

Dr. Josef Lohm

Sonderabdruck aus: „Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft“,
58. Jahrgang. 3. u. 4. Heft. Leipzig, Poeschel & Trepte. 1923.

Oppenheimer

Karl Schwarzschild.

Zur 50. Wiederkehr seines Geburtstages.

Ein kurzes Leben nur war Karl Schwarzschild beschieden. Ein tragisches Geschick hat ihn in jungen Jahren der Wissenschaft, die er liebte, und seinen Freunden und Schülern, die ihn hoch verehrten, entrissen. Aber dieses Leben war so reich an hervorragenden Leistungen, denen auch die Anerkennung seitens der gelehrten Kreise nicht versagt blieb, daß sein Name stets als einer der Ersten in der Reihe derer stehen wird, die zu den ganz Großen der Wissenschaft gehören.

Vielseitig war seine Tätigkeit. Sie umfaßte in gleich fruchtbringender Weise die gesamte Astronomie, Mechanik des Himmels, Astrophysik und Stellarastronomie, wie auch viele Gebiete der theoretischen Physik, Optik, Elektrizitätslehre und die modernste Atomtheorie. In diesen großen Disziplinen hat sein Wirken Spuren hinterlassen von bleibendem Werte und grundlegender Bedeutung. Ein großer genialer Mann, entströmte ihm eine ungeahnte Fülle von Energie, die alle Hindernisse leicht überwand und ihn unaufhaltsam seinem Ideale, dem Fortschritte der Wissenschaft zum Besten der Menschheit, entgegentrieb.

Seine Hauptstärke war jedoch eine eminente Begabung für die Mathematik, dieses allerfeinste Rüstzeug für jede theoretische Forschung. Spielend leicht beherrschte er sie und gerade Fragen, deren mathematische Schwierigkeiten andere abschreckten, wandte er sich mit Vorliebe zu. Sie befähigte ihn, sich fast stets in zwei oder mehrere Probleme gleichzeitig zu vertiefen, mochten sie noch so verschiedenartiger Natur erscheinen; denn ihm war es ein leichtes, die versteckten Analogien und mathematischen Zusammenhänge zwischen ihnen aufzudecken. So lagen eben seinem Geiste merkwürdige Gedankensprünge nicht ferne, wie etwa der Übergang von stellarstatistischen Arbeiten über die Eigenbewegung und Verteilung der Sterne zur Theorie der Bewegung der Elektronen im Atom, oder die Behauptung, daß der Poincarésche Satz von der Nichtexistenz bestimmter Integrale im Dreikörperproblem in seiner Anwendung auf die Mechanik von Molekülen zur Lehre von der Unstetigkeit der Planckschen Quanten führt.

Er war aber auch ein Praktiker. Durch technisches Geschick und experimentelle Fertigkeit zeichnete er sich fast ebensowohl aus, wie durch seine glänzende Handhabung der mathematischen Analyse. Sie führten ihn zur Aufstellung neuer Hilfsapparate

oder neuer Methoden der astronomischen Beobachtungskunst, die noch heute in praktischer Verwendung stehen, ja vielfach und nur in teilweiser Umgestaltung wieder auf neuen Wegen bedeutsame Ergebnisse für die Wissenschaft brachten und damit, wenn auch nicht gerade unmittelbar, mit seinem Namen verknüpft sind. So sei, um ein Beispiel zu erwähnen, daran erinnert, daß die neueste Methode der Bestimmung des Farbenindex der Sterne, die auf der Messung ihrer effektiven Wellenlängen beruht, sich auf seinen Vorschlag¹⁾ zurückführen läßt, den Michelsonschen Doppelspalt durch eine größere Anzahl äquidistanter Spalten zu ersetzen.

Ganz vorzüglich war auch seine Lehrkunst. Die Klarheit und Schärfe der Darstellung, die sich in allen seinen Abhandlungen zeigt, zeichnete ebenso seine mündliche Vortragsweise aus. Es fiel ihm nicht schwer, selbst die schwierigsten Probleme anderen klarzulegen. In gleicher Weise gedankenreich und durch ihre Frische und Lebhaftigkeit ausgezeichnet waren auch seine Vorträge gemeinverständlichen Inhaltes. Es seien hier genannt sein Vortrag²⁾ über Himmelsmechanik, den er am 24. September 1903 vor der Kasseler Versammlung der deutschen Naturforscher und Ärzte gehalten hat, seine Rede³⁾ über Lamberts kosmologische Briefe, gehalten am 9. November 1907 vor der Gesellschaft der Wissenschaften in Göttingen und nicht minder seine Antrittsrede⁴⁾ in der Berliner Akademie, am 26. Juni 1913, über die Aufgaben der Astronomie. Eine Sammlung solcher Vorträge enthält das seinem Lehrer, Hugo von Seeliger, zur Feier dessen 60. Geburtstages gewidmete Büchlein „Über das System der Fixsterne“, Leipzig, I. Auflage (1909), II. Auflage (1916).

Das äußere Leben Schwarzschilds läßt sich in Kürze erzählen. Einer wohlhabenden Familie entstammend, konnte er sich in voller Unabhängigkeit seinen Studien hingeben. Geboren den 9. Oktober 1873 in Frankfurt a. M., begann er 1882 seine Laufbahn als Schüler am dortigen städtischen Gymnasium. 1891 nach abgelegter Maturitätsprüfung ging er zunächst nach Straßburg, 1893 nach München zu v. Seeliger, wo er auch auf Grund der Dissertation⁵⁾ „Die Poincarésche Theorie des Gleich-

¹⁾ Über die Messung von Doppelsternen durch Interferenzen. Astr. Nachr. 139 (1896) S. 353.

²⁾ Physikalische Zeitschrift 4 (1903) S. 765—773.

³⁾ Göt. Nachr. (1907). Auch veröffentlicht in der Sammlung: Über das System der Fixsterne.

⁴⁾ Berl. Ber. (1913).

⁵⁾ Veröffentlicht in den Annalen der Sternwarte München, III (1896).

gewichts einer homogenen rotierenden Flüssigkeitsmasse“, zum Doktor promoviert wurde. 1897 finden wir ihn als Observator an der von Kuffnerschen Sternwarte in Wien (Ottakring) tätig. Von da kehrte er 1899 nach München zurück, um sich als Privatdozent zu habilitieren. Im Herbst 1901 wurde er als außerordentlicher Professor der Universität und Direktor der Sternwarte nach Göttingen berufen. Ein Semester später wurde er ordentlicher Professor, und im Jahre 1905 erfolgte seine Wahl in die Gesellschaft der Wissenschaften. Hier fand er auch seine Frau, hier ebenso einen Freundeskreis, von dem er nur schwer Abschied nahm, als er den Ruf als Direktor des astrophysikalischen Observatoriums in Potsdam erhielt, dem er 1909 folgte. 1913 wurde er zum Mitglied der Akademie der Wissenschaften in Berlin gewählt, und gleicherweise hatte auch seine Ernennung zum Honorarprofessor der Universität erfolgen sollen, womit sein Wunsch, sich wieder mehr der Lehrtätigkeit widmen zu können, die ihm in Potsdam fehlte, in Erfüllung gegangen wäre. Aber dem machte das Jahr 1914 ein Ende. Als der furchtbare Weltkrieg ausbrach, duldete es ihn nicht länger in Potsdam. Gleich Millionen anderer folgte auch er dem Rufe des Vaterlandes, und es ist bezeichnend für ihn, daß er selbst da, mitten im Kriegslärm stehend, Zeit fand, sich mit seiner geliebten Mathematik zu beschäftigen und wichtige ballistische Berechnungen¹⁾ auszuführen, durch die er sich den Dank der Heeresleitung erwarb. Im März 1916 kehrte er aus dem Felde zurück, aber nicht, wie es seine Freunde, Kollegen und Mitarbeiter hofften, unversehrt, sondern als Invalide. Eine scheinbar harmlose Krankheit hatte ihn schon 1915 befallen, sie steigerte sich langsam zu der bösartigen Form des Pemphigus, und ihr erlag er schon nach wenigen Wochen am 11. Mai 1916.

So einfach diese Erzählung ist, um so schwieriger wird es, von der wissenschaftlichen Eigenart K. Schwarzschilds ein richtiges Bild zu entwerfen. Der Grund für diese Schwierigkeit liegt in der Vielseitigkeit seiner Arbeiten, die zum großen Teile wesentliche Beiträge zum Fortschritte der Astronomie und in gleichem Grade der theoretischen Physik geliefert haben. Es wird dem Einzelnen unmöglich, sie alle in gleichem Maße zu beherrschen und, wie es zur Erfassung eines erschöpfenden Bildes notwendig wäre, das Gemeinsame in ihnen herauszuschälen, so daß es genügen muß, an dessen Stelle eine skizzenhafte Darstellung zu setzen. Mögen andere, Berufene, sich

¹⁾ Es ist dies seine 1915 der Akademie in Berlin überreichte, aber erst 1920 gedruckte Abhandlung: Über den Einfluß von Wind und Luftdichte auf die Flugbahn der Geschosse.

dieser Aufgabe widmen. Die glanzvolle Tätigkeit K. Schw. fordert dazu heraus, sich mit ihr intensiver zu beschäftigen.

Fragt man, was eigentlich Schwarzschild war, so ist die Antwort auf diese Frage nicht durch den Hinweis erschöpft, daß er als Direktor zweier Sternwarten wohl ein Astronom gewesen. Für die Vielseitigkeit seines Geistes gab es keine Abgrenzungen in der Wissenschaft, und seine Leistungen als Physiker sind fast ebenso hochzuschätzen wie seine astronomischen Forschungen. „Ich darf es mir, sagt er in seiner Antrittsrede in der Berliner Akademie, als etwas gutes anrechnen, daß ich mein Interesse nicht ausschließlich auf die Dinge jenseits des Mondes beschränken konnte, sondern oft den Fäden folgte, welche sich von dort zu den sublunaren Wissenschaften spinnen, und daß ich auch manchmal dem Himmel ganz untreu geworden bin.“ Und auf diese Worte die Gegenbemerkungen von Planck: „Ob Sie das thermodynamische Gleichgewicht des Sonnenkörpers, ob Sie den Weg der Lichtstrahlen von ihrer Emission an, ihren Druck auf kosmische Massenteilchen, ihren Gang durch das Teleskop, ihre schwärzende Wirkung auf einen Film untersuchten, stets stellten Sie die physikalisch-chemische Forschung in den Dienst der Astronomie und machten dadurch reiche Ernte. Aber Ihr letztes höchstes Interesse gehörte doch der Prinzipienfrage. Dem Prinzip der kleinsten Wirkung haben Sie in einer schlichten, aber dafür um so eindrucksvolleren Abhandlung die Elektronentheorie unterworfen, und das große Stabilitätsproblem der Himmelsmechanik beschäftigte Sie von der Münchener Zeit her bis zum heutigen Tage.“

Schon frühzeitig trat Schwarzschild durch eine Reihe kleiner Arbeiten hervor. Sie stammen aus dem Jahre 1888, da er noch als 15jähriger Knabe im Gymnasium saß. Sie betreffen das Problem der Bahnbestimmung¹⁾. Angeregt durch eine interessante Abhandlung von H. Bruns (Astr. Nachr. 118 (1888) S. 241 bis 250), in der dieser durch eine neue Formulierung des Lambertischen Satzes über die Krümmung der geozentrischen Bahn eines Planeten oder Kometen zu einer wesentlichen Vereinfachung der analytischen Methode der Bahnbestimmung von Laplace gelangt, zeigt er, wie man in ihr durch Entwicklung der höheren Differentialquotienten der Richtungscosinusse der geozentrischen Örter aufeinanderfolgende Näherungswerte erzielen und so das Brunssche Verfahren noch weiter der praktischen Rechnung dienstbar machen kann. Dasselbe Verfahren führte ihn auch zu einer hübschen Methode der Bahnbestim-

¹⁾ Zur Bahnbestimmung nach Bruns. Astr. Nachr. 124 (1890), S. 211, und Zur Bahnbestimmung von Doppelsternen, ebenda S. 215.

mung von visuellen Doppelsternen. Noch einmal im Jahre 1900 als Privatdozent in München kam er auf dieses Problem zurück in der Mitteilung¹⁾ „Ein Verfahren der Bahnbestimmung bei spektroskopischen Doppelsternen,“ in der er in glücklicher Weise graphische mit rein numerischen Methoden vereint. Diese Art der Bahnbestimmung, nur ein wenig von Nijland modifiziert, ist noch heute bei den Astronomen in Gebrauch.

Seine erste größere astronomische Arbeit ist seine Dissertation über die Theorie der Gleichgewichtsfiguren. Sie verdankt ihre Entstehung wohl einer Anregung von v. Seeliger und stellt sich das Ziel, Beweisführung und Ergebnisse von Poincarés großangelegter Arbeit „Sur l'équilibre d'une masse fluide, animée d'un mouvement de rotation“ in den Acta mathematica VIII (1885) den dem praktischen Astronomen geläufigeren mathematischen Formen näher zu bringen, oder wie er sich ausdrückt, den geheimnisvollen Saisschleier, der über der gar zu abstrakten Darstellung Poincarés liegt, zu lüften. Doch geht die Abhandlung Schw. weit über dieses Ziel hinaus. Sie ist nicht bloß pädagogisch von Bedeutung, sondern hat auch ihren selbständigen Wert, indem sie eine präzisere Formulierung des Poincaréschen Theorems über den Wechsel der Stabilität bei der Verzweigung zweier Reihen von Gleichgewichtsfiguren gibt, die von diesem auch später anerkannt wurde. Sodann löst sie als Anwendung das Beispiel der Bestimmung der Gleichgewichtsfigur eines kleinen Mondes in der Nähe seines Hauptplaneten mit dem ersten Ergebnis, daß da zwei Reihen ellipsoidischer Formen existieren, von denen die erste mit der Kugel beginnend, eine geringe, die zweite eine stärkere Abplattung zeigt und in eine unendlich dünne, nach dem Hauptkörper gerichtete Nadel endet, und dem zweiten, daß von diesen zwei Reihen die erste stabil, die zweite instabil, daß aber dort, wo sie sich treffen, keine Verzweigungs-, sondern nur eine Grenzfigur entsteht, an die sich keine weiteren Gleichgewichtsformen mehr anschließen.

Auf diese große Arbeit folgten weitere zur Himmelsmechanik, die auf das zweite Gebiet der Poincaréschen Untersuchungen, das Dreikörperproblem und speziell die periodischen Bahnen in ihm zurückgreifen, und dessen tiefgehende Schürfungen in diesem unbezwingbaren Problem zu ergänzen versuchen. In den drei ersten²⁾ dieser Arbeiten waren es mehr Existenzbeweise

¹⁾ Astr. Nachr. 152 (1900), S. 63—71.

²⁾ Über die Stabilität der Bewegung eines durch Jupiter gefangenen Kometen, Astr. Nachr. 141 (1896) S. 1—8, dann: Über eine Klasse periodischer Lösungen des Dreikörperproblems, ebenda 147 (1898) S. 17—24, und: Über weitere Klassen periodischer Lösungen des Dreikörperproblems, ebenda 147 (1898) S. 289—298.

für neue Klassen periodischer Lösungen, die er aufstellt, und die sodann den Ausgangspunkt für andere spezielle Untersuchungen wurden; in der letzten¹⁾ werden auch numerische Rechnungen durchgeführt und nachgewiesen, daß die periodische Bahn bis auf Größen von der Ordnung der störenden Masse eine Ellipse mit fortschreitender Apsidenachse ist, bei der die mittlere Bewegung um eine kleine Größe von dem aus der großen Halbachse nach dem dritten Keplerschen Gesetze folgenden Werte verschieden ist. Gewissermaßen den Abschluß seiner Studien in der Himmelsmechanik bildet sein Vortrag vor der Naturforscherversammlung in Kassel, in dem er eine anschauliche Darstellung des Poincaréschen Beweises von der Nichtexistenz analytischer Integrale im Dreikörperproblem gibt.

Auf einem ganz neuen Gebiete, wie jetzt noch erwähnt werden möge, zeigt sich Sch. in seinem Vortrage²⁾ über das zulässige Krümmungsmaß des Raumes, vor der Astronomerversammlung in Heidelberg, am 9. August 1900. Er will durch bestimmte Betrachtungen über die Verteilung der Sterne und ihre mittleren Parallaxen zu Grenzwerten über die Krümmung des Raumes gelangen, wenn man ihn als einen elliptischen oder hyperbolischen annimmt, und meint, daß solche Untersuchungen und das damit verbundene völlige Sichlosmachen von der tiefeingewurzelten Vorstellung des Euklidschen Raumes gerade für den Astronom von Vorteil sei, dessen Hauptaufgabe Untersuchungen über die räumliche Anordnung der Sterne bilden, und solche eventuell eine Entscheidung über Größe und Art der Krümmung geben könnten.

Mit dem Eintritt Schwarzschilds in die von Kuffnersche Sternwarte begann seine Tätigkeit als Astrophysiker. An dem ihm da zur Verfügung stehenden photographischen Refraktor von 6" Öffnung machte er seine ersten Versuche über photographisch-photometrische Beobachtungen nach der Methode der Messung der Schwärzung der extrafokalen Sternscheiben auf der photographischen Platte. Jeder, der die Entwicklung der Astrophysik in den letzten 2—3 Jahrzehnten verfolgt, wird die hohe Bedeutung dieses Beobachtungsverfahrens und die mannigfachen Anregungen, die von ihm ausgingen, würdigen.

Das Verfahren³⁾, das Sch. an der von Kuffnerschen Stern-

¹⁾ Über periodische Bahnen vom Hekubatypus, Astr. Nachr. 160 (1903) S. 386—399.

²⁾ Vierteljahrsschr. d. Astr. Ges. 35 (1900) S. 337—347.

³⁾ Die Bestimmung von Sternhelligkeiten aus extrafokalen photographischen Aufnahmen. — Sowie: Beiträge zur photographischen Photometrie der Gestirne, in den Publikationen der von Kuffnerschen Sternwarte V. (1899) S. 1—129.

warte anwandte, war das der Messung der Schwärzung der durch extrafokale Aufnahmen verbreiterten Sternscheiben, wozu die Vergleichsskala durch Aufnahmen des Sternes 3. Größe, δ Persei bei den Expositionszeiten $t = 3 \left(\frac{1}{\beta}\right)^k$ Sekunden für $k = 0, 1, \dots, 16$ hergestellt wurde. Er erwähnt, daß Janssen als erster (1895) auf die Vorteile dieses Verfahrens zur Bestimmung der Sternhelligkeiten hingewiesen hat, daß aber Versuche, wie es im einzelnen auszubilden sei, und welche Genauigkeit sich dabei erreichen lasse, doch zum ersten Male von ihm herühren. Und das Ergebnis seiner exakten und ausführlichen Diskussion der Beobachtungen ist, daß diese Methode selbst in der zunächst von ihm angewandten, in vieler Hinsicht zufälligen und keineswegs endgültigen Form Genaueres leistet, als die direkten visuellen Methoden oder die auf die Messung der Durchmesser der Sternscheiben beruhenden. Er bestimmte die Helligkeit von 44 Sternen aus der Gruppe der Plejaden, von 202 aus den zwei Sternhaufen λ und χ Persei und von 119 Sternen der Praesepe. Darauf folgten Beobachtungen der zwei Veränderlichen β Lyrae und η Aquilae, bei denen sich das Resultat zeigte, daß die photographische Lichtkurve bei β Lyrae ganz parallel verlief mit der optischen, nicht mehr aber bei η Aquilae. Bei diesem war die auf photographischem Wege gefundene Amplitude des Lichtwechsels bedeutend größer als die aus visuellen Beobachtungen bekannte, eine Tatsache, die alle Veränderlichen vom Typus δ Cephei auszeichnet und ihre Erklärung findet in dem Umstande, daß bei diesen Veränderlichen mit der Variation ihres Lichtes gleichzeitig eine periodische Verschiebung des Intensitätsmaximums in ihrem kontinuierlichen Spektrum von Blau zur Zeit des Maximums nach Rot im Minimum verbunden ist. Die Genauigkeit der Messungen ist im Mittel ± 0.039 Größenklassen, wobei er hinzufügt, daß Fehler von 0.05 Größenklassen in den Einzelbeobachtungen nur sehr selten vorkommen, während der mittlere Fehler der direkten visuellen Messungen von Sterngrößen mit dem Zöllnerschen Photometer in der bedeutungsvollen Durchmusterung von Müller und Kempf 0.073 Größenklassen und der aus Charliers Messungen nach der Methode der Durchmesser der Sternscheiben gefundene 0.10 beträgt.

Schon in Wien mag in ihm der Plan aufgetaucht sein, zu der berühmten, 1896 begonnenen, visuell-photometrischen Durchmusterung von Müller und Kempf in Potsdam, die sich auf alle Sterne der Bonner Durchmusterung bis zur Größenklasse 7.5 erstreckt, ein photographisches Pendant zu schaffen. Aber erst nach seiner Berufung nach Göttingen kam der Plan zur

Ausführung nach vielen Vorversuchen, die bis zum Jahre 1905 dauerten. Der zu bewältigenden Schwierigkeiten gab es zu viele. Die in Wien angewandte Methode der extrafokalen Aufnahmen und der Messung der Schwärzung der Bilder erwies sich als zu unökonomisch. Sie war nicht geeignet, eine größere Zahl hellerer und weit zerstreuter Sterne in möglichster Kürze, wie es der Plan einer Durchmusterung erfordert, zu bewältigen. Denn um die extrafokalen Scheiben möglichst gleichmäßig zu erhalten, mußte weit aus dem Fokus gegangen werden; dadurch nimmt wieder die Helligkeit der Bilder ab, und den damit verbundenen Verlust an Größenklassen durch eine Verlängerung der Expositionszeit zu ersetzen, geht nicht gut an. Ebenso wenig erwies sich die Methode der Durchmesserbestimmung als geeignet, und dies wieder aus dem Grunde, weil die Sternbilder der selbst von den besten photographischen Objektiven erzielten Aufnahmen schon in 10° Abstand von der optischen Achse des Fernrohrs zu sehr deformiert sind, um aus einer Messung ihrer Durchmesser zuverlässige Helligkeiten abzuleiten.

Diese Schwierigkeiten überwand Schw. durch die mit wesentlicher Unterstützung von Dr. B. Meyermann durchgeführte Konstruktion einer Schraffierkassette¹⁾, d. i. einer durch elektrischen Antrieb bewegten Kassette, die bewirkt, daß jeder Punkt der photographischen Platte in 3 Minuten ein Quadrat von 0.25 mm Seitenlänge beschreibt und so ein ziemlich scharf begrenztes und gleichförmig belichtetes Quadrat an Stelle eines Sternscheibchens liefert, dessen Schwärzung sodann unter dem Hartmannschen Mikrophotometer gemessen wird. Die erzielte Genauigkeit war eine recht große. Sie betrug 0.034 Größenklassen und übertraf damit weit die bis dahin im allgemeinen bei photometrischen Messungen gewonnene Genauigkeit.

Das Ergebnis der intensiven Beobachtungstätigkeit Schw., die die Jahre 1905—1908 umfaßte, war die Göttinger Aktinometrie²⁾ der helleren Sterne bis zur Größe 7.5 in den Zonen von $+0^\circ$ bis $+20^\circ$ Deklination der Bonner Durchmusterung, mit zusammen 3522 Sternen und einem kleinen Zusatzkatalog von 168 Polsternen. Teil A (1910 erschienen), gibt noch nicht die definitiven Helligkeiten, sondern zunächst nur ein

¹⁾ Über eine Schraffierkassette zur Aktinometrie der Gestirne, Astr. Nachr. 170 (1906) S. 277—282, sowie: Über eine neue Schraffierkassette, ebenda 174 (1907) S. 137—139 zusammen mit Dr. B. Meyermann.

²⁾ Aktinometrie der Sterne der B. D. bis zur Größe 7.5 in der Zone 0° bis $+20^\circ$ Deklination. Unter Mitwirkung von Br. Meyermann, A. Kohlschütter, O. Birck u. W. Dziewulski, Teil A. Göttingen (1910) — Teil B. Göttingen (1912).

kontinuierliches System von photographischen, und erst Teil B (1912 erschienen) die definitiven Resultate, ergänzt durch Korrektur wegen des Rektaszensionsganges und der Abhängigkeit der Messungen von der Sterngröße.

Die Aktinometrie gab als erste für eine größere Anzahl von Sternen deren Farbenindex, d. i. den Überschuß der visuell-photometrisch bestimmten Helligkeit gegenüber ihrer photographisch-aktinisch gemessenen und schuf damit die Grundlagen für die auf diesen Begriff sich stützenden theoretischen und statistischen Untersuchungen. Schon während seines Aufenthaltes in Wien hat er sich mit ihm befaßt, worauf die dort veröffentlichte Abhandlung¹⁾: Über die photographische Vergleichung der Helligkeiten verschiedenfarbiger Sterne, hinweist. Auf der Astronomerversammlung in Lund, wo er in einem kurzen Bericht²⁾ den Plan zur Durchführung einer photographisch-photometrischen Durchmusterung des nördlichen Himmels entwickelt, gibt er auch die theoretischen Formeln über den Farbenindex, die Wellenlänge der maximalen Intensität im Spektrum und deren Zusammenhang mit der effektiven Temperatur der Sterne. Und nunmehr, nach Vollendung der Aktinometrie, konnten statistische Untersuchungen vorgenommen werden. Sie erstreckten sich auf den Zusammenhang zwischen Farbenindex der Sterne und ihrem Spektraltypus, ihrer Farbe, geschätzt nach Osthoff und der Potsdamer Durchmusterung, und ihrer effektiven Temperatur. Ein merkwürdiges Resultat erbrachte die Statistik. Ordnete nämlich Schw. die Sterne nach der Größe ihres Farbenindex und zählte ihre Verteilung von Zehntel zu Zehntel Größenklasse ab, so folgte keine gleichmäßige Streuung, vielmehr zeigte die Häufigkeitskurve ein Minimum zwischen zwei Maxima, gleichsam als ob sich die Sterne in eine Gruppe von weißen und eine zweite von gelben spalten würden, zwischen denen die Übergänge relativ selten sind. Man weiß neuestens, daß diese seltsame Tatsache mit der Erscheinung der Riesen und Zwerge unter den Sternen verbunden ist.

Parallel mit dieser Beobachtungstätigkeit ging eine ganze Reihe mehr mathematischer Untersuchungen. Die erste bezog sich auf das Schwärzungsgesetz, d. i. die Abhängigkeit der Schwärzung der photographischen Schicht von der Intensität des einwirkenden Lichtes und der Dauer der Exposition. Seine einfachste Form hat er schon in Wien in seinen Beiträgen zur photographischen Photometrie aufgestellt. Aber das in ihm steckende mathematische Problem ließ ihn nicht ruhen

¹⁾ Wiener Akademie-Berichte 109 (1901) S. 1127—1134.

²⁾ Vierteljahrsschrift d. Astr. Ges. 39 (1906) S. 172.

und erst 1906¹⁾ gab er ihm eine für die Reduktion der Beobachtung endgültige praktische Form.

Die zweite Untersuchung bezieht sich auf spezielle Fragen zur Theorie der Sonne. Vorerst sei jedoch erwähnt seine Reise nach Algier zu der Sonnenfinsternis am 30. August 1905 und der über deren Beobachtung veröffentlichte Bericht²⁾. Auch dieser Tätigkeit, die sich sonst fast nur auf photographische Aufnahmen der Sonne während ihrer Totalität zur Darstellung ihrer Korona beschränkt, verstand Sch. eine neue Seite abzugewinnen. Er machte mehrere Flash-Aufnahmen auf einem mit der Hand ruckweise bewegten Film und erhielt so sehr schöne Übergänge zwischen dem Fraunhofer- und dem Chromosphärenspektrum. Deren Ausmessung lieferte ein Profil des Mondrandes zur Zeit der Totalität und aus dessen Kenntnis wieder folgten zuverlässige Angaben über die Höhe der verschiedenen Gase in der Chromosphäre. Ferner mögen hier in Betracht kommen seine in Gemeinschaft mit W. Villiger in Jena angestellten Beobachtungen³⁾ über die Verteilung des ultravioletten Lichtes auf der Sonnenscheibe, vor allem aber als wichtigste die rein mathematische Untersuchung⁴⁾ über das Gleichgewicht der Sonnenatmosphäre. Sch. hat hier das Ziel im Auge, die Potsdamer Beobachtungsreihe über die Abnahme der Helligkeit der Sonne, als der von allen Wellenlängen zugleich gelieferten gesamten sogenannten grauen Strahlung, von der Mitte zum Rande hin theoretisch darzustellen. Es gelingt ihm dies durch den Nachweis, daß hierzu die Annahme einer neuen Art des Gleichgewichtes, des Strahlungsgleichgewichtes, zwischen den einzelnen Schichten der Atmosphäre an Stelle irgendeiner Art von adiabatischem Gleichgewicht notwendig sei. Es besteht darin, daß die Wärmeübertragung von einem Teil der Sonne zu anderen nur durch Strahlung stattfindet, der gegenüber jeder andere Wärmeaustausch etwa durch Leitung und Strömung zu vernachlässigen ist. Indem Eddington diese neue Anschauung durch die des Strahlungsdruckes ergänzte, der zu den Gravitationskräften hinzuzufügen ist, durch die das Problem des Gleichgewichtes eines Sternes als einer Gaskugel im Gegensatz zu den Gleichgewichtsformen flüssiger Körper bestimmt erscheint, konnte er eine Theorie über den inneren

¹⁾ Über eine Interpolationsaufgabe der Aktinometrie, Astr. Nachr. 172 (1906) S. 65—75.

²⁾ Bericht über die totale Sonnenfinsternis vom 30. August 1905, Göttingen (1905).

³⁾ Physikalische Zeitschrift 6 (1905) S. 737.

⁴⁾ Berichte der Göttinger Gesellschaft der Wissenschaften (1906) S. 1—13.

Aufbau der Sterne aufstellen, die gegenwärtig im Vordergrunde des physikalischen und astronomischen Interesses steht.

In zwei späteren Abhandlungen¹⁾ die die Titel führen: „Sind im Sonnenspektrum Wärmestrahlen von großer Wellenlänge vorhanden?“ (zusammen mit H. Rubens) und: „Über Diffusion und Absorption in der Sonnenatmosphäre“, griff er nochmals auf das Problem der Sonne zurück. In der ersten weist er nach, daß aus den Wellenlängen von 100—600 μ keine merkliche Energiemenge von der Sonne zur Erde gelangt, in der zweiten betont er die Wichtigkeit der Streuung der Strahlung für die Intensitätsverteilung auf der Sonnenoberfläche.

Hierauf wandte sich Sch. der Stellarastronomie zu, vorerst der Theorie der Eigenbewegungen der Sterne, sodann der Stellarstatistik. Die erstere ergänzte er durch die Ellipsoidhypothese²⁾. Bei der Bestimmung des Apex der Sonnenbewegung macht man die Annahme, daß die Eigenbewegungen der Sterne sich ganz regellos verhalten und daher beim Mitnehmen sich gegenseitig aufheben. Schon 1897 wies Kobold darauf hin, daß deren wirkliche Verteilung sich mit dieser Fundamentalthypothese nicht decke, aber erst 1904 glückte es Kapteyn, deren wesentliche Züge in dem Bilde zweier Schwärme zu erfassen, die sich gegenseitig durchsetzen, wobei die relative Bewegung des einen Schwarms gegen den anderen parallel zur Milchstraße erfolgt. Eddington hat diese Zweischwarmhypothese in ein mathematisches Gewand eingekleidet. Dem gegenüber stellt Sch. hauptsächlich aus dem Grunde, um die durch das Phänomen der Milchstraße charakterisierte Einheit des Sternsystems zu retten, die Anschauung einer ellipsoidischen Sternverteilung auf, nach der die Hauptachsen dieses Ellipsoids die ausgezeichneten Richtungen vorstellen, die die Sterne in ihrer Bewegung mit Vorliebe verfolgen. Beide Hypothesen, die Kapteynsche der zwei Schwärme wie die ellipsoidische Sch.s, bilden heute die Grundlage aller Untersuchungen über die Eigenbewegungen der Fixsterne; doch muß hinzugefügt werden, daß durch sie keineswegs noch die wirkliche Konstitution des Milchstraßensystems ergründet ist und beide keine andere Bedeutung für sich in Anspruch nehmen können wie nur die, eine zweite Annäherung zu sein gegenüber der ersten, die auf deren regelloser Verteilung nach dem Maxwell'schen Gesetze beruht.

¹⁾ Beide erschienen in den Berichten der Akad. Berlin (1914) S. 702—708 und 1183—1200.

²⁾ Über die Eigenbewegung der Fixsterne, Göttinger Ber. 1907 S. 614—631 und: Über die Bestimmung von Apex und Vertex nach der Ellipsoidhypothese aus einer geringen Anzahl von Beobachtungen. Ebenda (1908) S. 191—200.

Die Meisterschaft in der mathematischen Durchführung eines Problems zeigte sich besonders in seinen Arbeiten¹⁾ zur Stellarstatistik. Die durchgeführten Abzählungen der Sterne nach ihrer scheinbaren und wahren Größe, die Mittelwertbildungen über ihre Eigenbewegungen geben nach seiner Ansicht ein Beobachtungsmaterial ab, das einer theoretischen Behandlung erst unterzogen werden muß, soll es dem Hauptproblem der Stellarastonomie, der Frage nach der räumlichen Verteilung der Sterne und ihrem dynamischen Zusammenhange, dienstbar gemacht werden. Von drei Verteilungsgesetzen hängt die Lösung der Frage ab, zunächst dem der räumlichen Dichte als der Anzahl der Sterne, die in einer bestimmten Entfernung in der Volumeinheit enthalten sind, sodann von dem der Häufigkeit ihrer absoluten Leuchtkräfte und endlich von dem ihrer Bewegungen. Indem nun Sch. über ihren Verlauf die einfache Annahme macht, daß sie durch Exponentialformeln ausgedrückt werden können, gelingt es ihm in streng mathematischer Weise sie miteinander zu verknüpfen, ihre gegenseitige Abhängigkeit festzustellen, so daß es möglich wird, aus den Konstanten zweier dieser Gesetze die des dritten abzuleiten, oder neue Beziehungen zwischen ihnen zu entdecken. Wohl reichen diese Arbeiten Sch.s, in denen er von vornherein die Grenzen seiner Integrale zu $+\infty$ annimmt, nicht an die Allgemeinheit der von Seeligerschen Betrachtungen heran, deren Ziel dahin geht, diese Grenzen und damit die Grenzen der uns umgebenden Sternenwelt festzulegen; dafür sind seine Formeln aber von einer relativ einfachen Form und erfreuen sich wegen dieser Einfachheit und ihrer daraus folgenden Durchsichtigkeit einer zahlreichen Anwendung.

Doch darüber hinaus fand er noch Zeit und Muße genug, sich anderen Arbeiten zu widmen, die teils mehr praktische Ziele verfolgten, teils pädagogischen Zwecken dienten. Bemerkenswert sind seine Versuche²⁾ zu einer photographischen Methode von geographischen Orts- und Zeitbestimmungen mit Hilfe

¹⁾ Über die Integralgleichungen der Stellarstatistik. Astr. Nachr. 185 (1910) S. 81—87, sodann: Zur Stellarstatistik, ebenda 190 (1912) S. 361. Ferner: Ein Theorem zur Verteilung der Sternsgeschwindigkeiten, ebenda 191 (1912) S. 1—6 und: Über die Häufigkeit und Leuchtkraft der Sterne von verschiedenem Spektraltypus, Berliner Akad.-Ber. (1914).

²⁾ Über photographische Ortsbestimmung in Eders Jahrbuch f. Photogr. (1903) S. 207, ferner: Über photographische Breitenbestimmung mit Hilfe eines Zenitkollimators. Astr. Nachr. 164 (1903) S. 1—6, und: Über Breitenbestimmung mit Hilfe einer hängenden Zenitkamera, ebenda 164 (1903) S. 178—182.

einer hängenden und zur Dämpfung der Schwingungen in einer Flüssigkeit schwimmenden Zenitkamera. Seine Absicht ging dahin, diese Methode bis zur Konkurrenz mit der Horrebow-Talcottschen zu verfeinern und im Vereine mit W. Dziewulski¹⁾ beobachtete er die Deklinationen von 375 Zenitsternen, aber mit einem negativen Erfolge, der ihn zu dem Urteile führte, daß die Leistungsfähigkeit des neuen Verfahrens gegenüber dem des internationalen Breitendienstes sehr unökonomisch ist. Lebhaftes Interesse brachte er dem modernsten Problem der sphärischen Astronomie, dem der geographischen Ortsbestimmung im Luftballon, entgegen. Mehrere, teils von ihm selbst, teils in Gemeinschaft mit seinen Mitarbeitern, erfundene praktische Instrumente²⁾, wie neuerdachte graphische und Rechnungsmethoden³⁾ geben Zeugnis davon. Auch hierbei dürfte die mathematische Seite des Problems, die Verwertung der Methoden der Nomographie, besondere Anziehung auf ihn ausgeübt haben.

Von reizvoller Lebhaftigkeit in der Darstellung ist seine populäre Schrift⁴⁾ „Astronomische Beobachtungen mit elementaren Hilfsmitteln“, deren Inhalt die Wiedergabe einer Reihe von Vorträgen ist, die er Ostern 1904 in einem für Oberlehrer der Mathematik und Physik abgehaltenen Ferienkurse in Göttingen gehalten hat. Zwei Hauptthemen behandelt er darin, vorerst Aufgaben der Zeit- und Ortsbestimmung, jene nach der Methode von W. Olbers durch Beobachten des Verschwindens eines Sternes hinter einem irdischen Gegenstand, diese nach seiner eigenen photographischen mit Hilfe der hängenden Zenitkamera; auch die Zwei-Fädenmethode von P. Harzer erwähnt er, um sodann auf astrophysikalische Fragen überzugehen. Er weist dabei auf zwei besonders von astronomischen Amateuren durchzuführende Beobachtungen hin, die von Sternschnuppen und die von veränderlichen Sternen, die beide mit den einfachsten Hilfsmitteln angestellt werden und trotzdem,

¹⁾ Bestimmung der Polhöhe von Göttingen und der Deklinationen von 375 Zenitsternen mit der hängenden Zenitkamera. Göttingen (1911).

²⁾ Künstlicher Horizont und Ballonsextant. Zeitschr. für Instrumentenkunde 30 (1910) S. 357, ferner: Libellenhorizont und Libellensextant. Zeitschr. für Flugtechnik 4 (1913).

³⁾ Tafeln zu astronomischen Ortsbestimmungen im Luftballon bei Nacht, sowie zur leichten Bestimmung der M. E. Zeit an jedem Ort Deutschlands. Göttingen (1909), zusammen mit O. Birck, sowie: Über einen Transformator zur Auflösung sphärischer Dreiecke. Zeitschr. f. Instrumentenkunde 30 (1910) S. 75.

⁴⁾ Erschienen in den Beiträgen zur Frage des Unterrichtes in Physik und Astronomie an den höhern Schulen, Leipzig 1904. Außerdem sei hier noch erwähnt sein Aufsatz: über Astronomie auf den höheren Schulen, in der Monatsschr. f. höh. Schulen, Berlin (1909).

ohne die so oft perhorreszierten Hebel und Schrauben, zu ganz bedeutungsvollen Ergebnissen führen können. Er schließt seinen Vortrag mit den Worten: „Mögen Sie den Eindruck gewonnen haben, daß es schön ist im Tempel der Urania, und wenn sie nur die Lust fühlen, so darf es Ihnen auch an Mut nicht fehlen, an der Pforte anzuklopfen und die Jugend heranzuführen. Ein freundliches „Herein“ wird den harrenden Jünger unerwartet bald begrüßen, auch wenn er nicht mit den Schätzen amerikanischer Millionäre zum Bau von Riesenfernrohren beladen kommt.“

Nach diesem Rückblick auf die astronomischen Arbeiten Sch.s möge nunmehr auch seiner fast ebenso umfassenden physikalischen Tätigkeit gedacht werden. Seine ersten Untersuchungen auf diesem Gebiete betreffen das Problem der Beugung des Lichtes. Die erste¹⁾ „Die Beugungsfigur im Fernrohr weit außerhalb des Fokus“, ist eine Ergänzung zu früheren Arbeiten von H. Struve und Lommel, die zweite²⁾ „Beugung und Polarisation des Lichtes durch einen Spalt“, geht auf A. Sommerfeld zurück. Beide jedoch stehen mit seinen speziellen photometrischen Studien (extrafokale Sternaufnahmen und Gitterphotometer, über die Versuche mit einem solchen berichtet er in der Vierteljahrsschrift der Astr. Ges. 38 (1903) S. 98, 39 (1904) S. 78), in enger Beziehung. Weit größere Bedeutung erlangte seine Abhandlung³⁾ „Der Druck des Lichtes auf kleine Kugeln und die Arrheniussche Theorie der Kometenschweife“. Auch sie behandelt eine beugungstheoretische Frage, den Fall, daß eine ebene elektrodynamische Welle auf eine vollkommen reflektierende kleine Kugel auffällt, und berechnet nach Bestimmung der elektrischen und magnetischen Kräfte den Maxwell'schen Lichtdruck, den diese auf die Kugel ausüben. Ihr Ziel geht dahin, für die neue von Arrhenius aufgestellte Theorie der Kometenschweife, nach der die von Olbers, Bessel und Bredichin geforderte Repulsionskraft der Sonne auf die materiellen Teilchen der Kometen sich auf deren Lichtdruck zurückführen lasse, die notwendige mathematische Einkleidung abzuleiten, und sie erreicht auch dieses Ziel durch den Nachweis, daß das Maximalverhältnis zwischen der Größe dieses Druckes und der Schwere der Teilchen gerade 20 wird, eine Zahl, die voll genügt, um die dem ersten Schweiftypus der Bredichin'schen Theorie entsprechende Abstoßungskraft der Sonne zu erklären.

¹⁾ Münchener Ber. (1898) S. 271—294.

²⁾ Mathematische Annalen 55 (1901) Teil I, (Teil II ist nicht mehr erschienen).

³⁾ Münchener Ber. (1901) S. 293—338.

Da jedoch neue Berechnungen über deren Größe bei einigen Kometen noch größere Zahlen als 20 ergeben, so ist die Frage nach der vollen Identität zwischen Repulsionskraft der Sonne und ihrem Drucke nicht als abgeschlossen zu betrachten.

Von der Beugungstheorie weg wandte sich Sch. weiter der geometrischen Optik zu. Was in diesem Problem sein besonderes Interesse erregte, war der Wettkampf zwischen Refraktor und Reflektor, bei dem er sich auf die Seite des zweiten stellte. In rascher Folge erschienen drei Mitteilungen¹⁾ in den Berichten von Göttingen 1905, in denen das Gesamtgebiet recht erschöpfend behandelt wird. Im ersten Teil entwickelt er, ausgehend vom Eikonalbegriff, die bekannten fünf Seidelschen Bildfehler der Systeme zentrierter Kugelflächen, sowie die Aberrationen höherer Ordnung. Er fügt hinzu, daß der praktisch rechnende Optiker sich vor dem Eikonalbegriff als etwas Hochtheoretischem nicht zu fürchten brauche, und daß man gerade von ihm aus sehr bequem zu allen praktisch wichtigen Fehlerformeln gelangt. Der zweite Teil ist den Spiegelsystemen gewidmet. In ihm wird gezeigt, wie durch Kombination asphärischer (ellipsoidischer und hyperbolischer) Krümmungen für Haupt- und Fangspiegel Reflektoren von möglichst günstiger optischer Wirkung erreicht werden können. Im dritten endlich entwickelt Sch. die sogenannten Vorrechnungsformeln für Linsensysteme verschiedenster Art, vom einfachen Fernrohrobjektiv bis zum kompliziert gebauten mehrteiligen photographischen Objektiv, mit deren Hilfe unter der Annahme sehr dünner Linsen die Krümmungsradien zu berechnen sind, die die möglichste Aberrationsfreiheit des ganzen Linsensystems ergaben. Auch deformierte (asphärische) Flächen finden dabei durch Mitnahme eines Zusatzgliedes Berücksichtigung. Eine Ergänzung dieser Untersuchungen bildet die Abhandlung²⁾ „Über Differenzformeln zur Durchrechnung optischer Systeme“; eine praktische Anwendung wiederum liegt in der tatsächlichen Berechnung eines lichtstarken Kameraobjektivs³⁾ auf Grund der Fehler dritter Ordnung, das auch darnach von Zeiß für das Observatorium in Potsdam konstruiert wurde.

Immerhin standen die erwähnten Untersuchungen noch in einer Beziehung zu seiner Tätigkeit als Astronom. Die

¹⁾ Untersuchungen zur geometrischen Optik, I. Einleitung in die Fehlertheorie optischer Instrumente auf Grund des Eikonalbegriffes, II. Theorie der Spiegelteleskope, und III. Über die astrophotographischen Objektive. Göttingen (1905).

²⁾ Göttinger Ber. (1907). S. 551—570.

³⁾ Über Spektrographenobjektive, Berliner Ber. (1912) S. 1920 bis 1939.

nun folgenden scheinen ganz außer Zusammenhang mit ihr zu sein, und es dürfte sich ihm bei ihnen wohl um die prinzipielle Frage gehandelt haben, wie weit die Grundsätze der reinen Newtonschen Mechanik auf die neue Anschauung der Elektronentheorie anwendbar seien. In drei Mitteilungen¹⁾ zur Elektrodynamik leitet er ohne irgendwelche Hilfsannahmen die Grundgleichungen der Elektrodynamik und Elektronentheorie aus dem Hamiltonschen Prinzip ab. A. Wilkens (Vjs. A. G. 39 (1904) S. 209), F. Wacker (Physik. Zeitschrift 7 (1906) S. 309) und W. de Sitter (Month. Not. 71 (1911) S. 388) haben sodann die in dem Schwarzschild'schen elektrodynamischen Potential auftretenden Zusatzglieder als Störungsglieder aufgefaßt und sie zur Erklärung der berühmten Anomalie in der Bewegung des Merkur heranziehen wollen. Aber mit negativem Erfolg. Sie fanden für sie $7''^2$ für ein Jahrhundert statt der geforderten $42''$, woraus zu schließen ist, daß die Eigenbewegung der Sonne auf die Bewegung der Planeten um sie ohne jeden Einfluß ist. Dagegen bewies Poincaré, daß diese Schwarzschild'sche Wirkungsfunktion invariant ist gegenüber einer Lorentz-Transformation und gründete auf sie seine Versuche, das Newtonsche Gesetz so umzugestalten, daß es dem Postulate der speziellen Relativitätstheorie genügt.

Damit ist der Übergang gewonnen zur allgemeinen Relativitätstheorie Einsteins, deren Studium sich Sch. mit Eifer und Interesse widmete. Während Einstein für die von ihm aufgestellten Bewegungs- und Feldgleichungen nur Näherungslösungen fand, glückt Sch. sofort eine vollständig strenge und eindeutige Lösung²⁾, die, wie er hinzufügt, das Einsteinsche Resultat in vermehrter Reinheit erstrahlen läßt. Die Lösung gilt zunächst nur für das äußere Feld eines Massenpunktes und gibt ein Bild von den Änderungen der Krümmungsverhältnisse in diesem gegenüber einem gravitationsfreien. In einer zweiten Abhandlung³⁾ dehnt er seine Rechnungen auch auf das innere Feld einer Massenkugel aus inkompressibler Flüssigkeit aus und beweist, daß da die Geometrie des sphärischen Raumes verwirklicht ist.

Außerdem beschäftigte sich Sch. schon früher mit den Einsteineffekten auf der Sonne, der Rotverschiebung ihrer Spek-

¹⁾ Zur Elektrodynamik, I. Zwei Formen des Prinzips der kleinsten Wirkung in der Elektronentheorie, II. Die elektrodynamischen Kräfte, III. Über die Bewegung der Elektronen. Göttinger Ber. (1903) S. 126, 132 u. 245.

²⁾ Über das Gravitationsfeld eines Massenpunktes nach der Einsteinschen Theorie. Berl. Ber. (1916) S. 189—196.

³⁾ Über das Gravitationsfeld einer Kugel aus inkompressibler Flüssigkeit nach der Einsteinschen Theorie, ebenda (1916) S. 424—434.

trallinien¹⁾. Er wollte sie aus der Verschiebung der Cyanbande, die die Eigenschaft hat, gegen Druckeinfluß unempfindlich zu sein, messen — jedoch mit unentschiedenem Ergebnis, zu dem auch spätere Beobachtungen auf der Mount-Wilson-Sternwarte (1917) führten.

Daneben übte ebenfalls die neue Physik der Atome eine große Anziehungskraft auf ihn aus. Es schien, als ob in ihr ein neues Feld für die Anwendbarkeit der astronomischen Störungstheorie erblühe, und dies mag Anlaß genug für ihn gewesen sein, sich mit ihr intensiv zu befassen. Vorerst versuchte er die klassische Theorie der Elektrodynamik zu retten, wie dies seine Abhandlungen²⁾: Bemerkungen zur Aufspaltung der Spektrallinien im elektrischen Felde, und: Über die maximale Aufspaltung beim Zeemaneffekt, zeigen. Doch bald fand er, daß diese nicht ausreicht, und so ging er zur Quantentheorie über. Seine Untersuchungen legte er in einer Abhandlung³⁾ nieder, die für alle späteren nach jeder Richtung hin von fundamentaler Bedeutung wurde. Neu ist in ihr die Einteilung des Phasenraumes und die Einführung kanonischer Variablen, wie sie in bedingt periodischen mechanischen Systemen vorkommen, und die man heute als Wirkungs- und Winkelvariable bezeichnet. Als Beispiel ihrer Anwendung löst er, auf Grundlage der astronomischen Theorie der Bewegung eines Punktes unter der Newtonschen Anziehung zweier fester Zentren mit der Spezialisierung, daß das eine Zentrum unendlich weit abrückt, das Problem der Aufspaltung der Wasserstofflinien unter Einwirkung eines elektrischen Feldes (Starkeffekt), und als zweites gibt er eine Erklärung der Bandenspektren durch die Annahme von Elektronensystemen, die um ein selbst rotierendes Molekül kreisen. In beiden Fällen erzielt er eine fast vollkommene Übereinstimmung zwischen Theorie und Beobachtung.

In die Zeit seiner Leitung des Potsdamer Observatoriums fallen noch zwei Gruppen rein astronomischer Beobachtungen, zunächst seine Bemühungen⁴⁾, die Pickering'sche Methode

¹⁾ Über die Verschiebung der Bande bei 3883 A. E. im Sonnenspektrum, ebenda (1924) S. 1201—1213.

²⁾ Erschienen in den Verhandlungen der deutschen physikalischen Gesellschaft 16 (1914) S. 20—24 und 24—40.

³⁾ Zur Quantenhypothese. Berl. Ber. (1916) S. 548—568.

⁴⁾ Beobachtung der Radialgeschwindigkeit von α Coronae borealis mit dem Objektivprisma, Astr. Nachr. 194 (1913) S. 241—243, sowie die Beiträge zur Bestimmung von Radialgeschwindigkeiten mit dem Objektivprisma, in den Potsdamer Publikationen Band 23 (1913) und Über die Radialgeschwindigkeit des Sternes 63 Tauri. Berliner Ber. (1913) S. 306—307.

der Messung der Radialgeschwindigkeit eines Sternes, die auf einer Doppelaufnahme in zwei entgegengesetzten Lagen des Objektivprismas beruht, zu überprüfen. Sodann seine in Gemeinschaft mit Eberhard durchgeführten Beobachtungen¹⁾ über die Umkehrung der Kalziumlinien *H* und *K* in den Spektren der drei Sterne α Bootis, α Tauri und δ Geminorum, die, da sie analog der Umkehrung im Sonnenspektrum ist, auf die gleiche Flecken- und Fackelbildung in diesen Sternen schließen läßt, so daß nur noch die Frage nach der Periodizität der Erscheinung zu beantworten wäre, um auf eine völlige Analogie in dem Verhalten dieser Sterne mit dem der Sonne zu schließen.

Nach dieser wohl eingehenden, aber keineswegs erschöpfenden Darstellung der Arbeitsfreudigkeit K. Sch. käme noch eine Schilderung seiner Person selbst in Betracht. Bekannt ist seine Güte, das Wohlwollen gegen andere, denen gegenüber er nie seine eigenen hervorragenden Leistungen betonte, bekannt seine Geselligkeit und die fröhliche Laune, die er dabei zeigte. Sein gastfreies Haus war stets der Mittelpunkt einer Gesellschaft, die sich um ihn sammelte, und die er durch seinen sprühenden Witz oder durch treffende Bemerkungen anzuregen verstand.

Ein durch und durch vornehmer Charakter, sagt sein Nachfolger im Amte, Geheimrat Müller, über ihn, stets bereit zu raten und zu helfen, nie müde und verdrossen, war er allen seinen Beamten der wohlwollendste, treueinendste Vorgesetzte, der es meisterhaft verstand, mit feinem Takte auf die Eigenheiten seiner teilweise viel älteren Mitarbeiter Rücksicht zu nehmen und sie doch unwiderstehlich mit sich fortzureißen. Niemand, der sich an ihn um Rat und Hilfe wandte, ging unbefriedigt von ihm. Streitigkeiten und Konflikte waren seiner friedfertigen Natur zuwider, und wenn er einmal schärfer eingreifen mußte, so litt er vielleicht selbst am meisten darunter.

Desgleichen die folgenden Worte aus der Gedenkrede des Geheimrat Runge: Der liebenswürdigste Zug, den ich an ihm verehrt habe, ist der, daß ich in den langen Jahren unserer Bekanntschaft nie ein gehässiges Wort über einen anderen aus seinem Munde vernahm. Boshaften Bemerkungen trat er entgegen oder wußte ihnen eine freundliche Wendung zu geben. Der Gelehrte ist ja überhaupt in der glücklichen Lage, daß für ihn das Wort: „Viel Feind, viel Ehr“ nicht gilt. Und besonders kann sich der Jünger der exakten Naturwissenschaften des persönlichen Streites enthalten, weil alle sich den höheren

¹⁾ Über die Umkehrung der Kalziumlinien *H* und *K* in Sternspektren. Berliner Ber. (1913) S. 308—310.

Autoritäten des mathematischen Schlusses, des Experiments und der Beobachtung beugen. Nur diese wollte Sch. auf wissenschaftlichem Gebiete anerkannt wissen, jede andere war ihm zuwider, auch wenn es sich um seine eigene Autorität handelte. Von ihm wird das lustige Wort berichtet, daß er von einem Gelehrten, der ihn allzu devot als Geheimrat und Direktor der Sternwarte behandelte, ärgerlich sagte: Ich kann mit einem Menschen nicht weiterkommen, der vor mir Respekt hat.

So tritt uns Karl Schwarzschild gleich ausgezeichnet als Mensch wie als Gelehrter entgegen. Und so wie seine wissenschaftlichen Leistungen unberührt vom Wandel der Zeit der Nachwelt seinen Namen verkünden werden, wird auch im Herzen aller derjenigen, die das Glück hatten, mit ihm zu verkehren, sein Name fortleben!

S. Oppenheim.