

„Physikalische Mathematik“

Welche Traditionen prägten den jungen Sommerfeld? Wie wurde aus dem 1868 in Königsberg geborenen Arztsohn ein theoretischer Physiker? Wie erlangte er die herausragende Rolle, die er für die Entwicklung dieses Faches im 20. Jahrhundert spielen sollte?

Die frühesten erhaltenen Briefe Arnold Sommerfelds zeigen, wie er sich in den 1890er Jahren nach dem Studium an der Universität seiner Heimatstadt die ersten wissenschaftlichen Verdienste bei dem Mathematiker und Wissenschaftsorganisator Felix Klein in Göttingen erwarb. Zuerst machte er sich auf einem Gebiet einen Namen, das am besten mit dem Begriff „physikalische Mathematik“^[1] charakterisiert werden kann. Dabei handelt es sich nicht um theoretische Physik im Sinne unseres modernen Verständnisses, sondern um eine mathematische Tradition aus dem 18. und 19. Jahrhundert. Ihr verdankte Sommerfeld seine große wissenschaftliche Breite; daher konnte er später als Lehrer der theoretischen Physik seinen Schülern die unterschiedlichsten Themen als Seminar- und Doktorarbeiten stellen.

Sommerfelds außergewöhnliche Karriere ist jedoch nicht nur aus den wissenschaftlichen Traditionen zu erklären, denen er als Student begegnete. Zufälle, unvorhersehbare Möglichkeiten und verpaßte Chancen hatten ihren Anteil daran ebenso wie das gesellschaftliche Umfeld, das dem gesamten Wissenschaftsbetrieb jener Jahre in Deutschland ein besonderes Gepräge gab.

Studium in Königsberg

Sommerfelds Schul- und Studienzeit in den 1880er Jahren fällt in eine Zeit des Aufbruchs in Deutschland, während der sich die Universitäten und Technischen Hochschulen stark ausweiten konnten. Im ostpreußischen Königsberg mit seiner durch Kant berühmt gewordenen Universität wurde das Erbe der Klassik gegenüber den neu aufkommenden technischen Bereichen

^[1] Vgl. Seite 30.

höher bewertet. Nach wie vor galt der Besuch eines humanistischen Gymnasiums – im Gegensatz zu den Realgymnasien mit ihrer Betonung lebender Sprachen und der Naturwissenschaften – als der übliche Weg zu einem Universitätsstudium. Neben den allgemeinen Zeitströmungen und den lokalen Königsberger Traditionen darf das häusliche Milieu, in dem Sommerfeld aufwuchs, nicht zu gering bewertet werden. Erste wissenschaftliche Anregungen erfuhr Sommerfeld schon im Elternhaus.

Sein Vater war Arzt, „ein leidenschaftlicher Sammler von Naturalien“ und „großer Freund der Naturwissenschaften“.^[1] In einem Brief an die Eltern nannte Sommerfeld direkt nach seiner Habilitation die „Einwirkung im Elternhause“ auf seinen Werdegang „bestimmender als alles andere“; das Vorbild des Vaters, der „aus reiner Freude am Arbeiten u. Wissen jeden Abend hinter den Büchern sass“, und der Mutter, die „aus blossem Bedürfnis der Pflichterfüllung sich Tag aus Tag ein abarbeitete“, habe ihm von frühester Kindheit an ein Gefühl für des „Lebens ernste Führung“ eingepflanzt.^[2] Doch kamen bei dieser Erziehung Lebensfreude, Gemüt und der Sinn für die Kunst nicht zu kurz. Bisweilen entsprechen die Äußerungen Sommerfelds eher einem barocken, südländisch geprägten Temperament als einer ostpreußischen Erziehung. Eine Kostprobe gab er bei der Schilderung von Reiseeindrücken aus Bayern und Südtirol nach Abschluß seines Studiums: „In den Alpen! Ihr kennt ja den Zauber, der in dem Worte liegt,“ begann er einen sechsseitigen Brief an die Eltern, aus dem auch ein geselliges Naturell und ein Blick für das Detail spricht.^[3]

Heute zum ersten Male ausgewandert u. auch zum ersten Male bis auf die Haut nassgeworden. Als ich heut Nachmittag hier ankam, zeigte mir die Zugspitze gnädig ihr freilich etwas düsteres Antlitz, dann aber, Schwapp! Nebelvorhang wie im Bayreuther Theater.

Über das gemütliche und kunstsinnige München der Prinzregentenzeit geriet er ins Schwärmen:

Ich habe einen himmlischen Eindruck von München bekommen. Dass ich hier nicht studirt habe!! Nur das Biertrinken hätte ich mir angewöhnt, denn das Zeug schmeckt ja! [...] Zunächst führten mich meine Schritte von ungefähr in die Glyptothek.

^[1] [Sommerfeld 1968e, S. 673].

^[2] Brief [9].

^[3] A. Sommerfeld an die Eltern, 25. August 1892. München, Privatbesitz.

Eine herrliche Sammlung. Ich habe sie in 3 Stunden mit dem grössten Genuss zur Hälfte durchgesehn.

Das Würmbad^[1] mit seinen „verschiedensten Bassins, Grotten, Springbrunnen verschiedener Temperatur, angefüllt mit dem klaren Wasser der Würm“ erinnerte ihn in seiner Üppigkeit an ein Gemälde des romantischen Malers Arnold Böcklin, dessen Bilder er zuvor in der Schack-Galerie besichtigt hatte.

Danach setzte ich mich zu einem jungen Münchener, nettes bescheidenes Menschenchen. Er plapperte allerliebste in seinem Kauderdeutsch u. erzählte mir alles, was ich nur wissen wollte. Ich war den Abend über mit ihm zusammen in verschiedenen Bräus.

Er schloß die Schilderung mit einem Vergleich zwischen München und der Reichshauptstadt: „In München ist alles so viel ruhiger, vernünftiger, in Berlin mehr geschäftlich, prahlerisch.“

Als Schüler hatte Arnold Sommerfeld keine einseitigen Interessen für Mathematik oder Physik gezeigt; seine Lehrer am Altstädtischen Gymnasium in Königsberg bescheinigten ihm in allen Fächern gewöhnlich die Bestnote „gut“. Dem Reifezeugnis zufolge hatte er die Absicht, „sich dem Studium des Bauwesens zu widmen“.^[2] Doch begann er sein Studium nicht an einer Technischen Hochschule, sondern immatrikulierte sich an der Königsberger Universität. Im ersten Semester (Winter 1886/87) hörte er volkswirtschaftliche, mathematische und zoologische Vorlesungen, verlegte dann aber sein Hauptinteresse auf die Mathematik. Sein Studienabgangszeugnis weist ihn vom Sommersemester 1887 bis zum Sommersemester 1891 als regelmäßigen Hörer der Mathematikvorlesungen von Ferdinand Lindemann (8 Semester), Adolf Hurwitz (5 Semester) und David Hilbert (4 Semester) aus, während er für die Vorlesungen über theoretische Physik von Paul Volkmann (5 Semester) und dessen Assistenten Emil Wiechert (2 Semester) deutlich weniger Zeit aufwandte.^[3]

Wiechert und Hilbert, nur wenige Jahre älter als Sommerfeld, standen noch ganz am Anfang ihrer akademischen Karrieren. Sie wurden ihm zu Vorbildern und Freunden, mit beiden blieb er über die Königsberger Zeit hinaus in dauerndem Kontakt – wovon eine umfangreiche, über Jahrzehnte hinweg

^[1] An der Stelle des heutigen Ungererbades in Schwabing.

^[2] *Reifezeugnis des Altstädtischen Gymnasiums zu Königsberg i. Pr.*, 15. September 1886. München, DM, Archiv NL 89, 016.

^[3] *Studienabgangszeugnis der Königlichen Albertus Universität Königsberg*, 14. November 1891. München, DM, Archiv NL 89.

aufrechterhaltene Korrespondenz zeugt. Er sei „der älteste Schüler Hilberts“, schrieb Sommerfeld in seinem Nachruf auf Hilbert, und er bezeichnete sich als dessen „ältesten, durch Jugenderinnerungen und Landsmannschaft verbundenen Freund[e]“. [1] Wiechert habe sich „in der Königsberger Stille zu einem tiefen mathematisch-physikalischen Denker ausgebildet“, und er sei ihm in seinen späteren Semestern „als höchstes Vorbild“ vorgeschwebt. [2] Sommerfeld lernte die theoretische Physik aber nicht nur als ein Fach stiller Denker kennen. Durch Wiechert wurde ihm die Königsberger Tradition nahegebracht. Sie geht auf Franz Neumann zurück, den Lehrer Volkmanns, der das Institut begründet hatte. Dabei wurde die theoretische Physik als eine eng mit dem Experiment verbundene Wissenschaft aufgefaßt; zu deren Geschäft gehörte insbesondere der Umgang mit Instrumenten und die Analyse konkreter Meßdaten. [3] Die anderen Physiker in Königsberg, der Experimentator Carl Pape und der Theoretiker Paul Volkmann, hinterließen bei Sommerfeld keinen besonders guten Eindruck. Nach dem frühen und unerwarteten Tod des 37jährigen Heinrich Hertz am 1. Januar 1894 schrieb Sommerfeld in seiner spontanen, bisweilen drastischen Art aus Göttingen an die Eltern: [4]

Habt Ihr gelesen, dass Hertz gestorben ist? Jammervoll! Der Mann hat vor 5 Jahren seine glänzenden experimentellen Untersuchungen angefangen. Die Hälfte aller Physiker geht augenblicklich in seinen Fusstapfen u. arbeitet über Hertz'sche Schwingungen. Es giebt wenige Entdeckungen, die seinen elektromagnetischen Lichtwellen an die Seite zu stellen sind. Hätte da nicht, wenn es gerade ein Physiker sein sollte, einer von den nichtsnutzenden Pape, Volkmann etc. darauf gehen können?

Dennoch verdankte Sommerfeld der Königsberger Tradition im allgemeinen und Wiecherts praktischer Instrumentenkenntnis im besonderen seine erste wissenschaftliche Arbeit: Konstruktion und Bau eines „harmonischen Analysators“. [5] Anlaß war eine Preisaufgabe der Physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg [6] über das Problem der Wärmeleitung, einem der großen Themen der mathematischen Physik im 19. Jahrhundert.

[1] [Sommerfeld 1944].

[2] [Sommerfeld 1968e, S. 674].

[3] [Olesko 1991].

[4] *A. Sommerfeld an die Mutter, 5. Januar 1894. München, Privatbesitz.*

[5] [Sommerfeld 1891b]. Ein harmonischer Analysator ist eine spezielle Integriermaschine zur Berechnung von Fourierkoeffizienten.

[6] Zur Geschichte der Physikalisch-ökonomischen Gesellschaft siehe [Stieda 1890].

Es diente als eine Art Leitmotiv für die Untersuchung partieller Differentialgleichungen, besaß aber auch praktische Bedeutung. Die Preisaufgabe forderte die Auswertung von jahrelangen Meßreihen der in verschiedener Tiefe gemessenen Bodentemperaturen, die in einer kleinen Station im Königsberger Botanischen Garten gesammelt worden waren, um zuverlässige Aussagen über die Wärmeleitung im Erdboden zu erhalten.^[1] (Die Tragweite solcher Untersuchungen läßt sich an der Ablehnung der Darwinschen Evolutionstheorie durch Kelvin erkennen: Das von ihm aus der Wärmeleitungsgleichung abgeleitete Erdalter von weniger als 40 Millionen Jahren ließ der Evolution nicht genügend Zeit, um die beobachtete Artenvielfalt hervorzubringen.)^[2]

Nachdem Sommerfeld sich „einige Zeit mit den Beobachtungen der hiesigen Thermometerstation beschäftigt“ hatte, kam er zu der Überzeugung, daß „eine gründliche Behandlung derselben nur dann zu erreichen sein würde, wenn die Entwicklung der Temperaturfunktion in Fourierreihen, wie die Theorie sie verlangt, wirklich ausgeführt werden könnte“; die mit Wiecherts Hilfe gebaute Integriermaschine kam aber wegen ungenügender „praktischer Kenntnis des Apparates“, wie er einräumte, nicht zum Einsatz, so daß er seine Arbeit auf die theoretische Durchdringung des Problems beschränken mußte.^[3] Auch dabei sah er sich mit Schwierigkeiten konfrontiert, die seine Kräfte überstiegen:^[4]

Die von mir eingereichte Preisarbeit enthielt methodisch manch Eigenes und, wie mir damals schien, Neues, war aber in einem wesentlichen Punkte bei der Erfüllung der Randbedingungen inkorrekt und mußte daher von mir zurückgezogen werden.

Immerhin regte diese Arbeit Sommerfeld zu seiner Dissertation über *Die Willkürlichen Functionen in der Mathematischen Physik*^[5] an. Das konkrete Problem der Erdtemperaturen ist darin nicht mehr erkennbar, aber der von Sommerfeld zugrunde gelegte Ansatz zeugt von der früheren Beschäftigung mit der Wärmeleitungsgleichung. Sommerfeld demonstrierte seine intime Kenntnis der Fourierreihen und -integrale, der Theorie der Zylinder-

^[1] *Schriften der Physikalisch-ökonomischen Gesellschaft zu Königsberg, Band 31, S. 7.*

^[2] Kelvins Auffassungen, denen in der theoretischen Physik des 19. Jahrhunderts eine maßgebende Bedeutung zukam, werden in [Smith und Wise 1989] umfassend dargestellt; allgemein zur Diskussion über die Erdwärme siehe [Burchfield 1975].

^[3] *Undatiertes Manuskript, vermutlich 1891. München, DM, Archiv NL 89.*

^[4] [Sommerfeld 1968e, S. 674].

^[5] [Sommerfeld 1891a].

und Kugelfunktionen. Sein Grundgedanke war, die üblichen Integraldarstellungen beliebiger Funktionen (zum Beispiel mittels Fourierintegral) durch Hinzunahme eines „Convergenzfaktors“ zu modifizieren. 1891 wurde Sommerfeld mit dieser Arbeit zum Dr. phil. promoviert. Später machte ihn Felix Klein darauf aufmerksam, daß Karl Weierstraß schon früher den gleichen Gedanken verfolgt hatte.^[1]

Den Abschluß seiner Königsberger Studienzeit bildete das im folgenden Jahr erfolgreich bestandene Lehramtsexamen, in dem Sommerfeld die „Erlangung der Unterrichtsfähigkeit in Mathematik, Physik, Chemie und Mineralogie für alle Klassen“ bescheinigt wurde. Als schriftliche Ausarbeitung für das Fach Mathematik wurde seine Dissertation anerkannt; für die Physik, dem zweiten schriftlichen Prüfungsfach, legte er eine Arbeit *Ueber Veranschaulichung durch mechanische Repräsentationen in der Physik nach neueren Arbeiten von Sir W. Thomson* vor.^[2] Vermutlich ging es dabei um die von Kelvin entwickelte Vorstellung eines mechanischen, aus Zellen aufgebauten Äthers, der sich wie eine inkompressible Flüssigkeit verhielt und gleichzeitig (durch Kreiselwirkungen in den Zellen) eine Quasistarrheit wie ein Festkörper besaß. Mit solchen Modellvorstellungen versuchten Physiker, die Maxwell'schen Gleichungen – und damit die Elektrodynamik – auf eine mechanische Grundlage zurückzuführen. Eine Variation des Kelvin'schen Äthermodells bildete den Gegenstand von Sommerfelds erster Publikation in den *Annalen der Physik*.^[3] „Das Wertvollste an dieser Arbeit war für mich,“ urteilte er später, „daß sie mir das Interesse Boltzmanns eintrug; daß im übrigen bei derartigen mechanischen Erklärungsversuchen nicht viel herauskomme, wurde mir bald klar.“^[4]

Mineralogie contra Mathematik

Daß Boltzmann nicht nur brieflich, sondern auch in Publikationen auf diese Anfängerarbeit einging, bedeutete für den 24-jährigen Sommerfeld einen großen Ansporn. Er hoffte auf eine Universitätskarriere; jedenfalls wechselte er nicht in den Schuldienst. Ein Angebot von Adolf Hurwitz, der gerade als Ordinarius der Mathematik an die ETH Zürich berufen worden war, hätte der Beginn der Hochschullaufbahn sein können. „Eine derartige Assistentenstelle würde ganz meinen Wünschen entsprechen“, antwortete Sommer-

^[1] [Sommerfeld 1949, S. 289], [Weierstraß 1885].

^[2] *Lehramtszeugnis, Königsberg, 25. Juni 1892. München, DM, Archiv NL 89, 016.*

^[3] [Sommerfeld 1892].

^[4] [Sommerfeld 1968a, S. 675]; vgl. die Briefe [2] und [3].

feld auf die Anfrage von Hurwitz, doch da er auf Reisen gewesen war und seine Mutter glaubte, er müsse nach dem Abschluß des Studiums zuerst seinen Militärdienst ableisten, konnte er nicht rechtzeitig zusagen.^[1] So rückte Sommerfeld im Herbst 1892 erst einmal als „Einjährig-Freiwilliger“ beim 43. Infanterie-Regiment in Königsberg ein, um seiner Wehrpflicht nachzukommen.^[2]

Nach diesem Jahr suchte er in Göttingen, „dem Orte mathematischer Hochkultur“, sein Glück. „Persönliche Beziehungen fügten es, daß ich zunächst Assistent am Mineralogischen Institut bei Theodor Liebisch wurde“, schrieb Sommerfeld in einer autobiographischen Skizze; sein eigentliches Interesse habe aber der Mathematik und dem ob seiner „hochgesteigerten Vortragskunst“ weithin berühmten Felix Klein gegolten.^[3]

Die am 1. Oktober 1893 angetretene Assistentenstelle wurde Sommerfeld schon nach wenigen Wochen leid. „Mein Verhältnis zu Liebisch ist nicht recht in Ordnung“, teilte er im November 1893 seiner Mutter mit. Er mußte für ein von Liebisch verfaßtes Lehrbuch „stumpfsinnig Correctur lesen“ und litt unter der „Brummigkeit“ seines Dienstherrn stille Qualen, die er sich nur in den Briefen an seine Mutter von der Seele schrieb.^[4] Es „ist für mich viel besser, wenn ich die beste Zeit des nächsten Semesters nicht mit Krystallmessen und Register-Kleben zubringe, sondern con amore arbeiten kann.“^[5] Sommerfeld sehnte sich nach der Mathematik, die er in den Vorlesungen Felix Kleins genoß, und wünschte die Zeit herbei, da ihm „der mineralogische Zeitmord“ bei Liebisch wie ein „schlimmer Traum“ erscheinen werde.^[6] Als dieser Zustand nach einem Jahr endlich erreicht war, empfand er für Liebisch nur noch mitleidiges Bedauern:^[7]

Er thut mir wirklich leid. Was hat er nun von seinem ewigen Schinden. Keine Freude am Leben, keine Freude am Schaffen.

^[1] Brief [1].

^[2] *Personalakte Sommerfelds, München, UA, E-II-N.*

^[3] [Sommerfeld 1968e, S. 675]. Klein war seit 1886 Ordinarius für Mathematik, Liebisch für Mineralogie an der Universität Göttingen. Zu Beginn von Sommerfelds Studienzeit in Königsberg hatte Liebisch 1884 bis 1887 dort Mineralogie gelehrt und zum engeren Bekanntenkreis von Lindemann und Volkmann gehört. Es bestanden auch private Beziehungen zwischen der Familie Sommerfeld und Liebischs Ehefrau Adelheid.

^[4] Brief [4].

^[5] Brief [6].

^[6] *A. Sommerfeld an die Mutter, 27. Juni 1894. München, Privatbesitz.*

^[7] *A. Sommerfeld an die Mutter, 3. Oktober 1894. München, Privatbesitz.* In einem Nachruf auf Liebisch wird Sommerfeld jedoch zu den Assistenten gezählt, die Liebisch während seiner Göttinger Zeit „besonders hoch schätzte“ [Schulz 1922, S. 420].

Er fühlt, dass er nichts leistet u. dass er in einer schiefen Stellung zur ganzen Welt steht. Das Beste in seinem Leben, was er natürlich am wenigsten verdient hat, ist seine Frau. So eine brave Frau hat er wahrhaftig nicht verdient. Ich glaube aber sicher, dass er mit keiner anderen ausgekommen wäre. Zum Kreischen war neulich unser Institutsdiener. Er brachte mir meinen Arbeitsrock nach Hause u. ich merkte ihm an, dass er mir sein Herz ausschütten wollte. (Solange ich im Dienst, habe ich natürlich kein Wort mit ihm über heikle Fragen geredet). „Ja, Herr Dr., Sie haben es gut. Aber für mich ist es nicht auszuhalten. Wenn nur dieses ewige ‚Streben‘ nicht wäre! Auf einmal redet der Herr Prof. kein Wort u. man weiss nicht weshalb. Es ist ja aber Niemand von den Herren länger wie ein Jahr dageblieben. Wenn ich nur auch fort wäre[“] etc. – Ich redete ihm natürlich gut zu u. sagte, dass L. doch ein vortrefflicher Herr wäre.

Die positiven Ereignisse in diesem für Sommerfeld so enttäuschenden ersten Göttinger Jahr waren die Begegnungen mit Felix Klein. Wann immer er darüber nach Königsberg berichtete, fand er rasch zu einer optimistischen Stimmung zurück; so schrieb er im Oktober 1893 übermütig an seine Mutter:^[1]

Ist es nicht eine schlimme Sache mit der Berühmtheit? Als [ich] zu Klein komme, sagt er: Ich kenne Ihren Namen schon seit einiger Zeit, Sie sind der Mann mit dem harmonischen Analysator. Ich werde nächstens incognito reisen müssen.

In Klein erkannte Sommerfeld mehr und mehr einen Mentor, der seinen weiteren Werdegang bestimmen würde. „Mein Verhältnis zu Klein ist ausgezeichnet“, schrieb er im Januar 1894 nach Königsberg:^[2]

Neulich bekam ich ein Billet doux von ihm: Ich sollte ihn besuchen, er will Arbeiten mit mir besprechen. Nächstens soll ich wieder vortragen, über neuere französ. Arbeiten. Klein organisiert alles um sich herum, er hat nicht Zeit diese Dinge alle zu lesen u. will sich darüber vortragen lassen.

Auch bei seinem inzwischen nach München berufenen Königsberger Mathematikprofessor Ferdinand Lindemann hatte Sommerfeld wegen einer Assistentenstelle angefragt:^[3]

^[1] A. Sommerfeld an die Mutter, 29. Oktober 1893. München, Privatbesitz.

^[2] A. Sommerfeld an die Mutter, 5. Januar 1894. München, Privatbesitz.

^[3] A. Sommerfeld an die Mutter, 5. Januar 1894. München, Privatbesitz.

Fr.[au] Lindemann^[1] schickte mir eine Münchener Bierkarte, als Erwiderung auf einen Brief von mir an Prof. Lind. Es thut mir jetzt fast leid, dass ich ihn geschrieben. Ich erzählte ihm allerlei von Göttinger Verhältnissen, deutete zum Schluss die Schwierigkeiten in meiner Stellung an u. fragte, ob er mich brauchen kann. Das hatte eigentlich keinen Sinn. Sie schreibt darauf, dass sie mit Dyck von mir gesprochen habe u. nicht aufhören werde etc etc. Gott beschütze mich vor meinen Freunden kann ich vielleicht sagen. [...] Leider bleibt sehr wenig Zeit für das mathem. Lesezimmer übrig. Meine Amtsstunden lauten von 9–1 und von 3–6, das ist viel zu viel für einen anständigen Menschen.

Dennoch behielt sein mathematischer Ehrgeiz die Oberhand. Nach einer erneuten Vorsprache bei Klein berichtete er nach Hause:^[2]

Gestern bei Klein gewesen, ganz voll davon! Er hat mich mit herrlichen Problemen bedacht u. mir leider zum nächsten Dienstag wieder einen Vortrag aufgebrummt. Er ist ein grossartiger Kerl. Wir stehen ausgezeichnet. Er will mich durchaus zum mathematischen Physiker machen. Die vielen Probleme, die ihm sich hier geboten u. die er nicht (aus Mangel an Zeit) behandeln kann, möchte er von anderen machen lassen. Nach meinen letzten etwas deprimierten Briefen ist jetzt wieder Hochflut u. glückliche Fahrt!

Im März 1894 stellte Klein Sommerfeld eine Assistentenstelle in Aussicht, was Liebisch prompt mit der Aufkündigung des bestehenden Arbeitsverhältnisses quittierte.^[3] Die Kündigung wurde allerdings nicht vollzogen, und zunächst blieb alles beim alten. Im Juni 1894 bot Woldemar Voigt, Ordinarius für theoretische Physik, Sommerfeld eine Assistentenstelle am physikalischen Institut an:^[4]

Er sagte: Ich wollte über Ihre Zukunftspläne sprechen. Meine Assistentenstelle wird wahrscheinlich 1. Oktober frei. Sie haben bei mir fast garnichts zu thun. 2 Vormittage u. einen Nachm.

^[1] Lisbeth Lindemann gab zusammen mit ihrem Mann unter anderem Werke der französischen Mathematiker Émile Picard und Henri Poincaré in deutscher Übersetzung heraus. Sie war eng mit Adelheid Liebisch und Margarete Erdmann befreundet.

^[2] *A. Sommerfeld an die Mutter, 20. Februar 1894. München, Privatbesitz.*

^[3] Brief [6].

^[4] *A. Sommerfeld an die Mutter, 15. Juni 1894. München, Privatbesitz.*

Es steht nichts im Wege, dass Sie Sich unterdessen für Mathematik habilitiren. Was die Leute bloß für ein Zutrauen zu mir haben. Ich verstehe doch nichts vom Experimentiren u. habe es Voigt gesagt. Ich fürchte mich zu blamiren. Er will bald Antwort haben. Was soll ich machen? Voigt ist ein netter Herr. Wissenschaftlich würde ich nicht sehr viel von ihm haben. Dass fast nichts zu thun, bestätigen seine früheren Assistenten. Die Sache mit Klein ist noch nicht entschieden. Ich verlange eigentlich keinen Rat von Euch, denn Ihr könnt das doch nicht beurteilen, immerhin wäre mir Eure Meinung lieb. – Diese Schufferei bei Liebisch ist doch zu blödsinnig. Es thut mir schon herzlich leid. Er bemüht sich übrigens, lebenswürdig zu sein. Er hat eine wahre Sammelwut auf Wandtafeln. Ich habe schon einige Dutzend gezeichnet.

Sommerfeld nahm Voigts Angebot nicht wahr. Er habe „bei Voigt gestern abgelehnt“, schrieb er kurz darauf seinen Eltern, denn er wolle nicht „wieder in eine schiefe Stellung“ geraten und sich mit Dingen abgeben, „die ich doch nicht ganz für meine Aufgabe ansehe“; außerdem könne die Kleinsche Assistentenstelle im Oktober frei werden: „Dann bin ich besetzt u. Kl.[ein] muss sich einen andern suchen.“^[1]

Um so mehr Mühe gab er sich, Klein von seinen mathematischen Fähigkeiten zu überzeugen. „Er hat sich für mich ein bestimmtes Arbeitsgebiet sehr geschickt ausgedacht“, freute sich Sommerfeld nach einem seiner ersten Vorträge bei Klein, die vermutlich die Königsberger Arbeiten über die Wärmeleitung zum Inhalt hatten. „Über meinen vorigen Vortrag soll ich eine kurze Abhandlung in die *Mathem. Annalen* baldigst schreiben.“^[2] Sein Vorgehen in der Theorie der Wärmeleitung weise „eine geradezu lächerliche Ähnlichkeit“ mit dem auf, was Klein selbst auf diesem Gebiet herausgefunden habe.^[3] Dabei stellte Sommerfeld fest, daß er bei seiner erfolglosen Inangriffnahme der Königsberger Preisaufgabe an die Grenzen des Bekannten gestoßen war. Voller Zuversicht, diese unter Kleins Obhut zu überwinden, versuchte er sich erneut an der Lösung der mit diesem Problem verbundenen partiellen Differentialgleichung. Die Schwierigkeit lag in der Art der Randbedingung: Die Wärmeleitungsgleichung mußte für einen Raum gelöst werden, der durch zwei unter einem gegebenen Winkel aneinanderstoßende Ebenen begrenzt wurde; entlang dieser Ebenen war die

^[1] A. Sommerfeld an die Eltern, 27. Juni 1894. München, Privatbesitz.

^[2] A. Sommerfeld an die Mutter, 5. Januar 1894. München, Privatbesitz.

^[3] Brief [4].

Temperatur in Abhängigkeit der Zeit vorgegeben. Analog zur Kelvinschen Spiegelungsmethode der Elektrostatik führte Sommerfeld „Temperaturpole“ ein, durch deren Spiegelung an den Grenzflächen er die Randbedingungen der Wärmeleitungsgleichung erfüllen konnte. Die Lösung ließ sich dann nach dem Greenschen Satz in Integralform angeben. Problematisch waren jedoch solche Fälle, bei denen durch wiederholte Spiegelung an den Grenzflächen keine vollständige Überdeckung des Raumes erreicht wurde. Das Neue bei Sommerfeld war, daß er die Spiegelung vom „physikalischen“ Raum auf einen geeigneten „mathematischen“ (Riemannschen) Raum ausdehnte.^[1]

Betrachten wir das einfache ebene Gebiet, welches von zwei sich schneidenden Geraden begrenzt wird. Ist der Winkel der Geraden gleich π/n , so läßt sich die Green'sche Function für dieses Gebiet nach dem Symmetrieprincip sofort angeben. Ist der Winkel aber gleich $m\pi/n$, so führt die symmetrische Wiederholung des Ausgangsgebietes zu einer m -fachen Ueberdeckung der Ebene. Die zugehörige Green'sche Function wird daher eindeutig nur auf einer Fläche mit einem m -fachen Windungspunkt.

Bei einfacher Überdeckung der Ebene (d. h. bei einem Winkel π/n) war schon früher eine Reihenlösung mit Besselschen Funktionen abgeleitet worden. Nach Sommerfelds Argumentation ergab sich nun die Verallgemeinerung für mehrfache Überdeckungen ($m = 2, 3, \dots$) einfach dadurch, daß die Besselschen Funktionen vom Index n durch solche mit gebrochenem Index n/m ersetzt wurden.

Bei Klein fand dieser Ansatz großen Anklang. Er entsprach seiner Tendenz einer stärkeren mathematischen Durchdringung der verschiedensten Wissenschaften, die Klein weit über sein eigenes Fach hinaus in den 1890er Jahren mit großer Energie vorantrieb. Es lag auf der Hand, daß Sommerfeld mit dem bei der Wärmeleitung erprobten Verfahren auch in anderen Bereichen neue Lösungsmöglichkeiten aufzeigen konnte. Am Ende des Sommersemesters 1894 referierte er „eine Stunde lang über die Anwendung der mehrdeutigen Lösungen von $\Delta u + k^2 u = 0$ in der mathem. Physik“. Als praktisches Ergebnis konnte er die Beugung des Lichts „mal ordentlich mathematisch“ behandeln, wie er voller Stolz berichtete. Bei dieser Gelegenheit schilderte er seinen Eltern auch die Umstände, die seinem Vortrag die richtige Würze gaben:^[2]

^[1] [Sommerfeld 1894b, S. 274].

^[2] *A. Sommerfeld an die Eltern, 3. August 1894. München, Privatbesitz.*

Also heute ist der grosse Vortrag gestiegen, zu allgemeinsten Befriedigung. Ich redete wie ein Wasserfall, war sehr gut präpariert u. es schien allgemein zu interessiren. Klein sagte, das wäre ein schöner Semesterschluß. Vor mir redete ein American Gentleman, der weder Deutsch noch Mathematik kann, sein Vortrag wurde nur dadurch relativ geniesbar, dass Klein von Zeit zu Zeit das sagte, was jener sagen wollte. (Klein versteht nämlich Alles, selbst was ein anderer sagen *will*, u. was der Andre selbst nicht versteht). Ich hatte den Vortrag vorgestern Walter^[1] gehalten, der ganz geduldig zuhörte. Dabei merkte ich, dass ich noch gehörig stockte u. habe das nachgeholt. Es ging aber heute sehr flott. [...] Also es war die Beugung des Lichtes, mal ordentlich mathematisch behandelt. Den Physikern, die die Sache bisher immer falsch angefasst haben, habe ich ordentlich auf den Zopf gegeben.

Auch wenn Sommerfeld mit der Assistentenstelle bei Klein rechnete, schloß er andere Möglichkeiten nicht von vornherein aus. Aufgeregt schrieb er eines Abends nach Königsberg, er sei von Boltzmann als dessen möglicher Nachfolger auf dem Lehrstuhl für theoretische Physik in München „an 7^{ter} oder 8^{ter} Stelle“ in Betracht gezogen worden – zu dieser Zeit keine realistische Position für Sommerfeld; doch eine Assistentenstelle bei Boltzmann in Wien konnte er sich durchaus vorstellen.^[2]

Assistent bei Klein

Zum 1. Oktober 1894 trat Sommerfeld die Stelle eines „Assistenten bei der Sammlung mathematischer Instrumente und Modelle“ an.^[3] Kleins Betriebsamkeit war weithin bekannt, so daß in Königsberg geargöhnt wurde, er werde von seinem neuen Dienstherrn womöglich noch mehr in Anspruch genommen als von Liebisch. Selbstsicher schob Sommerfeld diese Befürchtung beiseite:^[4] „Klein u. Aussaugen! Ich habe genau das Umgekehrte vor.“

Zunächst stand die Habilitation an. Nach dem erfolgreichen Vortrag über Beugungstheorie machte sich Sommerfeld in dieser Hinsicht keine Sorgen:^[5]

^[1] Arnold Sommerfelds Bruder, der sich gerade zu Besuch in Göttingen aufhielt.

^[2] Brief [7].

^[3] Göttingen, UA, Kuratoriumsakte 4 V k, 14; Brief [8].

^[4] A. Sommerfeld an die Mutter, 24. August 1894. München, Privatbesitz.

^[5] A. Sommerfeld an die Mutter, 24. August 1894. München, Privatbesitz. Vgl. auch

Ich kann jetzt, glaube ich, einliefern was ich will, ich werde doch acceptirt. Im Übrigen bin ich noch lange nicht fertig u. werde nur Stückwerk einliefern. Es gibt dann im Oktober eine vorläufige Mitteilung in den Götting. Nachrichten u. dann über Jahr und Tag eine lange Abhandlung.

Dennoch fiel ihm die Umstellung von der Mineralogie zur Mathematik nicht ganz leicht:^[1] „Nun habe ich den ganzen Tag für mich u. ich kann wohl sagen: manchmal reagirt mein Schädel mit Schädelbrummen auf das beständige Drucksen. Das anhaltende Arbeiten muss auch gelernt werden, zumal nach dem Zeit-Verdösen mang die Steine“; was das ins Auge gefasste Habilitationsthema betraf, die Beugungstheorie, war er voller Optimismus: „Ich habe die grösste Lust den früheren Kitt umzuschmeissen u. durch besseren zu ersetzen.“ Der klassischen, auf Gustav Kirchhoff zurückgehenden Beugungstheorie seine neue gegenüberzustellen, bereitete Sommerfeld keine Probleme, aber „der Herr Kirchhoff“ mache ihm „Sorge“, er habe „die gegründete Ansicht, dass das Alles Humbug u. Redensarten sind, was dieser mathematisch gründlichste unter den Physikern in der Optik gemacht hat. Aber das kann ich doch nicht in der Arbeit ohne Weiteres sagen. Jedenfalls muss ich ihn funditus lesen.“ Zum zeitlichen Ablauf der Habilitation meinte er gelassen: „Ich kann mich zu jeder Tages- u. Jahreszeit habilitiren. Es ist nur die Frage, ob ich eine Vorlesung zu Stande bringe, wenn ich es nach dem 1. November thue. Ich würde es gern beeilen, aber ich kann doch nichts Halbes abgeben. Warten wir nur ein Weilchen, es wird schon Alles werden.“^[2]

Unabhängig vom wissenschaftlichen Gehalt war eine Habilitation in der Kleinstadt Göttingen auch eine gesellschaftliche Angelegenheit. Sommerfeld kolportierte die bei Göttinger Professoren nicht selten anzutreffende Einschätzung:^[3] „[D]er Student wird hier als ein notwendiges Übel von der Universität angesehen, das Wort wird immer mit einem mitleidigen Beigeschmack ausgesprochen; bei manchen Professoren hat sogar das Wort Privatdocent noch einen verächtlichen Beigeschmack“. Um als angehender Universitätslehrer akzeptiert zu werden, mußten selbst nebensächlich erscheinende Umstände wie die Wohnungsfrage mitbedacht werden: „Soll ich

[Sommerfeld 1894a] und [Sommerfeld 1896].

^[1] A. Sommerfeld an die Mutter, 3. Oktober 1894. München, Privatbesitz.

^[2] A. Sommerfeld an die Mutter, 3. Oktober 1894. München, Privatbesitz. Die auf dem Huygensschen Prinzip aufbauende Kirchhoffsche Beugungstheorie war 1891 in Lehrbuchform publiziert worden [Kirchhoff 1891].

^[3] A. Sommerfeld an die Eltern, 3. August 1894. München, Privatbesitz.

nun bis dahin in den etwas beschränkten Räumen meiner 75 M.[ark]-Bude wohnen bleiben? Sie scheint mir nicht geeignet, um die Gegenbesuche der Bontzen beim Habilitiren zu empfangen.“^[1] Kurz vor dem Habilitationsvortrag im März 1895 berichtete Sommerfeld seinen Eltern, wie er sich bei einem „Zauberfest“ im Hause der Göttinger Künstler- und Professorenfamilie Vischer auch in gesellschaftlicher Hinsicht seines akademischen Aufstiegs versicherte:^[2]

Halb-Göttingen war anwesend. Alle Spitzen: Prorector,^[3] Curator etc. Es wurde ein richtiges Concert. 1 $\frac{1}{2}$ Stunde Musik. Ein grosses künstlerisch ausgeführtes Programm orientirte zunächst die Gäste über die bevorstehenden Genüsse. Es gab 7 Lieder, 2 Arien, 3 Duette, ein Trompeterlied, ein vierhändiges, ein zweihändiges Stück. Mein alt-bewährter Chopin machte sich auf dem schönen Flügel sehr brav. Ich habe ihn zwar schon besser gespielt, aber er machte auch so Furore, natürlich auswendig, ohne Steckenbleiben. Auch der Liederbegleitungen habe ich mich mit Anstand entledigt. Mein Ruf als Musiker steht hier bombenfest. Der Hauptcoup kam aber später. Um 10 Uhr durfte die Gesellschaft etwas essen. Es war Buffet u. alles sass zwanglos u. höchst fidel durcheinander. Da klingte Frau Vischer ans Glas u. brachte einen allerliebsten Toast in Versen auf ihre „Künstler“ aus. Nun hiess es, darauf antworten. Offenbar blieb es auf mir hängen. Da muss ich Euch nun gestehen: ich hatte mich bereits darauf präparirt, hatte so einen Animus gehabt, dass ein Toast auf die „Künstler“ ausgebracht werden würde u. hatte mir eine kleine Rede ausgedacht, in der ich gerade an dieses Wort anknüpfen wollte. Also ich nicht faul, klinge auch bald darauf ans Glas u. halte meinen wohldurchdachten Speech. Ich lehnte das Verdienst von den Künstlern ab u. schob es auf den künstlerischen Geist des Hauses Vischer, spielte auf die Marmorbüste des Dichters V.^[4] an, welche vor mir stand, sagte der Frau Vischer einige köstliche Elogen u. toastete auf das Haus V. Da ich mich so gut an den vorhergehenden Toast anlehnen konnte, machte sich die Sache durchaus extemporirt. Kurz, ich stand gross

^[1] A. Sommerfeld an die Mutter, 24. August 1894. München, Privatbesitz.

^[2] A. Sommerfeld an die Eltern, Februar 1895. München, Privatbesitz.

^[3] Formal war der Regent des Herzogtums Braunschweig, Prinz Albrecht von Preußen, Rektor der Universität.

^[4] Der 1887 verstorbene Friedrich Theodor Vischer war der Vater des Hausherrn.

da. Vielleicht haben sich die Oberbonzen u. Würdenträger darüber geärgert, dass ich als jüngster ihnen die Rede weggenommen habe. Liebisch, der auch da war, hat sich natürlich über Alles geärgert. Möge er! Herr v. Willamowitz-Möllendorf,^[1] der nächst Klein die grösste Leuchte der Universität ist, sagte, wie ich heute hörte, zu seinem Nachbar: „Gespielt hat er gut, geredet hat er auch nicht schlecht, ich denke, wir können ihm das Colloquium schenken“. Ihr könnt Euch denken, dass ich den Rest des Abends, an dem ich auf solche Weise die Hauptrolle spielte, in grösster Fidelität verbrachte.

Auch von dem Ambiente des Habilitationskolloquiums gab Sommerfeld seinen Eltern eine detailreiche Schilderung.^[2] Was Sommerfeld um diese Zeit wissenschaftlich besonders bewegte, schrieb er Felix Klein, der sich gerade in Montreux erholte.^[3] Über den in der Habilitationsschrift behandelten Fall der Beugung an einer Halbebene hinaus dachte Sommerfeld schon an weitere Anwendungen seiner Methode – insbesondere an die Lösung des Beugungsproblems für den Spalt und das Gitter. Auch wenn diese Hoffnung nicht in Erfüllung ging, galt Sommerfelds Methode unter Mathematikern als ein vielversprechender Weg, um physikalische Differentialgleichungen befriedigender als bisher zu behandeln. Sommerfelds Habilitationsschrift, die in den *Mathematischen Annalen* erschien,^[4] lieferte im Unterschied zu Kirchhoff eine exakte Lösung der Wellengleichung, d. h. sie löste das Beugungsproblem als eine Randwertaufgabe *ohne* Rückgriff auf das Huygenssche Prinzip. „Dieses Princip ist an sich völlig exact“, führte Sommerfeld dazu aus, „nicht exakt aber ist seine Anwendung in der Beugungstheorie, auch nicht nach der etwas verschärften Methode von Kirchhoff.“ Wollte man nämlich mit dem Huygensschen Prinzip an irgendeiner Stelle im Raum einen Funktionswert der gebeugten Welle berechnen, müßten die Randwerte der Funktion samt ihren räumlichen Ableitungen auf dem Beugungsschirm bekannt sein. Werden diese auf der einen Schirmseite gleich Null gesetzt, müßten nach einem Satz aus der Theorie der Differentialgleichungen auch die Funktionswerte identisch im ganzen Raum verschwinden. Es sei „sehr merkwürdig, daß trotz dieser erheblichen Bedenken die Formeln so gut die Beobachtungen wiedergeben.“^[5]

^[1] Ulrich von Wilamowitz-Moellendorf, Altphilologe.

^[2] Brief [9].

^[3] Brief [10].

^[4] [Sommerfeld 1896].

^[5] [Sommerfeld 1894a, S. 341].

Sommerfeld erhielt in Anlehnung an die Wärmeleitungstheorie, wo mit Hilfe von „Temperaturpolen“ die Lösung in Gestalt einer Integraldarstellung gewonnen werden konnte, auch für die Beugung des von einem „leuchtenden Punkt“ ausgehenden Lichtes eine Integraldarstellung; für bestimmte Werte konnte er das Integral auswerten und zeigen, daß die Kirchhoffschen Ergebnisse in seinen Formeln als Grenzfälle enthalten waren. „Wir kommen somit zu dem merkwürdigen Resultat, dass wir die Ergebnisse der älteren Beugungstheorie in gewissem Umfange bestätigen können, während wir die Methode, durch welche sie abgeleitet werden, als ganz unzulässig erklären müssen.“^[1] Darüber hinaus konnte die Sommerfeldsche Theorie erstmals den Gültigkeitsbereich präzisieren, innerhalb dessen die Theorie Kirchhoffs zu richtigen Ergebnissen führte. Als Klein im August 1895 dem Mitherausgeber der *Mathematischen Annalen* Walther Dyck „die seit lange in Aussicht stehende Arbeit von Sommerfeld über die Diffraction“ schickte, kommentierte er sie mit der Bemerkung:^[2]

Dieselbe ist mir besonders erfreulich, weil es wohl das erste Mal ist, dass einer unserer jungen Leute einen wirklichen Fortschritt in der math.[ematischen] Physik begründet. Ich hatte, als S.[ommerfeld] den Gegenstand im vergangenen März als Habilitationsschrift einreichte, Voigt um ein Correferat gebeten, und dieser hat sich darüber ebenso erfreut geäußert, wie noch neulich Poincaré.

Poincaré, der sich ebenfalls mit dem Beugungsproblem beschäftigt hatte, sprach höchst anerkennend von der „travail très important de M. Sommerfeld“ und nannte dessen Vorgehen „une méthode extrêmement ingénieuse“.^[3]

Daß Sommerfeld sich mit physikalischen Themen als Mathematiker profilieren konnte, bei Poincaré und Klein ebenso Anklang fand wie bei dem theoretischen Physiker Voigt, ist ein Hinweis auf die um die Jahrhundertwende noch reichlich diffuse Grenzziehung zwischen diesen Disziplinen. Viele Mathematiker jener Jahre betrachteten die Physik als eine Quelle neuer Erkenntnisse. Insbesondere für Klein war die Physik weit mehr als ein interessantes Anwendungsgebiet mathematischer Methoden: „Viele sogenannte Untersuchungen ueber mathematische Physik sind rein mathematische Untersuchungen [...] und man sollte sie lieber in eine andere Kategorie, in die Kategorie der physicalischen Mathematik verweisen“,

^[1] [Sommerfeld 1896, S. 373].

^[2] F. Klein an W. Dyck. 3. August 1895. München, BSB, Dyckiana, Schachtel 5.

^[3] [Poincaré 1897].

hatte er zum Beispiel 1872 in seiner Antrittsrede in Erlangen ausgeführt.^[1] Auch Sommerfelds Arbeiten gehören zu dieser Kategorie, denn es ging dabei primär um die zur Lösung partieller Differentialgleichungen entwickelte Mathematik. Bei seiner Erweiterung der Kelvinschen Spiegelungsmethode bediente sich Sommerfeld insbesondere der Methoden der Riemannschen Funktionentheorie, wo Klein eine besonders enge Verbindung mit der Physik sah. Eine Vorlesung über „Riemannsche Flächen“ leitete er mit den Worten ein: „Von der *Potentialtheorie* aus (die in die mathematische Physik gehört) schreiten wir zunächst zur *Funktionentheorie*,“ die er bei dieser Gelegenheit „als Substrat der Potentiale“ bezeichnete.^[2] Bei anderer Gelegenheit betonte er, daß auch für Riemann die Physik immer wieder den Ausgangspunkt seiner mathematischen Arbeiten gebildet habe, und „daß Riemann im Gebiete der Mathematik und Faraday im Gebiete der Physik parallel stehen.“^[3] Sommerfeld stellte sich ganz in diese Tradition, wenn er die Wiederbelebung von „Riemanns Geist“ durch Klein und „die besondere Kraft der Riemannschen Methode aus ihrer Durchtränkung mit der Denkweise der mathematischen Physik“ rühmte.^[4]

Die Verehrung für Klein („Unter den Lebenden ist Klein doch der grösste Mathem.[atiker] und ganz gewiss der vortrefflichste Mensch“^[5]) ließ Sommerfeld auch die intellektuell weniger anspruchsvollen Assistentenpflichten im Kleinschen Institut leichter ertragen als noch im Vorjahr bei Liebisch. Dazu gehörte insbesondere, das „mathematische Lesezimmer“ in Ordnung zu halten.^[6] Ihm galt Kleins besondere Aufmerksamkeit. Außerdem hatte sich Sommerfeld um die schriftliche Ausarbeitung der Kleinschen Vorlesungen zu kümmern, die dann von Klein „zum Zweck autographischer Vervielfältigung durchkorrigiert wurde.“^[7]

Im Herbst 1895 trat der frischgebackene Privatdozent Sommerfeld erstmals vor die wissenschaftliche Öffentlichkeit. Die Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte traf sich in diesem Jahr in Lübeck zu ihrer Jahrestagung. Gleichzeitig hielt auch die Deutsche Mathematiker-Vereinigung, der Sommerfeld nun als Mitglied Nr. 224 beitrug, ihr Jahrestreffen ab.^[8] In

^[1] [Rowe 1985, S. 133].

^[2] [Klein 1985, S. 17].

^[3] [Klein 1923a, S. 484].

^[4] [Sommerfeld 1919b, S. 300].

^[5] Brief [9].

^[6] Vgl. Brief [10]. Es wurde zum Vorbild moderner Institutsbibliotheken, vgl. auch [Frewer 1979].

^[7] [Sommerfeld 1949, S. 289].

^[8] *Jahresberichte der Deutschen Mathematiker-Vereinigung Bd. 6, 1897, S. 18.*

gemeinsamen Abteilungssitzungen mit den ‚Naturforschern‘ konnten sich so auch die Mathematiker über die neuesten Entwicklungen in den naturwissenschaftlichen Disziplinen orientieren. Vor diesem Forum präsentierte Sommerfeld in knapper Form die Ergebnisse seiner Habilitationsarbeit, wobei er rhetorisches Talent an den Tag legte und die für Physiker interessanten Aspekte ansprach.^[1] Hier lernte er Boltzmann persönlich kennen und erlebte eine der großen Debatten der zeitgenössischen Physik: die Auseinandersetzung um die Energetik, wonach alle Erscheinungen der Physik allein aus dem Energiesatz der Mechanik abzuleiten seien.^[2] Boltzmann und Klein erschütterten in Lübeck mit ihren Argumenten die Grundpositionen der Energetik, die vor allem von Georg Helm und Wilhelm Ostwald vertreten wurden, so nachhaltig, daß sich Sommerfeld noch ein halbes Jahrhundert später lebhaft daran erinnerte:^[3]

Die Argumente Boltzmanns schlugen durch. Wir damals jüngeren Mathematiker standen alle auf der Seite Boltzmanns; es war uns ohne weiteres einleuchtend, daß aus der einen Energiegleichung unmöglich die Bewegungsgleichungen auch nur eines Massenpunktes, geschweige denn eines Systems von beliebigen Freiheitsgraden gefolgert werden könnten.

Sommerfelds erste Kontakte mit den großen Persönlichkeiten und Themen der theoretischen Physik führten aber nicht dazu, daß er sich nun mit ganzer Kraft diesem Fache zuwandte. Klein hatte für seinen Assistenten andere Aufgaben vorgesehen.

Kleins Ziel war nicht nur eine Annäherung zwischen Universität und Technischer Hochschule, sondern er wollte die Mathematik als umfassenden Kulturfaktor etablieren.^[4] Im Wintersemester 1895/96 hielt er eine zweistündige Vorlesung über die Theorie des Kreisels, die – ähnlich wie eine vorangegangene Vorlesung über elementare Geometrie – als Demonstration der „Beziehungen unseres Universitätsbetriebes zu den massgebenden Potenzen des praktischen Lebens, in erster Linie zur Technik, dann aber auch zu den drängenden Fragen des allgemeinen Unterrichtswesens“ dienen sollte.^[5] Klein hatte seine *Elementargeometrie*^[6] zu Pfingsten 1895

^[1] [Sommerfeld 1895a].

^[2] Vgl. [Hiebert 1971], [Deltete 1983].

^[3] [Sommerfeld 1944, S. 25], vgl. die Schilderung Helms in [Ostwald 1961, S. 118-120].

^[4] [Pyenson 1983], [Manegold 1970], [Tobies 1991], [Tobies 1994].

^[5] [Klein 1977, S. 4].

^[6] [Klein 1895].

dem Verein zur Förderung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts als „Festschrift“ überreicht, gleichsam als Auftakt seines in den kommenden Jahren immer umfassenderen Engagements für eine Reform des Gymnasialunterrichts. Ähnliches hatte er nun mit der Theorie des Kreisels vor: „Taktik: Der Kreisel war als 2. Festschrift gedacht“.^[1] Die Umsetzung übertrug er Sommerfeld.

Daher bedeutete die *Theorie des Kreisels* für Sommerfeld mehr als die übliche Ausarbeitung einer Vorlesung zur autographischen Vervielfältigung und Auslage im Lesezimmer. Klein selbst benutzte das Kreiselthema bei Gastvorlesungen in den Vereinigten Staaten. Es ging ihm dabei zuerst um die Mathematik, die sich am Beispiel der Kreiselbewegungen aufzeigen ließ, und erst in zweiter Linie um Anwendungen der Kreiseltheorie in der Technik. Klein wollte vor Augen führen, welchen Nutzen Mechanik, Astronomie und Physik aus der reinen Mathematik ziehen können, wenn sie sich, wie er seinen amerikanischen Studenten gegenüber ausführte, „the more intimate association with the modern pure mathematics“ bewußt machten.^[2]

Entsprechend heißt es in der Einleitung des von Klein und Sommerfeld 1897 veröffentlichten ersten „Heftes“ (196 Seiten!) *Über die Theorie des Kreisels*: Der Leser werde „eine gewisse Vertrautheit mit den Methoden der Funktionentheorie nicht entbehren können“, doch würden die benötigten speziellen funktionentheoretischen Begriffe so anschaulich erläutert, daß man das Werk „auch zu einer ersten orientierenden Einführung in das Gebiet der elliptischen Funktionen“ verwenden könne.^[3] Daß aus der zweistündigen Vorlesung am Ende ein in vier „Heften“ von 1897 bis 1910 publiziertes Mammutwerk mit fast tausend Seiten werden würde, hatten weder Klein noch Sommerfeld vorausgesehen.

Zu den Korrespondenten Sommerfelds zum Thema Kreisel zählten allein in den Jahren 1897 bis 1899 Mathematiker und theoretische Physiker (wie Heinrich Burkhardt, George Greenhill, Diederik Korteweg, Arthur Schönflies, Carl Runge, Ludwig Boltzmann und Max Abraham) genauso wie Anwender der Kreiseltheorie, etwa der Ballistiker Carl Cranz oder der Torpedoingenieur Carl Diegel.^[4] Aus den Briefen wird deutlich, wie Sommerfeld verschiedenen Interessen gerecht werden wollte – und wie sich aus einer Festschrift für Gymnasiallehrer im Laufe der Jahre ein immer umfangreicheres Unternehmen mit diffusem Charakter entwickelte. Am Ende empfand selbst

^[1] [Klein 1977, S. 18].

^[2] [Klein 1922b, S. 618].

^[3] [Klein und Sommerfeld 1897, S. 6].

^[4] Briefe [22] und [29].

Klein das Werk als etwas aus den Fugen geraten, wenn er die „eigentümliche Disposition“ mit teils rein mathematischen und teils sehr anwendungsnahen Kapiteln eher als Ergebnis des komplizierten Entstehungsprozesses denn als Folge einer inneren Logik darstellte.^[1]

Die Kreiseltheorie nahm Sommerfeld jedoch nicht so stark in Anspruch, daß er weitere Verpflichtungen ausgeschlagen hätte. 1896 kam – dank Kleins Initiative – das Projekt der *Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften* in Gang, an dem sich Sommerfeld sogleich durch die Übernahme eines Artikels über partielle Differentialgleichungen beteiligte.^[2] Im selben Jahr ließ er sich auch noch von Dyck, der mit Klein zusammen als Herausgeber der *Mathematischen Annalen* fungierte, in die Pflicht nehmen, um für die ersten 50 Bände ein Register zu verfassen. Klein sah dies gar nicht gern. Tadelnd schrieb er Dyck:^[3]

Wann aber soll Sommerfeld Zeit haben? Er muß jetzt vor allen Dingen mit mir die *Vorlesungen über den Kreisel* fertig machen, an denen ich seit Jahresfrist laboriere. Offenbar kann er nicht vor Ostern beginnen. Und auch dann wird es starken Druckes von meiner Seite bedürfen. Ich schreibe das nicht, um S.'s Mitwirkung abzulehnen, sondern nur um zu sagen, dass das Unternehmen noch keineswegs gesichert ist und es gut ist, immer noch nach anderen Möglichkeiten Ausschau zu halten [...]

Sommerfeld übernahm diese Verpflichtung trotz Kleins Einwand. Im Juli 1896 hatte er sich mit der Tochter des Kurators der Göttinger Universität verlobt, die ihm nun einen Teil der Arbeit abnahm: „Sommerfeld, oder vielmehr seine Braut, Frä. Johanna Höpfner (Tochter unseres Curators), ist langsam über dem Annalenregister, indem sie Zettelkatalog anlegt. Daher der Name: Hannalenregister“, amüsierte sich Klein.^[4]

Sommerfelds Assistentenstelle war nicht Bestandteil des regulären Etats und mußte zu Ostern eines jeden Jahres vom Kuratorium der Universität neu bewilligt werden. Anfang April 1896 ersuchte Sommerfeld Klein und den Kurator der Göttinger Universität, sein Gehalt für das ihm noch zustehende Sommersemester letztmalig zu bewilligen.^[5] Im Anschluß an seine Assistentenstelle spekulierte Sommerfeld auf eine freiwerdende Mathe-

^[1] [Klein 1922c, S. 658-659].

^[2] [Sommerfeld 1904b], siehe auch Brief [11]. Zur Entstehungsgeschichte der *Encyklopädie* vgl. [Tobies 1994] und [Hashagen in Vorbereitung].

^[3] *F. Klein an W. Dyck, 25. Dezember 1896. München, BSB, Dyckiana, Schachtel 5.*

^[4] *F. Klein an W. Dyck, 6. April 1897. München, BSB, Dyckiana, Schachtel 5.*

^[5] *A. Sommerfeld an E. Höpfner, 1. April 1896; A. Sommerfeld an F. Klein, 5. April*

matikprofessur – möglichst in Göttingen, wenn die vor ihm habilitierten Mathematiker Heinrich Burkhardt und Arthur Schönflies Rufe erhalten haben würden: „In Greifswald ist ein Mathem. gestorben. Könnte nicht Schönflies dorthin gerufen werden u. Burkhardt nach Zürich oder Kiel? Zapfe doch Deinen Vater mit einer schönen Empfehlung von mir darauf an“,^[1] schrieb er seiner Braut. Erklärend fügte er in einem weiteren Brief hinzu:^[2] „Natürlich war die Combination Schönfliess–Burkhardt so gemeint, dass sich daraus die Combination Sommerfeld–Göttingen ergibt. Ich bin überzeugt, dass ich die Göttinger Stelle bekomme, wenn meine beiden Vorgänger versorgt sind. [...] Das sind aber alles ganz dumme Zukunftspläne, für welche zur Zeit gar kein Schatten eines Grundes vorliegt.“

Die erhoffte „Combination Sommerfeld–Göttingen“ erfüllte sich nicht. Unterdessen bestimmten Kleins Interessen weiterhin Sommerfelds Privatdozentenalltag. Insbesondere wollte Klein rasche Fortschritte bei der Ausarbeitung seiner Vorlesung über die Theorie des Kreisels sehen. Einmal seufzte Sommerfeld in einem Brief an seine Braut:^[3] „Ich kann Dir wirklich nicht alle Tage schreiben. Die Klein’sche Hetzpeitsche sitzt ziemlich dicht hinter mir“.

Berufung nach Clausthal

Bei einem so einflußreichen Mentor wie Felix Klein konnte es nur eine Frage der Zeit sein, bis Sommerfeld einen Ruf erhalten würde. Die private Beziehung zum Kurator der Göttinger Universität, Sommerfelds künftigen Schwiegervater, tat ein Übriges. Höpfner gehörte wie Klein zum Kreis der Vertrauten von Friedrich Althoff, dem allmächtigen Ministerialdirektor und Leiter des Universitätsreferats im preußischen Kultusministerium.^[4] Hier liefen die Fäden zusammen, an denen das berufliche Schicksal aller Hochschullehrer in Preußen hing. Sommerfeld konnte sich bald zum Kreis derer rechnen, die das Wohlwollen Althoffs besaßen, was sich schon bei der Be-

1896. Göttingen, UA, Kuratoriumsakte 4 V k, 14. Sein Nachfolger auf der Assistentenstelle wurde Heinrich Liebmann.

^[1] A. Sommerfeld an J. Höpfner, 3. September 1896. München, Privatbesitz. Bernhard Minnigerode war seit 1885 Ordinarius für Mathematik an der Universität Greifswald gewesen.

^[2] A. Sommerfeld an J. Höpfner, 6. September 1896. München, Privatbesitz.

^[3] A. Sommerfeld an J. Höpfner, 16. Januar 1897. München, Privatbesitz.

^[4] [Manegold 1970], [Brocke 1980].

willigung seines Privatdozentenstipendiums 1897 bemerkbar machte:^[1] „Ich gehe wohl nicht fehl, wenn ich annehme, dass diese mich sehr erfreuende Maassnahme in erster Linie durch das Wohlwollen und die gute Meinung veranlasst worden ist, mit welcher Sie mich zu beehren die Güte haben. Ich erlaube mir daher, Ihnen meinen ganz gehorsamsten Dank auszusprechen.“ Auch als er im Sommer seine erste Berufung auf die Professur für Mathematik an der Bergakademie Clausthal erhielt, wußte Sommerfeld, wem er dies letztendlich zu danken hatte.^[2]

Der Ablauf der Berufung zeigt freilich auch, daß es nicht allein auf Beziehungen ankam. Als das Oberbergamt Clausthal im April 1897 dem für die Bergakademie zuständigen Ministerium für Handel und Gewerbe in Berlin mitteilte, daß ein Nachfolger für den nach Königsberg berufenen Mathematikprofessor Franz Meyer gesucht werde, reichte man dort die Angelegenheit an das Kultusministerium weiter und erhielt eine Liste mit drei Kandidaten zurück. Sommerfeld wurde nach dem Mathematiker und Kristallographen Arthur Schönflies an zweiter Stelle genannt. Zur Person Sommerfelds, „der mit einer Tochter des dortigen Universitäts-Kurators verlobt ist“, wurde angemerkt: „Zu seiner zweifellosen Qualifikation als Mathematiker und Lehrer der Mathematik kommt hinzu, daß er früher mineralogischer Assistent war“.^[3] In Clausthal wurde die mit eigenen Vorschlägen erweiterte Liste umgruppiert: Sommerfeld blieb an zweiter Stelle, nun nach einem Bremer Hauptschullehrer und vor Schönflies sowie zwei weiteren Kandidaten.^[4] Das Berliner Ministerium kam zu dem Schluß: „Nach reiflicher Prüfung der Verhältnisse dürfte Sommerfeld den Vorzug verdienen“, denn er habe nicht nur bessere Zeugnisse als seine Rivalen, sondern er sei mit 29 Jahren auch zehn Jahre jünger als der Erstplazierte, dem man ein viel höheres Dienstalter anrechnen und zu alledem auch noch Umzugskosten bezahlen müsse. Was die Angaben zur Qualifikation Sommerfelds angehe, so seien diese „dem Referenten von Herrn Ministerial-Direktor Dr. Althoff“ übergeben worden.^[5] In Clausthal folgte man der Anregung und trat mit Sommerfeld in Ver-

^[1] *A. Sommerfeld an F. Althoff, 1. April 1897. Berlin, GSA, I. HA. Rep. 92, Althoff B, Nr. 178, Bd. 2.*

^[2] Brief [15].

^[3] *Schreiben des Ministeriums der geistlichen, Unterrichts- und Medicinal-Angelegenheiten an das Ministerium für Handel und Gewerbe, 7. Mai 1897. Berlin, GSA, Akte I, HA Rep. 121 DII, Sekt. 6, Nr. 102, Bd. 4.*

^[4] W. Grosse, M. Köppen und Th. Habben (die beiden letzteren waren wissenschaftliche Hilfslehrer am Köllnischen Gymnasium in Berlin bzw. am königlichen Realgymnasium in Leer).

^[5] *Aktennotiz vom 25. Juni [1897]. Berlin, GSA, Akte I HA Rep. 121 DII, Sekt. 6, Nr. 102, Bd. 4.*

handlungen. Sommerfeld akzeptierte ohne langes Zögern. Am 20. Juli 1897 konnte das Oberbergamt Clausthal nach Berlin melden, daß man „den Privatdocenten an der Universität Göttingen, Dr. phil. A. Sommerfeld vom 1. Oktober d. J. ab als Professor der Mathematik an der Königlichen Bergakademie zu Clausthal unter Bewilligung des Mindestgehaltes der Stelle von 3 800 Mk und eines Wohnungsgeldzuschusses von 480 Mk“ anstellen werde.^[1]

Kurz vor dem Umzug reiste Sommerfeld zu der Ende September 1897 in Braunschweig stattfindenden Naturforscherversammlung, wo er über ein Theorem aus der Vektoranalysis referierte und „allerlei Leute“ kennenlernte, nach denen er sich „schon lange wissenschaftlich gebangt“ habe, wie er seiner Braut schrieb.^[2] Nach der dort erfahrenen Anerkennung bedeutete Clausthal eine Ernüchterung. „Am Ende bin ich doch für Clausthal zu schade“, schrieb er schon wenige Wochen nach dem Antritt seiner Professur an Johanna nach Göttingen. Offenbar stieß er bei seinen Clausthaler Kollegen wie auch unter den Studenten des Bergwesens nicht auf annähernd soviel wissenschaftliches Interesse, wie er es von Göttingen her gewohnt war: „Meine schönen Gött. Collegs [...] Das war ein ander Ding, wie diese Quälerei mit Lappalien, die nachher nicht verstanden werden.“^[3] Außerdem mußte er feststellen, „dass der Ostwald’sche Charlatanismus die hiesigen Köpfe arg verwirrt“ und wissenschaftliche Diskussionen mit seinen Kollegen „fast immer in der Energetik“ endeten.^[4] Um so lieber vertiefte er sich daher in wissenschaftliche Themen, über die er mit seinen Freunden in Göttingen diskutieren konnte. Ein Beispiel ist die Ausarbeitung einer Idee Hilberts über die Grundgleichungen der Hydrodynamik, bei der es um den Druck bei inkompressiblen Flüssigkeiten ging. Problematisch war das Auftreten des Drucks in diesen Gleichungen, weil als Folge der Inkompressibilität jede von einem Druck bewirkte Volumenänderung von vornherein ausgeschlossen ist. Sommerfeld klärte diese Frage, indem er den Druck als einen Lagrangeschen Multiplikator darstellte; eine rein mathematische Konstruktion, über deren physikalische Bedeutung er sich nicht den Kopf zerbrechen wollte:^[5]

Denn bei den zahllosen Drucken, die in der theor.[etischen]
Mechanik bei ganz allgemeinen Lagrangeschen Coordinaten ein-

^[1] *Königliches Oberbergamt in Clausthal an Ministerium für Handel und Gewerbe, 20. Juli 1897. Berlin, GSA, Akte I HA Rep. 121 DII, Sekt. 6, Nr. 102, Bd. 4.*

^[2] Brief [14]; vgl. auch [Sommerfeld 1897b].

^[3] *A. Sommerfeld an J. Höpfner, 9. November 1897. München, Privatbesitz.*

^[4] Brief [18].

^[5] Brief [19]; vgl. auch die Briefe [20] und [21].

geführt werden, kann man beim besten Willen nicht verlangen, daß man sich etwas physikalisch Realisierbares darunter denken könnte. Diese Drucke sind eben wirklich nur Rechnungsgrößen.

Ein wichtiger Ansprechpartner für Sommerfeld war Emil Wiechert, sein Freund aus Königsberger Studentenzeiten, der sich in Göttingen mit Arbeiten zur Elektrodynamik und Geophysik sowohl als theoretischer wie auch praktischer Physiker einen Namen machte. Nach einem Besuch Wiecherts in Clausthal schrieb Johanna Sommerfeld – Arnold und Johanna hatten im Dezember 1897 geheiratet – an ihre Schwiegermutter:^[1] „Für Arnold ist ein solcher Besuch einer fühlenden oder wissenschaftlich fühlenden Seele immer ein Festtag [...] Wiechert ist ein netter lieber Mensch, bei allerhand possierlichen Eigenheiten.“ Mit Wiechert diskutierte Sommerfeld vor allem über die gerade sehr aktuellen Grundlagen der Elektrodynamik. Das Ausloten der Maxwell'schen Theorie war ein verbreitetes Anliegen jener Jahre. So hatte Klein bei der Braunschweiger Naturforscherversammlung die Deutsche Mathematiker-Vereinigung dazu veranlaßt, bei ihrem nächsten Jahrestreffen 1898 in Düsseldorf „die mathematische Theorie der modernen Elektrodynamik in den Mittelpunkt“ zu rücken; dazu sollten auch bedeutende Wissenschaftler des benachbarten Auslandes wie Hendrik Antoon Lorentz eingeladen werden, was dieser Konferenz zusätzlich Gewicht verlieh.^[2] Für Sommerfeld brachte diese Tagung neben der ersten Begegnung mit Lorentz, der für seine Hinwendung zur Physik eine entscheidende Rolle spielen sollte, eine Fülle neuer Anregungen. Mit seinem in Düsseldorf gehaltenen Vortrag *Über einige mathematische Aufgaben aus der Elektrodynamik*^[3] entsprach er ganz dem Wunsche Kleins nach einer thematischen Fokussierung auf das gerade aktuellste Teilgebiet der Physik. Der Vortrag behandelte die Frage der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen längs eines Drahtes und zeigte, wie die Fortpflanzungsgeschwindigkeit und die Dämpfung der Drahtwellen von der Dicke sowie der Leitfähigkeit des Drahtes abhingen. Einen mathematisch interessanten Teilaspekt dieser Arbeit ließ er über Hilbert der Göttinger Akademie vorlegen und in ihren *Nachrichten* publizieren; die ausführliche Fassung erschien 1899 in den *Annalen der Physik*.^[4] Wie schon

^[1] *J. Sommerfeld an C. Sommerfeld, 31. Oktober 1898. München, Privatbesitz.*

^[2] Die fundamentalen Fragen der Elektrodynamik und Optik aus dem Blickwinkel der Maxwell'schen Theorie (insbesondere in Bezug auf bewegte Medien) wurden in Referaten von H. A. Lorentz, W. Wien, W. Voigt und M. Planck behandelt; siehe dazu den *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung 1898*.

^[3] [Sommerfeld 1898e].

^[4] [Sommerfeld 1898b], [Sommerfeld 1898a].

bei seiner Habilitation kritisierte er auch in diesen Arbeiten die von Physikern ohne ausreichende mathematische Analyse gewonnenen Ergebnisse; er widerlegte die Ansicht, daß sich Drahtwellen längs eines Leiters mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten. Unter bestimmten Verhältnissen (z. B. bei sehr dünnen Drähten) pflanzen sie sich nur mit halber Lichtgeschwindigkeit fort: „Dies Resultat wird wohl den Physikern eine kleine Gänsehaut verursachen“, schrieb er an Carl Runge.^[1]

Kurz darauf versuchte sich Sommerfeld an einem anderen Thema der aktuellen physikalischen Forschung, den Röntgenstrahlen. Die Natur dieser 1895 entdeckten Strahlung war noch völlig unklar. Sommerfeld schloß sich der Auffassung Wiecherts an, wonach Röntgenstrahlen durch impulsartige Ätherstörungen (hervorgerufen durch den Aufprall eines Kathodenstrahlteilchens auf die Anode in der Röntgenröhre) entstehen, die sich dann nach den Gesetzen der Maxwell'schen Theorie ausbreiten. Nach dieser Vorstellung sollten sich bei Röntgenstrahlen die für Wellen charakteristischen Beugungsphänomene nachweisen lassen. Die niederländischen Physiker Hermanus Haga und Cornelis Wind glaubten, diese Beugungserscheinungen beim Durchgang von Röntgenstrahlen durch einen extrem schmalen Spalt nachgewiesen zu haben, und Sommerfeld hoffte, mit seiner Beugungstheorie diesen Experimenten auch das nötige theoretische Fundament geben zu können.^[2] Im Nachhinein erwies sich die Deutung der Beobachtungen von Haga und Wind als zweifelhaft; Sommerfelds Theorie fehlte damit die experimentelle Bestätigung. Immerhin ermöglichte sie erstmals eine Abschätzung der Größenordnung für die zu erwartende Wellenlänge der Röntgenstrahlen (genauer: der „Impulsbreite“).^[3]

Wieder erntete Sommerfeld Anerkennung. Voigt hielt die „schöne Arbeit“ über Röntgenbeugung für so vielversprechend, daß er nach Sommerfelds Berufung auf den Lehrstuhl für Mechanik an die TH Aachen „für die theoretische Physik einen großen Verlust“ befürchtete.^[4] Aber die Anwendung der Spiegelungsmethode auf weitere Fälle wie die Beugung am Spalt und Gitter oder in der Potentialtheorie^[5], auf die Sommerfeld seit seiner Habilitation die größte Hoffnung gesetzt hatte, entzog sich hartnäckig einer Lösung. „Wegen der ‚Verzw.[eigten] Pot.[entiale]‘ habe ich ein sehr schlechtes Gewissen; ich wünschte, ich hätte sie nicht geschrieben“, schrieb Sommerfeld an

^[1] Brief [26].

^[2] [Sommerfeld 1897a], [Sommerfeld 1899b], [Sommerfeld 1900a], [Sommerfeld 1900c], [Sommerfeld 1901].

^[3] Vgl. Seite 149.

^[4] Brief [45].

^[5] Vgl. Brief [12].

Tullio Levi-Civita nach einer fehlerhaften Publikation zu diesem Thema.^[1] Trotz – oder wegen – dieser Rückschläge wurde die „Herstellung verzweigter Lösungen“, wie die erweiterte Spiegelungsmethode auch genannt wird, für Sommerfeld zu einer Art Sport, in dem sich auch seine Schüler gelegentlich versuchten.^[2]

Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften

Im Sommer 1898 konfrontierte Klein seinen früheren Assistenten mit einer neuen Aufgabe, der Redaktion des physikalischen Teils der *Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften*. Franz Meyer und Heinrich Burkhardt redigierten die Mathematikbände (Band I–III); Burkhardt sollte ursprünglich auch noch die Anwendungen der Mathematik in Naturwissenschaft und Technik betreuen. Für sie hatte Klein zwar weitere Bände vorgesehen, jedoch noch kein Konzept. „Ich habe mir für die nächsten Wochen Franz Meyer eingeladen, um das gesamte bei ihm eingelaufene Material mit ihm durchzusprechen“, schrieb Klein 1897 dem Mitinitiator der *Encyklopädie* Dyck, als er wieder einmal unzufrieden mit dem Stand der Dinge war.^[3] „Nach anderer Seite ist offenbar wichtig, dass wir Beide demnächst ausführlich mit Burkhardt conferieren, nämlich betreffs der angewandten Bände. B. scheint da wirklich mangelhaft orientiert zu sein“. Als Klein sich damit eingehender zu beschäftigen begann, ging er von drei ‚angewandten‘ Bänden mit je einem Redakteur aus, „einen für Mechanik (Nr. 1), einen für Physik (Nr. 2), einen für Astronomie (Nr. 3). In dieser Hinsicht habe ich die eine positive Zusage, dass Schönflies bereit sein würde, Nr. 1 zu übernehmen. Wegen Nr. 2 rechne ich auf Sommerfeld oder vielleicht doch auf Wien. Nr. 3 aber könnte vermutlich Burkhardt festhalten.“^[4]

Sommerfeld wollte zuerst das ihm von Klein zuge dachte Los an Wilhelm Wien abtreten, da er sich schon mit der *Theorie des Kreisels* ausgelastet fühlte; als Wien absagte, fügte er sich in sein Schicksal und übernahm die Redaktion von Band V (Physik).^[5] Bei den Bänden IV (Mechanik) und VI (Astronomie) herrschte noch länger Unklarheit. Schließlich beteiligten sich an der Redaktion von Band VI, der um die Geodäsie und Geophysik erweitert wurde, neben Burkhardt weitere Forscher wie Emil Wiechert und der

^[1] Brief [43].

^[2] [Frank und Mises 1935, S. 808–875], [Rubinowicz 1966].

^[3] *F. Klein an W. Dyck, 5. Juli 1897. München, BSB, Dyckiana, Schachtel 5.*

^[4] *F. Klein an W. Dyck, 25. April 1898. München, BSB, Dyckiana, Schachtel 5.*

^[5] Vgl. die Briefe [23] und [24].

Astronom Rudolph Lehmann-Filhés. Klein selbst übernahm schließlich die Mechanik, um die er sich schon wegen seines Interesses für die Annäherung an die Technik besonders sorgte. Noch über ein Jahr später äußerte er sich sehr zurückhaltend:^[1]

Ich möchte nun weiter den Wunsch aussprechen, dass die neue Redaction: Klein, Sommerfeld, Burkhardt und Wiechert vorläufig noch nicht dem Publicum vorgeführt wird. Ebenso wenig natürlich Schönflies, Sommerfeld, Burkhardt. Denn ich betrachte die neuen Redactionsverhältnisse noch keineswegs als stabil und habe von diesem ewigen Wechsel der Namen, wenn ich mich als unbeteiligtes Publicum denke, einen sehr schlechten Eindruck.

Mit Sommerfeld war er von Anfang an sehr zufrieden: Sommerfeld sei „willig und tüchtig“, schrieb er Dyck im August 1898,^[2] kurz nachdem Sommerfeld definitiv zugesagt hatte. Der beschrieb die auf ihn zukommende Aufgabe in einem Brief an seine Mutter, die offenbar Querelen mit dem Mathematikredakteur Franz Meyer befürchtete, der jetzt in Königsberg lehrte:^[3]

Eh bien! Mit dem *mathematisch-physikalischen* Teil hat Meyer gar nichts zu thun. Ich werde diesen in demselben Sinne redigieren (nur hoffentlich etwas friedlicher, ohne mit sämtlichen Mitarbeitern Krakehl zu bekommen) wie er den algebraischen und geometrischen Teil redigiert. Ebenso wenig wie er mein Unterarbeiter in diesen Teilen, bin ich der seinige im späteren Bande. Ich werde allerdings sehr viel weniger zu thun haben wie Meyer, weil meine Verantwortlichkeit nur circa $\frac{1}{2}$ Band umfasst, die Meyer'sche dagegen 2. Klein wird sich insofern der beiden letzten von Schönflies, Burkhardt u. mir herauszugebenden Bände noch mehr annehmen, wie der ersten, als er bei einer $\frac{1}{4}$ jährlichen Reise durch Italien, Frankreich, Holland, England die geeignetsten Mitarbeiter kennen lernen und der Redaction namhaft machen will. Es wird dieses deshalb gut sein, weil namentlich in dem von Schönflies herauszugebenden technischen Teil die Fachmänner sehr verstreut sind. Die Verhältnisse sind mit Klein alle ganz klar abgesprochen. Eine Zweideutigkeit liegt

^[1] F. Klein an W. Dyck, 12. Oktober 1899. München, BSB, Dyckiana, Schachtel 5.

^[2] F. Klein an W. Dyck, 20. August 1898. München, BSB, Dyckiana, Schachtel 5.

^[3] J. und A. Sommerfeld an die Mutter, 8. Juli 1898. München, Privatbesitz.

nicht vor. Ich vertrage mich dauernd gut mit ihm. Letzten Sonnab.[end] u. Sonnt.[ag] habe ich ca. 6 Stunden mit ihm conferirt. Ich glaube durch die Encyklopädie mit vielen Leuten in wissenschaftlichen Verkehr treten zu werden.

Wie bei der *Theorie des Kreisels* hatte Sommerfeld auch in diesem Fall das tatsächliche Ausmaß weit unterschätzt. Der anfänglich vorgesehene Umfang der Encyklopädieartikel mußte in fast allen Fällen deutlich nach oben korrigiert werden. Allein aus dem Band V (Physik) wurden drei dicke Teilbände, und von der Konzeption des ersten Artikels bis zum Druck des letzten vergingen mehr als 25 Jahre.^[1] Die einzelnen „Artikel“ besaßen nicht selten den Charakter eines Lehrbuchs, etwa der 1903 abgeschlossene Beitrag von Lorentz zur Elektronentheorie.^[2] Die Darstellung lieferte auf 144 Seiten ein gleichermaßen aktuelles wie abgerundetes Bild – kurz bevor dieses ‚klassische‘ Gebiet der theoretischen Physik der Jahrhundertwende durch die Relativitäts- und Quantentheorie ein neues Fundament erhielt.

Dank der Koryphäen, die Klein und seine Redakteure verpflichten konnten, fand die *Encyklopädie* allmählich die Anerkennung, die Klein sich erhofft hatte – auch und insbesondere die physikalischen Teilbände. Im Stadium der Planung waren die Meinungen weit auseinandergegangen. Die einen hielten das Vorhaben für äußerst verdienstvoll, andere urteilten eher ablehnend, wie Volkmann, bei dem Sommerfeld in Königsberg seine ersten Vorlesungen in theoretischer Physik gehört hatte und der auch Autor einer *Einführung in das Studium der theoretischen Physik*^[3] war. Volkmann argwöhnte, die *Encyklopädie* werde die theoretische Physik an ein „mathematisches Gängelband“ legen.^[4] Vor diesem Hintergrund ist es interessant zu beobachten, wie Sommerfeld zunächst in enger Abstimmung mit Klein, im Laufe der Zeit immer selbständiger und engagierter mit den Autoritäten der Mathematik und Physik verkehrte.

Eine gemeinsame Reise mit Klein in die Niederlande im September 1898 war der Auftakt von Sommerfelds Redakteurstätigkeit für die *Encyklopädie*. Klein hatte in Vorbereitung dieser Reise an Lorentz geschrieben:^[5]

Mein Wunsch wäre, vor allen Dingen mit Ihnen selbst den ganzen mathematisch-physikalischen Abschnitt durchzusprechen

^[1] [Sommerfeld 1904-1926].

^[2] [Lorentz 1904b].

^[3] [Volkmann 1900].

^[4] Brief [38].

^[5] *F. Klein an H. A. Lorentz, 5. September 1898. AHQP/LTZ-1.*

und übrigens durch Ihre Vermittlung die holländischen mathematisch-physikalischen Kreise näher kennen zu lernen. An unseren Besprechungen würde, wenn Sie es gestatten, Prof. *Sommerfeld* teilnehmen, der die Redaction des math. phys. Abschnitts in die Hände nehmen wird [...]

Im August 1899 unternahmen Klein und Sommerfeld eine weitere gemeinsame Reise, diesmal nach Großbritannien und Irland. Das Augenmerk galt vor allem den Autoren englischer Lehrbücher wie Lord Kelvin, Peter Guthrie Tait oder Augustus Edward Hough Love, deren anwendungsnahe mathematisch-physikalische Auffassung Klein besonders imponierte.^[1] „Heute und morgen will ich mit Sommerfeld über mathematische Physik und englische Reise conferieren“, schrieb er am 2. Juli 1899 an Dyck.^[2] Sieben Wochen später berichtete er aus London:^[3]

Wir sind eben zwei Tage in Dublin gewesen [...]. Sommerfeld nimmt einen ziemlich selbständigen Aus[druck], so dass wir ihm die Bearbeitung der Physik ebenso überlassen können, wie etwa Bd. 1 und 3 Franz Meyer (trotzdem es S. verschiedentlich noch an Kenntnißen, insbes. historischer Art mangelt, was ja nicht anders sein kann). Mechanik betr. habe ich einige werthvolle Mitarbeiter gewonnen: Darwin ist bereit, womöglich mit Hough zusammen, die *tides*^[4] zu bearbeiten. Love nimmt die *Hydrodynamik*, Whittaker (der gerade bez. Referat für die British Ass[ociation] vorbereitet) die *theoretische Astronomie*. Andere Namen habe ich vorgemerkt [...]

Sommerfeld fand der anfänglichen Skepsis zum Trotz an seiner Aufgabe als Encyklopädieredakteur rasch Gefallen. Humorvoll hatte er kurz vor Reiseantritt Klein eine Kostprobe seiner Englischkenntnisse gegeben – und auch gleich angedeutet, wie dieser sich erkenntlich zeigen könne: Klein solle ihn für eine Professur auf einen Lehrstuhl für Mechanik in Aachen empfehlen, „because, as German people says, ‚eine Liebe‘ (Kreisel + Encyclop.) ‚der anderen wert ist‘ (Aachen-recommandation)“.^[5] Nach der gemeinsamen Englandreise stellten Klein und Sommerfeld eine erste Gliederung der Mechanik- und Physikbände zusammen, die sie im Anschluß an die im

^[1] [Klein 1922a, S. 508].

^[2] *F. Klein an W. Dyck, 2. Juli 1899. München, BSB, Dyckiana, Schachtel 5.*

^[3] *F. Klein an W. Dyck, 20. August 1899. München, BSB, Dyckiana, Schachtel 5.*

^[4] Vgl. [Darwin 1898] und [Darwin und Hough 1908].

^[5] Brief [34]. Zur Berufung Sommerfelds nach Aachen siehe Teil 2, insbesondere Seite 127.

September 1899 in München tagende Naturforscherversammlung auf einer kleinen „Encyclopädieconferenz“ zur Diskussion stellen wollten. „Sommerfeld und ich lassen eben für Bd. IV und V einen ausführlichen Entwurf autographieren, den wir auch nächster Tage versenden wollen und der die betr. Berathungen in München hoffentlich erleichtern wird“, schrieb Klein Ende August 1899 an Dyck.^[1] Sommerfeld nahm noch vor der Münchner Tagung den im Vorjahr mit Lorentz hergestellten Kontakt wieder auf, um ihn zur definitiven Übernahme von Encyclopädieartikeln zu überreden.^[2] Im Briefwechsel Sommerfelds jener Wochen mit Lorentz, W. Wien, Boltzmann und Klein zeigt sich besonders deutlich, worauf es bei der Redaktionstätigkeit, über das wissenschaftliche Bearbeiten der künftigen Artikel hinaus, ankam: Organisatorisches wie die Festlegung von Gliederungen, Bogenanzahl und Ablieferungsfristen mußten mit den persönlichen Eigenheiten der Autoren und ihren unterschiedlichen Interessen in Einklang gebracht werden – wobei Sommerfeld nicht nur die Redaktion seines Physikbandes übernahm, sondern auch Ratgeber für den von Klein redigierten Mechanikband war.

Es verwundert nicht, daß Sommerfeld rasch mit dem Lehrbuch- und Zeitschriftenwesen seiner Disziplin sowie den wissenschaftlichen Verlagen in Kontakt kam, war er doch ein aufstrebender Mathematiker und Virtuose auf dem Gebiet der partiellen Differentialgleichungen der Physik, ein kontaktfreudiger und geselliger Universitätslehrer sowie ein Kleinschüler mit Sinn für dessen weitreichende wissenschaftsorganisatorische Anliegen. S. Hirzel wollte ihn als Autor eines Lehrbuchs über „die praktischen Differentialgleichungen“ gewinnen,^[3] der Mathematiker Heinrich Weber versuchte ihn für „eine neue Ausgabe der Riemannschen Vorlesungen über partielle Differentialgleichungen“ zu interessieren, und der Verlag Teubner verpflichtete ihn als wissenschaftlichen Berater für sein mathematisch-physikalisches Lehrbuchprogramm.^[4]

Angesichts solcher Anerkennung fühlte sich Sommerfeld zu einer angeseheneren Stellung berechtigt. Die Gelegenheit schien günstig, als 1899 die Nachfolge des nach Königsberg berufenen Arthur Schönflies anstand, der in Göttingen ein Extraordinariat für Darstellende Geometrie bekleidet hatte. Gern wäre Sommerfeld „persönlicher Ordinarius“ neben Klein und Hilbert geworden, doch Schönflies konnte ihm nur mitteilen:^[5]

^[1] *F. Klein an W. Dyck, 31. August 1899. München, BSB, Dyckiana, Schachtel 5.*

^[2] Brief [35].

^[3] Brief [30].

^[4] Brief [25]. bzw. die Briefe [27] und [31] sowie Seite 105.

^[5] *A. Schönflies an A. Sommerfeld, 20. September 1899. München, DM, Archiv HS 1977-*

Was nun die Hauptsache betrifft, auf die ich sofort antworte, so kommt Ihr Brief vielleicht einen Tag zu spät. Sie kennen ja das amerikanische Tempo des Meisters [...] Mittwoch Mittag war ich wieder hier, Abends suchte ich Klein auf, Donnerstag Nachmittags war bereits Spaziergang mit Hilbert und mir, um die Frage der Nachfolge zu erledigen, Donnerstag Abend bereits offizielle Konferenz der Seminardirectoren, um die definitiven Beschlüsse zu fassen. Die Sache geht nämlich nicht durch die Facultät.

Wer der in erster Linie ins Auge gefaßte Nachfolger ist, werden Sie ja wissen; ich glaube kaum, daß ich indiscret bin, indem ich seinen Namen ‚Scheffers‘ hierhersetze.^[1] Kommt er, so ist die Sache erledigt [...] Wenn er aber in Darmstadt bleibt – vielleicht erreicht er dort durch den Ruf ein Ordinariat! – so beginnt hier die Traurigkeit und die Sachlage wird penibel. Für diesen Fall allein könnte also auch Ihr heute erhaltener Brief in Frage kommen. Nun ist ja evident, daß ich in den nächsten Tagen an Hilbert, der Sie sicher *gern* hier hätte, seinen Inhalt mitteilen werde. Aber ich vermute, daß die Bedingung des persönlichen Ordinariats die Sache illusorisch macht. Klein will einen jüngeren Mann, der in ihm eine Art Vorgesetzten sieht; [...] Selbst die Art, wie hier diesem Nachfolger Lehrauftrag und Lehrtätigkeit festgesetzt sind, läßt dies ganz ausgeschlossen erscheinen; ich halte es daher meinerseits für richtiger, Klein zunächst nichts von Ihrem Brief zu sagen; ich lese auch aus diesem Brief heraus, daß ich damit jedenfalls warten soll, bis Klein etwa von selbst wieder sich auf die Suche begiebt, und sein Blick dabei nach Clausthal streift.

Klein gegenüber ließ Sommerfeld von diesen Wünschen nichts verlauten. Statt dessen eröffnete sich ihm mit der Berufung an die Technische Hochschule in Aachen eine andere Perspektive, die zwar gegenüber einem Ruf an die Göttinger Universität nur ein bescheidener Ersatz sein konnte, im Vergleich zu Clausthal aber eine deutliche Verbesserung bedeutete. Er

28/A, 311.

^[1] Georg Scheffers, seit 1896 Extraordinarius an der TH Darmstadt, lehnte ab. Der Ruf ging dann an den Kleinschüler Friedrich Schilling, seit 1897 außerordentlicher Professor an der TH Karlsruhe. 1904 erhielt Schilling einen Ruf als Ordinarius an die TH Danzig. Die Göttinger Professur wurde in ein Ordinariat für angewandte Mathematik umgewandelt – das erste dieser Art in Deutschland – und mit Carl Runge besetzt.

werde also „in Aachen annehmen“, schrieb er an Klein mit einem Unterton des Bedauerns:^[1] „Es heisst dies ja allerdings von vorn anfangen u. die nächsten Jahre colossal lernen, statt die Früchte in productiver Arbeit zu ernten.“

^[1] *A. Sommerfeld an F. Klein, 29. November 1899. Göttingen, NSUB, Klein 11.*