

Werk

Titel: Karl Schwarzschild

Autor: Sommerfeld, A.

Ort: Berlin

Jahr: 1916

PURL: https://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?34557155X_0004|log362

Kontakt/Contact

Digizeitschriften e.V.
SUB Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen

✉ info@digizeitschriften.de

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Herausgegeben von

Dr. Arnold Berliner und Prof. Dr. August Pütter

Vierter Jahrgang.

4. August 1916.

Heft 31.

Karl Schwarzschild †.

Von Prof. Dr. A. Sommerfeld, München.

Der Krieg hat der deutschen Wissenschaft ein Opfer auferlegt, so schwer und verhängnisvoll, wie es nur erdacht werden konnte: *Schwarzschild*, der geniale Astronom, der tiefe physikalische Denker, der unvergleichlich begabte mathematische Kopf, der erste deutsche Astrophysiker ist einer heimtückischen, schleichenden Krankheit erlegen, noch auf seinem qualvollen Krankenlager unter Anspannung und Überspannung seiner Kräfte bemüht, die letzten Früchte seines reichen Geistes einzubringen und für die Wissenschaft zu retten. Zu Beginn des Krieges in Belgien als Wetterwart tätig, kam er auf seinen Wunsch als wissenschaftlicher Beirat zu einem Kommando der Fußartillerie, war in den Argonnen, bei Kowno und zuletzt in gleicher Stellung wieder im Westen tätig. Die Anfänge einer scheinbar harmlosen Hautkrankheit spürte er schon im Herbst 1915; sie steigerte sich langsam zu der seltenen und böartigen Form des Pemphigus und führte durch Erschöpfung am 11. Mai 1916 zum bitteren Ende.

Schwarzschild ist geboren am 11. Oktober 1873 zu Frankfurt a. M. Schon als 17-jähriger Schüler war er mit astronomischen Problemen beschäftigt. Seine Angehörigen erinnern sich der Aufregung, in der er ihnen mitteilte, daß zwei seiner Arbeiten für die *Astronomischen Nachrichten* angenommen seien. Es waren dies die Noten: „Zur Bahnbestimmung nach *Bruno*“ und „Methode zur Bahnbestimmung der Doppelsterne“ 1890. Auch haben sich in seinen hinterlassenen Schulheften Studien über die Gleichgewichtsfiguren rotierender Massen und über die Stabilität des Saturnringes gefunden, also über Gegenstände, die nur der höchsten mathematischen Methodik zugänglich sind. In der Tat beherrschte er auf Grund von Privatstunden schon als Schüler Infinitesimalrechnung und analytische Mechanik.

Als er 1891 die Universität Straßburg bezog, war er sich seiner astronomischen Lebensaufgabe voll bewußt. 1893 ging er nach München zu *Seeliger*. Dieser erkannte sofort seine Bedeutung und hat alles getan, um seine Entwicklung planmäßig zu fördern. So veranlaßte er ihn, nachdem er mit der Arbeit „Die Poincarésche Theorie des Gleichgewichts einer homogen rotierenden Flüssigkeitsmasse“, München 1896, promoviert hatte, an die Kufnersche Sternwarte in Wien zu gehen, damit es dem bis dahin überwiegend mathematisch tätigen Kopfe nicht an der praktischen und instrumentellen Ausbildung fehle. Natürlich konnte *Seeliger* später auch bei

seiner Berufung nach Göttingen mitwirken und konnte 1909 beim Preußischen Kultusministerium erreichen, daß die ursprünglich ihm selbst angetragene Leitung des Potsdamer Observatoriums dem damals erst 36-jährigen übertragen wurde, womit schließlich der rechte Mann an den rechten Platz gestellt war. Es bestand denn auch alle die Jahre hindurch zwischen Schülern und Lehrern ein inniges Verhältnis gegenseitiger Zuneigung und Verehrung.

Die Wiener Tätigkeit wurde für *Schwarzschild*s astronomische Arbeitsrichtung bedeutungsvoll. In den Publikationen der Kufnerschen Sternwarte Bd. V legte er seine großen Arbeiten „Die Bestimmung von Sternhelligkeiten aus extrafokalen photographischen Aufnahmen“ und „Beiträge zur photographischen Photometrie der Gestirne“ nieder, in denen er seine photographisch-photometrische Methode begründete. Auch in die Physik ist das „Schwarzschildsche Schwärzungsgesetz“ als wertvolles Hilfsmittel für die Beurteilung photographischer Aufnahmen übergegangen.

1899 habilitierte sich *Schwarzschild* in München. In der Münchener Akademie publizierte er die mathematisch-physikalisch gerichteten Arbeiten „Die Beugungsfigur im Fernrohr weit außerhalb des Fokus“ 1898 und „Der Druck des Lichtes auf kleine Kugeln und die Arrheniussche Theorie der Cometschwefel“ 1901, in der zum ersten Male der Lichtdruck mit Rücksicht auf die Beugung behandelt wird, die bei abnehmendem Kugelradius der Wirksamkeit des Lichtdruckes eine Grenze setzt (später von *Debye* in seiner Dissertation weitergeführt und vereinfacht). Aus derselben Zeit stammt „Die Beugung und Polarisation des Lichtes durch einen Spalt I“ in den *Mathematischen Annalen* 1902, ein alternierendes Verfahren, durch welches aus einer von mir gegebenen Lösung für die Halbebene eine exakte Lösung des Spaltproblems gewonnen wird (Teil II wird uns, wie so vieles andere, das *Schwarzschild* überlegt und erkannt hat, verborgen bleiben). Als dann *Schwarzschild* 1902 den Ruf nach Göttingen bekam, war unter seinen vielfach älteren Münchener Kollegen nicht einer, den seine Bevorzugung gekränkt hätte; so sehr wurde seine geistige Überlegenheit bereits damals anerkannt.

In Göttingen setzte er seine photographisch-photometrischen Arbeiten fort („Zur Aktinometrie der Sterne“, Göttinger Abhandlungen 1910 und 1912), wobei er geistreiche Vereinfachungen (Schraffier-Kassette) einführte. Die Sonnenfinsternis von 1905, die er in Nordafrika beob-

achtete, veranlaßte ihn zu einer umfangreichen Publikation (ebenda 1906). Seine großen „Untersuchungen zur geometrischen Optik“ I, II, III (ebenda 1905) bezweckten in erster Linie, die Theorie der Fehler optischer Instrumente auf eine allgemeinere und durchsichtigere Art als bisher zu begründen, durch Benutzung der Methode des „Eikonals“ (der Lichtzeit). Er findet nicht nur die Fehler 3. Ordnung (*Seidel*) wieder, sondern entwickelt auch die Fehler 5. Ordnung, deren Zahl sich zu 9 ergibt (im Gegensatz zu *Petzvals* Zahl 12). Darüber hinaus sucht er in dem Wettkampf zwischen Reflektoren und Refraktoren für die ersteren einzutreten durch Angabe eines aus zwei Spiegeln bestehenden Teleskops; für die Meridiane der Rotationsflächen, aus denen die Spiegel bestehen, werden Differentialgleichungen aufgestellt und integriert; das System wirkt aplanatisch ohne sphärische Aberration und Koma. Bezüglich der Refraktoren gelangt die Arbeit bis zu dem Endziel, die für astrophotographische Zwecke geeigneten Objektive systematisch zu entwickeln und nach den Fehlern 3. Ordnung allgemein zu beurteilen. Lord *Rayleigh*, ein besonderer Kenner der geometrischen Optik, sagt in *Phil. Mag.* 1908: „Es ist nicht wahrscheinlich, daß *Schwarzschilds* Untersuchung vervollkommen werden kann, soweit es sich um die Aufstellung vollständiger Formeln und ihre Anwendung auf bestimmte Linsen-Kombinationen handelt“. Der praktischen Optik ist ferner eine Arbeit in den *Göttinger Nachrichten* 1907 gewidmet: „Über Differenzenformeln zur Durchrechnung optischer Systeme“, die ausgearbeitete und wichtige Rechenvorschriften enthält. Wir nennen in diesem Zusammenhange noch seine späteren Studien über Spektrographen-Objektive und über das Objektivprisma (1912 und 1913), in denen die Ergebnisse seiner geometrisch-optischen Methoden den Zwecken astronomischer Präzisionsmessungen angepaßt werden.

Es entsprach ganz dem ursprünglichen und weitherzigen Standpunkt der *Schwarzschild'schen* Denkweise, daß er sich ebenso sehr für populäre Astronomie und für primitive astronomische Beobachtungen interessierte, wie er die feinsten mathematischen Methoden und die Präzisionsbeobachtungen der Astronomie ausbaute. Wir haben von ihm eine ganze Reihe von populären Vorträgen und gelegentlichen publizistischen Darstellungen; die vielfach verbreitete Meinung, daß die Astronomie eine alternde Wissenschaft sei, wird man beim Lesen dieser frischen und anregenden Darstellungen gewiß ablegen. Kennzeichnend hierfür ist das bei Teubner erschienene Büchlein „Über das System der Fixsterne“ (aus populären Vorträgen, zu *Seeligers* 60. Geburtstage); ferner der eindrucksvolle Vortrag auf der *Casseler Naturforschergesellschaft* „Über Himmelsmechanik“ 1903. Sein Geschick und Interesse für die Vereinfachung der Apparatur kommt zu lebendigem Ausdruck in dem Ferienkurs-Vor-

trag für Oberlehrer 1904 „Astronomische Beobachtungen mit elementaren Hilfsmitteln“. *Schwarzschild* war eben seiner ganzen Natur nach nirgends in Schulmeinungen befangen und konnte sich auch gegebenenfalls von der „astronomischen Genauigkeit“ freimachen.

In seiner Göttinger Zeit erwachte in *Schwarzschild* ein lebhaftes Interesse für die Praxis und die wissenschaftliche Verwertung der Luftschiffahrt. Eine ganze Reihe gelegentlicher Publikationen zeigt, wie schnell sich bei ihm äußere Eindrücke und Anregungen in wissenschaftliche Ergebnisse umsetzten, z. B. „Künstlicher Horizont und Ballonsextant“, „Libellenhorizont und Libellensextant“, „Über photographische Ortsbestimmungen“.

Zu den schwierigsten und tiefsten astronomischen Fragen zurückkehrend, haben wir seiner wiederholten Beiträge zur Frage der Stellarstatistik zu gedenken. Es handelt sich um das alte *Herschelsche* Problem der Verteilung der Fixsterne im Milchstraßensystem. Hier prüfte *Schwarzschild* in besonders origineller Weise eine Vermutung von *Kobold* und *Kapteyn* in der Arbeit „Über die Bestimmung von Vertex und Apex nach der Ellipsoid-Hypothese aus einer geringeren Anzahl beobachteter Eigenbewegungen“, wonach außer der Bewegung des ganzen Milchstraßensystems in gemeinsamer Richtung (nach dem Apex) noch zwei verschiedene Sternströmungen anzunehmen sind (die Vertex-Bewegungen); das Hinzutreten dieser Strömungen deutete er durch seine Ellipsoidhypothese in einfacherer Weise um. Dahin gehören auch verschiedene Noten in den *Astronomischen Nachrichten* „Über Stellarstatistik“, „Über die Integralgleichung der Stellarstatistik“ und „Über die Verteilung der verschiedenen Sterntypen“, Arbeiten, deren endgültige Bedeutung und Fruchtbarkeit heute noch nicht sicher beurteilt werden kann. Wie eigenartig mathematisch sich diese Fragen in dem spekulativen Geiste *Schwarzschilds* formten, zeigt sein Vortrag vor der *Heidelberger Astronomenversammlung* 1900, „Über das zulässige Krümmungsmaß des Raumes“.

Das Gebiet der Astrophysik, das nach Beruf und Veranlagung sein eigentlicher Boden werden sollte, betrat *Schwarzschild* 1906 mit Problemen über die Physik der Sonne. Zusammen mit *Villiger* ausgeführte Arbeiten behandelten „die Verteilung der Helligkeit des ultravioletten Lichtes über die Sonnenscheibe“ und „die ultraviolette Strahlung der Sonnenflecke und Fackeln“. Wichtig wegen ihrer einfachen und verallgemeinerungsfähigen Methode wurde seine Theorie des „Gleichgewichtes der Sonnenatmosphäre“. Das Kriterium des Gleichgewichtes besteht darin, daß die Differenz der auf- und absteigenden Energieströme konstant sein muß. Seine späteren *Potsdamer* Arbeiten aus dem Jahre 1914 knüpfen an ähnliche Fragen an. Die Abhandlung in der *Berliner Akademie* „Über Diffusion und

Absorption in der Sonnenatmosphäre“ betonte die Wichtigkeit, die der Zerstreuung der Strahlung für die Intensitätsverteilung zukommt. Ebenda behandelte er mit *Rubens* zusammen die Frage: „Sind im Sonnenspektrum Wärmestrahlen von großer Wellenlänge vorhanden?“ (nämlich von der Größe der Wellenlänge der Reststrahlen). Mit der Untersuchung der Stickstoffbande bei 3883 Angström-Einheiten (früher Cyanbande genannt) hatte *Schwarzschild* ein besonders günstiges Beobachtungsobjekt angegriffen, weil diese Bande durch Druckeinfluß nicht verschoben zu werden scheint. Die Messung sollte dazu dienen, um *Einsteins* These von der Rotverschiebung der Spektrallinien durch den Einfluß der Gravitation nachzuprüfen. Das Ergebnis war wenig durchsichtig: es zeigte sich ein Randeffect (größere Linienverschiebung am Sonnenrande wie in der Sonnenmitte) und eine Abhängigkeit von der Intensität der Linien (Verschiebungen von der theoretischen Größe nur bei den stärksten Linien, bei den schwächeren Linien kleinere Verschiebungen). Diese Arbeit reichte schon in den Beginn des Krieges hinein und mußte vorzeitig abgebrochen werden. Spätere Untersuchungen von *Hale* bestätigen indessen das im ganzen negative Ergebnis von *Schwarzschild* hinsichtlich der Nachweisbarkeit dieses „*Einstein*-Effektes“ an der Sonne. Wie bitter not täte diesen Fragen auch in Zukunft die Mitarbeit *Schwarzschilds*! In seiner Antrittsrede für die Berliner Akademie sagt er mit Rücksicht auf die Relativitätstheorie (gemeint ist zunächst die ältere spezielle Relativitätstheorie; die unten zu erwähnende Merkur-Perihelbewegung erlaubt uns aber, *Schwarzschilds* damalige Meinung zu extrapolieren auf die neuere allgemeine Relativitätstheorie): „Vergönnen Sie uns noch 50 Jahre weiterer Planetenbeobachtungen mit modernen Meridiankreisen oder lassen Sie die neuen Interferenzmethoden auf die Beobachtungen von Fixsternen anwendbar werden: dann wird auch die Genauigkeitssteigerung erfolgen — im Planetensystem der Schritt von der 6. bis 7. zur 7. bis 8. Dezimale —, die über die Gültigkeit der neuen Theorien unter coelestischen Bedingungen entscheidet.“ Die Vereinigung astronomischen, astrophysikalischen und physikalischen Interesses und Könnens in *Schwarzschilds* einer Person war ein Glücksfall, der diesen zum astronomischen Richter über die physikalischen Theorien berufen machte und der in Jahrzehnten nicht wiederkehren wird.

Bisher haben wir in reichlich flüchtiger Übersicht die Hauptpunkte von *Schwarzschilds* astronomischer Tätigkeit berührt, unter Einbeziehung der astrophysikalischen und optischen Gegenstände, welche damit enger oder loser verknüpft sind. Aber wir würden nur ein einseitiges Bild zeichnen, wollten wir der rein physikalischen Spekulationen *Schwarzschilds* vergessen. „Ich darf es mir als etwas Gutes anrechnen, daß ich mein Interesse nie ausschließlich auf die Dinge jen-

seits des Mondes beschränken konnte, sondern öfter den Fäden folgte, welche sich von dort oben zur sublunaren Wissenschaft spinnen, und daß ich auch manchmal dem Himmel ganz untreu geworden bin“. Diese Fälle der Untreue möchte ich hier um so lieber und in verhältnismäßig größerer Breite verfolgen, als ich hier mit *Schwarzschild* vielfach Hand in Hand gegangen und über seine Wege und Ziele öfters direkt unterrichtet worden bin, während meine Kenntnis der vorher besprochenen Gegenstände zum Teil nur eine indirekte, auf das Urteil anderer begründete ist.

Es war im Jahre 1903, bald nach den Versuchen von *Kaufmann*, als alle Physiker über die variable Masse nachsannen, daß auch *Schwarzschild* seinen bedeutungsvollen Beitrag zur aufblühenden Elektronentheorie lieferte, in drei kurz aufeinander folgenden Noten in den Göttinger Nachrichten: „Zwei Formen des Prinzips der kleinsten Aktion in der Elektronentheorie“, „Die elementare elektrodynamische Kraft“, „Über die Bewegung des Elektrons“.

Die erste Arbeit ist besonders bemerkenswert wegen ihres weit über die damalige Theorie des starren Elektrons hinausschauenden Angesichtes. Unter Einführung des „elektrokinetischen Potentials“ $L = \varphi - (\mathbf{v} \mathfrak{A})$ (φ = skalares, $\mathfrak{A}$ = Vektorpotential der Elektronentheorie), leitet *Schwarzschild* die ponderomotorischen Kräfte in der Fassung von *Lorentz* und die Bewegungsgleichungen direkt durch Variation aus einem Hamiltonschen Integral ab, in dem das elektrokinetische Potential die potentielle Energie der Mechanik vertritt. *Schwarzschild* betont den Zusammenhang seines Prinzips mit dem von *Clauvius* aufgestellten Grundgesetz; wir sehen heute lieber vorwärts als rückwärts und erkennen in *Schwarzschilds* Potential die einfachste relativistische Invariante, das skalare Produkt aus der Viererdichte $P = (\rho \mathbf{v}, i \rho)$ und dem Viererpotential $\Phi = (\mathfrak{A}, i \varphi)$, nämlich

$$(P \Phi) = -\rho (\varphi - (\mathbf{v} \mathfrak{A})) = -\rho L.$$

Denselben eigenartigen Takt, den *Lorentz* in der Heraushebung der relativistisch-invarianten Bildungen lange vor der Relativitätstheorie an vielen Beispielen gezeigt hat, bewährt hier auch *Schwarzschild*. Noch weiter vorausschauend ist die andere Form des Aktionsprinzips, die *Schwarzschild* mitteilt. Hier sollen außer den Kraftgleichungen auch die Feldgleichungen durch Variation gewonnen werden. Das Integral wird als Raum-Zeit-Integral mit festen Grenzen genommen, die Funktion unter dem Integralzeichen lautet $\frac{1}{2} (\mathfrak{E}^2 - \mathfrak{G}^2) + \rho L$; als Unbekannte, die der Variation zu unterwerfen sind, gelten die in L vorkommenden vier Größen φ und $\mathfrak{A}$, d. h. die vier Komponenten des Viererpotentials Φ , durch welche auch die Feldstärken $\mathfrak{E}$ und $\mathfrak{G}$ ausgedrückt sind. Auch hier ist die relativistisch-invariante Form des Variationsprinzips in die Augen fallend; weiterhin aber ist es genau dieses Integral und diese Variationsvorschrift, welche in

den elektrodynamischen Prinzipien von *Mie* und in den an diese anschließenden „Grundlagen der Physik“ von *Hilbert* wiederkehrt. *Schwarzschild* hat zuerst das „Prinzip der Weltfunktion von *Mie-Hilbert*“ unter Beschränkung auf den freien Äther (unendlich wenig konzentrierte Felder) und auf die Substitutionsgruppe der gewöhnlichen Relativitätstheorie klar erkannt und auf drei Druckseiten dargestellt.

Mehr ins Spezielle geht die zweite Elektronen-Note. Hier handelt es sich um den Einfluß, den ein bewegtes Elektron auf ein anderes nimmt, und zugleich um das Feld, das von der Bewegung eines Elektrons ausgeht. *Schwarzschild*s Ausdrücke sind etwas mühsam zu erlangen und haben sich seither vielfach als unentbehrlich erwiesen. *Minkowski* deutet sie in „Raum und Zeit“ geometrisch vierdimensional. Bei ihrer Ableitung gilt die stillschweigende Beschränkung auf quasistationäre Bewegungen.

Die dritte Note fragt nach der kräftefreien Bewegung des Elektrons im allgemeinen, also einer Bewegung, deren Impuls aus Translations- und Rotations-Impuls sich zusammensetzt. Diese Bewegung erweist sich als Schraubenbewegung (wobei allerdings der Schraubenradius im allgemeinen nur von der Größenordnung des Elektronenradius ist); eine einfache Überlagerung von Translation und Rotation findet also hier nicht statt und die Bahn des Mittelpunktes ist trotz Kräftefreiheit keine Galileische Gerade. Ergebnisse sowohl wie Methoden sind recht interessant, aber in ihrer Gültigkeit beschränkt auf die Voraussetzung der starren Konstitution des Elektrons (von welcher Voraussetzung die beiden ersten Noten frei waren), vom heutigen relativistischen Standpunkt aus also nicht mehr maßgebend. Dasselbe gilt von der Herglotzschen Arbeit, über die freien und kräftefreien Schwingungen des Elektrons, die in der Methode an *Schwarzschild* anknüpft, und von meinen eigenen Arbeiten über Elektronentheorie, die prinzipiell über das Gebiet der quasistationären Bewegungen hinausgingen und daher heute bei veränderten Grundannahmen über das Elektron nicht mehr aufrechterhalten werden können. Wesentliche Züge, die bei mir weiter ausgeführt werden, finden sich schon bei *Schwarzschild* angedeutet, z. B., daß die nicht-quasistationäre Bewegung des Elektrons eigentlich von einer Differentialgleichung unendlich hoher Ordnung abhängt, daß als Anfangsbedingungen die Vorgeschichte während eines endlichen Zeitintervalles gegeben sein muß, daß die Bewegungsgleichungen sich am besten als Funktional- resp. Integralgleichungen schreiben lassen.

Im Jahre 1913 und in seiner Korrespondenz während des Krieges beschäftigte sich *Schwarzschild* viel mit dem *Zeeman*- und *Stark*-Effekt, der Aufspaltung der Spektrallinien im magnetischen und elektrischen Felde. (Verhandlungen der deutschen physikal. Gesellschaft.) Über den *Zeeman*-Effekt gibt er zwei tiefliegende Sätze,

die zu ihrer Ableitung das ganze Rüstzeug der höheren Mechanik erfordern: 1. Die Aufspaltung ist höchstens gleich der normalen Lorentzschen Aufspaltung, wenn man von der eigentlichen Lorentzschen Koppelungshypothese ausgeht und den Boden der klassischen Mechanik und Elektrodynamik nicht verläßt. 2. Sie ist höchstens gleich dem Doppelten der normalen Aufspaltung, wenn man innere magnetische Atomfelder im Sinne von *Ritz* hinzunimmt. Da die Beobachtung der komplizierten *Zeeman*-Effekte vielfach größere Aufspaltung liefert, zeigt die *Schwarzschild*sche Untersuchung, daß die klassische Theorie zur Erklärung der *Zeeman*-Effekte nicht ausreicht. Sie bereitet somit den Boden für die phänomenologische Behandlung der Magneto-optik im Sinne von *Voigt* und für ihre zurzeit noch ausstehende Begründung durch das Bohrsche Atommodell. Auch die Arbeit über den *Stark*-Effekt stellt sich auf den Boden der klassischen Mechanik und kann daher nur zu gewissen Analogien mit den wirklichen Erscheinungen führen. Eine fast vollständige Lösung des Problems dagegen enthält die große Arbeit „Zur Quantentheorie“, die letzte Frucht seines Geistes, in der Berliner Akademie vorgelegt am 30. April 1916, ausgegeben am 11. Mai, dem Todestage *Schwarzschild*s. Hier werden die allgemeinen Jacobischen Methoden der Himmelsmechanik auf die Bewegungen des Elektrons im Atom angewandt und mit der Planckschen Quantentheorie vereinigt. Es ergeben sich in außerordentlich einfacher und direkter Weise die Resultate, die gleichzeitig von *Planck* unter allgemeineren Gesichtspunkten und von mir für die besonderen Zwecke der Spektrallinien abgeleitet wurden. Neu ist aber nicht nur die Methode der *Schwarzschild*schen Arbeit, sondern auch das Beispiel des *Stark*-Effektes und eine provisorische Ableitung der Deslandreschen Bandenformel. Auch bei der Erwägung der quantentheoretischen Probleme und ihrer für die Zukunft besonders aussichtsreichen Entwicklung können wir es kaum fassen, daß die Mitarbeit *Schwarzschild*s fürderhin ausgeschaltet sein soll. Die unvergleichliche Leichtigkeit seiner Auffassung und die Tiefe seines Blickes für analytische, physikalische und astronomische Zusammenhänge machten ihn auf diesem noch reichlich dunkeln Gebiete zum Pfadfinder wie geschaffen. Zwischen dem Beginn seiner Arbeit zur Quantentheorie und ihrer Vorlage in der Berliner Akademie liegen nur vier Wochen, die er noch dazu zum Teil im Felde verbracht hat und während deren er bereits durch schwere Krankheit gequält wurde!

Noch zwei bedeutsame Arbeiten *Schwarzschild*s sind in den Kriegsjahren gereift: „Das Gravitationsfeld eines Massenpunktes“ und „Das Gravitationsfeld einer Kugel aus incompressibler Flüssigkeit nach der Einsteinschen Theorie“. Sie geben die ersten vollständig durchgeführten Beispiele zu *Einsteins* allgemeinen Anschauungen. Daß die Raum-Zeit-Struktur ein physikalisches