

Zum Gedächtnis an Giovanni Gentile jun.

A. SOMMERFELD

Ebenso wie seine Kollegen und Schüler bin auch ich auf's tiefste erschüttert durch den tragischen Tod unseres jungen Freundes GIOVANNI GENTILE. Er war ein hervorragender Gelehrter. Besonders seine letzten Arbeiten sicherten ihm eine bedeutende Stellung in der theoretischen Physik. Die Wissenschaft verliert viel durch seinen Tod.

Es sind besonders zwei seiner Arbeitsgebiete, die ich hier betrachten möchte: das eine vom klassischen Typ, das andere vom modernen, hochaktuellen Typ, jenes aus dem Gebiet der mathematischen Physik elektrischer Schwingungen, dieses aus dem der Quanten-Statistik. Im ersten Fall handelt es sich um die Theorie des Lecher'schen Systems. Bekanntlich hat HEINRICH HERTZ sowohl die experimentelle wie die theoretische Erforschung der elektromagnetischen Drahtwellen begründet. Allerdings war seine theoretische Behandlung keine endgültige. Er setzte den Draht als unendlich dünn voraus, so daß die Stetigkeits-Bedingungen an der Oberfläche des Drahtes fehlen. Infolgedessen bleibt die Fortpflanzungs-Geschwindigkeit der Wellen längs des Drahtes bei ihm unbestimmt; diese kann sogar größer als die Geschwindigkeit des Lichtes sein.

Wenige Jahre nach dem Tode von HERTZ konnte ich seine Lösung vervollständigen, indem ich geeignete Bedingungen sowohl an der Oberfläche des Drahtes wie im Unendlichen einführte. Meine Lösung war korrekt vom mathematischen Standpunkt aus, aber nicht vom physikalischen; denn es fehlte bei mir (ebenso wie übrigens auch bei HERTZ) die Rückleitung des Stromes.

GUSTAV MIE nahm bald darauf das Problem der zwei parallelen Drähte in Angriff, die von zwei entgegengesetzt gerichteten Wechselströmen durchflossen werden, und löste es nach den strengen Formeln der MAXWELL'schen Theorie. Seine Lösung ist befriedigend vom physikalischen Standpunkt aus, aber nicht vom mathematischen. Mie entwickelte das elektromagnetische Feld nach den Potenzen der Abstände r_1 , r_2 zwischen dem Aufpunkt und den beiden Drähten; er erhielt auf diesem Wege Formeln, die schrecklich unübersichtlich waren. Aber — wenn man ein Schloß öffnen will, muß man dazu einen Schlüssel, nicht ein Beil nehmen. Die Potenzentwicklung wirkt in diesem Falle wie ein Beil, nicht wie ein angemessener Schlüssel.

Vor einigen Jahren nun schickte mir GIOVANNI GENTILE eine Arbeit über die Diffraktion des Lichtes an zwei parallelen Drähten, die also eine Art Spalt bilden. Ich interessierte mich für die von ihm angewandte ingenieure Methode und schlug ihm vor, diese Methode auf das Lecher'sche System zu übertragen. Das gelang ihm, wie er mir im vorigen Jahre schrieb, auf eine sehr bemerkenswerte Weise. Bei dem einzelnen Draht gibt es nicht nur meine Lösung des Problems (wir wollen sie die « Hauptlösung » nennen), sondern auch eine unendliche Anzahl anderer Lösungen, die beim Fortschreiten längs des Drahtes rapide geschwächt werden (wir werden sie die « Nebenlösungen » nennen). Ein Schüler von mir, Herr HONDROS, jetzt Professor in Athen, hat diese in seiner Doktorarbeit aufgestellt. Bei der Methode der Eigenfunktionen kommt nun alles darauf an, daß das System der Eigenfunktionen *vollständig* ist. Zu dem vollständigen System der Eigenfunktionen beim Problem der Drahtwellen gehören aber die Nebenlösungen ebenso gut wie die Hauptlösung. Daher konstruiert GENTILE eine allgemeine Eigenfunktion mit einer unendlichen Anzahl verfügbarer Coeffizienten, indem er die Nebenlösungen der Hauptlösung superponiert. Es gelingt ihm auf diese Weise, mittels der verfügbaren Coeffizienten den Grenzbedingungen an der Oberfläche der beiden Drähte zu genügen. Diese Lösung wird, wie ich höre, in der Doktorarbeit von Frl. THERESE MAGRI veröffentlicht und diskutiert werden. Es wird mir eine Freude sein, darüber in unserer « Zeitschrift für Hochfrequenz » zu berichten und die oben skizzierten historischen Zusammenhänge zwischen der GENTILE'schen Methode und den früheren Arbeiten auseinander zu setzen.

Das zweite der oben angedeuteten Probleme, noch viel interessanter und fruchtbarer als das erste, ist das der *intermediären Statistik*.

Wie bekannt, hat der indische Gelehrte, S. N. BOSE, in der Absicht, das PLANCK'sche Strahlungsgesetz zu erklären, eine Statistik aufgestellt, die von der klassischen BOLTZMANN'schen Statistik verschieden ist. Er nahm an, daß jede Zelle des Phasenraumes von einer beliebigen Anzahl, 0, 1, 2, ... ∞ , von *Photonen* besetzt werden könne. EINSTEIN wandte diese statistische Methode auf beliebige Moleküle an, indem er sie geeignet erweiterte. Eines seiner Resultate war ein seltsames Phänomen von Condensation, welches für den Fall des Helium-Gases bei der absoluten Temperatur von 3,13° eintreten sollte. Bei dieser « kritischen » Temperatur T_{krit} würde es nur eine endliche Anzahl N von Helium-Molekülen, sagen wir $N = N_{max}$, geben können, die sich in diese Statistik einordnen lassen. Wenn die wirkliche Anzahl der Teilchen größer ist als N_{max} , so sollte sich der Rest $N - N_{max}$ kondensieren. Dabei würde sich das paradoxe Resultat ergeben, daß die Zustandsgleichung nicht zu kleineren Temperaturen als der kritischen ausgedehnt werden könnte; gewisse analytische Singularitäten würden das verhindern. Man würde also nichts über den Zustand des Gases z.B. beim absoluten Nullpunkt erfahren können.

Dieses EINSTEIN'sche Ergebnis ist von verschiedenen Autoren (UHLENBECK, etc.) kritisiert worden. F. LONDON andererseits hat es zu stützen versucht (« Phys. Rev. », Dezember 1938). Er vermeidet die Benützung der STIRLING'schen Formel, berechnet die Zustandssummen nicht als Integrale sondern als endliche Summen; aber es gelingt auch ihm nicht, das Hindernis der oben genannten Singularitäten zu überwinden.

GIOVANNI GENTILE dagegen faßte das Übel an der Wurzel. Einer Anregung von Professor POLVANI folgend, schuf er eine neue Statistik, die zwischen der Statistik von BOSE und der von FERMI liegt und die er daher *intermediär* nennt. Er setzte die Höchstzahl der Moleküle, die in einer Phasenzelle enthalten sein dürfen, gleich der Gesamtzahl N der Moleküle des Gases und vermied dadurch die EINSTEIN'schen Singularitäten. Die statistische Verteilungsfunktion von GENTILE wird auf diese Weise, im Gegensatz zu der von BOSE-EINSTEIN, eine *holomorphe Funktion der Variablen im ganzen Bereich von $T = 0$ bis $T = \infty$* . Die Temperatur $T = 3,13^\circ$ ist nicht mehr eine « kritische » Temperatur; sie bezeichnet nur diejenige Stelle, in deren Umgebung ein ziemlich plötzlicher, aber durchaus stetiger Übergang stattfindet zwischen dem Verhalten für große T und dem davon sehr verschiedenen Verhalten für extrem kleine T . *Diese Verschiedenheit bedeutet den bisher rätselhaften Übergang von He I zu He II.*

Beim Vergleich mit den experimentellen Tatsachen muß man übrigens annehmen, daß die theoretische Temperatur $T = 3,13^\circ$ durch den Einfluß der VAN DER WAALS'schen Kräfte in die beim Phasen-Übergang He I — He II beobachtete Temperatur $T = 2,19^\circ$ abgeändert wird, was durchaus möglich scheint.

Die Zustandsgleichung des Helium-Gases kann nunmehr von $T = \infty$ über $T = 2,19^\circ$ bis zu $T = 0$ ausgedehnt werden. Bei $T = 0$ zeigen die Formeln von GENTILE ein durchaus vernünftiges Verhalten: die Existenz einer Nullpunkts-Energie, das Verschwinden der Entropie und der spezifischen Wärme. Die Anomalie der spezifischen Wärme bei der Übergangstemperatur ist der beobachteten Anomalie des « λ -Punktes » analog.

Was mir zunächst einige Schwierigkeiten machte, war die Frage: Gas oder Flüssigkeit? GENTILE behandelte, was von seinem Standpunkte aus notwendig war, den Zustand als gasförmig. Aber der Zustand, den die Beobachtung bei He I und He II wirklich betrifft, hat durchaus den Charakter einer Flüssigkeit.

In einer mündlichen Diskussion mit Dr. C. SALVETTI schien sich der folgende Ausweg aus der Schwierigkeit zu ergeben: Die VAN DER WAAL'schen Kräfte, die in der GENTILE'schen Theorie ausdrücklich nicht berücksichtigt sind, verwandeln bei $T < 2,19^\circ$ das Gas in eine *andere* Flüssigkeit, nämlich He II, als bei $T > 2,19^\circ$, wo die gewöhnliche Flüssigkeit He I entsteht; bei der großen Verschiedenheit der Näherungsformeln für die Zustandsgleichung des He-Gases bei hohen und tiefen Temperaturen scheint dies nicht unplau-

sibel. Während aber der Übergang in der gasförmigen Phase bei $T = 2,19^\circ$ zwar ziemlich plötzlich aber *stetig* erfolgt, wird der Übergang zwischen den beiden flüssigen Phasen tatsächlich *unstetig*, so daß ein « λ -Punkt», d.h. ein Phasen-Übergang zweiter Ordnung entsteht. Eine ähnliche Betrachtung, in der aber statt der VAN DER WAALS'schen Kräfte die Capillarkräfte an der Wand einer Röhre in Betracht gezogen werden, stellt GENTILE selbst an, um den höchst merkwürdigen « fountain effect » verständlich zu machen, der von MENDELSSOHN und GAUNT beschrieben worden ist.

Sehr wichtig sind für die Beurteilung dieser und ähnlicher Erscheinungen die Ergebnisse einer Arbeit des schon genannten Dr. C. SALVETTI über innere Reibung und Wärmeleitung in einem Gas, das der GENTILE'schen Statistik genügt. Diese Arbeit wurde von GENTILE selbst angeregt und wird in den « Atti della R. Accademia d'Italia », Bd. XIII, Heft 4 erscheinen. Sie ist mit den strengen Methoden der Gastheorie, unter Benutzung der BOLTZMANN'schen Continuitäts-Gleichung für die Zusammenstöße durchgeführt, in der aber statt der MAXWELL'schen die GENTILE'sche Verteilung zu Grunde gelegt wird.

In unserem Münchener Colloquium habe ich über die intermediäre Statistik einen Vortrag gehalten, den ich etwa mit den Worten geschlossen habe: « GENTILE und ich glauben, daß das Mysterium des Helium II aufgeklärt werden kann durch die neue Statistik, welche die Statistiken von BOSE-EINSTEIN und FERMI unter einheitlichem Gesichtspunkt zusammenfaßt ».

In Gemeinschaft mit meinen Kollegen K. CLUSIUS, der im Leidener Laboratorium die ersten Beobachtungen über die spezifische Wärme des flüssigen Helium gemacht hat, beabsichtige ich in der deutschen Zeitschrift « Naturwissenschaften » einen Bericht über Helium II und über die GENTILE'sche Statistik zu veröffentlichen.

Zum Schluß möchte ich noch ganz kurz auf eine Arbeit von V. SOMENZI hinweisen, die ebenfalls durch GIOVANNI GENTILE angeregt worden ist. Es handelt sich hier darum, zu einer Theorie meines früheren Mitarbeiters H. WELKER über Supraleitung, die sich mit im Wesentlichen qualitativen Argumenten begnügte, quantitative Unterlagen auf Grund strengerer elektrodynamischer Rechnungen zu liefern. Diese Arbeit zeigt, ebenso wie die vorher genannten Arbeiten von Schülern unseres jungen Freundes, wie erfolgreich seine Wirksamkeit nicht nur als Forscher sondern auch als Lehrer im höheren Sinne gewesen ist, nämlich als Führer seiner Schüler zu selbständigen Untersuchungen. Wir fühlen tief den Verlust, den die italienische Physik durch seinen Tod erlitten hat.