

- (1831), *Werke und Briefe in zehn Bänden* (Bd. 5). Herausgegeben von Hans Kaufmann, Berlin, Weimar: Aufbau Verlag, 1972, S. 167–308.
- Hemme, Heinrich, »Probleme ohne Lösungen«, *Das Beste aus dem Mathematischen Kabinett*, hrsg. v. Thiagar Devendran, Stuttgart: Deutsche Verlagsanstalt, 1990, S. 93–98.
- Köster, Thomas, *Nikolaj Wassiljewitsch Gogol*, in: Microsoft Encarta Enzyklopädie, 2001.
- Kowalewskaja, Sofja, *Autobiographische Skizze*, Deutsche Rundschau 108, 1901, S. 152–160; Wiederabdruck des Autographs <http://www.tollmien.com> (2007–09–27).
- Kowalewskaja, Sofja, *Erinnerungen an meine Kindheit*. Weimar: Kiepenheuer, 1960.
- Kowalewskaja, Sofja, *Zur Theorie der partiellen Differentialgleichungen*. Berlin: Reimer, 1874, Wiederabdruck Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen: Digitalisierungszentrum, <http://gdz.sub.uni-goettingen.de/dms/load/toc/?IDDOC=293776> (2007–09–27)
- Philosophisches Wörterbuch (1911), Artikel?, (19. Auflage), begründet von Heinrich Schmidt und neu bearbeitet von Georgi Schischkoff, Stuttgart: Kröner, 1974.
- Université Nancy 2, Archives Henri Poincaré, *La correspondance de Henri Poincaré*. <http://www.univ-nancy2.fr/poincare/chp/index.html> (2007–09–27)
- Farouki, Nayla & Michel Serres (Hg.), *Thesaurus der exakten Wissenschaften*, darin: »Astrophysik, Biochemie, Chemie, Genetik, Geowissenschaften, Informatik, Mathematik, Physik«, Frankfurt/M.: Zweitausendeins, 2001.
- Tobies, Renate (Hg.), *Aller Männerkultur zum Trotz: Frauen in Mathematik und Naturwissenschaften*. Frankfurt/M.: Campus, 1997.
- Tollmien, Cordula, *Fürstin der Wissenschaft: die Lebensgeschichte der Sofja Kowalewskaja*. Weinheim: Beltz & Gelberg, 1995.
- Vogt, Annette, »Wissenschaft und Persönlichkeit: Karl Weierstraß und Sonja Kowalewskaja«, *Wissenschaftliche Zeitschrift Friedrich-Schiller-Universität Jena, Naturwissenschaftliche Reihe*, 37, 1988, S. 271–278.
- Weierstrass, Karl, *Briefwechsel zwischen Karl Weierstrass und Sofja Kowalewskaja*. Berlin: Akademie, 1993.
- Wicht, Wolfgang, »Die Ermordung des Hausengelchens«, in: *Virginia Woolf: Ein eigenes Zimmer; Drei Guineen, Essays*. (2. veränderte Auflage), Leipzig: Reclam, 1992, S. 282–297.

Unkorrigierte, nicht zitierfähige Druckfahne - zum persönlichen Gebrauch und um neugierig zu machen auf das Buch als Ganzes.

Heinrich Hertz an den Grenzen seiner Wissenschaft

Alfred Nordmann

Ich habe in der letzten Zeit ziemlich viel auf dem Lesezimmer in den ersten Bänden der Leipziger Acta eruditorum von 1682 an geblättert, worin sich außerordentlich viel Interessantes findet, besonders die Arbeiten Leibnizens, so die ersten Aufsätze über Differentialrechnung, welche die Erfindung selbst enthalten. Es macht einem einen besonderen Eindruck, wenn man die sehr unscheinbaren Knospen sieht, aus denen sich die ganze Wissenschaft entfaltete, die unbehilflichen Druck und die sehr unausgebildete Zeichensprache. Auch wenn man bedenkt, daß das, was einem jetzt wie das Stammeln eines Kindes vorkommt, seinerzeit nur den ersten Gelehrten verständlich war. Da die Akten zum größten Teil eine fortlaufende Kritik aller neu erschienenen, bedeutenderen Bücher bilden, so bekommt man zugleich einen anziehenden Einblick in den Stand der damaligen Wissenschaft und Anschauungen. Sehr ergötzlich sind dann wieder die noch mit unterlaufenden scholastischen Bücher, so die Physik eines Jesuiten, in denen er alle Fragen beantwortet, bis auf einzelne, die er dem Scharfsinn des Lesers überläßt, darunter folgende: was ein größeres Wunder sei, eine Mücke von einer Elle Größe oder ein Walfisch von 1000? num detur realiter (!) culex, deren einer Flügel die ganze Erde bedecken kann? Ob es eine solche Kälte gäbe, daß die Wörter zusammenfrieren? Ob Eva die Tochter oder Schwester des Adam genannt werden müßte usw. Dann wieder Bücher, in denen die Wirklichkeit der Hexerei nachgewiesen wird, sehr viele theologische Bücher, dazwischen dann aber immer die Spuren der neuen Wissenschaft, und zwar die glänzendsten Entdeckungen. Es tut mir wirklich manchmal leid, daß ich nicht damals gelebt habe, wo es noch so viel Neues gab; es gibt zwar auch jetzt genug Unbekanntes, aber ich glaube nicht, daß noch jetzt leicht etwas gefunden werden kann, was so umgestaltend auf die ganze Anschauungsweise einwirken kann wie in jener Zeit, wo Teleskop und Mikroskop noch neu waren. Indessen mag dies Gefühl auch teilweise ein falsches sein, ganz ohne Recht ist es aber, glaube ich, nicht. Ich weiß nicht, ob Euch diese Erzählungen aus dem, was ich gelesen, interessieren; Mama hörte wohl etwas anderes lieber, aber ich möchte Euch doch gerne etwas schreiben, und ohne dies könnten meine Briefe nur sehr kurz sein;

denn augenblicklich ist für mich das, was ich lese, ziemlich identisch mit dem, was ich erlebe.¹

Dies steht in einem Brief aus den Studententagen von Heinrich Hertz, der am 22. Februar 1857 in Hamburg zur Welt kam und erst 36 Jahre alt am 1. Januar 1894 in Bonn starb. Sein Ruhm verdankt sich seinem experimentellen Nachweis der so genannten Radiowellen, aber auch seine philosophische Bedeutung ist unumstritten. Henri Poincaré, Hermann Cohen, Ernst Cassirer, der so genannte Wiener Kreis und vor allem Ludwig Wittgenstein haben seine Gedanken aufgenommen. Der Nachhall von Hertz', insbesondere in der Philosophie Wittgensteins, kann gar nicht überschätzt werden, deutliche Spuren hierfür finden sich in dessen frühem und spätem Werk.

Mir geht es aber nicht um Hertz als Anreger oder Vorfahre Wittgensteins, sondern um Hertz als eigenständigen Philosophen, der seine spezifische Problemsituation im Umfeld eines Kantianismus bearbeitete, der aber nicht nur die Auseinandersetzungen eines Hermann von Helmholtz zu den Grundlagen der Geometrie reflektiert, sondern auch mit der Zuspitzung der kantischen Philosophie durch Arthur Schopenhauer vertraut ist. Wie ich zeigen werde, hat Hertz somit in Bezug auf die Physik und ihre Bedeutung für den Menschen im Ausgang des 19. Jahrhunderts eine ähnliche Bedeutung wie Max Weber für die Soziologie.

Mit Hertz als originellem Denker geht es im Folgenden also nicht um ein paar philosophische Gedanken, die Hertz der Nachwelt thesenartig überlassen hat, sondern um ein philosophisches Problem, mit dem er sich sein Leben lang herumschlagen musste. Dieses Problem stelle ich in zwei Teilen vor. Zunächst erscheint es als Frage danach, was Physik eigentlich ist, wo sie beginnt und wo sie aufhört. Wo die Physik aufhört – das erfährt im zweiten Teil eine Ausweitung. Hier geht es allgemeiner um den Geltungsbereich der Physik insbesondere in Bezug auf das so genannte Lebensproblem.

¹ Johanna Hertz (Hg.), *Heinrich Hertz: Erinnerungen, Briefe, Tagebücher/Memoirs, Letters, Diaries*, 2. Auflage, Weinheim: Physik Verlag, 1977, S. 80.

1. Bilder

Hertz war nicht nur Physiker und Philosoph, sondern ein Doppeltalent auch in der Physik. Er gilt nicht nur als Theoretiker, als der er uns heute vornehmlich beschäftigt wird, sondern ebenso als hervorragender Experimentator. Schon zu Schulzeiten ergänzte sich seine mathematisch-sprachliche Bildung mit handwerklicher Tätigkeit, einschließlich des Baus wissenschaftlicher Präzisionsinstrumente. Darum nahm er zunächst ein Ingenieurstudium auf, wechselte nach einigen Semestern aber zur Physik. Ganz zu Anfang seines Studiums hörte er bei Fritz Schultze Vorlesungen über Kants Erkenntnistheorie und die ›Scheinbilder‹, mit denen sich der menschliche Verstand auf die Wirklichkeit bezieht. Physik studierte er hauptsächlich bei Hermann von Helmholtz und Gustav Kirchhoff; in Berlin promovierte er im März 1880. Wie es seinerzeit noch üblich war, stellte der Kandidat drei Thesen zur Diskussion, die er in der Disputation verteidigen musste.

1. Ein Fehler von 1/100 des wahren Wertes bildet die Grenze für die wünschenswerte Genauigkeit, ein Fehler von 1/1000 des wahren Wertes die Grenze für die mögliche Genauigkeit in der Bestimmung einer physikalischen Konstanten; genauer als bis auf 1/10000 ihres Wertes lässt sich kaum eine Konstante auch nur definieren.
2. Obwohl es verfehlt sein würde, im Verlaufe einer Untersuchung eine vorgefasste Meinung beständig festzuhalten, so ist doch im Beginn der Untersuchung eine solche vorgefasste Meinung nicht nur nicht schädlich, sondern sogar notwendig.
3. Die untergeordnete Stellung, welche in dem Gymnasialunterricht die Studien mathematischen und naturwissenschaftlichen Inhalts gegenüber den humanistischen Studien einnehmen, ist gerechtfertigt.²

Mit den drei Thesen bewegt Hertz sich gleich dreimal an die Grenzen der Physik. In der ersten These geht es um das zunächst technische Problem der Messgenauigkeit. In der zweiten These geht es um die Grenze des Induktivismus und jeder sinnesphysiologischen Erkenntnistheorie, also jedes Versuchs, allein durch den Erwerb von Messwerten und Sinnesdaten zu einer Erkenntnis vorzudringen. Die dritte The-

² *Ueber die Induction in Rotirenden Kugeln*, Berlin: Schade, 1880, S. 93 ff. Ohne die Thesen findet sich der Text der Dissertation auch in den *Schriften vermischten Inhalts*, Leipzig: Barth, 1895, S. 37–134.

se betrifft die Grenze des Geltungsbereichs der Physik als Ganzer, hier gegenüber den humanistischen Studien, die Hertz selbst intensiv betrieb, später auch gegenüber dem Lebensproblem, das von der Physik überhaupt nicht berührt werde. Mit allen drei Thesen verfiht Hertz die Grenzziehung und weist die Physik in ihre Grenzen. Vorschnell ließe sich hieraus schließen, Hertz meine, die Physik müsse sich nun auch in diese Grenzen fügen. Dies jedoch steht in einer unauflösbaren Spannung zu einem Grundmotiv der Physik, wie sie insbesondere bei Helmholtz in Berlin betrieben wurde, nämlich ihrem Auftrag die Wissensgrenzen durch neue Entdeckungen permanent zu erweitern. Diese Spannung macht die lebenslange philosophische Problemsituation aus, in der Hertz die durchaus variablen, aber dennoch nicht hintergehbaren Grenzen der Physik zu bestimmen sucht.

Einen allerersten Eindruck dieses Spannungsverhältnisses lässt sich angesichts der ersten These gewinnen. Eine Messgenauigkeit von mehr als 1/1000 des wahren Wertes sei bei der Bestimmung einer physikalischen Konstante nicht möglich, meinte Hertz in seiner Disputation. Tatsächlich entschied sich Hertz schon vor der Promotion gegen die Bearbeitung einer von Helmholtz für ihn formulierten Preisaufgabe, weil der gesuchte Effekt die Bestimmung des Millionstels einer Größe erfordert hätte. Neun Jahre später gelang Hertz im Zusammenhang seiner elektrodynamischen Experimente eine derartige Verstärkung und Isolation dieses Effekts, dass er auf eine präzise Messung verzichten konnte und nur noch seine Existenz feststellen musste. Weitere acht Jahre später postuliert die Einleitung zu den *Prinzipien der Mechanik* ein empirisches Kriterium, wie prinzipiell zwischen zwei Darstellungen der Mechanik unterschieden werden könne, wobei der hierzu nötige experimentelle Nachweis eine prinzipiell unerreichbare Messgenauigkeit verlangen würde.

Die Spannung zwischen Grenzziehung und Erweiterung der Physik wird nun aber dort schwieriger, wo das jeweils gültige Gleichgewicht nicht einfach durch technische Innovationen, feinere Instrumente, größere Effekte, bessere Irrtumskontrolle verschoben werden kann. Bald schon sollte Hertz auf eine weitere Dimension dieses Spannungsverhältnisses stoßen. Diesmal geht es um die Entzauberung einer Neuentdeckung durch ihre Erklärung und theoretische Darstellung – wodurch die Physik, wie Hertz einmal sagte, philologisch werde. Dagegen steht der experimentelle Durchbruch, der philologische Querelen hin-

ter sich lässt und zu einer wirklichen Klärung der Lage führt – was Hertz als ein philosophisches Ergebnis der Physik bezeichnet.

Schon bald nachdem er vom Ingenieursstudium in die Physik wechselte, schreibt Hertz in seinem wöchentlichen Brief an die Eltern:

Um auf Papas Brief zu antworten, sage ich zunächst, daß Papa ganz recht hat und daß ich wirklich schwelge in meiner neuen Beschäftigung und in dem Gedanken, daß das Studium nun nicht nach ein paar Jahren aufhört, sondern das ganze Leben fort dauern soll. Freilich ist man nie ganz zufrieden, und so brenne ich denn auch vor Ungeduld, ans Ende des bisher Erreichten zu kommen und von da in ein unbekanntes Land weiterzugehen; aber der Weg ist entsetzlich weit und zum großen Teil derart, daß er auch bei der größten Anstrengung viel Zeit braucht und daß dabei das festina lente nur gar zu sehr gilt. Ich suche jetzt also so viel wie irgend möglich in mich aufzunehmen, und es wird wohl noch eine Weile dauern, ehe ich darüber hinauskomme. Der Stoff ist ganz ungeheuer, und ich amüsiere mich darüber, daß ich früher eigentlich immer die Absicht hatte, das, was ich jetzt treibe, gleichfalls, aber nebenbei zu treiben. Dabei kommen, wenn man weitergeht, immer mehr Fragen und immer weniger Antworten zum Vorschein; denn nur das bereits Erklärte bekommt der Laie zu hören. Aber das ist gerade schön, denn gerade das Aufklären macht Freude, die erklärte Natur kommt mir fast weniger schön vor als die unerklärte.³

Hier und im eingangs zitierten Brief besteht die Ernüchterung allein darin, dass das einmal verstandene Naturphänomen nicht mehr geheimnisvoll und aufregend ist. Schon bald nach der Promotion sollte diese Ernüchterung konkretere Form annehmen. Nun ging es statt um die Aufregung der Entdeckung erstmals nur noch um Philologisches, also um Worte und Zeichen und deren Auslegung, wobei der physikalische Inhalt aber gleich blieb und unbedeutend wurde.

Diese erste Erfahrung betraf seinen Beitrag *Über die Berührung fester elastischer Körper* aus dem Jahr 1881.⁴ Sein Herausgeber wies ihn darauf hin, dass der berühmte Gustav Kirchhoff von der wichtigen physikalischen Einsicht zwar überzeugt sei, aber »an der Form noch manches auszusetzen« habe:

Ich war zuerst verwundert und fühlte mich sogar geschmeichelt, daß Kirchhoff sie so genau durchgearbeitet habe, aber abgesehen von einem Vorzeichenschnitzer, den ich allerdings übersehen, schienen seine Anmerkungen

³ Johanna Hertz (Hg.), *Heinrich Hertz: Erinnerungen, Briefe, Tagebücher*, a.a.O., S. 68f.

⁴ *Schriften vermischten Inhalts*, a.a.O., S. 155ff.

nur dasselbe zu sagen und keineswegs besser, als was in der Arbeit stand. Teilweise sind die Dinge auch in einer Kirchhoff besonders eigenen Manier ausgedrückt, die mir durchaus nicht gefällt und die ich mir sehr ungern oktroyieren lasse. Ich ging deshalb zu ihm, um mit ihm die Sache zu besprechen; er war auch sehr freundlich und lobte die Arbeit sehr, aber da er offenbar der Meinung war, sehr wesentliche Fehler gefunden und verbessert zu haben und zu glauben schien, ich sei gewissermaßen zufällig zu den richtigen Resultaten gekommen (er sprach immer von seinen Rechnungen und von meinen als von etwas Verschiedenem, während beides ganz dasselbe ist), so ging mein anfängliches Vergnügen in ziemlichen Ärger über und in die größte Unlust, an der Arbeit das geringste zu ändern. Indessen werde ich mir wohl so helfen, daß ich einfach seinen Ausdruck für meinen setze; so habe ich nicht viel Mühe, und er muß zufrieden sein, obwohl ich nicht glaube, daß dadurch das Ganze besser wird.⁵

In der Sprache der heutigen Wissenschaftstheorie sind die unterschiedlichen mathematischen Formulierungen empirisch äquivalent, weil sie die gleichen bekannten Phänomene beschreiben. In der Sprache des späteren Hertz handelt es sich um zwei Bilder. Wer sich zwischen diesen theoretischen Darstellungen oder Bildern entscheiden will, kann sich also nicht auf verfügbare empirische Evidenz stützen, sondern muss andere Kriterien heranziehen, beispielsweise das Kriterium der Einfachheit, der Schönheit, der Konvention. Wiederum in der Sprache der heutigen Wissenschaftstheorie: Die Entscheidung zwischen den Bildern wird nicht von den bekannten Tatsachen erzwungen oder diktiert – sie lassen verschiedene Darstellungen zu. Die Entscheidung gilt somit als empirisch unterdeterminiert und die Abwägung wird zu einer philologischen Angelegenheit, die physikalisch gesehen ziemlich steril und dennoch so unausweichlich wie unverzichtbar ist. Ein Ausweg aus der Situation besteht prinzipiell nun darin, dass sich die verschiedenen Darstellungen und Bilder vielleicht in Bezug auf noch nicht bekannte Tatsachen unterscheiden. Hier kann ein Experiment also Bestimmtheit schaffen, indem es eine neue Tatsache etabliert und somit die Bedeutung einer theoretischen Darstellung fixiert: Die Wirklichkeit wird auf die Darstellung festgelegt, die Darstellung auf die Wirklichkeit.

Und so ging es Hertz im Feld der Elektrodynamik. Es gab mindestens drei in Bezug auf bekannte Phänomene empirisch äquivalente Theorien, eine davon war Maxwells, eine andere wurde von Hermann

⁵ Johanna Hertz (Hg.), *Heinrich Hertz: Erinnerungen, Briefe, Tagebücher*, a.a.O., S. 146 ff.

von Helmholtz ins Spiel gebracht. In Bezug auf wenigstens eine noch nicht bekannte Tatsache unterschieden sie sich, diese Tatsache jedoch lag jenseits der Messgenauigkeit. Wir wissen, dass Hertz in diesem Fall den Ausweg gefunden hat, was zum endgültigen Durchbruch und zur begrifflichen Klärung der Theorie Maxwells führte. Interessanterweise beschrieb Hertz seine Erfolgsgeschichte als Übergang von Philologie zu Philosophie.

Hier eine vereinfachte Darstellung: Hertz begann 1884 mit einer philologischen Vorarbeit, die er trotz ihrer enormen Bedeutung nach seinem philosophischen Durchbruch nie mehr zitierte. Er schrieb einen Aufsatz mit dem langen Titel *Über die Beziehungen zwischen den Maxwell'schen elektrodynamischen Grundgleichungen und den Grundgleichungen der gegnerischen Elektrodynamik*. Hier klärte er das Verhältnis der rivalisierenden Theorien zunächst einmal auf und entwickelte die erste Darstellung von Maxwells Theorie in der mathematischen Form, die sich bis heute weitgehend unverändert durchgehalten hat. Hertz zeigte nun, dass seine Fassung der Maxwell'schen Gleichung einen gemeinsamen Nenner für alle konkurrierenden Theorien darstellte, dass die Theorien sich allein dadurch unterschieden, welche physikalische Bedeutung bestimmten Variablen in den Formeln zugewiesen wurde. Vor diesem Hintergrund interpretierte Hertz dann seinen experimentellen Nachweis der heute so genannten Radiowellen. Die Experimente zeigten, dass sich ein elektrodynamischer Effekt nicht als Fernwirkung mit unendlicher Geschwindigkeit, sondern wie das Licht mit sehr hoher endlicher Geschwindigkeit fortpflanzte, was ihn dann auf die Wellenstruktur dieser Fortpflanzung führt und die von Maxwell postulierte Analogie von Licht und Elektrizität bestätigte. Aus dem Hochgefühl seiner äußerst diffizilen experimentellen Erkundungen, Entdeckungen, Erfindungen heraus schreibt er an seine Eltern:

Ich habe jetzt Stoff für viele Arbeiten, die alle der Mühe wert sind und zwischen denen ich nur die Qual der Wahl habe. Kann ich genügende derselben ausführen, so glaube ich die Mittel zu haben, um große Gebiete, die bisher ohne Abschluß waren, zur Vollendung zu bringen. Auch würdet Ihr die Wichtigkeit der Versuche wohl einsehen können, wenn ich mich bemühte, sie Euch auseinanderzusetzen. In wissenschaftlichen Arbeiten ist dazu ja kein Grund vorhanden, da vom Leser vorausgesetzt werden darf, daß er die Folgerungen, die auf der Hand liegen, von selber zieht. Ich habe jetzt die Annehmlichkeit bei der Arbeit, mich sozusagen auf eigenem Grund und Boden zu fühlen und fast sicher zu sein, daß es sich nicht um einen ängstlichen Wett-

lauf handelt und daß ich auch nicht auf einmal in der Literatur finde, ein anderer habe das längst gemacht. Hier fängt eigentlich erst das Vergnügen des Forschens an, wo man mit der Natur sozusagen allein ist und nicht mehr über menschliche Meinungen, Ansichten oder Ansprüche disputiert. Das philologische Moment fällt fort, und das philosophische bleibt allein übrig, um mich mehr gelehrt als klar auszudrücken.⁶

Über diesen Weg vom philologischen zum philosophischen Aspekt berichtet Hertz auch in der Einleitung seiner Schriften zur *Ausbreitung der elektrischen Kraft*. Zunächst zeigt er, dass unterschiedliche physikalische Theorien die gleiche innere Bedeutung haben können:

Mancher hat sich mit Eifer an das Studium des Maxwell'schen Werkes gemacht und, ohne auf ungewöhnliche mathematische Schwierigkeiten gestossen zu sein, dennoch darauf verzichten gemusst, sich eine völlig widerspruchsfreie Vorstellung von Maxwells Ansichten zu bilden. Mir selbst ist es nicht besser gegangen. Bei der grössten Bewunderung für die mathematischen Beziehungen der Maxwell'schen Theorie war ich doch hinsichtlich der physikalischen Bedeutung seiner Behauptungen nicht immer vollständig sicher, Maxwells wahre Meinung errathen zu haben.⁷

Welche physikalische Bedeutung kommt nun aber bestimmten Zeichen in Maxwells Gleichungen zu? Verdankt sich eine gewisse Polarisierung einer Fernkraft, die unmittelbar wirkt, oder einer sich mit endlicher Geschwindigkeit ausbreitenden Kraft, die gewissermaßen ein Signal transportiert? Hier konnte Hertz mit seinen Radiowellen letzteres nachweisen und auch Maxwells physikalische Auffassung bestätigen:

In mathematischer Hinsicht können wir die Behandlung [des Maxwell'schen] Standpunktes vollständig zusammenfallen lassen mit dem Grenzfall des [Helmholz'schen]. Aber physikalisch betrachtet bleibt er gleichwohl vollständiger von demselben verschieden.⁸

Werfen wir einen Blick zurück. Durch die Gesamtheit der geschilderten Versuche ist zum ersten Male der Beweis geliefert worden für die zeitliche Ausbreitung einer vermeintlichen Fernkraft. Diese Tatsache bildet den philosophischen, in gewissem Sinne zugleich den wichtigsten Gewinn der Versuche.⁹

⁶ Ebd., S. 254.

⁷ Heinrich Hertz, *Untersuchungen zur Ausbreitung der elektrischen Kraft*, Leipzig: Barth, 1892, S. 22.

⁸ Ebd., S. 27.

⁹ Ebd., S. 20.

Mit seinen experimentellen und theoretischen Arbeiten zur Elektrodynamik hat Hertz den zeitgenössischen Physikern erfolgreich den Weg aus einer verworrenen Lage gezeigt. Nachzutragen bliebe hier nur, dass Hertz natürlich nicht lange »allein mit der Natur« blieb. Wie auch er nicht anders erwarten konnte, wurde er bald von philologischen Interpretationsfragen eingeholt, als nämlich auch seine experimentellen Resultate zeitweilig anders gedeutet und seine Schlussfolgerungen in Frage gestellt wurden.

Als weniger erfolgreich, dafür besonders aufschlussreich gilt schließlich seine letzte Auseinandersetzung mit empirisch äquivalenten Darstellungen. In den *Prinzipien der Mechanik* greift er ein Thema auf, das ihn schon zu Studienzeiten beschäftigte. In einem Brief an die Eltern berichtet er, wie er sich bei der Lektüre klassischer Texte zu Mechanik und Mathematik immer wieder von der Suche nach einer einfacheren, klareren Darstellung unterbrechen lässt.

Sehr viel Zeit verliere ich auch durch eigenes Probieren, indem ich für die Aufgaben einfachere Lösungen und für die Sätze einfachere Beweise suche, und wenn ich dann solche finde, so finde ich sie gewöhnlich ein paar Tage darauf auch schon in irgendeinem Buche, so daß ich ruhig hätte weiterlesen können; ich kann mich dessen aber nicht enthalten, und es wird mir auch der Sinn vieler Sätze und ihrer Beweise dadurch bedeutend klarer. Dann brauche ich auch viel Zeit, um über die Sachen selbst nachzudenken, und gerade die Prinzipien der Mechanik, wie schon die Worte-, Kraft, Zeit, Raum, Bewegung sagen, können einen hart genug beschäftigen, ebenso in der Mathematik die Bedeutung der imaginären Größen, des unendlich Kleinen und Großen und ähnliches. Wenn ich nur lesen wollte, ohne über alles dies nachzudenken, könnte ich freilich viel mehr lesen, aber [dies] ist mir [...] nicht möglich.¹⁰

Ich kann hier nicht auf die Geschichte des Kraftbegriffs eingehen und warum die metaphysische Dunkelheit gerade dieses Begriffs Hertz solche Schwierigkeiten bereitete. Allein die Nennung der drei Newtonschen Bewegungsgesetze ruft in Erinnerung, dass es dort um Kräfte und Gegenkräfte geht, dass »Kraft« ein Grundbegriff der Newtonschen Mechanik ist. Interessant ist nun vor allem, wie Hertz mit dem Problem umgeht. Einige hatten vorgeschlagen, den Kraftbegriff durch einen kaum weniger schwierigen Begriff zu ersetzen, nämlich dem der Energie, wobei sie zeigen mussten, wie sich der neue Begriff zum alten verhielt. Andere hatten versucht, den Kraftbegriff aufzuhellen, indem

¹⁰ Johanna Hertz (Hg.), *Heinrich Hertz: Erinnerungen, Briefe, Tagebücher*, a. a. O., S. 76

sie ihn klar definierten – indem sie also Aussagen darüber machten, wie ›Kraft‹ zu verstehen sei. Hertz verfolgt eine ganze andere Strategie – keine neuen Aussagen machen und weitere Verwirrung stiften, lieber weniger sagen.

Auf die Zeichen ›Kraft‹ und ›Elektrizität‹ aber hat man mehr Beziehungen gehäuft, als sich völlig miteinander vertragen; dies fühlen wir dunkel, verlangen nach Aufklärung und äußern unsern unklaren Wunsch in der unklaren Frage nach dem Wesen von Kraft und Elektrizität. Aber offenbar irrt die Frage in Bezug auf die Antwort, welche sie erwartet. Nicht durch die Erkenntnis von neuen und mehreren Beziehungen und Verknüpfungen kann sie befriedigt werden, sondern durch die Entfernung der Widersprüche unter den vorhandenen, vielleicht also durch Verminderung der vorhandenen Beziehungen. Sind diese schmerzenden Widersprüche entfernt, so ist zwar nicht die Frage nach dem Wesen beantwortet, aber der nicht mehr gequälte Geist hört auf, die für ihn unberechtigte Frage zu stellen.¹¹

Hertz entfernt die schmerzenden Widersprüche, indem er neben die bekannten Bilder der Mechanik ein drittes setzt, das die gleichen Bewegungsphänomene beschreibt wie die überlieferte Mechanik und das den anderen Bildern also empirisch äquivalent ist. An Stelle der vier Grundbegriffe Raum, Zeit, Materie und Kraft oder Energie beruht die Hertz'sche Mechanik allein auf den drei Grundbegriffen Raum, Zeit und Materie. Dies ist zwar mathematisch zu kompliziert, um Einzug in den physikalischen Alltag zu halten, und sollte bald durch die ganz neue Mechanik Einsteins abgelöst werden, aber es zeigt doch, dass der Begriff der ›Kraft‹ für die Mechanik nicht wesentlich ist. Er muss kein Grundbegriff sein und ihm entspricht wohl auch nichts in der Natur; er gehört zu dem Vokabular, mit dem wir ein Vorstellungsbild oder Modell ausstaffieren, um leichter über die Phänomene nachzudenken.

Ein Bild, so Hertz, muss logisch zulässig, also widerspruchsfrei sein, es muss richtig oder empirisch korrekt sein, und es muss schließlich dem Denken angemessen, also einfach, klar und deutlich sein. Jedes Bild der Mechanik, so Hertz, enthält überflüssige Begriffe und Beziehungen, jedes ist gewissermaßen ein selbständiger Apparat, der sich nur an zwei Punkten auf die Wirklichkeit bezieht, die wir modern gesprochen als ›input‹ und ›output‹ bezeichnen: Unsere Vorstellungsbilder knüpfen an einen bestimmten Zustand an und führen zu Vo-

¹¹ Heinrich Hertz, *Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt*, Leipzig: Barth, 1894, S. 9.

raussagen über einen zukünftigen Zustand. Was dazwischen liegt und unser Denken von der Bestandsaufnahme zur korrekten Voraussage führt ist eine begriffliche Maschinerie, von der wir nicht wissen, ob ihr in der Wirklichkeit etwas entspricht. Und da es verschiedene solcher Apparate geben kann, entsteht die philologisch vertrackte Situation, dass wir nur nach weichen Kriterien der Angemessenheit zwischen ihnen entscheiden können. In den *Prinzipien der Mechanik* zeigt Heinrich Hertz, dass ein Bild der Mechanik, das ohne den Kraftbegriff auskommt, dem Zweck der Klarheit besonders angemessen ist.

Es möchte nun so scheinen, als verzichte der inzwischen schwer kranke Physiker Hertz auf den Anspruch, allein mit der Natur philosophische Ergebnisse zu erzielen, als ziehe er sich recht genügsam auf das philologische Projekt einer klaren Modellkonstruktion zurück. Ganz zum Schluss seiner Einleitung findet sich jedoch eine oft übersehene Stelle, in der es Hertz um ein empirisches Kriterium geht, das zwischen den Bildern der Mechanik eindeutig entscheiden könnte – nur liegt dieses Kriterium wirklich jenseits aller Messmöglichkeit. Auch mit dieser philologischen Übung möchte er also das Philologische hinter sich lassen. Die Ungeduld des Physikers jedenfalls drückt sich besonders schön in einer Passage aus, in der er sich über die Newtonsche Mechanik auf eine Weise lustig macht, die auch heute noch ungebührlich klingt. Eine Konsequenz des Hertz'schen Bildes der Mechanik ist nämlich, dass Systeme in ihrem Zustand der Bewegung oder der Ruhe beharren, dass es also einen Zustand der Ruhe gibt, in dem nichts passiert und über den also nichts weiter zu sagen ist. Ganz anders in der herkömmlichen Mechanik:

Wir sehen etwa ein Stück Eisen auf dem Tische ruhen, wir vermuten demnach daß keine Bewegungsursachen keine Kräfte daseien. Die Physik, welche auf unserer Mechanik aufgebaut und durch dies Fundament notwendig bestimmt ist, belehrt uns eines anderen. Jedes Atom des Eisens wird zu jedem anderen Atom des Weltalls durch die Gravitationskraft hingezogen. Jedes Atom des Eisens ist aber auch magnetisch arid dadurch mit jedem anderen magnetischen Atom des Weltalls durch neue Kräfte, verbunden. Aber die Körper des Alls sind auch erfüllt mit bewegter Elektrizität und von diesen bewegten Elektrizitäten gehen weitere verwickelte Kräfte aus, welche an jedem magnetischen Atom des Eisens ziehen. Und insofern die Teile des Eisens selbst Elektrizität enthalten, haben wir wieder andere Kräfte in Betracht zu ziehen; neben diesen dann noch verschiedene Arten von Molekularkräften [...]

So beginnt eine Aufzählung der vielfältigen Kräfte, die im und auf das Stück Eisen wirken.

Einige dieser Kräfte sind nicht klein; wäre von allen Kräften nur ein Teil wirksam, so könnte dieser Teil das Eisen in Stücke reißen. In Wahrheit aber sind alle Kräfte so gegen einander abgeglichen, daß die Wirkung der gewaltigen Zurüstung Null ist; daß trotz tausend vorhandenen Bewegungsursachen Bewegung nicht eintritt; daß das Eisen eben ruht. Wenn wir nun diese Vorstellungen unbefangenen Denkenden vortragen, wer wird uns glauben? Wen werden wir überzeugen, daß wir noch von wirklichen Dingen reden und nicht von Gebilden einer ausschweifenden Einbildungskraft? Wir selbst aber werden nachdenklich werden, ob wir wirklich die Ruhe des Eisens und seiner Teile in einfacher Weise geschildert und abgebildet haben. Ob sich die Verwicklung überhaupt vermeiden läßt, ist zunächst ja fraglich; aber das ist nicht fraglich, daß ein System der Mechanik, welches sie vermeidet oder ausschließt, einfacher und in diesem Sinne zweckmäßiger ist [...]¹²

2. Das Lebensproblem

Wir haben uns nun also mit Philologie als einer Grenze der Physik beschäftigt und sind dabei auf einen Kontrast gestoßen, der im zweiten Teil meines Vortrags vertieft werden soll. Da ist einerseits der handwerklich verkörperte Experimentalphysiker Heinrich Hertz – allein mit der Natur und unberührt von Disputen über Meinungen, Ansichten und Ansprüche. Da ist andererseits der brillante Mathematiker und Theoretiker Hertz, der sich dem geistigen Problem der theoretischen Darstellung widmet – inmitten der Meinungsdispute, da sich die theoretischen Darstellungen nur hier und dort mit der Wirklichkeit berühren und sich darum einer Vielfalt empirisch adäquater Darstellungsweisen öffnen. Zwischen der Erfahrung des Experimentators und der Erfahrung des Theoretikers liegt nichts und nichts vermittelt also zwischen Hand und Kopf, Körper und Geist. Der Körper steht allein in der Natur, der Geist bildermachend der Natur gegenüber. Die Unvermitteltheit dieses Gegensatzes stellt eine weitere Grenze einer Physik dar, die für ihre Fortschritte zwar auf experimentelle Entdeckungen angewiesen ist, deren Aufgabe aber darin besteht, theoretische Darstellungen zu produzieren. Diese Grenze theoretischen Wissens benennt

¹² Ebd., S. 15f.

Hertz mit aller Deutlichkeit in den allerersten Sätzen seinen *Prinzipien der Mechanik*:

Es ist die nächste und in gewissem Sinne wichtigste Aufgabe unserer bewußten Naturerkenntnis, daß sie uns befähige, zukünftige Erfahrungen vorauszusehen um nach dieser Voraussicht unser gegenwärtiges Handeln einrichten zu können.

Das Verfahren hierzu sei dieses:

Wir machen uns innere Scheinbilder oder Symbole der äußeren Gegenstände, und zwar machen wir sie von solcher Art, daß die denknotwendigen Folgen der Bilder stets wieder die Bilder seien von den naturnotwendigen Folgen der abgebildeten Gegenstände. Damit diese Forderung überhaupt erfüllbar sei, müssen gewisse Übereinstimmungen vorhanden sein zwischen der Natur und unserem Geiste.¹³

Gegen Schluss des Buches kehrt Hertz im Abschnitt über dynamische Modelle zu dieser Auffassung zurück. Was zunächst als erkenntnistheoretische Vorannahme gelten konnte, stellt sich jetzt als Konsequenz seiner Mathematisierung der Mechanik dar:

§427 Anmerkung 1. [...] so ist es überhaupt unmöglich, in der Erkenntnis des Zusammenhanges natürlicher Systeme weiter zu gelangen, als soweit, als man Modelle der wirklichen Systeme angeben könne. Wir können dann in der That keine Kenntnis haben, ob die Systeme, welche wir in der Mechanik betrachten, mit den Systemen der Natur, welche wir zu betrachten meinen, in irgend etwas anderem übereinstimmen, als allein darin, daß die einen Modelle der anderen sind.

§428 Anmerkung 2. Das Verhältnis eines dynamischen Modells zu dem System, als dessen Modell es betrachtet wird, ist dasselbe, wie das Verhältnis der Bilder, welche sich unser Geist von den Dingen bildet, zu diesen Dingen. [...] Die Übereinstimmung zwischen Geist und Natur läßt sich also vergleichen mit der Übereinstimmung zwischen zwei Systemen, welche Modelle von einander sind [...]¹⁴

Was bedeutet nun diese Grenze des Wissens? Auch mit dieser Frage hat sich Hertz immer wieder beschäftigt, denn sie betrifft den Geltungsbereich der Physik und vielleicht aller theoretischen Naturwissenschaft. Wenn das Verhältnis von Geist und Natur darin besteht, daß der Geist Modelle entwickelt, und wenn wir über deren Überein-

¹³ Ebd., S. 1.

¹⁴ Ebd., S. 199.

stimmung mit der Natur nicht mehr wissen können, als dass es sich tatsächlich um Modelle handelt, dann können wir weder in der Natur noch an uns selbst so etwas wie Spontaneität, Intentionalität oder Lebendigkeit entdecken. In der physikalischen Abbildung eines dynamischen Systems durch ein anderes schränkt sich die Physik und vielleicht die ganze Naturerkenntnis auf die unbelebte Natur ein. Dies bedeutet auch, dass die sinnesphysiologischen und die so genannten psychophysischen Forschungen von vielen seiner Zeitgenossen, einschließlich seines Lehrers Helmholtz, unsinnig sind. Wir können also nichts darüber aussagen, wie unser Wissen entsteht, wie wir von den Wahrnehmungen des verkörperten Experimentators zu den Darstellungen des geistigen Theoretikers gelangen. All dies kann ich hier nicht so gründlich darstellen, wie Hertz es selbst tut, aber vielleicht kann ich auch diese explizite Selbstbeschränkung des Geltungsbereichs der Physik als ein von Hertz lebenslang betriebenes Projekt skizzieren.

Hier beginne ich mit Hertz' erst vor wenigen Jahren veröffentlichten Vorlesungen aus dem Jahr 1884 über die *Constitution der Materie*. Auch in diesen Vorlesungen möchte Hertz vor allem genau trennen können zwischen dem, was sich der Denknötwendigkeit, was sich der Erfahrung und was sich der Zweckmäßigkeit oder Angemessenheit verdankt. Diese Art der Sortierungs- oder Reinigungsarbeit gelingt Hertz in Bezug auf die Vielzahl der Materiebegriffe nicht. Nachdem er sich mit der Undurchdringlichkeit, der Unzerstörbarkeit, Unerschaffenheit, der Konstanz als Charakteristika der Materie befasst hat, zieht er Bilanz: Die allgemeinen Eigenschaften der Materie seien »zusammengesetzt aus Resultaten unserer Beobachtung und aus Forderungen unseres Verstandes, sie entsprechen daher nur zum Theil den Eigenschaften der Dinge, zum Theil vielmehr den Eigenschaften unseres Geistes«:

Wir haben nun diejenigen Eigenschaften der Materie betrachtet, welche wir als die allgemeinen und Wesentlichen derselben bezeichnen. Was ist unser Resultat? Offenbar ein sehr wenig befriedigendes, wir sehen, daß wir kaum Aussicht haben, uns über die Bedeutung und Tragweite dieser Eigenschaften völlig klar zu werden. Dieselben sind zusammengesetzt aus Resultaten unserer Beobachtung und aus Forderungen unseres Verstandes, sie entsprechen daher nur zum Theil den Eigenschaften der Dinge, zum Theil vielmehr den Eigenschaften unseres Geistes. Über die Bedeutung keiner dieser Eigenschaften besteht Übereinstimmung zwischen den Nachdenkenden, in vielen Punkten finden wir geradezu widersprechende Behauptungen.

Ist es nun zu hoffen, daß auf so unsicherer Grundlage ein befriedigendes Gebäude sich werde aufbauen lassen? Dürfen wir erwarten, die complicirten Beziehungen der Materie zu enträthseln, solange uns ihre elementarsten Eigenschaften noch unklar sind? Der Erfolg der Physik scheint uns in diesem Punkte sicher zu stellen. Aber können wir auch verstehen, wie dies möglich ist, wie uns die Betrachtung der Materie nützlich sein kann, eines Dinges, dessen allereinfachste Eigenschaften wir nicht anzugeben vermögen? Gewiß können wir das verstehen. Ich glaube ich kann mich am ehesten deutlich machen, wenn ich einen etwas längeren Vergleich benutze.¹⁵

Tatsächlich hebt Hertz hier zu einem längeren Vergleich an. Er soll erklären, wie physikalische Erkenntnis in einer mathematisch und logisch unreinen Welt möglich ist. Und erstaunlich an dieser Erklärung ist, dass Hertz auch hier ganz unempirisch argumentiert, nicht die Psychologie, nicht die Beschränktheit des Verstandes, nicht die Beschaffenheit von Sinneswahrnehmungen zitiert.

Ich vergleiche die Materie mit einem Papiergeld, welches unser Verstand ausgiebt, um seine Beziehungen zu den Dingen zu regeln. Das Papiergeld ist ein Zeichen für etwas anderes und gerade in diesem, dass es ein Zeichen ist, liegt sein Werth und seine Bedeutung. Seine eigene Beschaffenheit ist gleichgültig; ob es diesen oder jenen Stich enthält, in rother oder blauer Farbe gedruckt, groß oder klein ist, darauf kommt es nicht an. Ähnlich ist der Begriff der Materie ein Zeichen für etwas anderes, und die eigenen Merkmale, die der Verstand diesem Begriff aufgeprägt hat, sind mehr oder weniger gleichgültig für die Dienste, die er uns leisten soll. Ganz gleichgültig sind diese Eigenschaften nicht, und so ist es auch für den Staat nicht ohne Interesse, daß sein Papiergeld dauerhaft und schwer nachzuahmen sei. Aber das Wesentliche liegt in beiden Fällen in der Bedeutung.

Das Wesentliche am Papiergeld ist dies, daß ich es erhalte für eigene Arbeit und jederzeit dafür wiedererhalten kann die Arbeit anderer. Und das Wesentliche am Begriff der Materie ist dies, daß der Verstand ihn mir giebt als Grundlage meiner Empfindungen. Das Papiergeld circulirt täglich durch Tausende, welche sich nie klar gemacht haben, daß es nur ein Zeichen ist, sondern es als etwas an sich begehrenswerthes ansehen; so erscheint uns auch die Materie, welche wir uns vorstellen und wie wir sie uns vorstellen, mit allen ihren allgemeinen Eigenschaften als etwas außerhalb unserer an sich bestehendes, nicht mehr als ein Zeichen für etwas, was wir an sich nicht fassen und vorstellen können. [...]

Dem Kaufmann ist jeder Schein erfreulich, den er einnimmt, ob nun eine hübsche Figur sich darauf befindet oder eine häßliche, während gleich-

¹⁵ Heinrich Hertz, *Die Constitution der Materie: Eine Vorlesung über die Grundlagen der Physik aus dem Jahre 1884*, Berlin: Springer, 1999, S. 117.

zeitig vielleicht ein Kupferstecher entrüstet ist über den schlechten Stich, das gewöhnliche Papier; in ähnlicher Weise ist der Physiker völlig zufrieden mit seiner roh und unklar definierten Materie, während der Philosoph sich als gänzlich unbefriedigt von derselben erklärt. Wollte der Philosoph wegen dieser unsicheren Definition alles verwerfen, was der Physiker aussagt über die Materie, so befände er sich in der Lage eines Mannes, der keine Bezahlung annehmen will, weil ihn die Prägung des Geldes zu unschön dünkt; andererseits ist der Physiker, welcher die Bemühungen des Philosophen um die Materie verlacht, in der Lage desjenigen, der den Nutzen einer gut geprägten Münze leugnet. Am schlimmsten ist freilich in beiden Fällen derjenige daran, der nicht unterscheidet zwischen dem, was die Gegenstände bedeuten und dem was sie sind.¹⁶

Wir sind schlimm dran, wenn wir nicht unterscheiden können, was die Gegenstände bedeuten und was sie sind. Warum? Und warum soll der Physiker den Philosophen ernst nehmen, warum soll er den Wert einer gut geprägten Münze schätzen?

Indem sie Aufmerksamkeit auf sich selbst, auf ihre bloße Zeichenhaftigkeit zieht, kann die gut geprägte Münze wie die gute theoretische Darstellung dem Physiker einen Dienst erweisen. Nur nicht das eine für das andere halten! Nur nicht das Zeichen für die Sache selbst halten, nur nicht die Maschinerie, die unserer Vorstellungsbilder und Modelle in Gang hält, für Beschreibungen der Wirklichkeit halten, nur nicht den entbehrlichen, aber manchmal zweckmäßigen Begriff der Kraft für die Bezeichnung von etwas Wirklichem halten, und schon gar nicht die farbenfrohen Bedürfnisse des Lebens für die Gestalt der Natur halten! Auch in den Arbeiten zur Elektrodynamik finden wir diese Forderung:

Wünscht man der Theorie mehr Farbe zu verleihen, so ist nichts im Wege, dass man noch nachträglich der Einbildungskraft zu Hilfe komme durch concrete sinnliche Vorstellungen von dem Wesen der elektrischen Polarisation, des elektrischen Stromes u. s. w. Aber die Strenge der Wissenschaft erfordert doch, dass wir dies bunte Gewand, welches wir der Theorie überwerfen, und dessen Schnitt und Farbe vollständig in unserer Gewalt liegt, wohl unterscheiden von der einfachen und schlichten Gestalt selbst, welche die Natur uns entgegenführt und an deren Formen wir aus unserer Willkür nichts zu ändern vermögen.¹⁷

¹⁶ Ebd., S. 117 ff.

¹⁷ *Untersuchungen zur Ausbreitung der elektrischen Kraft*, a. a. O., S. 30 f.

Wenn wir uns fragen, warum wir uns eigentlich vor derlei Verwechslungen schützen müssen, dann stoßen wir in den *Prinzipien der Mechanik* auf zwei Stellen, an denen uns Hertz deutlich erklärt, welchen Schaden die Verwechslungen verursachen und warum die Verwendung des Kraftbegriffs mehr ist als die Verletzung eines logisch-ästhetischen Klarheitsideals. Wenn wir die Bedeutung mit der Sache selbst verwechseln, bilden wir uns nämlich ein, wir wüssten schon, was Kraft sei, da wir ja beispielsweise selbst Kraft aufwenden, um Dinge zu heben, und da wir die Gegenkraft spüren, wenn wir den Stein an einer langen Schnur um uns herumschleudern. Und so wie wir das Spüren der Kraft in die Natur hineinprojizieren, als sei etwa der Mond mit einer langen Schnur an der Erde befestigt, so projizieren wir umgekehrt angebliche Naturkräfte in unsere Auffassung organischen Lebens, sprechen von Lebenskräften, geistigen Kräften und dergleichen, suchen im Kraftbegriff Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen dem Organischen und Anorganischen. Die Anthropomorphisierung der Natur ist für Hertz aber genauso illegitim, wie die Ausweitung der Mechanik auf Prozesse, die wir eben nicht für mechanisch halten.

Nachdem Hertz eine Mechanik ohne Kraftbegriff konzipiert hat, stellt er daher die Frage nach ihrem Geltungsbereich.

Es ist gewiß eine gerechtfertigte Vorsicht, wenn wir im Texte das Gebiet unserer Mechanik ausdrücklich beschränken auf die unbelebte Natur und die Frage vollkommen offen lassen, wie weit sich ihre Gesetze darüber hinaus erstrecken. In Wahrheit liegt die Sache ja so, daß wir weder behaupten können, daß die inneren Vorgänge der Lebewesen denselben Gesetzen folgen, wie die Bewegungen der leblosen Körper, noch auch behaupten können, daß sie andern Gesetzen folgen. Der Anschein aber und die gewöhnliche Meinung spricht für einen grundsätzlichen Unterschied. Und dasselbe Gefühl, welches uns antreibt, aus der Mechanik der leblosen Welt jede Alldeutung einer Absicht, einer Empfindung, der Lust und des Schmerzes, als fremdartig auszuschneiden, dasselbe Gefühl läßt uns Bedenken tragen, unser Bild der belebten Welt dieser reicheren und bunteren Vorstellungen zu berauben. Unser Grundgesetz, vielleicht ausreichend die Bewegung der toten Materie darzustellen, erscheint wenigstens der flüchtigen Schätzung zu einfach und zu beschränkt, um die Mannigfaltigkeit selbst des niedrigsten Lebensvorganges wiederzugeben.¹⁸

Normalerweise würde es so scheinen, als wäre eine Theorie durch eine solche Einschränkung ihres Geltungsbereichs geschmälert. Nach all

¹⁸ *Prinzipien der Mechanik*, a. a. O., S. 45.

dem, was wir bisher gehört haben, kann es uns aber nicht mehr überraschen, wenn Hertz die Unfähigkeit seiner Mechanik, auch nur den geringsten Lebensvorgang wiederzugeben, anders bewertet:

Daß dem so ist, scheint mir nicht ein Nachteil, sondern eher ein Vorzug unseres Gesetzes. Eben weil es uns gestattet das Ganze der Mechanik umfassend zu überblicken, zeigt es uns auch die Grenzen dieses Ganzen. Eben weil es uns nur eine Thatsache giebt, ohne derselben den Schein der Notwendigkeit beizulegen, läßt es uns erkennen, daß alles auch anders sein könnte. Vielleicht wird man solche Erörterungen an dieser Stelle für überflüssig halten. In der That ist man auch nicht gewöhnt, sie in der gewöhnlichen Darstellung der Mechanik bei den Elementen behandelt zu sehen. Aber dort gewährt die völlige Unbestimmtheit der eingeführten Kräfte noch einen weiten Spielraum. Man behält sich stillschweigend vor, später etwa einen Gegensatz zwischen den Kräften der belebten und der unbelebten Natur festzustellen. In unserer Darstellung ist das betrachtete Bild von vornherein so scharf umrissen, daß sich nachträglich kaum mehr tief eingreifende Einteilungen werden vornehmen lassen.¹⁹

Hiermit etabliert Hertz eine Grenze zwischen dem Ganzen der exakten Wissenschaft und einem gesunden und natürlichen Gefühl, das durch die Behauptung verletzt würde, die gesamte Natur, also auch die belebte Natur folge den Gesetzen der Mechanik. Dies bedarf einer Verdeutlichung, damit Hertz nicht etwa in falschen Metaphysikverdacht gerät. Die Grenze, um die es hier geht, ist nicht etwa eine Grenze des Mechanischen gegenüber dem Organischen oder eine Grenze zwischen belebter und unbelebter Natur. Ob es eine solche Grenze gibt, wie oder wo sie zu ziehen sei, gerade darüber will und muss Hertz sich nicht äußern. Das ist der Vorteil seiner Darstellung. Die Grenze, um die es hier geht, verdankt sich den Prinzipien der Mechanik selbst, sie wird durch das Bild der Mechanik überhaupt erst gesetzt. Die Mechanik konstituiert nämlich ihren eigenen Gegenstand. Per definitionem haben wir es dort, wo es mechanische Erklärungen gibt, auch mit mechanischen Problemen zu tun. Indem wir etwas mechanisch erklären, sehen wir es also als mechanisch an. Und da es bei Hertz nur ein Grundgesetz der Mechanik gibt, sehen wir etwas als mechanisch an, indem wir unterstellen, dass es »mit gleichbleibender Geschwindigkeit eine geradeste Bahn« verfolgt (§320). Mechanische Erklärungen gehen davon aus, dass alle Bewegungen sich aus solchen Bewegungen zusammensetzen. Damit

¹⁹ Ebd., S. 45 f.

sind bestimmte Bewegungen ausgeschlossen, solche nämlich, die ihren Ursprung in sich selbst haben. In der Mechanik gibt es so etwas nicht, da kann keine Bewegung entstehen. Das »gesunde und natürliche Gefühl« aber, von dem Hertz spricht, geht davon aus, dass es solche Bewegungen doch vielleicht geben könne – Bewegungen beispielsweise, die sich einem inneren Impuls oder sogar einer Intention verdanken und die mit der Idee des Lebendigen assoziiert werden. Wie gesagt, ob es solche Bewegungen gibt oder nicht, lässt Hertz offen. Wer solche Bewegungen aber für möglich hält, kann dann nicht gleichzeitig behaupten, dass sie mechanisch erklärbar wären oder dass es einen übergreifenden Kraftbegriff gibt.

Mit dieser Reflektion etabliert Heinrich Hertz aber auch eine Grenze zwischen sich selbst und seinem Lehrer und Mentor Hermann von Helmholtz. Dies will ich noch abschließend an einem wunderbaren Text verdeutlichen, den Hertz gegen Ende seines eigenen Lebens zum 70. Geburtstag von Helmholtz schrieb, also während er an den *Prinzipien der Mechanik* arbeitete. Wunderbar ist dieser Text, weil er den Physiologen und Physiker Helmholtz würdigt und dabei äußerst subtil zum Ausdruck bringt, dass der Physiker Hertz mit dem Physiologen Helmholtz nichts anzufangen weiß. Helmholtz und seine Physiologie der Sinne nämlich untersucht ein Grenzgebiet, das demjenigen unzugänglich ist, der sich der Grenzen bewusst ist.

In unserem Bewußtsein finden wir eine innere geistige Welt von Anschauungen und Begriffen, außerhalb unseres Bewußtseins liegt fremd und kalt die Welt der wirklichen Dinge. Zwischen beiden zieht sich als schmaler Grenzstreif das Gebiet der sinnlichen Empfindung hin. Kein Verkehr zwischen beiden Welten ist möglich, als über diesen Grenzstreifen hinüber; keine Änderung in der Außenwelt kann sich uns bemerklich machen, als indem sie auf ein Sinnesorgan wirkt und Kleid und Farbe dieses Sinnes entborgt, keine Ursachen unserer wechselnden Gefühle können wir uns in der äußeren Welt vorstellen, als nachdem wir denselben, wenn auch noch so ungerne, sinnliche Attribute beigelegt haben. Von höchster Wichtigkeit für jede Erkenntnis der Welt und unser selbst ist es also, daß uns jener Grenzstreifen gründlich bekannt sei, damit wir nicht das, was ihm angehört, für das Eigentum der einen oder der anderen der durch ihn geschiedenen Welten halten.²⁰

Der Vorbehalt von Hertz ist tief in seine Metaphorik eingeschrieben. Hier gibt es streng geschiedene Welten, kein Verkehr zwischen ihnen

²⁰ *Schriften vermischten Inhalts*, a. a. O., S. 364.

ist möglich. Und nun will einer das Grenzgebiet zwischen ihnen erkunden. Wozu kann das gut sein, außer um die Grenzen zu befestigen und alles, was sich in diesem Grenzgebiet finden lässt, fein säuberlich der einen oder anderen Welt zuzuschreiben. Und wer meint, eine genuin sinnesphysiologische Forschungsfrage auszumachen, der stellt Fragen, auf die es keine wissenschaftlich exakten Antworten gibt – und dies nicht, weil die Fragen an sich besonders mysteriös seien, sondern einfach weil die exakten Wissenschaften nur dadurch exakt sind, dass sie ihren Geltungsbereich scharf eingrenzen und ihre Objekte als rein mechanische Objekte konstituieren. Dies verdeutlicht er an Helmholtz' hochberühmter Lehre von den Tonempfindungen.

Werden seine Ansichten der Philosophie als ein Besitztum für alle Zeiten gelten? Wir dürfen nicht vergessen, daß wir die Grenzen der exakten Wissenschaft schon überschritten haben; der Appell an die Natur fehlt, und Meinung steht der Meinung, Ansicht der Ansicht gegenüber.²¹

Hochberühmt und auch in weiteren Kreisen gekannt ist seine Lehre von den Tonempfindungen. Was außerhalb unser eine Luftbewegung ist, wird in unserer Seele ein erfreuender Akkord. Den Physiker beschäftigt nur die Luftbewegung, den Musiker, den Psychologen nur der Akkord. Aber hier wird der Übergang beider erforscht in der Empfindung, welche den bestimmten physikalischen Vorgang verbindet. Was entspricht außer uns dem musikalischen Tone, dem Klange der Instrumente, des menschlichen Gesanges, den Lauten der Sprache? Was der Konsonanz und der Diskonsonanz? Woher rührt der ästhetische Gegensatz beider? Welche innere Gesetzmäßigkeit entwickelte die Tonleitern, die Regeln der Musik? Nicht alle Fragen, welche die Wißbegierde stellt, lassen sich beantworten, aber fast alle Fragen, welche Helmholtz vor dreißig Jahren offen lassen mußte, sind auch jetzt noch offen geblieben.²²

Die Physik studiert Luftbewegungen und somit gewisse Bedeutungszusammenhänge, den Musiker interessieren Akkorde in anderen Bedeutungszusammenhängen. Der Sinnesphysiologe macht einen ersten Fehler, indem er unterschiedliche Bedeutungen mit unterschiedlichen Dingen verwechselt. So kommt er auf die Idee, dass Luftwellen zunächst einmal etwas Anderes als Akkorde seien und dass es nun also

²¹ Ebd., S. 365.

²² Ebd., S. 364f.

einer Theorie bedürfe, um ihre Beziehung zu erhellen. Dies ist nun schon der zweite Fehler des Sinnesphysiologen, der hier eine Frage stellt, die sich im Irrtum befindet auf die Antwort, die sie erwartet. Der wahrgenommene Akkord kann in der äußeren Natur nicht vorkommen und die äußere Natur nicht in unser Wahrnehmung. Statt die Frage zu stellen, sollten wir ihr wie im Falle der Kraft die Grundlage, den Anlass entziehen. Und dies tun wir beispielsweise, indem wir uns in das begrenzte Ganze der exakten Wissenschaft zurückziehen und es als etwas Begrenztes überblicken. Und so gebe ich Hertz das letzte Wort, wenn er in seiner Würdigung erleichtert vom Physiologen Helmholtz zum Physiker übergeht:

Groß und mannigfaltig und farbenbunt, wie alle diese Entdeckungen auch sind, am unverlöschbarsten dürfte dennoch Helmholtz' Name mit einer Entdeckung verbunden sein, welche einem abstrakteren Gebiete angehört, dem der Physik. Hier tritt der beobachtende Mensch in den Hintergrund mit seinen Empfindungen; Licht und Farbe erblassen, der Klang wird leiser [...]²³

Literatur

- Baird, Davis, R. I. G. Hughes und Alfred Nordmann (Hg.) *Heinrich Hertz: Classical Physicist, Modern Philosopher*. Dordrecht: Kluwer, 1998.
- Buchwald, Jed, *The Creation of Scientific Effects: Heinrich Hertz and Electric Waves*. Chicago: University of Chicago Press, 1994.
- Fölsing, Albrecht, *Heinrich Hertz: Eine Biographie*. Hamburg: Hoffmann und Campe, 1997.
- Hertz, Heinrich, *Ueber die Induction in Rotirenden Kugeln*. Berlin: Schade, 1880.
- Hertz, Heinrich, *Die Constitution der Materie: Eine Vorlesung über die Grundlagen der Physik aus dem Jahre 1884*. Berlin: Springer, 1999.
- Hertz, Heinrich, *Die Prinzipien der Mechanik in neuem Zusammenhange dargestellt*. Leipzig: Barth, 1894.
- Hertz, Heinrich, *Schriften vermischten Inhalts*. Leipzig: Barth, 1895.
- Hertz, Heinrich, *Untersuchungen über die Ausbreitung der elektrischen Kraft*. Leipzig: Barth, 1892.
- Hertz, Johanna (Hg.), *Heinrich Hertz: Erinnerungen, Briefe, Tagebücher/Memoirs, Letters, Diaries* 2. Aufl.). Weinheim: Physik Verlag, 1977.
- Lützen, Jesper, *Mechanistic Images in Geometric Form: Heinrich Hertz's Principles of Mechanics*. Oxford: Oxford University Press, 2005.

²³ Ebd., S. 366.