

PHILOSOPHIE DER MODERNEN PHYSIK – PHILIPP FRANK UND ABEL REY

Matthias NEUBER
Universität Tübingen

Summary

The aim of this paper is to show that the French philosopher and historian of science Abel Rey (1873–1940) played a more influential role in the formative phase of the Vienna Circle than hitherto supposed. On the whole, it will be argued that Rey's contribution had political impact. His interpretation of “modern physics” in 1907 in the face of the alleged “bankruptcy of science” should be appreciated as a masterpiece of *applied enlightenment thought*. As such, it was especially paradigmatic for Philipp Frank's (politically motivated) “positivist” defense of the theory of relativity and quantum mechanics against the irrationalist tendencies of the 1920s and 1930s.

In der historischen Erforschung der Philosophie des Wiener Kreises spielen die vielfältigen Bezüge, die sich zur französischen Wissenschaftsphilosophie des frühen 20. Jahrhunderts herstellen lassen, eine nicht zu unterschätzende systematische Rolle. Waren es doch insbesondere die Schriften Henri Poincarés, Pierre Duhems und Abel Reys, die bereits einen zentralen Bezugspunkt der Diskussionen des sog. *ersten* Wiener Kreises bildeten (vgl. Haller 1993, Uebel 2000, Brenner 2003). Philipp Frank – neben Hans Hahn und Otto Neurath der wichtigste Repräsentant dieses ersten Wiener Kreises – war, was die Rezeption der französischen Wissenschaftsphilosophie anbelangt, wohl die treibende Kraft (vgl. Nemeth 2007). Dabei fällt auf, dass Frank nicht nur die Schriften Poincarés und Duhems als wichtige Inspirationsquellen eines sich unter den Vorzeichen „wissenschaftlicher Weltauffassung“ erneuernden Positivismus würdigte, sondern auch *und insbesondere* dem Beitrag des sehr viel weniger bekannten Rey den Stellenwert eines für die Philosophie des Wiener Kreises bedeutsamen Einflussfaktors zuteil werden ließ. Man mag sich fragen, warum. Besteht nicht hinreichend Grund zu der Annahme, dass Rey im Unterschied zu

den mittlerweile als „Klassiker“ gehandelten Duhem und Poincaré nur eine vernachlässigenswerte Randfigur war?

Ich möchte im Folgenden verdeutlichen, dass der Einfluss Reys auf das Selbstverständnis des Wiener Kreises tatsächlich gewichtiger war, als bisher angenommen worden ist. Allerdings – und dies hat wohl auch Frank schon so gesehen – waren die Impulse, die von Rey auf den Wiener Kreis ausgingen, nicht unmittelbar theoretischer Natur, sondern eher praktischer, genauer gesagt politischer Art. Rey, so meine im Folgenden zu begründende These, stand wie kein anderer französischer Wissenschaftsphilosoph des frühen 20. Jahrhunderts für das Programm einer emanzipatorisch wirksam werdenden Wissenschaftsphilosophie. Seine Deutung der „modernen“ Physik war dabei der paradigmatische Anwendungsfall. In ihr vor allem konnte Frank die für den Wiener Kreis so eminent wichtige Anbindung der wissenschaftsphilosophischen Reflexion an das übergeordnete Projekt der *Aufklärung* verwirklicht sehen. Wie sich ergeben wird, liegt hierin – nach wie vor – die Aktualität des Beitrags Reys begründet.

1. *Rey über moderne Physik*

Geboren 1873 in Chalon-sur-Saône, gehörte Abel Rey¹ zu den Vertretern der in Frankreich um 1900 erstarkenden Bewegung eines „positivisme nouveau“ (vgl. Brenner 2006). Nach seiner Promotion im Jahre 1906 wirkte Rey, der u. a. bei Émile Boutroux und Henri Poincaré Philosophie und Mathematik studiert hatte, zunächst als Professor für Geschichte der Philosophie in Dijon, wo er ein Laboratorium für experimentelle Psychologie einrichtete und Bekanntschaft mit dem berühmten Historiker (und Mitbegründer der Annales-Schule) Lucien Febvre schloss. 1919 wird Rey – als Nachfolger Gaston Milhau – auf den „chaire d’histoire de la philosophie dans ses rapports avec les sciences“ der Pariser Sorbonne berufen, auf welchem ihm später sein berühmtester Schüler – Gaston Bachelard – nachfolgen wird. Rey befreundet sich mit dem einflussreichen Soziologen und Ethnologen Marcel Mauss, mit dem er sich gemeinsam in der sozialistischen Bewegung engagiert (vgl. dazu auch Fournier 2006, 207). 1932 gründet Rey an der Sorbonne 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

1. Ausführliche Informationen zu Leben und Werk finden sich in Brunschvicg 1940, Ducassé 1940, Braunstein 2006.

Wissenschaftsgeschichte. Im Jahre 1935 ist er (als Mitglied des örtlichen Komitees) an der Organisation des legendären Pariser „Congrès international de philosophie scientifique“ beteiligt. Dort tritt er wohl erstmals in unmittelbarem Kontakt mit Philipp Frank und anderen Mitgliedern des Wiener Kreises (u. a. Moritz Schlick, mit dem er auch brieflich korrespondierte). Rey, der sich in seinen letzten Lebensjahren vornehmlich mit der Wissenschaft des antiken Griechenland befasst, stirbt 1940 in Paris.

Laut Wladimir Iljitsch Lenin war Rey „ein Wirrkopf und zur Hälfte Machist“ (Lenin 1948, 268). Etwas vornehmer ausgedrückt, war er ein durch die „historisch-kritische Methode“ Machs inspirierter Wissenschafts- und Philosophiehistoriker mit einem erstaunlich breiten Interessenspektrum. Zu seinen wichtigsten philosophischen bzw. philosophiehistorischen Publikationen zählen seine 1907 veröffentlichte Dissertation *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains*, die beiden 1908 erschienenen Abhandlungen *La philosophie moderne* und *L'énergetique et le mécanisme* sowie sein 1927 publiziertes Spätwerk *Le retour éternel et la philosophie de la physique*. Darüber hinaus ist Rey als Verfasser eines für den gymnasialen Schulunterricht konzipierten Lehrbuchs der Philosophie und Psychologie in Erscheinung getreten.²

Für den gegenwärtigen Kontext genügt es, sich auf Reys Dissertation zu beschränken, die 1908 unter dem Titel *Die Theorie der Physik bei den modernen Physikern* in deutscher Übersetzung erschien. Die wesentliche Botschaft dieser (interessanterweise von dem Wiener Philosophen Rudolf Eisler ins Deutsche übertragenen) Abhandlung ist, dass der um 1900 sich immer deutlicher abzeichnende Niedergang des sog. mechanistischen Weltbildes oder – genauer und zutreffender gesagt – der Niedergang dessen, was Rey „traditionellen Mechanismus“ nennt, nicht zu der Ansicht verleiten dürfe, die Physik sei mit ihrem Anspruch einer mechanistischen, sämtliche Naturvorgänge letztlich in Mechanik auflösenden Erklärung endgültig gescheitert. Im Gegenteil: Laut Rey bleibt der mechanistische Erklärungsanspruch trotz aller sich offenbarenden Widrigkeiten intakt.

Zwei Fragen tun sich an dieser Stelle auf: (1) Innerhalb welches wissenschafts- bzw. philosophiehistorischen Kontexts ist Reys Diagnose zu sehen? (2) Was genau versteht Rey unter „Mechanismus“?

Zunächst zur ersten Frage. Es gehört zu den kennzeichnenden Merkmalen der in Frankreich um 1900 geführten philosophischen Diskussion, dass nicht nur die Physik, sondern die Wissenschaft im Allgemeinen auf

2. Ein umfassendes Verzeichnis der Schriften Reys bietet Braunstein 2006, 190f.

massive Weise in Frage gestellt, ja regelrecht angegriffen wurde. Die Parole vom „Bankrott der Wissenschaft“ (*banqueroute de la science*) machte die Runde, und die bevorzugte Zielscheibe dieses vernichtenden Urteils waren die in der damaligen Physik und insbesondere auch Chemie sehr zahlreich vertretenen Repräsentanten einer mechanistischen Naturauffassung.³ Rey beschreibt dieses Szenario so:

Das Scheitern des traditionellen Mechanismus, oder genauer die Kritik, der er unterworfen ward, führte zu der Behauptung: die Wissenschaft selbst ist gescheitert. Aus der Unmöglichkeit, an dem traditionellen Mechanismus rein oder überhaupt festzuhalten, schloss man: die Wissenschaft ist nicht mehr möglich. (Rey 1908a, 16f.)

Rey hält dies für eine unzulässige Verallgemeinerung, die er mit den Bestrebungen eines erstarkenden philosophischen „Irrationalismus“ und „Anti-Intellektualismus“ in Verbindung bringt (vgl. Rey 1908a, Vorwort). Und in der Tat: Nirgendwo wurde die – ursprünglich im Kontext der Literaturkritik aufgebrachte – Parole vom „Bankrott der Wissenschaft“ so dankbar aufgenommen wie unter den Anhängern der der Lebensphilosophie und dem philosophischen Intuitionismus (bzw. Spiritualismus) zuzurechnenden Schriften Henri Bergsons, Maurice Blondels, Édouard Le Roys und Georges Sorels. Mehr noch: Was die im engen Sinne philosophischen Aspekte der „Bankrott“-Parole anbelangt, ist offensichtlich, dass es der lange Zeit vorherrschende (Comte-Littrésche) *Positivismus* war, der – gemeinsam mit der für verblichen erklärten Wissenschaft – zu Grabe getragen werden sollte.⁴ Rey indes blieb dem Trauerzug fern. Denn nach seiner Ansicht gab es überhaupt nichts zu begraben. Rey wörtlich:

Es bleibt als die notwendige und hinreichende Bedingung der intellektuellen Gesundheit, dass wir dem Geiste eine wissenschaftliche Haltung in dem Sinne geben, wie ihn der Positivismus und die positive Physik verstanden. Die Physik ist die Schule, wo wir die Erkenntnis der Dinge lernen. (Rey 1908a, 19)

Anders als die Anhänger der „Bankrott“-Parole hielt Rey also sowohl am mechanistischen Erklärungsanspruch als auch am Positivismus fest. Insofern ist sein Standpunkt zunächst einmal als „konservativ“ zu bezeichnen.

3. Siehe dazu im Einzelnen Paul 1968.

4. Siehe dazu wiederum im Einzelnen Paul 1968; ferner Parodi 1925, insbes. Kap. VII und IX.

Es ist nun wichtig zu sehen, dass der Standpunkt Reys wenngleich einerseits konservativ, so doch andererseits auch durchaus *progressiv* war. Dies führt uns zur zweiten der beiden eingangs formulierten Fragen, nämlich der Frage, was genau Rey unter „Mechanismus“ versteht. Hierzu ist zuallererst zu bemerken, dass auch Rey den mechanistischen Erklärungsanspruch in bestimmter Hinsicht für gescheitert hält. Denn das, was er als „traditionellen Mechanismus“ bezeichnet, ist das – auch in seinen Augen nicht mehr aufrecht zu erhaltende – Programm der Reduktion des gesamten Naturgeschehens auf *ontologisch interpretierte Kräfte* (vgl. Rey 1908a, 20–44 und Rey 1908b, 163). Diese, auf Newton zurückgehende und noch Mitte des 19. Jahrhunderts von Hermann von Helmholtz verfochtene „Mechanik der Kräfte“ (vgl. Helmholtz 1847) geriet vor allem durch das Aufkommen des Energieprinzips und des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik in eine veritable Krise. Wie Rey in sehr eingehender Weise schildert, kam diese Krise zu Beginn des 20. Jahrhunderts voll zum Ausbruch, und zwar derart, dass auch *innerhalb der Physik* die Forderung nach einer „Überwindung“ des traditionellen Mechanismus immer lauter wurde.⁵

Es ist dies genau der Punkt, an welchem Rey mit seiner Studie klärend einzugreifen versucht. In ausdrücklicher Übereinstimmung mit den Vertretern der „Bankrott“-Parole diagnostiziert auch er eine Krise der zeitgenössischen Physik. Doch sieht er in diesem Szenario – ganz anders als die Vertreter der „Bankrott“-Parole – nicht etwa das Ende, sondern vielmehr den Anfang einer neuen, „modernen“, Physik. Dabei unterscheidet er drei verschiedene *innerphysikalische* Strategien der Überwindung des traditionellen Mechanismus: (1) die „rein begriffliche“ (oder energetische) Richtung, wie er sie insbesondere in den Auffassungen Ostwalds, Machs und Duhems verwirklicht sieht (vgl. Rey 1908a, 45ff.), (2) die „kritische“ Richtung, die er mit dem Konventionalismus Poincarés zusammenfallen lässt (vgl. Rey 1908a, 157ff.) sowie (3) die „neomechanistische“ Richtung oder das, was Rey als die unter den zeitgenössischen Physikern – namentlich vor allem Maxwell, Thomson, Hertz, Perrin und Boltzmann – vorherrschende Sichtweise eines nicht etwa aufzugebenden, sondern unter den Vorzeichen der hypothetischen Abschwächung seines ursprünglich metaphysischen Erklärungsanspruchs zu *erneuernden* Mechanizismus betrachtet (vgl. Rey 1908a, 203ff.). Kurz, das progressive Moment im Standpunkt Reys liegt

5. Siehe dazu auch Rey 1908b, 113–116 sowie, aus jüngerer Sicht, Klein 1973 und Schiemann 1997.

in seinem Glauben an die in diesen drei Überwindungsstrategien sich dokumentierende Entwicklungsfähigkeit der Physik im Allgemeinen und an die in Gestalt der neomechanistischen Strömung sich dokumentierende Entwicklungsfähigkeit des mechanistischen Erklärungsanspruchs im Besonderen. Ein Punkt, auf den an späterer Stelle zurückzukommen sein wird.

2. Frank über Rey

Es ist offensichtlich und überraschend zugleich, dass Reys *La théorie de la physique* für den Entstehungshintergrund des Wiener Kreises von durchaus ernst zu nehmender Bedeutung war. Offensichtlich ist dies deshalb, weil vor allem in den Schriften Franks immer wieder auf die wichtige Rolle dieses Buches hingewiesen wird. Überraschend, weil dies in der bisherigen Erforschung der Geschichte des Wiener Kreises wenn überhaupt, dann nur am Rande berücksichtigt worden ist.⁶

Der erste deutschsprachige Autor, der sich zu Reys Buch äußerte, dürfte Wilhelm Ostwald gewesen sein. Wenngleich von Seiten Reys als wichtiger Repräsentant der innerphysikalischen Aufbruchstimmung gewürdigt (vgl. Rey 1908a, 110–15; ferner unmittelbar dazu Neuber 2009), sah Ostwald in Rey nichts weiter als einen halbherzigen Mechanizisten oder – wie er in einer im Jahre 1908 in den von ihm herausgegebenen *Annalen der Naturphilosophie* erschienenen Rezension des Reyschen Buches schreibt – „eine[n] der vielen Philosophen, welche sich nicht entschließen können, die alte Mechanik ganz zu verabschieden und sie deshalb auf ehrenvollen Halbsold unter Voraussetzung gelegentlicher Dienstleistungen setzen“ (Ostwald 1908, 351).

Es ist nun interessant zu sehen, dass es auch von Frank eine Rezension zu Reys Buch gibt. Allerdings ist Frank in seiner – 1910 in den *Monatsheften für Mathematik und Physik* erschienenen – Besprechung deutlich wohlwollender als Ostwald. Reys Werk, so Frank wörtlich,

ist das erste Buch in deutscher Sprache, das eine gründliche Zusammenfassung der modernen Forschungen auf dem Grenzgebiete von Physik und Philosophie bietet. Dadurch, dass ein bestimmter Gesichtspunkt – die Frage

6. Die, soweit ich sehe, ausführlichste Darstellung findet sich in Uebel 2000 (76f., 213f., 238–240). In Brenner 2003 – einem Buch, in dem es um die „französischen Ursprünge der Wissenschaftsphilosophie“ geht – wird Rey, wie in den meisten anderen Darstellungen auch, nur als Randfigur behandelt.

nach der Objektivität der Physik – in den Vordergrund gerückt wird, ist in glücklicher Weise ein Hauptfehler derartiger referierender Übersichten vermieden, nämlich die ermüdende Langeweile, die jede Aufzählung von Ansichten ohne Konzentration auf bestimmte Probleme mit sich bringt. A. Rey ist Fachphilosoph, Professor der Philosophie in Dijon. Sein kenntnisreiches und gründliches Buch über die Theorie der Physik wird vielleicht dazu dienen, die Geringschätzung, welche Philosophen und Physiker häufig gegeneinander hegen, zu überwinden. Denn nur durch gemeinsames Arbeiten auf dem Grenzgebiete, durch liebevolles Eingehen auch auf nicht gewohnte Terminologien, kann hier etwas geleistet werden. Und es wäre wünschenswert, dass ein Gebiet, aus dem Descartes, Leibniz und Kant so zahlreiche Anregungen geschöpft haben, nicht wegen Kompetenzkonflikten brach liegen bleibe. (Frank 1910, 45)

Man muss in diesem Zusammenhang sehen, dass Franks Lektüre von Reys *La théorie de la physique* in die unmittelbare Gründungsphase des sog. ersten Wiener Kreises fällt. So schreibt Frank in dem einleitenden Rückblick seines 1949 publizierten Buches *Modern Science and its Philosophy*, dass er unmittelbar nachdem er 1907 an der Wiener Universität seine Promotion in Physik abgeschlossen hatte, in näheren Kontakt zu Hans Hahn und Otto Neurath trat, mit denen er sich, um über wissenschaftsphilosophische Themen zu diskutieren, jeden Donnerstag Abend in „one of the old Viennese coffee houses“ traf. Frank weiter: „At that time a prominent French historian and philosopher of science, Abel Rey, published a book which later was to make a great impression on me“ (Frank 1949, 2). Gemeint ist Reys *La théorie de la physique*, und die Frage, die sich stellt, ist, *warum* dieses Buch auf Frank „einen großen Eindruck“ hinterließ.

Orientiert man sich zunächst wieder am Einleitungskapitel zu *Modern Science and its Philosophy*, dann sind es offenkundig zwei den Beitrag Reys betreffende Punkte, die Frank für besonders erwähnenswert hält: (1) war Rey laut Frank einer der ersten, welche die Bedeutung des Konventionalismus Henri Poincarés für das Projekt eines sich erneuernden Positivismus (Stichwort „positivisme nouveau“ bzw. „new positivism“) erkannten (vgl. Frank 1949, 9f.); (2) sieht Frank im Standpunkt Reys die Möglichkeit angelegt, die durch „Elementenlehre“ und „Ökonomieprinzip“ gekennzeichnete wissenschaftsphilosophische Position Ernst Machs in den solcherart sich erneuerenden Positivismus zu integrieren und somit der für jeglichen Positivismus konstitutiven Verpflichtung auf eine empirische Beobachtungsbasis in angemessener Weise Rechnung zu tragen (vgl. Frank 1949, 14f.). Beide Punkte, der Bezug zum Konventionalismus

Poincarés und die Nähe zum Positivismus Machs, sind in der einschlägigen Forschungsliteratur hinreichend gut dokumentiert (vgl. Haller 1985, 348–350; Stadler 1997, 170–172; Uebel 2000, 238–240; Brenner 2003, 118–120; Holton 2006, 305f.). Doch betreffen sie nur den, wie ich es nennen möchte, *mittelbaren* (da über die Ansichten Machs und Poincarés sich allererst konstituierenden) Einfluss Reys. Darüber hinaus, so meine These, lässt sich auch ein *unmittelbarer* Einfluss konstatieren, der durch die beiden genannten Punkte nicht zu erfassen ist und der im Wesentlichen mit den Begriffen „Aufklärung“ und „Objektivität“ zusammenhängt.⁷

3. *Rey und Frank im Aufklärungsdiskurs*

Geht man also davon aus, dass es neben dem über die Synthese der Ansichten Machs und Poincarés vermittelten Einfluss Reys auf den Wiener Kreis – ein Einfluss, den Frank im Übrigen nicht Rey allein, sondern vor allem auch Duhem zuschreibt (vgl. Frank 1949, 15)⁸ – noch so etwas wie eine unvermittelte, direkte Form der Beeinflussung gab, empfiehlt es sich, zunächst noch einmal kurz auf Franks Rezension aus dem Jahre 1910 zurückzukommen. Was Frank dort, wie bereits zitiert, als besonders lobenswert hervorhebt, ist Reys Konzentration auf eine ganz bestimmte Frage, nämlich auf die Frage nach der „Objektivität der Physik“. Was hat es mit dieser Frage näher auf sich? Oder besser: Was genau *versteht* Rey unter „Objektivität der Physik“?

Hier nun ist es wichtig klar zu stellen, dass Rey den Objektivitätsbegriff (ohne dies immer kenntlich zu machen) in zweifacher Weise verwendet: einmal – gewissermaßen „internalistisch“ – als *erkenntnistheoretischen* Wertmaßstab im Sinne des Ideals stabiler, intersubjektiv verbindlicher Naturerkenntnis; und zum anderen – gewissermaßen „externalistisch“ – als *gesellschaftspolitischen* Wertmaßstab im Sinne des Ideals vernunftgeleiteter Erziehung oder, allgemeiner, im Sinne eines rationalen Bildungs-

7. Anmerkungsweise sei darauf hingewiesen, dass Franks Ansichten zur „Genealogie“ des Wiener Kreises in bestimmter Hinsicht systematisch unvollständig sind. So ignoriert er – obwohl zu Beginn seiner philosophischen Karriere selbst nicht unmaßgeblich durch bestimmte Philosopheme Kants inspiriert – vor allem die engen Verbindungslinien, die sich zwischen Rudolf Carnaps *Der logische Aufbau der Welt* (1928) und dem „logischen Idealismus“ der Marburger Neukantianer (und dabei insbesondere Ernst Cassirers) herstellen lassen. Vgl. zu diesen – lange Zeit auch in der historischen Erforschung des Wiener Kreises verborgen gebliebenen – Verbindungslinien insbesondere Sauer 1985 und Friedman 1999.

8. Ich danke Elisabeth Nemeth für diesen Hinweis.

deals. Beide Verwendungsweisen hängen für Rey aufs Engste miteinander zusammen. Denn seine Konzentration auf die Frage nach dem „objektiven Wert der Physik“ (Rey 1908a, 3) richtet sich ganz ausdrücklich gegen die Vertreter der „Bankrott“-Parole, wobei deren Strategie sich dahingehend beschreiben lässt, dass – aufgrund, wie er meint, bestimmter „soziale[r] Vorurteile“ (Rey 1908a, 203) – von der erkenntnistheoretischen auf die gesellschaftspolitische Wertlosigkeit der Physik geschlossen wird.⁹ Um dieser Strategie effizient begegnen zu können, muss Rey also zeigen, dass die zeitgenössische Physik einen gesellschaftspolitisch „objektiven Wert“ aufweist, weil sie einen erkenntnistheoretisch „objektiven Wert“ aufweist. Und dies ist auch genau die Vorgehensweise, die er einschlägt. Es sei mir an dieser Stelle gestattet, eine etwas längere Passage aus *La théorie de la physique* zu zitieren:

Wenn diese Wissenschaften [gemeint sind Physik und Chemie; M. N.], welche in der Geschichte wesentlich emanzipatorisch gewirkt haben, in einer Krise untergehen, die ihnen nur die Bedeutung technisch nützlicher Sammlungen lässt, ihnen aber jeden Wert in Beziehung auf die Naturerkenntnis benimmt, so muss dies in der logischen Kunst und in der Geschichte der Ideen einen völligen Umsturz bewirken. Die Physik büßt allen Bildungswert ein, der positive Geist, den sie darstellte, ist ein gefährlicher Lügengeist. Vernunft, rationale Methode, experimentelle Methode müssen mit gutem Gewissen als wissenschaftlich völlig wertlos betrachtet werden. Es sind praktische Operationen, nicht Erkenntnismittel. [...] Wenn es sich im Gegenteil zeigt, dass in der gegenwärtigen Physik nichts dazu berechtigt, diese Krisis als notwendig und unheilbar anzusehen, wenn alles uns dem Glauben geneigt macht, dass das Problem der Naturerkenntnis und sodann auch der Möglichkeit der physiko-chemischen Wissenschaften in eben der Kraft, mit der sie sich seit der Renaissance entwickelt hat, intakt bleibt, dann bleibt die rationale und positive Methode die oberste Erzieherin des menschlichen Geistes [...]. Die vorliegende Arbeit ist also nicht bloß theoretischer Art, sondern sie vermag auch gewichtigen und aktuellen Vorurteilen zu begegnen. (Rey 1908a, 18f.)

Was diese Ausführungen so bemerkenswert macht, ist die für den Topos des *angewandten Aufklärungsdenkens* so charakteristische Verknüpfung von Theorie und Praxis. Diese findet sich nicht nur im letzten Satz des 1929 publizierten offiziellen „Manifests“ des Wiener Kreises wieder – „Die

9. Siehe in diesem Zusammenhang v. a. auch Rey 1908b, 148–155 sowie Paul 1968 und Ringer 1992, Kap. 4.

wissenschaftliche Weltauffassung dient dem Leben und das Leben nimmt sie auf“ (Neurath 1981, 315) –, sondern schon rund zwanzig Jahre früher im Kontext der Diskussionen des sog. ersten Wiener Kreises.¹⁰ Frank hat dies in *Modern Science and its Philosophy* hinreichend klar betont und dabei allerdings auch darauf hingewiesen, dass Reys in der Tradition der Aufklärung stehende Reflexionen über den „objektiven Wert“ der Physik sich ihm in ihrer vollen Tragweite erst in den 1920er Jahren – mit dem Aufkommen der Quantenmechanik – erschlossen. Frank wörtlich:

The new science of quantum theory gave rise to a repetition of the crisis that had been precipitated about 1905 by the relativity theory, but with even greater intensity. Again it was maintained that scientific method had failed. (Frank 1949, 45f.)

Verstand Rey unter „moderner“ Physik noch insbesondere die im Zusammenhang mit dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik unternommen Theoriebildungsversuche (also vor allem Energetik und statistische Mechanik), so ist für Frank „moderne“ Physik in erster Linie durch Relativitätstheorie und Quantenmechanik charakterisiert. Dennoch gibt es einen identischen Bezugspunkt, nämlich das Szenario einer *die Wissenschaft als solche* in ihrem Dasein bedrohenden „Krise“.

Um nun zu sehen, dass Frank in diesem Zusammenhang fast nahtlos an die aufklärungsorientierte Verteidigungsstrategie Reys anknüpfen konnte, ist es wichtig, sich zu vergegenwärtigen, dass die Situation im deutschsprachigen Raum um 1920 sehr stark der Situation in Frankreich um 1900 glich (so auch Heidelberger 2002, 86f.). So argumentierte die überwiegende Mehrzahl der bekannteren akademischen Philosophen, wie beispielsweise Oswald Spengler, Ernst Troeltsch, Max Scheler oder Othmar Spann, in ganz auffälliger Analogie zu den französischen Anhängern der „Bankrott“-Parole. Besonders extrem war dabei der Standpunkt von Troeltsch, der sich gegen den gesamten „mathematisch-mechanistischen Geist“ der Aufklärungstradition wandte und stattdessen für ein „organi-

10. Man könnte – zynischerweise – die Ansicht vertreten, bei dem zitierten letzten Satz des Manifests des Wiener Kreises handele es sich um eine Art von Anbiederung an die gegen Ende der 1920er Jahre sichtlich erstarkende Lebensphilosophie. Sieht man genauer hin, stellt man fest, dass der Kontext dieses Satzes sich um bestimmte Entwicklungen des sog. *öffentlichen* Lebens dreht: Erziehungs- und Unterrichtswesen, moderne Architektur (v. a. Bauhaus), Wirtschafts- und Gesellschaftsorganisation. Dies gegeben, erscheint es naheliegender, anstelle von einer Anbiederung an die Lebensphilosophie von einer klaren *Abgrenzung* von der Lebensphilosophie auszugehen.

ches“ Konzept von „Bildung“ plädierte (vgl. Troeltsch 1923). Und auch der von Frank als typischer Repräsentant der deutschen „Schulphilosophie“ gekennzeichnete Spann ging mit seinem „Ganzheitsdenken“ in eine Richtung, die nichts Gutes verhieß. Jedenfalls gab sich Spann als klarer Gegner der zeitgenössischen Naturwissenschaft und sprach dieser ausdrücklich die „Würde echter auf Ganzheit und Wesen gehender Wissenschaften“ – womit er klarerweise die *Geisteswissenschaften* meinte – ab (vgl. Spann 1924, zitiert nach Frank 1932, 54f.).

Es war eben dieser Kontext eines in der deutschen akademischen Philosophie der 1920er Jahre um sich greifenden Unbehagens in der mathematisch-naturwissenschaftlich geprägten Kultur, das, wie Arnold Sommerfeld es formulierte, zu einer „Welle der Irrationalität und Romantik“ führte (Sommerfeld 1927, 231) und das vom Großteil der akademischen Philosophen zum Anlass genommen wurde, um eine Krise der durch Relativitätstheorie und Quantenmechanik gekennzeichneten modernen – *unanschaulich-abstrakten* – Physik zu diagnostizieren (vgl. dazu v. a. auch Forman 1971).

Wohl nirgendwo anders hat Frank auf dieses Krisenszenario in so offenkundiger Fortsetzung des Grundanliegens von Reys *La théorie de la physique* reagiert wie in seinem 1928 publizierten Aufsatz „Über die ‚Anschaulichkeit‘ physikalischer Theorien“. Dort weist er an entscheidender Stelle darauf hin, dass

wir gerade in diesen neuen Theorien, der Relativitätstheorie wie der Quantenmechanik, ein wichtiges Anzeichen dafür besitzen, dass die Grundidee des Materialismus der Aufklärungszeit, die mathematische Darstellung alles Naturgeschehens, nicht notwendig an den primitiven Mechanismus geknüpft ist, dass also dessen Unfähigkeit, die Natur als Ganzes zu umfassen, kein Beweis für den „Bankrott des Materialismus“ ist, sondern dass die allmähliche wissenschaftliche Durchdringung des Weltgeschehens auch heute noch in derselben Richtung fortschreitet, die etwa durch die dem Weltsystem eines Laplace zugrunde liegenden methodischen Ideen sich kennzeichnen lässt. „Überwunden“ ist nicht der Materialismus, sondern seine erste Gestalt als Vorstellung, alles Geschehen sei im Grunde nur die Bewegung kleiner Pünktchen in einem mehr oder weniger stofflich gedachten Raum. (Frank 1928, 127f.)

Augenfälliger könnte die Nähe zu Rey nicht sein: Angesichts einer vermeintlichen Krise der modernen Physik wird auf deren Kontinuität mit dem rationalen (mathematisierten) Erkenntnisideal der Aufklärung verwie-

sen, als überwunden indes nur eine bestimmte Vulgärversion des „Materialismus“ (bzw. Mechanizismus) betrachtet.

Man kann die programmatische Nähe zu Rey noch weiter spezifizieren: Was aus der Perspektive Franks – vor allem auch im Hinblick auf die für ihn so wichtige Frage nach der *soziokulturellen Dimension* der modernen Physik (vgl. dazu im Einzelnen Nemeth 2003 und Holton 2006) – den Standpunkt Reys so attraktiv erscheinen ließ, war dessen Bekenntnis zu einem konsequenten „Relativismus“. So heißt es in *La théorie de la physique*:

In der modernen Physik befinden wir uns [...] überall auf dem Gebiete des Relativen. Die Physik weiß nichts von der Materie im metaphysischen Sinne des Wortes; was der Mechanismus unter Materie versteht, ist nicht die reale Ursubstanz, sondern die empirisch fundierte Synthese der allgemeinen Beziehungen, ein Erfahrungsinhalt, also ein Inbegriff von Relationen. (Rey 1908a, 312f.)

Es gilt hier zunächst zu sehen, dass der „Relativismus“, den Rey vertritt, in einer bestimmten Form des erkenntnistheoretischen *Relationalismus* gründet. Demnach ist der Erkenntnisanspruch der modernen Physik ein relativer, weil wir nichts anderes erkennen *können* als Relationen,¹¹ wobei Relationen aufzufassen sind als die Beziehungen, die sich zwischen den verschiedenen (und ständig wechselnden) Erfahrungsgehalten herstellen lassen (siehe dazu v. a. auch Rey 1908b, 150–153). Ganz ähnlich wie kurz später Ernst Cassirer (vgl. Cassirer 1910) geht Rey von der Annahme aus, dass es mit der somit herbeigeführten Relativierung des physikalischen Materiebegriffs zur Überwindung des metaphysischen Substanzdenkens kommt. In gewisser Weise steht er damit auch auf einer Seite mit Duhem und Poincaré (vgl. Duhem 1906, Kap. 1 u. 9 und Poincaré 1906, 198ff.). Doch ganz anders als Duhem und Poincaré ist Rey der festen Überzeugung, dass ein über die bloße „Rettung der Phänomene“ *hinausgehender* Erklärungsanspruch der Physik sich aufrechterhalten lässt. Denn nach der Ansicht Reys ändert der Umstand, dass es sich beim physikalischen Materiebegriff um einen erfahrungsgebundenen „Inbegriff von Relationen“ handelt, nichts an der grundsätzlich bestehenden Möglichkeit einer (kausalen) Erklärung des Naturgeschehens. Gäbe man diesen Anspruch auf, liefe man den Verfechtern der „Bankrott“-Parole in die Falle. Und eben hier sieht Rey den Schwachpunkt der von Duhem und Poincaré

11. Siehe dazu v. a. auch Rey 1908b, wo es u. a. heißt: „Si *relativ* signifie: qui porte sur des *relations*, la physique est *relative*“.

vertretenen Positionen.¹² Ob Reys eigener Standpunkt – wie er selber meint – noch mit den Grundannahmen eines konsequenten *Positivismus* vereinbar ist, sei allerdings dahingestellt.¹³

Den so umrissenen relationalistischen – und zugleich erfahrungsgebundenen – Relativismus vorausgesetzt, hält Rey es für vollständig vernünftig, davon auszugehen, dass Objektivität – als übergeordnetes Beurteilungsprinzip der modernen Physik – sich im Rahmen einer „menschheitliche[n] Philosophie der Materie und ihrer Erkenntnis“ (Rey 1908a, VII) realisieren lässt. Denn sobald der nur relative, durch Erfahrung jederzeit revidierbare Status physikalischer Gesetze und Theorien anerkannt wird, steht der Verpflichtung auf eine am Ideal der intersubjektiv verbindlichen Naturerkennnis orientierten Wissenschaftsauffassung nichts mehr im Wege. Als die in diesem Zusammenhang aussichtsreichste Realisierungsinstanz betrachtet Rey, wie er in den Schlussabschnitten seines Buches ausführlich darlegt, die neomechanistische Strömung, also diejenige Richtung innerhalb der zeitgenössischen Physik, die, wenngleich auch nur in hypothetisierter Form,

12. So ist Rey zwar stets darum bemüht, den Konventionalismus Poincarés gegen den radikalen, der Physik jeglichen kognitiven Wert absprechenden *Pragmatismus* (wie er nach seiner Ansicht v. a. von William James vertreten wurde) in positiver Hinsicht abzugrenzen (vgl. etwa Rey 1908b, 77f.). Doch in letzter Konsequenz geht ihm Poincarés relationalistische Deutung physikalischer Theorien und Gesetze nicht weit genug. Denn während nach Poincaré nur die „Beziehungen zwischen den *Empfindungen* einen objektiven Wert haben können“ (Poincaré 1906, 199; Hervorh. M.N.), postuliert Rey selbst darüber hinaus noch empfindungstranszendente *kausale* Beziehungen, die für das Auftreten der zwischen den Empfindungen bestehenden Beziehungen ursächlich verantwortlich sind (vgl. Rey 1908b, 150 u. 348ff.). Dies wiederum scheint in eine Richtung zu gehen, die der von Duhem vertretenen Doktrin der „naturgemäßen Klassifikation“ (vgl. Duhem 1906, Kap. 2 sowie Duhem 1905) sehr nahe kommt. Doch nichts wäre irreführender, als dies zu behaupten. Denn während Rey rein innerphysikalisch argumentiert, ist Duhems „naturgemäße Klassifikation“ im Kontext einer aristotelisch-thomistisch motivierten *Metaphysik* anzusiedeln, die sich selbst ausdrücklich als „une contre-révolution opposée a la révolution cartésienne“ (Duhem 1903, 348) auffasst. Eben hier sieht Rey das buchstäblich reaktionäre Moment der Konzeption Duhems (womit er sicherlich nicht falsch liegt). Interessant ist in diesem Zusammenhang überdies, dass Rey den „Szientismus“ Machs explizit verteidigt gegen den „Fideismus“ Duhems. Letzterer laufe (wie auch im Falle Bergsons) auf einen „mystischen Idealismus“ hinaus (vgl. Rey 1908b, 128–131).

13. Vergewenwärtigt man sich die in der gegenwärtigen Wissenschaftsphilosophie geführten Diskussionen um den sog. strukturellen Realismus (vgl. u. a. Worrall 1989, Ladyman 1998, van Fraassen 2006) könnte man durchaus zu der Ansicht gelangen, dass die Auffassung Reys hier eine wichtige Vorläuferrolle spielt. Doch ebenso unklar wie in der gegenwärtigen Diskussion ist auch bei Rey, inwiefern eine Position, die, was den empirischen Gehalt physikalischer Theorien angeht, auf Relationen bzw. Strukturen abhebt, nun als „realistisch“ oder „antirealistisch“ aufzufassen ist.

am mechanistischen Erklärungsanspruch festhält. Dazu wiederum eine längere Passage aus *La théorie de la physique*:

[D]er moderne Mechanismus [...] gibt durchaus zu, dass die einfachen Relationen, aus denen der ältere Mechanismus die notwendigen und zureichenden Bedingungen der Naturerklärung machte, in dieser Erklärung subsistieren müssen; aber sie stellen nur einen, und zwar einen abgeleiteten Teil oder ganz allgemeine und demnach hypothetische, unvollständige und vage Umriss derselben dar. Der Mechanismus setzt voraus, dass die Art und Weise, wie sie empirisch erworben wurden, eine Bürgschaft ihrer Stabilität sei. Aber der von ihm vertretene Empirismus verbietet ihm, darin etwas anderes zu sehen, als die an das *gegenwärtige Erfahrungs Ganze* best angepasste *Mutmaßung* und in dieser letzteren etwas anderes als einen Anfang [...]. Mit anderen Worten, die Elemente, welche die ältere, durch den traditionellen Mechanismus vertretene Physik als die gesichertsten ansah, betrachtet die neue Physik eben wegen der ihnen zugewiesenen fundamentalen und allgemeinen Rolle als hypothetisch, der Mechanismus ebenso wie die übrigen Richtungen, obzwar er ein viel größeres Zutrauen zu diesen Hypothesen hegt. (Rey 1908a, 320)

Was mit diesem Plädoyer für eine „konjekturale Physik“ (Rey 1908a, 322) eindeutig ausgeschlossen wird, ist also der dogmatisch-metaphysische Erklärungsanspruch, den Rey als das maßgebliche Charakteristikum der mechanistischen Physik in ihrer naiven, „traditionellen“, Ursprungsform betrachtet. Im Unterschied dazu ist die in der *zeitgenössischen* Physik sich etablierende neomechanistische Strömung laut Rey an das Kriterium gebunden, durch die Erfahrung „verifizierbar“ (Rey 1908a, 249) sein zu müssen. Doch dies bedeutet nicht, dass die Physik ihren Erkenntniswert einbüßt. Im Gegenteil: Erst dadurch, dass dem – später für den Wiener Kreis so zentralen – Kriterium der erfahrungsgebundenen Verifizierbarkeit entsprochen wird, lässt sich Objektivität in angemessener Weise operationalisieren, d. h. im Sinne intersubjektiv verbindlicher Naturerkenntnis an die experimentellen Überprüfungsverfahren einer grundsätzlich hypothetisch verfahrenen Physik anbinden (vgl. dazu auch Rey 1908b, Kap. VIII). Die – vor allem in soziokultureller Hinsicht relevante – Frontstellung gegen das wissenschaftsfeindliche Grundanliegen der „Bankrott“-Parole bleibt dabei gewahrt. Denn:

Im Gegensatz zu den skeptischen Behauptungen scheint es [...] berechtigt, zu sagen, dass der praktische Wert der Wissenschaft von ihrem theoretischen Wert sich ableitet; ihr Nützlichkeitswert besteht nur durch ihren Erkenntniswert. Sie beide sind die zwei untrennbaren und streng parallelen Seiten ihres objektiven Wertes. (Rey 1908a, 340)

Es dürften Stellen wie diese gewesen sein, die Frank in Rey einen Wegbereiter des am Topos des angewandten Aufklärungsdenkens orientierten Wissenschaftsverständnisses des Wiener Kreises sehen ließen. Verstärkt wurde diese Wertschätzung sicherlich durch den Umstand, dass der in der sozialistischen Bewegung engagierte Rey – anders als etwa der in dieser Hinsicht eher neutral agierende Poincaré und in ganz klarem Kontrast zu dem monarchistisch-katholizistisch ausgerichteten Duhem – gewissermaßen weltanschaulich „unverdächtig“ war.¹⁴ Jedenfalls war es für Frank von entscheidender Bedeutung, dass sich ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen der modernen (relativistischen) Physik auf der einen Seite und dem politischen Ideal der *Demokratie* auf der anderen Seite herstellen ließ (vgl. dazu ausführlich Frank 1950, ferner Nemeth 2007). In den 1930er Jahren wurde die Behauptung dieses Zusammenhangs für Frank zur Grundlage seiner Verteidigung der modernen Physik gegenüber einem sich nunmehr auch realpolitisch immer stärker verbreitenden anti-aufklärerischen Irrationalismus. So diagnostiziert er in einem 1935 in der Zeitschrift *Erkenntnis* publizierten Aufsatz zu der Frage „Zeigt sich in der modernen Physik ein Zug zu einer spiritualistischen Auffassung?“:

Es ist gewiss kein Zufall, dass der Höhepunkt der mechanistischen Naturauffassung, wie sie sich etwa bei einem Laplace findet, mit dem Siege der französischen großen Revolution zusammenfällt und dass der Kampf gegen die „Ideen von 1789“ von da an fast immer mit einer Kritik dieser Naturauffassung, einer Sehnsucht nach einer mehr idealistischen oder spiritualistischen Theorie zusammenfällt. Der Kampf gegen die „Ideen von 1789“ gipfelte in den letzten Jahren darin, dass in einer Reihe von Ländern, insbesondere in Italien und im Deutschen Reich eine ganz entgegengesetzte Weltauffassung sich politisch durchsetzte. Diese hat eine philosophische Grundlage, die vor allem in scharfem Gegensatz zur mechanistischen Naturauffassung steht und nach einer mehr „organischen“ Naturauffassung drängt, worunter man eine teilweise Rückkehr zur spiritualistischen oder animistischen Naturlehre des Mittelalters versteht, so wie die neue Staatsauffassung an den Ständestaat des Mittelalters anknüpft. (Frank 1935, 67)

14. Im Falle Poincarés ist anzumerken, dass auch dieser sich, wenngleich ausschließlich aus erkenntnistheoretischer Perspektive, mit der Frage nach dem „objektiven Wert“ der Wissenschaft und den Ansprüchen des „Anti-Intellektualismus“ auseinandersetzte. Siehe dazu die ausführliche Kritik an Le Roy in Poincaré 1906, S. 160–209. Zu dem mehr als offenkundigen Kontrast zwischen den weltanschaulichen Orientierungen Reys und Duhems vgl. die zwischen beiden vor allem im Hinblick auf das Verhältnis von Wissenschaft und Religion geführte Kontroverse in Rey 1904 und Duhem 1905.

Als Frank diese Zeilen schrieb, hatte die von den Nazis im unvergleichlichen Ausmaß organisierte „Vertreibung der Vernunft“ (Stadler 1987) schon ihren bald auch auf Österreich übergreifenden Lauf aufgenommen. Frank selber emigrierte 1938 in die USA, wo er die „Ideen von 1789“ hoffte weiter vorantreiben zu können (vgl. dazu ausführlich Holton 2006 sowie Reisch 2005, Kap. 10, 11, 15).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sowohl Rey als auch Frank in der jeweils zeitgenössischen Physik die „Fackelträgerin“ einer im Sinne des angewandten Aufklärungsdenkens emanzipatorisch wirksam werdenden Wissenschaftsphilosophie erkannten. Dadurch, dass beide sich auf den erkenntnistheoretisch „objektiven Wert“ der Physik festlegten, hatten sie das entscheidende Mittel an der Hand, um deren gesellschaftspolitisch „objektiven Wert“ in effizienter Form zu untermauern. Rey hatte diese Art des angewandten Aufklärungsdenkens in *La théorie de la physique* gewissermaßen vorexerziert. Und dies war, wie deutlich geworden sein sollte, der entscheidende Grund, warum dieses Buch auf Frank „einen großen Eindruck“ hinterließ.

4. Die Aktualität des Beitrags Reys

Abschließend noch ein kurzer Reflex auf die Gegenwart. Ist, so könnte man fragen, der am Ideal der Aufklärung orientierte Beitrag Reys auch heute noch relevant? erinnert man sich der sog. Sokal-Affäre, dann dürfte es nicht schwer fallen, diese Frage mit einem klaren „Ja“ zu beantworten. Die von Seiten der philosophischen „Postmoderne“ gerittenen Attacken gegen die angeblich vollkommen unverständlich gewordene und überfinanzierte Physik unserer Tage gleichen doch in sehr starkem Maße den „Bankrott“-Parolen des späten 19. und frühen 20. Jahrhunderts. Was man, wenn man den Verkündern einer postmodernen Wissenschaftsverabschiedung Paroli bieten will, zu tun hat, ist einigermaßen klar: Man muss den Nachweis erbringen, dass auch die – in der Tat hochgradig mathematisierten – Konzepte und Theorien der rezenten Physik einen erkenntnistheoretisch „objektiven Wert“ aufweisen. Dies ist zugegebenermaßen keine leichte Aufgabe. Aber sie ist es wert, in Angriff genommen zu werden.¹⁵

15. Erste Ansätze zu einer den erkenntnistheoretisch „objektiven Wert“ der rezenten Physik, genauer gesagt der Stringtheorie, herausstreichenden wissenschaftsphilosophischen Analyse finden sich in Dawid 2007.

LITERATUR

- Braunstein, Jean-François 2006: „Abel Rey et les débuts de l'institut d'histoire des sciences et des techniques (1932–1940)“. In: Michel Bitbol & Jean Gayon (Hg.), *L'épistémologie française, 1830–1970*. Paris: Presses Universitaires de France, 173–191.
- Brenner, Anastasios 2003: *Les origines françaises de la philosophie des sciences*. Paris: Presses Universitaires de France.
- 2006: „Un ‚positivisme nouveau‘ en France au début du XX^e siècle (Milhaud, Leroy, Duhem, Poincaré)“. In: Michel Bitbol & Jean Gayon (Hg.), *L'épistémologie française, 1830–1970*. Paris: Presses Universitaires de France, 11–25.
- Brunschvicg, Léon 1940: „Abel Rey“. *Thalès. Recueil annuel des travaux de l'institut des sciences et des techniques de l'Université de Paris* 4, 7–8.
- Cassirer, Ernst 1910: *Substanzbegriff und Funktionsbegriff. Untersuchungen über die Grundfragen der Erkenntniskritik*. Berlin: Verlag von Bruno Cassirer.
- Dawid, Richard 2007: „Scientific Realism in the Age of String Theory“. *Physics and Philosophy* 11, 1–35.
- Ducassé, Pierre 1940: „La vie et l'œuvre d'Abel Rey (1873–1940)“. *Annales de l'Université de Paris* 15 (2), 157–164.
- Duhem, Pierre 1903: *L'évolution de la mécanique*. Paris: A. Joanin.
- 1905: „Physique de croyant“. *Annales de Philosophie chrétienne* 77, 44–133.
- 1906: *La théorie physique, son objet et sa structure*. Paris: Vrin.
- Forman, Paul 1971: „Weimar Culture, Causality and Quantum Theory, 1918–1927: Adaption by German Physicists and Mathematicians to a Hostile Intellectual Environment“. *Historical Studies in the Physical Sciences* 2, 153–261.
- Fournier, Marcel 2006: *Marcel Mauss. A Biography*. Princeton & Oxford: Princeton University Press.
- Frank, Philipp 1910: „Abel Rey, *Die Theorie der Physik bei den modernen Physikern*“. *Monatshefte für Mathematik und Physik* 25, 43–45.
- 1928: „Über die ‚Anschaulichkeit‘ physikalischer Theorien“. *Die Naturwissenschaften* 16, 121–128.
- 1932: *Das Kausalgesetz und seine Grenzen*. Wien: Schriften zur wissenschaftlichen Weltauffassung.
- 1935: „Zeigt sich in der modernen Physik ein Zug zu einer spiritualistischen Auffassung?“. *Erkenntnis* 5, 65–80.
- 1949: *Modern Science and its Philosophy*. Cambridge: Harvard University Press.
- 1950: *Relativity: A Richer Truth*. Boston: Beacon.
- Friedman, Michael 1999: *Reconsidering Logical Positivism*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Haller, Rudolf 1985: „Der erste Wiener Kreis“. *Erkenntnis* 22, 341–358.
- 1993: „Der erste Wiener Kreis und die französischen Konventionalisten“. In: ders., *Neopositivismus. Eine historische Einführung in die Philosophie des Wiener Kreises*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 45–60.
- Heidelberger, Michael 2002: „Weltbildveränderungen in der modernen Physik vor dem Ersten Weltkrieg“. In: Rüdiger vom Bruch & Brigitte Kaderas (Hg.), *Wissenschaften und Wissenschaftspolitik. Bestandsaufnahmen zu Formationen, Brüchen und Kontinuitäten im Deutschland des 20. Jahrhunderts*. Stuttgart: Steiner, 84–96.
- Helmholtz, Hermann von 1847: *Über die Erhaltung der Kraft. Eine physikalische Abhandlung*. Braunschweig: Vieweg.
- Holton, Gerald 2006: „Philipp Frank at Harvard University: His Work and His Influence“. *Synthese* 153, 297–311.
- Klein, Martin J. 1973: „Mechanical Explanation at the End of the Nineteenth Century“. *Centaurus* 17, 58–82.
- Ladyman, James 1998: „What is Structural Realism?“. *Studies in the History and Philosophy of Science* 29, 409–424.
- Lenin, Wladimir I. 1948: *Materialismus und Empirio-kritizismus. Kritische Bemerkungen über eine reaktionäre Philosophie*. Moskau: Verlag für fremdsprachige Literatur.
- Nemeth, Elisabeth 2003: „Philosophy of Science and Democracy. Some Reflections on Philipp Franks *Relativity – A Richer Truth*“. In: Michael Heidelberger & Friedrich Stadler (Hg.), *Wissenschaftsphilosophie und Politik*. Wien & New York: Springer, 119–138.
- 2007: „Philipp Frank und die Verbindung Wien-Paris. Einige Notizen zum Briefwechsel Otto Neurath-Philipp Frank zwischen 1934 und 1938“. *Revue de Synthèse* 6, 209–216.
- Neuber, Matthias 2009: „Energetik im deutsch-französischen Kontext: Wilhelm Ostwald und Abel Rey“, in: Pirmin Stekeler-Weithofer, Heiner Kaden, Nikolaos Psarros (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 81 (4)), 98–112.
- Neurath, Otto 1981: „Wissenschaftliche Weltauffassung. Der Wiener Kreis“. In: ders., *Gesammelte philosophische und methodologische Schriften*. Wien: Holder-Pichler-Tempsky, 299–336.
- Ostwald, Wilhelm 1908: „Abel Rey, *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains*“. *Annalen der Naturphilosophie* 7, 350–351.
- Parodi, Dominique 1925: *La philosophie contemporaine. Essai de classification des doctrines*. Paris: Alcan.

- Paul, Harry W. 1968: „The Debate Over the Banruptcy of Science in 1895“. *French Historical Studies* 5, 416–450.
- Poincaré, Henri 1906: *Der Wert der Wissenschaft*. Leipzig: Teubner.
- Reisch, George A. 2005: *How the Cold War Transformed Philosophy of Science. The Icy Slopes of Logic*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Rey, Abel 1904: „La philosophie scientifique de M. Duhem“. *Revue de Métaphysique et de Morale* 12, 699–744.
- 1908a: *Die Theorie der Physik bei den modernen Physikern*. Leipzig: Klinkhardt.
- 1908b: *La philosophie moderne*. Paris: Flammarion.
- Ringer, Fritz 1992: *Fields of Knowledge. French Academic Culture in Comparative Perspective, 1890–1920*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sauer, Werner 1985: „Carnaps Aufbau in kantianischer Sicht“. *Grazer Philosophische Studien* 23, 19–36.
- Schiemann, Gregor 1997: *Wahrheitsgewissheitsverlust. Hermann von Helmholtz' Mechanismus im Anbruch der Moderne. Eine Studie zum Übergang von klassischer zu moderner Naturphilosophie*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Sommerfeld, Arnold 1927: „Zum gegenwärtigen Stande der Atomphysik“. *Physikalische Zeitschrift* 28, 231–239.
- Spann, Othmar 1924: *Kategorienlehre*. Jena: Fischer.
- Stadler, Friedrich 1987: *Vertriebene Vernunft I: Emigration und Exil österreichischer Wissenschaft*. Wien & München: Jugend und Volk.
- 1997: *Studien zum Wiener Kreis. Ursprung, Entwicklung und Wirkung des Logischen Empirismus im Kontext*. Frankfurt a.M.: Suhrkamp.
- Troeltsch, Ernst 1923: *Naturrecht und Humanität in der Weltpolitik. Vortrag bei der zweiten Jahresfeier der Deutschen Hochschule für Politik*. Berlin: Verlag für Politik und Wirtschaft.
- Uebel, Thomas 2000: *Vernunftkritik und Wissenschaft. Otto Neurath und der Erste Wiener Kreis im Diskurs der Moderne*. Wien/New York: Springer.
- van Fraassen, Bas C. 2006: „Structure: Its Shadow and Substance“. *British Journal for the Philosophy of Science* 57, 275–307.
- Worrall, John 1989: „Structural Realism: The Best of Both Worlds?“. *Dialectica* 43, 99–124.