

Ignoramus et Ignorabimus

Über die vermeintlichen Grenzen der Naturerkenntnis

Peter Jaenecke

Alles Unabgeschlossene kehrt wieder.
MARTIN KOHAN

Bei der Behauptung, es gebe grundsätzliche Grenzen der Naturerkenntnis handelt es sich um eine schwer beweisbare Nichtexistenzaussage. DU BOIS-REYMOND versucht sie mit einem Argumentum a fortiori zu beweisen, indem er einen allmächtigen LAPLACE Geist einführt und argumentiert: Wenn schon dieser Geist ein Problem nicht zu lösen vermag, dann können wir Menschen es erst recht nicht lösen. Eine Analyse seiner Beweisführungen führt jedoch zu einem ernüchternden Ergebnis: DU BOIS-REYMOND verstößt gegen elementare beweistechnische Regeln: Nicht aufgrund seiner mechanischen Voraussetzungen, sondern aufgrund seiner handwerklichen Fehler sind seine Beweise ungültig. Aus dem Hauptsatz der Wissenschaftstheorie folgt darüber hinaus, dass man grundsätzlich aus einer erfahrungswissenschaftlichen Theorie keine Erkenntnisgrenzen herleiten kann; ebenso wenig lässt sich beweisen, dass es für solch eine Theorie keine Erkenntnisgrenzen gibt. Damit erweisen sich alle Diskussionen um Erkenntnisgrenzen als wertlos.

⇒ Erkenntnisgrenzen, Beweis durch Widerspruch, Naturerkennen, klassische Mechanik, Hauptsatz der klassischen Mechanik, Laplace Geist, Argumentum a fortiori, Hauptsatz der Wissenschaftstheorie

1 Einführung

Charakteristisch für das 19. Jahrhundert ist der rasante Aufschwung von Naturwissenschaft und Technik. In keinem Zeitalter zuvor wurden so viele grundlegende Naturgesetze gefunden und so viele Entdeckungen gemacht wie in diesem Jahrhundert, und niemals zuvor wurden die Menschen durch die technische Nutzung dieser Entdeckungen mit einem so durchgreifenden gesellschaftlichen Wandel in so kurzer Zeit konfrontiert. So stellte sich damals zwangsläufig die Frage: Darf man hoffen (oder muss man fürchten) in ein paar Jahren alle wissenschaftlichen Probleme gelöst zu haben, so dass nichts mehr zu erforschen übrig bleibt, oder bricht die Entwicklung irgendwann einmal bei ungelösten Problemen ab, weil dem menschlichen Erkenntnisdrang grundsätzliche Schranken gesetzt sind?

Mit dieser Thematik setzte sich EMIL DU BOIS-REYMOND¹ 1872 und 1880 in zwei Vorträgen auseinander.² Im ersten beschäftigt er sich mit den Grenzen des Naturerkennens, im zweiten geht er zunächst auf die Kritiken ein, die ihm sein erster Vortrag eingebracht hatte; anschließend identifiziert er sieben noch ungelöste "Schwierigkeiten". Drei davon, nämlich

[1] Was ist das Wesen von Kraft und Materie?

[2] Was ist der Ursprung der Bewegung?

[5] Wie entsteht die einfache Sinnesempfindung und das Bewusstsein?

markieren für ihn die Grenzen unseres Naturerkennens. Ihre Antworten kennen wir nicht und wir werden sie auch niemals kennen: *Ignoramus et ignorabimus*. Zwar gebe es auf die anderen vier Schwierigkeiten oder Welträtsel ebenfalls noch keine Antworten, aber die Fragen

[3] Wie ist Leben entstanden?

[4] Wie lässt sich die zweckmäßige Einrichtung der Natur erklären? und

[6] Wie entstand vernünftiges Denken und Sprache?

hält DU BOIS-REYMOND nicht grundsätzlich für unlösbar.³ Ob

[7] das Problem der Willensfreiheit

gelöst werden kann, darauf gibt er keine eindeutige Antwort.

Mit seinen als 'transzendent' bezeichneten Rätseln [1], [2] und [5] leugnet DU BOIS-REYMOND keinesfalls den wissenschaftlichen Fortschritt. Er sprach nur von bestimmten unüberschreitbaren Grenzen. »Innerhalb dieser Grenzen ist der Naturforscher Herr und Meister ... und niemand weiß, wo die Schranke seines Wissens und seiner Macht liegt; über diese Grenzen hinaus kann er nicht, und wird es niemals können.«⁴ So setzten die Naturwissenschaften auch im zwanzigsten Jahrhundert unbeirrt ihren Aufschwung fort. Dennoch ist man auch heute noch nicht wirklich über die von DU BOIS-REYMOND gezogenen Grenzen hinausgekommen. Die historische Entwicklung scheint ihm recht zu geben: Innerhalb der Grenzen ungebrochener Fortschritt, aber kein Fortkommen über sie hinaus.

¹ 7. November 1818 Berlin – 26. Dezember 1896 Berlin.

² DU BOIS-REYMOND (1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens. Die sieben Welträtsel*.

³ Bezüglich des vierten Rätsels hat KANT (Kritik der Urteilskraft § 75, p. B 337f) unvorsichtiger Weise behauptet: »Es ist nämlich ganz gewiß, daß wir die organisierten Wesen und deren innere Möglichkeit nach bloß mechanischen Prinzipien der Natur nicht einmal zureichend kennenlernen, viel weniger uns erklären können; und zwar so gewiß, daß man dreist sagen kann, es ist für Menschen ungereimt, auch nur einen solchen Anschlag zu fassen, oder zu hoffen, daß noch etwa dereinst ein Newton aufstehen könne, der auch nur die Erzeugung eines Grashalms nach Naturgesetzen, die keine Absicht geordnet hat, begreiflich machen werde: sondern man muß diese Einsicht den Menschen schlechterdings absprechen.«

⁴ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 45.

Dass die transzendenten Rätsel grundsätzlich unlösbar seien, hält DU BOIS-REYMOND nicht bloß für eine These, er beansprucht vielmehr, dies unumstößlich im naturwissenschaftlichen Sinn bewiesen zu haben.⁵ Gerade in dem Bestreben, die Grenzen des Naturerkennens zu beweisen, unterscheidet er sich grundlegend von seinen Vorgängern, die, gestützt auf das jeweilige zeitgenössische Wissen, die Erkenntnisgrenzen nur behaupteten. An diesem Beweisanspruch sind seine Ergebnisse zu messen: Sind seine Beweise fehlerhaft, so bleiben seine Aussagen unbewiesen und die Antwort auf die Frage, ob es Grenzen des Naturerkennens gebe oder nicht, ist wieder offen. Sind seine Beweise korrekt, muss man seine Aussagen beweisgedrungen anerkennen. In beiden Fällen erübrigen sich Diskussionen über Erkenntnisgrenzen.

Da alles vom Wert der Beweise abhängt, wäre es sinnvoll gewesen, sich kritisch mit ihnen auseinanderzusetzen. Doch das geschah nur vereinzelt und blieb weitgehend unbeachtet. Stattdessen entfachten die Aussagen von DU BOIS-REYMOND hitzige Debatten, denn sie stießen damals sowohl auf große Zustimmung als auch auf heftige Ablehnung. Er hatte einen Stein ins Wasser geworfen und die Wogen schlugen hoch aufgrund der weltanschaulichen Konsequenzen, die man aus seinen Ergebnissen glaubte schlussfolgern zu müssen.

Dass DU BOIS-REYMOND seine Beweise für unumstößlich hielt, ist verständlich. Dass aber von einigen Ausnahmen abgesehen auch alle seine Befürworter und Widersacher nichts an ihnen auszusetzen fanden, ist ausgesprochen merkwürdig; offenbar kümmerte man sich wenig um den Stein des Anstoßes. Auch heute noch ist das Interesse an ihm eher gering: In Ermangelung neuer Wogen beschäftigt man sich mit den alten, verliert sich in Nebensächlichkeiten, indem man ihren ehemaligen Verläufen bis in die hintersten Zipfel des akademischen Gewässers nachgeht. Gelegentlich begibt man sich sogar an Land und durchstreift unbeteiligte, von den Wogen verschont gebliebene Uferzonen. Man kümmert sich auch um die Vorgeschichte – nur was eigentlich ins Wasser geworfen wurde, darüber scheint noch immer viel Unklarheit zu bestehen.⁶ In der vorliegenden Arbeit holen wir das bislang Versäumte nach.

⁵ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 37; dort wird über die Voraussetzungen eines Beweises gesprochen. Auch an anderer Stelle weist er auf seine Beweisbemühungen hin, z.B.: DU BOIS-REYMOND (1880/1916): *Die sieben Welträtsel*, p. 69: Dass es Grenzen des Naturerkennens gebe, hatten, so DU BOIS-REYMOND, schon längst andere erkannt; fast »schämte ich mich, den Deutschen Naturforschern so abgestandenen Trunk zu schenken, und nur durch die Neuheit meiner Beweisführung hoffte ich Teilnahme zu erwecken.«; p. 85f behauptet er bewiesen zu haben, dass das Rätsel vom Entstehen der einfachen Empfindungen transzendent sei; p. 90 spricht er von seinem Beweis der Unmöglichkeit, Bewusstsein mechanisch zu begreifen; p.72 davon, dass er die Behauptung, Bewusstsein kann mechanisch erklärt werden, widerlegte.

⁶ Das offenbaren z.B. die Aufsätze in den Sammelbänden MANN [Hrsg.] (1981): *Naturwissen und Erkenntnis* und BAYERTZ, GERHARD & JAESCHKE [Hrsg.] (2007): *Der Ignorabimus-Streit* sowie die Untersuchungen von VIDONI (1991): *Ignorabimus!*

Bevor wir DU BOIS-REYMONDS Beweisführung analysieren können, müssen wir uns erst Klarheit über einige elementare beweistheoretische Voraussetzungen verschaffen. Wir gehen daher in Kapitel 2 zunächst auf die grundsätzlichen Schwierigkeiten ein, die mit einem Beweis einer Nichtexistenzaussage verbunden sind. Es wird der indirekte Beweis vorgestellt, bei dem man vom Gegenteil der zu beweisenden Aussage ausgeht und zeigt, dass dies auf einen Widerspruch führt. DU BOIS-REYMOND wählt diese Beweisart nicht; er verlässt sich auf ein Argumentum a fortiori gestützt auf einen allmächtigen LAPLACE Geist. Sein immer wiederkehrendes Beweisargument lautet: Wenn schon für diesen Geist ein Problem zu schwer ist, dann ist es für uns Menschen erst recht zu schwer. Das Argumentum a fortiori löst jedoch keineswegs das Beweisproblem für eine Nichtexistenzaussage, es findet nur eine Problemverschiebung statt. Außerdem darf es gar nicht angewendet werden, denn mindestens eine seiner Voraussetzungen lässt sich grundsätzlich nicht erfüllen.

Mit diesen theoretischen Grundlagen ausgerüstet, untersuchen wir in Kapitel 3 DU BOIS-REYMONDS vermeintliche Beweise. Das Ergebnis ist ernüchternd: Das Argumentum a fortiori kommt gar nicht wirklich zum Einsatz. Seine Beweise erschöpfen sich darin, die zu beweisende Aussage immer wieder in blumigen Redensarten zu wiederholen. Nebenbei verstößt er auch noch gegen elementare beweistechnische Regeln, so dass seine Beweisversuche verworfen werden müssen: Er hat nicht bewiesen, dass es unübersteigbare Erkenntnisgrenzen gibt. Das liegt nicht an seinen mechanischen Voraussetzungen, sondern allein an seinen unzulänglichen Beweisen.

Dieses Ergebnis steht im Widerspruch zur Tradition, mit der wir uns im Kapitel 4 kurz beschäftigen. Es herrscht hier die Meinung vor, DU BOIS-REYMOND habe korrekte Beweise für seine Behauptungen geliefert, er sei jedoch, weil er seine Überlegungen auf die Punktmechanik bezog, von unzulässigen Voraussetzungen ausgegangen. Auf philosophisch-theologischer Seite lehnt man seine punktmechanischen Voraussetzungen ab, begrüßt aber seine Ergebnisse. Auf naturwissenschaftlicher Seite verwirft man ebenfalls die Voraussetzungen, glaubt aber, man könne sie durch geeignetere ersetzen, aus denen dann keine Erkenntnisstranken folgten.

Ein Beweis hierfür wurde allerdings nicht geliefert, aus gutem Grund. Im Kapitel 5 führen wir den Hauptsatz der Wissenschaftstheorie ein, aus dem folgt, dass es grundsätzlich nicht möglich ist, aus einer erfahrungswissenschaftlichen Theorie Erkenntnisgrenzen herzuleiten oder zu beweisen, dass es für solch eine Theorie keine Erkenntnisgrenzen gibt. Damit muss das DU BOIS-REYMOND Projekt endgültig als gescheitert angesehen werden.

Es gibt genug Menschen und es gibt genug Probleme.
 Aber die Fühlung, die beide miteinander haben,
 läßt häufig vieles zu wünschen übrig.
 MAX VERWORN

2 Beweistheoretische Voraussetzungen

HAECKEL gehört zu den wenigen, die DU BOIS-REYMONDS Beweisgang ablehnten. Er bemängelt, »daß man über der ausgezeichneten Form und dem glänzenden Beiwerk des Vortrags meistens die eigentlichen Schwerpunkte des Inhalts übersehen hat. Es geschieht dies überhaupt bei Du Bois-Reymonds Vorträgen sehr häufig, da er die Schwächen der Beweisführung und die mangelnde Tiefe der Gedanken höchst geschickt durch glänzende Thesen und Antithesen, durch treffende Bilder und blumenreiche Gleichnisse, kurz durch all jenes rhetorische Phrasenwerk zu verstecken weiß, in welchem der französische Nationalgeist unserem plumpen deutschen so sehr überlegen ist.«⁷ HAECKEL liefert keinen Nachweis für sein harsches Urteil, und so ist es oft als reine Polemik aufgefasst worden. Im folgenden wird jedoch gezeigt, dass es im vollen Umfang zutrifft.

Letztlich scheitert DU BOIS-REYMOND am Beweis einer Nichtexistenzaussage, die sich hinter seinem Ignorabimus verbirgt: Es wird ja behauptet, es gebe für bestimmte Probleme keine Lösung. Nun gilt aber in der Logik eine Existenzverneinung als unbeweisbar, wenn sie an keine einschränkenden Bedingungen gebunden ist, andererseits kann sie aber durch ein einziges Gegenbeispiel widerlegt werden. So ist die Behauptung 'es gibt kein Zentaur' nicht beweisbar, sie könnte sich jedoch eines Tages dank moderner Gentechnik als falsch erweisen.

Der logische Lehrsatz 'eine Existenzverneinung lässt sich nicht beweisen' hat ebenfalls seine Tücken, er besagt ja 'es gibt keinen Beweis' und beinhaltet somit selbst solch eine Verneinung. Andererseits gibt es in der Mathematik beweisbare Existenzverneinungen, z.B. die Behauptung, ein Gleichungssystem habe keine reelle Lösungen. Im Unterschied zu 'es gibt keinen Zentaur' beruhen solche Verneinungen aber auf wohlbekanntem, beweisrelevanten Voraussetzungen, und diese sind es, die einen Beweis ermöglichen, die aber auch den Umfang der Gegenbeispiele einschränken. Denn es reicht jetzt nicht mehr aus, nur ein Gegenbeispiel zu präsentieren, man muss auch zeigen, dass es die Voraussetzungen erfüllt. Der logische Lehrsatz bezieht sich nur auf voraussetzungslose Existenzverneinungen.

2.1 Beweis durch Widerspruch

Eine Existenzverneinung wird meist indirekt über einen Beweis durch Widerspruch bewiesen. Er ist nur unter bestimmten Bedingungen möglich und erfordert eine ganz besondere Umsicht hinsichtlich der Voraussetzungen.

Möchte man etwa bezüglich einer vorgegebenen Wissensbasis zeigen, dass die Aussage ' $\neg A$ ' gilt, nimmt man zunächst an, dass A gelte und zeigt, dass diese Annahme auf einen Widerspruch führt. Daraus folgert man unter der meist stillschweigend getroffenen Annahme eines *tertium non datur* die Gültigkeit von ' $\neg A$ ' (Tabelle 1). Das *tertium non datur* ist jedoch wiederum eine Existenzverneinung und daher nicht unproblematisch. In der Mathematik ist es im allgemeinen leicht zu entscheiden, ob es ein Drittes gibt oder nicht, denn deren Objekte sind Geistesprodukte. So gibt es per Definition ausschließlich gerade und ungerade ganze Zahlen. In den Naturwissenschaften werden jedoch Aussagen über reale Systeme gemacht; hier bleibt es immer problematisch zu behaupten, es gebe kein Drittes. Eine weitere Voraussetzung für einen indirekten Beweis ist die Annahme, dass hierfür eine widerspruchsfreie Wissensbasis zur Verfügung steht. Denn aus einer widersprüchlichen kann man sowohl $\neg A$ als auch A herleiten, der indirekte Beweis würde also zu keiner Entscheidung führen.

Beweis durch Widerspruch (indirekter Beweis)

Indirekt zu beweisende Aussage: $\neg A$

Voraussetzungen:

(BdW 1) Gegeben ist eine widerspruchsfreie Wissensbasis W .

(BdW 2) Bezüglich der Wissensbasis W gilt: Entweder A oder $\neg A$.

Direkt zu beweisende Aussage: A führt in W zu einem Widerspruch.

Schlussform: Da A zu einem Widerspruch führt, muss $\neg A$ gelten.

Tabelle 1: Beweis durch Widerspruch.

⁷ HAECKEL (1878/1924): *Freie Wissenschaft und freie Lehre*, V 274f; ähnlich: HAECKEL (1899/1924): *Welträtzel*, III 187, III 189.

Solch eine widerspruchsfreie Wissensbasis könnte z.B. eine erfahrungswissenschaftliche Theorie sein. Indirekte Beweise beruhen also darauf, einen Widerspruch mit dem bestehenden Wissen zu konstruieren. Eine Aussage wie 'es gibt kein perpetuum mobile' sagt aber etwas über die Nichtexistenz eines als real vorgestellten Systems aus. Ein Widerspruch bezieht sich aber nicht auf reale Systeme, sondern immer nur auf ein bestimmtes Gedankengebäude.

Wir schließen somit auf die Nichtexistenz eines physikalischen Systems, weil dessen reale Existenz in unserem Gedankengebäude zu einem Widerspruch führen würde. Ob solch ein System existiert oder nicht, entscheidet also letzten Endes unser Wissen, und das kann sich jederzeit verändern.

2.2 Definition von Naturerkennen

Bevor man über die Grenzen des Naturerkennens urteilen kann, muss man wissen, wann ein Naturvorgang als erkannt gilt. Allgemeine Floskeln reichen für einen Beweis nicht aus; es muss vielmehr in solch einer Festlegung klar zum Ausdruck kommen, nach welchen Methoden und mit welchem Ziel die Naturforschung betrieben werden soll. DU BOIS-REYMOND legt sich auf folgendes Verständnis fest:

Definition von Naturerkennen:

»Naturerkennen – genauer gesagt naturwissenschaftliches Erkennen oder Erkennen der Körperwelt mit Hilfe und im Sinne der theoretischen Naturwissenschaft – ist Zurückführen der Veränderungen in der Körperwelt auf Bewegungen von Atomen, die durch deren von der Zeit unabhängigen Zentralkräfte bewirkt werden, oder Auflösen der Naturvorgänge in Mechanik der Atome.«⁸

Er begründet seine Festlegung mit der psychologischen »Erfahrungstatsache, daß, wo solche Auflösung gelingt, unser Kausalitätsbedürfnis vorläufig sich befriedigt fühlt. Die Sätze der Mechanik sind mathematisch darstellbar, und tragen in sich dieselbe apodiktische Gewißheit, wie die Sätze der Mathematik. Indem die Veränderungen in der Körperwelt auf eine konstante Summe ... von potenzieller und kinetischer Energie zurückgeführt werden, welche einer konstanten Menge von Materie anhaftet, bleibt in diesen Veränderungen selber nichts zu erklären übrig.«⁹

⁸ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 16.

⁹ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 16.

Nun steht es jedem frei, seine Voraussetzungen zu begründen, aber solch eine Begründung ist nicht notwendig, denn sie ist nicht beweisrelevant oder sollte es jedenfalls nicht sein. DU BOIS-REYMOND hält sich nicht an diese Vorschrift, denn er versteckt in seiner Begründung die unscheinbare Einschränkung 'die obige Definition befriedigt unser Kausalitätsbedürfnis nur vorläufig'. Man erwartet also von ihm an späterer Stelle eine neue, unser Kausalitätsbedürfnis im vollen Umfang befriedigende unvorläufige Definition. Allerdings baut er seinen Beweisapparat auf der vorläufigen auf. Das hat, wie wir sehen werden, fatale Folgen, denn bei einem Definitionswechsel verändern sich die Voraussetzungen, so dass dann dieser Beweisapparat hinfällig wird.

DU BOIS-REYMOND bindet sein Verständnis von Naturerkennen an eine bestimmte erfahrungswissenschaftliche Theorie, denn er sagt sinngemäß: wenn man einen Naturvorgang mit dieser Theorie beschreiben kann, gilt er als erkannt. Als Theorie wählt er eine eingeschränkte klassische Mechanik, doch seine Angaben hierüber sind ungenau. Ein Physiker ahnt zwar, was mit den mathematisch darstellbaren Sätzen gemeint sein könnte, mit dem Auflösen der Naturvorgänge in Mechanik der Atome kann aber auch er wenig anfangen.

Diese Ungenauigkeit zieht sich durch die ganze Rede von DU BOIS-REYMOND. Erst in ihrem mittleren Teil, nachdem er seinen LAPLACE Geist bereits eingeführt hat, definiert er unvermittelt den Begriff 'astronomische Kenntnis'. Es ist die genaueste Angabe darüber, was er unter 'Mechanik' versteht. Nur wenn man diese Angabe zugrundelegt, werden seine Ausführungen über seinen LAPLACE Geist verständlich. Er hätte also die astronomische Kenntnis schon viel früher einführen müssen, nämlich unmittelbar vor seiner Definition von 'Naturerkennen'. Dann hätte er festlegen können: Ein Naturvorgang gilt als (vorläufig) erkannt, wenn es gelang, von ihm eine astronomische Kenntnis zu gewinnen.

DU BOIS-REYMOND behauptet von seiner Definition, sie befriedige unser Kausalitätsbedürfnis; an anderer Stelle spricht er von einem Kausalitätstrieb. Bedürfnisse und Triebe mögen zwar für die Motivation eines Wissenschaftlers von Bedeutung sein, in einem wissenschaftlichen Beweis haben sie jedoch nichts zu suchen. Sie verschleiern, dass unser Verständnis von Naturerkennen vom jeweiligen Wissensstand abhängt. Heute haben wir ein anderes Verständnis als früher; unser "Kausalitätstrieb" ist aber möglicherweise gleich geblieben.

Die Definition von Naturerkennen hat eine wenig beachtete Konsequenz: Sie legt die im Beweis durch Widerspruch geforderte widerspruchsfreie zweiwertige Wissensbasis W fest [Voraussetzungen (BdW_1) und (BdW_2), Tabelle 1]. Das ist ein hoher Anspruch, der nur durch ausreichende Sachkenntnis eingelöst werden kann.

2.3 Astronomische Kenntnis

DU BOIS-REYMOND hat sich auf eine missverständliche umgangssprachliche Definition beschränkt.¹⁰ Wir stellen daher die astronomische Kenntnis in mathematischer Sprache dar und ergänzen die bei ihm fehlenden Voraussetzungen.

In der klassischen Mechanik wird zum Zeitpunkt t ein System mit $3n$ Freiheitsgraden durch die Zustandsgrößen

$$(1) \quad [q_1(t), q_2(t), \dots, q_{3n}(t), p_1(t), p_2(t), \dots, p_{3n}(t)]$$

eindeutig beschrieben. Kennt man die HAMILTON Funktion H des Systems und außerdem für irgendeinen Zeitpunkt t_0 die Zustandsgrößen

$$(2) \quad [q_1(t_0), q_2(t_0), \dots, q_{3n}(t_0), p_1(t_0), p_2(t_0), \dots, p_{3n}(t_0)],$$

die auch als 'Anfangsbedingungen' bezeichnet werden, so ergeben sich die Zustandsgrößen (1) aus den Differentialgleichungen

$$(3) \quad \frac{\partial q_k}{\partial t} = \frac{\partial H}{\partial p_k}, \quad -\frac{\partial p_k}{\partial t} = \frac{\partial H}{\partial q_k}, \quad k = 1, 2, \dots, 3n.$$

Die obigen Gleichungen beziehen sich auf n Objekte, denn jedes Objekt ist im dreidimensionalen Raum jeweils durch drei (verallgemeinerte) Orts- und Impulsvariablen charakterisiert; es gibt also bei n Objekten jeweils $3n$ Variable pro Größe. Dabei setzen wir voraus dass n eine endliche Zahl ist. Die reelle HAMILTON Funktion H beschreibt die Dynamik des betrachteten System, d.h. sie gibt an, um welche physikalische Situation es sich handelt. Es soll gelten:

$$(4) \quad H \text{ beschreibt Zentralkräfte.}^{11}$$

¹⁰ In DU BOIS-REYMOND (1880/1916): *Die sieben Welträtsel*, p. 75 und in DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 17 wird die astronomische Kenntnis kurz angedeutet, p. 37f wird sie etwas genauer ausgeführt.

¹¹ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 16: »von der Zeit unabhängige Zentralkräfte; p. 17: »konstante Zentralkräfte«; p. 38: »Gesetze, nach welchen die zwischen den Teilen des Systems wirksamen Kräfte sich mit der Entfernung ändern.« Die Angaben sind inkonsistent.

$$(5) \quad H \text{ ist zeitunabhängig.}$$

Statt Anfangsbedingungen können auch sogenannte Randbedingungen verwendet werden, die das System im topologischen Sinn "am Rand" charakterisieren. Sie enthalten im Unterschied zu den Anfangsbedingungen keine Werte für die ersten Ableitungen; wir gehen hierauf nicht weiter ein.

Eine große Bedeutung haben jedoch die Nebenbedingungen, die in der Physik auch als 'Zwangsbedingungen' bezeichnet werden. Es handelt sich dabei um geometrische Einschränkungen für den Bewegungsablauf, bedingt durch die jeweilige physikalische Situation. Ein einfaches Beispiel ist die schiefe Ebene: Eine Kugel im Schwerfeld fällt, allein dem Schwerkraftgesetz folgend, senkrecht auf die Erde. Eine Kugel auf einer schiefen Ebene rollt diese Ebene hinab; sie wird durch sie am Fallen gehindert und als ihre Ortskoordinaten kommen nur solche Koordinaten infrage, die auf der schiefen Ebene liegen. Im zweidimensionalen Fall (rollende Scheibe) lauten die Zwangsbedingungen $y = r\phi \sin \alpha$, $x = r\phi \cos \alpha$, wobei (x, y) der Auflagepunkt der Scheibe auf der schiefen Ebene, r der Radius der Scheibe und ϕ der Drehwinkel ist. Es ist zu beachten, dass die Zwangsbedingungen keine physikalischen Gesetze darstellen; sie beschreiben lediglich die geometrisch-physikalischen Verhältnisse, auf die der Körper trifft. Diese Verhältnisse zwingen ihm einen Bewegungsablauf auf, so dass bestimmte Koordinaten für ihn unerreichbar sind; Zwangsbedingungen schränken daher immer die Zahl der Freiheitsgrade ein. Dieses Aufzwingen des Bewegungsablaufes kann man sich durch (virtuelle) Zwangskräfte Z_k ausgeführt denken. So "drückt" z.B. die schiefe Ebene gegen das Gewicht der Kugel und hindert sie somit am Fallen, d.h. sie zwingt sie auf der Ebene zu bleiben, kann aber natürlich nicht verhindern, dass sie auf ihr herunterrollt.

Aus den obigen Erläuterungen lässt sich vielleicht schon erahnen, dass die Zwangskräfte eine wichtige Rolle spielen, wenn die Leistungsfähigkeit der klassischen Mechanik beurteilt werden soll. Hier wollen wir nur festhalten, dass DU BOIS-REYMOND bei seinen Betrachtungen keine Zwangsbedingungen bzw. Zwangskräfte vorsieht; er setzt also

$$(6) \quad Z_k = 0, \quad k = 1, \dots, 3n.$$

Aufgrund der Zusatzannahmen (4) – (6) ist die astronomische Kenntnis nur einen Spezialfall der klassischen Mechanik.

2.4 Vollkommenheitsaussage von DU BOIS-REYMOND

Die klassische Mechanik konnte anfangs besonders erfolgreich in der Astronomie angewendet werden. Indem man die Himmelskörper als Massenpunkte auffasste und ihre Orte und Impulse, also den Vektor (2), zu einem wohldefinierten Zeitpunkt bestimmte, konnte man ihre frühere, aber auch ihre zukünftige Stellung – dargestellt durch Vektor (1) – recht genau über die Gleichungen (3) ausrechnen; damit ließ sich z.B. voraussagen, wann und wo auf der Erde eine totale Sonnenfinsternis stattfand bzw. eintreten wird. Diese erfolgreiche Anwendung mag der Grund gewesen sein, warum sich DU BOIS-REYMOND auf die astronomische Kenntnis stützte, und sie verleitete ihn wohl auch zu der

Vollkommenheitsaussage

Astronomische Kenntnis eines materiellen Systems ist die vollkommenste Kenntnis, die wir Menschen von einem materiellen System erlangen können und bei der unser Kausalitätstrieb sich zu beruhigen gewohnt ist.¹²

Was ein materielles System sein soll, darüber äußert sich DU BOIS-REYMOND nicht explizit. Mit Bezug auf den LAPLACE Geist versteht er darunter ein System von Atomen. Seine Aussage beweist er nicht; das ist auch nicht möglich, denn sie ist falsch: Eine astronomische Kenntnis ist weder die vollkommenste noch die vollständigste Kenntnis über ein materielles System.

Es ist nicht die vollständigste, denn sie beschreibt lediglich Spezialfälle. Sie ist gut genug, um die Planetenbewegungen in einem Sonnensystem zu beschreiben, aber nicht gut genug, um die Mechanik von allgemeinen materiellen Systemen zu erfassen. Es sind die Voraussetzungen (4) – (6), welche in erheblicher Weise die Allgemeinheit einschränken. Allein der Übergang zu einer zeitabhängigen HAMILTON Funktion H stellt einen so großen Mächtigkeitssprung dar wie etwa in der Mathematik der Übergang von den rationalen zu den reellen Zahlen. Außerdem geht in diese Funktion nirgends die physikalische Art der Kräfte ein. So gibt es sie z.B. auch für die Bewegung eines geladenen Massenpunktes in einem äußeren elektrischen und einem äußeren magnetischen Feld. Die klassische Mechanik ist also in der Physik keine isolierte Theorie und somit gar nicht so mechanisch, oder, auf Philosophisch ausgedrückt, sie ist gar nicht so mechanistisch, wie es oft aufgrund von mangelhafter Sachkenntnis den Anschein hat.

Die astronomische Kenntnis ist aber auch nicht unsere vollkommenste Kenntnis über ein materielles System; 'vollkommen' hier im Sinne von 'unübertroffen'. Das offenbaren bereits die

¹² DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 38.

einfachen Experimente mit einer schiefen Ebene. Natürlich kann man auch für deren Atome Bewegungsgleichungen vorsehen, aber gewonnen hätte man damit nichts; im Gegenteil: man müsste aberwitzig viele Gleichungen integrieren, um am Ende herauszubekommen, was man ohnedies schon weiß, nämlich dass die Atome eine schiefe Ebene bilden. Mit Hilfe von Zwangsbedingungen lässt sich dieser (nicht zu bewältigende) Aufwand vermeiden.

Für ein und dasselbe Problem gibt es innerhalb der Mechanik unterschiedliche Lösungsverfahren, die zum gleichen Ergebnis führen, die sich aber hinsichtlich ihres Aufwandes beträchtlich unterscheiden können.

2.5 LAPLACE Geist

Aus der astronomischen Kenntnis folgt der grundlegende

Hauptsatz der klassischen Mechanik

Kennt man die mit der HAMILTON Funktion H erfassten physikalischen Gegebenheiten eines Systems der klassischen Mechanik, kennt man ferner den Zustand des Systems zu einem einzigen, beliebigen Zeitpunkt t_0 , dann sind auch die Zustände des Systems für alle Zeiten bekannt.

Es bleibt dann nichts mehr übrig, was man an dem System erforschen könnte; mit einem Satz von Anfangsbedingungen (2) und der Hamilton Funktion H sind alle Zustände (1) durch die Differentialgleichungen (3) gegeben.

Mit diesem Hauptsatz werden keine absolutistischen Erkenntnisansprüche formuliert,¹³ es handelt sich bei ihm nicht um einen Glaubenssatz bestimmter Naturwissenschaftler und deshalb sind diejenigen, die ihn für wahr erkannt haben, auch keine mechanizistischen Reduktionisten: Der Hauptsatz ist ein Theorem aus der Theoretischen Physik.

Von dem Hauptsatz ging für die Wissenschaftler der damaligen Zeit eine große Faszination aus, vor allem auch deshalb, weil bis zum Ende des 19. Jahrhunderts die klassische Mechanik in der Physik vorherrschte. Es lag daher nahe, ihren Formalismus für alle Naturphänomene geltend zu machen. Auch DU BOIS-REYMOND steht in dieser Tradition; er beschreibt den Hauptsatz und seine Konsequenzen umgangssprachlich und in blumigen Ausdrücken.¹⁴

¹³ Wie VIDONI (1991): *Ignorabimus!*, p. 39 behauptet.

¹⁴ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 18f.

Weniger blumenreich, dafür umso eindringlicher veranschaulicht LAPLACE in seiner Abhandlung über Wahrscheinlichkeiten die Konsequenzen durch eine allwissende Intelligenz (auch LAPLACE Geist oder Dämon genannt). »Eine Intelligenz, welche für einen gegebenen Augenblick alle in der Natur wirkenden Kräfte sowie die gegenseitige Lage der sie zusammensetzenden Elemente kannte, und überdies umfassend genug wäre, um diese gegebenen Größen der Analyse zu unterwerfen, würde in derselben Formel die Bewegungen der größten Weltkörper wie des leichtesten Atoms umschließen: nichts würde ihr ungewiss sein und Zukunft wie Vergangenheit würden ihr offen vor Augen liegen. Der menschliche Verstand bietet in der Vollendung, die er der Astronomie zu geben verstand, ein schwaches Abbild dieser Intelligenz dar.«¹⁵

Es ist unschwer zu erkennen, dass die astronomische Erkenntnis von DU BOIS-REYMOND auf diese Stelle zurückgeht. Er muss jedoch eine wesentliche Änderung vornehmen: Die Formeln (1) – (3) beziehen sich auf physikalische Objekte; z.B. in der Astronomie auf Himmelskörper. Will man die Welt mechanisch erklären, also etwa auch die Herkunft der Himmelskörper, so ist man nach dem Verständnis von DU BOIS-REYMOND gezwungen, bis auf die kleinstmöglichen physikalischen Objekte zurückzugehen (für ihn sind es die Atome), denn sonst bliebe die Entstehung der zusammengesetzten Objekte unerklärt und sein Geist überblickte nicht mehr die gesamte Welt. Er nimmt also an, dass sich aus den Bewegungen der Atome alle makroskopischen Erscheinungen bestimmen lassen, indem man von ihnen die Daten, also den Vektor (2) sowie die HAMILTON Funktion H ermittelt und die Differentialgleichungen (3) integriert.

Obwohl er sich nicht immer klar und eindeutig äußert, dürfen wir annehmen, dass sein LAPLACE Geist ein Wesen ist, das über das folgende Vermögen verfügt:¹⁶

Definition: Vermögen des Laplace Geistes V_{LG}

Der LAPLACE Geist besitzt die astronomischen Kenntnisse über die Welt aller Atome und ist in der Lage, diese Kenntnisse zu verwerten.

Wie muss man sich einen mit solch einem Vermögen ausgestatteten Geist vorstellen? Hier stellt sich zunächst die grundsätzliche Frage: Kann er selbst der Welt angehören, über die er so

¹⁵ LAPLACE (1921/1932): *Philosophischer Versuch über die Wahrscheinlichkeiten*, p. 1f.

¹⁶ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 38: Die astronomische Kenntnis ist diejenige Kenntnis, »welche der LAPLECEsche Geist selber bei gehörigem Gebrauche seiner Weltformel von dem System besitzen würde.«

umfassend Bescheid weiß? Besteht er etwa auch aus Atomen? – Das ist ganz offensichtlich nicht möglich. Es sei hier jeweils nur ein erkenntnistheoretischer und ein physikalischer Grund genannt.¹⁷

Wäre der Geist ein physikalisches Objekt, könnte man sich die Welt aufgeteilt denken in die Teilwelt W , die den Geist nicht enthält und in die Welt des Geistes W_G . Die Lösungen der zu W gehörenden Differentialgleichungen müssen nach Abschluss der Rechnungen im Gedächtnis des Geistes gespeichert sein. Die Gedächtnisatome aus W_G bewegen sich daher nicht nach physikalischen, sondern – aufgrund der Berechnungen – nach mathematischen Gesetzen. Solche "Bewegungsursachen" sind aber in der astronomischen Kenntnis nicht vorgesehen; es darf sie daher nicht geben: Aus erkenntnistheoretischem Grund muss der Geist außerhalb der Welt stehen.

Der physikalische Grund hängt mit dem Messvorgang zusammen: Jede Messung verändert das Messobjekt, bei Messungen sind Messfehler unvermeidbar und in dem betrachteten Fall ist der Geist als Messgerät auch noch Teil des Messobjektes. Außerdem können die Messungen nicht alle gleichzeitig ausgeführt werden; somit kann sich ein materieller Geist die Anfangswerte nicht beschaffen: Er muss als immateriell angenommen werden. Damit bleibt völlig unklar wie er zu seinen Anfangswerten kommt und wie er seine Rechnungen ausführt:

Der LAPLACE Geist ist mit Fähigkeiten ausgestattet, die auch in der Idee unmöglich sind.

2.6 Anmerkung zum LEIBNIZ Geist

Nach Auffassung von DU BOIS-REYMONDS findet sich auch schon bei LEIBNIZ »der LAPLACE'sche Gedanke, ja in gewisser Beziehung weiter entwickelt als bei LAPLACE, sofern LEIBNIZ jenen Geist auch mit Sinnen und mit technischem Vermögen von entsprechender Vollkommenheit ausgestattet sich denkt.«¹⁸

Bei LEIBNIZ heißt es: »Es ist kein Zweifel, dass der Mensch eine Maschine machen könnte, fähig einige Zeit in einer Stadt sich umher zu bewegen und genau an gewissen Straßenecken abzubiegen. Ein unvergleichlich vollkommener, obwohl beschränkter Geist könnte auch eine unvergleichlich größere Anzahl von Hindernissen vorhersehen und ausweichen. So wahr ist dies, dass wenn, wie einige glauben, diese Welt nur aus einer endlichen Anzahl nach den Gesetzen der Mechanik sich bewegender Atome bestünde, es gewiss ist, dass ein endlicher Geist erha-

¹⁷ Weitere mehr oder weniger zureifende Gründe sind angegeben unter:

http://de.wikipedia.org/wiki/Laplacescher_D%C3%A4mon.

¹⁸ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 19.

ben genug sein könnte, um alles, was zu bestimmter Zeit darin geschehen muss, zu begreifen und mit mathematischer Gewissheit vorherzusehen; so dass dieser Geist nicht nur ein Schiff bauen könnte, das von selber einem gegebenen Hafen zusteuerte, wenn ihm einmal die gehörige innere Kraft und die Richtung erteilt wäre, sondern er könnte sogar einen Körper bilden, der die Handlungen eines Menschen nachmachte.«¹⁹

Interessant an diesem Gedanken ist, dass LEIBNIZ den Bau von Automaten und Roboter für gewiss hält, sofern die Veränderungen in unserer Welt nach mechanischen Gesetzen ablaufen, "wie einige glauben". Ein Roboter, der sich räumlich orientieren kann, muss über eine Art Sinneswahrnehmung sowie über eine Entscheidungsinstanz verfügen, die in Abhängigkeit des Wahrgenommenen entscheidet, welcher Weg einzuschlagen ist. LEIBNIZ sagt also: Wenn die Welt nach mechanischen Gesetzen abläuft, dann ist auch der Bau von Robotern möglich; die technische Entwicklung gibt ihm in seiner Einschätzung recht. DU BOIS-REYMOND behauptet dagegen in seinem fünften Welträtsel, dass selbst die einfachste Sinnesempfindung nicht mechanisch erklärbar sei; er hält also den Bau von Robotern nicht für möglich.

2.7 Das Argumentum a fortiori von DU BOIS-REYMOND

Dass DU BOIS-REYMOND versucht, die Grenzen des Naturerkennens über ein Argumentum a fortiori zu beweisen, geht aus mehreren seiner Äußerungen hervor: »Der menschliche Geist kann es nicht weiter bringen, als bis zu einem schwachen Abbild des Laplace'schen Geistes. Da diesem dieselben Grenzen des Erkennens gezogen, dieselben Rätsel unlösbar bleiben würden, wie uns, so lautet unabänderlich und unerbittlich der Wahrspruch: Ignorabimus.«²⁰ Kurz: was der LAPLACE Geist nicht zu erkennen vermag, können wir erst recht nicht erkennen. Gegen diese grundlegende Schlußfolgerung wandte, so DU BOIS-REYMOND, noch niemand etwas ein.²¹ Das soll jetzt nachgeholt werden.

Bei einem Argumentum a fortiori wird eine Behauptung auf eine stärkere schon bewiesene Behauptung zurückgeführt. Man schließt: Ist die stärkere Behauptung wahr, dann erst recht die schwächere. Angenommen, es habe sich ein Stein gefunden, der so schwer ist, dass ein Ele-

fant ihn nicht zu heben vermag. Dann darf man daraus schließen, dass der Mensch ihn erst recht nicht von der Stelle bringt.

Vorteilhaft bei einem Argumentum a fortiori ist sicherlich, dass man die stärkere Aussage nur einmal direkt beweisen muss, danach darf man sie auf beliebig viele schwächere Fälle anwenden, ohne den direkten Beweis wiederholen zu müssen. Man müsste also nicht mehr einen Menschen zwecks Hebeversuchs an den fraglichen Stein heranführen, man kann sich darauf beschränken, nachzuweisen, dass er schwächer ist als der Elefant. Dem ersten Anschein nach scheint ein Argumentum a fortiori anspruchsloser zu sein als ein Beweis durch Widerspruch. Der Schein trügt; um das zu zeigen, ist es notwendig, sich mit seiner in Tabelle 2 angegebenen Struktur vertraut zu machen. Zur Vereinfachung wurde sie bereits auf das DU BOIS-REYMOND Problem bezogen.

Argumentum a fortiori von DU BOIS-REYMOND

Indirekt zu beweisende Aussage:

Die Menschen können das Problem P nicht lösen.

Voraussetzungen:

(Aaf₁) Es gibt eine Definition vom Vermögen V_{LG} des LAPLACE Geistes.

(Aaf₂) Es gibt eine Definition vom Vermögen V_M des menschlichen Geistes.

(Aaf₃) Das Vermögen V_{LG} ist die höchste Stufe des Naturerkennens.

(Aaf₄) Das menschliche Vermögen V_M ist kleiner als das des LAPLACE Geistes.

(Aaf₅) Das Vermögen des LAPLACE Geistes reicht nicht aus, um P zu lösen.

Schlussform:

Da der LAPLACE Geist das Problem P nicht zu lösen vermag, können es die Menschen erst recht nicht.

Tabelle 2: Argumentum a fortiori von DU BOIS-REYMOND; 'P' steht für eines der als unlösbar zu erweisenden Rätsel.

¹⁹ LEIBNIZ, ed. ERDMANN 1840, p. 183f; zitiert nach DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 19f.

²⁰ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 8; ähnlich p. 23: »Das Naturerkennen des LAPLACE'schen Geistes stellt somit die höchste denkbare Stufe unseres eigenen Naturerkennens vor, und bei der Untersuchung über die Grenzen dieses Erkennens können wir jenes zugrunde legen. Was der Laplace'sche Geist nicht zu durchschauen vermöchte, das wird vollends unserem in so viel engeren Schranken eingeschlossenen Geiste verborgen bleiben.«

²¹ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 8.

2.8 Das Argumentum a fortiori – ein beweistechnischer Fehlgriff

Das Argumentum a fortiori ist vor allem aus zwei Gründen ein beweistechnischer Fehlgriff: es stellt keinen Ersatz für einen Beweis durch Widerspruch dar und es enthält mindestens eine ungültige Voraussetzung.

Bereits ein kurzer Blick auf Tabelle 2 offenbart, dass ein Argumentum a fortiori keinen Beweis durch Widerspruch ersetzen kann, denn in Wirklichkeit findet nur eine Problemverschiebung statt: Man muss nämlich jetzt die Nichtexistenzaussage (Aaf₅) beweisen. Ein weiteres Argumentum a fortiori kann man hierfür nicht in Anspruch nehmen, denn das führte letztlich zu einem unendlichen Regress. Also bleibt eben doch bloß wieder ein Beweis durch Widerspruch, aber im Unterschied zu der einfacheren Ausgangsbehauptung 'der Mensch kann es nicht' muss jetzt die viel stärkere Behauptung 'der LAPLACE Geist kann es nicht' bewiesen werden. DU BOIS-REYMOND wechselt also von einem schwierigen Beweis auf einen noch schwierigeren, der unter Umständen gar nicht mehr lösbar ist. Das ist beweistechnisch gesehen nicht sehr geschickt; es wäre klüger, bei dem einfacheren Beweis zu bleiben. Freilich bietet der LAPLACE Geist mehr Stoff für das rhetorische Phrasenwerk als der nüchterne Beweis durch Widerspruch.

Es gibt eine Reihe von Regeln, gegen die bei einem Beweis nicht verstoßen werden darf. Geschieht es doch, dann ist der Beweis ungültig. Eine der Regeln besagt: Die Voraussetzungen dürfen sich nicht als falsch erweisen. Bevor wir also das Argumentum a fortiori anwenden können, müssen wir seine Voraussetzungen auf den Prüfstand stellen.

Wir beschränken uns hier zunächst auf die Voraussetzung (Aaf₃). Sie entspricht der Vollständigkeitsaussage, von der bereits gezeigt wurde, dass sie falsch ist. Mit (Aaf₃) wird also etwas Falsches vorausgesetzt und damit ist das Argumentum a fortiori für den vorgesehenen Beweis unbrauchbar: Der LAPLACE Geist ist auf die astronomische Kenntnis festgelegt, in der keine Zwangsbedingungen vorgesehen sind. Letztere verringern aber die Anzahl der Freiheitsgrade und damit auch den Lösungsaufwand, ein Vorteil, den der LAPLACE Geist nicht nutzen kann, denn er ist auf die Welt der Atome festgelegt, während sich die Zwangsbedingungen auf makroskopische Objekte beziehen. Es könnte also sein, dass dieser einige Millionen Jahre damit beschäftigt ist, sagen wir 10⁴⁰ Differentialgleichungen zu lösen, einer Aufgabe, mit der aus heutiger Sicht ein Mensch, selbst mit modernster Rechentechnik ausgestattet, erheblich überfordert wäre. Stattdessen könnte ein Mensch aber die gleiche Aufgabe mit Hilfe von Zwangsbedingungen auf zwei Differentialgleichungen zurückführen, für deren Lösung er höchstens einen halben Tag brauchte. Der gigantische LAPLACE Geist ist also durchaus nicht immer leistungsfähiger als der Mensch.

Bei wissenschaftlichen Beweisen gilt das Prinzip: Ein Haar in der Suppe macht die Suppe ungenießbar, d.h. ein einziger Fehler in der Beweisführung reicht aus, um den angestrebten Beweis zu Fall zu bringen. Folglich könnten wir bereits an dieser Stelle abbrechen, denn wir haben gezeigt, dass ein Argumentum a fortiori nicht dazu taugt, Erkenntnisstrahlen zu beweisen.

2.9 Rhetorisches Blendwerk um den LAPLACE Geist

Im Argumentum a fortiori schlummern mit den übrigen Voraussetzungen noch weitere hochkarätige Schwierigkeiten. Wir ignorieren daher für einen Moment die Voraussetzung (Aaf₃) und setzen unsere Analyse bezüglich der anderen Voraussetzungen fort. Dabei wird es sich herausstellen, dass alle Voraussetzungen miteinander zusammenhängen und dass sich DU BOIS-REYMOND mit seinen rhetorischen Kunststücken immer mehr in ihnen verheddert.

Da für das Vermögen V_{LG} eine Definition vorliegt, ist die Voraussetzung (Aaf₁) zunächst erfüllt. Doch dieses Vermögen ist so umfassend, dass der Geist nur als ein übermenschliches Wesen gedacht werden kann. Den beiden Voraussetzungen (Aaf₂) und (Aaf₄) kommt das zugute: Um zeigen zu können, dass das menschliche Vermögen kleiner ist als das des Geistes, benötigte man eigentlich von dem ersteren eine Definition. Es gibt aber keine; DU BOIS-REYMOND könnte argumentieren: solch eine Definition brauche ich auch gar nicht, denn da der Geist als übermenschlich gedacht werden muss, ist ohnedies klar, dass er auch über das größere Vermögen verfügen muss. Damit hat er die Voraussetzungen (Aaf₂) und (Aaf₄) erledigt. Aber nun tut sich mit (Aaf₅) ein neuer Abgrund auf: Warum, so könnte man fragen, gibt es für ein so kompetentes übermenschliches Wesen überhaupt unlösbare Probleme? Es ist also zu erwarten, dass es sehr schwierig sein wird, die Voraussetzung (Aaf₅) als gültig zu erweisen.

Irgendetwas in dieser Richtung muss auch DU BOIS-REYMOND gehaut haben. Denn er legt Wert auf die Feststellung, sein LAPLACE Geist sei wenigstens in der Idee möglich.²² An anderer Stelle behauptet er, der menschliche Geist sei vom LAPLACE Geist nur gradweise verschieden sei.²³ Nun ist in der Idee vieles möglich, aber etwas Endliches kann nicht bloß

²² DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, Anmerkung 3, p. 55. Dort heißt es: Es muss »die Summe der Massen der Atome oder wenigstens ihre Gesamtwirkung auf jedes einzelne Atom endlich sein, soll nicht bei unendlich viel Atomen die Integration der Differentialgleichungen zu unendlichen Resultaten führen, mithin ihre Aufstellung schon in der Idee unmöglich sein.« Es ist unklar, was hier gemeint ist. In unserer Charakterisierung der astronomischen Kenntnis wurde die Schwierigkeit vermieden durch die Annahme, dass die Zahl der Objekte endlich ist.

²³ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 23.

gradweise verschieden sein von etwas Unendlichem. Will man also die obige Charakterisierung aufrecht erhalten, muss man notgedrungen den LAPLACE Geist herabstufen. Das hat fatale Folgen für die Voraussetzungen (Aaf₁), (Aaf₂) und (Aaf₄): sie sind jetzt wieder ungeklärt.

Wenn der LAPLACE Geist in seinem Vermögen beschnitten wird, ist es nicht mehr selbstverständlich, dass sein Vermögen, wie in (Aaf₄) vorausgesetzt, größer ist als das der Menschen. Man darf sich, insbesondere in einer wissenschaftlichen Arbeit, nicht auf den offensichtlichen Schein verlassen und glauben, das gewünschte Größenverhältnis bestehe tatsächlich. Dass der Mensch körperlich weniger leistungsfähig ist als der Elefant, leuchtet offenbar jedem ein. Außerdem könnte dies jederzeit nachgeprüft werden. Aber wie steht es mit folgendem Beispiel: 'Ein Stein, den selbst der Teufel nicht zu heben vermag, kann ein Mensch erst recht nicht heben'? Intuitiv wird man dies bejahen, weil man dem Teufel mehr zutraut als den Menschen; dennoch ist das Argument nichtig, weil es nicht überprüfbar ist. Es könnte ja sein, dass der Teufel – als Geist – überhaupt keine Gegenstände zu bewegen imstande ist.

Um die Voraussetzung (Aaf₄) überprüfen, d.h. um die geistige Überlegenheit des LAPLACE Geistes nachweisen zu können, benötigt man somit, wie in (Aaf₁) und (Aaf₂) gefordert, die Definitionen der beiden Vermögen V_{LG} und V_M .

Das menschliche Vermögen V_M hängt vom jeweiligen Wissensstand ab; da man ihn nicht voraussehen kann, ist es auch nicht möglich, V_M zu definieren. DU BOIS-REYMOND könnte zwar wieder einwenden, eine solche Definition sei überflüssig, denn das Naturerkennen des LAPLACE Geistes stellt die höchste denkbare Stufe unseres eigenen Naturerkennens dar.²⁴ Doch diese Behauptung hat sich als falsch erwiesen und somit bleibt V_M unklar.

Das gilt auch für den LAPLACE Geist: Zum einen darf er, um als Bestandteil eines logischen Beweises seinen Zweck zu erfüllen, nicht ein unendliches, auch in der Idee unmögliches Vermögen zugesprochen bekommen; ihm müssen also ebenfalls gewisse Grenzen gesetzt sein. Zum anderen muss der LAPLACE Geist ein umfassendes, den Menschen übertreffendes Vermögen haben, aber es darf wiederum auch nicht zu groß sein, weil es sonst nicht mit dem menschlichen Vermögen verglichen werden könnte.

Wie windet sich nun DU BOIS-REYMOND aus dieser Schwierigkeit? Die Frage ist nicht einfach zu beantworten, denn seine Angaben sind ungenau und unvollständig. Offenbar spürt er selbst, dass seine Erklärungen nicht ausreichen und so versucht er, die Schwächen durch suggestive Behauptungen,²⁵ durch blumige Redensarten²⁶ und durch Abschweifen in Neben-

²⁴ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 23.

²⁵ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 19: »Solchem Geist wären die Haare auf unserem Haupte gezählt und ohne sein Wissen fiele kein Sperling zur Erde.«

sächlichkeiten zu verwischen, wie die folgende "Eine Bemerkung" belegt, von der man nicht genau weiß, wo sie endet und in der immer wieder die rhetorische Figur erscheint 'der LAPLACE Geist vermag dieses und jenes, davon sind wir Menschen weit davon entfernt':

»Es braucht nicht gesagt zu werden, dass der menschliche Geist von dieser vollkommenen Naturerkenntnis stets weit entfernt bleiben wird. Um den Abstand zu zeigen, der uns sogar von deren ersten Anfängen trennt genügt Eine Bemerkung. Ehe die Differentialgleichungen der Weltformel angesetzt werden könnten, müßten alle Naturvorgänge auf Bewegungen eines substantiell unterschiedlosen, mithin eigenschaftslosen Substrates dessen zurückgeführt sein, was uns als verschiedenartige Materie erscheint, mit anderen Worten, alle Qualität müßte aus Anordnung und Bewegung solchen Substrates erklärt sein ...« Dabei lässt er offen, was man sich unter einem eigenschaftslosen Substrat vorzustellen habe, ebenso unklar bleibt sein Qualitätsbegriff. Denn unmittelbar danach behauptet er: »Daß es in Wirklichkeit keine Qualitäten gibt, folgt aus der Zergliederung unserer Sinneswahrnehmung.«²⁷

Aus der Anordnung und Bewegung solcher Substrate müsse also, so fordert er, die Qualität erklärt werden, eine Entität, die es in Wirklichkeit aber gar nicht gibt. Vermutlich geht es ihm hier um einen Beweis durch Widerspruch. Doch vermengt er dabei offensichtlich physikalische "Qualitäten", etwa den Magnetismus, mit "Qualitäten", die über die Sinneswahrnehmung vermittelt werden.²⁸ Und um die angerichtete Verwirrung zu vergrößern, fügt er noch hinzu: »Und stumm und finster an sich, d.h. eigenschaftslos, wie sie aus der subjektiven Zergliederung hervorgeht, ist die Welt auch für die durch objektive Betrachtung gewonnene mechanische Anschauung, welche statt Schall und Licht nur Schwingungen eines eigenschaftslosen, dort als wägbare, hier als scheinbar unwägbare Materie sich darbietenden Urstoffes kennt.«²⁹

Nach der deplazierten Abschweifung über die Qualitäten der Sinneswahrnehmung kommt DU BOIS-REYMOND offenbar wieder auf seinen Ausgangspunkt zurück, nämlich auf die "Eine Bemerkung", die zeigen soll, dass der Mensch von der vollkommenen Naturerkenntnis des LAPLACE Geistes stets weit entfernt bleiben wird: »Der Stein der Weisen, der die heute noch

²⁶ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 23: »Wir gleichen diesem Geist, denn wir begreifen ihn. Ja es ist die Frage, ob ein Geist wie NEWTON'S von dem LAPLACE'schen Geiste sich viel mehr unterscheidet, als vom Geiste NEWTON'S der Geist eines Australnegers, der nur bis drei ... zählt ...«

²⁷ Alle Zitate aus diesem Abschnitt: DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 20.

²⁸ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 21f: »Licht ward erst, als der erste rote Augenpunkt eines Infusoriums zum erstenmal Hell und Dunkel unterschied. Ohne Seh- und ohne Gehörsinnsstanz wäre diese farbenglühende, tönende Welt um uns her finster und stumm.«

²⁹ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 21f.

unzerlegten Stoffe ineinander umwandelte und aus höheren Grundstoffen, wenn nicht dem Urstoff selber, erzeugte, müßte gefunden sein, ehe die ersten Vermutungen über Entstehung scheinbar verschiedenartiger aus in Wirklichkeit eigenschafts- also unterschiedloser Materie möglich würden ... [Die bisher gefundenen chemischen Elemente sind] ein mächtiger Schritt in dieser Richtung, welcher aber zunächst nur dazu dient uns zu zeigen, wie weit wir noch von der ersehnten Einsicht entfernt sind.«³⁰ Der LAPLACE Geist würde die Einsicht in den Aufbau der Materie vollendet besitzen.³¹

Des weiteren behauptet er: »die Unmöglichkeit, die Differentialgleichungen der Weltformel aufzustellen, zu integrieren und das Ergebnis zu diskutieren, ist keine in der Natur der Dinge begründete, sondern beruht auf der Unmöglichkeit, die nötigen tatsächlichen Bestimmungen zu erlangen, und, auch wenn dies möglich wäre, auf deren unermesslicher, vielleicht unendlicher Ausdehnung, ihrer Mannigfaltigkeit und Verwicklung.«³² Und weil die Schwierigkeiten nicht in der Natur begründet sind, glaubt er, dass der Geist sie bewältigen könne.

DU BOIS-REYMOND hat sich nun offenbar auch darauf besonnen, dass es zwar einfach ist, sich ein überirdisches, den Menschen weit überlegenes Wesen auszudenken, dass aber ein Kräftevergleich zwischen Geist und Mensch möglich sein muss. Nach dem oben Gesagtem »könnte es scheinen, als sei zwischen ihm und uns kein Vergleich möglich. Doch ist der menschliche Geist vom LAPLACE'schen Geiste nur gradweise verschieden, etwa wie eine bestimmte Ordinate einer von Null ins Unendliche ansteigenden Kurve von einer zwar ausnehmend viel größeren, jedoch noch endlichen Ordinate derselben Kurve.«³³ Solche ungenauen Vergleiche bieten keinerlei beweisrelevante Anhaltspunkte; aber auch die anderen Äußerungen von DU BOIS-REYMOND sind alles andere als klar. Wir müssen uns daher mit einer Interpretation behelfen:

Der Mensch ist nicht in der Lage, die Urelemente der Materie zu identifizieren; diese sind aber die physikalischen Objekte für die "Weltformel", repräsentiert durch die Differentialgleichungen (3), folglich kann er – im Unterschied zum LAPLACE Geist, der die vollkommene Einsicht über den Aufbau der Materie besitzt – diese Gleichungen nicht aufstellen. Aber der Mensch besitzt ebenfalls handhabbare astronomische Kenntnisse, zwar nicht über die Welt der Atome, sondern nur über makroskopische Objekte, z.B. über die Himmelskörper in einem Sonnensystem. Insofern unterscheidet er sich nur gradweise vom LAPLACE Geist. Dies scheint die plausibelste und auch sinnvollste Deutung von DU BOIS-REYMONDS blumenreichen

³⁰ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 22.

³¹ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 22.

³² DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 23.

³³ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 23.

Ausführungen zu sein, bei der die Voraussetzungen (Aaf₁) – (Aaf₄) notdürftig als erfüllt gelten dürfen.

Die mit dem Argumentum a fortiori verbundenen Schwierigkeiten sind damit nicht behoben. Folglich sind weiterhin alle Beweise von DU BOIS-REYMOND ungültig, die auf solch einem Argumentum aufbauen.

3 DU BOIS-REYMONDS Beweise für die Grenzen unseres Naturerkennens

Wir beschränken uns bei unserer kritischen Prüfung auf das erste und fünfte "Welträtsel"; sie besagen: wir werden niemals das Wesen von Kraft und Materie herausfinden und niemals die Frage 'wie entsteht die einfache Sinnesempfindung und das Bewusstseins?' beantworten können. Beides glaubt DU BOIS-REYMOND bewiesen zu haben. Wie hätte er weiter vorgehen müssen? Um dies beantworten zu können, müssen wir noch einmal auf das Argumentum a fortiori zurückgreifen. Wir vergessen für einen Moment unser Ergebnis aus dem letzten Kapitel und nehmen an, dass es noch immer beweistauglich ist; das glaubt ja auch DU BOIS-REYMOND. Nach all den langwierigen Vorbereitungen müsste er jetzt nur noch die Voraussetzung (Aaf₅) aus Tabelle 2 überprüfen, d.h. er müsste beweisen, dass auch der LAPLACE Geist bei den beiden Welträteln überfordert ist, dann könnte er unmittelbar auf das Unvermögen des Menschen schließen. Man hätte also ein schnelles Ende des Beweisganges erwarten dürfen. Stattdessen geschieht etwas Überraschendes: Er gibt das Argumentum a fortiori auf; damit weicht er zwar dessen Beweisuntauglichkeit aus, aber nun beginnt er erneut ein ewiges Argumentieren. Dabei geht ihm, wie im folgenden gezeigt wird, die Beweisstruktur völlig verloren; gelegentlich taucht der LAPLACE Geist als rhetorisches Gespenst wieder auf.

3.1 Erstes Rätsel: Das Wesen von Materie und Kraft

Nach DU BOIS-REYMOND besitzt der LAPLACE Geist nicht genug Vermögen, um das Wesen von Materie und Kraft zu begreifen.³⁴ Dabei bleibt im Dunkeln, worin das erste Problem eigentlich besteht. Das Wesen irgendeines Dinges lässt sich keiner physikalischen Eigenschaft zuordnen. Folglich kann keine astronomische Kenntnis, die sich ja auf physikalische Systeme bezieht, Auskunft über solch ein Wesen geben. Da der LAPLACE Geist aber nur über physikalische Kenntnisse verfügt, fehlt ihm natürlich das Vermögen, das Wesen von Materie und Kraft zu erkennen. Damit wäre der Beweisversuch bereits wieder am Ende; aber das hatte DU BOIS-REYMOND wohl nicht im Sinn. Obwohl er es nicht explizit sagt, dachte er offenbar an einen physikalischen Wesensbegriff.

³⁴ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 28.

Zunächst einmal gibt er seine Definition von Naturerkenntnis preis, weil sie unser Kausalitätsbedürfnis nicht befriedigt.³⁵ Er liefert aber keine neue Definition. Damit ist wieder unbekannt, wann ein Naturphänomen als erkannt anzusehen ist; folglich ist die Aussage, ein Naturphänomen könne niemals erkannt werden, sinnlos, denn man weiß ja nicht, worauf sie sich bezieht: Die Definition von Naturkennern ist eine beweisrelevante Voraussetzung, fällt sie weg, bricht damit (das ohnehin schon morsche) Beweisgebäude völlig in sich zusammen. Auch an dieser Stelle hätten wir einen Grund, abzubrechen. Wir wollen aber noch nicht aufgeben und dem "Beweisgang" von DU BOIS-REYMOND weiter folgen.

Ohne Übergang vertauscht er nun seine ursprüngliche Frage 'was ist das Wesen von Materie?' mit der Frage 'was ist ein Atom?', d.h. er wechselt mitten im Beweis die Fragestellung. Das Wesen der Materie ist also für ihn der Aufbau eines Atoms; damit bleibt er, so scheint es, im physikalischen Bereich. Seine Überlegungen laufen jetzt auf den Nachweis hinaus, dass wir niemals in der Lage sein werden, den Aufbau eines Atoms zu verstehen. Dazu unterscheidet er zwischen einem physikalischen und einem philosophischen Atom:

»Ein physikalisches Atom, d.h. eine im Vergleich zu den Körpern, die wir handhaben, verschwindend klein gedachte, aber trotz ihrem Namen in der Idee noch teilbare Masse, welcher Eigenschaften oder ein Bewegungszustand zugeschrieben werden, wodurch das Verhalten einer aus unzähligen solchen Atomen bestehenden Masse sich erklärt, ist eine in sich folgerichtige und unter Umständen, beispielsweise in der Chemie, der mechanischen Gastheorie, äußerst nützliche Fiktion.«³⁶ Aber weil es nur eine Fiktion ist, braucht man nicht näher darauf einzugehen, zumal, wie DU BOIS-REYMOND sagt, in der mathematischen Physik ihr Gebrauch neuerdings möglichst vermieden wird.³⁷ Damit verlässt er wieder den physikalischen Bereich und springt in den philosophischen zurück:

»Ein philosophisches Atom dagegen, d.h. eine angeblich nicht weiter teilbare Masse tragen wirkungslosen Substrates, von welcher durch den leeren Raum in die Ferne wirkende Kräfte ausgehen, ist bei näherer Betrachtung ein Unding.«³⁸ Denn »soll das nicht weiter teilbare, träge, an sich unwirksame Substrat wirklichen Bestand haben, so muß es einen gewissen noch so kleinen Raum erfüllen. Dann ist nicht zu begreifen, warum es nicht weiter teilbar sei. Auch kann es den Raum nur erfüllen, wenn es vollkommen hart ist, d.h. indem es durch eine an seiner Grenze auftretende, aber nicht darüber hinaus wirkende abstoßende Kraft, welche alsbald größer wird als jede gegebene Kraft, gegen Eindringen eines anderen Körperlichen in denselben

Raum sich wehrt. Abgesehen von anderen Schwierigkeiten, welche hieraus entspringen, ist das Substrat alsdann kein wirkungsloses mehr.«³⁹ Aus physikalischer Sicht ist nicht zu verstehen, warum ein Atom ein wirkungsloses Substrat sein muss, aber es geht hier ja auch um philosophische Atome. Vom LAPLACE Geist ist in dieser Passage nicht die Rede. Mit der Behauptung, dass ein noch so kleines, einen Raum ausfüllendes Substrat teilbar sein müsse, und dass ein Substrat den Raum nur erfüllen könne, wenn es vollkommen hart ist, verstößt er zudem noch gegen die Regel, dass keine unbewiesenen Behauptungen in den Beweis eingeflochten werden dürfen. Auch in den folgenden Zitaten finden sich immer wieder solche Regelverstöße.

Bislang ging es hauptsächlich um Atome bzw. um das Wesen der Materie; es fehlt noch der Beweis bezüglich des Wesens der Kraft. Hier beschränkt sich DU BOIS-REYMOND auf eine schlichte Unmöglichkeitserklärung: »Durch den leeren Raum in die Ferne wirkende Kräfte sind an sich unbegreiflich, ja widersinnig ... Denkt man sich ... den ganzen Raum erfüllt, und alle Bewegung durch Übertragung in Berührungsnähe erzeugt, so ist zwar das Entstehen der Bewegung auf ein unserer sinnlichen Anschauung vertrautes Bild zurückgeführt, aber es stellen sich andere Schwierigkeiten ein. Unter anderem war es bei dieser Vorstellung bisher unmöglich, die verschiedene Dichte der Körper aus verschiedener Zusammenfügung des gleichartigen Urstoffes zu erklären.«⁴⁰ Auf das Wesen der Kraft kommt er nicht mehr zu sprechen.

Stattdessen springt er wieder zurück zur Atomthematik. Es sei leicht, den Ursprung der dort auftretenden Widersprüche aufzudecken »Sie wurzeln in unserem Unvermögen, etwas anderes, als mit den äußeren Sinnen entweder, oder mit den inneren Sinnen Erfahrenes uns vorzustellen.«⁴¹ Er spricht hier von *unserem* Unvermögen; eigentlich hätte er aber das des LAPLACE Geistes nachweisen müssen, um dann daraus zu schließen, dass wir erst recht unvermögend sind. Solch ein Beweis dürfte aber schwierig sein, müsste man doch zunächst konkrete Angaben über die äußeren und inneren Sinne des Geistes machen.

Atome, so scheint DU BOIS-REYMOND zu glauben, sind grundsätzlich experimentell unzugänglich. Wir können nur über ihre Eigenschaften spekulieren; dabei gewinnen wir jedoch nichts und am Ende verwickeln wir uns nur in Widersprüche: »Bei dem Bestreben, die Körperwelt zu zergliedern, gehen wir aus von der Teilbarkeit der Materie, da sichtlich die Teile etwas Einfacheres und Ursprünglicheres sind, als das Ganze. Fahren wir in Gedanken mit Teilung der Materie fort, so bleiben wir mit unserer Anschauung in dem uns angewiesenen Geleise und fühlen uns in unserem Denken unbehindert. Zum Verständnis der Dinge tun wir keinen Schritt, da wir in der Tat nur das im Bereiche des Großen und Sichtbaren Erscheinende auch im Berei-

³⁵ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 24.

³⁶ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 24f.

³⁷ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 25.

³⁸ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 25.

³⁹ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 25.

⁴⁰ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 26.

⁴¹ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 25.

che des Kleinen und Unsichtbaren uns vorstellen. Wir kommen so zum Begriffe des physikalischen Atom.«⁴² Indem man die Materie in Gedanken teilt, gewinnt man keine Vorstellung von einem physikalischen Atom. Zwar wurden bestimmte Elementarteilchen zunächst nur von der Theorie vorhergesagt, aber sie wurden stets erst dann als existent anerkannt, wenn ein experimenteller Nachweis gelang, und das heißt so viel wie: die Materie muss auf physikalische Weise "geteilt" werden. Wieweit dies möglich ist, hängt einerseits von der Materie und andererseits vom jeweiligen Wissensstand ab; man kann also nicht willkürlich irgendwo die Teilung abbrechen, wie DU BOIS-REYMOND behauptet:

»Hören wir nun aber willkürlich irgendwo mit der Teilung auf, bleiben wir stehen bei vermeintlich philosophischen Atomen, die nicht weiter teilbar, an sich wirkungslos, und doch vollkommen starr und Träger fernwirkender Zentralkräfte sein sollen: so verlangen wir, daß eine Materie, die wir uns unter dem Bilde der Materie denken, wie wir sie handhaben, neue, ursprüngliche, ihr eigenes Wesen aufklärende Eigenschaften entfalte, und dies ohne daß wir irgend ein neues Prinzip einführen.«⁴³

Philosophische Atome mit erdichteten Eigenschaften können jedoch kein Gegenstand physikalischer Untersuchungen sein; die aus ihren Eigenschaften hergeleiteten Widersprüche sind damit irrelevant. Die obige Aussage enthält aber ein interessantes Missverständnis: DU BOIS-REYMOND erwartet durch die Teilung neue, ursprüngliche, das Wesen der Materie aufklärende Eigenschaften. Sie müssten sich daher allein durch hinreichende Teilung zeigen; das ist natürlich schwer verständlich. Man muss es von der anderen Seite her sehen: Die Eigenschaften der Atome sind elementar; wir kennen sie zunächst nicht. Die uns vertrauten Materieeigenschaften sind Massenphänomene, also sekundäre Eigenschaften; durch Teilung werden die Massen verringert, so dass schließlich auch ihre Phänomene verschwinden und nur die elementaren Eigenschaften übrigbleiben: Kernkräfte z.B. gibt es im Makroskopischen nicht; sie erklären aber die Stabilität von dem, was wir herkömmlich als Materie ansehen.

DU BOIS-REYMOND schließt seine Ausführungen zum ersten Rätsel mit der rhetorischen Floskel: »Niemand, der etwas tiefer nachgedacht hat, verkennt die transzendente Natur des Hindernisses, das sich uns hier entgegenstellt. Wie man es auch zu umgehen versuche, in der einen oder anderen Form stößt man darauf. Von welcher Seite, unter welcher Deckung man ihm sich nähert, man erfährt seine Unbesiegbarkeit. Alle Fortschritte der Naturwissenschaft haben nichts dawider vermocht, alle ferneren werden dawider nichts fruchten.«⁴⁴ Und nun erinnert er sich völlig unvermittelt wieder an seinen Geist und behauptet, was er eigentlich

hätte beweisen müssen: »sogar der LAPLACESche ... Geist würde in diesem Punkt nicht klüger sein als wir, und daran erkennen wir verzweifelnd, daß wir hier an der einen Grenze unseres Witzes stehen.«⁴⁵ Hier widerspricht sich DU BOIS-REYMOND: Bei diesem "Punkt" geht es um das Wesen von Materie und Kraft. Als er den Unterschied zwischen Mensch und Geist herausstellte, hatte er noch behauptet, im Gegensatz zu uns besitze letzterer vollendet die Einsicht in den Aufbau der Materie.⁴⁶

3.2 Fünftes Rätsel: Entstehung der ersten Sinnesempfindung und des Bewusstseins

An irgendeinem Punkt der Entwicklung des Lebens auf Erden, so führt DU BOIS-REYMOND sein fünftes Rätsel ein, tritt »etwas Neues, bis dahin Unerhörtes auf, etwas wiederum, gleich dem Wesen von Materie und Kraft, und gleich der ersten Bewegung Unbegreifliches. Der in negativ unendlicher Zeit angesponnene Faden des Verständnisses zerreißt, und unser Naturerkennen gelangt an eine Kluft, über die kein Steg ... trägt: ...

Dies neue Unbegreifliche ist das Bewußtsein. Ich werde jetzt, wie ich glaube, in sehr zwingender Weise dartun, daß nicht allein bei dem heutigen Stand unserer Kenntnis das Bewußtsein aus seinen materiellen Bedingungen nicht erklärbar ist, was wohl jeder zugibt, sondern daß es auch der Natur der Dinge nach aus diesen Bedingungen nie erklärbar sein wird.«⁴⁷ DU BOIS-REYMOND verschärft seine Aussage dahingehend, dass bereits die Sinnesempfindung niemals erklärbar sein wird: »In der Hauptsache ist die erhabenste Seelentätigkeit nicht unbegreiflicher aus materiellen Bedingungen, als das Bewußtsein auf seiner ersten Stufe, der Sinnesempfindung. Mit der ersten Regung von Behagen und Schmerz, die im Beginn des tierischen Lebens auf Erden ein einfachstes Wesen empfand, oder die erste Wahrnehmung einer Qualität, ist jene unübersteigliche Kluft gesetzt, und die Welt nunmehr doppelt unbegreiflich geworden.«⁴⁸

Er verwendet für seinen Beweis vordergründig das Argumentum a fortiori. Wie oben erwähnt, müsste er zeigen, dass sein LAPLACE Geist das Rätsel nicht zu lösen vermag. Dies geschieht jedoch nicht, stattdessen beschäftigt er sich jetzt mit seinen Voraussetzungen. Denn selbst »der gelungenste Beweis, daß keine Wechselwirkung von Körper und Seele möglich sei, läßt dem Zweifel Raum, ob nicht die Prämissen willkürliche seien, und ob nicht Bewußtsein einfach als Wirkung der Materie gedacht und vielleicht begriffen werden könne. Für die Naturforscher muß daher der Beweis, daß die geistigen Vorgänge aus ihren materiellen Bedingungen

⁴² DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 26f.

⁴³ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 27.

⁴⁴ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 27f.

⁴⁵ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 28.

⁴⁶ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 22.

⁴⁷ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 33.

⁴⁸ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 34.

nie zu begreifen sind, unabhängig von jeder Voraussetzung über den Urgrund jener Vorgänge geführt werden.«⁴⁹ Zu diesem Zweck führt er die oben angegebene astronomische Kenntnis ein, die natürlich alles andere als frei von jeder Voraussetzung ist.

Die astronomische Kenntnis etwa eines Muskels ist denkbar und würde unser Kausalitätsbedürfnis bezüglich seiner Wirkungsweise befriedigen. Entsprechendes gilt auch für die physiologischen Vorgänge im Gehirn. »Was nun aber die geistigen Vorgänge selber betrifft, so zeigt sich, daß sie bei astronomischer Kenntnis des Seelenorgans uns ganz ebenso unbegreiflich wären wie jetzt. ... Die astronomische Kenntnis des Gehirns, die höchste, die wir davon erlangen können, enthüllt uns darin nichts als bewegte Materie. Durch keine zu ersinnende Anordnung oder Bewegung materieller Teilchen aber läßt sich eine Brücke in's Reich des Bewußtseins schlagen.«⁵⁰

Bislang wurde mit dem Beweis noch nicht begonnen, es wurde vielmehr nur die fragliche Unmöglichkeitbehauptung mehrfach wiederholt zusammen mit ebenfalls unbewiesenen Behauptungen, die nahe legen sollen, dass die Unmöglichkeitbehauptung wahr ist. Diese Strategie wird auch im folgenden beibehalten:

»Bewegung kann nur Bewegung erzeugen, oder in potentielle Energie zurück sich verwandeln. Potentielle Energie kann nur Bewegung erzeugen, statisches Gleichgewicht erhalten, Druck oder Zug üben. Die Summe der Energie bleibt dabei stets dieselbe. Mehr als dies Gesetz bestimmt, kann in der Körperwelt nicht geschehen, auch nicht weniger; die mechanische Ursache geht rein auf in der mechanischen Wirkung. Die neben den materiellen Vorgängen im Gehirn einhergehenden geistigen Vorgänge entbehren also für unseren Verstand des zureichenden Grundes. Sie stehen außerhalb des Kausalgesetzes, und schon darum sind sie nicht zu verstehen ... Aber auch sonst sind sie unbegreiflich.«⁵¹ »Es scheint zwar bei oberflächlicher Betrachtung, als könnten durch die Kenntnisse der materiellen Vorgänge im Gehirn gewisse geistige Vorgänge und Anlagen uns verständlich werden. Ich rechne dahin das Gedächtnis, den Fluß und die Assoziationen der Vorstellungen, die Folgen der Übung, die spezifischen Talente u.dgl.m. Das geringste Nachdenken lehrt, daß dies Täuschung ist. Nur über gewisse innere Bedingungen des Geisteslebens, welche mit den äußeren durch die Sinneseindrücke gesetzten etwa gleichbedeutend sind, würden wir unterrichtet sein, nicht über das Zustandekommen des Geisteslebens durch diese Bedingungen.«⁵²

Es folgen Plausibilitätsargumente und weitere Wiederholungen der Unbegreiflichkeit, z.B.: Welche denkbare Verbindung besteht zwischen bestimmten Bewegungen bestimmter Atome im Gehirn einerseits und Schmerz- und Lustgefühlen sowie Sinnesempfindungen andererseits? »Es ist eben durchaus und für immer unbegreiflich, daß es einer Anzahl von Kohlenstoff-, Wasserstoff-, Stickstoff, Sauerstoff- usw. Atomen nicht sollte gleichgültig sein, wie sie liegen und sich bewegen, wie sie lagen und sich bewegten, wie sie liegen und sich bewegen werden. Es ist in keiner Weise einzusehen, wie aus ihrem Zusammenwirken Bewußtsein entstehen könne.«⁵³ Es ist grundsätzlich unmöglich, durch irgendeine mechanische Kombination zu erklären, warum die eine Sinnesempfindung wohl-, die andere wehtut. »Kein mathematisch überlegener Verstand könnte aus astronomischer Kenntnis des materiellen Geschehens in beiden Fällen *a priori* bestimmen, welcher der angenehme, welcher der schmerzhaftige Vorgang sei. Daß es vollends unmöglich sei, und stets bleiben werde, höhere geistige Vorgänge aus der als bekannt vorausgesetzten Mechanik der Hirnatome zu verstehen, bedarf nicht der Ausführung. ... [Unsere Betrachtung] gewinnt gerade an Eindringlichkeit durch den Gegensatz zwischen der vollständigen Unwissenheit, in welcher astronomische Kenntnis des Gehirns uns über das Zustandekommen auch der niedersten geistigen Vorgänge ließe, und der durch solche Kenntnis gewährten ebenso vollständigen Enträtselung der höchsten Probleme der Körperwelt.«⁵⁴ »Damit ist die andere Grenze unseres Naturerkennens bezeichnet. Nicht minder als die erste ist sie eine unbedingte. Nicht mehr als im Verstehen von Kraft und Materie hat im Herleiten geistiger Vorgänge aus materiellen Bedingungen die Menschheit ... einen wesentlichen Fortschritt gemacht. Sie wird es nie.«⁵⁵

Trotz dieser Beteuerungen, die sich auf die menschliche Unfähigkeit beziehen, fehlt noch immer der Beweis. Jetzt erinnert sich DU BOIS-REYMOND wieder an seinen LAPLACE Geist und an sein Vorhaben, seinen Beweis über ein Argumentum a fortiori zu führen. In der vom LAPLACE Geist »aus bewegter Materie aufgebauten Welt regen sich zwar die Hirnmolekeln wie in stummen Spiel. Er übersieht ihre Scharen, er durchschaut ihre Verschränkungen, und Erfahrung lehrt ihn ihre Gebärde dahin auslegen, daß sie diesem oder jenem geistigen Vorgang entspreche; aber warum sie dies tue, weiß er nicht. Zwischen bestimmter Lage und Bewegung gewisser Atome eigenschaftsloser Materie in der Sehsinns substanz und dem Sehen« gibt es keine Beziehung.⁵⁶ Genau das hätte bewiesen werden müssen, doch auch hier wird das Unvermögen nur behauptet.

⁴⁹ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 37.

⁵⁰ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 40f.

⁵¹ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 41.

⁵² DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 41f.

⁵³ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 42.

⁵⁴ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 42f.

⁵⁵ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 44.

⁵⁶ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 44f.

Überhaupt scheint DU BOIS-REYMOND die Beweisführung auf den Kopf zu stellen: Zunächst präsentiert er zahlreiche Beispiele für unsere Unfähigkeit, die er dann auf den LAPLACE Geist überträgt. Dann nutzt er die suggestive Wirkung, die von seinen allmächtigen Geist ausgeht, um wiederum unser Unvermögen zu beweisen: Am LAPLACE Geist »haben wir das Maß unserer eigenen Befähigung oder vielmehr unserer Ohnmacht. Unser Naturerkennen ist also eingeschlossen zwischen den beiden Grenzen, welche die Unfähigkeit, einerseits Materie und Kraft zu verstehen, andererseits geistige Vorgänge aus materiellen Bedingungen herzuleiten, ihm ewig steckt.«⁵⁷ Damit enden seine "Beweise".

3.3 Kritischer Rückblick

Für DU BOIS-REYMOND und viele seiner Zeitgenossen besteht die Physik nur aus der Mechanik. Er glaubte nachgewiesen zu haben, dass sich mit deren Methoden das Rätsel von Kraft und Materie sowie das Rätsel des Bewusstseins nicht lösen lasse und so folgert er daraus, dass grundsätzlich und für alle Zeiten ein unerklärbarer Rest, oder, wie man heute sagt, eine Erklärungslücke bestehen bleibe. Dieser Gedankengang hat viel für sich, und so findet er auch heute noch Befürworter. Er lässt sich jedoch nicht rechtfertigen.

Dass die Physik nur aus Mechanik bestehe, war schon zu DU BOIS-REYMONDS Zeiten falsch. Bereits 1865 veröffentlichte MAXWELL seine Grundgleichungen für die Elektrodynamik;⁵⁸ die Differentialgleichungen (3) der Mechanik waren also schon damals nicht die einzigen Grundgleichungen der Physik. Dass sie DU BOIS-REYMOND nicht berücksichtigt, lässt sich vielleicht damit entschuldigen, dass es HERTZ erst 1886 gelang, sie experimentell zu bestätigen.⁵⁹ Jedenfalls bestand die Physik keineswegs nur aus Mechanik und DU BOIS-REYMOND hätte schon deshalb keine Grenzen des Naturerkennens mit apodiktischer Gewissheit verkünden dürfen.

Doch auch wenn man sich nur auf die Punktmechanik beschränkt, ergeben sich Schwierigkeiten. So verbergen sich hinter den "Punkten" physikalische Objekte, die eine bestimmte potentielle und kinetische Energie haben; ansonsten ist man ziemlich frei in der Wahl dieser Objekte. Um seinen LAPLACE Geist mit der vollkommensten Kenntnis ausstatten zu können, glaubte DU BOIS-REYMOND bis auf die Ebene der Atome heruntergehen zu müssen. Auch dies war nicht mehr zeitgemäß, denn BOLTZMANN unterschied in seiner kinetischen Gastheorie Makro- und Mikrozustände und stellte zwischen beiden über den Entropiebegriff eine Verbindung

her. Er ging sogar von der "astronomischen" Kenntnis von Gasmolekülen aus, also etwa von der Kenntnis, mit der auch DU BOIS-REYMOND seinen LAPLACE Geist ausstattet.⁶⁰ Eine große Zahl von Mikrozuständen führt zu ein und demselben Makrozustand. Durch die vollständige Kenntnis des Mikrozustandes ist daher zwar auch der Makrozustand bekannt, aber wenn es nur auf den letzteren ankommt, enthält die Kenntnis des Mikrozustandes zahlreiche überflüssige Angaben. Der auf der Mikroebene operierende LAPLACE Geist "weiß" zwar mehr als der Mensch, der sich mit der Makroebene begnügen muss, aber sein vieles Wissen nützt ihm auf der Makroebene nichts, es behindert ihn eher. Mehr Wissen heißt somit nicht notwendig auch mehr können, und folglich ist der LAPLACE Geist dem Menschen gar nicht mehr so überlegen, wie es DU BOIS-REYMOND eigentlich für sein Argumentum a fortiori gebraucht hätte.

Indem nun aber DU BOIS-REYMOND bis auf die Atomebene zurückgeht, begibt er sich auf ein damals noch heftig umstrittenes Gebiet. Dass es Atome gibt, wurde aufgrund ihrer experimentell zugänglichen Eigenschaften erschlossen. DALTONS Gesetz der multiplen Proportionen von 1808 lieferte einen ersten wissenschaftlich begründeten Hinweis auf ihre Existenz.⁶¹ Er stellte auch eine erste Tabelle der Atomgewichte zusammen, die spätere Forscher zur Systematisierung der chemischen Elemente nutzten. So stellte DÖBEREINER 1829 seine Triadenregel auf⁶² und diese wiederum bildete eine wichtige Grundlage für die Entwicklung des Periodensystems der Elemente von MEYER⁶³ und MENDELEJEV.⁶⁴ Aber über den Aufbau der Atome war noch so gut wie nichts bekannt. Auch hatte sich wohl noch nicht die Ansicht allgemein durchgesetzt, daß es sich bei den umstrittenen Atomen um die chemischen Elemente handle. Dennoch hätte DU BOIS-REYMOND die "physikalischen" Atome nicht bloß als äußerst nützliche Fiktion abtun dürfen, denn die von ihnen bekannten Eigenschaften waren wenigstens wissenschaftlich abgesichert. Stattdessen leitet er aus den spekulativen "philosophischen" Atomvorstellungen Widersprüchen her und schließt daraus, dass uns die Atomwelt für immer und ewig ein Rätsel bleiben werde. Damit erhebt er die naturphilosophischen Spekulation zum höchsten Wissen, welches wir über die Atome haben können. Das ist verwunderlich, denn an anderer Stelle erweist er sich als scharfer Kritiker der spekulativen Naturphilosophie.

⁶⁰ BOLTZMANN (1872/2008): *Weitere Studien über das Wärmegleichgewicht unter Gasmolekülen*, hier insbesondere p. 5f.

⁶¹ DALTON (1808): *A new system of chemical philosophy*.

⁶² DÖBEREINER (1829): *Versuch zu einer Gruppierung der elementaren Stoffe nach ihrer Analogie*.

⁶³ MEYER (1864): *Die modernen Theorien der Chemie und ihre Bedeutung für die chemische Statik*; MEYER (1870): *Die Natur der chemischen Elemente als Funktion ihrer Atomgewichte*.

⁶⁴ MENDELEJEV (1869): *Ueber die Beziehungen der Eigenschaften zu den Atomgewichten der Elemente*.

⁵⁷ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 45.

⁵⁸ MAXWELL (1865): *A dynamical theory of the electromagnetic field*.

⁵⁹ HERTZ (1887): *Ueber sehr schnelle elektrische Schwingungen*.

Inkonsequenzen zeigen sich auch in seiner Beweisführung. Er beginnt zunächst so, als wollte er einen wissenschaftlichen Beweis führen. Im Laufe seiner Ausführungen driftet er jedoch immer weiter in das traditionelle philosophische Fahrwasser hinein. Kennzeichen hierfür ist das Pronomen 'wir'. In der Physik käme niemand auf den Gedanken zu sagen: 'wir werden niemals in der Lage sein, ein perpetuum mobile zu bauen', denn hier wird unzulässiger Weise auf menschliche Fähigkeiten Bezug genommen, die gar nichts mit Physik zu tun haben. Dass unter bestimmten Voraussetzungen ein perpetuum mobile erster und zweiter Art nicht möglich ist, ist ein Theorem der Physik. Die menschlichen Fähigkeiten tun hier nichts zur Sache. Freilich: was physikalisch unmöglich ist, ist auch für Menschen unmöglich; die obige Behauptung ist nicht falsch; sie ist irreführend, weil man nicht weiß: beruht die Unmöglichkeit allein auf menschlichem Unvermögen oder kommen noch physikalische Gründe hinzu oder sind es überhaupt nur physikalische Gründe? Im letzten Fall ist es unsinnig, dass Wir ins Spiel zu bringen. DU BOIS-REYMOND geriet dadurch in das spekulative Fahrwasser, wie dies z.B. an seinen Ausführungen zu den Qualitäten oder zum Atombegriff besonders eindrucksvoll zum Ausdruck kommt.

DU BOIS-REYMOND musste auf die menschlichen Fähigkeiten Bezug nehmen, um etwas zu haben, das er dem LAPLACE Geist gegenüberstellen konnte. Durch den Geist war aber auch als einzig mögliche Beweisform das Argumentum a fortiori vorgegeben, das aber ganz ungeeignet ist, um Nichtexistenzaussagen zu beweisen, denn es beruht auf unerfüllbaren bzw. falschen Voraussetzungen. Er hätte es aufgeben müssen, im übrigen ist es ja auch gar nicht wirklich zum Einsatz gekommen. Mit dem Argumentum hätte er aber zugleich auch seinen LAPLACE Geist verabschieden müssen, der in philosophischen Arbeiten eine so große Rolle spielt; in DU BOIS-REYMONDS Reden dient er hingegen lediglich rhetorischen Zwecken.

Die methodischen Schwierigkeiten schlagen auch auf seine Ausführungen durch: Sie sind durchsetzt von unklaren Begriffen und rhetorischem Schwulst. Er wirft seine Voraussetzungen über den Haufen ohne sie durch neue zu ersetzen. Er widerspricht sich und es fließen immer wieder unbewiesene neue Behauptungen ein, was einer unerlaubten nachträglichen Erweiterung der Prämissenmenge entspricht. An keiner Stelle führt er einen Beweis konsequent zuende.

Er hätte seine Erkenntnisgrenzen mit einem indirekten Beweis nachweisen müssen. Dieser setzt aber eine widerspruchsfreie zweiwertige Wissensbasis voraus (Tabelle 1, BdW₁, BdW₂), d.h. er ist wissenschaftlich und kann daher höchstens nur dann für alle Zeiten gelten, wenn das Wissen für alle Zeiten unverändert bleibt. Das wäre aber wieder eine weitere, unbewiesene und äußerst fragwürdige Behauptung. »Fast alle großen und schwierigen Erkenntnisprobleme«, bemerkt HAECKEL dazu, »galten den meisten oder allen Zeitgenossen so lange für unlösbar, solange jeder Weg zur Erkenntnis verschlossen schien, bis endlich der bahnbrechende Genius auftrat, dessen klares Auge den richtigen, bisher verborgenen Weg der Erkenntnis entdeckte. ... Wir behaupten daher, daß es kein wissenschaftliches Problem gibt, von welchem man sagen

darf, daß der menschliche Geist es auch in fernster Zukunft nie lösen werde.«⁶⁵ Der Hinweis auf die bisherige historische Entwicklung beweist diese Behauptung nicht, aber soviel darf man sagen: Weil man nicht weiß, wie weit unser Wissen einmal reichen wird, können keine generellen Erkenntnisstrahlen bewiesen werden. Ob es sie gibt oder nicht gibt, bleibt offen.

Es ist verwunderlich, dass DU BOIS-REYMOND die Mängel in seiner Argumentation nicht bemerkte. Er hätte mehrfach Gelegenheit gehabt, sich zu korrigieren; er tut dies nicht, sondern wiederholt in einer zweiten Rede seine Argumente und lässt beide Reden nahezu unverändert in immer neuen Auflagen erscheinen. Er hatte offenbar schöne Reden im Sinn, und schöne Reden sind ihm ja auch gelungen. Einen wissenschaftlichen Wert besitzen sie nicht.

4 Reaktionen

Auch seine Zeitgenossen, sowohl die Philosophen als auch die Naturwissenschaftler, erkannten bis auf ganz wenige Ausnahmen die Mängel offenbar nicht, wie die beiden folgenden prominenten Urteile bezeugen. Bei OSTWALD heißt es: »In dem langen Streite ... ist, soviel ich sehen kann, Du Bois-Reymond allen Angriffen gegenüber sachlich der Sieger geblieben, denn alle seine Gegner sind von derselben Grundlage ausgegangen, aus der er sein *ignorabimus* folgerte, und seine Schlüsse stehen eben so sicher da, wie jene Grundlage.«⁶⁶ Ähnlich äußert sich MACH mit Bezug auf das Bewusstseinsproblem: »War es doch ein wesentlicher Fortschritt, daß Dubois die Unlösbarkeit seines Problems erkannte, und war diese Erkenntnis doch für viele Menschen eine Befreiung, wie der sonst kaum begreifliche Erfolg seiner Rede beweist.«⁶⁷

Es fällt auf, dass bei nahezu allen Urteilen die Definition von Naturerkennen keine Rolle spielt, obwohl ohne sie Diskussionen über Erkenntnisgrenzen wertlos sind. Nirgends wird gesagt, wann etwas als erkannt gelten soll, aber man weiß seltsamerweise, dass etwas nicht erkennbar sei. So findet man z.B. neuerdings die Behauptung, in Gestalt von HEISENBERGS Unschärferelation sei eine mathematisch präzise Erkenntnisgrenze gezogen worden.⁶⁸ Sie ist

⁶⁵ HAECKEL (1878/1924): *Freie Wissenschaft und freie Lehre*, V 275f; ähnlich bereits in HAECKEL (1877/1924): *Über die heutige Entwicklungslehre im Verhältnis zur Gesamtwissenschaft*, V 158.

⁶⁶ OSTWALD (1895/1904): *Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus*, p. 229.

⁶⁷ MACH (¹1922/²1987): *Die Analyse der Empfindungen*, p. 256; VERWORN (³1928): *Kausale und konditionale Weltanschauung*, p. 8: »... ich glaubte nun wirklich zu wissen, was Kraft ist, bis ich auf der Universität von Du Bois-Reymond hörte, daß das Wesen von Kraft und Stoff für immer unerkennbar sei.«

⁶⁸ STÖLTZNER (2007): »Das >Ignorabimus< ist sinnlos.«, p. 132f; GEYMONAT (1991), *Vorwort*, p. 11 spricht von tatsächlichen, durch die neuen physikalischen Ansätze [gemeint ist die Quantenmechanik] bewiesenen Erkenntnisgrenzen.

ebenso sinnreich wie die, dass uns Glatteis die Grenzen unserer Bewegungsmöglichkeit aufzeige.

Weder die philosophische noch die naturwissenschaftliche Seite scheint die vorgeblichen Beweise von DU BOIS-REYMOND wirklich überprüft zu haben. Beide Seiten richten ihr Augenmerk hauptsächlich auf die Ergebnisse: Philosophischerseits werden sie durchweg begrüßt, die Mehrzahl der Wissenschaftler lehnt sie hingegen ab. Beides ist falsch: Man hätte sie als ungültig erkennen müssen. Wir stellen kurz einige typische Reaktionen vor.

4.1 Philosophische Reaktionen

In der philosophischen Ignorabimus-Literatur herrscht einhellig die Meinung vor, DU BOIS-REYMOND habe wirklich die Grenzen des Naturerkennens aufgezeigt.⁶⁹ Das wird in der Regel nicht explizit behauptet, sondern als etwas ganz Selbstverständliches vorausgesetzt. Zu Unrecht, wie gezeigt wurde, so dass viele überflüssige Arbeiten entstanden. Ferner werden dort die deutlich zu erkennenden Beweisbemühungen von DU BOIS-REYMOND beharrlich übersehen.⁷⁰ Dies zeigt sich vor allem bei der Behandlung der Ignorabimus-Vorgeschichte.

Bei SANDKÜHLER heißt es z.B. »Die Rede *Über die Grenzen des Naturerkennens* (1872) ist ein Glied in der langen Kette epistemischer Reflexion in Philosophie und Wissenschaften. Sie beginnt mit Protagoras' *anthropos metron*, und Bacon, Galilei sowie Hume sind Kettenglieder, ohne die es keine Entwicklung zu dem für die Philosophie und die Wissenschaften im 19. Jahrhundert wegweisenden Theorem gegeben hätte, das Kant in seiner kritischen Philosophie begründet hat: *Die Grenzen aller Erkenntnis sind dort erreicht, wo der Bereich der Erfahrung überschritten wird.*«⁷¹ Bei DU BOIS-REYMOND handelt es sich jedoch nicht um eine epistemische Reflexion, BACON gehört nicht in diese Reihe und das wegweisende Theorem von KANT würde unzulässigerweise die formalen Wissenschaften ebenso aus dem Bereich der Erkenntnis verbannen wie etwa die Differentialgleichungen (3), die sich zwar auf physikalische

⁶⁹ Besonders einflussreich war hier das Urteil von LANGE (¹⁰1921): *Geschichte des Materialismus*, II p. 150; dort bezeichnet er es als eine große Tatsache, dass DU BOIS-REYMOND der Naturforschung absolute, unübersteigliche Grenzen setzte. Bestritten wurden die Grenzen in einige Arbeiten aus dem Wiener Kreis.

⁷⁰ So z.B. in: MANN [Hrsg.] (1981): *Naturwissen und Erkenntnis im 19. Jahrhundert*; VIDONI (1991): *Ignorabimus!*; BAYERTZ, GERHARD & JAESCHKE [Hrsg.] (2007): *Der Ignorabimus-Steit*. BAYERTZ (2007): »Das Rätsel gibt es nicht«, p. 186 behauptet z.B.: »Unter inhaltlichen Gesichtspunkten betrachtet, erweist sich nahezu nichts an Du Bois-Reymonds Rede als neu und originell.«

⁷¹ SANDKÜHLER (2007): *Repräsentation – Grenzen und Entgrenzung der Erkenntnis*, p. 205. Weitere Beispiele: WAHSNER (2007): *Debatten über die Grenzen des Naturerkennens*; MENSCHING (2007): *Unbeschränkter Fortschritt und die Grenze des Erkennens*; VIDONI (1991), *Ignorabimus!*, p. 50 – 91.

Inhalte beziehen, aber nicht aus der Erfahrung stammen. Auch die GÖDEL Unvollständigkeitssätze fielen bei KANT aus dem Erkenntnisbereich heraus.

Die Vorgänger von DU BOIS-REYMOND beschränken sich darauf, die Existenz von Erkenntnisgrenzen zu behaupten. Er dagegen versucht zumindest, die Existenz solcher Grenzen auch zu beweisen; dass ihm der Beweis misslang, spielt in diesem Zusammenhang keine Rolle. Wesentlich ist, dass seine Arbeit durch seinen Beweisversuch von einer ganz anderen Qualität ist als alle vorhergehenden Arbeiten. In der Philosophie blieb offenbar dieser grundlegende Unterschied bislang verborgen; hier wird also ein Apfel mit Erdäpfeln verglichen.

Vermutlich weil man den Beweisversuchen keine Beachtung schenkt, findet sich in der philosophischen Literatur bis in unsere Zeit ein vielsagender Widerspruch: Einerseits begrüßt man die Ergebnisse von DU BOIS-REYMOND und hält es für erwiesen, dass er tatsächlich die Grenzen unseres Naturerkennens aufgezeigt habe, andererseits lehnt man aber die Voraussetzungen ab, aus denen er sein Ignorabimus folgerte. In einer merkwürdigen Inkonsequenz verwirft man also seine Prämissen, stimmt aber seinen daraus gewonnenen Konklusionen zu.

Die Ablehnung ist in den Texten zuverlässig an der Verwendung der Pejorativendung '-(z)istisch' erkennbar: mechanistische Naturerfassung, physikalistische Weltanschauung, deterministisches Weltbild, mechanizistische Reduktion, reduktionalistischer Physikalismus, Mechanizismus der Naturerklärung. Von besonderer Delikatesse ist der Ausdruck 'mechanistische Physik'⁷², der ebenso sinnreich ist wie der Ausdruck 'philosophistische Erkenntnistheorie'. An solchen abwertenden Formulierungen lässt sich ablesen, dass die Ablehnung nicht wirklich auf Sachkenntnis beruht, sondern rein weltanschaulich-emotionale Gründe hat.

Schließlich stößt man in der philosophischen Ignorabimus-Literatur häufig auf eine unzulässige Verallgemeinerung, die darin besteht, dass die Meinung eines einzelnen zu einer Kollektivmeinung erhoben wird. So heißt es bei SANDKÜHLER: »Der Topos *Grenzen der Erkenntnis* zeigt mehr an als nur die Selbstkritik postpositivistischer Naturwissenschaften; er bezeichnet – weit allgemeiner – eine *Krise in den Wissenschaften*.«⁷³ Eine einzelne Meinung kann durchaus zum Allgemeingut werden, aber dazu bedarf es eines gültigen Beweises. Den hat DU BOIS-REYMOND nicht geliefert, folglich bleibt sein Ignorabimus eine Privatmeinung, auch wenn sich ihm andere anschließen.

⁷² MALTER (1981): »Kausalitätstrieb“ und Erkenntnisstranke, p. 52; GEYMONAT (1991), *Vorwort*, p. 10.

⁷³ SANDKÜHLER (2007): *Repräsentation – Grenzen und Entgrenzung der Erkenntnis*, p. 210.

Die zahlreichen Einwände, Vorwürfe, Ratschläge und Diskussionen gehen stets von einer bestimmten philosophischen Position aus und werden damit dem Wissenschaftler DU BOIS-REYMOND nicht gerecht. So enthält auch keines der von VIDONI angegebenen historischen Beispiele⁷⁴ einen Gedanken, welcher der Sache förderlich wäre. Charakteristisch für historische und zeitgenössische philosophische Stellungnahmen sind die geringen Kenntnisse über die naturwissenschaftliche Arbeitsweise, aus denen sich zahlreiche Irrtümer ergeben.⁷⁵ Wir gehen hier nicht weiter auf sie ein.

4.2 Naturwissenschaftliche Reaktionen

Am ausführlichsten hat wohl HAECKEL gegen das Ignorabimus Stellung bezogen, indem er für die Welträtsel [1] – [6] eine Lösung anbot; das siebte dagegen, die Frage nach der Willensfreiheit, »ist gar kein Objekt kritischer wissenschaftlicher Erklärung, da sie als reines Dogma nur auf Täuschung beruht und in Wirklichkeit gar nicht existiert.«⁷⁶ Nur das nicht in der Liste angeführte Substanzgesetz (Erhaltung von Energie und Materie) erkannte er als allumfassendes Welträtsel an.⁷⁷ Die von DU BOIS-REYMOND für grundsätzlich unlösbar gehaltenen Welträtsel [1], [2] und [5] hält HAECKEL durch das Substanzgesetz für erledigt; die drei anderen schwierigen aber lösbaren Rätsel [3], [4] und [6] wurden seiner Ansicht nach bereits endgültig durch die Entwicklungslehre gelöst. HAECKELS Lösungen, sofern man sie anerkennt, bedeuten eine Widerlegung des Ignorabimus durch Gegenbeispiele; diese Konsequenz wurde bisher kaum beachtet.

LANGWIESER gehört ebenfalls zu den wenigen, welche der Ansicht waren, DU BOIS-REYMOND habe »nirgends den Beweis geliefert, den er verspricht, wahrscheinlich weil er übersah, dass Gründe, wenn sie Beweiskraft haben sollen, auch für den Gegner zwingend sein müssen.«⁷⁸ LANGWIESER weist ihm zunächst einige durch poetische Redensarten hervorgerufene und daher im Prinzip vermeidbare Widersprüche nach.⁷⁹ Sein Hauptanliegen ist jedoch, durch ein Gegenbeispiel die Behauptung zu widerlegen, das Bewusstsein könne der Natur der Dinge nach aus seinen materiellen Bedingungen niemals erklärt werden.⁸⁰ Das Gegenbeispiel

besteht in einer mechanischen Erklärung des Bewusstseins;⁸¹ es ist erstaunlich aktuell, verglichen mit den laienhaften zeitgenössischen Debatten in der Philosophie des Geistes.⁸² Etwas mechanisch erklären, heißt bei LANGWIESER einen Mechanismus angeben. Er hat also ein anderes Verständnis für Naturerkennen als DU BOIS-REYMOND, folglich lehnt er auch dessen Definition ab, nach der unser Kausalitätsbedürfnis vorläufig befriedigt ist, wenn ein Auflösen der Naturvorgänge in Mechanik der Atome gelungen sei; »unser Causalitätsbedürfnis begnügt sich im einzelnen Falle mit viel weniger und ist dabei doch vollständig befriedigt. So genügt mir die Erklärung, die mir der Mechaniker von dem Telegraphenapparat, von der Lokomotive, von dem Chronometer gegeben hat, trotzdem er seine Erklärung nicht bis zu der Mechanik der Atome fortgesetzt hat; ich bin befriedigt, wenn ich einen Mechanismus so weit verstehe, als ihn derjenige verstanden hat, der ihn erfand. Die genannten Maschinen wurden aber erfunden, ohne dass ihre Erfinder sich Rechenschaft ablegten über die Mechanik der kleinsten Theile.«⁸³ Ein ähnliches Beispiel sind die oben im Zusammenhang mit den Zwangskräften erwähnten Versuche an einer schiefen Ebene: die Bewegung ihrer Atome ist für den Ausgang der Versuche völlig irrelevant.

Diejenigen Kritiker, welche DU BOIS-REYMONDS Beweis für korrekt halten, vertreten die Auffassung, das Ignorabimus folge allein aus seinen auf die Punktmechanik eingeschränkten Voraussetzungen, also aus der »Annahme, daß die Auflösung der Erscheinungen in ein System bewegter Massenpunkte das letzte Ziel ist, welches die Naturerklärung erreichen könne.«⁸⁴ Folglich braucht man nur diese Voraussetzung aufzugeben, dann »fällt mit ihr auch das *ignorabimus*, und die Wissenschaft hat wieder freie Bahn.«⁸⁵ Die Behauptung ist unzutreffend. Denn DU BOIS-REYMOND hat das Ignorabimus gar nicht bewiesen, folglich hat er der Wissenschaft nirgends den Weg versperrt. Es sind nicht seine unzulänglichen Voraussetzungen, sondern seine mangelhaften Beweise, die sein Ignorabimus entwerten.

Im übrigen kann man Voraussetzungen nicht einfach aufgeben, man kann sie nur durch andere ersetzen, genauer: man muss zu einer anderen, reicheren Theorie übergehen. OSTWALD

⁷⁴ VIDONI (1991): *Ignorabimus!*

⁷⁵ Stellvertretend sei hier genannt: MALTER (1981): „*Kausalitätstrieb*“ und *Erkenntnischanke*.

⁷⁶ HAECKEL (1899/1924): *Die Welträtsel*, p. 23.

⁷⁷ HAECKEL (1899/1924): *Die Welträtsel*, p. 22; das Substanzgesetz wird p. 221f eingeführt.

⁷⁸ LANGWIESER (1873): *Du Bois-Reymonds „Grenzen des Naturerkennens“*, p. 4; ähnlich p. 6: DU BOIS-REYMOND hat in seinem Vortrag nirgends einen Beweis für seine Behauptung gebracht; seine Aufstellung von Grenzen des Naturerkennens ist ein Irrtum.

⁷⁹ LANGWIESER (1873): *Du Bois-Reymonds „Grenzen des Naturerkennens“*, p. 9f.

⁸⁰ DU BOIS-REYMOND (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*, p. 33 et pass.

⁸¹ LANGWIESER (1873): *Du Bois-Reymonds „Grenzen des Naturerkennens“*, p. 15 – 36.

⁸² Siehe z.B. PAUEN (2007): *Die Grenzen des Erkennens*, p. 166 – 182. Bemerkenswert sind auch die krassen Fehlurteile, die LANGE (1921): *Geschichte des Materialismus*, II p. 146 – 148 über LANGWIESER fällt.

⁸³ LANGWIESER (1873): *Du Bois-Reymonds „Grenzen des Naturerkennens“*, p. 7.

⁸⁴ OSTWALD (1895/1904): *Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus*, p. 229; ähnlich MACH (1922/1987): *Die Analyse der Empfindungen*, p. 256: »Den wichtigeren Schritt der Einsicht, daß ein prinzipiell als unlösbar erkannte Problem auf einer verkehrten Fragestellung beruhen muß, hat er allerdings nicht getan. Denn auch er hielt, wie unzählige andere, das Handwerkszeug einer Spezialwissenschaft für die eigentliche Welt.«

⁸⁵ OSTWALD (1895/1904): *Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus*, p. 229.

denkt dabei wohl an seine Energetik. In unserer Zeit pflegt man hier reflexartig Quantenmechanik und Allgemeine Relativitätstheorie ins Spiel zu bringen. Doch was wäre mit solch einem Übergang gewonnen? Zunächst einmal gar nichts: Selbst wenn das Ignorabimus von DU BOIS-REYMOND berechtigt wäre, dann fiel es dadurch nicht automatisch weg; das müsste vielmehr erst bewiesen werden. Dass aber mit der neuen Theorie "das Ignorabimus fällt", wie OSTWALD meint, heißt soviel wie: bezüglich dieser Theorie gibt es keine Erkenntnisgrenzen. Ähnliches findet man auch bei Vertretern des Wiener Kreises. Nach ihrer Auffassung gibt es »keine Fragen/Probleme, die der naturwissenschaftlichen Erkenntnis prinzipiell unzugänglich wären; daher gibt es keine Grenzen des Naturerkennens.«⁸⁶

Das sind existenzverneinende, starke Aussagen. Wir zeigen nun an Hand des Hauptsatzes der Wissenschaftstheorie, dass es grundsätzlich unmöglich ist, die Existenz aber auch die Nichtexistenz von Erkenntnisgrenzen zu beweisen.

5 Folgerungen aus dem Hauptsatz der Wissenschaftstheorie

In der Metamathematik ist nach dem zweiten GÖDEL Unvollständigkeitssatz die Widerspruchsfreiheit einer widerspruchsfreien mathematischen Theorie T niemals innerhalb dieser Theorie beweisbar; der Nachweis der Widerspruchsfreiheit von T erfordert stets umfangreichere Hilfsmittel als die Theorie T selbst zur Verfügung stellen kann.

Einen ähnlich fundamentalen Satz gibt es auch für eine erfahrungswissenschaftliche, in einem ganz bestimmten Bereich gültige Theorie E . Es ist dies der folgende

Hauptsatz der Wissenschaftstheorie

Mit den Mitteln der erfahrungswissenschaftlichen Theorie E ist es nicht möglich, den Gültigkeitsbereich dieser Theorie zu bestimmen; die Abgrenzung des Gültigkeitsbereiches erfordert stets umfangreichere Hilfsmittel als die Theorie E selbst zur Verfügung stellen kann.

Es ist also mit den Mitteln der klassischen Mechanik nicht möglich, die Anwendungsgrenzen der klassischen Mechanik zu bestimmen. Dazu sind immer übergeordnete Theorien erforderlich, z.B. die Quantenmechanik oder Relativitätstheorie. Aus dem Hauptsatz der Wissenschaftstheorie ergeben sich weitreichende Konsequenzen.

⁸⁶ BAYERTZ (2007): »Das Rätsel gibt es nicht.«, p. 195; ähnlich p. 197.

A) So können wir ihm entnehmen, dass es mit den Mitteln einer erfahrungswissenschaftlichen Theorie E nicht möglich ist, zu beweisen, dass mit ihr grundsätzlich und für alle Zeiten ein bestimmtes Problem nicht gelöst werden kann. Denn die Behauptung, ein Problem sei mit E nicht lösbar, ist gleichbedeutend mit der Behauptung, das fragliche Problem liege außerhalb ihrer Gültigkeitsgrenzen; diese aber sind unbekannt. DU BOIS-REYMOND konnte somit gar nicht die Existenz von grundsätzlichen Erkenntnisgrenzen beweisen. Es würde also auch nichts helfen, wenn man versuchte, die offensichtlichen Fehler in seinem Beweisgang zu korrigieren.

Mit dem Hauptsatz lässt sich auch folgendes Paradox auflösen, das im Verlauf des Ignorabimus-Streites mehrfach angesprochen worden war: »Um eine bestimmte Linie als Grenze identifizieren zu können, muß man über sie bereits hinaus sein; dann aber kann von einer echten, unüberschreitbaren Grenze nicht mehr die Rede sein.«⁸⁷ Durch die übergeordnete Theorie ist es möglich, die Erkenntnisgrenze einer untergeordneten Theorie festzustellen; alle Probleme, die jenseits dieser Grenze liegen, sind für die untergeordnete Theorie nicht lösbar. Mit der übergeordneten Theorie kann man diese Grenze überschreiten, aber deren Grenzen wiederum kennt man erst, wenn es auch für sie übergeordnete Theorien gibt.⁸⁸ Wie weit man auch in der Entwicklung kommt: die Grenzen der jeweils letzten Theorie kennt man nicht, und deshalb ist die Existenz von grundsätzlichen Erkenntnisgrenzen unbeweisbar.

B) Aus dem Hauptsatz der Wissenschaftstheorie folgt ferner, dass es mit den Mitteln einer erfahrungswissenschaftlichen Theorie E nicht möglich ist, zu beweisen, dass mit ihr grundsätzlich und für alle Zeiten alle Probleme gelöst werden können. Denn diese Behauptung, ist gleichbedeutend mit der Behauptung, Theorie E besitze keine Gültigkeitsgrenzen. Sie erforderte einen indirekten Beweis: Man müsste also annehmen, es gebe ein Problem, das mit der Theorie E nicht gelöst werden kann und dann zeigen, dass diese Annahme auf einen Widerspruch führt. Das ist aber aufgrund von A) nicht möglich.

⁸⁷ BAYERTZ (2007): »Das Rätsel gibt es nicht.«, p. 192; ähnlich p. 188; ähnlich VIDONI (1991): *Ignorabimus!*, p. 179, p. 193. Deutlich ausgesprochen hat es auch ZACHARIAS; s. REICHENBERGER (2007): *Emil Du Bois-Reymonds Ignorabimus-Rede*, p. 71.

⁸⁸ WITTGENSTEIN (1984): *Tractatus logico-philosophicus*, p. 9 (Vorwort) formuliert ein ähnliches Paradox: »Denn um dem Denken eine Grenze zu ziehen, müßten wir beide Seiten dieser Grenze denken können (wir müßten also denken können, was sich nicht denken läßt). Die Grenze wird also nur in der Sprache gezogen werden können und was jenseits der Grenze liegt, wird einfach Unsinn sein.« Er verkennt, dass Denken auf Wissen beruht, welches sich nicht durch Sprachanalyse erwerben lässt. Einen ähnlichen Gedanken hatten bereits HEGEL (1958): *System der Philosophie. Dritter Teil*, p. 44: »Schon, daß wir von einer Schranke wissen, ist Beweis unseres Hinausseyns über dieselbe ...«; siehe auch: MENSCHING (2007): *Unbeschränkter Fortschritt und die Grenze des Erkennens*, p. 17 sowie LANGE »die Grenze kann ohne ein Diesseitiges und Jenseitiges nicht gedacht werden«; zitiert nach VIDONI (1991): *Ignorabimus!*, p. 67.

Man könnte einwenden, dass diese Beweise nur für eine erfahrungswissenschaftliche Theorie *E* gelten und somit die (Nicht)lösbarkeitsaussagen nur für einen Spezialfall bewiesen worden wären. Man verbindet also mit diesem Einwand je nach Standpunkt die Hoffnung, dass man vielleicht doch noch ein Ignorabimus oder sein Gegenteil beweisen könnte. Doch diese Hoffnung ist vergeblich: Verzichtet man auf eine erfahrungswissenschaftliche Theorie, so verzichtet man auch auf eine Definition von Naturerkennen. Dann fehlen jedoch beweisrelevante Voraussetzungen, und es ist erst recht kein Beweis möglich.

Damit bleiben nur zwei Möglichkeiten: Entweder wurde ein Problem mit einer erfahrungswissenschaftlichen Theorie gelöst, dann gibt es das Problem nicht mehr; oder das Problem besteht noch, dann bleibt es ungewiss, ob es je gelöst werden kann. Auf die Frage: Gibt es Grenzen des Naturerkennens? lautet somit die Antwort

Ignoramus et Ignorabimus.

Literatur

- BAYERTZ, KURT; GERHARD MARIAM & JAESCHKE, WALTER [Hrsg.] (2007): *Weltanschauung, Philosophie und Naturwissenschaft im 19. Jahrhundert. Band 3: Der Ignorabimus-Streit*. Felix Meiner Verlag, Hamburg, 2007.
- BAYERTZ, KURT (2007): »Das Rätsel gibt es nicht.« Von Emil Bois-Reymond über Wittgenstein zum Wiener Kreis. In: BAYERTZ, KURT; GERHARD MARIAM & JAESCHKE, WALTER [Hrsg.] (2007): *Weltanschauung, Philosophie und Naturwissenschaft im 19. Jahrhundert. Band 3: Der Ignorabimus-Streit*, p. 183 – 203.
- BOLTZMANN, LUDWIG (1872/2008): Weitere Studien über das Wärmegleichgewicht unter Gasmolekülen. *Wiener Berichte*, **66**, 1872, p. 275 – 370. Neudruck in: BOLTZMANN, LUDWIG (2008): *Entropie und Wahrscheinlichkeit (1872 – 1905)*, p. 1 – 87.
- BOLTZMANN, LUDWIG (2008): *Entropie und Wahrscheinlichkeit (1872 – 1905)*. [Aufsätze] ausgewählt und eingeleitet von DIETER FLAMM. Verlag Harri Deutsch. Frankfurt/Main, 2008.
- DALTON, JOHN (1808): *A New system of chemical philosophy*. [Vol. 1] Part 1. Manchester 1808.
- DÖBEREINER, JOHANN WOLFGANG (1829): Versuch zu einer Gruppierung der elementaren Stoffe nach ihrer Analogie.
- DU BOIS-REYMOND, EMIL DU (1872/1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens*. Vortrag, gehalten in der zweiten allgemeinen Sitzung der 45. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Leipzig am 14. August 1872. Zwölfter Abdruck. In: DU BOIS-REYMOND, EMIL DU (1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens. Die sieben Welträtsel*, p. 13 – 66.
- DU BOIS-REYMOND, EMIL DU (1880/1916): *Die sieben Welträtsel*. Vortrag, gehalten in der öffentlichen Sitzung der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin zur Feier des LEIBNIZischen Jahrestages am 8. Juli 1880. Zehnter Abdruck. In: DU BOIS-REYMOND, EMIL DU (1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens. Die sieben Welträtsel*, p. 67 – 120.
- DU BOIS-REYMOND, EMIL DU (1916): *Über die Grenzen des Naturerkennens. Die sieben Welträtsel. Zwei Vorträge*. Des ersten Vortrages elfte, der zwei Vorträge siebente mit der dritten übereinstimmende Auflage. Verlag von Veit & Comp., Leipzig 1916.
- GEYMONAT, LUDOVICO (1991): Vorwort. In: VIDONI (1991): *Ignorabimus! Emil du Bois-Reymond und die Debatte über die Grenzen wissenschaftlicher Erkenntnis im 19. Jahrhundert*, p. 9 – 11.
- HAECKEL, ERNST (1878/1924): Freie Wissenschaft und freie Lehre. In: HAECKEL (1924): *Gemeinverständliche Werke V*, p. 196 – 290.
- HAECKEL, ERNST (1899/1924): Die Welträtsel. Gemeinverständliche Studien über monistische Philosophie. In: HAECKEL (1924): *Gemeinverständliche Werke III*, p. 1 – 422.
- HAECKEL, ERNST (1924): *Gemeinverständliche Werke*. Herausgegeben von Heinrich Schmidt in 6 Bänden. Alfred Kröner Verlag in Leipzig und Carl Henschel Verlag in Berlin 1924 (zitiert wird mit Bandnummer und Seitenzahl).
- HEGEL, GEORG WILHELM FRIEDRICH (1958): *System der Philosophie, Dritter Teil. Die Philosophie des Geistes*. In: G. W. F. HEGEL, Sämtliche Werke; herausgegeben von H. GLOCKNER, Bd. 10. Frommann-Holzboog, Stuttgart, 1958.
- HERTZ, HEINRICH RUDOLPH (1887): Ueber sehr schnelle electrische Schwingungen. *Annalen der Physik*, **267** (8), p. 983 – 1000.
- LANGE, FRIEDRICH ALBERT (¹⁰1921): *Geschichte des Materialismus und Kritik seiner Bedeutung in der Gegenwart. Erstes Buch: Geschichte des Materialismus bis auf Kant. Zweites Buch: Geschichte des Materialismus seit Kant*. Verlag von Friedrich Brandstetter. Leipzig, ¹⁰1921.
- LANGWIESER, CARL (1873): *Du Bois-Reymonds „Grenzen des Naturerkennens“* besprochen von Dr. Carl Langwieser ordinirendem Arzte in der Irrenanstalt zu Klosterneuburg bei Wien. Verlag von Karl Czermak. Wien, 1873.
- Im Internet am 12.01.11 verfügbar unter:
<http://www.archive.org/stream/duboisreymondsgr00languoft#page/n1/mode/2up>

- LAPLACE, PIERRE-SIMON (†1825 = 1921): *Essai philosophique sur les Probabilités*. Neudruck der 5. Auflage von 1825. Gauthier-Villars. Paris, 1921.
- LAPLACE, PIERRE-SIMON (1921/1932): *Philosophischer Versuch über die Wahrscheinlichkeiten*. Herausgegeben von R. v. MISES. Übersetzung der Ausgabe von 1921 von HEINRICH LÖWY unter Verwendung der älteren Übertragung durch N. SCHWAIGER. Akademische Verlagsgesellschaft. Leipzig, 1932.
- MACH, ERNST (†1922/1987): *Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des physischen zum Psychischen*. Nachdruck der 9. Auflage mit einem Vorwort zum Neudruck von GEREON WOLTERS. Wissenschaftliche Buchgesellschaft. Darmstadt, 1987.
- MALTER, RUDOLF (1981): „Kausalitätstrieb“ und Erkenntnisstranke. Zur philosophischen Grundposition Emil Du Bois-Reymonds. In: MANN, GUNTER [Hrsg.] (1981): *Naturwissen und Erkenntnis im 19. Jahrhundert: Emil Du BOIS-REYMOND*, p. 45 – 77.
- MANN, GUNTER [Hrsg.] (1981): *Naturwissen und Erkenntnis im 19. Jahrhundert: Emil Du BOIS-REYMOND*. Gerstenberg Verlag. Hildesheim 1981.
- MAXWELL, JAMES CLERK (1865): A dynamical theory of the electromagnetic field. *Royal Society Transactions* 155, 1865, p. 459 – 512.
- MENDELEJEV, DIMITRI (1869): Ueber die Beziehungen der Eigenschaften zu den Atomgewichten der Elemente. *Zeitschrift für Chemie*, 1869, p. 405 – 406.
- MENSCHING, GÜNTHER (2007): Unbeschränkter Fortschritt und die Grenze des Erkennens. Zu einer Antinomie im Denken der Aufklärung. In: BAYERTZ, KURT; GERHARD MARIAM & JAESCHKE, WALTER [Hrsg.] (2007): *Weltanschauung, Philosophie und Naturwissenschaft im 19. Jahrhundert. Band 3: Der Ignorabimus-Streit*, p. 17 – 35.
- MEYER, LOTHAR (1864): *Die modernen Theorien der Chemie und ihre Bedeutung für die chemische Statik*. Maruschke & Berendt. Breslau 1864.
- MEYER, LOTHAR (1870): Die Natur der chemischen Elemente als Funktion ihrer Atomgewichte. *Liebig's Annalen*, Suppl. VII, 1870, p. 354 – 364.
- OSTWALD, WILHELM (1895/1904): Die Überwindung des wissenschaftlichen Materialismus. Vortrag, gehalten in der dritten allgemeinen Sitzung der Versammlung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte zu Lübeck am 20. Sept. 1895. In: OSTWALD, WILHELM (1904): *Abhandlungen und Vorträge allgemeinen Inhalts (1887 – 1903)*, p. 220 – 240.
- OSTWALD, WILHELM (1904): *Abhandlungen und Vorträge allgemeinen Inhalts (1887 – 1903)*. Verlag von Veit & Comp., Leipzig, 1904.
- PAUEN, MICHAEL (2007): Die Grenzen des Erkennens: Von Du Bois-Reymond zur aktuellen Philosophie des Geistes. In: BAYERTZ, KURT; GERHARD MARIAM & JAESCHKE, WALTER [Hrsg.] (2007): *Weltanschauung, Philosophie und Naturwissenschaft im 19. Jahrhundert. Band 3: Der Ignorabimus-Streit*, p. 151 – 182.
- REICHENBERGER, ANDREA (2007): Emil Du Bois-Reymonds Ignorabimus-Rede: ein diplomatischer Schachzug im Streit um Forschungsfreiheit, Verantwortung und Legitimation der Wissenschaft. In: BAYERTZ, KURT; GERHARD MARIAM & JAESCHKE, WALTER [Hrsg.] (2007): *Weltanschauung, Philosophie und Naturwissenschaft im 19. Jahrhundert. Band 3: Der Ignorabimus-Streit*, p. 63 – 87.
- SANDKÜHLER, HANS JÖRG (2007): Repräsentation – Grenzen und Entgrenzung der Erkenntnis. Von der Abbildung der Realität zur Befreiung des Sehens phänomenaler Wirklichkeit. In: BAYERTZ, KURT; GERHARD MARIAM & JAESCHKE, WALTER [Hrsg.] (2007): *Weltanschauung, Philosophie und Naturwissenschaft im 19. Jahrhundert. Band 3: Der Ignorabimus-Streit*, p. 205 – 240.
- STÖLTZNER, MICHAEL (2007): »Das >Ignorabimus< ist sinnlos.« Der Wiener Kreis und die Rückkehr eines alten Problems in der Quantenmechanik. In: BAYERTZ, KURT; GERHARD MARIAM & JAESCHKE, WALTER [Hrsg.] (2007): *Weltanschauung, Philosophie und Naturwissenschaft im 19. Jahrhundert. Band 3: Der Ignorabimus-Streit*, p. 132 – 149.
- VERWORN, MAX (†1928): *Kausale und Konditionale Weltanschauung*. Verlag von Gustav Fischer. Jena, †1928.
- Im Internet verfügbar unter:
<http://www.peterjaenecke.de/HistorischeArbeitenzurWissenschaftstheorie.html>
- VIDONI, FERDINANDO (1991): *Ignorabimus! Emil du Bois-Reymond und die Debatte über die Grenzen wissenschaftlicher Erkenntnis im 19. Jahrhundert*. Verlag Peter Lang. Frankfurt am Main/Bern/New York/Paris 1991.
- WAHSNER, RENATE (2007): Debatten über die Grenzen des Naturerkennens vor dem Ignorabimus-Streit. In: BAYERTZ, KURT; GERHARD MARIAM & JAESCHKE, WALTER [Hrsg.] (2007): *Weltanschauung, Philosophie und Naturwissenschaft im 19. Jahrhundert. Band 3: Der Ignorabimus-Streit*, p. 36 – 62.
- WITTGENSTEIN, LUDWIG (1984): *Tractatus logico-philosophicus. Tagebücher 1914 – 1916. Philosophische Untersuchungen*. Werkausgabe Band 1. Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft 501. Frankfurt/Main, 1984.