissenschaften am 29. Juni 1916. In: *Physiker über Physiker II. Antrittsreden, Erwiderungen bei der Aufnahme von Physikern in die Berliner Akademie / Gedächtnisreden*. Bearb. von Christa Kirsten & Hans-Günther Körber. Akademie-Verlag Berlin 1979, S.243-244.
- [13] Fölsing, Albrecht: *Albert Einstein*. Suhrkamp-Verlag 1993
- [14] Gönner, Hubert: General relativity and the growth of a sub-discipline "gravitation" in the German speaking physics community. (Version vom 22.6.2016)  
<https://arxiv.org/pdf/1607.03324.pdf>
- [15] Grau, Conrad: Karl Schwarzschild und die Berliner Akademie der Wissenschaften. *Astronomie in der Schule* 11(1974) S.33-36.
- [16] Habison, Peter: Die Sternwarte des Bierbrauers Moritz von Kufner in Wien. *Sterne und Weltraum* 37(1998)5, S.477-480.
- [17] Habison, Peter: Karl Schwarzschild. In: Hockey, Thomas (Ed.): *Biographical Encyclopedia of Astronomers*. Springer-Verlag 2007, S.1034-1036.
- [18] Kant, Horst: Karl Schwarzschild. In: *Neue Deutsche Biographie*, Hrsg. von der Historischen Kommission der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Bd.24; Duncker & Humblot, Berlin 2010, S.33-34.
- [19] Kienle, H.: Auf den Spuren Karl Schwarzschilds. *Sterne und Weltraum* 13(1974)3, S.79-82.
- [20] Lemke, Dietrich: Dunkle Linien im Farbbild der Sonne. Teil 2: Fraunhofers Linien – Schlüssel zur Astrophysik. *Sterne und Weltraum* (2015)1, S.44-53.
- [21] Oppenheim, S.: Karl Schwarzschild. Zur 50. Wiederkehr seines Geburtstages. In: *Vierteljahresschrift der Astronomischen Gesellschaft* 58(1923) S.191-209
- [22] Planck, Max: Bemerkungen über die Emission von Spektrallinien. *Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften, Math.-Phys. Klasse* (1915) S.909-913.
- [23] Renn, Jürgen & Giuseppe Castagnetti, Peter Damerow: *Albert Einstein: Alte und neue Kontexte in Berlin*. Preprint 104 des MPIWG. Berlin 1998
- [24] Richter, N.: Karl Schwarzschild. *Die Sterne* 50(1974)1, S.8-12.
- [25] Schemmel, Mathias: An Astronomical Road to General Relativity: The Continuity between Classical and Relativistic Cosmology in the Work of Karl Schwarzschild. *Science in context* 18(2005)3, S.451-478.
- [26] Schemmel, Mathias: Gekrümmte Universen vor Einstein: Karl Schwarzschilds kosmologische Spekulationen. In: *Albert Einstein – Ingenieur des Universums*. Hundert Autoren für Einstein. Hrsg. von J.Renn; WILEY-VCH, Weinheim 2005, S.90-93.

- [27] Schwarzschild, Karl: "Über das zulässige Krümmungsmaass des Raumes." Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft 35(1900), S.337–347.
- [28] Schwarzschild, Karl: Zur Sonnenfinsternis vom 29. August in Nordafrika. Die Umschau 9(1905)46, S.901-907.
- [29] Schwarzschild, Karl: Ueber die totale Sonnenfinsternis vom 30. August 1905. Abhandlungen der Kgl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, N.F. 5 (2) 1907, S.3-73 (vorgelegt in der Sitzung vom 8.12.1906).
- [30] Schwarzschild, Karl: Über die astronomische Ausbildung der Lehramtskandidaten. Jahresberichte der deutschen Mathematikervereinigung 16(1907)9/10, S.519-522.
- [31] Schwarzschild, Karl: Antrittsrede. In: Physiker über Physiker II. Antrittsreden, Erwiderungen bei der Aufnahme von Physikern in die Berliner Akademie / Gedächtnisreden. Bearb. von Christa Kirsten & Hans-Günther Körber. Akademie-Verlag Berlin 1979, S.238-241.
- [32] Schwarzschild, Karl: Über das Gravitationsfeld eines Massenpunktes nach der Einsteinschen Theorie. Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften (1916), S.189-196.
- [33] Schwarzschild, Karl: Über das Gravitationsfeld einer Kugel aus inkompressibler Flüssigkeit nach der Einsteinschen Theorie. Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften (1916), S.424-434.
- [34] Schwarzschild, Karl: Zur Quantenhypothese. Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften (1916), S.548-568.
- [35] Schwarzschild, Karl: Über den Einfluß von Wind und Luftdichte auf die Flugbahn der Geschosse. Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften (1920), S.37-63.
- [36] Schwarzschild, Karl: Gesammelte Werke / Collected Papers. Vol.1-3, Ed. by Hans-Heinrich Voigt; Springer-Verlag Berlin / Heidelberg / New York etc. 1992.
- [37] Schwarzschild, Siegfried: Die Familie Schwarzschild in Frankfurt a.M. In: Jüdische Familienforschung 5(1929) S.134-138.
- [38] Sommerfeld, A.: Zur Theorie der Balmerischen Serie. Sitzungsberichte der Kgl. Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Math-Phys.Kl., München 1915, S.425-458.
- [39] Sommerfeld, A.: Die Feinstruktur der Wasserstoff- und der Wasserstoff-ähnlichen Linien. Sitzungsberichte der Kgl. Bayerischen Akademie der Wissenschaften, Math-Phys.Kl., München 1915, S.459-500.
- [40] Sommerfeld, Arnold: Die Quantentheorie der Spektrallinien und die letzte Arbeit von K. Schwarzschild. Die Umschau 20(1916), S.941-946. – Auch in: Sommerfeld, Gesammelte Schriften Bd.IV, Vieweg, Braunschweig 1968.
- [41] Steinmetz, Matthias: Karl Schwarzschild – Wegbereiter der Astrophysik-Sterne und Weltraum 55(2016)5, S.34-43
- [42] Struve, Hermann et al: Wahlvorschlag für Karl Schwarzschild. In: Physiker über Physiker Bd.I. Hrsg. von Christa Kirsten & Hans-Günter Körber, Akademie-Verlag Berlin 1975, S.197-198.
- [43] Suhendro, Indranu: Biography of Karl Schwarzschild. The Abraham Zelmanov Journal 1(2008), S.xiv – xix.
- [44] Treder, Hans-Jürgen: Karl Schwarzschild und die Wechselbeziehungen zwischen Astronomie und Physik. Die Sterne 50(1974) S.13-19.
- [45] Treder, Hans-Jürgen: Albert Einstein an der Berliner Akademie der Wissenschaften. In: Albert Einstein in Berlin 1913-1933, Bd.1. Akademie-Verlag Berlin 1979, S.7-78
- [46] [Voigt, H.H.]: Biography of Karl Schwarzschild. In: Karl Schwarzschild, Gesammelte Werke Bd.1. Springer-Verlag Berlin etc. 1992, S.1-28.

[47] Wolfschmidt, Gudrun: Karl Schwarzschild – Pionier der Astrophysik. Zum hundertsten Todestag. Physik in unserer Zeit 47(2016)6, S.294-300.

Adresse des Verfassers:

Dr. Horst Kant: [horst-kant@freenet.de](mailto:horst-kant@freenet.de)