

BRAUCHT DIE THEORETISCHE PHYSIK DEN RELIGIÖSEN GLAUBEN ? Neo-Scholastik und Positivismus in der Dritten Republik

Matthias NEUBER *

ZUSAMMENFASSUNG : Pierre Duhem gilt als einer der wichtigsten Repräsentanten der französischen Wissenschaftsphilosophie um 1900. Seine Konzeption physikalischer Theorien wird üblicherweise als moderne Umsetzung des antiken – proto-positivistischen – Programms der „Rettung der Phänomene“ angesehen. Diese Sicht ist richtig, bedarf aber der Ergänzung, indem der *diskursive Kontext* der Duhemschen Position berücksichtigt wird. Im vorliegenden Beitrag wird dargelegt, dass Duhems philosophischer Zeitgenosse Abel Rey eine zentrale Rolle in diesem Zusammenhang spielte.

SCHLAGWORTE : Instrumentalismus, Neo-Scholastik, Strukturenrealismus.

LA PHYSIQUE THÉORIQUE A-T-ELLE BESOIN DES CROYANCES RELIGIEUSES ? NÉO-SCOLASTIQUE ET POSTIVISME SOUS LA III^E RÉPUBLIQUE

RÉSUMÉ : Pierre Duhem est considéré comme un des représentants les plus importants de l'épistémologie française autour de 1900. Sa conception des théories physiques est habituellement considérée comme la transposition moderne du programme antique, proto-positiviste, du « sauvetage des phénomènes ». Cette conception est exacte mais il faut la compléter par la prise en compte du contexte discursif de la position de Duhem. Dans cet article, on montre que le contemporain philosophique de Duhem, Abel Rey, joue ici un rôle central.

MOTS-CLÉS : instrumentalisme, néo-scholastique, réalisme structurel.

هل تحتاج الفيزياء النظرية إلى المعتقدات الدينية ؟ المدرسية الجديدة والوضعية في عهد الجمهورية الثالثة ماتياس نويبر

ملخص : يعتبر بيار دوهم أحد أهم ممثلي الاستمولوجيا الفرنسية حوالي العام 1900. غالبًا ما يعتبر تصوّره للنظريات الفيزيائية ترجمة حديثة للمنهج القديم، ما قبل الوضعي، أي منهج "إنقاذ الطواهر". إن هذا التصوّر صحيح، إلا أنه يجب إتمامه عبر اتخاذ السياق الخطابي لموقف دوهم بعين الاعتبار. يظهر هذا المقال أنّ أبيل راي، معاصر دوهم على الصعيد الفلسفي، يلعب هنا دورًا أساسيًا. كلمات البحث : أداتيّة، مدرسيّة جديدة، وأقيّة بنويّة.

* Matthias Neuber, geboren 1970, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Philosophischen Seminar der Universität Tübingen. Sein Arbeitsschwerpunkt liegt auf den Gebieten der Wissenschaftsphilosophie und der Ideengeschichte von Kant bis zum logischen Empirismus. Zu seinen Publikationen zählt u. a. *Die Grenzen des Revisionismus – Schlick, Cassirer und das „Raumproblem“* (Wien/New York, Springer, 2012). Adresse : Universität Tübingen, Philosophisches Seminar, Burgasse 1, D-72070 Tübingen (matthias.neuber@uni-tuebingen.de).

IS THEORETICAL PHYSICS IN NEED OF RELIGIOUS FAITH? NEO-SCHOLASTICISM AND POSITIVISM IN THE THIRD REPUBLIC

ABSTRACT : As common wisdom has it, Pierre Duhem was one of the most important proponents of French philosophy of science around 1900. Usually, his conception of physical theories is regarded as the incarnation of the ancient – proto-positivistic – programme of “saving the phenomena”. This view is correct, but it needs to be supplemented by taking account of the discursive context of Duhem’s position. In this paper it is argued that Duhem’s philosophical colleague Abel Rey played a central role in this connection.

KEYWORDS : instrumentalism, neo-scholasticism, structural realism.

LA FÍSICA TEÓRICA NECESITA LAS CREENCIAS RELIGIOSAS ? NEOESCOLÁSTICA Y POSITIVISMO BAJO LA III REPÚBLICA

RESUMEN : Pierre Duhem es considerado como uno de los representantes más importantes de la epistemología francesa alrededor de 1900. Su concepción de las teorías físicas es normalmente considerada como la transposición moderna del programa antiguo, proto-positivista, del « salvamiento de los fenómenos ». Esta concepción es exacta pero hace falta completarla con la toma en cuenta del contexto discursivo de la posición de Duhem. En este artículo, mostramos que el contemporáneo filósofo de Duhem, Abel Rey, juega aquí un rol central.

PALABRAS CLAVE : instrumentalismo, neoescolástica, realismo estructural.

理論物理学需要宗教信仰嗎？
第三共和國治下的新經院哲學與實
證主義
馬蒂亞斯·諾埃伯

摘要：皮埃爾·杜恩是1900年左右法國認識論的最重要代表之一。他的物理學理論通常被認為是古代綱領（早期實證主義）和“現象拯救”的現代轉化。這種看法無疑是正確的，但它還必須考慮到杜恩立場的推論背景。本文提出杜恩的同時代人阿貝爾·萊伊起了關鍵作用。
關鍵詞：工具主義，新經院哲學，結構現實主義。

理論物理学は宗教的信念が必要
か？
第三共和制下の新スコラ学と実
証主義
マティアス・ノイバー

要約：ピエール・デュエムは、1900年頃のフランスにおける認識論の最も重要な代表者の一人と考えられている。彼の物理理論の構想は古代のプログラム、原始実証主義、「現象の救出」といったものの近代的な転換として捉えられている。この考え方は正しいが、デュエムの立場のさまざまな背景を考慮する必要がある。本文では、デュエムと同時期に活躍した哲学者アベル・レイを中心に取り上げる。
キーワード：道具主義、新スコラ学、構造实在論。

Texte présenté par Dominique Bourel

Le titre de l'article de Matthias Neuber est explicite : « La physique théorique a-t-elle besoin des croyances religieuses. Néo-scholastique et postivisme sous la III^e République ». Il y est ici question en détail de la controverse entre Abel Rey et Pierre Duhem.

Après avoir esquissé une biographie de Pierre Duhem sur lequel nous sommes de mieux en mieux renseigné, Matthias Neuber montre l'hostilité dont il fut très vite l'objet malgré ses compétences reconnues. On lui refusera même sa thèse de chimie physique et il dut en réécrire une nouvelle en mathématique appliquée ! Enseignant à Lille, Rennes et Bordeaux, Marcelin Berthelot aurait dit : « Ce jeune homme n'enseignera jamais à Paris. »

Abel Rey, au contraire, fut choyé par l'institution jusqu'à la succession de Gaston Milhaud en Sorbonne où il créera le célèbre Institut d'histoire des sciences encore actif aujourd'hui. Anticlérical, engagé dans le socialisme, il ne pouvait que refuser les positions de Duhem tout en reconnaissant l'excellence de ses connaissances.

Duhem devra se battre sur deux fronts car les garants de l'orthodoxie catholique voyait d'un mauvais œil ses travaux, le considérant comme un dangereux sceptique. Il s'en défendit toujours affirmant qu'à coté de la physique existait un domaine autonome de la métaphysique. Pour Rey, il s'agissait ni plus ni moins d'une « philosophie scientifique de croyant ». La science ne devait que tenter de « sauver les phénomènes » (titre d'un livre éponyme en 1903) grâce aux mathématiques. Duhem répondit dans un long article des *Annales de philosophie chrétienne* (1905) allant même jusqu'à évoquer une « physique de croyant ». Ainsi qu'il l'écrit, « les principes de la théorie physique sont des propositions relatives à certains signes mathématiques dénués de toute existence objective ». Rey ne fut pas très convaincu et répondit dans la même revue en 1906. Si Duhem pense que la science ne peut être explicative, il appert que l'explication dernière du monde physique doit être cherchée en dehors de la science. Ce qui a bien sûr des implications systématiques considérables. Pour Duhem, la réussite de la science doit se fonder sur des dogmes théologiques.

Ce n'est pas tant le recours à une foi spécifique – ici au christianisme dans sa variante catholique ni même, comme on pourrait le faire aujourd'hui, à une autre confession – qui est en cause, qu'un appel à l'autre de la science, au postulat que cette dernière ne couvrirait pas la totalité du réel. La question se reformule : la science doit-elle – seulement – décrire les phénomènes ou tenter – en plus – de les expliquer ? Dans trois ouvrages, publiés entre 1907 et 1908, Rey reviendra sur l'œuvre de Duhem : preuve que le débat touchait quelque chose d'assez profond en lui-même, s'il se compte parmi les « mécanistes ». Il s'agit de clarifier le concept de science : 1) la physique est la « science de la matière » ; 2) l'objet des théories physiques consiste en des relations ; 3) les relations sont l'instance d'une efficacité causale ; 4) l'explication du donné dans l'expérience s'effectue par un recours abductif à des relations causales ; 5) les théories physiques sont – en vertu de leur potentiel d'explication – non seulement « obvie empiriquement » mais dans un sens étymologique – même de manière approchée – vraie. Il s'agit donc de s'opposer à des « infiltrations » théologiques afin de s'interroger sur les relations causales sur lesquelles reposent les théories physiques, même si Rey ne va guère plus loin : il ne dit jamais ce que signifie véritablement le fait que les relations (et non les choses qui sont impliquées dans ces relations) constituent la structure causale du monde matériel. En fait, ce débat anticipe ce que l'on désigne aujourd'hui par réalisme structurel et le débat autour de John Worral sur lequel s'achève l'article.

Pierre Duhem (1861-1916) gilt als ein typischer Repräsentant der „positivistischen“ französischen Wissenschaftsphilosophie um 1900. Seine Auffassung physikalischer Theorien als bloßer, der Klassifikation und Vorhersage von Beobachtungsdaten dienender „Instrumente“ ist der wohl deutlichste Beleg für diese Ansicht. Der Bezug zum klassischen – proto-positivistischen – Programm der „Rettung der Phänomene“ ist jedenfalls unübersehbar. Gleichwohl birgt die Duhemsche Theorienauffassung mehr in sich als nur die Betonung des instrumentellen Charakters physikalischer Theorien. Um dies in angemessener Weise nachvollziehen zu können, ist es wichtig, den die Duhemsche Theorienauffassung umgebenden *diskursiven Kontext* in die Betrachtung einzubeziehen. Dabei zeigt sich, dass Duhem (heute weitgehend in Vergessenheit geratener) philosophischer Zeitgenosse Abel Rey (1873-1940) die zentrale Rolle im Zusammenhang mit der Identifizierung bestimmter weltanschaulicher „Hintergrundannahmen“ der Duhemschen Theorienauffassung spielte. Nach der Ansicht Reys stand Duhem in der neo-scholastischen Tradition der „Physik eines Gläubigen“ (*Physique de croyant*). Was sich im Anschluss an die Artikulation dieser Ansicht entfalten sollte, war eine zwischen Rey und Duhem geführte (und in der bisherigen historiographischen Forschung noch nicht angemessen erfasste) Kontroverse über das Verhältnis von Wissenschaft und Religion – eine Kontroverse, die im Frankreich der Dritten Republik an ideologischer Brisanz nur schwer zu übertreffen war.

Wie im Folgenden verdeutlicht werden soll, argumentierte Rey auf überzeugende Weise, dass sich dem neo-scholastisch inspirierten Theorienverständnis Duhems eine „strukturenrealistische“ (und zugleich durchgehend säkulare) Auffassung physikalischer Theorien entgegenstellen lässt, die den Begriff der *kausalen Erklärung* in das Zentrum der wissenschaftsphilosophischen Analyse stellt. Dies gestattet, so das intendierte Fazit, den auf systematischer Ebene auch für die wissenschaftsphilosophischen Diskussionen unserer Tage relevanten Schluss, dass Wissenschaft auf Religion in keiner relevanten Hinsicht angewiesen ist.

ZUR VORGESCHICHTE DER KONTROVERSE

Zunächst einmal ist es allerdings wichtig, darauf hinzuweisen, dass Duhem, der einer streng katholischen Familie entstammte, eine solide Ausbildung als Wissenschaftler, genauer gesagt als theoretischer Physiker, erfahren hatte¹. Sein Studium an der renommierten *École normale supérieure* schloss er 1883-84 mit einem Staatsexamen (*licence*) in Mathematik und in Physik ab, und bereits 1884-85 reichte er seine (auf dem Gebiet der theoretischen Physik verfasste) Dissertation ein. Diese Arbeit mit dem Titel *Le Potentiel thermodynamique et ses applications à la mécanique chimique et à l'étude des phénomènes électriques* machte Duhem (neben solchen Forschern wie Svante Arrhenius, Wilhelm Ostwald und Josiah Willard Gibbs) zu einem der Mitbegründer des Gebiets der physikalischen Chemie, wurde vom Pariser

1. Die Sekundärliteratur zu Leben und Werk Duhems ist mittlerweile recht unübersichtlich geworden. Genannt seien an dieser Stelle die – auch für den gegenwärtigen Zusammenhang relevanten – Darstellungen in MAIOCCI, 1985 ; BROUZENG, 1987 ; JAKI, 1987 ; MARTIN, 1991 ; DELTETE, 2008 ; KRAGH, 2008.

Promotionsausschuss, der sich aus dem Physiker Gabriel Lippmann sowie den beiden Mathematikern Charles Hermite und Emile Picard zusammensetzte, aber abgelehnt. Die Arbeit wurde im folgenden Jahr bei dem angesehenen Verlag Hermann publiziert², Duhem musste allerdings eine neue Dissertation (diesmal auf dem Gebiet der angewandten Mathematik) einreichen, die (u. a. unter Begutachtung seitens Henri Poincarés) dann schließlich (1888) auch angenommen wurde.

Man darf vermuten, dass die Querelen um Duhems Dissertation vor allem auch mit dem soziokulturellen und geistigen Klima der Dritten Republik zusammenhingen : Zu einer Zeit, als der Großteil der französischen Wissenschaftler von politisch liberalen und anti-klerikalen Ideen vereinnahmt war, musste ein konservativ und dezidiert religiös eingestellter Nachwuchsforscher wie Duhem sich regelrecht wie eine Randfigur ausnehmen. Jedenfalls gingen die Vorbehalte der akademischen Elite gegenüber der weltanschaulichen Ausrichtung Duhems nach allem, was bekannt ist, so weit, dass der mächtige Marcelin Berthelot angeblich verkündet haben soll : „Dieser junge Mann wird niemals in Paris lehren.“ Dies war dann tatsächlich auch der Fall : Duhem lehrte in den folgenden Jahren in Lille (1887-1893), Rennes (1893-94) und schließlich (bis an sein Lebensende) in Bordeaux (1894-1916). Dabei gilt es zu sehen, dass Duhem sich nicht nur auf dem Gebiet der Wissenschaftsphilosophie, sondern auch auf den Gebieten der Thermodynamik und der physikalischen Chemie sowie vor allem auch auf dem Gebiet der Wissenschaftsgeschichte als bedeutender und wirkungsmächtiger Forscher bzw. Autor profilierte. So ging er, was seine Arbeiten auf den Gebieten der Thermodynamik und physikalischen Chemie betrifft, in Gestalt der Duhem-Margules- und der Gibbs-Duhem-Gleichung in die einschlägigen Lehrbücher ein³. Und auf dem Gebiet der Wissenschaftsgeschichte sollte er mit seiner These der Kontinuität des Übergangs von der mittelalterlichen zur neuzeitlichen Wissenschaft den Diskurs der folgenden Jahrzehnte nachhaltig prägen (man denke in diesem Zusammenhang nur an die berühmten Arbeiten Anneliese Maiers, Hélène Metzgers und – wenn auch mit primär kritischem Bezug – Antonio Favaros und Alexandre Koyres).

Was auf der anderen Seite Abel Rey betrifft, so war dieser in weltanschaulicher Hinsicht das genaue Gegenstück zu Duhem : anti-klerikal und in der sozialistischen Bewegung engagiert⁴. Die akademische Karriere Reys, der in Paris u. a. bei Émile Boutroux und Henri Poincaré Mathematik und Philosophie studiert hatte, führte ihn nach der Promotion im Jahre 1906 zunächst nach Dijon, wo er als Professor für Geschichte der Philosophie unterrichtete und zudem ein Laboratorium für experimentelle Psychologie ins Leben rief. 1919 wurde er (als Nachfolger Gaston Milhauds) auf den „*chaire d'histoire de la philosophie dans ses rapports avec les sciences*“ der Pariser Sorbonne berufen, wo er 1932 das (heute noch unter verändertem Namen existierende) „*Institut d'histoire des sciences*“ – eines der historisch weltweit ersten, wenn nicht sogar *das* historisch weltweit erste Institut für Wissenschaftsgeschichte – gründete.

2. Siehe DUHEM, 1886.

3. Vgl. in diesem Zusammenhang z. B. ATKINS, DE PAULA, 2002, sowie MORAN, SHAPIRO, 2009.

4. Ausführliche biographische Informationen zu Rey finden sich bei BRUNSCHVICG, 1940 ; DUCASSÉ, 1940 ; BRAUNSTEIN, 2006. Zur Reys wissenschaftsphilosophischer Position vgl. NEUBER, 2009 und 2010.

1935 war Rey (als Mitglied des örtlichen Komitees) an der Organisation des legendären Pariser „*Congrès international de philosophie scientifique*“ beteiligt. In seinen letzten Lebensjahren befasste er sich hauptsächlich mit der Wissenschaft des antiken Griechenland. Als sein berühmtester Schüler gilt Gaston Bachelard.

Ehe nun daran gegangen wird, den Verlauf und die jeweils zentralen Argumente der Kontroverse Rey-Duhem zu rekonstruieren, sollte man etwas über die Vorgeschichte dieses für das Verständnis der Kultur- und Ideengeschichte Frankreichs durchaus einschlägigen intellektuellen Schlagabtauschs sagen. Denn man muss wissen, dass Duhem gewissermaßen ein gebranntes Kind auf der Ebene der philosophischen Reflexion über das Verhältnis von Wissenschaft und Religion war. So hatte er in den Jahren 1892 und 1893 bereits eine Auseinandersetzung mit dem späteren Präsidenten der katholischen *Société scientifique de Bruxelles*, Eugène Vicaire, geführt und sich dabei den Vorwurf eingehandelt, eine Wissenschaftsauffassung zu vertreten, die das „Gift des Skeptizismus“ in sich trage⁵. Der Kritik Vicaires vorangegangen war ein Aufsatz Duhems, in welchem dieser sich für eine Auffassung physikalischer Theorien stark machte, die man im weitesten Sinne als „instrumentalistisch“ bezeichnen kann⁶. Duhems Antwort auf Vicaires Kritik lief letztlich darauf hinaus, dass diese instrumentalistische Theorienauffassung durchaus gegen den Skeptizismus gewappnet sei, da es neben der Physik ja noch die autonome Ebene der metaphysischen Doktrinen gebe⁷. Halte man beide Ebenen, die der Physik und die der Metaphysik, strikt auseinander, sei es in der Tat möglich, einerseits physikalische Theorien als bloße Werkzeuge der Klassifikation gegebener experimenteller Gesetze aufzufassen und gleichzeitig den Skeptizismus mit den Mitteln der Metaphysik in effizienter Weise abzuwehren.

In Duhems mittlerweile zum Klassiker avancierter Studie *La Théorie physique, son objet et sa structure* taucht diese Argumentation in ganz ähnlicher Weise wieder auf. Ursprünglich veröffentlicht in den Jahren 1904 und 1905 als eine Serie von Aufsätzen, stellt *La Théorie physique* einen der Meilensteine des modernen Instrumentalismus dar. Dies vor allem aufgrund der folgenden, von Duhem zu Beginn des zweiten Kapitels seiner Studie vorgeschlagenen „Definition“ einer physikalischen Theorie :

„Eine physikalische Theorie ist keine Erklärung. Sie ist ein System mathematischer Lehrsätze, die aus einer kleinen Zahl von Prinzipien abgeleitet werden und den Zweck haben, eine zusammengehörige Gruppe experimenteller Gesetze ebenso einfach, wie vollständig und genau darzustellen⁸.“

Es ist das in dieser Definition sich niederschlagende Bekenntnis zum wissenschaftstheoretischen Instrumentalismus, das – ganz ähnlich wie im Falle der Auseinandersetzung mit dem von katholizistischem Standpunkt argumentierenden Vicaire – den inhaltlichen Ausgangspunkt der Auseinandersetzung Duhems mit seinem wissenschaftsphilosophischen Kollegen Abel Rey darstellte.

5. Vgl. VICAIRES, 1893.

6. Vgl. DUHEM, 1892.

7. Vgl. DUHEM, 1893.

8. DUHEM, 1998, S. 20f.

DIE „CROYANT“-BEHAUPTUNG REYS

Den Stein ins Rollen brachte Rey. So erschien im Jahre 1904 in der *Revue de métaphysique et de morale* ein von Rey verfasster Aufsatz mit dem Titel „La philosophie scientifique de M. Duhem“. Rey, der zu dieser Zeit noch als Professor an einem Lycée in der Provinz unterrichtete, war im Unterschied zu Duhem ein in der Fachwelt weitestgehend Unbekannter. Rund dreißig Jahre später sollte aber er es sein, der anlässlich einer an der Pariser *École normale supérieure* veranstalteten Tagung zum zwanzigsten Todestag von Duhem eben diesen als einen „großen Wissenschaftshistoriker“ würdigen sollte⁹. Rey selbst war zu diesem Zeitpunkt mittlerweile Professor an der Sorbonne und Leiter des von ihm gegründeten (s. o.) *Institut d'histoire des sciences*¹⁰.

Doch kommen wir zurück zu Reys Aufsatz aus dem Jahre 1904. Dieser befasst sich unter systematischem Gesichtspunkt mit der von Duhem in verschiedenen Aufsätzen dargelegten Auffassung physikalischer Theorien. Dabei stellt Rey von Anfang an klar, dass er die Position Duhems für hochgradig originell erachtet. So sei es Duhem gelungen, einen Standpunkt zu beziehen, der einen interessanten Mittelweg darstelle zwischen radikalem Konventionalismus einerseits und einem mehr oder weniger brachialen realistischen Mechanizismus auf der anderen Seite¹¹. In vollkommener Übereinstimmung mit Duhems zuvor zitierter „Definition“ physikalischer Theorien stellt Rey fest, dass Duhem der theoretischen Physik die Fähigkeit abspreche, gegebene Phänomene *kausal zu erklären*. Einziges Ziel der theoretischen Physik sei nach Duhem die *mathematische Beschreibung* der Phänomene. Und eben hierin dokumentiere sich seine Opposition gegenüber dem „*mécanisme réaliste*“¹².

Nun ist die Ablehnung eines naiv-realistischen Mechanizismus das eine. Die Frage, was an seine Stelle treten soll, ist indes ein zweiter, sich dadurch allererst ergebender Aspekt. Und hier nun ist es interessant zu sehen, dass Rey mit einer Kritik ansetzt, die die Wissenschaftsauffassung Duhems als eine der Tradition der *Neo-Scholastik* entstammende Konzeption erscheinen lässt¹³. Dabei sollte man zunächst einmal nicht unerwähnt lassen, dass Rey selber sich in starkem Maße mit einer Geisteshaltung identifizierte, die der Neo-Scholastik diametral entgegenstand. So war er nicht nur in

9. Näheres dazu bei JAKI, 1987, S. 242f.

10. Siehe in diesem Zusammenhang ausführlich BRAUNSTEIN, 2006.

11. Vgl. REY, 1904, S. 704.

12. REY, 1904, S. 732. Die für den „realistischen Mechanizismus“ charakteristische Annahme der Möglichkeit einer kausalen Erklärung beobachtbarer Phänomene dokumentiert sich besonders deutlich in der – u. a. vom frühen Hermann von Helmholtz vertretenen – Ansicht, dass alle Eigenschaften der Materie als Wirkungen von *Kräften* aufzufassen sind. Siehe dazu im Einzelnen SCHIEMANN, 1997, insbes. S. 93ff.

13. Anmerkungsweise sei darauf hingewiesen, dass es sich bei der Neo-Scholastik (oder auch „Neuscholastik“) um eine im 19. Jahrhundert aufkommende, streng konservative Strömung innerhalb der katholischen Theologie handelte. Gelegentlich wird in diesem Zusammenhang auch von „Neuthomismus“ gesprochen, weil die scholastisch-mittelalterliche Lehre Thomas von Aquins den unbestritten wichtigsten Anknüpfungspunkt der neo-scholastischen Bewegung bildete. Verstärkt wurde das Aufkommen der Neo-Scholastik zweifellos durch die Enzyklika „Aeterni Patris“ von Papst Leo XIII. aus dem Jahre 1879, in welcher die zentrale Bedeutung der Scholastik für die katholische Philosophie in aller Deutlichkeit hervorgehoben wird. Zu den weiteren Einzelheiten, speziell mit Bezug auf Duhem, vgl. insbes. JAKI, 1987, S. 324ff.

der sozialistischen Bewegung engagiert¹⁴, sondern stand – wie die meisten republikanischen Intellektuellen seiner Zeit – für das Programm eines explizit nichtreligiös fundierten Schul- und Universitätssystems¹⁵. Dies vorausgesetzt, stellt sich die Frage, *warum* nach Ansicht Reys die Wissenschaftsauffassung Duhems der Neo-Scholastik zuzurechnen ist. Die Antwort zerfällt in zwei Teile : Erstens, weil die von Duhem gegebene „Definition“ einer physikalischen Theorie genügend Spielraum für außerphysikalische „Parallelaktionen“ lässt ; und zweitens, weil Duhem sich wiederholt in einer Weise äußerte, die die Rey'sche Deutung unmittelbar zu bestätigen scheint.

Was nun zunächst den ersten Punkt betrifft, so ist festzustellen, dass Rey die Duhem'sche „Definition“ einer physikalischen Theorie für gleichbedeutend mit einem bloßen „Mathematismus“ hält¹⁶. Der Verzicht auf den Anspruch kausaler Erklärung führe, so Rey, zu einer vollständigen Ablösung der physikalischen Theoriebildung von den Gegebenheiten in der Erfahrung. Was Duhem zufolge einzig und allein zähle, seien bestimmte mathematische Regeln, Konventionen und das – in formalen Kontexten immer zu berücksichtigende – Kriterium der Widerspruchsfreiheit. So verstanden, sei die theoretische Physik nichts weiter als ein „*jeu de syllogismes scolastique*“¹⁷.

Wirft man einen Blick in die Ideen- und Kulturgeschichte, so wird man sehr schnell fündig, wenn es darum geht, typische Repräsentanten einer Wissenschaftsauffassung zu benennen, die vor dem Hintergrund einer genuin theologischen, genauer gesagt katholizistischen Motivationslage für diese Art von Mathematismus bzw. Instrumentalismus argumentierten. Genannt sei an dieser Stelle als besonders einschlägiges (von Duhem selber angeführtes) Beispiel der aufgrund seiner Gegnerschaft zu Galilei berühmt gewordene Kardinal Bellarmine (1542-1621). Dieser schrieb in einem Brief vom 12. April 1615 an Foscarini :

„Ew. Vaterschaft und Herr Galilei werden weise handeln, wenn sie sich darauf beschränken *ex suppositione* zu sprechen und nicht absolut, wie es, wie ich glaube, Kopernikus stets getan. In der Tat lässt sich sehr wohl sagen, dass man allen Erscheinungen viel bessere Rechenschaft gibt, indem man die Erde als beweglich und die Sonne als unbeweglich annimmt, als wenn man exzentrische Kreise und Epizykeln verwendet. Das stellt keine Gefahr dar und genügt dem Mathematiker¹⁸.“

Dieses instrumentalistische Plädoyer für das heliozentrische Weltbild beruht auf einer unter den Scholastikern weit verbreiteten Strategie des Argumentierens : Die Wissenschaft soll sich damit begnügen, die „Phänomene zu retten“, indem sie den Beobachtungsdaten mathematisch Rechnung trägt. „Gefährlich“ indes wird es, sobald die Wissenschaft den – von Bellarmine ausdrücklich Galilei zugeschriebenen – Anspruch erhebt, eine *buchstäblich wahre Erklärung* des Naturgeschehens zu liefern. Denn dann bleibt – jedenfalls aus scholastisch-katholizistischer Perspektive – kein Platz mehr für

14. Siehe dazu FOURNIER, 2006, S. 207.

15. Siehe in diesem Zusammenhang v.a. REY, 1906a.

16. Vgl. REY, 1904, S. 720 : „*La théorie scientifique chez M. Duhem, est, comme il le dit avec complaisance, un schème algébrique. La science théorique est un mathématisme.*“

17. Rey, 1904, S. 719.

18. Bellarmine an Foscarini ; zitiert nach DUHEM, 1998, S. 52.

den der Wissenschaft in jeder Hinsicht überzuordnenden Wahrheitsanspruch metaphysischer und theologischer Dogmen. Kurz, der Instrumentalismus lässt, indem er die Wissenschaft auf die bloße Rettung der Phänomene einschränkt, genügend Raum für wissenschaftsfremde Metaphysik und Theologie¹⁹.

Duhem – und dies bringt mich zum zweiten der beiden oben genannten Punkte – war sich der engen Verbindung zwischen Instrumentalismus einerseits und scholastisch-katholizistischem Denken andererseits durchaus bewusst. Seine umfassenden wissenschaftshistorischen Studien führten ihn immer wieder in das vorgeblich „dunkle“ Mittelalter²⁰. Eine dieser Studien war der 1908 erschienene ideengeschichtliche Abriss *sozein ta phainomena*, in welchem es (wie der Titel schon anzeigt) um das Programm der Rettung der Phänomene geht und in welchem die Repräsentanten der Scholastik als wichtige Wegbereiter der neuzeitlichen Wissenschaft gepriesen werden²¹. In früheren Studien, so vor allem auch in dem von Rey zitierten Beitrag *L'Évolution de la mécanique* (1903), hatte Duhem sich auch schon auf eine Weise geäußert, die den Schluss nahe legte, seine gesamte Wissenschaftsauffassung sei gewissermaßen extern motiviert, und zwar insofern, als es sich um die Auffassung eines Repräsentanten der Neo-Scholastik handle. Nicht nur, dass Duhem seinen eigenen Standpunkt ausdrücklich als „*une contre-révolution à la révolution cartésienne*“²² charakterisierte – insbesondere sein Bekenntnis zur aristotelischen Metaphysik, seine damit zusammenhängende Doktrin einer das wissenschaftliche Streben nach Kohärenz auf einer eigenständigen ontologischen Ebene allererst rechtfertigenden „*naturgemäßen Klassifikation*“ sowie seine Annahme nichtreduzierbarer, d. h. nicht auf rein quantitative Zusammenhänge zurückführbarer Qualitäten, gaben Anlass zu der von Rey getroffenen Diagnose, Duhem stehe für das Vorhaben einer „*retour à la scolastique*“²³.

Instrumentalistische Wissenschaftsauffassung auf der einen Seite und eine gegenüber der Wissenschaft autonome Ebene explizit metaphysischer und (zumindest implizit) theologischer Annahmen auf der anderen Seite führten Rey zu der seine Diskussion der Duhem'schen Wissenschaftsauffassung abschließenden Bemerkung, es handle sich um die *Wissenschaftsauffassung eines Gläubigen* („*la philosophie scientifique d'un croyant*“²⁴).

DIE ANTWORT DUHEMS

Duhems Antwort auf Reys Kritik folgte in Gestalt des 1905 in den katholischen *Annales de philosophie chrétienne* veröffentlichten Aufsatzes „*Physique de croyant*“. Bemerkenswert ist zunächst einmal die Länge dieses Aufsatzes. Mit gut fünfzig Seiten

19. Unter „wissenschaftsfremder Metaphysik“ verstehe ich all diejenigen den Bereich des Erfahrbaren transzendierenden Annahmen, die – so wie die theologischen Dogmen auch – sich nicht im Sinne einer bloßen (quasi-induktiven) *Verallgemeinerung* wissenschaftlicher Gesetze und Prinzipien auffassen lassen, sondern die sich als vollkommen eigenständige *spekulative Erweiterung* (und letztlich auch Fundierung) des durch die Wissenschaften bereit gestellten Erfahrungszusammenhangs verstehen. Siehe zu dieser Gegenüberstellung auch ESFELD, 2009.

20. Siehe dazu umfassend MARTIN, 1991, Kap. VIII und IX sowie ARIEW, BARKER, 1992.

21. Vgl. DUHEM, 1908, Kap 3.

22. DUHEM, 1903, S. 429.

23. REY, 1904, S. 741.

24. REY, 1904, S. 744.

stellt er sichtlich mehr als eine bloße Routineabhandlung dar. Wie man ohne alle Übertreibung sagen kann, zählt „Physique de croyant“ zu den wirkungsmächtigsten (und insofern auch wichtigsten) Publikationen Duhems. Der Sache nach handelt es sich um den strategisch klug angelegten Versuch, Rey mit seiner These, Duhem kultiviere die Wissenschaftsauffassung eines Gläubigen, ins Leere laufen zu lassen. Ironischerweise führt dies in letzter Konsequenz zu der – von Duhem so sicherlich nicht vorgesehenen – Option eines *durchgehend* nichtreligiösen, theologiefreien Weltbildes. Dazu später mehr.

Den Auftakt von „Physique de croyant“ bildet ein klares Bekenntnis zu Gott, Metaphysik und zur katholischen Kirche²⁵. Dazu muss man wissen, dass Duhem – der seine Erziehung auf dem katholischen *Collège Stanislas* erfahren hatte – von Kindheit an regelmäßig zur Messe ging und auch regelmäßig betete²⁶. Sein Bekenntnis auf den ersten Seiten von „Physique de croyant“ ist also durchaus als authentisch einzuschätzen. Aber es ist – jedenfalls wenn man Duhems eigener Auskunft folgt – für das Argumentationsziel, das er in diesem Aufsatz verfolgt, *in keiner Weise relevant*.

Zunächst : Die grundlegende These, von der Duhem ausgeht, lautet, dass seine Wissenschafts-, genauer gesagt Physikauffassung sowohl in ihren Voraussetzungen als auch in ihren Konsequenzen „positif“²⁷ sei. „Positif“ muss hier nicht unbedingt bedeuten „positivistisch“ (etwa im Sinne Comtes oder Littré); aber es bedeutet auf jeden Fall, dass es sich um eine Physikauffassung handelt, die keinerlei Anleihen bei metaphysischen oder theologischen Dogmen macht. Die theoretische Physik als solche ist demzufolge vollkommen autonom und ausschließlich an den gesicherten (und insofern „positiven“) Daten der Beobachtungsebene orientiert. Daher, so Duhem, sei seine Physikauffassung auch für einen Nichtgläubigen ohne weiteres annehmbar²⁸.

Eng mit dieser These der Autonomie der theoretischen Physik verbunden ist die weiterführende These, dass die *Prinzipien* der theoretischen Physik nur klassifikatorischen Charakter haben. Sie dienen also nur der Zusammenfassung und Vorhersage (bzw. „Ableitung“) gegebener experimenteller Gesetze und sagen selber nichts über die Beschaffenheit der außertheoretischen Wirklichkeit aus. Oder in Duhems eigenen Worten : „[L]es principes de la théorie physique sont des propositions relatives à certains signes mathématiques dénués de toute existence objective [...]“²⁹. Da sie sich nicht auf die objektive Wirklichkeit beziehen, haben die Prinzipien der theoretischen Physik auch keinerlei Wahrheitsbezug³⁰. Ihre Beurteilung erfolgt ausschließlich nach solchen Kriterien wie Kohärenz, Eleganz und Einfachheit. Eben dies ist der Duhem'sche Instrumentalismus. In „Physique de croyant“ erfährt dieser insofern eine aufschlussreiche Präzisierung, als Duhem unmissverständlich klar macht, dass die Dogmen der Metaphysik und der Theologie im Gegensatz zu den Prinzipien der Physik sich *sehr wohl* auf

25. Vgl. DUHEM, 1981, S. 413-415.

26. Siehe dazu JAKI, 1987, insbes. Kap. 1.

27. DUHEM, 1981, S. 416 u. 422.

28. Vgl. DUHEM, 1981, S. 415 : „Ce que j'ai dit de la méthode par laquelle procède la Physique, de la nature et de la portée qu'il faut attribuer aux théories qu'elle construit, ne préjuge rien de doctrines métaphysiques ni des croyances religieuses de celui qui accepte mon dire. Au progrès de la science physique, telle que j'ai essayé de la définir, le croyant et l'incroyant peuvent travailler d'un commun accord.“

29. DUHEM, 1981, S. 431.

30. Vgl. DUHEM, 1981, S. 431f.

die objektive Wirklichkeit beziehen³¹. Die Dogmen der Metaphysik und der Theologie sind demzufolge wahrheitsfähig. Da dies für die physikalischen Prinzipien gerade nicht gelten soll, hält Duhem die Möglichkeit, dass das eine mit dem anderen in Widerspruch gerät, für ausgeschlossen. Metaphysik und Theologie auf der einen Seite und theoretische Physik auf der anderen führen demnach eine Art von friedlicher Koexistenz³².

Es ist nun interessant zu sehen, dass Duhem der Ansicht ist, dass beispielsweise Descartes oder auch die Vertreter des physikalischen Atomismus gegen diese Devise eines intellektuellen *divide et impera* in eklatanter Form verstoßen hätten³³. Für Descartes und die Atomisten seien die Prinzipien der Physik in der Tat Aussagen über die Beschaffenheit der objektiven Wirklichkeit. Daher komme es bei ihnen auch zu einer unvermeidlichen Konfrontation zwischen metaphysischen und theologischen Dogmen einerseits und physikalischen Prinzipien andererseits. Doch eben dies sei im Grunde vollkommen unnötig, da der Sache nach gar nicht möglich. Duhem bringt in diesem Zusammenhang als Beispiel die Frage nach der Verträglichkeit des Energieerhaltungssatzes mit der Annahme eines freien Willens³⁴. Wird die Annahme eines freien Willens durch das Prinzip der Erhaltung der Energie bestätigt oder widerlegt? Duhem hält dies, wie er ausdrücklich sagt, für eine Frage *ohne Sinn*³⁵. Denn während die Annahme eines freien Willens sich – als eine Annahme metaphysischer Art – auf die objektive Wirklichkeit beziehe, handele es sich beim Prinzip der Erhaltung der Energie um nichts weiter als um eine mathematische Formel, die es uns gestatten soll, bestimmte Phänomene in der Beobachtungswelt vorherzusagen³⁶. Kurz, die theoretische Physik kann uns im Bereich der metaphysischen und theologischen Diskussionen in keiner Weise weiterhelfen³⁷. Sie vermag diese Dogmen weder zu bestätigen (wie sich das etwa die Anhänger einer „*physica sacra*“ vorstellen mögen) noch zu widerlegen (wie sich das in heutiger Zeit etwa Autoren wie Richard Dawkins vorstellen mögen)³⁸.

31. Vgl. DUHEM, 1981, S. 431 : „[L]es doctrines métaphysiques et religieuses sont des jugements touchant la réalité objective [...]“. BOYER, 1992, S. 313, schreibt in diesem Zusammenhang recht treffend : „L'épistémologie faillibiliste de Pierre Duhem est en partie motivée par le désir de sauver l'infailibilité du dogme religieux.“

32. Insbesondere an dieser Stelle wird deutlich, dass Duhem meilenweit entfernt ist vom „echten“ Positivismus eines Auguste Comte. Stellt die Wissenschaft nach Comtes berühmtem „Dreistadiengesetz“ die *Überwindung* des vorangegangenen theologischen und des dem theologischen folgenden metaphysischen Stadiums dar, so hält Duhem *alle drei* Stadien – also Theologie, Metaphysik und Wissenschaft – für gleichberechtigte (und gleichermaßen aktuelle) geistige Ausdrucksformen.

33. Vgl. DUHEM, 1981, S. 430f.

34. Vgl. DUHEM, 1981, S. 432-435.

35. Vgl. DUHEM, 1981, S. 433 : „Il est [...] clair que cette question : ‚La loi de la conservation de l'énergie est-elle ou non compatible avec le libre arbitre ?‘ ne peut avoir pour nous aucun sens.“

36. In einer ihrer verschiedenen Fassungen lautet die mathematische Formel für den Energieerhaltungssatz : $dU = \delta Q - \delta W$, wobei U für die innere Energie (eines abgeschlossenen Systems), Q für die Wärme und W für die Arbeit steht.

37. Vgl. DUHEM, 1981, S. 432 : „De soi et par essence, tout principe de Physique théorique est sans usage dans les discussions métaphysiques ou théologiques.“

38. Was den Standpunkt von Dawkins betrifft, sei angemerkt, dass dieser weniger von der Physik als von der Biologie, und zwar speziell der Evolutionstheorie ausgeht (vgl. dazu DAWKINS, 1986, sowie insbesondere auch DAWKINS, 2006). Doch was die übergeordnete Intention betrifft, ist klar, dass es nach Dawkins genügend wissenschaftliche Belege gibt, die die Annahme stützen, dass „[g]od almost certainly does not exist“ (DAWKINS, 2006, S. 189). Zu ähnlichen (allerdings weniger brachial formulierten) Ansichten aus dem Bereich der gegenwärtigen *Wissenschaftsphilosophie* vgl. etwa KITCHER, 2005 und HAACK, 2007.

Nun könnte man nach all dem zu der Einschätzung gelangen, Duhem habe auf diesem Wege die „Physique de croyant“-Behauptung seines Kontrahenten Rey neutralisiert. In gewisser Weise ist dies wohl auch so. Denn Duhem scheint eine sehr gute Begründung dafür zu haben, warum seine Physikauffassung gar nicht die Auffassung eines Gläubigen sein kann. Die theoretische Physik ist, so wie Duhem die Sache sieht, ein in sich abgeschlossener und selbstgenügsamer Bereich. Sie ist weder von der Metaphysik noch von der Theologie in irgendeiner Weise *abhängig*. Insofern ist es denn auch schwierig, der „Physique de croyant“-Behauptung Reys den nötigen Nachdruck zu verleihen. Auf der rein internalistisch-argumentativen Ebene scheint zunächst gar nichts darauf hinzudeuten, dass Rey mit seiner Behauptung richtig liegt. Im Gegenteil : Es sieht ganz so aus, als habe sich Rey Duhem gegenüber rein polemisch verhalten³⁹.

Doch wie steht es mit Duhems bereits erwähnter Doktrin der „naturgemäßen Klassifikation“ sowie seiner damit zusammenhängenden Verpflichtung auf die aristotelische Metaphysik ? Ist diese nicht vielleicht die Hintertür, durch welche auch die Theologie wieder Eingang in seine Physikauffassung findet ? Um diese Frage in angemessener Weise beantworten zu können, muss man zunächst sehen, was es mit der Doktrin der naturgemäßen Klassifikation überhaupt auf sich hat. Stark vereinfachend gesprochen, handelt es sich um die Idee einer ontologischen Ordnung der Natur. Diese Idee einer ontologischen Ordnung der Natur kann – wie Duhem in *La Théorie physique* ausführlich darlegt⁴⁰ – der Physiker mit seiner auf die Ergebnisse der bloßen Beobachtung beschränkten Methode nicht rechtfertigen. Aber sie drängt sich uns regelrecht auf. Duhem wörtlich :

„So gibt uns die physikalische Theorie niemals die Erklärung der experimentellen Gesetzmäßigkeiten, niemals enthüllt sie uns die Realitäten, die sich hinter den wahrnehmbaren Erscheinungen verbergen. Aber je mehr sie sich vervollkommenet, umso mehr ahnen wir, dass die logische Ordnung, in der sie die Erfahrungstatsachen darstellt, der Reflex einer ontologischen Ordnung sei. Je mehr wir mutmaßen, dass die Beziehungen, welche sie zwischen den Beobachtungsergebnissen herstellt, den Beziehungen zwischen den Dingen entsprechen, umso mehr können wir prophezeien, dass sie sich einer naturgemäßen Klassifikation nähert⁴¹.“

Man beachte die von Duhem hier gewählte Terminologie : Wir „ahnen“, wir „mutmaßen“, aber wir haben letztlich keine Gewissheit bezüglich der ontologischen Ordnung, von der er spricht. Daher meint er auch mit Pascal behaupten zu können, dass

39. Harry W. Paul vertritt die Ansicht, dass an dieser Stelle eigentlich nur noch eine externalistische, d.h. den den eigentlichen Argumentationszusammenhang umgebenden soziokulturellen Kontext berücksichtigende Analyse weiterführend wäre. Paul wörtlich : „*Duhem himself was aware that his views fitted in with revival of Scholastic philosophy then flourishing in the Catholic world under the patronage of Rome. Regardless of the logical difficulties Rey had in proving his case, there were certainly strong a priori grounds for suspecting the sociocultural factors behind Duhem's science to be not entirely unconnected with his religion and with the contemporary intellectual revival of Catholicism. On strictly intellectual grounds the Rey-Duhem exchange seems a tie. Only by drawing upon psychology and sociology could any further progress have been made in the argument. Both would probably have been rejected by the austere intellectual Duhem as a lucus a non lucendo argument, incapable of illuminating the Olympian heights of theoretical physics*“ (PAUL, 1979, S. 144).

40. Vgl. DUHEM, 1998, S. 30f.

41. DUHEM, 1998, S. 30.

es die „Urteile des Herzens“ (und nicht der Vernunft) seien, die uns – gewissermaßen intuitiv – zu der Annahme einer naturgemäßen (und nicht bloß mathematisch-artifizialen) Klassifikation der physikalischen Gesetze führen⁴².

In „Physique de croyant“ geht Duhem einen interessanten Schritt weiter. Denn dort behauptet er, dass die Doktrin der naturgemäßen Klassifikation allererst die *Rechtfertigung* der wissenschaftlichen Methode liefere⁴³. Da keine wissenschaftliche Methode ihre eigene Rechtfertigung in sich selber trage, müsse diese von anderswoher kommen. Im Falle der Physik meint Duhem, dass das der wissenschaftlichen Methode inhärente Streben nach Kohärenz gerechtfertigt werden müsse über die Annahme einer einheitlich verfassten Natur⁴⁴. Nur auf diesem Wege, so Duhems Überzeugung, lässt sich ein radikaler Konventionalismus (bzw. Skeptizismus) in effizienter Weise abwehren⁴⁵.

Mehr noch : In „Physique de croyant“ geht Duhem soweit zu behaupten, dass sich eine Analogie herstellen lasse zwischen der sich einer naturgemäßen Klassifikation annähernden physikalischen Theorie und einer Form von metaphysischer „Kosmologie“, die mit den Grundannahmen des Aristotelismus übereinstimmt⁴⁶. Die sich dem Ideal der naturgemäßen Klassifikation annähernde physikalische Theorie identifiziert er inhaltlich mit dem von ihm selber im genuin physikalischen Kontext verfolgten Programm einer „verallgemeinerten Thermodynamik“⁴⁷. Ungeachtet der Frage, worin genau die Analogie zwischen verallgemeinerter Thermodynamik einerseits und Aristotelismus (bzw. Peripatetismus) andererseits bestehen soll⁴⁸, scheint doch einigermaßen klar zu sein, dass es Duhems Ziel ist, der Religion und den theologischen Dogmen *zumindest auf dieser analogen Ebene* ihre Daseinsberechtigung zu sichern. Zwar räumt er bereitwillig ein, dass die Analogie zwischen verallgemeinerter Thermodynamik und Aristotelismus auch für einen Nichtgläubigen annehmbar sei⁴⁹; aber die Nähe der Lehre des heiligen Thomas von Aquin zum Aristotelismus ist für ihn ganz offenbar ein starkes Pfund, mit dem sich im Dienste der Neo-Scholastik wuchern lässt⁵⁰.

REYS STRUKTURENREALISTISCHES GEGENMODELL

Soviel zu Duhems Antwort auf Rey. Rey selber zeigte sich nur wenig beeindruckt von dieser Antwort. So erschien im Jahre 1906 – ebenfalls in den *Annales de philosophie*

42. Vgl. DUHEM, 1998, S. 31. Zu Duhem und Pascal vgl. MARTIN, 1991, Kap. IV.

43. Vgl. DUHEM, 1981, S. 445ff.

44. Vgl. DUHEM, 1981, S. 450.

45. Siehe in diesem Zusammenhang auch seine Abgrenzung gegenüber Poincaré und LeRoy in DUHEM, 1981, S. 446f. Unmittelbar dazu auch MAIOCCHI, 1990.

46. DUHEM, 1981, S. 455ff.

47. Vgl. DUHEM, 1981, S. 465ff. Zu Duhems Arbeiten auf dem Gebiet der Energetik (bzw. verallgemeinerten Thermodynamik) vgl. insbes. DUHEM, 1911.

48. Näheres dazu bei MAIOCCHI, 1985 ; NEEDHAM, 1996 ; KRAGH, 2008.

49. Vgl. DUHEM, 1981, S. 471f.

50. Zwar bringt Duhem Religion und Theologie, wie gesagt, nur analogisch ins Spiel, aber er lässt es sich dennoch nicht nehmen, die seinen Aufsatz abschließende Behauptung aufzustellen, dass „l'Église catholique a puissamment contribué, en maintes circonstances, qu'elle contribue encore énergiquement à maintenir la raison humaine dans la bonne voie, même lorsque cette raison s'efforce à la découverte des vérités d'ordre naturel“ (DUHEM, 1981, S. 472).

chrétienne – eine Klarstellung seinerseits, diesmal mit dem Titel „La physique de M. Duhem“. Diese, unter der Rubrik „Correspondance“ ausdrücklich an den Redakteur der Zeitschrift gerichtete Klarstellung umfasst gerade einmal zweieinhalb Seiten. Ihr hauptsächliches Anliegen ist die Herausarbeitung eines grundsätzlichen Punktes : Nach Rey steht Duhem in einer philosophiehistorischen Reihe mit solchen Leuten wie Kant, Schopenhauer, Secrétan und LeRoy⁵¹. Was all diese Autoren miteinander verbinde, sei die Annahme, dass die Wissenschaft *nicht explikativ* verfare (bzw. verfahren könne). Daher sei ganz allgemein zu sagen, dass all diese Autoren – ob sie nun wollten oder nicht – die Wissenschaftsauffassung eines Gläubigen verträten (wobei der Glaubensbegriff, speziell z. B. mit Bezug auf den erklärten Atheisten Schopenhauer, natürlich sehr weit gefasst sein muss)⁵². Dies bedeute andererseits, dass diejenigen, die am Erklärungsanspruch der Wissenschaften festhielten, für eine Philosophie des Ungläubigen („*une philosophie d'incroyant*“)⁵³ einstünden, und zwar insofern, als sie den (religiösen) Glauben für durch das Ideal der rationalen wissenschaftlichen Erklärung *ersetzbar* hielten⁵⁴.

Rey selber plädiert in diesem Zusammenhang für eine Art von dritten Weg : Dem die Physik betreffenden *Ignorabimus* seines Kontrahenten Duhem und dem kompromisslos fortschrittsgläubigen *Scimus* der den damaligen Kontext nachhaltig prägenden Szientisten (wie beispielsweise Berthelot) stellt er das *Ignoramus* des – von ihm so genannten – „wahren“ Positivismus gegenüber⁵⁵. Dabei muss man wissen, dass Rey sich implizit auf den gegen Ende des 19. Jahrhunderts in Deutschland geführten „Ignorabimus-Streit“⁵⁶ bezieht. Wie hinlänglich bekannt ist, hatte Emil Du Bois-Reymond mit seiner 1872 auf der Leipziger *Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte* gehaltenen Rede „Über die Grenzen des Naturerkennens“ einen auf breiter (auch internationaler) Ebene rezipierten wissenschaftlichen Grundlagenstreit ausgelöst. In engem Zusammenhang mit der im Titel der Rede aufgeworfenen Frage nach den Grenzen wissenschaftlicher Erkenntnis stand dabei die Frage nach der Aufgabe und dem Ziel der Wissenschaft : Ist es die Aufgabe der Wissenschaft, beobachtbare Phänomene lediglich zu beschreiben oder sie darüber hinaus auch ursächlich zu erklären ? Es ist eben diese Frage, um die sich auch die zwischen Rey und Duhem geführte Kontroverse dreht. Während Duhem im Sinne des Du Bois-Reymond'schen *Ignorabimus* der Wissenschaft bzw., genauer, der Physik den Anspruch auf Erklärung *streitig macht*, will Rey

51. Vgl. REY, 1906b, S. 535f. Ich habe Herrn PD Dr. Dr. Matthias Mayer (Bibliothekar des katholischen Wilhelmstifts zu Tübingen) für die freundliche Unterstützung bei der Beschaffung dieses Aufsatzes zu danken.

52. Speziell mit Bezug auf Duhem schreibt Rey (den Titel seines vorangegangenen Aufsatzes noch einmal verdeutlichend) : „*La raison logique de l'épithète que j'ai cru pouvoir attribuer à la conception philosophique de M. Duhem, et non à ses travaux purement scientifique, c'est que cette hypothèse 'la science ne peut être explicative' en appelle analytiquement une autre : l'explication dernière du monde physique doit être cherchée ailleurs que dans la science*“ (REY, 1906b, S. 536).

53. REY, 1906b, S. 536.

54. Vgl. REY, 1906b, S. 536 : „*J'aurais appelé [...] une philosophie qui soutiendrait que la science est capable de rendre raison de l'univers physique par lui-même, une philosophie d'incroyant, parce qu'elle prétendrait que les méthodes scientifiques et rationnelles, à la limite, donneront une explication suffisante des choses et remplaceront toute croyance, au sens usuel du mot.*“

55. Vgl. REY, 1906b, S. 537.

56. Siehe dazu ausführlich BAYERTZ, GERHARD, JAESCHKE, Hg., 2007.

mit seinem *Ignoramus* ein wenn schon nicht auf Gewissheit, so doch zumindest auf Hypothesizität abzielendes Erklärungsmodell *verteidigen*. Kurz, aus der Perspektive Reys zieht Duhem die „Grenzen des Naturerkennens“ zu früh.

Nun muss man ganz klar sagen, dass die Position Duhems im damaligen Geistesleben Frankreichs auch auf ganz andere, sehr viel harschere Reaktionen stieß⁵⁷. So kam von katholizistischer Seite der – auch schon von Vicaire erhobene (s. o.) – Einwand, Duhems bloß analogisch verfahren der „Fideismus“ sei viel zu defensiv, um der Sache des Katholizismus tatsächlich dienlich sein können⁵⁸. Und von republikanisch-szientistischer Seite wurde immer wieder der Einwand des – vor allem die Doktrin der naturgemäßen Klassifikation betreffenden – „Mystizismus“ artikuliert⁵⁹. Wenn man so will, hing Duhem mit seinem Standpunkt also gewissermaßen zwischen den Fronten.

Was nun den weiteren Verlauf der Kontroverse mit Rey betrifft, ist abschließend das Folgende zu sagen. In den Jahren 1907 und 1908 publizierte Rey drei Bücher, in denen er auch immer wieder auf Duhem zu sprechen kam : Sein ursprünglich als Dissertation angefertigter Beitrag *La Théorie de la physique chez les physiciens contemporains* (1907) ; die auf eine Kritik des Programms der verallgemeinerten Thermodynamik hinauslaufende Studie *L'Énergetique et le mécanisme* (1908) ; sowie das die verschiedenen Bereiche der zeitgenössischen Philosophie darstellende Überblickswerk *La Philosophie moderne* (1908). Vonseiten Duhems kam im Jahre 1908 in der *Revue générale des sciences pures et appliquées* eine Rezension von Reys *La Théorie de la physique* mit dem Titel „La valeur de la théorie physique“.

Für unseren Zusammenhang genügt es, sich auf Reys *La Philosophie moderne* zu beschränken. Dort wird noch einmal auf den Duhem'schen „Fideismus“ eingegangen, den Rey selbst ausdrücklich ablehnt⁶⁰. Autoren wie Duhem oder auch Bergson, so Reys Diagnose, stünden aufgrund ihrer Annahme nichtreduzierbarer und letztlich nur intuitiv zugänglicher Qualitäten für einen gegen das auf durchgehende Quantifizierbarkeit ausgerichtete Rationalitätsideal der Wissenschaften sich stemmenden „mystischen Idealismus“⁶¹. *Andererseits* erhebe Duhem in Gestalt seiner Doktrin der naturgemäßen Klassifikation aber den Anspruch, etwas über die tatsächliche Beschaffenheit der außertheoretischen Wirklichkeit aussagen zu können. Dies wiederum verbinde seine Position mit derjenigen der zeitgenössischen Repräsentanten eines (wenn auch nur „hypothetisierten“) Mechanizismus, zu welchen auch Rey selbst sich zählt⁶². Da er der Duhem'schen These, die Doktrin der naturgemäßen Klassifikation finde ihre Rechtfertigung und Ergänzung in der aristotelisch-thomistischen Metaphysik, höchst skeptisch gegenübersteht⁶³, schlägt Rey ein anderes, die in seinen Augen weniger obskuren Aspekte der Doktrin der naturgemäßen Klassifikation in Anspruch nehmendes Konzept

57. Die folgenden Ausführungen orientieren sich an JAKI, 1987, S. 359-365 ; PAUL, 1979, S. 159-178.

58. So zum Beispiel die Argumentation in MENTRÉ, 1922.

59. Siehe in diesem Zusammenhang etwa PARODI, 1919, S. 240-242 ; SAGERET, 1920, S. 100-103.

60. Vgl. REY, 1908, S. 127-130.

61. Vgl. REY, 1908, S. 130f.

62. Vgl. REY, 1908, S. 141. Zum Konzept des „hypothetisierten“ Mechanizismus vgl. SCHIEMANN, 1997.

63. Vgl. REY, 1908, S. 141f.

von Wissenschaft und wissenschaftlicher Theorienbildung vor. Dieses Konzept umfasst im Wesentlichen folgende Thesen : 1) die Physik ist die „Wissenschaft von der Materie“⁶⁴ ; 2) Gegenstand physikalischer Theorien sind Relationen⁶⁵ ; 3) Relationen sind die Instanz kausaler Wirksamkeit⁶⁶ ; 4) die Erklärung des in der Erfahrung Gegebenen erfolgt im abduktiven Rückgriff auf kausale Relationen⁶⁷ ; 5) physikalische Theorien sind – aufgrund ihres vorhandenen Erklärungspotentials – nicht nur „empirisch angemessen“, sondern in einem buchstäblichen Sinne (wenn auch nur näherungsweise) wahr⁶⁸.

In den Thesen 1, 2 und 3 steckt die von Rey im Kontext der Interpretation physikalischer Theorien in Anschlag gebrachte – und, wie nach dem Vorangegangenen klar sein sollte, von keinerlei theologischen Dogmen „infiltrierte“ – *Ontologie*. Den maßgeblichen Bezugspunkt bilden dabei Relationen. So wie Duhem im Zusammenhang mit der Doktrin der naturgemäßen Klassifikation nicht die Dinge selbst, sondern die „Beziehungen“ zwischen den Dingen in den Fokus der Betrachtung rückt (s. o.), so geht auch Rey von der Annahme aus, dass die „Natur“ oder das „Wesen“ der Dinge sich letztlich in den Relationen, in denen sie zueinander stehen, *erschöpft*. Es gibt also keine (wie auch immer gearteten) für sich bestehenden „Substanzen“. Gleichwohl ist die Physik nach Rey die „Wissenschaft von der Materie“. Das heißt : Physikalische Theorien sind mehr als bloße Vorhersageinstrumente. Daher konzipiert Rey – im klaren Unterschied zu Duhem – Relationen kausalistisch, d. h. als Instanzen kausaler Wirksamkeit⁶⁹. Wenngleich Rey, soweit ich sehe, auch nirgendwo im Einzelnen ausführt, was genau es bedeutet, wenn Relationen (und nicht etwa die Dinge, die in diesen Relationen stehen) die kausale Struktur der materiellen Welt konstituieren, ist dennoch klar, dass all das, was er in das ontologische Inventar seines Weltverständnisses aufnimmt, nicht etwa der – sei es aristotelischen, sei es irgendeiner anderen – Metaphysik (oder gar der Theologie) zufällt, sondern dass dieses ontologische Inventar nichts anderes als eine verallgemeinerte Fassung des Gegenstandsbereichs der *Physik selbst* darstellt⁷⁰.

Eng korreliert mit der so umrissenen physikalistischen Ontologie kausaler Relationen ist Reys in den Thesen 4 und 5 sich niederschlagende Konzeption von wissenschaftlicher *Rationalität*. Während Duhem die Rechtfertigungsbasis seiner Doktrin der naturgemäßen Klassifikation im Bereich des Intuitiven (bzw. der Pascalschen „Urteile des Herzens“) sieht, meint Rey seine kausal-relationalistische Ontologie auf durchgehend rationalem Wege, und zwar in Gestalt einer wahrheitszentrierten Theorie der kausalen *Erklärung* untermauern zu können. Auch hier muss man sagen, dass Rey im

64. Vgl. REY, 1908, S. 150.

65. Vgl. REY, 1908, S. 150.

66. Vgl. REY, 1908, S. 150-152.

67. Vgl. REY, 1908, S. 153f.

68. Vgl. REY, 1908, S. 154f. u. 348-352.

69. Zu Duhems ablehnender Haltung gegenüber einem starken, den Bereich bloßer funktionaler Abhängigkeiten überschreitenden Konzept von Kausalität vgl. seine einschlägige Stellungnahme zu dem (bis in die Antike zurückreichenden) „Streit über die verborgenen Ursachen“ in DUHEM, 1998, Kap. 1, § 4.

70. In jüngerer Zeit mehren sich allerdings die Stimmen derer, die meinen, allein dies sei schon – und zwar in einem vollkommen unbedenklichen Sinne – Metaphysik. Ein gutes Beispiel ist in diesem Zusammenhang ESFELD, 2008. Siehe ferner ESFELD, SACHSE, 2010, insbes. Kap. 2.

Einzelnen etliche Punkte offen lässt⁷¹. Doch wiederum ist klar, dass ein deutlicher Kontrast zu Duhem besteht : Setzt dieser im Rechtfertigungskontext auf Intuitionen, so setzt Rey auf die Vernunft.

SYSTEMATISCHE KONSEQUENZEN

Was hier am Ende nur noch angedeutet werden konnte, entspricht im Großen und Ganzen der wissenschaftsphilosophischen Position des heutzutage wieder in Mode gekommenen „Strukturenrealismus“. Wie man durchaus sagen kann, sind Rey wie auch Duhem ganz wichtige Wegbereiter dieses neueren Strukturenrealismus⁷². Doch es ist nur schwer zu übersehen, dass Rey im Vergleich zu Duhem den *kohärenteren* Strukturenrealismus vertritt. Zunächst einmal ist es ja durchaus plausibel, mit Duhem davon auszugehen, dass den Beziehungen, welche physikalische Theorien zwischen den Beobachtungsergebnissen herstellen, Beziehungen auf der Ebene des *Unbeobachtbaren* entsprechen. Und es ist auch sehr nahe liegend – ebenfalls mit Duhem – diese Annahme (gewissermaßen indirekt) anhand der Tatsache, dass (erfolgreiche) physikalische Theorien es gestatten, *neuartige Phänomene vorherzusagen*, zu begründen⁷³. Aber man benötigt, um die damit einhergehende ontologische Verpflichtung auf beobachtungstranszendente Strukturen (bzw. Relationen) eingehen zu können, keine wissenschaftsfremde Metaphysik, geschweige denn Theologie⁷⁴. Das Einzige, was man benötigt, ist die von Rey in Anschlag gebrachte Auffassung, dass es das Ziel der Wissenschaft sein müsse, die Phänomene nicht nur mathematisch zu beschreiben, sondern darüber hinaus auch ursächlich zu erklären. Nimmt man diesen Anspruch ernst, ergeben sich verschiedene Möglichkeiten, das Ziel einer kausal-strukturellen

71. So lässt er beispielsweise weitgehend ungeklärt, ob und – wenn – in welchem Sinne sein Begriff von Erklärung sich vom Erklärungs-begriff des traditionellen – von ihm selber abgelehnten – Mechanizismus unterscheidet. Zwar scheint klar zu sein, dass der von Rey selber im Zusammenhang mit seinem eigenen Neo-Mechanismus erhobene Erklärungsanspruch *hypothetisch abgeschwächt* ist (siehe dazu im Einzelnen NEUBER, 2009, S. 106) ; doch damit ist noch längst nicht geklärt, warum es dann nicht vollkommen plausibel sein sollte, sich auf einen bloßen Beschreibungs- bzw. Klassifizierungsansatz à la Duhem zurückzuziehen. Ich würde meinen, dass diesbezüglich noch eine ganze Menge an – auch die jeweiligen Nationalsprachen und -kulturen betreffenden – Explikationsbedarf besteht.

72. Einen guten Überblick über den neueren Strukturenrealismus bieten LYRE, 2006 und LADYMAN, 2007. Siehe ferner LADYMAN, 1998 ; CHAKRAVARTY, 2004.

73. So schreibt er an einer Stelle (gewissermaßen Putnams „*no miracles argument*“ vorwegnehmend) : „Wenn die Theorie ein rein künstliches System ist, wenn wir in den Hypothesen, auf denen sie ruht, Ausdrücke sehen, die mit Geschick so aufgestellt werden, dass sie die bereits bekannten experimentellen Gesetze darstellen, wenn wir in ihnen aber keinen Reflex der wirklichen Beziehungen zwischen den Realitäten, die sich vor unseren Augen verbergen, vermuten, so werden wir denken, dass eine derartige Theorie von einer neu gefundenen Tatsache eher widerlegt als bestätigt wird. Es wäre ein wunderbarer Zufall, wenn die bisher unbekannte Gesetzmäßigkeit gerade einen ganz geeigneten Platz in dem Raume finden würde, der von den anderen Gesetzmäßigkeiten freigelassen wurde, und wir wären toll, wollten wir auf diese Hoffnung hin unseren Einsatz wagen. Wenn wir im Gegenteil in der Theorie eine naturgemäße Klassifikation erkennen, wenn wir wissen, dass ihre Prinzipien tiefe und wirkliche Beziehungen zwischen den Dingen ausdrücken, werden wir nicht erstaunt sein zu sehen, dass ihre Folgerungen der Erfahrung vorausseilen und die Entdeckung neuer Gesetze befördern. Wir werden kühn auf sie wetten“ (DUHEM, 1998, S. 32f.).

74. So auch die Diagnose in LUGG, 1990 ; BURRI, 1996.

Erklärung *umzusetzen*. Es ist dieser Gesichtspunkt, auf den hier abschließend noch etwas ausführlicher eingegangen werden soll.

Zunächst : Die jüngere Debatte über den Strukturenrealismus wurde ausgelöst durch John Worralls viel zitierten Aufsatz „Structural realism : the best of both worlds ?“ (1989)⁷⁵. Was Worrall in diesem Aufsatz zeigen will, ist, dass bestimmte antirealistische Argumente gegen den herkömmlichen wissenschaftlichen Realismus entkräftet werden können, sobald man darauf verzichtet, den Vorhersageerfolg physikalischer Theorien an den intrinsischen Eigenschaften physikalischer Objekte festzumachen. Wie hinlänglich bekannt ist, läuft die sog. pessimistische Meta-Induktion⁷⁶ über die Annahme, dass es in der Geschichte der physikalischen Theoriebildung viele Fälle gab, in denen Theorien, die (wie beispielsweise die Kalorikumtheorie) in prognostischer Hinsicht sehr erfolgreich waren, sich im Nachhinein als falsch erwiesen. Dies aber widerspricht der für den wissenschaftlichen Realismus konstitutiven Annahme, dass der Vorhersageerfolg physikalischer Theorien sich auf die (zumindest näherungsweise) Wahrheit dieser Theorien zurückführen lässt⁷⁷. Worralls Punkt ist nun, dass sich dieser Widerspruch löst, sobald man von intrinsischen Eigenschaften zu Strukturen übergeht. So lasse sich beispielsweise zeigen, dass trotz aller sich historisch dokumentierenden Unstimmigkeiten bezüglich der Frage nach der „Natur“ (bzw. dem „Wesen“) des Lichts, bestimmte Strukturen in der Theorie des Lichts über den historischen Wandel hinweg erhalten geblieben seien. Worrall wörtlich : „*There was a continuity or accumulation in the shift, but the continuity is one of form or structure, not of content*“⁷⁸. Für besonders einschlägig hält Worrall dabei den Übergang von der Wellentheorie des Lichts Fresnels hin zur elektromagnetischen Lichttheorie Maxwells. So habe sich im Nachhinein zwar gezeigt, dass Fresnel mit seinen die Natur (bzw. die intrinsischen Eigenschaften) des Lichts betreffenden Annahmen weitestgehend falsch gelegen sei, dass die die Struktur des Lichts beschreibenden *mathematischen Gleichungen* seiner Theorie den Übergang zu Maxwell aber unversehrt überstanden hätten. Wiederum Worrall wörtlich :

„[I]t seems right to say that Fresnel completely misidentified the nature of light, but nonetheless it is no miracle that his theory enjoyed the empirical predictive success that it did ; it is no miracle because Fresnel’s theory, as science later on saw it, attributed to light the right structure”⁷⁹.

Worralls Position ist *prima facie* attraktiv, hat bei genauerem Hinsehen aber einen gravierenden Haken. Denn es bleibt bei ihm letztlich unklar, warum bzw. inwiefern die Inanspruchnahme des Strukturbegriffs zu einem realistischen Standpunkt führen soll⁸⁰. Zu behaupten, Strukturen hätten sich über den Wandel der physikalischen Theoriebildung hinweg als konstant erwiesen, kann, wenn man Strukturen, wie Worrall es tut,

75. Vgl. WORRALL, 1989, sowie die eingehende Diskussion in PSILLOS, 1999, Kap. 7.

76. Siehe dazu insbes. LAUDAN, 1981, sowie die ausführliche Diskussion in PSILLOS, 1999, Kap. 5.

77. Zu den Einzelheiten dieser Annahme vgl. NEWTON-SMITH, 1989 ; PSILLOS, 1999, S. XIX-XXII.

78. WORRALL, 1989, S. 117.

79. WORRALL, 1989, S. 117.

80. So auch die Kritik in CHAKRAVARTY, 2004, S. 154.

als mathematische Gleichungssysteme deutet, zweierlei implizieren : Entweder haben sich die mathematischen Gleichungssysteme als geeignete Vorhersageinstrumente bewährt – ein Standpunkt, mit dem jeder Antirealist (vor allem jeder Instrumentalist) sich bestens anfreunden könnte⁸¹. Oder aber die mathematischen Gleichungssysteme *sind die Wirklichkeit selbst* – ein Standpunkt, der uns nicht zum wissenschaftlichen Realismus, sondern zum *mathematischen Platonismus* führt.

Nun hatte sich ja zuvor bereits gezeigt, dass der Rückzug auf einen (im Einzelnen wie auch immer gearteten) „Mathematismus“ genügend Spielraum für theistische „Parallelaktionen“ lässt. Dann ist aber auch nicht auszuschließen, dass es, wie bei Duhem, zu dem Versuch einer religiös motivierten – „ultimativen“ (wenn auch nur intuitiv sich erschließenden) – Wissenschaftsbegründung kommt. Will man diesem – unter den Vorzeichen einer wissenschaftlichen Weltauffassung eklatant befremdlichen – Szenario entgehen, muss man folglich einen anderen Weg einschlagen als Worrall (und Duhem). Dieser Weg ist meines Erachtens vorgezeichnet in Gestalt der Position von Rey. Eine viel versprechende Weiterführung bzw. Aktualisierung dieser Position liegt mittlerweile vor. Gemeint sind die vielfältigen Bemühungen um die Begründung eines so genannten *ontischen* Strukturenrealismus⁸². Was den ontischen vom so genannten epistemischen Strukturenrealismus (wie er von Worrall vertreten wird) unterscheidet, ist zunächst einmal die Auffassung, was unter einer „Struktur“ zu verstehen ist. Sehr hilfreich ist in diesem Zusammenhang die Differenzierung zwischen „abstrakten“ und „konkreten“ Strukturen⁸³. Während es sich bei abstrakten Strukturen um mathematische Gebilde wie etwa Gleichungssysteme handelt, sind konkrete Strukturen *physikalisch real*. Genauer gesagt, haben abstrakte mathematische Strukturen – wenn man von ihrer Existenz ausgeht – den ontologischen Status von Universalien, während konkrete physikalische Strukturen partikulär sind. Zwar kann man diese partikulären physikalischen Strukturen mittels mathematischer Strukturen *beschreiben*, aber die physikalischen Strukturen als solche existieren unabhängig, d. h. als immer schon vorauszusetzender *Gegenstand* der mathematisch-physikalischen Beschreibung. Als ausschlaggebend für das Ziel einer physikalischen *Erklärung* beobachtbarer Phänomene lässt sich dann in einem weiteren Schritt ein, wie es bei Michael Esfeld und Christian Sachse heißt, „kausales Kriterium der Existenz“⁸⁴ aufstellen. Demzufolge unterscheiden sich konkrete physikalische Strukturen von „bloß“ mathematischen Strukturen dadurch, dass sie *kausal wirksam* sind. Und eben dies entspricht genau der Position von Rey (siehe oben These 3⁸⁵).

Was den so umrissenen, von Rey in den entscheidenden Grundzügen bereits andeutungsweise vorweggenommenen, ontischen Strukturenrealismus als in hohem Maße

81. So z. B. Bas van Fraassen, der ja (als zum Katholizismus Konvertierter) in der Tat für eine *antirealistische Variante* des wissenschaftstheoretischen Strukturalismus argumentiert. Vgl. etwa VAN FRAASSEN, 2006 sowie (auf allgemeinerer Ebene) VAN FRAASSEN, 1980, insbes. Kap. 1 & 2. Siehe ferner BUENO, 1999 u. 2000.

82. Siehe dazu im Überblick AINSWORTH, 2010.

83. Siehe dazu beispielsweise CHAKRAVARTY, 2004, S. 155 ; ESFELD, 2008, S. 117.

84. ESFELD, SACHSE, 2010, S. 74.

85. Dabei gehe ich von der unstrittigen Annahme aus, dass sich Strukturen als *Geflechte* von Relationen auffassen lassen, dass sich Reys Standpunkt also ohne weiteres von einem kausal-relationalistischen zu einem kausal-strukturalistischen Ansatz erweitern lässt.

akkurat erscheinen lässt, ist seine Anwendbarkeit auf die Theorien der modernen Physik, und zwar insbesondere auf die allgemeine Relativitätstheorie sowie die Quantenmechanik. Denn sowohl die für den allgemein-relativistischen Kontext entscheidenden *metrischen Relationen* als auch das für den quantenmechanischen Kontext in ontologischer Hinsicht ausschlaggebende Phänomen der *Zustandsverschränkung* können durch den ontischen Strukturrealismus auf zufrieden stellende Weise analysiert und philosophisch kohärent gedeutet werden.

Wenngleich die eigentliche Motivationsbasis für den ontischen Strukturrealismus in der Quantenmechanik begründet liegt⁸⁶, sei an dieser Stelle die allgemeine Relativitätstheorie (ART) als illustrierende Instanz herangezogen⁸⁷. Wie die Einstein-Forschung der letzten Jahrzehnte ergeben hat, sah sich Einstein bei der Aufstellung der für die ART konstitutiven allgemein kovarianten Feldgleichungen der Gravitation zunächst mit einem, wie es den Anschein hatte, schwer wiegenden Problem konfrontiert. Es sah so aus, als würden diese Gleichungen zu einem physikalischen *Indeterminismus* führen. Den Hintergrund dieser Problemlage bildete das sog. Loch-Argument, und Einsteins Lösung des Problems bestand in der Auszeichnung so genannter Punktkoinzidenzen, was schließlich – auf der philosophischen Ebene – die Voraussetzung für eine strukturrealistische Deutung der ART darstellte.

Was also hat es mit dem – für die jüngere Diskussion des Strukturrealismus durchaus als zentral zu erachtenden – Loch-Argument näher auf sich? Ungeachtet aller der mit den physikalischen Arbeiten Einsteins in Verbindung stehenden historischen Details⁸⁸ erschließt sich die Pointe des Loch-Arguments am direktesten über die Berücksichtigung dessen, was in der einschlägigen Literatur für gewöhnlich als *Mannigfaltigkeitssubstanzialismus* bezeichnet wird⁸⁹. Unter „Mannigfaltigkeitssubstanzialismus“ versteht man, vereinfachend gesagt, die Auffassung, dass die raumzeitliche Mannigfaltigkeit konstituierenden Punkte (kurz: „Raumzeit-Punkte“) als *ontologisch eigenständige Entitäten* anzusehen sind. Im Klartext heißt das, dass Raumzeit-Punkte unabhängig von der Materie (bzw. dem metrischen Feld) sowie auch unabhängig von den Ereignissen in der Raumzeit existieren⁹⁰. Das Loch-Argument besagt dann, dass der so gefasste Mannigfaltigkeitssubstanzialismus im Falle allgemein kovarianter Theorien eine „starke Form des Indeterminismus“⁹¹ nach sich zieht⁹². Dies deshalb, weil er die Möglichkeit einer Vielzahl theoretisch unterschiedlicher, aber

86. Siehe dazu ausführlich LADYMAN, 2007, Abschn. 4; ESFELD, 2008, Kap. 3 sowie die dort jeweils angegebene Literatur.

87. Die folgenden Ausführungen stützen sich auf Überlegungen in EARMAN, NORTON, 1987; NORTON, 1987; STACHEL, 2002; LYRE, 2007, S. 237-240; ESFELD, 2008, S. 59-66; CARRIER, 2009, S. 206-212 u. 217f.

88. Siehe dazu ausführlich NORTON, 1987.

89. Vgl. in diesem Zusammenhang z. B. LYRE, 2007, S. 238; CARRIER, 2009, S. 206.

90. Unter „Raumzeit“ versteht man das (seit Minkowski in der Physik etablierte und für die Einsteinsche Relativitätstheorie charakteristische) Konzept der Vereinigung von Raum und Zeit zu einem einheitlichen vierdimensionalen Kontinuum (mit den drei räumlichen Dimensionen und der Zeit als vierter Dimension). Zur näheren Erläuterung vgl. etwa CARRIER, 2009, S. 28-42.

91. CARRIER, 2009, S. 207.

92. Das Prinzip der allgemeinen Kovarianz besagt, dass die (von Einstein im Rahmen der ART aufgestellten) Feldgleichungen der Gravitation unter beliebigen Koordinatentransformationen unverändert bleiben. Zu den weiteren Einzelheiten vgl. FRIEDMAN, 1983, S. 46-61; LYRE, 2007, S. 237f.

empirisch nicht unterscheidbarer Zustände zulässt, was mit der für die ART charakteristischen Forderung der *Eindeutigkeit* aber nicht vereinbar ist⁹³.

Fasst man diesen Punkt etwas genauer, ergibt sich das folgende, den ontischen Strukturenrealismus nahelegende Szenario. Der Mannigfaltigkeitssubstantialist betrachtet Raumzeit-Punkte als physikalisch unabhängig und real und verpflichtet sich somit auf die Auffassung, dass jede Vertauschung (Permutation) von Punkten in der Raumzeit zu physikalisch unterschiedlichen Zuständen führt. Auch wenn die Lagebeziehungen der beteiligten physikalischen Körper erhalten bleiben (wie etwa im Falle einer Vertauschung von Ost und West), findet aus Sicht des Mannigfaltigkeitssubstantialismus eine die physikalische Situation betreffende Veränderung statt, da die Punkte sich ja nun an jeweils anderen Orten befinden. Dem lässt sich entgegenhalten, dass es sich lediglich um mathematisch unterschiedliche Darstellungen ein und desselben physikalischen Zustandes handelt, da das einzige, was sich beobachten lässt, die Lagebeziehungen der physikalischen Körper sind und diese bei Vertauschung der Punkte ja unverändert bleiben. Im Anschluss an Earman und Norton (1987) spricht man in diesem Zusammenhang von *Leibniz-Äquivalenz*. Ausgehend davon besagt das Loch-Argument, dass die für den Mannigfaltigkeitssubstantialismus konstitutive *Zurückweisung* der Leibniz-Äquivalenz zu der Annahme führt, dass in einem (hypothetisch angenommenen) energie- und materiefreien „Loch“ in der Raumzeit das metrische Feld durch die Feldgleichungen nicht eindeutig festgelegt ist. Der Mannigfaltigkeitssubstantialist lässt somit die Möglichkeit *unterschiedlicher physikalischer Realzustände* zu, ohne dass sich entsprechende observable Konsequenzen ergeben. Der Kritikpunkt lautet, dass man somit bei einem einer rein metaphysischen Behauptung geschuldeten (lokalen) physikalischen Indeterminismus landet⁹⁴.

Akzeptiert man hingegen die (vom Mannigfaltigkeitssubstantialismus zurückgewiesene) Leibniz-Äquivalenz, ergibt sich der strukturenrealistische Standpunkt wie von selbst. Denn nun ist es das metrische Feld, über welches die Individuation von Raumzeit-Punkten erfolgt. Genauer gesagt, existieren Raumzeit-Punkte dem strukturenrealistischen Ansatz zufolge nicht unabhängig, sondern immer nur in Abhängigkeit von den gegebenen metrischen Eigenschaften. Da es sich bei diesen Eigenschaften um *relationale*, die Raumzeit-Punkte miteinander (bzw. mit ihrer jeweiligen Umgebung) verbindende Eigenschaften handelt, gelangt man zu einer die Raumzeit-Punkte in essenzieller Weise über metrische Relationen individuierbar lassenden globalen Raumzeit-Struktur. Darüber hinaus gibt es dem strukturenrealistischen Ansatz zufolge keine weiteren – intrinsischen – Eigenschaften der Raumzeit-Punkte, so dass die Konsequenzen des Loch-Arguments umgangen werden können, da der Anforderung der Eindeutigkeit Rechnung getragen wird : Physikalisch real sind ausschließlich

93. Zur Rolle des Konzepts der Eindeutigkeit in Einsteins ART vgl. HOWARD, 1992.

94. Bei Earman und Norton heißt es in diesem Zusammenhang dem entsprechend : „[Einstein] considered a matter free hole in a source mass distribution and showed that the gauge freedom of any generally covariant gravitational field equation in general relativity allowed multiple metric fields within the hole. It now follows immediately that the substantialists' denial of Leibniz equivalence leads to a very radical form of indeterminism in all local spacetime theories, since for a substantialist the diffeomorphic models of the hole corollary must represent different physical situations“ (EARMAN, NORTON, 1987, S. 523).

so genannte *Punktinkidenzen*, d. h. Ereignisse des Aufeinandertreffens der in bestimmten metrischen Relationen stehenden Raumzeit-Punkte⁹⁵. Da die Annahme solcher Punktinkidenzen impliziert, dass die Metrik (und mit ihr die Materie) dynamisch mit der Raumzeit wechselwirkt, wird überdies das für den *ontischen* Strukturrealismus entscheidende Kriterium kausaler Wirksamkeit erfüllt. Anders als im Mannigfaltigkeitssubstanzialismus wird nicht die Mannigfaltigkeit zum alleinigen Repräsentanten der Raumzeit-Struktur erklärt, sondern die Raumzeit *im Verbund* mit der Materie bzw. dem metrischen Feld als Gegenstand physikalischer Raumzeit-Theorien gesehen⁹⁶.

Laut Martin Carrier ist es durchaus „[f]rappierend [...], dass aus den beiden gegenseitlich beschaffenen Grundlagentheorien Art und Quantentheorie übereinstimmende Argumente für einen ontologischen Strukturrealismus entwickelt werden können⁹⁷“. Nicht weniger bemerkenswert ist – nach meiner Ansicht –, dass zu der Zeit, als Rey sein strukturrealistisches Gegenmodell zur Position Duhems entfaltete, die allgemeine Relativitätstheorie und die Quantenmechanik noch gar nicht vorlagen. Wenn man so will, kann man Rey hier also eine gewisse „prophetische Gabe“ attestieren.

Mehr noch : Überlegt man sich, welche Konsequenzen sich bezüglich unserer im Titel gestellten Frage – „Braucht die theoretische Physik den religiösen Glauben?“ – ergeben, gelangt man, sofern man den ontischen Strukturrealismus akzeptiert, zu einem eindeutigen Resultat. Hatte Duhem den – durchaus ernst zu nehmenden – Versuch unternommen, die Erklärung des Erfolgs der Wissenschaft in letzter Instanz auf theologische Dogmen zu gründen, so sieht der ontische Strukturrealismus dazu keinerlei Anlass. Denn gerade was diese Erklärungsleistung betrifft, kommt es zu einer klaren Asymmetrie im Ringen um den so genannten Schluss auf die *beste* Erklärung. Duhems theologisch unterfütterte Doktrin der naturgemäßen Klassifikation kann den Erfolg der Wissenschaft nur „externalistisch“, nämlich durch Inanspruchnahme von wissenschaftsfremder Metaphysik und einer sich zu ihr in Analogie befindenden Form von Theologie, erklären. Demgegenüber bezieht sich der ontische Strukturrealismus auf die kausale Struktur der *physikalischen Welt*. Auch dies ist eine bestimmte Form von Metaphysik, aber eine solche, die den Bezug zur Wissenschaft nicht kappt, sondern aufrechterhält. Oder wie es bei einem der gegenwärtigen Hauptvertreter des ontischen Strukturrealismus heißt :

„The new metaphysics of nature distinguishes itself from the older essays in speculative metaphysics by being close to science : metaphysical claims are based on scientific theories. Consequently, the metaphysical claims about nature are as hypothetical as our scientific theories : there is no more certainty to be gained in metaphysics than

95. Vgl. dazu die entsprechende Darstellung in EINSTEIN, 1916, S. 776f. sowie die darauf bezogenen Ausführungen in HOWARD, 1999 ; NEUBER, 2012, S. 211-213.

96. So auch Norton : „I can see no way for the point-coincidence argument to support the non-realist view. Rather it establishes forcefully an antirealist view of spacetime, which asserts not that spacetime has no reality, but no reality independent of the fields it contains“ (NORTON, 1987, S. 156). Eine präzise Ausarbeitung des von mir hier nur in Grundzügen umrissenen (moderaten) ontischen Strukturrealismus findet sich in ESFELD, SACHSE, 2010, Kap. 2, insbes. S. 60-77.

97. CARRIER, 2009, S. 220.

*there is in science. In other words, scientific knowledge claims are fallible and metaphysics, insofar as it draws on those claims, is as fallible as science*⁹⁸.

Es ist vor allem diese – insbesondere auch methodologische – Kontinuität mit dem Bereich der wissenschaftlichen Theorienbildung selbst, die die Metaphysik kausaler Strukturen als den im Vergleich zur Position Duhems in meinen Augen *besseren* Erklärungsansatz auszeichnet⁹⁹. Hinzu kommt, dass Einiges für die Annahme spricht, dass nicht, wie Duhem dachte, die Religion in einem erklärenden (fundierenden) Verhältnis zur Wissenschaft steht, sondern dass vielmehr umgekehrt die Wissenschaft das Phänomen des Religiösen zu erklären vermag, indem sie eine, wie es bei Philip Kitcher heißt, „*cultural evolutionary perspective*“¹⁰⁰ bezieht. Doch dies im Einzelnen zu begründen, wäre eine Aufgabe für sich.

SCHLUSSBEMERKUNG

Zugegeben : *Beweisen* lässt sich die These der Selbstgenügsamkeit des wissenschaftlichen Erklärungsanspruchs nicht. Aber sie ist immerhin einer *rationalen Begründung* zugänglich, was man von der Duhem'schen Flucht in das Intuitive wohl nur schwerlich behaupten kann¹⁰¹. Immer wieder betont Duhem, dass sich die Annahme der Existenz einer ontologischen Ordnung der Natur nicht „rechtfertigen“, „begründen“ oder „verifizieren“ lasse¹⁰². Gleichzeitig ist er aber der Ansicht, dass uns ein unbezähmbarer „wirklicher Glaube“ an die Existenz einer solchen Ordnung erfülle¹⁰³. Wie er meint, genügt dies, „um zu vermeiden, dass die Forschung nach physikalischen Theorien als unnütze und müßige Arbeit angesehen wird“¹⁰⁴. Dies mag so sein ; doch was damit *nicht* vermieden wird, ist die *beliebige Anreicherung* des Glaubens an die Existenz einer ontologischen Ordnung der Natur mit rational nicht kontrollierbaren Gehalten. Wenn ein namhafter Physiker wie Frank J. Tipler heutzutage auf die Idee verfällt, die universelle Wellenfunktion mit dem heiligen Geist zu identifizieren¹⁰⁵, möchte man gerne widersprechen. Dies gelingt aber nur, indem man sich dazu entschließt, eine *bessere Erklärung* anzubieten. Der strukturenrealistisch-säkulare Ansatz Reys kann, wenn man ihn auf die beschriebene Weise in den ontischen Strukturrealismus überführt, dazu die nötigen Grundlagen liefern : Nimmt man kausale Strukturen ontologisch ernst,

98. ESFELD, 2009, S. 341.

99. Man könnte einwenden, dass dieser Vergleich der Auffassung Duhems gegenüber unfair ist, da Duhem – wie im Grunde alle wissenschaftstheoretischen Antirealisten – den Anspruch auf Erklärung ja ganz ausdrücklich ablehnt. Doch eben dies ist nur bedingt der Fall. Denn auf der Meta-Ebene erhebt Duhem – in Gestalt seiner Doktrin der naturgemäßen Klassifikation – ja durchaus einen solchen Erklärungsanspruch (den er, wie dargelegt, allerdings nicht rational durch Argumente, sondern nur durch Intuitionen glaubt einlösen zu können). Insofern stellt er sich *sehr wohl* der Konkurrenz und somit dem Vergleich mit realistischen Positionen wie derjenigen Reys.

100. KITCHER, 2005, S. 274.

101. Siehe in diesem Zusammenhang auch die Ausführungen in PETRUS, 1996, insbes. S. 314-318.

102. Vgl. DUHEM, 1998, S. 30f.

103. Vgl. DUHEM, 1998, S. 31.

104. DUHEM, 1998, S. 35.

105. Vgl. TIPLER, 1994, S. 232ff. Siehe ferner neuerdings TIPLER, 2008.

bedarf es keiner weiteren (den physikalischen Erklärungsanspruch allererst fundierenden) Hypothese¹⁰⁶. Laplaces berühmter, gegenüber Napoleon getätigter Ausspruch „*Sire, je n'ai pas eu besoin de cette hypothèse*“ findet somit seinen systematischen Niederschlag in der Philosophie der Physik des frühen 21. Jahrhunderts¹⁰⁷.

LITERATUR

- AINSWORTH (Peter), 2010, „What is ontic structural realism?“, in *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 41, S. 50-57.
- ARIEW (Roger), BARKER (Peter), 1992, „Duhem and Continuity in the History of Science“, in *Revue internationale de philosophie*, 46, S. 323-343.
- ATKINS (Peter), DE PAULA (Julio), 2002, *Physical Chemistry*, New York, Freeman and Co.
- BAYERTZ (Kurt), GERHARD (Myriam), JAESCHKE (Walter), Hg., 2007, *Weltanschauung, Philosophie und Naturwissenschaft im 19. Jahrhundert – Band 3 : Der Ignorabimus-Streit*, Hamburg, Meiner.
- BOYER (Alain), 1992, „Physique de croyant? Duhem et l'autonomie de la science“, in *Revue internationale de philosophie*, 46, S. 311-322.
- BRAUNSTEIN (Jean-François), 2006, „Abel Rey et les débuts de l'institut des sciences et des techniques (1932-1940)“, in BITBOL (Michel), GAYON (Jean), Hg., *L'Épistémologie française. 1830-1970*, Paris, Presses universitaires de France, S. 173-191.
- BROUZENG (Paul), 1987, *Duhem, science et providence*, Paris, Belin.
- BRUNSCHVICG (Léon), 1940, „Abel Rey“, in *Thalès. Recueil annuel des travaux de l'Institut des sciences et des techniques de l'Université de Paris* 4, S. 7-8.
- BUENO (Otávio), 1999, „What is Structural Empiricism ? Scientific Change in an Empiricist Setting“, in *Erkenntnis*, 50, S. 59-85.
- BUENO (O.), 2000, „Empiricism, Scientific Change and Mathematical Change“, in *Studies in History and Philosophy of Science*, 31, S. 269–296.
- BURRI (Alex), 1996, „Realismus in Duhems naturgemäßer Klassifikation“, in *Journal for General Philosophy of Science*, 27, S. 203-213.
- CARRIER (Martin), 2009, *Raum-Zeit*, Berlin, de Gruyter.
- CHAKRAVARTY (Anjan), 2004, „Structuralism as a form of scientific realism“, in *International Studies in the Philosophy of Science*, 18, S. 151-171.
- DAWKINS (Richard), 1986, *The Blind Watchmaker*, London, Penguin.
- DAWKINS (R.), 2006, *The God Delusion*, London, Black Swan.

106. Es wäre eine interessante, hier allerdings nicht mehr weiter zu verfolgende Aufgabe, die Unterschiede zu der in *inserter Zeit* geführten Debatte herauszuarbeiten. Anders als zu Zeiten Reys und Duhems steht heute nämlich nicht die Physik, sondern vielmehr die Biologie (oder das, was man auch „Lebenswissenschaften“ nennt) an vorderster Front der Auseinandersetzung mit der Religion. Dabei fällt auf, dass diese Art der Debatte deutlich anders gelagert ist, da die Biologie einerseits weniger stark mathematisiert ist als die (theoretische) Physik (so dass ein biologischer Instrumentalismus weniger nahe liegend als ein physikalischer erscheint), andererseits die Biologie aber – vor allem in Gestalt der Evolutionstheorie – von vornherein mit einem starken Erklärungsanspruch versehen ist. Der in diesem Zusammenhang bislang offensivste Beitrag ist ohne Zweifel DAWKINS, 2006. Siehe ferner DENNETT, 2006.

107. Für zahlreiche hilfreiche Anregungen und Hinweise zur Verbesserung des vorliegenden Beitrags danke ich Dominique Bourel, Richard Dawid, Tobias Deisböck, Alexander Fick, Serina Hirschmann, Stephanie Kaspar, Georg Koridze, Regina Schidel, Michael Stöltzner sowie einem anonymen Gutachter dieser Zeitschrift.

- DELTETE (Robert J.), 2008, „Man of Science, Man of Faith : Pierre Duhem's 'Physique de croyant'“, in *Zygon*, 43, S. 627-637.
- DENNETT (Daniel), 2006, *Breaking the Spell : Religion as a Natural Phenomenon*, New York, Penguin.
- DUCASSÉ (Paul), 1940, „La vie et l'œuvre d'Abel Rey (1873-1940)“, in *Annales de l'Université de Paris*, 15 (2), S. 157-164.
- DUHEM (Pierre), 1886, *Le Potentiel thermodynamique et ses applications à la mécanique chimique et à l'étude des phénomènes électriques*, Paris, Hermann.
- DUHEM (P.), 1892, „Quelques réflexions au sujet des théories physiques“, in *Revue des questions scientifiques*, 31, S. 139-177.
- DUHEM (P.), 1893, „Physique et métaphysique“, in *Revue des questions scientifiques*, 34, S. 55-83.
- DUHEM (P.), 1903, *L'Évolution de la mécanique*, Paris, Vrin.
- DUHEM (P.), 1908, *Sozein Ta Phainomena. Essai sur la notion de théorie physique de Platon à Galilée*, Paris, Hermann.
- DUHEM (P.), 1911, *Traité d'énergétique ou de thermodynamique générale*, Paris, Gauthier-Villars.
- DUHEM (P.), 1981, „Physique de croyant“, in *La Théorie physique, son objet et sa structure*, Paris, Vrin, S. 413-472.
- DUHEM (P.), 1998, *Ziel und Struktur der physikalischen Theorien*, Hamburg, Meiner.
- EARMAN (John), NORTON (John), 1987, „What Price Spacetime Substantivalism ? The Hole Story“, in *The British Journal for the Philosophy of Science*, 45, S. 515-525.
- EINSTEIN (Albert), 1916, „Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie“, in *Annalen der Physik*, 49, S. 769-822.
- ESFELD (Michael), 2008, *Naturphilosophie als Metaphysik der Natur*, Frankfurt am Main, Suhrkamp.
- ESFELD (M.), 2009, „Hypothetical Metaphysics of Nature“, in HEIDELBERGER (Michael), SCHIEMANN (Gregor), Hg., *The Significance of the Hypothetical in the Natural Sciences*, Berlin/New York, De Gruyter, S. 341-364.
- ESFELD (Michael), SACHSE (Christian), 2010, *Kausale Strukturen. Einheit und Vielfalt in der Natur und den Naturwissenschaften*, Berlin, Suhrkamp.
- FOURNIER (Michel), 2006, *Marcel Mauss. A Biography*, Princeton/Oxford, Princeton University Press.
- FRIEDMAN (Michael), 1983, *Foundations of Space-Time Theories : Relativistic Physics and Philosophy of Science*, Princeton, Princeton University Press.
- HAACK (Susan), 2007, *Defending science – within reason. Between scientism and cynicism*, Amherst/New York, Prometheus Books.
- HOWARD (Don), 1992, „Einstein and *Eindeutigkeit* : A Neglected Theme in the Philosophical Background to General Relativity“, in EISENSTAEDT (Jean), KOX (Anne J.), Hg., *Studies in the History of General Relativity*, Boston, Birkhäuser, S. 154-243.
- HOWARD (D.), 1999, „Point Concidences and Pointer Coincidences : Einstein on Invariant Structure in Spacetime Theories“, in GOENNER (Hubert), RENN (Jürgen), RITTER (Joachim), SAUER (Tilmann), Hg., *The History of General Relativity*, Boston, Birkhäuser, S. 463-500.
- JAKI (Stanley L.), 1987, *Uneasy Genius. The Life and Work of Pierre Duhem*, The Hague, Martinus Nijhoff.
- KITCHER (Philip), 2005, „The Many-Sided Conflict between Science and Religion“, in MANN (William E.), Hg., *The Blackwell Guide to the Philosophy of Religion*, Oxford, Blackwell, S. 266-282.
- KRAGH (Helge), 2008, „Pierre Duhem, Entropy, and Christian Faith“, in *Physics in Perspective*, 10, S. 379-395.

- LADYMAN (James), 1998, „What is structural realism?“, in *Studies in History and Philosophy of Science*, 29, S. 409-424.
- LADYMAN (J.), 2007, „Structural realism“, in *Stanford encyclopaedia of philosophy*, /http://plato.stanford.eduS.
- LAUDAN (Larry), 1981, „A Confutation of Convergent Realism“, in *Philosophy of Science*, 48, S. 19-49.
- LUGG (Andrew), 1990, „Pierre Duhem’s Conception of Natural Classification“, in *Synthese*, 83, S. 409-420.
- LYRE (Holger), 2006, „Strukturenrealismus“, in *Information Philosophie*, 4, S. 32-37.
- LYRE (H.), 2007, „Philosophische Probleme von Raumzeit-Theorien“, in BARTELS (Andreas), STÖCKLER (Manfred), Hg., *Wissenschaftstheorie. Ein Studienbuch*, Paderborn, Mentis, S. 223-244.
- MAIIOCCHI (Roberto), 1985, *Chimica e filosofia, scienza, epistemologia, storia e religione nell’opera di Pierre Duhem*, Firenze, La Nuova Italia.
- MAIIOCCHI (R.), 1990, „Pierre Duhem’s *The Aim and Structure of Physical Theory* : A Book Against Conventionalism“, in *Synthese*, 83, S. 385-400.
- MARTIN (Randall N.D.), 1991, *Pierre Duhem. Philosophy and History in the Work of a Believing Physicist*, La Salle, Open Court.
- MENTRÉ (François), 1922, „Pierre Duhem, le théoricien (1861-1916)“, in *Revue de philosophie*, 29, S. 449-473, 608-627.
- MORAN (Michel), SHAPIRO (Howard), 2009, *Fundamentals of Engineering Thermodynamics*, New York, John Wiley and Sons.
- NEEDHAM (Paul), 1996, „Aristotelian Chemistry. A Prelude to Duhemian Metaphysics“, in *Studies in History and Philosophy of Science*, 27, S. 251-269.
- NEUBER (Matthias), 2009, „Energetik im deutsch-französischen Kontext : Wilhelm Ostwald und Abel Rey“, in STEKELER-WEITHOFER (Pirmin), KADEN (Heiner), PSARROS (Nikolaos), Hg., *Ein Netz der Wissenschaften ? Wilhelm Ostwalds „Annalen der Naturphilosophie“ und die Durchsetzung wissenschaftlicher Paradigmen (Abhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Philologisch-historische Klasse, Band 81, Heft 4)*, Stuttgart/Leipzig, Hirzel, S. 98-112.
- NEUBER (M.), 2010, „Philosophie der modernen Physik – Philipp Frank und Abel Rey“, in *Grazer Philosophische Studien*, 80, S. 131-149.
- NEUBER (M.), 2012, *Die Grenzen des Revisionismus – Schlick, Cassirer und das „Raumproblem“*, Wien/New York, Springer.
- NEWTON-SMITH (William), 1989, „The Truth in Realism“, in *Dialectica*, 43, S. 31-45.
- NORTON (John), 1987, „Einstein, the Hole Argument and the Reality of Space“, in FORGE (John), Hg., *Measurement, Realism and Objectivity*, Dordrecht, Reidel, S. 153-188.
- PARODI (Dominique), 1919, *La Philosophie contemporaine en France. Essai de classification des doctrines*, Paris, Alcan.
- PAUL (Harry W.), 1979, *The Edge of Contingency. French Catholic Reaction to Scientific Change from Darwin to Duhem*, Gainesville, University Presses of Florida.
- PETRUS (Klaus), 1996, „Naturgemäße Klassifikation und Kontinuität, Wissenschaft und Geschichte. Überlegungen zu Pierre Duhem“, in *Journal for General Philosophy of Science*, 27, S. 307-323.
- PSILLOS (Stathis), 1999, *Scientific Realism. How science tracks truth*, London, Routledge.
- REY (Abel), 1904, „La philosophie scientifique de M. Duhem“, in *Revue de métaphysique et de morale*, 12, S. 699-744.

- REY (A.), 1906a, *Leçons de morale fondées sur l'histoire des mœurs et des institutions : écoles normales... écoles primaires supérieures*, Paris, Rieder.
- REY (A.), 1906b, „La physique de M. Duhem“, in *Annales de philosophie chrétienne*, 77, S. 535-537.
- REY (A.), 1908, *La Philosophie moderne*, Paris, Flammarion.
- SAGERET (Jules), 1920, *La Vague mystique*, Paris, Bélénos.
- SCHIEMANN (Gregor), 1997, *Wahrheitsgewissheitsverlust. Hermann von Helmholtz' Mechanismus im Anbruch der Moderne. Eine Studie zum Übergang von klassischer zu moderner Naturphilosophie*, Darmstadt, Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- STACHEL (John), 2002, „The Relation between Things' versus 'The Things between Relations' : The Deeper Meaning of the Hole Argument“, in MALAMENT (David), Hg., *Reading Natural Philosophy. Essays in the History and Philosophy of Science and Mathematics*, Chicago, Open Court, S. 231-266.
- TIPLER (Frank J.), 1994, *Die Physik der Unsterblichkeit. Moderne Kosmologie, Gott und die Auferstehung von den Toten*, München, Piper.
- TIPLER (F. J.), 2008, *Die Physik des Christentums. Ein naturwissenschaftliches Experiment*, München, Piper.
- VAN FRAASSEN (Bas), 1980, *The Scientific Image*, Oxford, Oxford University Press.
- VAN FRAASSEN (B.), 2006, „Structure : Its shadow and substance“, in *The British Journal for the Philosophy of Science*, 57, S. 275-307.
- VICAIRE (Eugène), 1893, „De la valeur objective des hypothèses physiques à propos d'un article de M. P. Duhem“, in *Revue de questions scientifiques*, 33, S. 451-510.
- WORRALL (John), 1989, „Structural Realism : The Best Of Both Worlds ?“, in *Dialectica*, 43, S. 99-124.