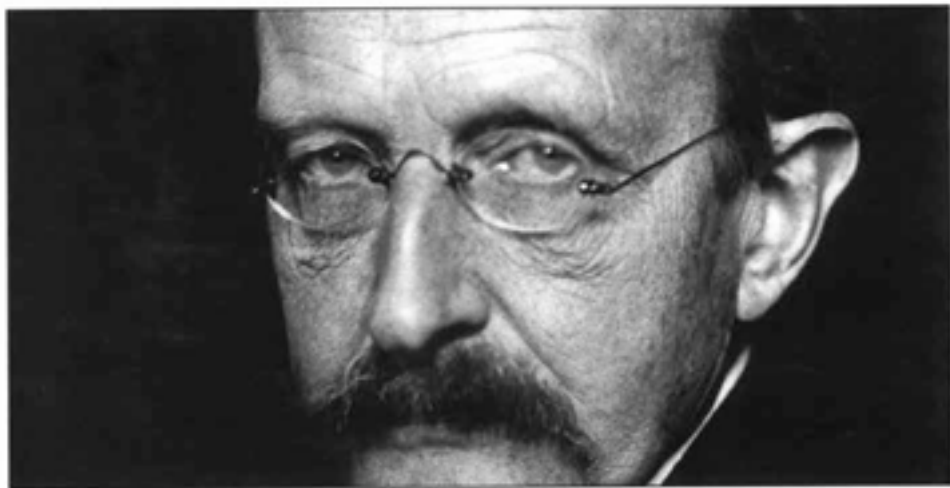


JOHN L. HEILBRON



# Max Planck

HIRZEL

Heilbron, Max Planck



Edmond Kapp, Max Planck 1932 (Zeichnung)

John L. Heilbron

# Max Planck

Ein Leben für die Wissenschaft  
1858–1947

Mit einer Auswahl der allgemein verständlichen Schriften  
von Max Planck

2., korrigierte und ergänzte Auflage

Mit 22 Abbildungen



S. Hirzel Verlag Stuttgart

## IV

Übersetzung aus dem Amerikanischen: Dr. Norma von Ragenfeld-Feldman  
Übersetzung der ergänzenden Texte für die 2. Auflage: Carsten Heinisch

Der Abdruck einer Auswahl allgemein verständlicher Schriften von Max Planck erfolgte mit freundlicher Genehmigung der Erbhengemeinschaft.

Vom Verfasser eingehend analysierte allgemein verständliche Schriften Plancks im Anhang sind in vollem Wortlaut abgedruckt. An den betreffenden Stellen der Darstellung Heilbrons werden Hinweise auf diese Texte gegeben. Weitere Schriften Plancks werden in den Fußnoten abgekürzt zitiert, die vollständigen bibliografischen Angaben bietet das Literaturverzeichnis.

Ein Markenzeichen kann warenrechtlich geschützt sein, auch wenn ein Hinweis auf etwa bestehende Schutzrechte fehlt.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation  
in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind  
im Internet über <http://dnb.d-nb.de>  
abrufbar.

ISBN-10: 3-7776-1438-6

ISBN-13: 978-3-7776-1438-0

Jede Verwertung des Werkes außerhalb der Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Übersetzungen, Nachdruck, Mikroverfilmung oder vergleichbare Verfahren sowie für die Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen.

2., korrigierte und ergänzte Auflage 2006

1. Auflage 1988

© 2006 S. Hirzel Verlag

Birkenwaldstraße 44, 70191 Stuttgart

Printed in Germany

Einbandgestaltung: Neil McBeath, Stuttgart

Druck + Bindung: Grosch Druckzentrum, Eppelheim

# Inhalt

Vorwort . . . . .	IX
Vorwort zur 2. Auflage . . . . .	XIII
<b>I. Die Entstehung des Weltbildes . . . . .</b>	<b>1</b>
1. Plancks Formel . . . . .	7
2. Der widerwillige Atomist . . . . .	12
Die Bekehrung . . . . .	24
Beständigkeit im Fluss . . . . .	31
3. Der enthusiastische Relativist . . . . .	40
4. Der engagierte Pädagoge . . . . .	47
<b>II. Zur Verteidigung des Weltbildes . . . . .</b>	<b>68</b>
1. Die Kontroverse mit Mach . . . . .	68
2. An der Preußischen Akademie der Wissenschaften . . . . .	86
3. Im Krieg . . . . .	100
4. Vom Schicksal getroffen . . . . .	116
<b>III. Wortführer der Wissenschaft . . . . .</b>	<b>125</b>
1. Institutioneller Aufbau . . . . .	127
2. Internationale Beziehungen . . . . .	146
3. Gegen die Widersacher der Relativität . . . . .	166
4. Über Geist und Seele . . . . .	177
Der Kopenhagener Geist . . . . .	186
Irrationale Beziehungen . . . . .	206
<b>IV. Schiffbruch . . . . .</b>	<b>217</b>
1. Planck als Kapitän . . . . .	226
Resignation und Entlassung . . . . .	240
Die Arche . . . . .	271

2. Als Rufer in der Wüste . . . . .	262
3. Rettungsaktionen . . . . .	281
4. An ihren Früchten sollt ihr sie erkennen . . . . .	292
 Nachwort . . . . .	 300
Abkürzungen . . . . .	326
Literaturverzeichnis . . . . .	328

## Anhang

### Max Planck – ausgewählte allgemein

verständliche Schriften . . . . .	347
-----------------------------------	-----

1. Wissenschaftliche Selbstbiografie . . . . . 348
2. Mein Besuch bei Adolf Hitler . . . . . 375
3. Erwiderung [auf die Gratulationsansprache  
zum 60. Geburtstag] . . . . . 377
4. Antrittsrede [als Mitglied der Königlich  
Preußischen Akademie der Wissenschaften] . . . . 382

### Sitzungsberichte der Königlich Preußischen

#### Akademie der Wissenschaften

5. – vom 25. Januar 1917 . . . . . 387
6. – vom 14. November 1918 . . . . . 395
7. – vom 3. Juli 1919 . . . . . 398
8. – vom 29. Juni 1922 . . . . . 405
9. James Clerk Maxwell in seiner Bedeutung  
für die theoretische Physik in Deutschland . . . . 414
10. Neue Erkenntnisse der Physik . . . . . 432
11. Der Weg führt von reiner Forschung  
zu industrieller Verwertung . . . . . 438
12. Max Planck/Hans Hartmann, Zwiegespräch . . . . 441

13. Die Einheit des physikalischen Weltbildes . . . . .	456
14. Zur Mach'schen Theorie der physikalischen Erkenntnis . . . . .	496
15. Der Kausalbegriff in der Physik . . . . .	508
16. Die Physik im Kampf um die Weltanschauung . . .	529
17. Vom Wesen der Willensfreiheit . . . . .	556
18. Religion und Naturwissenschaft . . . . .	584
19. Sinn und Grenzen der exakten Wissenschaft . . .	611
Nachweis der Erstveröffentlichungen . . . . .	640
Bildnachweis . . . . .	640
Register . . . . .	641





## Vorwort

Max Planck galt um die Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert längere Zeit als Doyen und Hauptvertreter der theoretischen Physik in Deutschland. Nach langem und hartnäckigem Ringen mit einem obskur erscheinenden technischen Problem gelang ihm im Jahre 1900 der Durchbruch: Er hatte die Quantentheorie entworfen. Stand diese auch im Widerspruch zu den Konzepten der herkömmlichen Physik, so bildete sie doch die Grundlage der modernen. Die dadurch bewirkte wissenschaftliche Revolution war von Planck weder beabsichtigt gewesen noch war sie ihm willkommen.

Kurz nachdem er diesen höchst bedeutsamen Beitrag zum Erkenntnisstand der Wissenschaft geleistet hatte, nahm es Planck auf sich, wissenschaftliche Institutionen ins Leben zu rufen und eine Philosophie der Wissenschaften zu erarbeiten. Er bekleidete zentrale Ämter in wissenschaftsfördernden Organisationen und hielt in weiten Kreisen Vorträge über das Wesen der Natur und über die Theorien, die zur Aufklärung der Naturvorgänge aufgestellt worden waren. Zunächst wirkten Plancks Wissenschaftspolitik und seine erkenntnistheoretische Sicht der Natur, seine Physik und sein Privatleben in sich vollkommen stimmig; sie standen im Einklang mit seinen Auffassungen über das Individuum, den Staat und die Gesellschaft. Doch gleichzeitig mit der steten Zunahme der Autorität seiner amtlichen Funktionen, die er während des Ersten Weltkrieges, in der Weimarer Republik und im Dritten Reich ausübte, brach sein im Kaiserreich herangereiftes Konzept der Einheit des Weltbildes auseinander. Plancks Bemühungen, sein Weltbild sowie die

Grundlage seiner Wissenschaftspolitik zurückzugewinnen, sind das eigentliche Thema dieses Buches.

Die Strategien, die Planck anwandte, können deshalb unsere Aufmerksamkeit besonders beanspruchen, weil er ein Mann von außergewöhnlicher Rechtschaffenheit war, der in außergewöhnlich heikle Lagen hineinversetzt wurde. Keine seiner Entscheidungen wurden leichtfertig getroffen. Sein Ringen um ein umfassendes Verständnis der sich ändernden politischen Umstände und sein Bemühen, seine vor 1900 entwickelten Vorstellungen von Wissenschaft und staatsbürgerlichem Leben den Realitäten Deutschlands im 20. Jahrhundert anzupassen, gleichen einem heroischen Drama. Aus seinem Leben selbst ist eine Lehre zu ziehen.

Plancks Bibliothek und sein gesamter privater Nachlass fielen den Bombenangriffen der Alliierten im Jahre 1940 zum Opfer. Bisher unbekannte Informationen über ihn sind deshalb nur in den Archiven derjenigen Institutionen, denen er angehört hat, und in den Nachlässen seiner Korrespondenzpartner, soweit noch vorhanden, ausfindig zu machen. Sein Wirken im öffentlichen Leben als Amtsträger wie auch die uns zugänglichen Hinweise auf sein Privatleben werden hauptsächlich durch diese Quellen belegt. Die mühevollen Ermittlungen von Wissenschaftlern in der DDR, insbesondere die der Autoren der unschätzbaren „Studien zur Geschichte der Akademie der Wissenschaften der DDR“, waren von großem Gewinn für mich. Die Suche nach den Quellen von Plancks wissenschaftlichem Briefwechsel wurde mir durch das „Inventory of Sources for Twentieth-Century Physics“, das vom Office for History of Science and Technology an der University of California in Berkeley<sup>1</sup> erarbeitet wurde, erleichtert und durch freundliche Hilfeleistungen von Bibliothekaren und Archivaren in Europa und den Ver-

einigten Staaten weitgehend unterstützt, diese stellten mir in großzügiger Weise Fotokopien der von mir benötigten Dokumente zur Verfügung. Ich bin zudem folgenden Personen, die mir den Zugang zu wichtigem Quellenmaterial verschafft haben, in besonderem Maße zu Dank verpflichtet: David Cassidy (Einstein Papers, Boston University), Armin Hermann (Universität Stuttgart), Dietrich Hoffmann (Akademie der Wissenschaften der DDR), Otto Mayr und Rudolf Heinrich (Deutsches Museum, München), Robin Rider (Bancroft Library, Berkeley) und Silva Sandow (Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, Berlin). Mein Manuskript ist freundlicherweise von Alan D. Beyerchen, Gerald D. Feldman, Barbara Reeves und Spencer Weart gelesen worden; ihre kritischen Anmerkungen waren mir sehr wertvoll.

Danken möchte ich auch denjenigen Institutionen und Personen, die mir erlaubt haben, aus ihren Sammlungen zu zitieren. Es sind dies: The American Philosophical Society (Philadelphia), Archive for History of Quantum Physics und The Bancroft Library, University of California (Berkeley), Niels Bohr Archive, Niels Bohr Institut (Kopenhagen) und Professor Aage Bohr, Bundesarchiv (Koblenz), Cornell University Library (Ithaca, N. Y.), Deutsches Museum (München), Einstein Papers, Hebrew University (Jerusalem) und The American Friends of the Hebrew University, Universitätsbibliothek Göttingen, Heinrich-Heine-Institut (Düsseldorf), Schiller-National-Museum (Marbach), Max-Planck-Nachlass, Max-Planck-Gesellschaft (Berlin), Museum Boerhaave (Leiden), Sächsische Landesbibliothek (Dresden), Oslo Uni-

1. Eine Darstellung dieses Dokumentationsmaterials findet sich in: *Whetton, Isis* 75 (1984), S. 153–157.

versity Library, Rensselaer Polytechnic Institute (Troy, N. Y.), Rockefeller Archive Center (North Tarrytown, N. Y.), Staatsbibliothek Preußischer Kulturbesitz (Berlin), Society for Psychical Research (London), Stockholm University Library, Universitätsbibliothek Tübingen, Zentrales Staatsarchiv (Potsdam).

Der Anstoß zu diesem Buch ist ganz unvorhergesehenerweise einer Bibliografie von Plancks nicht-fachwissenschaftlichen Veröffentlichungen zu verdanken, die 1977 als Nebenprodukt des bereits erwähnten „Inventory of Sources“ erschien.<sup>2</sup> Sie brachte Hans Rotta vom S. Hirzel Verlag, Stuttgart, einem der wichtigsten Verlage Plancks, auf die Idee, eine Neuauflage dieser Planck'schen Arbeiten, die fraglos von bleibendem Wert sind, anzuregen. Die für diesen Sammelband ursprünglich vorgesehene kurze Einleitung wuchs sich dann zu der nachstehenden Darstellung in vier Kapiteln aus. Ich schulde Hans Rotta großen Dank für seine Bemühungen um dieses Projekt und für seine gleich bleibende Geduld und Nachsicht bis zur Fertigstellung meines Manuskripts. Dessen deutsche Originalausgabe entspricht voll und ganz dem Text der englischen Fassung; in dieser wurde auf den Abdruck der wichtigsten allgemein verständlichen Abhandlungen Plancks verzichtet, die Zitate aus Plancks Korrespondenz werden dort in englischer Übersetzung geboten.

Berkeley, im Juli 1986

*John L. Heilbron*

2. Lowood, Max Planck (1977).

## Vorwort zur 2. Auflage

Diese Ausgabe unterscheidet sich von der ersten durch die Korrektur einiger Fehler und die Ergänzung eines Berichts von Plancks Auftritt vor der Royal Society of London im Jahr 1946. Außerdem werden in einem neuen Nachwort Veröffentlichungen diskutiert, die seit der ersten Ausgabe erschienen sind. Dieses Material erlaubt eine eindeutigere Einschätzung von Plancks Handeln in der Nazizeit, als dies in der ersten Auflage möglich war.

Berkeley, im Mai 2006

*John L. Heilbron*



# I.

## Die Entstehung des Weltbildes

Max Planck, Inbegriff des klassischen Physikers, kam aus einer Familie, deren Stammbaum eine Reihe von Pastoren, Gelehrten und Juristen aufweist. Sein Urgroßvater (um nicht weiter als drei Generationen zurückzugehen) war Gottlieb Jakob Planck (1751–1833), er wirkte fast 50 Jahre als Professor der Theologie an der Universität Göttingen, in seinem Denken dem Philosophen Leibniz stark verpflichtet. Die von ihm vertretenen Aufklärungsideale der Vernunft und der Toleranz, die im Einklang mit dem religiösen Empfinden gegen Ende des 19. Jahrhunderts mit Gott, und nicht Christus, als zentrale Kraft des Glaubens erneut zum Ausdruck gebracht wurden, bildeten die Grundpfeiler der unerschütterlichen, liberalen und ökumenischen Religiosität des Physikers Max Planck.

Dem Beispiel Gottlieb Jakobs als Hochschullehrer folgten zunächst sein Sohn, ebenfalls Theologieprofessor in Göttingen, und dann sein Enkel Wilhelm Johann Julius Planck, Letzterer teilte allerdings nicht die ausgeprägten kirchenrechtlichen Neigungen seiner Familie und wurde Professor der Rechtswissenschaft. Er lehrte bis 1867 Zivilrecht an der Universität Kiel – wo 1858 das sechste seiner Kinder, Max, geboren wurde – und erhielt dann einen Ruf nach München, wo er 1900 starb. Seine zweite Frau, die Mutter von Max Planck, entstammte einer Pfarrersfamilie und soll eine lebhaftere, ja leidenschaftliche Frau gewesen sein, für die



Planck stets große Zuneigung empfand.<sup>1</sup> Sie starb im August 1914 im hohen Alter von 93 Jahren.

Planck hatte feste familiäre Bindungen auch zu seinen anderen Verwandten, und als Junge spielte er oft mit seinen Vettern in der Weise, wie sie bei den wohlbehüteten Kindern wilhelminischer Universitätsprofessoren, Rechtsanwälte, Geistlicher und hoher Regierungsbeamter üblich waren. Plancks Briefe erlauben einen flüchtigen Einblick in seine Jugendjahre: Sommerferien in Eldena an der Ostsee, die er rückblickend als Kindheitsparadies empfand; Krocketspiele auf dem Rasen, abendliche Lektüre der Romane von Sir Walter Scott, Tontaubenschießen, Liebhaberaufführungen, musikalische Veranstaltungen.<sup>2</sup> Wir lernen Planck auch als ernsthaften jungen Mann kennen, wie er mit genau so ernst gesinnten Kameraden Lebenserfahrungen austauscht; die dabei entwickelten Gedanken wurden im zweiwöchentlichen Turnus in einem großen, leider verloren gegangenen Heft aufgezeichnet. Außerdem gab es Reisen nach Österreich und Italien, Planck machte der jungen Bankierstochter Marie Merck mit Erfolg den Hof, und die Jagdhütte eines Onkels in Ostpreußen wurde zu einem beliebten Ausflugsziel.<sup>3</sup>

1. Vgl. Hartmann, 1953, S. 29–40; Dinkler, in: Zeitschrift für Theologie und Kirche, 56 (1959), S. 215, 221. Zu Max Plancks Vorfahren vgl. die Abschnitte „G. K. Planck“ und „H. L. Planck“, in: Realencyclopädie für protestantische Theologie und Kirche, hg. v. Albert Hauck. 3. Aufl. Leipzig 1896–1913; Born, Royal Society of London, Obituary notices, 6 (1948), S. 161–188; Unsöld, Physik und Historie, 1958, S. 9.
2. Planck an Carl Runge, 11.10.1877, StaBi Dahlem, NL Runge; Planck an „Emmachen“ (Frau Max Lenz, eine leibliche Cousine Plancks), 21.11.1917; Planck an Hildegard Gravemann (eine Nichte), 27.2.1944; Planck an Dora Martin (eine Cousine), 23.5.1942, MPG-Archiv.
3. Runge, Carl Runge, 1949, S. 34; Planck an Carl Runge, 31.7.1877 und 24.1.1880, StaBi Dahlem, NL Runge.

Bei einem dieser Ausflüge im Jahre 1885 begegnete Planck dem sechs Jahre jüngeren Physikstudenten Wilhelm Wien, dem Sohn eines preußischen Grundbesitzers, dessen theoretische und experimentelle Arbeiten später zum Ausgangspunkt für seinen eigenen bedeutsamsten Beitrag zur Physik werden sollten. Wien entstammte einer ostpreußischen Familie mit ländlichem Besitz und wurde zum engen Freund und Mitarbeiter Plancks in einer Beziehung, die über vierzig Jahre währte. Ungeachtet dieser anhaltenden Freundschaft und beruflichen Interessengemeinschaft, klafften die politischen Meinungen der beiden Männer weit auseinander. Obwohl grundsätzlich konservativ, wirkten die Plancks fast liberal im Vergleich mit den reaktionären und chauvinistischen Wiens, die zum Beispiel in Bismarcks Entlassung den Anfang vom Ende Deutschlands sahen oder die Tatsache beklagten, dass dem Kaiser die Macht fehle, das „Krämervolk“ seiner Großmutter Victoria zu vernichten. Plancks Vater missbilligte dagegen die Annexionspolitik Bismarcks, und weder Vater noch Sohn hätten einen Präventivkrieg gegen England gutgeheißen.<sup>4</sup> Und dabei schätzte sich Planck selbst sowohl in politischer als auch in sozialer Hinsicht liberaler als den Großteil seiner Familie ein.<sup>5</sup> Er war indes genauso wenig ein sozialpolitischer wie ein wissenschaftlicher Revolutionär. Die besondere Stärke des im grundsätzlichen Sinne konservativen Planck lag darin, dass er sich Realitäten der Gegenwart anzupassen vermochte, diese sogar steuern konnte, während er gleichzeitig an überlieferten Wertvorstellungen festhielt und nach ihnen handelte. Planck war kein Genie. Seine Lehrer auf dem Maximilians-

4. Zu Plancks Stellungnahme vgl. Wien, *Aus dem Leben*, 1930, S. 139; siehe auch ebd., S. 29 f., 62; Planck, *Selbstdarstellung* (1942), S. 5.

5. Planck an Frieda Clarke (eine Nichte), 2.5.1925, APS.

gymnasium stuften ihn immer als vorzüglichen Schüler, nie aber als den Besten seiner Klasse ein: Im Jahre 1868/69 war er der viertbeste von 28 Schülern, in den folgenden Jahren fünfter von 37, achter von 23, dritter von 21 und schließlich vierter von 19 Schülern. Planck erbrachte gute Leistungen in allen Fächern: in Deutsch, Mathematik, Geschichte, Musik und Fremdsprachen, war äußerst fleißig und pflichtbewusst, doch in seinen Zeugnissen ist keine besondere Virtuosität oder herausragende Begabung vermerkt. Anders hingegen beurteilten Plancks Lehrer seine Wesensart; sie schätzten die ruhige Kraft seiner Persönlichkeit, seine Bescheidenheit wie seine unauffällige Charakterstärke, und sie sahen ihn „mit Recht [als den] Liebling seiner Lehrer und seiner Mitschüler“ an.<sup>6</sup>

In der Physik, für die er nach eigener Überzeugung kein außerordentliches Talent besaß,<sup>7</sup> und seinen vielen anderen geistigen und administrativen Tätigkeiten erzielte Planck seine Erfolge dadurch, dass er sich gründlich in die Materie vertiefte und seine Gedanken langsam reifen ließ. Neuheiten reizten ihn nicht besonders, zumal er, wie er sich einmal selbst beschrieb, „von Natur [...] friedlich und bedenklichen Abenteuern abgeneigt“ war; auch griff er neue Ideen nicht spontan auf, „denn es ist mir leider nicht gegeben, schnell auf geistige Anregungen zu reagieren“.<sup>8</sup> Die Fähigkeit so

6. Die Informationen aus den Zeugnissen-Protokollen des Kgl. Maximiliansgymnasiums sind mir freundlicherweise von Armin Hermann zur Verfügung gestellt worden.

7. Planck an Joseph Strauß, 14.12.1930, zitiert in: H. Balmer, *Physikalische Blätter* 25 (1969), S. 558. (Im Nachfolgenden als PB zitiert).

8. Zu den vorgegangenen Zitaten siehe jeweils: Planck an R. W. Wood, 7.10.1931, zitiert in: Hermann, *Frühgeschichte* (1969), S. 31; Planck an Bohr, 7.5.1920, zitiert in: Bohr, *Collected works*, Bd. 3, S. 677. Runge gegenüber klagte Planck einmal, dass ihm zur Fertigstellung

mancher Wissenschaftler, mehrere Forschungsrichtungen gleichzeitig zu verfolgen, erstaunte Planck, und, wie er dem zeitgenössischen theoretischen Physiker und langjährigen Freund Arnold Sommerfeld einmal schrieb, es fiel ihm sehr schwer, „einen Gegenstand, in den ich mich eingesponnen habe, schnell zu verlassen und bei günstiger Gelegenheit schnell zu ergreifen“.<sup>9</sup> „Schnell“ war nicht das Tempo Plancks. Hatte er aber einmal etwas gemeistert, dann begriff er dies mit einer geistigen Kraft und Klarheit, die uns, um mit Descartes zu sprechen, die beste Gewähr für die Wahrheit unserer Ansichten bieten.

Gleichzeitig mit den militärischen Siegen Preußens und der fortschreitenden Machtausweitung des neuen Reiches nahm auch Plancks Vertrauen zu sich selbst und seinen Ideen zu. Obwohl persönlich der bescheidenste Mann, identifizierte er seine Entwicklung mit der Deutschlands so vollständig, dass er die Sicherung des deutschen Kulturgutes als untrennbar verknüpft sah mit der Wahrung seiner persönlichen Werthaltungen und beruflichen Existenz. Den Bogen über alle seine Leitbilder spannte das höchste, das Ideal der Einheit, das im politischen Bereich zur Entstehung des Deutschen Reiches inspiriert hatte und im kulturellen Bereich die Überzeugung vieler Gelehrter widerspiegelte, die Wissenschaften seien ein einheitliches Ganzes. Plancks Stolz auf das kaiserliche Deutschland und seine Hingabe an das akademische Ideal der Einheit des Wissens waren die Grundpfeiler seiner Wissenschaftspolitik.

sogar einer einfachen Examensarbeit die nötige Zeit gefehlt hätte. Vgl. Planck an Runge, 9.12.1878, StaBi Dahlem, NL Carl Runge.

9. Vgl. hierzu: Planck an Albert Schweitzer, 20.12.1930, zitiert in: Kangro, *Vorgeschichte* (1970), S. 123; Planck an Sommerfeld, 1.7.1923, zitiert in: Hermann, *Max Planck* (1973), S. 68. Siehe auch: Sommerfeld, in: *Die Naturwissenschaften* 5 (1918), S. 199.

Achtung vor dem Gesetz, Vertrauen in die etablierten Institutionen, pflichtgemäße Wahrnehmung seiner Obliegenheiten und absolute Ehrlichkeit kennzeichneten ihn; manchmal war er nachgerade zu skrupulös. Plancks gleich bleibende Bescheidenheit trotz seiner vielen Tugenden, seines Ruhms und seiner Autorität wurden oft bemerkt, und seine Zeitgenossen respektierten ihn als Menschen genau so, wie sie ihn als Wissenschaftler bewunderten. Bei der Feier seines goldenen Doktorjubiläums im Jahre 1929, um nur ein Beispiel zu nennen, priesen Plancks langjährige Kollegen an der Preußischen Akademie der Wissenschaften nicht nur seine wissenschaftlichen Leistungen, sondern auch, was unter Akademikern weniger üblich ist, die „makellose Reinheit seiner Gesinnung“.<sup>10</sup> Planck wertete ein reines Gewissen als die größte Gnade, die einem Menschen gegeben sein kann.

Diese innere Haltung der Außenwelt gegenüber kann sich jedoch auch als Hindernis erweisen, da sie den Weg zu einem Meinungswechsel versperren kann. Der Planck-Schüler Walther Meißner zum Beispiel hatte den Eindruck, dass der große Physiker nie „umgestimmt wurde durch die Ansichten anderer, nicht nur was die Wissenschaften, sondern auch was menschliche Beziehungen betraf“. Der einzige Kompass, den Planck auf seinem Lebensweg brauchte, war ein reines Gewissen. Seinem Schüler und Nachfolger an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin, Max von Laue, beschrieb Planck einmal, wie er sich auf eine bestimmte

10. Vgl. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Max Planck in seinen Akademie-Ansprachen (1948), S. 127 (1929). Plancks Bescheidenheit wurde auch von A. Bertholet, H. Ficker und E. Lamla in ihren Beiträgen zu: „Max Planck zum Gedächtnis“ gewürdigt. In: PB 4 (1948), S. 162, 174. Vgl. auch: Hermann, Planck in Selbstzeugnissen, S. 76.

Richtung festlege: „Meine Maxime ist immer: jeden Schritt vorher überlegen, dann aber, wenn man ihn verantworten zu können glaubt, sich nichts gefallen zu lassen.“<sup>11</sup> Freilich änderte Planck seine Meinung zuweilen, auch dann, wenn es um wichtige Dinge ging; er tat dies jedoch nie mit Leichtigkeit.

Es waren indes weder seine Hartnäckigkeit noch seine Redlichkeit, die Planck zum wichtigsten Wortführer der deutschen Wissenschaft zwischen den beiden Kriegen werden ließen, obwohl er im Umgang mit Kollegen und Beamten dieser beiden Eigenschaften, und einer großen Portion Geduld obendrein, bedurfte. Plancks einflussreiche Stellung in seinem eigenen Land beruhte auf seinem Ansehen als Naturforscher, der die Richtung der internationalen Wissenschaft verändert hatte.

## 1. Plancks Formel

Dass Planck um die Jahrhundertwende die Physik zum Umdenken brachte, war auf einen Kompromiss, ja sogar eine Kapitulation seinerseits zurückzuführen. Seine Veränderungen in der Physik entstammten aus der für ihn unangenehmen Erkenntnis, dass er ein Problem, dem er sich mehrere Jahre gewidmet hatte, nicht in dem von ihm konzipierten Rahmen zu lösen vermochte. Einem erwachsenen Menschen mag ein Problem dieser Art kaum der Beachtung wert sein, geschweige denn zum Auslöser seines Unbehagens werden: Planck hatte sich zur Aufgabe gestellt, ausgehend

11. Vgl. Meißner, in: *Science* 113 (1951), S. 75; Planck an Laue, 22.3.1934, zitiert in: Hermann, *Max Planck in Selbstzeugnissen*, S. 86.

von den Hauptsätzen der Wärmetheorie die relative Intensität jeder einzelnen Farbe in der Strahlung, die aus der schmalen Öffnung eines speziellen elektrischen Ofens oder aus einem Hohlraum emittiert wurde, zu berechnen. Grob gesagt, wollte er die Farben, wie etwa „Rotglut“, „Weißglut“ usw., im Innenraum eines Ofens bei jeder beliebigen Temperatur bestimmen.

Es gab zwei unterschiedliche Gründe für den Wunsch, die Farbenintensität – oder Energieverteilung – feststellen zu können. Zum einen ließ sich anhand fundamentaler und plausibler Argumente demonstrieren, dass die Verteilung im Zustand des Gleichgewichts weder von der Größe oder Form des Hohlraums noch von der Beschaffenheit seiner Wände abhängt. Aufgrund einer Verteilungsformel hätte sich für eine Volumeneinheit des Hohlraums die Spezifizierung der Energie, die von den Lichtwellen jeder Farbe getragen wurde, ermitteln lassen und sie hätte folglich nur die Temperatur, die Wellenlänge (ein Maß der Farbe) sowie eine – oder mehrere – „universelle Konstante“, gleich bleibend für alle Hohlräume, Farben und Verteilungen enthalten. Das Auffinden einer solchen Formel bedeutete für Planck, dass er Beziehungen von generellem theoretischen Interesse entdecken würde, „welche unabhängig von speziellen Körpern oder Substanzen, ihre Bedeutung für alle Zeiten und alle, auch außerirdische und außermenschliche Kulturen notwendig behalten“.<sup>12</sup>

Zum Zweiten beschäftigte man sich mit der Hohlraumstrahlung aus einem ganz praktischen Grund. Die Gleichgewichtsverteilung maximiert die Menge der Wärme (längere

12. Vgl. Max Planck, *Physikalische Abhandlungen und Vorträge*. Bd. 1, S. 599 f. (1899). (Im Nachfolgenden als PA zitiert).

Wellenlängen) für eine bestimmte Menge des Lichts (kürzere Wellenlängen). Aus diesem Grund hätte die von Planck gesuchte Formel die schlechteste Quelle der Beleuchtung beschrieben und so als Nullpunktstandard zur Bewertung elektrischer Glühbirnen dienen können. Dementsprechend zeigte sich auch die bedeutende wissenschaftliche Institution für angewandte Forschung, die Physikalisch-Technische Reichsanstalt (PTR), daran interessiert, die Gleichgewichtsverteilung der Hohlraumstrahlung zu vermessen. Wilhelm Wien und andere Experimentatoren in der physikalischen Abteilung der PTR konstruierten einen teuren leeren Zylinder aus Porzellan und Platin und verzeichneten die Farbenverteilung der Strahlung, die aus der Öffnung an einem Ende des Zylinders emittiert wurde. Diese Physiker arbeiteten vornehmlich mit kürzeren, den infraroten bis violetten Wellenlängen. Ein weiterer enger Mitarbeiter Plancks, Heinrich Rubens, stellte an der Technischen Hochschule in Charlottenburg Untersuchungen mit einem anderen Ofen an und verfolgte seine Messungen bis in das tiefe Infrarot. Schließlich kam eine Reihe empirisch ermittelter Formeln zustande, die mehr oder weniger den Fakten entsprachen. Eine Zeit lang schien die von Wien im Jahre 1896 vorgeschlagene quasi-theoretische Formel die beste von allen zu sein.<sup>13</sup> Planck machte es sich zur Aufgabe, Wiens Formel von den Grundgesetzen der Elektro- und der Thermodynamik herzuleiten.

Da die Gleichgewichtsverteilung unabhängig ist von den Materialeigenschaften des Körpers, konnte Planck diesen in der für seine Untersuchungen zweckmäßigsten Weise modellieren. Er repräsentierte die Hohlraumwände als eine

13. Vgl. Kangro, Vorgeschichte, Kap. 5.4, 7.2.



Sammlung von „Resonatoren“ und jeden dieser Resonatoren als eine schwerelose Feder mit einer elektrischen Ladung am Ende. Da die Federn in allen möglichen Steifheitsgraden verfügbar sind, können sie bei allen möglichen Frequenzen oszillieren. Durch die Erhitzung der Wände werden die Federn in Bewegung gesetzt. Dem Maxwell'schen Gesetz der Elektrodynamik gemäß strahlen die beschleunigten Ladungen Energie in den Hohlraum und absorbieren auch die Farben, mit deren Wellen sie mitschwingen. Es entsteht schließlich ein Gleichgewicht, in dem alle Resonatoren einer bestimmten Frequenz genau so viel Energie von der Hohlraumstrahlung absorbieren, wie sie aufwenden.

Im Hinblick auf die Emission, Absorption und Ausbreitung der Strahlung von Resonatoren waren Maxwells Gleichungen seinerzeit umfassend, sie informierten indes nicht über die Energieverteilung im letztendlichen Gleichgewicht. Planck meinte, das Wien'sche Gesetz aus der Hypothese, nach der die Durchschnittsenergie der Resonatoren in Beziehung zu ihrer Entropie gesetzt würde, herleiten zu können. (Die physikalische Bedeutung der Entropie, ein Konzept, das Planck ungemein zusagte, wird im Folgenden noch zu erörtern sein.) Sein Optimismus zerschlug sich jedoch gewaltsam an der Kritik einer unbestritten weltweit anerkannten Autorität auf diesem Gebiet, Ludwig Boltzmann, der das Gleichgewicht der Gase sowie deren Annäherung zum Gleichgewicht in allen Einzelheiten untersucht hatte. Obwohl Planck der Boltzmann'schen Gastheorie nicht zustimmte, bewunderte er ihren Verfasser.<sup>14</sup> Er anerkannte

14. Planck an Leo Königsberger, 7.2.1895, StaBi Dahlem, acc. Darmst., 1922.93.

die von Boltzmann erhobenen Einwände gegen seine Theorie, erarbeitete eine weitere Hypothese über Entropie und Energie und konnte Wiens Formel abermals ableiten. Dies war im Jahre 1899. Da die Formel immer noch den Fakten entsprach, schien die Beweisführung Plancks geglückt. Verdrießlich an der Sache war nur, dass sein neuer Ansatz einer festen Grundlage entbehrte und andere Hypothesen nicht auszuschließen waren.<sup>15</sup>

Im Jahre 1900 fanden die Experimentatoren an der Reichsanstalt, die ihre Messungen nunmehr bis in das Infrarot verfolgten, nicht reduzierbare Diskrepanzen zwischen dem Wien'schen Gesetz und ihren eigenen Messungsergebnissen. Im März 1900 trug Planck bei der Preußischen Akademie der Wissenschaften ein verbessertes Argument für die Erklärbarkeit seiner Hypothese vor. Doch einige Monate später, im Oktober, beugte er sich dem Gewicht der Tatsachen und reduzierte Wiens Gesetz zu einem Annäherungswert, der nur für kurze Wellenlängen gültig war. Plancks Gewissen erlaubte ihm nicht, an Theorien zu glauben, die mit den exakten Messungen unwiderlegbar im Widerspruch standen. Eine solche Haltung wäre der eines Philosophen gleichgekommen. In einem Schreiben an Wien kritisierte Planck einige Jahre später den britischen Physiker James Jean, der eine durchschlagendere Beweisführung ablehnte als jene Diskrepanzen, von denen er, Planck, ehemals selbst überzeugt worden war, und beschrieb ihn als „ein Bild eines Theoretikers, wie er *nicht* sein soll, dasselbe, was Hegel in der Philosophie war; umso schlimmer für die Tatsachen, wenn sie nicht stimmen“.<sup>16</sup>

15. Vgl. Kuhn, *Black-Body theory* (1978), S. 6–11, 82–91, 278.

16. Planck an Wien, 27.2.1909, AHQP; ders., PA, Bd. 2, S. 247 (1910).

Wie die Natur verabscheuen auch die theoretischen Physiker das Vakuum. Nachdem Planck die nicht stichhaltige Formel Wiens verworfen hatte, ersetzte er sie durch eine andere, die im Ergebnis auf die genialen Vermutungen sowie den wissenschaftlichen Takt und nüchternen Kompromiss Plancks zurückführte, kurzum, ein Produkt seines Herumbastelns war. Die neue Formel stimmte mit allen zuverlässigen Messungen überein und enthielt darüber hinaus zwei empirische, nicht mehr als Wien erforderte, universelle Konstanten.

Dies also war Plancks Kompromiss, woraufhin seine Kapitulation folgte. Bei dem Versuch, seine Kompromissformel herzuleiten, formte Planck sie in einer Weise um, die die Entropie aller Oszillatoren bei einer bestimmten Frequenz zum Ausdruck brachte. Dabei entdeckte er eine starke Ähnlichkeit mit Boltzmanns Formulierung der Entropie der Gase im Gleichgewicht, die auf der Annahme beruhte, dass das Gleichgewicht nicht ein endgültiger und unveränderlicher, sondern nur der wahrscheinlichste Zustand ist. Planck wehrte sich dagegen und zögerte noch eine Zeit lang, diese Hypothese zu akzeptieren. Sie bedrohte sein Konzept der Wissenschaft ebenso wie seine Auffassung dessen, was er sich zur Lebensaufgabe gemacht hatte.

## 2. Der widerwillige Atomist

In seiner wissenschaftlichen Arbeit ließ sich Planck von der großartigen, durch Rudolf Clausius und William Thomson in den 50er-Jahren des 19. Jahrhunderts bewirkten Synthese der klassischen Physik, der Thermodynamik, inspirieren; ihr Lehrsatz von der Erhaltung, Transformation und Entartung der Energie sprach zugleich auch den Juristen und

Theologen in Planck an. Die Thermodynamik erhob Anspruch auf Universalität, mit ihr mussten alle physikalischen Gesetze im Einklang stehen, und sie befasste sich mit absoluten und unveränderlichen Gesetzmäßigkeiten, die von den Physikern seit Aristoteles mit dem Wahren und dem Guten identifiziert wurden. So erhabene Erwägungen wie diese, schrieb Planck am Ende seines langen Lebens, hätten ihn dazu bewogen, sich der Physik und nicht der Mathematik, Geschichte oder Musik zu widmen.<sup>17</sup> Zu Plancks Zeiten aber bedeutete die Entscheidung zur Physik nicht das gleiche Prestige wie heute, zumal damals an den Universitäten immer noch die Geisteswissenschaften vorherrschten. In diesem Zusammenhang erzählte Planck dem ersten Verfasser seiner Biographie die folgende Anekdote: „Damals wurden die Naturwissenschaften in der allgemeinen Meinung der Gebildeten als eine geringere Art der Wissenschaft behandelt; ich erinnere mich sehr gut, wie mein Vetter und Kollege, der Historiker Max Lenz, scherzweise von uns Naturforschern als ‚Naturförster‘ sprach.“<sup>18</sup> Um weltliche Erfolge aber kümmerte sich Planck ohnehin nicht, wie er hierzu einmal bemerkte: „Ich habe vielmehr stets aus einem inneren Drang heraus gearbeitet.“<sup>19</sup>

Planck führte die Erkenntnis seiner Berufung zur Physik auf den Unterricht seines Mathematiklehrers Hermann Müller am Maximiliansgymnasium zurück, der in ihm das Interesse erweckt hatte – später wurde dies zur Leidenschaft –, „der Harmonie nachzuspüren, welche herrscht einerseits zwischen der Strenge der Mathematik und andererseits zwi-

17. Planck, *Erinnerungen* (1948), Spalte 116–119; PA, Bd. 3, S. 374 (1948). Vgl. auch: Hermann, Planck in Selbstzeugnissen, S. 7–13.

18. Planck an Hans Hartmann, 4.7.1942, MPG-Archiv.

19. Vgl. Balmer, Planck und Einstein, in: PB 25 (1969), S. 558.

schen der Fülle der Naturgesetze, die uns umgeben“. Im Jahre 1878 wählte der damals 20-jährige Planck die Thermodynamik zum Thema seiner Doktorarbeit, die er binnen vier Monaten abschloss. Rückblickend erinnerte er sich daran, dass sein Physikprofessor an der Universität München, Philipp von Jolly, von einer Karriere in der Physik abgeraten hatte mit der Begründung, durch die Entdeckung der thermodynamischen Gesetze seien die Strukturen der theoretischen Physik vervollkommenet worden. Doch Planck, der seinem „inneren Drang“ folgte und außerdem ein bestimmtes Ziel, weit entfernt übrigens vom maßgebenden Ehrgeiz heutiger Physiker, vor Augen hatte, ließ sich nicht beirren. Er hege nicht den Wunsch, wie er Jolly mitteilte, Neuland zu entdecken, sondern lediglich die bereits bestehenden Fundamente der physikalischen Wissenschaft zu verstehen, vielleicht auch noch zu vertiefen.<sup>20</sup>

In seiner Dissertation von 1879 behandelte Planck die zwei Hauptsätze der klassischen Wärmetheorie. Der erste bezieht sich auf das Prinzip der Erhaltung der Energie. Der zweite Hauptsatz, und darin sah Planck seine Bedeutung im weitesten Sinn, fixiert eine bestimmte Richtung im zeitlichen Prozess dadurch, dass eine gewisse Quantität, und zwar Entropie, die sich in allen realen physikalischen Prozessen vermehrt, definiert wird.<sup>21</sup> In seiner ersten wissenschaftlichen Forschungsarbeit, der Habilitationsschrift von 1880 über die „Gleichgewichtszustände isotroper Körper“, extrahierte Planck aus den Hauptsätzen der Thermodyna-

20. Vgl. Plancks Briefe an Runge, in denen er über den Beginn seiner Arbeit an der Dissertation und über deren Abschluss berichtet: Planck an Runge, 9.12.1878 und 4.3.1879, StaBi Dahlem, NL Carl Runge. Siehe auch: Planck, Selbstdarstellung, S. 4, 6.

21. Planck, PA, Bd. 1, S. 1, 3 (1879). Vgl. auch: ebd., S. 197 (1887), S. 427 (1892).

mik einige konkrete und überprüfbare Ergebnisse, ohne damit Hypothesen über die innere Struktur der Substanzen aufzustellen. Er fügte nur die eine Prämisse hinzu, die besagte, dass mit dem Maximum der Entropie ein endgültig stabiles Gleichgewicht erreicht wird und danach, Plancks eigener strengen Konstruktion gemäß, weitere Veränderungen im System ausgeschlossen sind. Er betonte ausdrücklich die Fähigkeit der Wärmetheorie, nützliche Ergebnisse hervorzubringen, ohne auf die atomistische Hypothese zurückgreifen zu müssen, die, wie er 1882 schrieb, bestenfalls als Hilfsmittel zu betrachten und nur dann heranzuziehen sei, wenn die Folgerungen der Gesetze der Energie und Entropie ihre Grenzen erreicht hätten.<sup>22</sup>

Weder die Tatsache, dass Planck dem Entropieprinzip einen hohen Wert beimaß, noch die von ihm vorgeschlagenen Experimente waren geeignet, die Physiker seiner Zeit zu beeindrucken. Von den ehemaligen Münchener Professoren wurde Plancks Doktorarbeit nicht verstanden. Von Gustav Kirchhoff, dem Ordinarius für theoretische Physik in Berlin, wo Planck ein Studienjahr verbracht hatte, wurde sie falsch beurteilt; Hermann Helmholtz, einer der Entdecker des Energieprinzips, schenkte ihr überhaupt keine Beachtung; und was Rudolf Clausius in Bonn anging, so waren Plancks wiederholte Bemühungen, ihm ein Exemplar seiner Dissertation persönlich zu präsentieren, vergeblich.<sup>23</sup> Doch ungeachtet der Tatsache, ob man seine Arbeit nun las oder nicht, wurde sie von der Universität Kiel, wo sein Vater immer noch Freunde und vielleicht auch einen gewissen Einfluss besaß,

22. Planck, PA, Bd. 1, S. 62–63 (1880); S. 140, 161 (1882). Vgl. auch: ebd., S. 197, 202 (1887).

23. Planck, Erinnerungen, Spalte 121–126; PA, Bd. 3, S. 377–379 (1948). Vgl. auch: Hermann, Planck in Selbstzeugnissen, S. 14–20.