

Resonators von bestimmter Schwingungszahl zu der Intensität der Strahlung derselben Schwingungszahl?

Schon dabei ergab sich eine Überraschung. Eine reine elektrodynamische Lösung dieses Problems existiert nicht. Erst wenn man in Analogie zur Hypothese der molekularen Unordnung eine Hypothese der natürlichen Strahlung einführt, wird das Problem überhaupt bestimmt. Dann aber konnte *Planck* leicht den gesuchten Zusammenhang rechnerisch angeben.

Nun war der zweite notwendige Schritt, zu entscheiden, in welchem Zusammenhang die mittlere Energie des Resonators mit der Temperatur steht. Hier verlegte sich *Planck* zuerst aufs Raten, natürlich auf ein durch rationale Überlegungen gesteuertes Raten. Und das Resultat schien günstig; es stimmte nämlich mit einem schon anderweitig aufgestellten, aber nicht richtig begründeten Gesetz überein, und ebenso mit den damaligen Messungen der spektralen Energieverteilung.

So stand es im Sommer 1900. Da zeigten Messungen von *Kurlbaum* und *Rubens* die Brauchbarkeit der genannten Spektralformel für die kürzeren, aber ihr Versagen für die längeren Wellen. Für diese galt sehr angenähert eine früher von *Rayleigh* und *Jeans* aufgestellte Formel, die aber unmöglich für das ganze Spektrum richtig sein konnte. Man hatte also zwei verschiedene, mathematisch wohldefinierte Grenzfälle; es lag nicht fern, interpolatorisch ein Gesetz zu suchen, welches für das ganze Spektrum galt und diese Grenzfälle mit einschloß. Und hier bewährte sich nun *Plancks* einzigartige Einfühlung in die Thermodynamik. Während nämlich alle anderen Physiker bei der Diskussion des Strahlungsproblems unmittelbar an den Zusammenhang von Energie und Temperatur herangingen, sah er den Kern der Frage in dem Zusammenhang von Energie und Entropie eines Resonatoren-Systems. Dies machte die Interpolation einfach und führte ziemlich eindeutig zu dem mit *Plancks* Namen für alle Zeiten gezielten Strahlungsgesetz. Am 19. 10. 1900, sobald *Kurlbaum* seinen Vortrag über die neuen Messungen in der Berliner Physikalischen Gesellschaft beendet hatte, konnte er es mitteilen; am Tage darauf bekam er eine Postkarte von *Rubens*, daß dieses Gesetz zu jenen Messungen passe.

Damit aber kam erst die weit schwierigere Aufgabe, diesen Zusammenhang zwischen Energie und Entropie nun auch rein theoretisch zu begründen. *Planck* mußte bald erkennen, daß die reine Thermodynamik notwendig zu ergänzen wäre durch eine statistische Entropieberechnung auf Grund der *Boltzmann-*

schen Ideen. Das bedeutete, daß er sich nun mit aller Entschiedenheit auf atomistischen Boden stellte. Aber die Atomistik mußte, wenn überhaupt eine statistische Entropieberechnung möglich sein sollte, ausgedehnt werden auf die Energie selbst. Diese mußte bestehen aus Energiequanten endlicher-Größe. Damit aber kam *Planck* in der Tat zwangsläufig auf den vorher halb erratenen Zusammenhang, also auch wieder auf sein Strahlungsgesetz. Er trug die Ableitung am 14. 12. 1900, wieder in der Physikalischen Gesellschaft zu Berlin, vor. Das war der Geburtstag der Quanten-Physik, und *Planck* war sich von Anfang an klar, daß er eine Tat vollbracht hatte, die der Begründung der Dynamik durch *Newton* ebenbürtig war.

Aber sein Stolz darauf war nicht ohne Schmerz. Er, dem mehr als anderen die Einheit der Physik als Ideal vor Augen stand, hatte durch diese Tat einen tiefen Riß in diese Wissenschaft gebracht. Immer wieder trat er mit Ansätzen hervor, die Kluft, wenn nicht zu schließen, doch zu überbrücken. Er hat sie schließlich als vergeblich erkannt, empfand aber die darauf verwandte Mühe keineswegs als vergeblich vertan. „Denn“, so äußerte er in einem seiner Vorträge, „auch eine Enttäuschung, wenn sie nur gründlich und endgültig ist, bedeutet einen Schritt vorwärts“. Sie kann die Vorbedingung für neue Erkenntnis werden.

Zwei Wesenszüge haben *Planck* zu seinem, erst die Wissenschaft, dann die ganze Welt erschütternden Erfolge geführt. Erstens jene Ahnung, die schon den Jüngling erfaßte, daß hinter dem Entropie-Begriff mehr stecke, als seine Vorgänger herausgeholt hatten, und die daraus folgende Versenkung in das Wesen dieses Begriffs. Das kann ihm nur jemand nachmachen, der gleich ihm ein Genie von Gottes Gnaden ist. Zweitens aber – und darin kann ihm jeder folgen, der guten Willens ist – die Gewissenhaftigkeit und Treue in Verfolgung des ihm durch die innere Stimme und nur durch sie vorgeschriebenen Weges. Seine berühmte Rektoratsrede vom 3. 8. 1914, in der er unter Hinweis auf den Kriegsausbruch, aber im beabsichtigtem Gegensatz zu der ungeheuren Aufregung darüber ganz ruhig von seiner Wissenschaft sprach, schließt mit den überaus charakteristischen Worten: „Gewissenhaftigkeit und Treue, das sind die Führer, die dem Menschen wie in der Wissenschaft, so auch weit darüber hinaus den rechten Lebensweg weisen, die ihm keineswegs glänzende Augenblickserfolge, wohl aber die höchsten Güter des menschlichen Geistes, nämlich den inneren Frieden und die wahre Freiheit gewährleisten“.

[A 103]

Die Auswirkungen des Lebenswerkes Max Plancks

von Prof. Dr. WERNER HEISENBERG, Göttingen

In vielen Wissenschaften würde man einem Forscher das größte Lob spenden, wenn man von ihm sagt, er habe nicht nur ein wichtiges Forschungsgebiet durch seine Arbeit neu erschlossen, sondern er habe dieses Gebiet auch selbst so gründlich nach allen Richtungen durchsucht, daß er es als einen fertig abgeschlossenen Teil im großen Gebäude der Wissenschaft der Nachwelt habe übergeben können. In den exakten Naturwissenschaften aber kann der wirklich große Forscher noch mehr erreichen. Er kann durch eine entscheidende Entdeckung, wie *Planck* es einmal selbst ausgedrückt hat, ein Samenkorn in den Boden legen, das so fruchtbar ist, daß es der Arbeit vieler Generationen bedarf, die Ernte einzubringen. *Newtons* Hauptwerk, die „*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*“, hat die Naturforschung etwa 200 Jahre lang beschäftigt. *Max Planck* hat mit der Entdeckung des Strahlungsgesetzes und des Wirkungsquantums eine neue Epoche in der exakten Naturwissenschaft eingeleitet, die in den fünf Jahrzehnten, die seitdem vergangen sind, eine große Zahl von Forschern auf der ganzen Erde zu immer neuen Entdeckungen, zu immer tieferen Einblicken in die Zusammenhänge der Natur geführt hat, und es ist einstweilen noch nicht abzusehen, daß die von *Planck* eingeleitete stürmische Entwicklung in absehbarer Zeit ein Ende finden könnte. – Ich will Ihnen die Entwicklung der Quanten-

theorie, die sich nach der *Planckschen* Entdeckung durch die Arbeit anderer Forscher bis heute vollzogen hat, hier kurz zu schildern versuchen.

Planck selbst war sich der inneren Harmonie und Geschlossenheit der damaligen Physik, die wir heute die klassische Physik nennen, so voll bewußt, daß er in den Jahren nach der Aufstellung der Quantenhypothese mehrfach versucht hat, die Gegensätze zwischen seiner Hypothese und den Grundsätzen der klassischen Physik zu mildern und irgendwie auszugleichen. Die jüngere Generation aber denkt nicht so konservativ wie die ältere. Sie wird gerade durch die neuen und revolutionären Ideen zum Handeln begeistert, und der Widerspruch zum Alten, Bewährten fällt für sie wenig ins Gewicht. Die nächsten wichtigen Erkenntnisse auf dem Gebiet der Quantentheorie sind im Jahre 1905 von *Einstein* gewonnen worden, der, damals etwa 26 Jahre alt, nun gerade die neuen und scheinbar absurden Annahmen der Quantenhypothese zum Ausgang seiner Überlegungen macht. Es gelang ihm, bei zwei Problemen mit Hilfe der *Planckschen* Hypothese Fortschritte zu erzielen. Einmal handelt es sich um den sogenannten Lichtelektrischen Effekt. Wenn eine Metallplatte mit Licht bestrahlt wird, so werden aus ihr Elektronen ausgelöst. Man sollte meinen, die Geschwindigkeit der ausgeschleuderten Elektronen müsse umso größer sein, je intensiver das auffallende

Licht ist. Die Experimente, die *Lenard* 1902 über diese Frage angestellt hatte, brachten aber einen ganz anderen Zusammenhang zutage. Die Geschwindigkeit der ausgeschleuderten Elektronen hängt nicht von der Stärke, sondern, wie man erst später klar erkannt hat, von der Farbe des auffallenden Lichtes ab. Je kurzwelliger das auffallende Licht, umso energiereicher sind die ausgeschleuderten Elektronen. Diese Tatsache deutete nun *Einstein*, indem er im Anschluß an *Planck* annahm, daß Licht einer bestimmten Farbe stets in Energiequanten, in sogenannten Lichtquanten vorkomme. Die Größe der Energiequanten bestimmt sich nach der *Planckschen* Gleichung, und tatsächlich konnte man mit dieser Gleichung die *Lenard*-schen Versuche quantitativ deuten. Damit war das so geheimnisvolle Wirkungsquantum an einer neuen, unerwarteten Stelle in Erscheinung getreten. Außerdem hat *Einstein* gerade der unverständlichen Seite der Quantentheorie einen neuen Ausdruck gegeben. Er hatte das Licht, das normalerweise als Wellenbewegung aufgefaßt wird, als Bewegung schnellfliegender Teilchen beschrieben und damit ein dualistisches Element in die Naturbeschreibung eingeführt.

Die zweite Stelle, an der *Einstein* das Wirkungsquantum wiederentdeckte, war die spezifische Wärme fester Körper. Nach der klassischen Physik sollte die spezifische Wärme fester Körper von der Temperatur ziemlich unabhängig sein, also auch bei tiefen Temperaturen den Wert behalten, den man bei hohen Temperaturen beobachtet und mit Hilfe der Atomhypothese erklären kann. In Wirklichkeit sinkt die spezifische Wärme der festen Körper bei tiefen Temperaturen zu sehr kleinen Werten ab. *Einstein* löste die Schwierigkeit, indem er das im Kristall bei der Wärmebewegung schwingende Atom mit dem *Planckschen* Oszillator verglich. Auch die spezifische Wärme des *Planckschen* Oszillators nimmt bei abnehmenden Temperaturen ab. *Einstein* konnte zeigen, daß man so mit Hilfe der Quantenhypothese die spezifische Wärme qualitativ richtig herausbekommt, und einige Jahre später hat *Debye* die Theorie so verfeinert, daß sie die Erfahrungen mit großer Genauigkeit darstellt.

Wieder verging eine Reihe von Jahren, bis das Wirkungsquantum zum viertenmal, und zwar diesmal an einer zentralen Stelle der damals in schneller Entwicklung befindlichen Atomphysik auftauchte. Im Jahre 1911 hatte *Rutherford* in England sein bekanntes Atommodell aufgestellt. Er hatte das Atom als ein Planetensystem im Kleinen beschrieben. In seinem Zentrum steht der Atomkern, der fast die ganze Masse des Atoms trägt und positiv geladen ist; um ihn kreisen in relativ weitem Abstand die negativ geladenen Elektronen. *Rutherford* hatte sein Modell gebildet auf Grund seiner Erfahrungen über das Verhalten der Atomkerne. Wenn aber das Atommodell richtig war, so mußte das chemische Verhalten und das Leuchten der elektrisch angeregten Atome aus den Bewegungen der Elektronen um den Kern verstanden werden können. Die Lösung dieser Aufgabe hatte sich *Niels Bohr* in Dänemark zum Ziel gesetzt. Er erkannte, daß das Atommodell, wenn man die Gesetze der klassischen Physik anwendet, keine richtigen Resultate liefern kann. Wenn man aber die *Plancksche* Hypothese in einer interessanten neuen Fassung zugrunde legte, so wurde die außerordentliche Stabilität der Atome verständlich, und *Bohr* konnte im Jahre 1913 das Leuchten des Wasserstoffatoms, also das Gesetz seines Spektrums mit Hilfe der Quantenhypothese erklären. Damit wurde zum erstenmal die zentrale Bedeutung des Wirkungsquantums sichtbar. Kurze Zeit darauf bestätigten *Frank* und *Herz* experimentell die Existenz der sogenannten stationären Zustände, sie bewiesen also die Richtigkeit der Quantenvorstellung noch unmittelbarer, als das vorher möglich war. *Sommerfeld* erweiterte die *Bohrsche* Quantenbedingung auf die verschiedenen Freiheitsgrade des Wasserstoffatoms und konnte damit subtile Feinheiten im Spektrum des Wasserstoffatoms erklären.

Von der nun einsetzenden stürmischen Entwicklung kann ich immer nur die wichtigsten Ereignisse erwähnen. Die *v. Lauesche* Entdeckung der Röntgenstrahlen-Interferenzen im Jahre 1911 machte präzise Messungen der Röntgenspektren der Elemente möglich, die von *Sommerfeld* auf Grund der Quantenhypothese und des *Bohrschen* Modells gedeutet wurden. Die Beeinflussung des atomaren Leuchtens durch elektrische und

magnetische Felder konnte nach ähnlichen Methoden verstanden werden, und schon im Jahre 1920 konnte *Bohr* das chemische Verhalten der Elemente im ganzen periodischen System qualitativ mittels Atommodell und Quantenhypothese verständlich machen. Dabei bediente sich *Bohr* methodisch eines Prinzips, das er schon 1915 entwickelt hatte. *Bohr* versuchte, den Widerspruch zwischen der *Planckschen* Hypothese und der klassischen Physik nicht mehr zu verhüllen, sondern er verfolgte die qualitativen Konsequenzen aus der Annahme, daß die beiden Theorien trotz ihrer grundsätzlichen Verschiedenheit in gewissen Grenzfällen übereinstimmen müssen. Dieses Prinzip nannte er das Korrespondenzprinzip, das in seiner Hand zum Zauberstab wurde, mit dem er die Geheimnisse des Atombaus aufdecken konnte. Freilich war der Zauber selbst noch unverständlich genug. Als *Bohr* hier in Göttingen vor etwa 27 Jahren über seine Ergebnisse vortrug, war der Gesamteindruck etwa der, daß es sich bei dieser Anwendung der Quantenhypothese auf den Atombau um ein Gebiet von ungewöhnlicher Fruchtbarkeit und Wichtigkeit handele, daß aber doch der eigentliche Schlüssel zum Verständnis dieser ganzen Zusammenhänge noch nicht gefunden sei. Vielleicht darf ich einige Sätze vorlesen, die *Planck* selbst im Jahre 1923 über die damalige Situation in der Atomphysik geschrieben hat:

„Von einer einigermaßen befriedigenden Lösung der durch die Einführung der Quantentheorie in die Atomistik aufgeworfenen Probleme kann allerdings gegenwärtig noch lange nicht die Rede sein. Ja, nicht einmal die Frage nach den Grenzen des Gültigkeitsbereiches der klassischen Theorie läßt sich heute endgültig beantworten, vielmehr bestehen hierüber zur Zeit noch erhebliche Meinungsverschiedenheiten. So gibt es namhafte Physiker, welche den Prinzipien der klassischen Theorie im Grunde nur eine statistische Bedeutung zuerkennen wollen, ähnlich etwa wie bei einer periodischen Schallwelle die einfachen Gesetze der aufeinanderfolgenden Verdichtungen und Verdünnungen eines kontinuierlichen elastischen Mediums nur vorgetäuscht werden durch die statistischen Gesetzmäßigkeiten in den feinen unregelmäßigen Bewegungen der einzelnen unveränderlichen Moleküle. Eine solche Auffassung scheint mir jedoch weit über das Ziel hinauszuschießen, schon deshalb, weil sie mit der Preisgabe der klassischen Dynamik zugleich auch einer jeden rationalen Statistik die Grundlage entzieht. Aber auch direkter genügt ein Hinweis auf die von der *Bohrschen* Theorie postulierten Kepler-Bewegungen der Elektronen in einem einzelnen Atom von kleiner Ordnungszahl, bei denen doch von Statistik keine Rede ist, um erkennen zu lassen, daß selbst bei diesen allerfeinsten Vorgängen ohne die Grundgleichungen der klassischen Dynamik nicht auszukommen ist.

Besser wird den Verhältnissen eine Auffassung gerecht, welche, ausgehend von den bei der Wärmestrahlung festgestellten Gesetzmäßigkeiten, das Verhältnis der klassischen Theorie zur Quantentheorie in der Weise formuliert, daß für langsamere Vorgänge (längere Wellen) und große Energien (höhere Temperaturen) die beiden Theorien asymptotisch ineinander übergehen. Diese Auffassung trifft jedenfalls insofern das Richtige, als sie die Bedingung, daß die Größe des Wirkungsquantums unendlich klein gesetzt werden kann, in Zusammenhang bringt mit dem Umstand, daß für hinreichend große Quantenzahlen die Differenz zweier aufeinanderfolgender Zahlen klein wird gegen die Zahlen selbst, und sie hat auch bei der Aufstellung des überaus fruchtbaren Korrespondenzprinzips eine entscheidende Rolle gespielt; aber sie darf, wie auch *Bohr* selber hervorhebt, nicht zu der Auffassung verleiten, als ob für hohe Quantenzahlen die Quantentheorie mit der klassischen Theorie vollkommen verschmilzt. Das ist so wenig der Fall, als jemals eine diskrete Mannigfaltigkeit durch noch so enge Annäherung ihrer Elemente in eine stetige Mannigfaltigkeit übergeführt werden kann. Nur in angenähertem, statistischem Sinne ist also diese Verschmelzung zu verstehen. . . Hier wird sich voraussichtlich ein tiefer Eingriff in das Gedankensystem der klassischen Theorie als notwendig erweisen, dessen charakteristische Merkmale einstweilen noch ziemlich im Dunkeln liegen.“

Die Lösung dieser Schwierigkeiten ist dann schon einige Jahre später von zwei verschiedenen Seiten her erfolgt. Einmal nahm der Franzose *de Broglie* die *Einsteinschen* Arbeiten aus dem

Jahre 1905 wieder auf und wagte die Hypothese, daß der gleiche Dualismus, der sich bei der Erklärung der Strahlungserscheinungen als notwendig erwiesen hatte, auch bei der Materie, also bei den Elektronen gelten sollte. Das Licht erschien nach *Einstein* einmal als Wellenbewegung, ein anderes Mal als ein Regen schnellfliegender Teilchen. In ähnlicher Weise sollte nun auch ein Elektronenstrahl als Wellenbewegung aufgefaßt werden können.

Kurze Zeit darauf, im Sommer 1925, gelang es dem Göttinger Kreis, das *Bohrsche* Korrespondenzprinzip so weit zu verschärfen, daß ein mathematisch faßbares System von Gesetzen entstand, das die Quantenhypothese enthielt und mit dem man das Verhalten der Atome wirklich berechnen konnte. *Born* und *Jordan* und *Dirac* entwickelten dieses System schnell zu einer großen mathematischen Vollendung. Etwa ein halbes Jahr später drang *Schrödinger*, von der *de Broglieschen* Idee ausgehend, zu einem anderen mathematischen System vor, das sich etwa ein Jahr später trotz aller äußeren Unterschiede als dem Göttinger System mathematisch äquivalent erwies. Damit war wohl kein Zweifel mehr möglich, daß nun endlich die richtige mathematische Fassung der *Planckschen* Quantenhypothese gefunden war, und diese Fassung bewährte sich schon in den nächsten Jahren bei vielen Fragen des Atombaus.

Erst jetzt konnte man an die physikalische Deutung der Quantenhypothese herangehen. Dabei stellte sich heraus, daß die *Plancksche* Entdeckung tatsächlich zu ganz entscheidenden Änderungen in den physikalischen Grundbegriffen geführt, daß sie die Fundamente unserer Wissenschaft verschoben hatte. Ich kann hier im Rahmen dieses Vortrages nicht auf die erkenntnistheoretischen Konsequenzen der *Planckschen* Quanten-Theorie im Einzelnen eingehen. Diese Theorie hat schließlich an die Stelle der streng determinierenden klassischen Naturgesetze statistische Gesetzmäßigkeiten treten lassen, die das Geschehen oft nicht im Einzelfalle, sondern nur im Mittel über eine große Anzahl von Fällen bestimmen. Die Theorie hat ferner gezeigt, daß jeder objektiven raum-zeitlichen Beschreibung eines Vorgangs Grenzen gesetzt sind, die zahlenmäßig durch das Wirkungsquantum festgelegt werden. *Planck* selbst hat in der Folgezeit mehrfach zu diesen grundsätzlichen Fragen Stellung genommen. Dabei kam seine,

ich möchte sagen, konservative Einstellung zu diesen Fragen besonders darin zum Ausdruck, daß er versuchte, in dem Bereich, den er die reale Außenwelt nannte, streng deterministische Gesetze zu behalten, während er die statistischen Zusammenhänge in die Wechselbeziehung zwischen der realen Außenwelt und der Sinnenwelt verlegte. Doch damit würde meine Beobachtung schon in das philosophische Gebiet einmünden, über die ich hier nicht sprechen will.

Mit der Entwicklung von 1925–1930 war zwar ein vorläufiger Abschluß der Quantentheorie erreicht worden, aber auch damit war sicher nur ein erster, allerdings wichtiger Schritt getan. Denn schon im folgenden Jahrzehnt zeigte es sich, daß zum Verständnis der Atomkerne die Quantentheorie in ihrer bisherigen Fassung noch nicht genügte. Trotz der großen praktischen Erfolge, die in der Atomkernphysik im letzten Jahrzehnt erzielt und bekannt geworden sind, haben wir hier theoretisch noch nicht alles verstanden, was wir verstehen wollen. Und wie auch immer die Entwicklung sich abspielen mag, sicher ist, daß die Fruchtbarkeit der *Planckschen* Hypothese noch lange nicht ausgeschöpft ist. Vielleicht sollte ich hier mit ein paar Sätzen schließen, die *Bohr* im Jahre 1929 über die *Plancksche* Hypothese geschrieben hat:

„In der Geschichte der Wissenschaft gibt es wohl wenig Ereignisse, die in der kurzen Zeitspanne eines Menschenalters so außerordentliche Folgen gehabt haben wie *Plancks* Entdeckung des elementaren Wirkungsquantums. Nicht nur bildet diese Entdeckung in immer höherem Grade die Grundlage für die Einordnung der Erfahrungen über die atomaren Erscheinungen, die eben in den letzten dreißig Jahren sich so ungeheuer vermehrt haben, sondern sie hat gleichzeitig eine völlige Umformung der Grundlage der Beschreibung der Naturphänomene hervorgebracht. Wir stehen hier vor einer ununterbrochenen Entwicklung von Gesichtspunkten und begrifflichen Hilfsmitteln, die, mit den grundlegenden Arbeiten von *Planck* über die Hohlraumstrahlung anfangend, in den letzten Jahren in der Formulierung einer symbolischen Quantenmechanik gegipfelt hat, die als eine ungezwungene Verallgemeinerung der klassischen Mechanik aufzufassen ist, mit der sie sich in bezug auf Schönheit und inneren Zusammenhang wohl vergleichen läßt“.

[A 103].

Die Persönlichkeit Max Plancks

Von Prof. Dr. RICHARD BECKER, Göttingen

Die wissenschaftliche Leistung *Max Plancks* gehört der Geschichte an, der vergangenen und der zukünftigen. Jede Generation von Physikern wird mit *Plancks* Strahlungsgesetz auch seinen Namen der nächsten Generation weiterreichen wie ein olympisches Feuer. Bei jeder Jahrhundertwende werden Naturforscher daran denken, daß das zwanzigste Jahrhundert mit der Quantentheorie begann. — Der heutigen Generation bedeutet *Planck* unendlich viel mehr als sein Name. Wir lebten und arbeiteten im Banne seiner überragenden Persönlichkeit. Er hatte für uns die Bedeutung eines heiligen Symbols, dessen Vorhandensein uns die Gewißheit gab, teilzuhaben an einer alle Völker spannenden und in keinem Augenblick wirklich unterbrochenen Gemeinschaft aufrichtigen Strebens nach echter Erkenntnis.

Diese Wirkung des Menschen ist nicht zu beschreiben als Erfolg einzelner Leistungen oder Fähigkeiten. Man kann sie nur erleben, aber niemals exakt begründen. Wer das Glück hatte, mit ihm persönlich in Berührung zu kommen, war ergriffen von der schlichten Lauterkeit seines Wesens. Bei einem Charakter von solcher Einheit und Geschlossenheit wird die Leistung des Forschers und die sittliche Haltung des Menschen aus ein und derselben tief in der Seele begründeten Quelle gespeist, deren wahres Wesen wir höchstens ahnen können.

Ein Hauch aus diesem heiligen Bezirk weht uns entgegen aus den Vorträgen, welche *Planck* in den letzten Jahrzehnten über allgemeine Fragen wie Religion und Naturwissenschaft sowie insbesondere über Kausalität und Willensfreiheit hielt. Verweilen

wir etwas bei dem letzten Problem. *Plancks* Glaube an einfache Gesetze von absoluter Gültigkeit in der uns umgebenden realen Welt ist religiösen Ursprungs. „Die Endlosigkeit des Ringens um die nie voll erreichbare Kenntnis dieser Gesetze sorgt unablässig dafür, daß die edelsten Triebe des forschenden Menschengelstes, Begeisterung und Ehrfurcht, immer von neuem angefacht werden“. Die Einheit des physikalischen Weltbildes erfordert insbesondere eine absolute Gültigkeit des Kausalgesetzes. Für *Planck* erstreckt sich die strenge Determiniertheit auch auf die menschlichen Handlungen, in dem Sinne, daß ein göttliches Wesen, welches alle unsere Motive bis ins Innerste durchschaut, aus dieser Kenntnis auch unsere zukünftigen Handlungen voraussagen kann. Dem Handelnden selbst ist diese Möglichkeit grundsätzlich verschlossen, weil sich aus jeder Erkenntnis der eigenen Motive in unabsehbarer Folge wieder neue Motive entwickeln.

„So kann — wie *Planck* sagt — das Kausalgesetz, welches in der Anwendung auf unsern eigenen Seelenzustand ohne jeden Sinn ist, unmöglich herangezogen werden, um uns von der vollen sittlichen Verantwortung für Handlungen, welche wir zu begehen im Begriff sind, zu entlasten“. „Erst wenn die Handlung vollzogen ist und damit der Vergangenheit angehört, sind wir zu dem Versuch berechtigt, sie von rein kausalen Gesichtspunkten aus zu verstehen“.

Plancks weitere Ausführungen über diesen Gegenstand führen uns tief hinein in seine Haltung zu den Problemen des Lebens.