

Transzendentalphilosophie und moderne Physik

(Gekürzte Fassung von: Transzendentalphilosophie und moderne Physik. In: „Sokratisches Philosophieren“. Schriftenreihe der Philosophisch-Politischen Akademie. 4. Bd. Frankfurt a. M.: dipa-Verlag 1998, S. 107–130.)

Kant'sche Philosophie und die Krise in der Newton'schen Physik

Im endenden 19. und zu Beginn des 20. Jahrhunderts ist die auf der Newton'schen Mechanik basierende Physik von einer Grundlagenkrise erschüttert, die erst durch die Spezielle Relativitätstheorie (1905) beigelegt wird. Allerdings führt die Spezielle Relativitätstheorie zu einer Relativierung von bislang als absolut (bezugssystemunabhängig) angesehenen Größen (wie z. B. Längen, Zeitintervalle, Gleichzeitigkeit). Es entsteht ein neues Raum-Zeit-Konzept. Als Niels Bohr im Jahre 1913 ein neues Atommodell vorstellt, das die Einführung sprunghafter, vermeintlich kausal nicht erklärbarer physikalischer Zustandsänderungen erzwingt, bahnt sich auch ein neues Bild von der Struktur der Materie an. Die folgenden Jahre bringen weitere einschneidende Konsequenzen mit sich:

1926: Max Born schlägt eine wahrscheinlichkeitstheoretische Interpretation der Wellenfunktion vor.

1927: Werner Heisenberg entdeckt die Unschärferelationen.

Angesichts dieser Sachlage sieht sich die Transzendentalphilosophie mit der Frage konfrontiert, welche Rolle die kantischen Vorstellungen von *Substanz*, *Kausalität*, *Wechselwirkung*, *Modalität* usw. bei der Interpretation der modernen Physik spielen und welches Verhältnis zwischen Kants Lehre von Raum und Zeit und der Raum-Zeit-Konzeption der Relativitätstheorie besteht.

Argumentationsfiguren kantisch inspirierter Schulen

Zu den Vertretern des sich im zweiten Drittel des 19. Jahrhunderts entwickelnden Neukantianismus, die auf die Umwälzung des Raum-Zeit-Konzeptes durch die Relativitätstheorie reagieren, gehört Paul

Natorp. In seiner Schrift „Die logischen Grundlagen der exakten Wissenschaften“ (1910) schreibt er:

„so erkennen wir in dem *Minkowskischen* Relativitätsprinzip nur die konsequente Durchführung des bereits von *Newton* aufgestellten, von *Kant* festgehaltenen und schärfer gefaßten Unterschieds der reinen, absoluten, mathematischen von der empirischen, physikalischen Zeit- und Raumbestimmung, welche letztere durchaus nur relativ sein *kann*“ (Natorp 1921, S. 399).

Die Riemann'sche Geometrie, die in der Allgemeinen Relativitätstheorie Verwendung findet, betrachtet Natorp als ein wertvolles *Hilfsmittel* zur Lösung bestimmter physikalischer Probleme. Mit ihrem Gebrauch sei aber keine neue Einsicht in die Natur von Raum und Zeit verbunden. Natorps Schüler Ernst Cassirer kommt – unter Verweis auf Poincaré – zum gleichen Schluss: Die Ausmessung großer Dreiecke mittels Lichtstrahlen verrate nichts über die *Struktur* des Raumes, wohl aber über die Gesetze der Optik.

Mit den philosophischen Konsequenzen der Quantenmechanik setzt sich Cassirer in seiner Arbeit „Determinismus und Indeterminismus in der modernen Physik“ (1937) auseinander. Besondere Aufmerksamkeit widmet er dem Kausalitätsprinzip. Er vermutet, dass sich das Wesen der Kausalität in der Forderung nach *strenger funktionaler Abhängigkeit* offenbare.

Einordnung der Neufries'schen Strömung

Ab dem Jahre 1903 entwickelt sich der Neufriesianismus. Hauptinitiator dieser Schulbildung ist der Göttinger Philosoph Leonard Nelson. Im Sinne der Kant-Fries'schen Tradition geht Nelson davon aus, dass dem Raum a priori eine euklidische Beschaffenheit zukomme. Es sei daher nicht die Aufgabe der Erfahrung, Aussagen über die *Struktur* des Raumes zu treffen. Da der Anschauungsraum eine euklidische Beschaffenheit besitze, müssten auch alle Erfahrungsgegenstände

unter den Gesetzen der euklidischen Geometrie stehen; denn es sei nicht möglich, die Gegenstände von der Raumvorstellung zu lösen.

Es verwundert daher nicht, dass die Relativitätstheorie bei den Neufriesianern anfänglich auf Widerstand stößt. Erst in den 1930er Jahren – Nelson stirbt 1927 –, revidieren die Neufriesianer die Nelson'sche Position. Zu nennen ist in diesem Zusammenhang Paul Bernays, der sich anfangs skeptisch über die Relativitätstheorie (so etwa in seiner Arbeit „Über die Bedenklichkeiten der neueren Relativitätstheorie“, 1914) äußert, später aber („Die Grundgedanken der Fries'schen Philosophie in ihrem Verhältnis zum heutigen Stand der Wissenschaft“, 1933) gerade in der Relativitätstheorie einen Hinweis auf die Richtigkeit der Fries'schen Lehre von der Unverzichtbarkeit von Begriffen für die Physik sieht, die in der Wahrnehmung kein unmittelbares Korrelat besitzen. Allerdings löst sich Bernays vom Fries'schen Konzept einer der Erfahrung vorgängigen und festen Erkenntnis, die jeglicher wissenschaftlichen Begriffsbildung zugrunde liegt.

Auch Grete Hermann bemüht sich, die Vereinbarkeit von kritischer Philosophie und moderner Physik aufzuzeigen. Grete Hermann gehört zu den jüngeren Mitarbeitern Nelsons. Sie beginnt ihre wissenschaftliche Karriere in Göttingen. Bei Emmy Noether studiert sie Mathematik und bei Leonard Nelson Philosophie. Ihre philosophischen Arbeiten stehen in der Tradition der Kant-Fries'schen Philosophie, zu deren Grundforderungen es gehört, der Philosophie mathematische Strenge zu verleihen.

Als eine wichtige Aufgabe betrachtet sie die Klärung der Frage nach der Rolle der kritischen Philosophie für die moderne Naturwissenschaft. Anfang der 1930er Jahre reist Grete Hermann nach Leipzig, um mit Heisenberg und seinen Mitarbeitern über deren philosophische Grundpositionen bzw. über die philosophischen Konsequenzen der Quantenmechanik zu diskutieren. Von dieser Begegnung berichtet Heisenberg im 10. Kapitel seines Buches „Der Teil und das Ganze“. An den Gesprächen nimmt u. a. auch Carl Friedrich v. Weizsäcker teil.

Grete Hermann erkennt, dass die Nelson'sche Philosophie von „irreführenden Absolutheitsansprüchen“ befreit werden müsse. Diese Absolutheitsansprüche spürt sie sowohl in Nelsons Naturphilosophie als auch in seiner Ethik. Verursacht sind diese Absolutheitsansprüche in der Naturphilosophie vor allem durch Prinzipien und Konzepte, die im Kontext der Newton'schen Mechanik entstanden sind und in der Kant-Fries'schen Philosophie in den Status synthetischer Urteile a priori erhoben werden. Kant und Fries bezeichnen das aus diesen Prinzipien bestehende System als *reine Naturlehre*. Die *reine Naturlehre* soll die Bedingungen formulieren, unter denen Naturwissenschaft überhaupt möglich ist. Daher kommt die Hoffnung, dass alles physikalische Geschehen letztlich eine Angelegenheit der Mechanik sei (vgl. Hermann 1937, S. 363).

Aber bereits in der Elektrodynamik zeigt sich die Undurchführbarkeit dieses Programms. Die Beilegung der Krise in der klassischen Mechanik zu Anfang des 20. Jahrhunderts hat den Sturz der Ätherhypothese zur Folge. Mit der Ätherhypothese verschwindet auch die Hoffnung, die Lichtausbreitung auf Newton'sch-mechanischer Grundlage beschreiben zu können. Es wird deutlich, dass die Einheit der Physik nicht auf die Newton'sche Mechanik gegründet werden kann. Nach dem Sturz der Ätherhypothese büßt die Newton'sche Mechanik ihr Primat in der Physik ein. Die Maxwell'sche Elektrodynamik erweist sich als exakte relativistische Theorie, während sich die Newton'sche Mechanik als eine Theorie herausstellte, die nur für den Spezialfall geringer Geschwindigkeiten (klein im Vergleich zur Lichtgeschwindigkeit) gültig ist.

Grete Hermann versuchte nachzuweisen, dass die Newton'sche Mechanik der kritischen Philosophie nicht ihre Grenzen diktiert. Im Kontext newtonscher Mechanik haben sich Annahmen entwickelt, die zu restriktiv sind, um mit den Grundpositionen der kritischen Philosophie identifiziert werden zu können. Eine Verengung der kritischen Philosophie auf die Gedankenwelt der Newton'schen

Mechanik beraube die kritische Philosophie wichtiger Inhalte.

In ihren naturphilosophischen Arbeiten legt Grete Hermann u. a. dar, dass Begriffe wie *Substanz*, *Wechselwirkung* und *Kausalität* für die Elektrodynamik nicht bedeutungslos geworden sind. Denn auch in der Elektrodynamik werden *Substanzen* (elektrische Ströme, elektrisch geladene oder polarisierte Körper, elektrische und magnetische Felder) beschrieben und *Wechselwirkungen* zwischen ihnen untersucht, um „mit ihrer Hilfe die beobachteten *Veränderungen kausal zu erklären*“ (Hermann 1937, S. 368). Aber die Zuordnung dieser Begriffe zu den Beobachtungsdaten sei nicht mehr eindeutig. Als Beispiel nennt Grete Hermann den elektrischen Feldstärkevektor:

„*Wenn* an die betreffende Stelle des Raums ein elektrischer oder magnetischer Probekörper bestimmter Art gebracht wird, so wird er eine dem Feldvektor entsprechende Kraft erfahren. Handelt es sich dagegen um die Frage nach der zeitlichen Ausbreitung des Feldes, so wird man dieselben physikalischen Daten als Verschiebung des Äthers und insofern *substantiell* deuten“ (Hermann 1937, S. 377).

Verknüpfungsrelationen (wie *Substanz*, *Wechselwirkung* und *Kausalität*) erfahren – so Grete Hermann – in der Elektrodynamik weder eine inhaltliche Änderung, noch büßen sie ihren apriorischen Charakter ein. Lediglich ihre Verwendungsweise unterscheidet sich von der in der Newton'schen Mechanik:

„Sie kann nicht mehr als die Auffindung absolut festliegender Verhältnisse des Naturgeschehens betrachtet werden, sondern beschränkt ihren Gültigkeitsanspruch selber durch die Beziehung auf eine bestimmte Versuchsanordnung und Fragestellung“ (Hermann 1937, S. 377).

Eine solche Sichtweise entbinde den Philosophen von der Pflicht, die Elektrodynamik im Sinne Newton'sch-mechanischer Konzepte zu

interpretieren. Das elektromagnetische Feld könne unter bestimmten Umständen zwar als etwas *Substanzielles* angesehen werden, aber die Bewegung des Feldes folge nicht den Gesetzen der Newton'schen Mechanik.

Am deutlichsten hat sich die Quantenmechanik von klassisch-anschaulichen Vorstellungen gelöst. Deshalb untersucht Grete Hermann das Verhältnis von Quantenmechanik und kritischer Philosophie besonders intensiv. Grete Hermann stellt bei der Besprechung der Quantenmechanik heraus, dass diese Theorie zwar auf einem unanschaulichen Formalismus basiere, aber trotzdem nicht vollständig auf anschauliche Vorstellungen verzichten könne, und gelangt zu folgendem Fazit:

„Die eine Feststellung also, daß die klassisch-anschaulichen Vorstellungen des in Raum und Zeit verlaufenden Naturgeschehens in der Quantenmechanik nur noch als Analogien zur Naturbeschreibung herangezogen werden, die je nach dem Beobachtungszusammenhang des Betrachters in der einen oder anderen Weise beschnitten werden, daß sie als solche Analogien aber für die Verarbeitung von Beobachtungen nach wie vor unentbehrlich sind, diese Feststellung reicht in der Tat hin, die Sonderheiten des quantenmechanischen Ansatzes verständlich zu machen: Aus ihr ergibt sich die Notwendigkeit, nebeneinander die Gesetzmäßigkeit des quantenmechanischen Formalismus und die der klassischen Theorien zu verwenden, vor der Messung den ‚Schnitt‘ zu machen, der die quantenmechanische Verfolgung eines Prozesses abschließt zu Gunsten der klassischen Interpretation der Vorgänge am Meßapparat. Sie zeigt, inwiefern die Unanschaulichkeit des quantenmechanischen Formalismus vereinbar ist mit dem Festhalten an den anschaulichen klassischen Bildern, und wie die Unkontrollierbarkeit der Störung am Meßapparat vereinbar ist mit der lückenlosen Kausalität des Naturgeschehens, die jedem Vorgang in

prinzipiell kontrollierbarer Weise eine Ursache zuordnet, auf die er mit Notwendigkeit folgt“ (Hermann 1935, S. 138).

Aus eben zitierter Passage geht zudem hervor, dass Grete Hermann von der lückenlosen Gültigkeit des Kausalitätsprinzips für die Quantenmechanik überzeugt ist. Sie erkennt, dass die Heisenberg'schen Unschärferelationen der Vorausberechenbarkeit objektive Grenzen setzen. Doch eine Einschränkung in der Vorausberechenbarkeit müsse keine Verletzung des Kausalitätsprinzips zur Folge haben. Denn nur, wenn man Kausalität an Vorausberechenbarkeit koppelt, wird man zu dem Schluss gedrängt, dass bestimmte Vorgänge in der Natur akausal erfolgen. Deshalb löst Grete Hermann – wie die nachfolgende Textstelle verdeutlicht – das *Kausalitätsprinzip* von der Forderung nach *Vorausberechenbarkeit*:

„Die kausale Verknüpfung zweier Vorgänge betrifft unmittelbar nur die notwendige Abfolge der Ereignisse selber; die Möglichkeit dagegen, diese auf Grund der Einsicht in die Kausalzusammenhänge vorauszuberechnen, liefert das Kriterium für die richtige Anwendung der Kausalvorstellungen.

Lösen wir beides voneinander, formulieren also das Kausalgesetz zunächst unabhängig vom Kriterium seiner Anwendbarkeit, so erhalten wir dafür die Behauptung, daß nichts in der Natur geschieht, das nicht in allen physikalisch feststellbaren Merkmalen durch frühere Vorgänge verursacht ist, und das heißt: mit Notwendigkeit auf sie folgt. In diesem Sinn ist die lückenlose, uneingeschränkte Kausalität mit der Quantenmechanik nicht nur vereinbar, sondern wird sogar nachweislich von ihr vorausgesetzt“ (Hermann 1935, S. 120).

Abkürzungen

AFSNF Abhandlungen der Fries'schen Schule.
 Neue Folge. 1906–1937.

Literatur

Bernays, P.: Über die Bedenklichkeiten der neueren Relativitätstheorie.
In: AFSNF, Bd. 4, Heft 3 (1914), S. 459–482.

Bernays, P.: Die Grundgedanken der Fries'schen Philosophie in ihrem
Verhältnis zum heutigen Stand der Wissenschaft. In: AFSNF, Bd. 5,
Heft 2 (1933), S. 97–113.

Cassirer, E.: Determinismus und Indeterminismus in der modernen
Physik. Historische und systematische Studien zum Kausalproblem. In:
Ders.: Zur modernen Physik. 7. Aufl., Darmstadt 1994, S. 127–397.

Heisenberg, W.: Der Teil und das Ganze. 12. Aufl., München 1991.

Hermann, G.: Die naturphilosophischen Grundlagen der
Quantenmechanik. In: AFSNF, Bd. 6, Heft 2 (1935), S. 69–152.

Hermann, G.: Über die Grundlagen physikalischer Aussagen in den
älteren und den modernen Theorien. In: AFSNF, Bd. 6, Heft 3 und 4
(1937), S. 309–398.

Natorp, P.: Die logischen Grundlagen der exakten Wissenschaften.
Leipzig/Berlin 1921.