



Figure 1.1:
Hermann von Helmholtz (1821-1894)
<http://vlp.mpiwg-berlin.mpg.de/people/data?id=per87>

Verlust der Welt im Bild: Ursprung und Entwicklung des Bildbegriffes bei Hermann von Helmholtz und Heinrich Hertz

Gregor Schiemann (Wuppertal)

Abstract: The Loss of World in the Image:
Origin and Development of the Concept of Image in the
Thought of Hermann von Helmholtz and Heinrich Hertz

Helmholtz initially ascribes even more to theoretical knowledge than merely that it is a picture of the world: it penetrates even to the unobservable causes of the phenomena, which he conceived throughout his career as matter set mechanically in motion. The introduction of the picture-concept in the 1860s to characterize scientific theories marks the beginning of the loss of a direct connection with the world. Theories now constitute only a representation of a law-like structure of the world, but no longer shed light on the objects themselves. Beginning in the 1870s, this knowledge of laws takes on an increasingly hypothetical character.

In the case of Hertz, it is no longer laws of nature but only the predictions derived from them that constitute the only remaining correspondence between scientific theories and the world – and even that is only provisional. This yields a variety of theories that relativizes the validity of any one theory – a notion that would have been inconceivable to Helmholtz. While thought for Helmholtz is subordinate to unambiguously given experience, for Hertz it is bound only by its own formal laws. But since Hertz was no less interested in a unified mechanistic theory than Helmholtz, he was at pains to drastically constrain the variety of theories with the help of additional criteria.

Sucht man in der Physikgeschichte nach Ursprüngen heutiger Wissenschaftsauffassung, so stößt man auf ein bemerkenswertes Phänomen: Die für die Gegenwart typische Relativierung der Geltung theoretischer Erkenntnisansprüche wurde historisch maßgeblich von Vertretern einer Naturauffassung befördert, die heute in keiner Weise mehr als

typisch gelten kann – von Vertretern des Mechanismus, deren Ziel es war, die Naturphänomene als Wirkung mechanisch bewegter Materie zu erklären.¹

Hermann von Helmholtz und sein Schüler Heinrich Hertz waren zwei dieser Vertreter, die ganz entscheidend zur Modernisierung der Wissenschaftsauffassung beigetragen haben. Paradigmatisch für ihren gemeinsamen Anteil an dieser Entwicklung ist die auf sie zurückgehende wissenschaftstheoretische Verwendung des Bildbegriffes. Am Ursprung und an den unterschiedlichen Bedeutungen dieses Begriffes lässt sich eine Linie nachzeichnen, die vom Alleinvertretungsanspruch einer universell und ewig gültigen Theorie, wie Helmholtz ihn zunächst vertritt, über die Einsicht in den revisionsfähigen Status wissenschaftlicher Erkenntnis bis hin zum Eingeständnis von Hertz führt, daß zumindest zeitweise eine Vielfalt von Theorien eines Gegenstandsbereiches möglich sei.²

1.1 Bildhaftes im Zeichen. Elemente von Helmholtz' Wissenschaftsauffassung bis etwa zum Beginn der 70er Jahre

Helmholtz hat zeitlebens eine empirische Wissenschaftsauffassung vertreten. Demnach gewinnen die Wissenschaften ihre Erkenntnisse, indem sie besondere Erfahrungen durch induktive Verfahren verallgemeinern. Dies ist der Rahmen, in dem Helmholtz im Verlauf der 60er Jahre des vergangenen Jahrhunderts beginnt, das Gesetzeswissen der Naturforschung mit dem Bildbegriff zu charakterisieren.³ Vor dieser Zeit traut Helmholtz wissenschaftlichen Theorien weitaus mehr zu, als nur ein Bild von der Welt zu geben. Seinen frühen wissenschaftlichen und populären Vorträgen kann man entnehmen, daß die theoretische Naturforschung nicht nur die empirischen Gesetzmäßigkeiten erfasse, sondern auch die substantiellen Ursachen entdecke, die die Erscheinungen bewirken und die nach Helmholtz vollständig mechanisch bestimmt sind.⁴ Während der Bildbegriff immer schon eine Distanz zwischen Darstellung und Dargestelltem beinhaltet,⁵ dringen beim frühen Helmholtz wissenschaftliche Theorien gleichsam in ihre Gegenstände ein,

¹ Der vorliegende Text ist die leicht erweiterte und überarbeitete Übersetzung von Schiemann (1998). Ich danke Philip Flock für seine Hilfe bei der redaktionellen Bearbeitung des Textes.

² Der Ursprung und die erste Entwicklung dieses Begriffes ist vor allem durch die zahlreichen Vorträge, in denen sich Helmholtz zu den Aufgaben und Methoden der Wissenschaft geäußert hat (gesammelt in Helmholtz (1884a)), sowie durch die beiden Auflagen seines „Handbuches der physiologischen Optik“ (Helmholtz (1856 ff.) und (1885 ff.)) dokumentiert. Hertz hat seine Auffassung zum Bildbegriff in der berühmten Einleitung zu seinen „Prinzipien der Mechanik“ dargelegt (Hertz (1894). Zum Vergleich des Bildbegriffes bei Helmholtz und Hertz siehe Majer (1985).

³ Zu Helmholtz' Wissenschaftsauffassung siehe Cahau (1993b) und Schiemann (1997), Kap. B.II.3 und Kap. B.III. Aus Helmholtz' Sicht ist die Induktion eine Methode, allgemeine Gesetze aus besonderen Erfahrungen abzuleiten. Es ist die Grundlage für die Entdeckung und Rechtfertigung von Naturgesetzen (vgl. Helmholtz (1862), S. 169 ff.; Helmholtz (1892), S. 338 ff.; Helmholtz (1856 ff.), S. 447 f.).

⁴ Helmholtz (1847), S. 4 f., Helmholtz (1852), S. 608 f., Helmholtz (1853), S. 40 f. und 45.

⁵ Zur Bildtheorie der deutschen Philosophie im 19. Jahrhundert siehe Schlüter/Hogrebe (1971 ff.).

erkunden ihre innere Struktur, wie Sonden Einblicke in nie gesehene Welten gestatten, und sind deshalb in objektivem Sinn wahr.⁶

Helmholtz setzt diese Objektivität anfänglich in strikten Gegensatz zum bloß subjektiven Zeugnis der Sinneswahrnehmung, die keinen unmittelbaren Zugang zur Wirklichkeit habe, sondern in der psychologischen Verarbeitung von Empfindungen bestele. Die Eigenart der Empfindungen sei ausschließlich durch die Beschaffenheit der Sinnesorgane bestimmt, deren spezifische Erregung durch äußere Reize nur ausgelöst werde. Weil die Empfindungen keinerlei Ähnlichkeit mit diesen Reizen haben, bezeichnet er sie ebenso wie die Wahrnehmungen, die sie hervorrufen, als „Zeichen“ oder auch als „Symbole“.⁷

Mit dem Ausdruck „Zeichen“ hebt Helmholtz auf eine bestimmte Analogie ab: Er vergleicht die Empfindungen mit den Zeichen der Schrift. Damit will er zum Ausdruck bringen, daß innere Empfindungen mit der Außenwelt so wenig gemeinsam haben wie beispielsweise der Name eines Menschen mit dem Menschen selbst.⁸ Doch die Analogie hat ihre Grenzen. Während ein Name durchaus für verschiedene Menschen oder Gegenstände Verwendung finden kann, genügt das Empfindungszeichen einer eindeutigen Zuordnung: Einem Empfindungszeichen soll immer höchstens ein Relatum entsprechen: Empfindungen

„sind nur Symbole für Verhältnisse der Wirklichkeit [...]. Sie benachrichtigen uns durch die Gleichheit oder Ungleichheit ihrer Erscheinung davon, ob wir es mit denselben oder anderen Gegenständen und Eigenschaften der Wirklichkeit zu thun haben [...]. Weiter leisten sie aber auch nichts.“⁹

Ungeachtet ihrer wissenschaftlich kaum verwertbaren Leistungsfähigkeit, sind die Zeichen so eng mit der Wirklichkeit verbunden, daß sie mit den realen Gegenständen und deren Eigenschaften selbst korreliert sind. Helmholtz wird an dieser Festlegung, die sich bereits in seiner ersten noch sehr rudimentären Darstellung der Zeichentheorie findet¹⁰ und die ich Zeichenkonstanz nenne,¹¹ zeitlebens festhalten.

Dem Gegensatz zwischen der Zeichenhaftigkeit der Wahrnehmungen und der nicht durch Zeichen getrüben wissenschaftlichen Wirklichkeitserkenntnis liegt nun Helmholtz' Verständnis der Kausalität zugrunde. Den wissenschaftlichen Aussagen ist ihm zufolge dieselbe kausale Struktur eigen, die auch das wirkliche Geschehen der Natur determiniert. Demgegenüber sei der psychologische Prozeß, durch den die Sinneswahrnehmungen zustande kommen, irreduzibel durch akausale Elemente bestimmt. Letzteres möchte ich kurz erläutern: Helmholtz definiert Wahrnehmungen als Verknüpfung bestimmter Empfindungen mit oder zu einer bewußten Objektvorstellung.¹² Das Kennzeichnende seiner

⁶ Helmholtz (1847), S. 7, Helmholtz (1853), S. 41.

⁷ Helmholtz (1852), S. 608, Helmholtz (1853), S. 41 f. Zu Helmholtz' Wahrnehmungstheorie, in der er den Begriff des Zeichens entwickelte, siehe Hatfield (1990), Turner (1994), Meyering (1989) und Schiemann (1997), Kap. B.II.3a.

⁸ Helmholtz (1852), S. 608, et passim.

⁹ Helmholtz (1852), S. 608, analog Helmholtz (1853), S. 41 f.

¹⁰ Helmholtz (1852).

¹¹ In Anlehnung an Meyering (1989).

¹² Helmholtz (1855), S. 114, und Helmholtz (1856 ff.), S. 427 ff. und 798.

Wahrnehmungslehre besteht darin, daß die Integrationsleistungen, durch die Wahrnehmungen aus Empfindungen entstehen, von den Individuen in Handlungszusammenhängen erlernt werden müssen.¹³ Als Hauptsatz dieser „empiristischen Ansicht“ formuliert Helmholtz:

„Die Sinnesempfindungen sind für unser Bewußtsein Zeichen, deren Bedeutung verstehen zu lernen, unserem Verstande überlassen ist.“¹⁴

Es handelt sich um einen wandelbaren, von Fehlern, d. h. Sinnestäuschungen, nicht freien und niemals abgeschlossenen Lernprozeß, in dem ein autonomes Subjekt konstitutiv in das Verhältnis zwischen Zeichen und Bezeichnetem eintritt, so daß von einer dreistelligen Relation zu sprechen ist. Ob die Zeichen richtig verstanden werden, kann sich nur relativ zu ihrer erfolgreichen Anwendung erweisen. Dem Subjekt muß deshalb ein gewisses Maß an Handlungsspielraum, den Helmholtz mit Willensfreiheit gleichsetzt, gegeben sein. Dabei geht er – im Gegensatz zu Kant – davon aus, daß diejenigen Phänomene, die durch Willensfreiheit bestimmt sind, nicht vollständig kausal erklärt werden können.¹⁵ Die Sinneswahrnehmung kann also nur teilweise, soweit sie kausaler Gesetzmäßigkeit folgt, zum Gegenstand der Naturwissenschaft gemacht werden. Um zur Wirklichkeit vorzudringen, muß die Naturwissenschaft deshalb „das Gebiet der sinnlichen Wahrnehmung“, wie es bei Helmholtz 1853 heißt, „verlassen“.¹⁶ Sie müsse in jedem einzelnen Fall prüfen, ob dasjenige, was die Sinne für ähnlich oder verschieden erklären, tatsächlich ähnlich oder verschieden sei.¹⁷ Den in der Zeichensprache ausgedrückten Empfindungen kommt so wenig objektive Wahrheit zu, wie sie kausaler Natur sind.

Es ist die Abkehr von dieser kritischen Beurteilung des Wahrheitsgehaltes der Empfindungszeichen, die Helmholtz mit der Einführung des Bildbegriffes anzeigt. Um den Wahrheitsanspruch wissenschaftlicher Aussagen wahrnehmungstheoretisch zu begründen, hebt er 1867 (in der 1. Auflage seines „Handbuches der physiologischen Optik“) die bis dahin vertretene strikte Entgegensetzung von objektivem und subjektivem Wissen

¹³ Die Empfindungsverarbeitung ist Helmholtz zufolge in der Regel unbewusst und unwillkürlich: Wahrnehmungen und darauf bezogene Reaktionen kommen dadurch zustande, daß ähnliche Empfindungen und ihr erfolgreiches Verständnis beständig im Gedächtnis gespeichert und, ohne daß sich das betreffende Individuum in der Regel dessen bewusst wäre, zu Vorstellungs- und Reaktionsweisen verallgemeinert werden. Tritt eine vergleichbare Empfindung wieder auf, bestimmen diese Regeln, nun ausnahmslos unbewusst, die dann entstehenden Vorstellungen und Reaktionen.

¹⁴ Helmholtz (1856 ff.), S. 797, bzw. Helmholtz (1885 ff.), S. 947.

¹⁵ Helmholtz (1847), S. 4. Hierunter rechnet er mit Gewissheit die geisteswissenschaftlichen Phänomene (Helmholtz (1862), S. 171) mit Vorbehalt einige Erscheinungen der belebten Natur (Helmholtz (1856 ff.), S. 454) und eben auch in gewissem Maß die Sinneswahrnehmung. Helmholtz' Verständnis von Kausalität reflektiert eine empiristische Position, die grundverschieden von der idealistischen Position Kants ist.

¹⁶ Helmholtz (1853), S. 40. Diese Feststellung scheint zu Helmholtz (1847), S. 5, in Widerspruch zu stehen, wo Helmholtz sagt: „Die Gegenstände der Natur sind aber nicht wirkungslos, ja wir kommen überhaupt zu ihrer Erkenntnis nur durch die Wirkungen, welche von ihnen aus auf unsere Sinnesorgane erfolgen, indem wir aus diesen Wirkungen auf ein Wirkendes schließen.“ Meiner Auffassung nach meint Helmholtz hier jedoch nicht wissenschaftliche Erkenntnisse, sondern lebensweltliche Wahrnehmungen und vorwissenschaftliche Erfahrungen.

¹⁷ Helmholtz (1853), S. 40.

partiell auf. Über die bereits genannte Zeichenkonstanz hinaus postuliert er die zeitliche Übereinstimmung von Zeichen und Bezeichnetem:

„Die einzige Beziehung, in welcher eine wirkliche Übereinstimmung unserer Wahrnehmung mit der Wirklichkeit stattfinden kann, ist die Zeitfolge der Ereignisse mit ihren verschiedenen Eigenthümlichkeiten. Die Gleichzeitigkeit, die Folge, die regelmäßige Wiederkehr der Gleichzeitigkeit oder Folge kann in den Empfindungen ebenso stattfinden, wie in den Ereignissen.“¹⁸

Neben der Zeichenkonstanz ist hiermit eine zweite nichtkausale Übereinstimmung von Zeichen und Bezeichnetem hergestellt. Betraf jene den Objektbezug, bezieht sich diese auf die zeitliche Struktur zwischen den Objekteigenschaften. Durch die Übereinstimmung in der Zeitfolge verändern die Zeichen ihren Charakter grundlegend. Sie brechen das Wahrheitsmonopol der Wissenschaft und können, wie es jetzt bei Helmholtz heißt, über „das wahre Wesen der Dinge“ Auskunft geben.¹⁹ Um diesen erweiterten Wirklichkeitsbezug der Zeichen zu benennen, spricht Helmholtz erstmals im Handbuch von „Bildern“:

„So sind die Vorstellungen von der Außenwelt Bilder der gesetzmäßigen Zeitfolge der Naturereignisse [...]“²⁰

Helmholtz gebraucht den Bildbegriff hier im Sinne eines Abbildes. Die von ihm vorausgesetzte kausale Struktur der Welt wird in ihrer zeitlichen Verfassung in der Sinneswahrnehmung unverfälscht wiedergegeben. Aus der Wahrnehmungstheorie kommend dient dieser Bildbegriff wenig später der Neubestimmung der wissenschaftlichen Aufgabenstellung. Die Aufgabe der Wissenschaft lautet nunmehr, die in der Wahrnehmung eingelassene zeitliche Struktur „herauszufinden und als Gesetz zusammenzufassen“.²¹ Wissenschaftliche Erkenntnis, die in kausalen Gesetzesaussagen besteht, wird zur reinen Darstellung des bildhaften Anteils der Sinneswahrnehmung. Naturgesetze, so wird Helmholtz von nun an hervorheben, haben den Charakter eines Abbildes „der zeitlichen Folge von Naturphänomenen.“²²

Mit der Einschränkung ihres Wirklichkeitsbezuges auf Wahrnehmbares verliert die Wissenschaft ihren uneingeschränkten Zugang zur Wirklichkeit. Weil Gesetzesaussagen nur noch Relationen zwischen Objekteigenschaften abbilden, kann die Naturforschung nicht mehr beanspruchen, zu den Objekten selbst, den substantiellen Ursachen der Phänomene vorzudringen. In seiner Bedeutung als wissenschaftliches Abbild beinhaltet der Bildbegriff bei Helmholtz weder einen anschaulichen Gehalt, der über den bloßen Gegenstandsbezug hinausweisen würde, noch ein Moment der Darstellungsfreiheit. Gesetze sind für ihn mathematisch darzustellende Zeitverhältnisse, die zwischen kausalverknüpften Zuständen bestehen, sich eindeutig (in Orientierung am mechanischen Prinzip der kleinsten Wirkung) erfassen lassen und keiner Versimbildlichung bedürfen.

¹⁸ Helmholtz (1856 ff.), S. 445.

¹⁹ Helmholtz (1856 ff.), S. 446.

²⁰ Helmholtz (1856 ff.), S. 446.

²¹ Helmholtz (1868), S. 319f.

²² Helmholtz (1869), S. 395. Helmholtz (1878a), S. 222f., Helmholtz (1885 ff.), S. 586. Helmholtz (1892), S. 358.

Während Helmholtz den Ausdruck Zeichen durchgängig zur Charakterisierung der Sinneswahrnehmung und -empfindung verwendet, ist sein Gebrauch des Bildbegriffes schwankend. Meist versteht er ihn im eben erläuterten Sinn eines Abbildes, mitunter aber auch im Sinn eines Zeichens.²³ Wenn er an einigen Stellen seiner öffentlichen Reden das Verhältnis von Zeichen und Bild am Beispiel der Künste zu illustrieren versucht, hat man überdies den Eindruck, er stelle den Bildbegriff in einer dritten, umfassenderen Bedeutung über den des Zeichens.

„Ein Bild muß in irgend einer Beziehung seinem Objecte gleichartig sein; wie zum Beispiel eine Statue mit dem abgebildeten Menschen gleiche Körperform, ein Gemälde gleiche Farbe und gleiche perspectivische Projection hat. Für ein Zeichen genügt es, daß es zur Erscheinung komme, so oft der zu bezeichnende Vorgang eintritt, ohne daß irgend welche andere Art von Uebereinstimmung, als die Gleichzeitigkeit des Auftretens zwischen ihnen existirt.“²⁴

Was für das Zeichen genügt, um ein Zeichen zu sein, ist diejenige Eigenschaft, mit dem Helmholtz das behauptete Abbildungsverhältnis begründet: Weil das Zeichen mit dem Bezeichneten gleichzeitig ist, stimmen die Zeitfolgen der Ereignisse in beiden überein.²⁵ Und weil das Zeichen deshalb mit dem Bezeichneten in einer Beziehung gleichartig ist, gehört es zur umfassenden Menge der Bilder, in der Statuen und Gemälde ebenso enthalten sind wie Schriftzeichen. In dieser Bedeutung ist der Begriff des Bildes an den des Kunstwerkes angelehnt. Er hat einen über die Beziehung der Gleichartig- bzw. Ähnlichkeit hinausgehenden Gehalt, der nur dem Bild, nicht aber seinem Objekt eigen ist, auf die verschiedenste Weise intentional gestaltet werden kann und dementsprechend für die Wissenschaft bedeutungslos ist.

1.2 Zeichenhaftigkeit im Bild. Elemente in Helmholtz' Wissenschaftsauffassung seit etwa dem Beginn der 70er Jahre

Bis zum Ende etwa der 60er Jahre ist Helmholtz um die Begründung des Wahrheitsanspruches der wissenschaftlichen Erkenntnis bemüht. Dem dient sowohl ihre Entgegensetzung zur Zeichenhaftigkeit der Wahrnehmung als auch das später erhobene Postulat der zeitlichen Abbildungsrelation. Im Verlauf der 70er Jahre setzt dann in der Entwicklung von Helmholtz' Wissenschaftstheorie ein Wandlungsprozeß ein, der in eine vollkommen neue Richtung weist: Er beginnt, den bisher vertretenen absoluten Geltungsanspruch

²³ Im Sinne eines Abbildes: Helmholtz (1856 ff.), S. 446 (vgl. Anm. 20), Helmholtz (1878a), S. 222 („Denn vom Bilde verlangt man irgend eine Art der Gleichheit mit dem abgebildeten Gegenstande [...]“); Helmholtz (1892), S. 358; im Sinne von Zeichen: Helmholtz (1878a), S. 222 („Bilder [...], die [...] unsere Sinne von den Dingen liefern“), Helmholtz (1885 ff.), S. 590 und 599 („die Gesamtheit der perspektivischen Bilder“).

²⁴ Helmholtz (1869), S. 393 (Hervorheb. im Text), entsprechend, aber ohne die Erwähnung der Gleichzeitigkeit in: Helmholtz (1878a), S. 222.

²⁵ Helmholtz (1856 ff.), S. 445.

einer wahrnehmungstheoretisch begründeten Relativierung zu unterziehen. Für das Verhältnis von Zeichen und Abbild bedeutet dieser Wandlungsprozeß, daß die begriffliche Unterscheidung zwischen ihnen zunehmend aufgehoben wird. Die vom jeweiligen Erfolg einer Handlung abhängigen Wahrheitsbedingungen der Zeichen gelten mehr und mehr auch für die naturwissenschaftlich ermittelten Abbilder der Wirklichkeit. Dabei werden die für die Zeichenentstehung maßgeblichen psychologischen Prozesse zu elementaren Erkenntnisbedingungen, die auch von der naturwissenschaftlichen Erkenntnis im Prinzip nicht mehr transzendiert werden können.

Die möglichen Hinter- und Beweggründe für diese tiefgreifende Veränderung, zu der Helmholtz nie explizit Stellung genommen hat, sind vielfältiger Art. Um nur die wichtigsten zu nennen, möchte ich erwähnen, daß Helmholtz einer allgemein in den Naturwissenschaften der zweiten Hälfte 19. Jahrhunderts Platz greifenden Hypothesierung wissenschaftlicher Aussagen folgt, daß er mit dem Wandel seiner Wissenschaftsauffassung auf eine in den 70er Jahren hervortretende Krise seiner mechanistischen Naturauffassung, die Abbild der ersten Ursachen der Natur sein sollte, reagiert und daß der Wandel schließlich auch als Teil des Ausbaus seiner Wahrnehmungstheorie zu einer umfassenden Erkenntnistheorie verstanden werden muß.²⁶ In seiner zweiten Rede zu Goethes naturwissenschaftlichen Arbeiten findet Helmholtz 1892 das „Schlußergebnis“ seiner Erkenntnislehre in dem folgenden Satz von Goethe zusammengefaßt:

„‘Alles Vergängliche ist nur ein Gleichniß‘“, und Helmholtz fährt fort: „d. h. was in der Zeit geschieht, und was wir durch die Sinne wahrnehmen, das kennen wir nur im Gleichniß. Ich wüßte das Schlußergebnis unserer physiologischen Erkenntnislehre kaum prägnanter auszusprechen. [...] Alle Kenntniss der Naturgesetze ist inductiv, keine Induction ist je absolut fertig. Wir fühlen [...] unsere Unzulänglichkeit zu tieferem Eindringen [in die Natur – G.S.] in einer Art von Angst.“²⁷

Das Wesen des „Vergänglichen“ wird weiterhin in seiner zeitlichen Kausalstruktur gesehen, die in die Wahrnehmung, deren Zeichenhaftigkeit Helmholtz hier „Gleichniß“ nennt, abgebildet wird. Bis zum Ende etwa der 60er Jahre ist Helmholtz davon ausgegangen, daß diese Struktur in den experimentell-induktiv ermittelten Naturgesetzen zum Ausdruck komme und sich insgesamt auf mechanische Gesetze zurückführen lasse. Diese Reduktion kann aber nicht mehr vollständig ausgeführt werden, wenn das induktive Verfahren nicht abschließbar ist, wenn es also einen Rest der wirklichen Kausalstruktur bzw. ihres Abbildes in der Wahrnehmung gibt, der sich einer wissenschaftlichen Erfassung entzieht. Der Inhalt der Wahrnehmung ist jetzt reicher als das Gesetzeswissen der Naturforschung, das gegenüber der Wirklichkeit immer lückenhaft bleibt. In seiner Unvollständigkeit kann das Gesetzeswissen, wie Helmholtz an anderer Stelle bemerkt, von

²⁶ Die Veränderungen der Helmholtz'schen Wissenschaftsauffassung wurden viel diskutiert, vgl. Erdmann (1921); Hörz und Wollgast (1971); König (1968); Buchwald (1994b); Hatfield (1994); Heidelberger (1994); und Schiemann (1994) und (1997), Teil B. Zur zunehmenden Hypothesierung der Wissenschaft, Aussagen des 19. Jahrhunderts, vgl. Diemer (1968), und Schmädlebach (1983).

²⁷ Helmholtz (1892), S. 358.

seiner Darstellung im „Zeichensystem [der] Sinneseindrücke“ nicht vollständig abgetrennt werden.²⁸

Abbild und Zeichen rücken zusammen. Das heißt aber nicht, daß das Gesetzeswissen mehr als früher auf anschauliche Darstellungen angewiesen wäre. Es bleibt ein streng mathematisch verfaßtes Wissen, das in der „Anschauung nur eine erleichternde Hilfe, beziehlich ein zu beseitigender falscher Schein“²⁹ sieht. Helmholtz entwickelt zwar in den 80er Jahren ein Verfahren der mechanischen Modellbildung (an dem Hertz später unmittelbar anknüpfen wird), grenzt diese Versimbildlichung aber deutlich von wissenschaftlichen Erklärungen, die von der Kenntnis der Naturgesetze ausgehen müssen, ab.³⁰ Das Gesetzeswissen verändert also weder seine kausale Struktur noch seine formale Darstellungsweise. Was einem Wandel unterworfen wird, sind seine Geltungsbedingungen. Die Abbildungsbeziehung kann nur als ideales Verhältnis unterstellt werden und die „Übereinstimmung der Zeitfolgen“ zwischen Abbild und Abgebildeten lässt sich nur noch approximativ erweisen.³¹

Auf der kategorialen Ebene findet diese Geltungsrelativierung ihren deutlichsten Ausdruck in der Hypothesisierung der Kausalität.³² Nachdem Helmholtz gegen Ende der 70er Jahre bereits ihre Geltung nach dem Vorbild seiner Wahrnehmungstheorie vom jeweiligen Erfolg ihrer Anwendung abhängig gemacht hat,³³ erklärt er in einer sehr wahrscheinlich danach verfaßten unveröffentlichten Aufzeichnung, daß auch die Kausalität nur eine Hypothese sei, d. h. eine noch nicht hinreichend verifizierte und auch nicht abschließend verifizierbare Erfahrungsaussage.³⁴ Mit dieser Feststellung erhalten Gesetzesaussagen einen unhintergebar hypothetischen Charakter.

Im Hinblick auf den Vergleich mit dem Hertzchen Bildbegriff ist es wichtig festzustellen, daß Helmholtz bei der Revision seiner Wissenschaftsauffassung nicht bei der Neubewertung einzelner Grundbegriffe stehen bleibt. Er weitet die ursprünglich wahrnehmungstheoretische Zeichenkonzeption zu einer naturalistischen Theorie der Erkenntnis aus. Seine Zuspitzung findet dieser Prozeß in der Neubestimmung des Denkens, in dem Helmholtz anfänglich eine mit der Wirklichkeit übereinstimmende Instanz der Erkenntnis gesehen hatte.³⁵ Schon gegen Ende der 70er Jahre ist er aber überzeugt, daß das Denken grundsätzlich von Zeichenhaftigkeit nicht mehr frei sind:

„offenbar haben wir es [bei diesem psychischen Prozeß der Empfindungsverarbeitung – G.S.] mit einem elementaren Prozesse zu thun, der allem eigentlich sogenannten Denken zu Grunde liegt, wenn dabei auch die kritische

²⁸ Helmholtz (1878a), S. 242.

²⁹ Helmholtz (1878b), S. 655.

³⁰ Helmholtz (1884b), S. 176.

³¹ Helmholtz (1878a), S. 393.

³² Zu Helmholtz' Kausalitätsauffassung vgl. Helmholtz (1847), S. 4, Helmholtz (1855), S. 116, Helmholtz (1856 ff.), S. 453, Helmholtz (1878a), S. 243 f., Helmholtz (1885 ff.), S. 590, Helmholtz (1897 ff.), Bd. I.1., S. 15 ff.

³³ Helmholtz (1878a), S. 243 f.

³⁴ Koenigsberger (1902 f.), Bd. 1, S. 247 f.

³⁵ Ausdruck der Bewertung des Denkens als einer absoluten Instanz ist außer seiner Position zur Kausalität (vgl. Anm. 32) auch seine Auffassung zur Logik und Mathematik in Helmholtz (1862).

*Sichtung und Vervollständigung der einzelnen Schritte fehlt, wie sie in der wissenschaftlichen Bildung der Begriffe und Schlüsse eintritt.*³⁶

Was in der wissenschaftlichen Begriffsbildung und in der logischen Deduktion von Folgerungen aus Gesetzesaussagen überhaupt nur geleistet werden kann, ist jetzt bis in die „einzelnen Schritte“ wahrnehmungspsychologisch vorbestimmt. Unter diesen Bedingungen kommt dem Denken keine erfahrungsfreie Autonomie (von der Hertz ausgehen wird) zu, es kann keine unabhängige Geltungsinstanz sein und wird Teil des Gegenstandsbereiches einer Erfahrungswissenschaft, die sich nur noch approximativ einem Ideal der Wahrheit annähern kann.³⁷

Die bisher besprochenen Aspekte betrafen die Seite des Abbildes, das in der Sinneswahrnehmung eingelassen und in Gesetzen darzustellen ist. Für Helmholtz wird aber auch die Existenzweise des Abgebildeten, der kausal strukturierten Wirklichkeit, zunehmend fragwürdig. Nachdem er bis in die 70er Jahre die realistische Annahme einer unabhängig vom Erkennen bestehenden Wirklichkeit vorausgesetzt hatte, nimmt er an der zentralen Stelle seiner Rede „Die Thatsachen in der Wahrnehmung“ von 1878 eine vollständige Relativierung seines Realismus vor. Er erkennt den Idealismus als gleichberechtigte und unwiderlegbare erkenntnistheoretische Alternative an und bezeichnet beide deswegen als „metaphysische Hypothesen“.³⁸ Allerdings schränkt er diese Aussage in einer Beilage zu seiner Rede sogleich wieder ein. Er macht einen letzten nichthypothetischen Rest von vorsprachlichen Realitätsannahmen geltend, der in den räumlichen und zeitlichen Bestimmungsgründen der Phänomene liege.³⁹ Für dieses empirische Wissenschaftsfundament zahlt Helmholtz freilich einen hohen Preis: Alle darüber hinausgehende Begriffsbildung unterliegt nun einer zusätzlichen Hypothesisierung, die auf willkürlich wählbare erkenntnistheoretische Voraussetzungen zurückgeht.

Die Veränderung der Bestimmung von Abbild und Abgebildeten lassen sich dahingehend zusammenfassen, daß sich Helmholtz der angenommenen Übereinstimmung zwischen ihnen immer weniger gewiß sein kann. Das von der Wissenschaft gegebene Abbild der Welt verliert seinen unbezweifelbaren Bezug zur Welt und büßt an Dauerhaftigkeit und Schärfe ein. Man kann dieses Resultat auch als Ergebnis der Unterordnung des Denkens unter die Bedingungen eines Erfahrungsbezuges ansehen, dem Helmholtz im Gegensatz zu seiner frühen Wissenschaftsauffassung nur noch approximative Geltung zunißt.

³⁶ Helmholtz (1878a), S. 233. Helmholtz spricht hier auch von der Erweiterung des Begriffes des Denkens (Helmholtz (1878a), S. 240).

³⁷ Schon 1868 glaubt Helmholtz mit seinen sinnesphysiologischen Arbeiten erstmals „in das ihr bisher so unzugängliche Gebiet der Seelenthätigkeiten“ einzugreifen (Helmholtz (1868), S. 268).

³⁸ Helmholtz (1878a), S. 238 f.

³⁹ Helmholtz (1878b), S. 655 ff.

1.3 Bildervielfalt der Zeichen.Hertz' Wissenschaftstheorie in den „Prinzipien der Mechanik“ (1894)

Wie Helmholtz so verwendet auch Hertz den Begriff des Bildes, um auf die einzigen Übereinstimmungen hinzuweisen, die zwischen der Außenwelt und einer Darstellung von ihr bestehen können. Helmholtz hatte aus der Zeichenkonstanz und der Gleichzeitigkeit von Zeichen und Bezeichnetem den Anspruch abgeleitet, daß das gesamte Gesetzeswissen der Naturforschung Abbildcharakter habe. Auch in Hertz' Wissenschaftstheorie ist noch von Abbildung die Rede. Wissenschaftliche Theorien sind für ihn „Bilder“, die im Verhältnis zur Außenwelt bloß noch einer „ersten Grundforderung“⁴⁰ genügen können: In ihren „denknotwendigen Folgen“ können sie mit den „naturnotwendigen Folgen der abgebildeten Gegenstände“⁴¹ übereinstimmen.⁴²

Für die Abbildung von Gegenständen gibt Hertz jedoch kein anderes Kriterium an als dasjenige der Übereinstimmung bezüglich der „Folgen“. Er beschränkt die Relation zwischen Darstellung und Dargestelltem vollkommen auf die Voraussagen, die aus einer Theorie deduktiv abgeleitet und in der Erfahrung überprüft werden können. Nicht der Inhalt einer Theorie, ihre Prinzipien, Begriffe und Gesetze, sondern nur ihre Resultate lassen sich noch mit der Außenwelt in Verbindung setzen. Im Gegensatz zu Helmholtz vertrat Hertz keine induktive, sondern deduktive Wissenschaftsauffassung.

Dieser weitere Schritt im Wahrheitsverlust der theoretischen Erkenntnis reflektiert sich im Bedeutungswandel des Bildbegriffes. Im Gegensatz zu Helmholtz, dessen Abbilder allein die zeitliche Struktur der Wirklichkeit betrafen, unterstellt Hertz mit seinem Bildbegriff Theorieelemente, die in keinem erkennbaren Zusammenhang mit dem Dargestellten stehen und die für Helmholtz nur „Zeichen“ oder „Symbole“ gewesen wären. Der einen, auch von Hertz realistisch vorausgesetzten Realität kann jetzt eine Vielfalt von Theorien gegenüberstehen. Die Welt scheint fern und der Begriff des Abbildes unangebracht. Daß Hertz ihn dennoch verwendet, ist Ausdruck seiner Hoffnung, die Kluft zwischen Darstellung und Dargestelltem möge nur ein vorübergehender Zustand sein und die von ihm vermutete mechanische Ursache aller Phänomene doch noch gefunden werden. Bei näherem Hinsehen zeigt sich, wie diese mit Helmholtz geteilte Zielsetzung des Mechanismus in die Bestimmung seines Bildbegriffes Eingang findet und dennoch eine im Verhältnis zu Helmholtz weitergehende Modernisierung der Wissenschaftsauffassung nicht verhindert.

In einem Artikel zum 70sten Geburtstag von Helmholtz nennt Hertz neben der Erfindung des Augenspiegels und der Entdeckung des Energieerhaltungssatzes als dritten „Ruhmestitel“ dessen sinnesphysiologische Arbeiten und hebt hervor, daß „diese Untersuchungen [eng ...] mit den Fragen nach der [...] Möglichkeit und dem Rechte aller Naturerkenntnis“ verknüpft seien.⁴³ Obwohl er nicht explizit auf Helmholtz' Zeichentheorie oder dessen Bildbegriff Bezug genommen hat, kann man davon ausgehen, daß

⁴⁰ Hertz (1894), S. 2.

⁴¹ Hertz (1894), S. 1.

⁴² Zur Hertz'schen Bildtheorie vgl. d'Agostino (1990) und Majer (1985).

⁴³ Hertz (1894), S. 365.

Hertz beides kannte und in seiner Bedeutung für die Wissenschaftstheorie zu schätzen wußte.

Bezeichnenderweise gibt Hertz nun in seinem Artikel eine Darstellung der Helmholtz'schen Wahrnehmungslehre, die am ehesten auf deren frühe Entwicklungsphase paßt. Er glaubt, sich auf Helmholtz stützen zu können, wenn er die Sinnesempfindung als passive Vermittlungsinstanz zwischen zwei vollkommen voneinander getrennten Welten auffaßt. Die psychologischen Mechanismen der Empfindungsverarbeitung werden von ihm in keiner Weise als jener Elementarprozeß angesehen, der, wie es bei Helmholtz später hieß, „alle eigentlich sogenannten Denken zu Grunde liegt“.⁴⁴ In seinem Artikel legt er sich ganz schematisch die Frage vor:

„Genügt die Mannigfaltigkeit [...] der] Beziehungen [der Gesichtsempfindungen] um alle denkmöglichen Mannigfaltigkeiten der Außenwelt abzubilden, alle Mannigfaltigkeiten der inneren Welt zu rechtfertigen?“⁴⁵

Die Antwort gibt Hertz drei Jahre später in den „Prinzipien der Mechanik“, deren Einleitung man als seinen Beitrag zur Wissenschaftstheorie bezeichnen kann. Dort heißt es, daß sich aus den durch Sinnesempfindungen hervorgerufenen Wahrnehmungen „noch kein gesetzmäßiges Weltbild“ ergebe.⁴⁶ Damit ist die wesentliche Differenz zu Helmholtz' (Ab)Bildbegriff und der Ursprung der Hertz'schen Bildervielfalt zugleich ausgesprochen. Der Geist mag in der Wahrnehmung zwar einzelne Regelmäßigkeiten erkennen, kann ihnen aber keinen die Außenwelt umfassenden Zusammenhang von Gesetzen entnehmen. Diese Feststellung bezieht Hertz ebenso auf lebensweltliche Vorstellungen, die an unmittelbare Sinneswahrnehmungen anknüpfen, wie auf die wissenschaftliche Erkenntnis. Beide genügen im Verhältnis zur Welt gleichermaßen nur der „ersten Grundforderung“, stimmen höchstens in den notwendigen Folgen des Denkens mit der Natur überein. Beide bezeichnet Hertz deshalb als „Bilder“.⁴⁷

Wissenschaftliche Erkenntnis ist bei Hertz von lebensweltlichen Vorstellungen lediglich noch dadurch unterschieden, daß mögliche Kriterien zur Bildbeurteilung in der Wissenschaft explizit formuliert sein müssen.⁴⁸ Die Differenz zwischen lebensweltlichen Vorstellungen und wissenschaftlicher Erkenntnis, die von Helmholtz bereits zunehmend verkleinert wurde, scheint jetzt nur noch graduell zu sein. Dieser Eindruck wird durch den Umstand verstärkt, daß sich bei Hertz auch keine Unterscheidung findet, die der von Helmholtz fast durchgängig vorgenommenen Trennung von Zeichen und (Ab)Bild vergleichbar wäre. Das Wort Zeichen steht bei Hertz allgemein für die in Bildern enthaltenen – lebensweltlichen wie wissenschaftlichen – Anschauungen, Ausdrücke und Verknüpfungen.⁴⁹

⁴⁴ Vgl. Fußnote 36.

⁴⁵ Hertz (1894), S. 365.

⁴⁶ Hertz (1894), S. 30.

⁴⁷ Hertz spricht auch von „Symbolen“ und – seinem Realismus entsprechend – auch von „Scheinbildern“ (Hertz (1894), S. 1).

⁴⁸ Hierzu gehört, die in Bildern verwendeten Bezeichnungen und ihren eventuell bestehenden Erfahrungsbezug deutlich auszuweisen. Hertz (1894), S. 3.

⁴⁹ Hertz (1894), S. 158 f.

Es wäre jedoch ein Irrtum zu meinen, daß Hertz wissenschaftliche Theorien in ihrer Bildhaftigkeit mit lebensweltlichen Vorstellungen gleichsetzte. Einen ersten, noch wenig augenfälligen Anhaltspunkt gibt Hertz selbst, wenn er die prinzipielle Möglichkeit, einen Gegenstand mit „verschiedene[n] Bilder[n]“ darzustellen, nur auf lebensweltliche Vorstellungen bezieht.⁵⁰

Warum besteht diese Möglichkeit und inwieweit besteht sie auch in der Wissenschaft? Hertz nimmt zunächst zur ersten Frage Stellung: Durch die Übereinstimmung von denknotwendigen und naturnotwendigen Folgen seien die Vorstellungen „eindeutig [...] noch nicht bestimmt“.⁵¹ Implizit geht hier die Voraussetzung eines (allen Menschen eigenen) autonomen Geistesvermögens ein, das weder mit den realen Objekten noch mit ihren Eigenschaften in irgend einer Beziehung zu stehen braucht und sich seiner Möglichkeiten zur Darstellungsvielfalt nicht durch selbstgesetzte Vorschriften beraubt – eine Voraussetzung, die in Helmholtz' später Wissenschaftsauffassung undenkbar gewesen wäre. Kann sich die von Hertz unterstellte Freiheit des Geistes in der Wissenschaft entfalten oder erfährt sie Einschränkungen, die doch wieder auf das von Helmholtz vertretene Gebot hinauslaufen, eine allein gültige Theorie zu schaffen?

Die drei berühmten Kriterien und ihren Erläuterungen, nach denen Hertz die Bilder der Wissenschaft beurteilt, stellen die verschlüsselte Antwort auf diese Frage dar. Während die ersten beiden Kriterien, die ich liberal-rational nennen möchte, eine Bildervielfalt erlauben, stellt das dritte unter den möglichen Bildern eines Gegenstandsgebietes eine eher konservative Ordnung her. Das erste Kriterium der „Zulässigkeit“ formuliert eine Minimalbedingung an die Form: Bilder dürfen keinen „Widerspruch gegen die Gesetze unseres Denkens in sich tragen und [...] müssen] also [...] logisch zulässig [...]“ sein.⁵² Hertz mißt diesem Kriterium größte Bedeutung zu.⁵³ Mit einer genaueren Angabe, was unter den „Gesetzen unseres Denkens“ zu verstehen ist, hält er sich allerdings sehr zurück. Er beschränkt sich im wesentlichen auf die pauschale Feststellung, daß über „die Eigenschaften [...] des] Geistes [...] mit Gültigkeit [...] für alle Zeiten“ entschieden werden könne.⁵⁴ Um welche Eigenschaften es sich auch handeln mag, sie gelten – einmal erkannt oder festgelegt – für alle Bilder gleichermaßen.

Hertz' Äußerungen zu weiteren Bestimmungen der Denkgesetze bleiben insgesamt vage und sind – dem Kriterium widersprechend – von Widersprüchen nicht frei. So kann man der Einleitung und dem nachfolgenden Haupttext der „Prinzipien der Mechanik“ entnehmen, daß er der Freiheit des Geistes in der Naturforschung nicht allein die Gesetze der klassischen Aussagenlogik vorschreiben wollte. Im ersten Teil des Haupttextes beansprucht er, für die dort vorgenommene Grundlegung der Mechanik (sein „Bild“ der Mechanik) ausschließlich Aussagen vorzutragen, die „Urteile a priori im Sinne Kant's“ sind.⁵⁵ Allerdings löst er diesen Anspruch nur bei der Einführung des Begriffes der Zeit

⁵⁰ Hertz (1894), S. 2.

⁵¹ Hertz (1894), S. 2.

⁵² Hertz (1894), S. 2.

⁵³ Hertz (1894), S. 39 f.

⁵⁴ Hertz (1894), S. 3.

⁵⁵ Hertz (1894), § 1.

ein. Schon beim Raumbegriff kommt es ihm auf den Unterschied zwischen synthetischen und analytischen Urteilen nicht mehr an:

„Der Raum ist also der Raum der Euklid'schen Geometrie [...]. Es ist gleichgültig für uns, ob man diese Eigenschaften [des Raumes] ansieht als gegeben durch die Gesetze der inneren Anschauung oder als denotwendige Folgen willkürlicher Definitionen.“⁵⁶

Auch aus einem nicht umgesetzten transzendentalphilosophischen Anspruch ergibt sich mit Notwendigkeit, daß Bilder, die den von Kant formulierten Bedingungen der Möglichkeit von Erfahrung nicht genügen, keine zulässigen Bilder sind. Hertz scheint jedoch den apriorischen Charakter seines Bildes mehr als eine Eigenart eines einzelnen Bildes aufgefasst zu haben.⁵⁷ Dies ist um so befremdlicher, als auch er das Kriterium der Zulässigkeit auf die Gesamtheit der Bildervielfalt anwendet:

„Soll ein Bild gewisser äußerer Dinge [...] zulässig sein, so müssen die Züge desselben nicht allein unter sich in Einklang stehen, sondern sie dürfen auch nicht den Zügen anderer in unserer Erkenntnis schon feststehender Bilder widersprechen.“⁵⁸

Sieht man von seinem – vielleicht doch nur verbalen – Bekenntnis zur transzendentalphilosophischen Begründung der Wissenschaft ab, bleibt die Forderung nach Widerspruchsfreiheit als wichtigste Minimalbedingung an die Form der Bilder übrig.

In strikter Trennung von der Erfahrung wacht so über der Bilderwelt bei Hertz das Auge ewiger Rationalität und beschränkt ihre Vielfalt, noch bevor irgendein Kontakt mit der Welt hergestellt ist. Die Gewißheit, daß sich weltferne Denkfolgen überhaupt mit der Natur zu berühren vermögen, könnte man das platonische Element seiner Wissenschaftsauffassung nennen.⁵⁹ Daß diese Berührung jedoch nur sehr eingeschränkt stattfinden muß und damit den Theorien trotz ihrer verordneten Logik ein großer Spielraum verbleibt, regelt das zweite Kriterium.

Das zweite Kriterium der „Richtigkeit“ legt eine Minimalbedingung an den Inhalt zulässiger Bilder fest:

„Unrichtig nennen wir zulässige Bilder dann, wenn ihre wesentlichen Beziehungen den Beziehungen der äußeren Dingen widersprechen, das heißt wenn sie jener ersten Grundforderung nicht genügen.“⁶⁰

Dieses Kriterium schränkt die Übereinstimmung von denknotwendigen und naturnotwendigen „Folgen“ („erste Grundforderung“) auf „wesentliche Beziehungen“ ein. „Wesentlich“ sind hierbei genau die Folgen, die, aus welchen Gründen auch immer, den Anspruch

⁵⁶ Hertz (1894), S. 53.

⁵⁷ In keiner seiner sehr ausführlichen Kritiken an den anderen Bildern der Mechanik (Hertz (1894), S. 5 ff.) ist davon die Rede, daß diese nicht den Prinzipien der Transzendentalphilosophie genügen.

⁵⁸ Hertz (1894), S. 27.

⁵⁹ Diese Interpretation richtet sich gegen die Vermutung, daß Kants Philosophie in Hertz' Denken eine große Rolle gespielt habe. Vgl. z. B. Kuczera (1983), d'Agostino (1990), Hacker (1972). Vgl. Fußnote 15.

⁶⁰ Hertz (1894), S. 2.

erheben, empirisch verifizierbar zu sein. Denn die Richtigkeit ist „vollkommen“, wenn „alle diejenigen Züge [...] eines] Bildes, welche überhaupt den Anspruch machen, beobachtbare Beziehungen der Dinge wiederzugeben, solchen Beziehungen auch wirklich und richtig entsprechen.“⁶¹

Doch diese Vollkommenheit muß nicht von Dauer sein. Viel radikaler als Helmholtz geht Hertz nämlich vom revisionsfähigen Charakter aller empirischen Erkenntnis aus. Während Helmholtz in seiner späteren Wissenschaftsauffassung in Erfahrungsaussagen die zwar nur noch approximativ gültige, aber immer besser bestätigte Geltungsbasis der theoretischen Erkenntnis gesehen hat,⁶² stellt Hertz fest:

„was aus Erfahrung stammt, [kann] durch Erfahrung wieder vernichtet werden [...]“.⁶³

Da im Gegensatz zur Zulässigkeit über die Richtigkeit einer Theorie also nicht „für alle Zeiten“ entschieden werden kann, ist der Übereinstimmung von denotwendigen und naturnotwendigen Folgen jeder absolute Geltungsanspruch genommen. Fragwürdig ist in diesem Zusammenhang, warum Hertz auch unrichtige Theorien (ebenso wie unrichtige Vorstellungen) als Bilder bezeichnet. Wovon sollen sie ein Bild sein, wenn sie in Widerspruch zur Welt stehen? Ihre logische Struktur ist – im Gegensatz zu Wittgenstein – keineswegs schon ein Bild der Welt.

Da Bilder nicht nur aus wesentlichen Beziehungen bestehen, können sie auch ins Leere gehen und zu „überflüssigen oder leeren“ Folgen führen.⁶⁴ Trotz dieser Bezeichnungsgewisse glaubt Hertz nicht, daß man auf sie verzichten könne. Er rechnet sie zwar zu den Bildelementen, die man „nach Willkür hinzuthun oder wegnehmen“ kann, hält sie aber für eine unvermeidbare Folge des geistigen Ursprungs und Charakters der Bilder.⁶⁵

Daß es bis zu einem gewissen Grad der Willkür überlassen ist festzulegen, welche Aussagen für die empirische Überprüfung freigegeben werden sollen und welche nicht, dafür gibt Hertz mit dem von ihm selbst vorgestellten Bild der Mechanik das beste Beispiel: Zur mechanistischen Erklärung der unbelebten Natur führt er einen neuen Typus von träger Masse ein, als deren Eigenschaft er postuliert, unbeobachtbar zu sein.⁶⁶ Indem Hertz hier wie an anderen Stellen betont, daß diese verborgenen Massen lediglich mit bloßem Auge nicht zu sehen seien, läßt er die Möglichkeit offen, ihre Eigenschaften durch physikalische Messungen auf indirekte Weise empirisch zu verifizieren. Zu diesen Eigenschaften gehören starre Verbindungen, die für unveränderliche Abstände und für „angenähert unveränderliche relative Beschleunigungen zwischen den Massen“ sorgen. „Könnten wir“, so schreibt er am Schluss seiner Einleitung, „die Bewegung er Natur nur genau genug kennen, so wüssten wir sogleich, ob bei ihnen die relativen Beschleunigungen [...] angenähert unveränderlich sind.“⁶⁷ Hertz spricht an dieser Stelle sogar

vom „Entscheidungskampf“, der gegenüber anderen Naturerklärungen, die verborgenen Massen nicht annehmen, „ausgefochten“ werden müsse.⁶⁸

Könnte man die vorerst nur zu Erklärungszwecken angenommenen verborgenen Massen empirisch verifizieren, so würden die ihnen entsprechenden theoretischen Aussagen umstandslos den Charakter wesentlicher Beziehungen erhalten. Hertz äußerte sich zu dieser Perspektive aber nur sehr zurückhaltend. Seine Bemerkungen schlossen auch nicht aus, daß die verborgenen Massen prinzipiell kein Gegenstand der Erfahrung sind.⁶⁹ Dessen ungeachtet war die nach seinem Tod in der Physik noch einige Zeit fortgesetzte Beschäftigung mit den verborgenen Massen von der Hoffnung bestimmt, aus der genaueren Untersuchung der elektrodynamischen Erscheinungen – insbesondere des sogenannten Äthers⁷⁰ – weitere Anhaltspunkte über sie zu erhalten.

Das Kriterium richtet sich also vor allem gegen unrichtige Beziehungen, die in Theorien enthalten sind und nicht durch Festlegung in unwesentliche verwandelt werden können.⁷¹ Man sieht, daß das Kriterium weniger eine ernsthafte Einschränkung der Theorienvielfalt darstellt als eine Ermunterung, möglicherweise der Erfahrung widersprechende Aussagen vor empirischer Überprüfung zu schützen. Leistet ein findiger Geist den Denkgesetzen Genüge, muß er sich in seiner Kreativität beim Entwurf möglicher Naturtheorien durch das zweite Kriterium kaum noch gehindert sehen. Hätte Hertz es bei den beiden ersten Kriterien belassen, wäre er einer heute weithin verbreiteten liberalen Einstellung hinsichtlich der wissenschaftstheoretischen Bewertung von Theorien schon sehr nahe gekommen. Daran ändert der Umstand wenig, daß Hertz seine Diskussion der Theorienvielfalt – sei es aus Gründen seines mechanistischen Weltbildes, sei es, weil er seine Wissenschaftstheorie zufällig als Einleitung zu einem Buch über die Theorie der Mechanik verfaßt hat – vollständig auf mechanische Bilder der Welt beschränkt. Das Charakteristikum von bloß zulässigen und richtigen Bildern besteht darin, daß keines von ihnen beanspruchen kann, seinen Objekten näher zu sein als andere Bilder. Es sind äquivalente Darstellungen von Gegenständen. Umfaßt der Gegenstandsbereich die ganze Wirklichkeit – oder, wenn man so will: die Wahrheit – und besteht der einzige Zugang zu ihr in äquivalenten Darstellungen, dann kommt der Bildbegriff selbst zusammen mit dem realistischen Begriff einer unabhängig vom Bild bestehenden Wirklichkeit an sein Ende. Es macht keinen Sinn mehr, von einer Relation zu sprechen, wenn eines der beiden Beziehungsglieder, die Außenwelt, vollständig im anderen aufgegangen ist.

Erst auf dem Hintergrund dieses Szenariums wird die ganze Tragweite der einschneidenden Änderung deutlich, die Hertz mit dem dritten Kriterium der „Zweckmäßigkeit“ herbeiführt. Mit diesem Kriterium schränkt Hertz die Möglichkeitsbedingungen der Theorienvielfalt drastisch ein. Er ordnete sie einem Anpassungs- und Selektionsprozess unter, in dem der Voraussageumfang von Theorien und ihr empirischer Gehalt

⁶¹ Hertz (1894), S. 11.

⁶² Helmholtz (1870), S. 22; Helmholtz (1878c), S. 186; Helmholtz (1878a), S. 233.

⁶³ Hertz (1894), S. 11.

⁶⁴ Hertz (1894), S. 2. Auf diese „unwesentlichen“ Beziehungen wendet Hertz den Ausdruck Hypothesen an: Hertz (1894), S. 30f.

⁶⁵ Hertz (1894), S. 3.

⁶⁶ Hertz (1894), S. 30f.

⁶⁷ Hertz (1894), S. 48.

⁶⁸ Hertz (1894), S. 49.

⁶⁹ Hertz' Unsicherheit über den epistemologischen Status der verborgenen Massen wird von d'Agostino (1990), S. 60, hervorgehoben.

⁷⁰ Zu Hertz' Äthertheorie und ihrem Einfluß in der deutschen Physik vgl. Breunig (1988) und Grigorjan und Polak (1964).

⁷¹ So wäre eine Theorie unrichtig, wenn eine ihrer Aussagen dem Energieerhaltungssatz widerspräche und trotzdem auf Erfahrung beziehbar wäre.

maximiert werden. Die Theorienvielfalt ist nicht als Dauerzustand, sondern als Anfangs- oder Zwischenzustand einer Entwicklung gedacht, die auf die Minimierung äquivalenter Darstellungen ausgerichtet ist, und die, wie Hertz mit Helmholtz annimmt, sich dem Ziel einer in ihrer Zeit allein gültigen (mechanistischen) Theorie annähern wird.

Die Maximierung des Voraussageumfangs nennt Hertz „Deutlichkeit“:

*„Von zwei Bildern desselben Gegenstandes wird dasjenige das zweckmäßigere sein, welches mehr wesentliche Beziehungen des Gegenstandes widerspiegelt als das andere; welches, wie wir sagen wollen, das deutlichere ist.“*⁷²

Der hier als tertium comparationis unterstellte metaphysische Gegenstandsbegriff bleibt in der Hertzschen Wissenschaftstheorie unbegründet. Theorien, die untereinander nur formal durch das Gebot der Widerspruchsfreiheit und nur mittels ihrer Voraussagen mit der (realistisch vorausgesetzten) Wirklichkeit verbunden sind, verfügen über kein Kriterium, mit dem ein Gegenstand intertheoretisch definiert werden kann. Für den von Hertz angenommenen Gegenstandsbegriff ist charakteristisch, daß ihm die Zusammenfassung verschiedener, auf einen Gegenstand bezogener Voraussagen in einem einzelnen Bild besser entspricht als das Vorkommen dieser Voraussagen in verschiedenen Bildern, solange andere Gegenstände außer acht gelassen werden.

Dieses theoretische Vereinheitlichungsgebot gilt nun aber nicht nur für spezielle Gegenstandsbereiche der Naturforschung, sondern für die Totalität der Naturerscheinungen wenigstens der unbelebten Natur überhaupt:

Bei der Erörterung der Zweckmäßigkeit müsse man „den gesamten Umfang der heutigen physikalischen Erkenntnis ins Auge fassen.“⁷³

Nach wie vor sind für jede Gegenstandsebene verschiedene, vergleichbar deutliche Bilder möglich. Insbesondere kann das Ganze der unbelebten Natur, das durch Bilder der unterschiedlichen Gegenstandsbereiche gegeben ist, in einer allein durch das Kriterium der Widerspruchsfreiheit beschränkten Vielfalt von Bildern vorausgesagt werden. Der Geist muß zwar nach einem einheitlichen Bild der Natur streben, kann dies aber auf unterschiedliche Weise zustande bringen. So kann bei der Ableitung von Voraussagen von unterschiedlichen Prinzipien ausgegangen werden. Darüber hinaus dürfen unter den Voraussagen eine beliebige Anzahl von „unwesentlichen“ bzw. „leeren“ Aussagen vorkommen, die nicht den Anspruch erheben, beobachtbaren Sachverhalten zu entsprechen, und die den Anteil der Bilder ausmachen, der über die experimentell überprüfbare Wirklichkeit hinausweist.

Gegen diesen letzten Rest eines überschüssigen Bildgehaltes ist die Maximierung des empirischen Gehaltes gerichtet, die Hertz als „Einfachheit“ bezeichnet:

*„Bei gleicher Deutlichkeit wird von zwei Bildern dasjenige zweckmäßiger sein, welches neben den wesentlichen Zügen die geringere Zahl überflüssiger oder leerer Beziehungen enthält, welches also das einfachere ist.“*⁷⁴

⁷² Hertz (1894), S. 2.

⁷³ Hertz (1894), S. 12, und S. 45 zur Beschränkung auf die unbelebte Natur.

⁷⁴ Hertz (1894), S. 2.

Obgleich Hertz davon spricht, daß es – im Gegensatz zur Zulässigkeit und Richtigkeit – keine eindeutige Entscheidung über die Zweckmäßigkeit gebe, ist er dennoch davon überzeugt, daß „im Laufe der Zeit schließlich die zweckmäßigsten [Bilder] gewonnen“ würden.⁷⁵ Die in dieser Formulierung schon nahegelegte Ersetzung der Bildervielfalt durch ein Bild der Wirklichkeit, das in seiner Zeit allein gültig ist, hat Hertz in der Tat für möglich gehalten. Von seinem eigenen Vorschlag für ein Bild der Mechanik sagt er:

*„Ob die Zusammenstellung, welche ich [...] im Folgenden gebe, die einzig mögliche ist, oder ob es andere, vielleicht bessere mögliche gebe, bleibt dahingestellt.“*⁷⁶

Für Hertz steht fest, daß das in seiner Zeit zweckmäßigste Bild, wenn es denn möglich wäre, nur ein mechanisches sein könne. Das von ihm selbst vorgeschlagene, höchst komplizierte Bild würde sich erheblich vereinfachen, wenn sich alle leeren Folgen als wesentliche herausstellten. Implizit geht er von einer Übereinstimmung zwischen seinem Bild und einer hinter den Erscheinungen verborgenen mechanischen Struktur aus. Bei dieser Zielvorstellung scheint Hertz zu vergessen, daß aber auch das zweckmäßigste Bild nur ein Bild wäre und nicht mehr über ein vorausgesagtes Phänomen wüßte als ein Bild, das nur dieses Phänomen voraussagte. Nicht seine logische Struktur, sondern nur seine Prognosen stünden in Beziehung zur Welt. Und unausweichlicher als jedes andere richtige Bild könnte schließlich das zweckmäßigste durch den Fortgang der empirischen Forschung seine Richtigkeit verlieren.

Schränken die Kriterien der Zweckmäßigkeit die Vielfalt der zulässigen und richtigen Bilder so weitgehend ein, daß ihnen die relativierende Gleichberechtigung genommen ist, so beläßt es die übriggebliebenen im Status eines revisionsfähigen Wissens, das die vom Geist für immer abgeschiedene Welt nur zeitweise einfacher erfakt.

1.4 Schluß

Im Verhältnis zu Helmholtz hat sich Hertz bereits viel deutlicher vom Ziel einer vollständigen (mechanistischen) Naturerklärung, das von beiden weiterhin als Erkenntnisideal anerkannt wird, entfernt. Während Helmholtz das berechtigte Nebeneinanderbestehen verschiedener Theorien eines Phänomenbereiches durch die Abbildungsbeziehung prinzipiell ausgeschlossen hatte, besteht der ganze Gegenstand der Hertzschen Wissenschaftstheorie gerade darin, dieses Nebeneinander zumindest für den gegenwärtigen Forschungsstand zu rechtfertigen.

Im Verhältnis zur Wirklichkeit, die von beiden realistisch vorausgesetzt wird, hat ein tiefgreifender Wahrheitsverlust stattgefunden, der bei Helmholtz beginnt und in Hertz' Wissenschaftstheorie seine Fortsetzung findet. Anfänglich waren Theorien keine Bilder der Welt, weil sie selbst in ihre Objekte eindringen und so in den Besitz der Wahrheit kamen. Mit der Einführung des Bildbegriffes geraten wissenschaftliche Theorien in Distanz zur Welt: Sie sind nur noch Abbild einer gesetzlichen Struktur, der kausalen

⁷⁵ Hertz (1894), S. 3.

⁷⁶ Hertz (1894), S. XXVI.

Beziehungen zwischen realen Objekten (Helmholtz steht der späteren Abbildtheorie der Bedeutung von Wittgenstein viel näher als Hertz). Was bei Helmholtz selbstverständliche Folge dieses Wissens war, die Voraussage zukünftiger Phänomene, wird bei Hertz zum Rest der Wahrheit, die die Naturforschung über die Welt wissen kann. Die Struktur dieses Wissens muß nicht mehr wie bei Helmholtz eindeutig sein; verschiedene Bilder eines Gegenstandsbereiches, der die gesamte (unbelebte) Natur umfassen kann, sind jetzt möglich und relativieren wechselseitig ihre Geltung.

Nimmt man nicht die den beiden Physikern vorangegangene Tradition zum Maßstab, sondern die nach ihnen einsetzende Entwicklung der Wissenschaftsauffassung, so scheint Helmholtz, grob gesprochen, allerdings der Gegenwart in einer Hinsicht näher zu stehen. Er hat viel stärker als Hertz der heute weitgehend akzeptierten Beseitigung des Unterschiedes zwischen apriori vorausgesetzten Denkgesetzen und den revisionsfähigen Sätzen der Erfahrung vorgearbeitet. Bei ihm verliert das Denken seine Funktion als Sicherungsinstanz von Aussagen und gerät unter die unsicheren Bedingungen der Erfahrung. Gegen diesen Geltungsverlust setzt Helmholtz einen unhintergehbaren Rest an Realitätsannahmen, der den Abbildungscharakter von Gesetzen legitimieren soll. Umgekehrt sind die Verhältnisse in dieser Hinsicht bei Hertz, der – sieht man von den ontologischen Realitätsannahmen zur Begründung der Zweckmäßigkeit ab – keine absolute Stütze für Geltungsansprüche mehr in der Wirklichkeit anerkennt. Ihm gelten die (allerdings nur noch unscharf bestimmten) Gesetze des reinen Denkens absolut und in ihnen findet er gegenüber der Bildervielfalt einen aktuell wirksamen einheitlichen Bezugspunkt.

Die nachfolgende wissenschaftstheoretische Entwicklung führt die beiden Tendenzen zur Relativierung von Geltungsansprüchen, die im Verhältnis von Helmholtz und Hertz gleichsam komplementär gegenüberstehen, zusammen: Sowenig sich Denken von Erfahrung freihalten ließ, sowenig blieb Erfahrung ohne willkürlich gesetzte theoretische Voraussetzungen verfügbar.

Meine Untersuchung hat mit dem Bildbegriff einen Aspekt angesprochen, der zwar für die Wissenschaftstheorie der beiden Naturwissenschaftler von großer Bedeutung ist, aber in ihrem jeweiligen Gesamtwerk nur bedingt Gewicht hat. Daß Helmholtz und Hertz unter dem Gesichtspunkt des Geltungsanspruches der wissenschaftlichen Erkenntnis überhaupt in einer Entwicklungslinie stehen, ist Ausdruck der Verwandtschaft ihrer Ansätze. Die Nähe würde deutlicher, wenn die Bezüge, die zwischen ihrer Wissenschaftstheorie und ihren fachwissenschaftlichen Arbeiten bestehen, berücksichtigt würden.⁷⁷ So kann sich Hertz mit seinem Konzept der verborgenen Massen unmittelbar auf Helmholtz beziehen.

Doch kommt der Wissenschaftstheorie auch eine Funktion zu, die ohne Kontext konkreter Forschungen verständlich ist und über ihn hinausweist. Es ist die von mir in den Vordergrund gerückte eigenständige wissenschaftstheoretische Verwendung des Bildbegriffs, mit der die Grenzen des Vergleichs hervortreten. Grundlegende Differenzen bestehen zwischen Helmholtz' induktivistischer und Hertz' deduktivistischer Wissenschaftsauffassung, zwischen der von Helmholtz ausgeschlossenen und der von Hertz zugelassenen Theorienvielfalt, zwischen dem von Helmholtz postulierten Wirklichkeitsgehalt und der

⁷⁷ Vgl. Mulligan (1987), Buchwald (1994a) und d'Agostino (1971).

von Hertz angenommenen Wirklichkeitsleere von mechanischen Prinzipien und Naturgesetzen und schließlich zwischen dem erkenntniszeugenden Vermögen der Erfahrung bei Helmholtz und ihrem erkenntnisvernichtenden Charakter bei Hertz.

1.5 Literatur

- BREUNIG, H. (1988): *Zur Hertz'schen Mechanik. Ursprung ihrer Grundkonzeption und deren Bedeutung für die Entwicklung der Physik.* (Dissertation) Frankfurt/Main.
- BUCHWALD, J. (1990): The Background to Hertz's Experiments in Electrodynamics. In: LEVERE, T. UND S. WILLIAM (Hrsg.) (1990): *Nature, Experiment, and Science.* Dordrecht, Boston, London, S. 275–306.
- BUCHWALD, J. (1994a): Electrodynamics in Context: Object States, Laboratory Practice, and Anti-Romanticism. In: CAHAN (Hrsg.) (1994).
- BUCHWALD, J. (1994b): *The Creation of Scientific Effects.* Chicago.
- CAHAN, D. (1994): Helmholtz and the Civilizing Power of Science. In: CAHAN (Hrsg.) (1994).
- CAHAN, D. (Hrsg.) (1994): *Hermann von Helmholtz and the Foundation of Nineteenth-Century Science.* Berkley, Los Angeles, London.
- D'AGOSTINO, S. (1971): Hertz and Helmholtz on Electromagnetic Waves. In: *Scientia* **106** (1971) S. 637–648.
- D'AGOSTINO, S. (1990): Boltzmann and Hertz on the Bild-Conception of Physical Theory. In: *Hist. of Sc.* **28** (1990) S. 380–398.
- DIEMER, A. (1968): Die Begründung des Wissenschaftscharakters der Wissenschaft im 19. Jahrhundert – Die Wissenschaftstheorie zwischen klassischer und moderner Konzeption. In: DIEMER, A. (Hrsg.): *Beiträge zur Entwicklung der Wissenschaftstheorie im 19. Jahrhundert.* Meisenheim am Glan.
- ERDMANN, B. (1921): *Die philosophischen Grundlagen von Hermann von Helmholtz' Wahrnehmungstheorie.* Abh. Preuss. Akad. der Wiss., phil.-hist. Klasse, Berlin.
- GRIGORJAN, A. T. UND L. S. POLAK (1964): Die Grundideen der Mechanik von Heinrich Hertz. In: STRUBE, I. UND H. WUSSING (Hrsg.): *Beiträge zur Geschichte der Naturwissenschaft, Technik und Medizin.* Leipzig, S. 69–101.
- HACKER, P. M. (1972): *Insight and Illusion: Wittgenstein on Philosophy and the Metaphysics of Experience.* Oxford.
- HATFIELD, G. (1990): *The Natural and the Normal. Theories of Spatial Perception from Kant to Helmholtz.* Cambridge (Mass.), London.
- HATFIELD, G. (1994): Helmholtz and Classicism: The Science of Aesthetics and the Aesthetics of Science. In: CAHAN (Hrsg.) (1994).
- HEIDELBERGER, M. (1994): Force, Law, and Experiment: The Evolution of Helmholtz's Philosophy of Science. In: CAHAN (Hrsg.) (1994).
- HELMHOLTZ, HERRMANN VON (1847): *Über die Erhaltung der Kraft.* Leipzig (Ostwalds Klassiker der exacten Wissenschaften: Nr. 1) 1889.

- HELMHOLTZ, HERRMANN VON (1852): *Über die Natur der menschlichen Sinnesempfindungen*. (Habilitationsvortrag). In: HELMHOLTZ (1882 ff), Bd. 2, S. 591 ff.
- HELMHOLTZ, HERRMANN VON (1853): Über Goethes naturwissenschaftliche Arbeiten. In: HELMHOLTZ (1884), Bd. 1, S. 23 ff.
- HELMHOLTZ, HERRMANN VON (1855): Über das Sehen des Menschen. In: HELMHOLTZ (1884), Bd. 1, S. 85 ff.
- HELMHOLTZ, HERRMANN VON (1856 ff.): *Handbuch der physiologischen Optik*. 1. Lieferung (S. 1–192); 1856; 2. Lieferung (bis S. 432); 1860; 3. Lieferung (bis S. 874); 1867. Leipzig (1. Auflage) 1867.
- HELMHOLTZ, HERRMANN VON (1862): Über das Verhältniss der Naturwissenschaften zur Gesamtheit der Wissenschaften. In: HELMHOLTZ (1884), Bd. 1, S. 157 ff.
- HELMHOLTZ, HERRMANN VON (1868): Die neueren Fortschritte in der Theorie des Sehens. In: HELMHOLTZ (1884), Bd. 1, S. 265 ff.
- HELMHOLTZ, HERRMANN VON (1869): Über das Ziel und die Fortschritte der Naturwissenschaft. In: HELMHOLTZ (1884), Bd. 1, S. 157 ff.
- HELMHOLTZ, HERRMANN VON (1870): Über den Ursprung und die Bedeutung der geometrischen Axiome. In: HELMHOLTZ (1884), Bd. 2, S. 1 ff.
- HELMHOLTZ, HERRMANN VON (1874a): „Kritisches“. Vorwort zum zweiten Teil des ersten Bandes von W. Thomson und P. G. Tait: *Handbuch der theoretischen Physik*. Autorisierte deutsche Übersetzung von H. Helmholtz und G. Wertheim. Braunschweig 1874. Unter dem Titel „Induktion und Deduktion“ auch enthalten in: HELMHOLTZ (1884), Bd. 2, S. 413 ff. Ich zitiere nach dieser Ausgabe.
- HELMHOLTZ, HERRMANN VON (1874b): Vorwort zu John Tyndall: Fragmente der Naturwissenschaft. Braunschweig 1874. Unter dem Titel „Über das Streben nach Popularisierung der Wissenschaft“ auch enthalten in: HELMHOLTZ (1884), Bd. 2, S. 422 ff. Ich zitiere nach dieser Ausgabe.
- HELMHOLTZ, HERRMANN VON (1878a): Die Thatsachen in der Wahrnehmung mit drei Beilagen. In: HELMHOLTZ (1884), Bd. 2, S. 213 ff. (Rede) und S. 387 ff. (3 Beilagen); die 3. Beilage ist ein Auszug aus: Helmholtz (1878b) und wird nach diesem Text zitiert.
- HELMHOLTZ, HERRMANN VON (1878b): Über den Ursprung und Sinn der geometrischen Sätze. Antwort gegen Herrn Prof. Land. In: HELMHOLTZ (1882 ff), Bd. 2, S. 640 ff.
- HELMHOLTZ, HERRMANN VON (1878c): *Das Denken in der Medicin*. 2. neu durchgearbeitete Auflage. Berlin. Auch enthalten in: HELMHOLTZ (1884), Bd. 2, S. 165 ff.
- HELMHOLTZ, HERRMANN VON (1882 ff.): *Wissenschaftliche Abhandlungen*. Leipzig, 3 Bde. (Bd. 1, 1882; Bd. 2, 1883; Bd. 3, 1895).
- HELMHOLTZ, HERRMANN VON (1884a): *Vorträge und Reden*. 2 Bde. Braunschweig (5. Auflage) 1903.
- HELMHOLTZ, HERRMANN VON (1884b): Studien zur Statik monocyclischer Systeme. In: HELMHOLTZ (1882 ff.), Bd. 3, S. 119 ff., S. 163 ff. und S. 173 ff.
- HELMHOLTZ, HERRMANN VON (1885 ff.): *Handbuch der Physiologischen Optik*. 2. umgearbeitete Auflage. (1. Lieferung (S. 1–80); 1885; 2. und 3. Lieferung (bis S. 240); 1886; 4. Lieferung (bis S. 320); 1887; 5. Lieferung (bis S. 400); 1889; 6. und 7. Lieferung (bis S. 560); 1892; 8. Lieferung (bis S. 640); 1894; Schlusslieferung; 1895). Hamburg und Leipzig 1986.
- HELMHOLTZ, HERRMANN VON (1892): Goethes Vorahnungen kommender naturwissenschaftlicher Ideen. In: HELMHOLTZ (1884), Bd. 2, S. 335 ff.
- HELMHOLTZ, HERRMANN VON (1897 ff.): *Vorlesungen über theoretische Physik*. Hrsg. von A. KÖNIG ET AL. 6 Bde. Leipzig.
- HELMHOLTZ, HERRMANN VON (1891): Zum 31. August 1891. In: *Heinrich Hertz: Gesammelte Werke, Vol. 1*. Leipzig 1895, S. 360 ff.
- HELMHOLTZ, HERRMANN VON (1894): *Die Prinzipien der Mechanik*. Darmstadt 1963.
- HÖRZ, H. UND S. WOLLGAST (1971): *Einleitung zu: Hermann von Helmholtz, Philosophische Vorträge und Aufsätze*. Berlin.
- KÖNIG, G. (1968): Der Wissenschaftsbegriff bei Helmholtz und Mach. In: DIEMER, A. (Hrsg.): *Beiträge zur Entwicklung der Wissenschaftstheorie im 19. Jahrhundert*. Meisenheim am Glan.
- KOENIGSBERGER, LEO (1902): *Hermann von Helmholtz*. 3 Bde. Braunschweig.
- KUCZERA, J. K. (1983): Zur philosophischen Einschätzung des Physikers Heinrich Hertz. In: *Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt Universität zu Berlin, Mathematisch-naturwissenschaftliche Reihe* **32** (1983), S. 313–316.
- MAJER, U. (1985): Hertz, Wittgenstein und der Wiener Kreis. In: DAHMS, H.-J. (Hrsg.): *Philosophie, Wissenschaft, Aufklärung: Beiträge zur Geschichte und Wirkung des Wiener Kreises*. Berlin, S. 40–66.
- MEYERING, T. C. (1989): *Historical Roots of Cognitive Science*. Dordrecht.
- MULLIGAN, J. F. (1987): The Influence of Hermann von Helmholtz on Heinrich Hertz's Contributions to Physics. In: *Am. J. Phys.* **55** (1987).
- SCHIEMANN, GREGOR (1994): Die Hypothesierung des Mechanismus. In: KRÜGER, L. (Hrsg.): *Universalgenie Helmholtz*. Berlin.
- SCHIEMANN, GREGOR (1997): *Wahrheitsgewissheitsverlust. Hermann von Helmholtz' Mechanismus im Anbruch der Moderne. Eine Studie zum Übergang von klassischer zu moderner Naturphilosophie*. Darmstadt. Englische Übersetzung: Hermann von Helmholtz's Mechanism: The Loss of Certainty. A Study on the Transition from Classical to Modern Philosophy of Nature. Dordrecht 2008.
- SCHIEMANN, GREGOR (1998): The Loss of World in the Image. Origin and Development of the Concept of Image in the Thought of Hermann von Helmholtz and Heinrich Hertz. In: BAIRD, D. ET AL. (Hrsg.): *Heinrich Hertz. Classical Physicist, Modern Philosopher*. Boston Studies in the Philosophy of Science. Dordrecht.
- SCHLÜTER, D. UND W. HOGREBE (1971): Art. „Bild“. In: RITTER, J. UND K. GRÜNDER (Hrsg.): *Historisches Wörterbuch der Philosophie*. Darmstadt.
- SCHNÄDELBACH, H. (1983): *Philosophie in Deutschland 1831–1933*. Frankfurt/Main.
- TURNER, R. S. (1994): *In the Eye's Mind*. Princeton.