

# **Badische Landesbibliothek Karlsruhe**

**Digitale Sammlung der Badischen Landesbibliothek Karlsruhe**

## **Gesammelte Werke**

Die Prinzipien der Mechanik

**Hertz, Heinrich**

**Leipzig, 1910**

Vorwort von H. v. helmholtz

[urn:nbn:de:bsz:31-288857](https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:31-288857)

## Vorwort von H. v. Helmholtz.

---

Am 1. Januar 1894 starb HEINRICH HERTZ. Für alle, die den Fortschritt der Menschheit in der möglichst breiten Entwicklung ihrer geistigen Fähigkeiten und in der Herrschaft des Geistes über die natürlichen Leidenschaften wie über die widerstrebenden Naturkräfte zu sehen gewohnt sind, war die Nachricht vom Tode dieses bevorzugten Lieblings des Genius eine tief erschütternde. Durch seltenste Gaben des Geistes und Charakters begünstigt, hat er in seinem leider so kurzen Leben eine Fülle fast unverhoffter Früchte geerntet, um deren Gewinnung sich während des vorausgehenden Jahrhunderts viele von den begabtesten seiner Fachgenossen vergebens bemüht haben. — In alter, klassischer Zeit würde man gesagt haben, er sei dem Neide der Götter zum Opfer gefallen. Hier schienen Natur und Schicksal in ganz ungewöhnlicher Weise die Entwicklung eines Menschengeistes begünstigt zu haben, der alle zur Lösung der schwierigsten Probleme der Wissenschaft erforderlichen Anlagen in sich vereinigte. Es war ein Geist, der ebenso der höchsten Schärfe und Klarheit des

logischen Denkens fähig war, wie der größten Aufmerksamkeit in der Beobachtung unscheinbarer Phänomene. Der uneingeweihte Beobachter geht an solchen leicht vorüber, ohne auf sie zu achten; dem schärferen Blicke aber zeigen sie den Weg an, durch den er in neue unbekannte Tiefen der Natur einzudringen vermag.

HEINRICH HERTZ schien prädestiniert zu sein, der Menschheit solche neue Einsicht in viele bisher verborgene Tiefen der Natur zu erschließen, aber alle diese Hoffnungen scheiterten an der tückischen Krankheit, die, langsam und unaufhaltsam vorwärts schleichend, dieses der Menschheit so kostbare Leben vernichtete und alle darauf gesetzten Hoffnungen grausam zerstörte.

Ich selbst habe diesen Schmerz tief empfunden, denn unter allen Schülern, die ich gehabt habe, durfte ich HERTZ immer als denjenigen betrachten, der sich am tiefsten in meinen eigenen Kreis von wissenschaftlichen Gedanken eingelebt hatte, und auf den ich die sichersten Hoffnungen für ihre weitere Entwicklung und Bereicherung glaubte setzen zu dürfen.

HEINRICH RUDOLF HERTZ ward am 22. Februar 1857 in Hamburg als ältester Sohn des damaligen Rechtsanwalts, späteren Senators Dr. HERTZ geboren. Nachdem er bis zu seiner Konfirmation den Unterricht in einer der städtischen Bürgerschulen erhalten hatte, trat er nach einem Jahre häuslicher Vorbereitung für höher reichende Studien in die Gelehrtenschule seiner Vaterstadt, das Johanneum, ein und verließ dieselbe 1875 mit dem Zeugnis der Reife. Er gewann schon als Knabe die Anerkennung seiner Eltern und Lehrer wegen seines ungewöhnlich regen Pflichtgefühls. Die Art seiner Begabung zeigte sich schon früh dadurch, daß er aus eigenem Antriebe neben seinen Schulfächern mechanische Arbeiten an der Hobel- und Drehbank betrieb, daneben Sonntags die Gewerbeschule besuchte, um sich im geometrischen Zeichnen zu üben, und sich mit den einfachsten Hilfsmitteln brauchbare Instrumente optischer und mechanischer Art zu erbauen bestrebte.

Als er nach Beendigung seines Schulkursus sich zu der

Wahl eines Berufs entschließen mußte, wählte er den des Ingenieurs. Es scheint, daß die auch in späteren Jahren als ein charakteristischer Grundzug seines Wesens hervortretende Bescheidenheit ihn an seiner Begabung für theoretische Wissenschaft zweifeln ließ, und daß er sich bei der Beschäftigung mit seinen geliebten mechanischen Arbeiten des Erfolges sicherer fühlte, weil er deren Tragweite schon damals ausreichend verstand. Vielleicht hat ihn auch die in seiner Vaterstadt herrschende, mehr dem Praktischen zugeneigte Sinnesweise beeinflußt. Übrigens beobachtet man nicht selten diese Art zaghafter Bescheidenheit gerade bei jungen Leuten von hervorragenden Anlagen. Sie haben wohl eine deutliche Vorstellung von den Schwierigkeiten, die vor der Erreichung des ihnen vorschwebenden hohen Zieles zu überwinden sind, und müssen ihre Kräfte erst praktisch erprobt haben, ehe sie das zu ihrem schweren Werke nötige Selbstvertrauen gewinnen. Aber auch in ihrer späteren Entwicklung pflegen reich veranlagte Naturen um so unzufriedener mit ihren eigenen Werken zu sein, je höher ihre Fähigkeiten und ihre Ideale reichen. Die Begabtesten erreichen offenbar nur deshalb das Höchste, weil sie am empfindlichsten gegen jede Unvollkommenheit sind, und am unermüdlichsten an deren Beseitigung arbeiten.

Volle zwei Jahre dauerte bei HEINRICH HERTZ dieses Stadium des Zweifels. Dann entschloß er sich im Herbst 1877 zur akademischen Laufbahn, da er bei reifenden Kenntnissen sich innerlich überzeugte, daß er nur in wissenschaftlicher Arbeit dauernde Befriedigung finden würde. Der Herbst 1878 führte ihn nach Berlin, wo ich ihn zuerst als Praktikanten in dem von mir geleiteten physikalischen Laboratorium der Universität kennen lernte. Schon während er die elementaren Übungsarbeiten durchführte, sah ich, daß ich es hier mit einem Schüler von ganz ungewöhnlicher Begabung zu tun hatte, und da mir am Ende des Sommersemesters die Aufgabe zufiel, das Thema zu einer physikalischen Preisarbeit für die Studierenden vorzuschlagen, wählte ich eine Frage aus der Elektrodynamik, in der sicheren, nachher auch bestätigten

Voraussetzung, daß HERTZ sich dafür interessieren und sie mit Erfolg angreifen werde.<sup>1)</sup>

Die Gesetze der Elektrodynamik wurden damals in Deutschland noch von der Mehrzahl der Physiker aus der Hypothese von W. WEBER hergeleitet, welche die elektrischen und magnetischen Erscheinungen auf eine Modifikation der NEWTONschen Annahme von unmittelbar und geradlinig in die Ferne wirkenden Kräften zurückzuführen suchte. Die Abnahme der betreffenden Kräfte in der Ferne sollte demselben Gesetze wie die von NEWTON angenommene Gravitationskraft und die von COULOMB zwischen je zwei elektrisierten Massenpunkten gemessene scheinbare Fernkraft folgen, es sollte nämlich die Intensität der Kraft dem Quadrate des Abstandes der aufeinander wirkenden elektrischen Quanta umgekehrt, dem Produkte der beiden Quanta aber direkt proportional sein, und zwar mit abstoßender Wirkung zwischen gleichnamigen, anziehender zwischen ungleichnamigen Mengen. Übrigens wurde in WEBERS Hypothese die Ausbreitung dieser Kraft durch den unendlichen Raum als augenblicklich und mit unendlicher Geschwindigkeit erfolgend vorausgesetzt. Der einzige Unterschied zwischen W. WEBERS Annahme und der von COULOMB bestand darin, daß WEBER voraussetzte, auch die Geschwindigkeit, mit der sich die beiden elektrischen Quanta einander näherten oder voneinander entfernten, und auch die Beschleunigungen dieser Geschwindigkeiten könnten einen Einfluß auf die Größe der Kraft zwischen den beiden elektrischen Mengen haben. Neben dieser WEBERSchen Hypothese bestanden noch eine Reihe ähnlicher anderer, die alle das Gemeinsame hatten, daß sie die Größe der COULOMBSchen Kraft noch durch den Einfluß irgend einer Komponente der

1) Die physikalische Preisarbeit für die Studierenden wurde Ende Sommer-Semester 1878 gestellt, also schon bevor HERTZ nach Berlin kam (vgl. HERTZ Werke Bd. I S. XII). Die obige Bemerkung muß also wohl auf die später von der Akademie der Wissenschaften ebenfalls auf HELMHOLTZ' Vorschlag gestellte Preisfrage bezogen werden, welche auch von HERTZ gelöst wurde, wenn auch erst spät, durch seine elektrodynamischen Entdeckungen (vgl. HERTZ Werke Bd. I S. XVIII und Bd. II S. 1). — Der Herausgeber (2. Aufl.).

Geschwindigkeit der bewegten elektrischen Quanta modifiziert ansahen. Solche Hypothesen waren von F. E. NEUMANN, von dessen Sohne C. NEUMANN, von RIEMANN, GRASSMANN, später von CLAUDIUS aufgestellt worden. Magnetisierte Molekeln galten als Achsen elektrischer Kreisströme, nach einer schon von AMPÈRE aufgefundenen Analogie ihrer nach außen gerichteten Wirkungen.

Diese bunte Blumenlese von Annahmen war in ihren Folgerungen sehr wenig übersichtlich und erforderte zu ihrer Ableitung verwickelte Rechnungen, Zerlegungen der Einzelkräfte in ihre verschieden gerichteten Komponenten usw. So war das Gebiet der Elektrodynamik um jene Zeit zu einer unwegsamen Wüste geworden. Beobachtete Tatsachen und Folgerungen aus höchst zweifelhaften Theorien liefen ohne sichere Grenze durcheinander. In dem Streben, dieses Wirrsal übersehen zu lernen, hatte ich es übernommen, das Gebiet der Elektrodynamik, soweit ich sah, zu klären, und die unterscheidenden Folgerungen der verschiedenen Theorien aufzusuchen, um wo möglich durch passend angestellte Versuche zwischen ihnen zu entscheiden.

Es ergab sich daraus folgendes allgemeine Resultat: Alle Erscheinungen, die vollkommen geschlossene Ströme bei ihrer Zirkulation durch in sich zurücklaufende metallische Leitungskreise hervorrufen und die die gemeinsame Eigentümlichkeit haben, daß es, während sie fließen, zu keiner erheblichen Veränderung der in einzelnen Teilen des Leiters angesammelten elektrischen Ladungen kommt, ließen sich aus allen den genannten Hypothesen gleich gut ableiten. Ihre Folgerungen stimmten sowohl mit AMPÈRES Gesetzen der elektromagnetischen Wirkungen, wie mit den von FARADAY und LENZ entdeckten und von F. E. NEUMANN verallgemeinerten Gesetzen der induzierten elektrischen Ströme wohl überein. In unvollständig geschlossenen leitenden Kreisen dagegen führten die verschiedenen oben genannten Hypothesen zu wesentlich verschiedenen Folgerungen. Die erwähnte gute Übereinstimmung aller der verschiedenen damaligen Theorien mit den an vollständig geschlossenen Strömungen beobachteten

Tatsachen erklärt sich leicht daraus, daß man geschlossene Ströme beliebig lange Zeit und in beliebiger Stärke unterhalten kann, jedenfalls lange genug, daß die von ihnen ausgeübten Kräfte volle Zeit haben, ihre Wirkungen sichtbar zu entfalten, daß deshalb die tatsächlichen Wirkungen solcher Ströme und ihre Gesetze wohl bekannt und genau ermittelt waren. Daher würde jede Abweichung einer neu aufgestellten Theorie von irgend einer der bekannten Tatsachen dieses wohl durchgearbeiteten Gebietes schnell aufgefallen und zur Widerlegung der Theorie benutzt worden sein.

Dagegen sammeln sich an den offenen Enden ungeschlossener Leiter, wo sich isolierende Massen zwischen diese Enden einschieben, durch jede elektrische Bewegung längs der Länge des Leiters sogleich elektrische Ladungen an, herrührend von der gegen das Ende des Leiters hindrängenden Elektrizität, die ihren Weg durch den Isolator nicht fortsetzen kann. Eine außerordentlich kurze Dauer der Strömung genügt in einem solchen Falle, um die abstoßende Kraft der am Ende angehäuften Elektrizität gegen die gleichnamige nachdrängende so hoch zu steigern, daß diese in ihrer Bewegung vollständig gehemmt wird, wonach zunächst das weitere Zuströmen aufhört und nach momentaner Ruhe dann ein schnelles Zurückdrängen der angesammelten Elektrizität folgt.

Es war für jeden Kenner der tatsächlichen Verhältnisse zu jener Zeit klar, daß sich das vollkommene Verständnis der Theorie der elektromagnetischen Erscheinungen nur durch die genaue Untersuchung der Vorgänge bei diesen sehr schnell vorübergehenden ungeschlossenen Strömen werde gewinnen lassen. W. WEBER hatte versucht, gewisse Schwierigkeiten seiner elektrodynamischen Hypothese zu beseitigen oder zu vermindern dadurch, daß er sich auf die Möglichkeit berief, die Elektrizität könne einen gewissen Grad von Beharrungsvermögen haben, wie es den schweren Körpern zukomme. Scheinbar zeigen bei Schließung und Unterbrechung jedes Stromes sich Wirkungen, die den Anschein eines Beharrungsvermögens der Elektrizität vortäuschen. Diese rühren aber von der sogenannten elektrodynamischen Induktion d. h. von

einer gegenseitigen Einwirkung nahe gelegener Stromleiter aufeinander her und sind in ihren Gesetzen seit FARADAY wohlbekannt. Wahres Beharrungsvermögen müßte nur der Masse der bewegten Elektrizität proportional sein, ohne von der Lage des Leiters abzuhängen. Wenn etwas derart existierte, müßte es sich durch eine Verlangsamung der oszillierenden Bewegungen der Elektrizität zu erkennen geben, wie sie nach jähen Unterbrechungen elektrischer Ströme in gut leitenden Drähten sich zeigen. Auf diesem Wege ließ sich die Bestimmung einer oberen Grenze für den Wert dieses Beharrungsvermögens erwarten, und deshalb stellte ich die Aufgabe, über die Größe von Extrastromen Versuche auszuführen. Aus diesen sollte wenigstens eine obere Grenze für die bewegte Masse festgestellt werden. Es waren schon in der Aufgabe, als zu diesen Versuchen besonders geeignet erscheinend, Extrastrome aus doppeldrähtigen Spiralen vorgeschlagen, deren Zweige in entgegengesetzter Richtung durchflossen wären. In der Lösung dieser Aufgabe bestand die erste größere Arbeit von HEINRICH HERTZ. Er gibt darin eine präzise Antwort auf die gestellte Frage und zeigt, daß höchstens  $\frac{1}{20}$  bis  $\frac{1}{30}$  des Extrastromes aus einer doppeldrähtigen Spirale der Wirkung einer Trägheit der Elektrizität zuzuschreiben sei. Diese Arbeit wurde mit dem Preise gekrönt.

Aber HERTZ beschränkte sich nicht auf die vorgeschlagenen Versuche. Er erkannte nämlich, daß bei geradlinig ausgespannten Drähten die Induktionswirkungen, trotz ihrer sehr viel geringeren Stärke, viel genauer zu berechnen waren, als bei Spiralen mit vielen Windungen, weil er hier die Lagerungsverhältnisse nicht genau abmessen konnte. Daher benützte er zu weiteren Versuchen eine Leitung aus zwei Rechtecken von geraden Drähten und fand hier, daß der von dem Beharrungsvermögen herrührende Extrastrom höchstens  $\frac{1}{250}$  von dem Werte des Induktionsstromes betrage.

Untersuchungen über den Einfluß der Zentrifugalkraft in einer schnell rotierenden Platte auf die Bewegung eines sie durchfließenden elektrischen Stromes führten ihn zu einer noch viel tiefer liegenden oberen Grenze des Beharrungsvermögens der Elektrizität.

Diese Versuche haben ihm offenbar die ungeheure Beweglichkeit der Elektrizität eindringlich zur Anschauung gebracht und ihm geholfen, die Wege zu finden, um seine wichtigsten Entdeckungen zu machen.

In England waren durch FARADAY ganz andere Vorstellungen über das Wesen der Elektrizität verbreitet. Seine in schwerverständlicher abstrakter Sprache vorgetragene Ideen brachen sich nur langsam Bahn, bis sie in CLARK MAXWELL einen berufenen Interpreten fanden. FARADAYS Hauptbestreben bei der Erklärung der elektrischen Erscheinungen ging dahin, alle Voraussetzungen, bestehend in Annahmen von nicht direkt wahrnehmbaren Vorgängen oder Substanzen, auszuschließen. Vor allem wies er, wie es einst zu Anfang seiner Laufbahn schon NEWTON getan, die Hypothese von der Existenz der Fernkräfte zurück. Es schien ihm undenkbar, wie die älteren Theorien annahmen, daß direkte und unmittelbare Wirkungen zwischen zwei räumlich getrennten Körpern bestehen sollten, ohne daß in den zwischenliegenden Medien irgend eine Veränderung vor sich gehe. Daher suchte er zunächst nach Spuren von Veränderungen in Medien, welche zwischen elektrisierten oder zwischen magnetischen Körpern lagen. Es gelang ihm der Nachweis von Magnetismus oder Diamagnetismus bei fast allen bisher für unmagnetisch geltenden Körpern. Ebenso wies er nach, daß unter der Einwirkung elektrischer Kräfte gut isolierende Körper eine Veränderung erlitten; diese bezeichnete er als „dielektrische Polarisierung der Isolatoren“.

Es ließ sich nicht verkennen, daß die Anziehung zwischen zwei mit Elektrizität beladenen Leitern oder zwischen zwei entgegengesetzten Magnetpolen in Richtung ihrer Kraftlinien sich wesentlich verstärken mußte, wenn man dielektrisch oder magnetisch polarisierte Medien zwischen sie einschaltete. Quer gegen die Kraftlinien mußte dagegen eine Abstoßung entstehen. Nach diesen Entdeckungen konnte nicht mehr geleugnet werden, daß ein Teil der magnetischen und elektrischen Fernwirkung durch Vermittelung der zwischenliegenden polarisierten Medien zustande käme, ein anderer konnte freilich

immerhin noch übrig bleiben, der einer direkten Fernkraft angehörte.

FARADAY und MAXWELL neigten sich der einfacheren Annahme zu, daß überhaupt Fernkräfte nicht existierten, und MAXWELL entwickelte die mathematische Fassung dieser Hypothese, welche allerdings eine vollständige Umkehr der bisherigen Anschauungen verlangte. Danach mußte der Sitz der Veränderungen, welche die elektrischen Erscheinungen hervorbringen, nur noch in den Isolatoren gesucht werden, Entstehen und Vergehen der Polarisationen in den Isolatoren mußte der Grund der scheinbar in den Leitern stattfindenden elektrischen Bewegungen sein. Ungeschlossene Ströme gab es nicht mehr, denn die Anhäufung elektrischer Ladungen an den Enden der Leitung und die dabei in den sie trennenden Isolatoren auftretende dielektrische Polarisation stellte eine äquivalente elektrische Bewegung in den zwischenliegenden Isolatoren dar, die die Lücke des Stromes zu ergänzen geeignet schien.

Schon FARADAY hatte mit seiner sehr sicheren und tiefgehenden inneren Anschauung geometrischer und mechanischer Fragen erkannt, daß die Verteilung der elektrischen Fernwirkungen im Raume nach diesen Annahmen genau mit der durch die alte Theorie gefundenen stimmen mußte.

MAXWELL bestätigte und erweiterte dies mit den Hilfsmitteln der mathematischen Analysis zu einer vollständigen Theorie der Elektrodynamik. Ich selbst erkannte sehr wohl das Zwingende in den von FARADAY gefundenen Tatsachen und untersuchte zunächst die Frage, ob Fernwirkungen überhaupt existierten und in Betracht gezogen werden müßten. Der Zweifel schien mir zunächst in einem so verwickelten Gebiete der wissenschaftlichen Vorsicht gemäß zu sein und konnte zu entscheidenden Versuchen hinleiten.

Das war der Stand der Frage, als HEINRICH HERTZ nach Beendigung seiner vorgenannten Preisarbeit in die Untersuchung eintrat.

Nach MAXWELLS Auffassung war es wesentlich entscheidend für seine Theorie, ob das Entstehen und Vergehen dielektrischer Polarisation in einem Isolator dieselben elektrodynamischen

Wirkungen in der Umgebung hervorbringt, wie ein galvanischer Strom in einem Leiter. Diesen Nachweis zu erbringen, erschien mir als eine ausführbare und hinreichend wichtige Arbeit, um sie zum Gegenstand einer der großen Preisaufgaben der Berliner Akademie zu machen.

Wie sich, an diese von den Zeitgenossen vorbereiteten Keime anknüpfend, die Entdeckungen von HERTZ weiter entwickelten, hat er selbst in der Einleitung seines interessanten Buches: Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft so anschaulich und interessant entwickelt, daß kein anderer dazu etwas Wesentliches oder gar Besseres hinzufügen könnte. Dieser Bericht ist als eine höchst aufrichtige und eingehende Darstellung einer der wichtigsten und folgenreichsten Entdeckungen von hervorragendem Werte. Leider besitzen wir nicht viel ähnliche Akten über die innere psychologische Geschichte der Wissenschaft, und wir sind dem Verfasser auch dafür den größten Dank schuldig, daß er uns so tief in das Innere seiner Gedankenwerkstatt und selbst in die Geschichte seiner zeitweiligen Irrtümer hat schauen lassen.

Nur über die Folgen dieser neuen Entdeckungen wäre noch einiges hinzuzufügen.

Die Ansichten, deren Richtigkeit HERTZ später bestätigt hat, waren allerdings, wie oben bemerkt, vor ihm durch FARADAY und MAXWELL als möglich oder selbst als höchst wahrscheinlich schon aufgestellt, aber die tatsächlichen Beweise ihrer Richtigkeit fehlten noch. HERTZ hat nun in der Tat diese Beweise geliefert. Nur einem ungewöhnlich aufmerksamen Beobachter, der die Tragweite jeder unvermuteten und bis dahin unbeachteten Erscheinung sogleich durchschaut, konnten die höchst unscheinbaren Phänomene auffallen, die ihn auf den richtigen Weg geleitet haben. Es wäre eine hoffnungslose Aufgabe gewesen, schnell wechselnde Ströme mit einer Dauer von Zehntausendteilen oder gar nur Millionteilen einer Sekunde am Galvanometer oder mittels irgend einer anderen damals geübten experimentellen Methode sichtbar zu machen. Denn alle endlichen Kräfte brauchen eine gewisse Zeit zur Hervorbringung endlicher Geschwindigkeiten und zur Ver-

schiebung von Körpern von irgend welchem Gewicht, auch so geringem, wie es die Magnetnadeln unserer Galvanometer zu haben pflegen. Aber elektrische Funken können zwischen den Enden einer Leitung sichtbar werden, wenn auch nur für ein Milliontel Sekunde die elektrische Spannung an den Enden einer solchen Leitung hoch genug gesteigert wird, daß der Funke eine winzige Luftschicht durchbrechen kann. HERTZ war durch seine früheren Untersuchungen schon wohlbekannt mit der Regelmäßigkeit und enormen Geschwindigkeit dieser sehr schnellen Oszillationen der Elektrizität, und seine Versuche, auf diesem Wege die flüchtigsten elektrischen Bewegungen zu entdecken und sichtbar zu machen, gelangen ihm verhältnismäßig schnell. Er fand sehr bald die Bedingungen, unter denen er die Oszillationen ungeschlossener Leitungen in solcher Regelmäßigkeit erzielen konnte, daß er ihre Abhängigkeit von den verschiedensten Nebenumständen ermitteln und dadurch die Gesetze ihres Auftretens und sogar den Wert ihrer Wellenlänge in der Luft und ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit ermitteln konnte. Bei dieser ganzen Untersuchung muß man immer wieder den Scharfsinn seiner Überlegungen und sein experimentelles Geschick bewundern, die sich in der glücklichsten Weise ergänzten.

HERTZ hat durch diese Arbeiten der Physik neue Anschauungen natürlicher Vorgänge von dem größten Interesse gegeben. Es kann nicht mehr zweifelhaft sein, daß die Lichtschwingungen elektrische Schwingungen in dem den Weltraum füllenden Äther sind, daß dieser selbst die Eigenschaften eines Isolators und eines magnetisierbaren Medium hat. Die elektrischen Oszillationen im Äther bilden eine Zwischenstufe zwischen den verhältnismäßig langsamen Bewegungen, welche etwa durch elastisch tönende Schwingungen magnetisierter Stimmgabeln dargestellt werden, und den ungeheuer schnellen Schwingungen des Lichts andererseits; aber es läßt sich nachweisen, daß ihre Fortpflanzungsgeschwindigkeit, ihre Natur als Transversalschwingungen, die damit zusammenhängende Möglichkeit der Polarisationserscheinungen, der Brechung und Reflexion vollständig denselben Verhältnissen entsprechen wie

bei dem Lichte und bei den Wärmestrahlen. Nur fehlt den elektrischen Wellen die Fähigkeit das Auge zu affizieren, wie diese auch den dunklen Wärmestrahlen fehlt, deren Schwingungszahl dazu nicht groß genug ist.

Es ist gewiß eine große Errungenschaft, die vollständigen Beweise dafür geliefert zu haben, daß das Licht, eine so einflußreiche und so geheimnisvolle Naturkraft, einer zweiten ebenso geheimnisvollen, und vielleicht noch beziehungsreicheren Kraft, der Elektrizität, auf das engste verwandt ist. Für die theoretische Wissenschaft ist es vielleicht noch wichtiger, verstehen zu können, wie anscheinende Fernkräfte durch Übertragung der Wirkung von einer Schicht des zwischenliegenden Medium zur nächsten fortgeleitet werden. Freilich bleibt noch das Rätsel der Gravitation stehen, die wir noch nicht folgerichtig anders, denn als eine reine Fernkraft zu erklären wissen.

HEINRICH HERTZ hat sich durch seine Entdeckungen einen bleibenden Ruhm in der Wissenschaft gesichert. Sein Andenken wird aber nicht nur durch seine Arbeiten fortleben, auch seine liebenswürdigen Charaktereigenschaften, seine sich immer gleichbleibende Bescheidenheit, die freudige Anerkennung fremden Verdienstes, die treue Dankbarkeit, die er seinen Lehrern bewahrte, wird allen, die ihn kannten, unvergeßlich sein. Ihm selbst war es nur um die Wahrheit zu tun, die er mit äußerstem Ernst und mit aller Anstrengung verfolgte; nie machte sich die geringste Spur von Ruhmsucht oder persönlichem Interesse bei ihm geltend. Auch da, wo er einiges Recht gehabt hätte, Entdeckungen für sich in Anspruch zu nehmen, war er eher geneigt stillschweigend zurückzutreten. Im ganzen still und schweigsam, konnte er doch heiter an fröhlichem Freundeskreise teilnehmen und die Unterhaltung durch manches treffende Wort beleben. Er hat wohl nie einen persönlichen Gegner gehabt, obgleich er gelegentlich über nachlässig gemachte oder renomistisch auftretende Bestrebungen, die sich für Wissenschaft ausgaben, ein scharfes Urteil fällen konnte. Sein äußerer Lebensgang verlief folgendermaßen: Im Jahre 1880 trat er als Assistent im Physikalischen Laboratorium der

Berliner Universität ein; 1883 veranlaßte ihn das preußische Kultusministerium, sich in Kiel mit Aussicht auf baldige Beförderung zu habilitieren. Zu Ostern 1885 wurde er als ordentlicher Professor der Physik an die technische Hochschule zu Karlsruhe berufen. Hier machte er seine hauptsächlichsten Entdeckungen, und hier verheiratete er sich mit Fräulein Elisabeth Doll, der Tochter eines Kollegen. Schon nach zwei Jahren erhielt er einen Ruf als Ordinarius der Physik an die Universität Bonn, dem er zu Ostern 1889 folgte.

In den nun folgenden leider so kurzen Jahren seines Lebens brachten ihm seine Zeitgenossen alle äußeren Zeichen der Ehre und Anerkennung entgegen. Im Jahre 1888 wurde ihm die Matteucci-Medaille von der italienischen Gesellschaft der Wissenschaften, 1889 von der Académie des Sciences in Paris der Preis La Caze und von der K. K. Akademie zu Wien der Baumgartner-Preis, 1890 die Rumford-Medaille von der Royal Society in London, 1891 der Bressa-Preis von der Königlichen Akademie in Turin verliehen.

Die Akademien von Berlin, München, Wien, Göttingen, Rom, Turin und Bologna, sowie viele andere gelehrte Gesellschaften wählten ihn zum korrespondierenden Mitglied, und die preußische Regierung verlieh ihm den Kronenorden.

Er sollte sich seines steigenden Ruhmes nicht lange erfreuen. Eine qualvolle Knochenkrankheit fing an sich zu entwickeln; im November 1892 schon trat das Übel drohend auf. Eine damals ausgeführte Operation schien das Leiden für kurze Zeit zurückzudrängen. HERTZ konnte seine Vorlesungen, wenn auch mit großer Anstrengung, bis zum 7. Dezember 1893 fortsetzen; am 1. Januar 1894 erlöste ihn der Tod von seinen Leiden.

Wie sehr das Nachsinnen von HERTZ auf die allgemeinsten Gesichtspunkte der Wissenschaft gerichtet war, zeigt auch wieder das letzte Denkmal seiner irdischen Tätigkeit, das vorliegende Buch über die Prinzipien der Mechanik.

Er hat versucht, darin eine konsequent durchgeführte Darstellung eines vollständig in sich zusammenhängenden Systems der Mechanik zu geben und alle einzelnen besonderen Gesetze

dieser Wissenschaft aus einem einzigen Grundgesetz abzuleiten, welches logisch genommen natürlich nur als eine plausible Annahme betrachtet werden kann. Er ist dabei zu den ältesten theoretischen Anschauungen zurückgekehrt, die man eben deshalb auch wohl als die einfachsten und natürlichsten ansehen darf, und stellt die Frage, ob diese nicht ausreichen würden, alle die neuerdings abgeleiteten allgemeinen Prinzipien der Mechanik konsequent und in strengen Beweisen herleiten zu können, auch wo sie bisher nur als induktive Verallgemeinerungen aufgetreten sind.

Die erste Entwicklung der wissenschaftlichen Mechanik knüpfte sich an die Untersuchungen des Gleichgewichts und der Bewegung fester Körper, die miteinander in unmittelbarer Berührung stehen, wofür die einfachen Maschinen, Hebel, Rollen, schiefe Ebenen, Flaschenzüge die erläuternden Beispiele gaben. Das Gesetz von den virtuellen Geschwindigkeiten ist die ursprünglichste, allgemeine Lösung aller dahin gehörigen Aufgaben. Später entwickelte GALILEI die Kenntnis der Trägheit und der Bewegungskraft als einer beschleunigenden Kraft, die freilich von ihm noch dargestellt wird als eine Reihe von Stößen. Erst NEWTON kam zum Begriff der Fernkraft und ihrer näheren Bestimmung durch das Prinzip der gleichen Aktion und Reaktion. Es ist bekannt, wie sehr anfangs ihm selbst und seinen Zeitgenossen der Begriff unvermittelter Fernwirkung widerstrebte.

Von da ab entwickelte sich die Mechanik weiter unter Benutzung von NEWTONS Begriff und Definition der Kraft, und man lernte allmählich auch die Probleme behandeln, in denen sich konservative Fernkräfte mit dem Einfluß fester Verbindungen kombinieren, deren allgemeinste Lösung in D'ALEMBERTS Prinzip gegeben ist. Die allgemeinen prinzipiellen Sätze der Mechanik (Gesetz von der Bewegung des Schwerpunkts, der Flächensatz für rotierende Systeme, das Prinzip von der Erhaltung der lebendigen Kräfte, das Prinzip der kleinsten Aktion) haben sich alle entwickelt unter der Voraussetzung von NEWTONS Attributen der konstanten, also auch konservativen Anziehungskräfte zwischen materiellen Punkten und der Existenz

fester Verbindungen zwischen denselben. Sie sind ursprünglich nur unter der Annahme solcher gefunden und bewiesen worden. Man hat dann später durch Beobachtung gefunden, daß die so hergeleiteten Sätze eine viel allgemeinere Geltung in der Natur in Anspruch nehmen durften, als aus ihrem Beweise folgte, und hat demnächst gefolgert, daß gewisse allgemeinere Charaktere der NEWTONSchen konservativen Anziehungskräfte allen Naturkräften zukommen, vermochte aber diese Verallgemeinerung aus einer gemeinsamen Grundlage nicht abzuleiten. HERTZ hat sich nun bestrebt, für die Mechanik eine solche Grundanschauung zu finden, welche fähig wäre, eine vollkommene folgerichtige Ableitung aller bisher als allgemeingültig anerkannten Gesetze der mechanischen Vorgänge zu geben, und er hat das mit großem Scharfsinn und unter einer sehr bewundernswürdigen Bildung eigentümlich verallgemeinerter kinematischer Begriffe durchgeführt. Als einzigen Ausgangspunkt hat er die Anschauung der ältesten mechanischen Theorien gewählt, nämlich die Vorstellung, daß alle mechanischen Prozesse so vor sich gehen, als ob alle Verbindungen zwischen den aufeinander wirkenden Teilen feste wären. Freilich muß er die Hypothese hinzunehmen, daß es eine große Anzahl unwahrnehmbarer Massen und unsichtbarer Bewegungen derselben gebe, um dadurch die Existenz der Kräfte zwischen den nicht in unmittelbarer Berührung miteinander befindlichen Körpern zu erklären. Einzelne Beispiele, die erläutern könnten, wie er sich solche hypothetischen Zwischenglieder dachte, hat er aber leider nicht mehr gegeben, und es wird offenbar noch ein großes Aufgebot wissenschaftlicher Einbildungskraft dazu gehören, um auch nur die einfachsten Fälle physikalischer Kräfte danach zu erklären. Er scheint hierbei hauptsächlich auf die Zwischenschaltung cyklischer Systeme mit unsichtbaren Bewegungen Hoffnung gesetzt zu haben.

Englische Physiker, wie Lord KELVIN in seiner Theorie der Wirbelatome, und MAXWELL in seiner Annahme eines Systems von Zellen mit rotierendem Inhalt, die er seinem Versuch einer mechanischen Erklärung der elektromagnetischen Vorgänge zugrunde gelegt hat, haben sich offenbar durch

ähnliche Erklärungen besser befriedigt gefühlt, als durch die bloße allgemeinste Darstellung der Tatsachen und ihrer Gesetze, wie sie durch die Systeme der Differentialgleichungen der Physik gegeben wird. Ich muß gestehen, daß ich selbst bisher an dieser letzteren Art der Darstellung festgehalten, und mich dadurch am besten gesichert fühlte; doch möchte ich gegen den Weg, den so hervorragende Physiker, wie die drei genannten, eingeschlagen haben, keine prinzipiellen Einwendungen erheben.

Freilich werden noch große Schwierigkeiten zu überwinden sein bei dem Bestreben, aus den von HERTZ entwickelten Grundlagen Erklärungen für die einzelnen Abschnitte der Physik zu geben. Im ganzen Zusammenhange aber ist die Darstellung der Grundgesetze der Mechanik von HERTZ ein Buch, welches im höchsten Grade jeden Leser interessieren muß, der an einem folgerichtigen System der Dynamik, dargelegt in höchst vollendeter und geistreicher mathematischer Fassung, Freude hat. Möglicherweise wird dieses Buch in der Zukunft noch von hohem heuristischen Wert sein als Leitfaden zur Entdeckung neuer allgemeiner Charaktere der Naturkräfte.

---