

# Revolutionen oder stetiger Wandel?

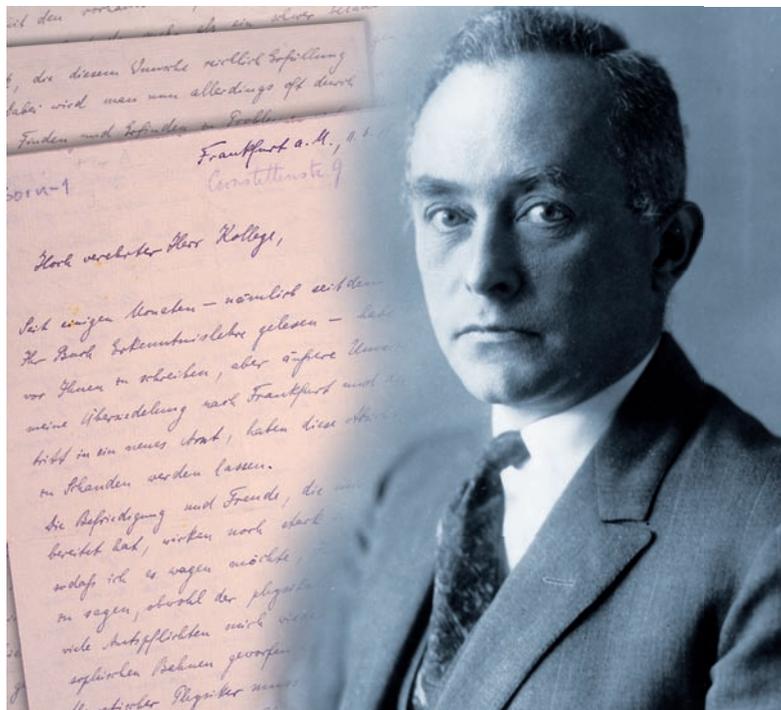
Auf den Spuren der Wissenschaftsphilosophie Max Borns

Fynn Ole Engler

Der Physiker Max Born verfasste auch wissenschaftsphilosophische Abhandlungen, in denen er sich vor allem mit der Frage nach dem Fortschritt in der Physik beschäftigte. Ab den 1920er-Jahren stand er im Austausch mit dem einflussreichen Wissenschaftsphilosophen Moritz Schlick.

Der bekannte amerikanische Wissenschaftshistoriker Thomas S. Kuhn (1922–1996) hat in seinem Klassiker „Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen“ die Position vertreten, dass sich der Übergang von einem wissenschaftlichen Paradigma zu einem anderen durch eine umfassende Neuorganisation vertrauter Begriffe beschreiben lässt. Die Wissenschaften entwickelten sich für Kuhn langfristig nicht allein durch ein stetiges Anwachsen unseres Wissens über die Welt, wofür auch Karl Popper (1902–1994) argumentiert hatte. Von Zeit zu Zeit kommt es, so Kuhn, in den Wissenschaften zu radikalen Veränderungen, die es erfordern, unser gesamtes Wissenssystem begrifflich umzustrukturieren oder neu zu organisieren.

Im Ergebnis dieser „Revolutionen“ müssen Wissenschaftler lernen, die Welt auf eine völlig neue Weise zu sehen. Galten z. B. die Sonne und der Mond im ptolemäischen Weltbild entgegen der Erde als Planeten, so sehen wir heute als Anhänger des kopernikanischen Weltbildes in der Erde einen Planeten, im Mond einen Erdtrabant und betrachten die Sonne als Fixstern. Im Allgemeinen verändert ein solcher „Paradigmenwechsel“ die Bedeutung von Begriffen, d. h. die Wissenschaftler verwenden diese auf eine andere Weise als vor der wissenschaftlichen Revolution. Doch nicht alle Wissenschaftler wenden sich vom



Max Born (1882–1970) gilt als einer der Begründer der modernen Physik, der ein

großes Interesse an den philosophischen Aspekten der Physik zeigte.

alten Paradigma ab und bekennen sich zum neuen. So lassen sich einige oft Zeit ihres Lebens durch bestimmte Überzeugungen leiten, die sie auf keinen Fall aufgeben wollen. Das veranlasste Max Planck zur Aussage, dass eine neue wissenschaftliche Theorie nicht dadurch die Oberhand gewinnt, „daß ihre Gegner überzeugt werden und sich als belehrt erklären, sondern vielmehr dadurch, daß die Gegner allmählich aussterben und daß die heranwachsende Generation von vornherein mit der Wahrheit vertraut gemacht ist“ [1]. Planck konnte keine rationalen Gründe angeben, welche die Entscheidung von Wissenschaftlern, das Paradigma zu wechseln, nachvollziehbar machen. Kuhn verglich dagegen den Übergang von einem zum anderen Paradigma mit einem religiösen Bekehrungserlebnis [2].

Aber wie lässt sich überhaupt die langfristige Entwicklung in den

Wissenschaften im Nachhinein erklären? Und wie können wir aus der heutigen Perspektive die wissenschaftlichen Revolutionen verstehen, insbesondere am Anfang des 20. Jahrhunderts in der Physik?

Eine Antwort auf diese Fragen lieferte Max Born [3]. Im Gegensatz zu Planck und Kuhn gelangte Born zu dem Schluss, dass wissenschaftliche Revolutionen nicht spontan auftreten, sondern sich erklären lassen und mit einem stetigen Fortschritt der Physik vereinbar sind. Denn wissenschaftliche Revolutionen bedeuten für Born immer auch eine Vermehrung unseres Wissens über die Welt. Auslöser dafür ist die veränderte Weise, wie experimentelle Beobachtungen beurteilt werden. Das führt zu einer Neuausrichtung des Begriffsnetzes der Physik und schließlich zur Umdeutung grundlegender Begriffe. Allerdings schließen die neu geschaffenen Begriffsstrukturen an

die bestehenden Strukturen etablierter physikalischer Theorien an. Auf diese Weise waren für Born der Wandel und der stetige Fortschritt der Physik durchaus miteinander vereinbar. Dies macht Borns Position auch aus der heutigen Perspektive interessant. Denn jenseits eines abrupten Paradigmenwechsels, wie ihn Kuhn beschrieb, erklärte Born die Entscheidung von Wissenschaftlern, sich einer neuen Theorie anzuschließen, mit dem rationalen Grund, dass diese mehr über die Welt herausgefunden hat als ihre Vorgängerin.

Max Born hat sich in mehreren Aufsätzen vor allem in Zeitschriften wie „Die Naturwissenschaften“ und den „Physikalischen Blättern“ mit philosophischen Fragen der modernen Physik beschäftigt. Born wollte die umwälzenden Entwicklungen in der Physik verstehen, welche die Relativitäts- und Quantentheorie zu Anfang des 20. Jahrhunderts ausgelöst hatten und unser Weltbild so radikal und nachhaltig veränderten.

Für Born war die langfristige Entwicklung der Physik grundlegend durch ein Wechselspiel zwischen dem *mathematischen Denken* und der *experimentellen Arbeit* gekennzeichnet. Unter diesen beiden Gesichtspunkten lassen sich zeitliche Abschnitte bestimmen, die Born „revolutionäre Phasen“ nannte [4]. Ursache dafür sind Krisensituationen, in denen die physikalischen Grundbegriffe den experimentell zusammengetragenen Resultaten nicht mehr genügen und es unausweichlich erscheint, die alten Theorien umzugestalten. Zeitliche Perioden der Beharrlichkeit und der Konstanz physikalischer Theorien lösten die Phasen des Umbruchs ab. In der Hauptsache sind diese nichtrevolutionären Abschnitte gekennzeichnet durch den Versuch der Experimentalphysiker, möglichst viele Tatsachen und Beobachtungen unter ein etabliertes Begriffssystem zu bringen. Dabei häufen sie aber auch Fakten an, die nicht unter das bestehende Begriffssystem passen und so wiederum revolutionäre Phasen auslösen können.

Im Gegensatz zur späteren Position Kuhns bestimmte Born den Fortschritt der Physik als eine stetige Erweiterung unseres empirisch überprüfbar Wissens über die Welt. Dies gleicht der Eroberung immer neuer, bis dato unzugänglicher Gebiete, womit jedoch auch die Umgestaltung grundlegender theoretischer Überzeugungen einhergeht. Diese revolutionären Umgestaltungen sind für Born gerade nicht wie bei Kuhn mit radikalen Veränderungen zu vergleichen, bei denen die alten Theorien völlig zerschlagen und komplett aufgegeben werden. Vielmehr entsprechen die Revolutionen weit reichenden Prozessen von begrifflichen Umdeutungen und Umstrukturierungen. Diese führen zu immer umfangreicheren und vereinheitlichten Theorien, welche neben den neu gewonnenen Tatsachen auch die wohlbekanntesten Fakten umfassen. Mit Blick auf die Entwicklungen in der Physik schrieb Born 1929, „daß die neue Quantenmechanik nicht mehr und nicht weniger revolutionär ist als irgendeine andere neu entstehende Theorie. Wieder ist es eigentlich eine Eroberung von Neuland; dabei zeigt sich dann, wie bei früheren Gelegenheiten, daß die alten Prinzipien nicht mehr ganz passen und zum Teil durch neue ersetzt werden müssen. Aber wieder bleiben die alten Vorstellungen als Grenzfall erhalten, und zwar gehören alle Erscheinungen unter diesen Grenzfall, bei denen die Plancksche Konstante wegen ihrer Kleinheit gegenüber gleichartigen Größen vernachlässigt werden kann“ [4, S. 118 f.].

Mit dieser Ansicht entsprach Born keineswegs einer auch heute noch weit verbreiteten Vorstellung von der Wissenschaftsgeschichte als einer Aneinanderreihung bahnbrechender Entdeckungen durch Genies. Vielmehr ist eine neue Theorie „eine gewaltige Zusammenschau einer langen Kette empirischer Ergebnisse und nicht ein plötzlicher Geistesblitz“ [5]. Born war der Überzeugung, dass die Erfolge der Physik sich durch „kollektive Tätigkeit“ [6] erzielen lassen und ihr sukzessiver, stufen-



G. M. H. van de Velde-Schlick, Vienna Circle Foundation, Amsterdam

Der Wissenschaftsphilosoph Moritz Schlick (1882 – 1936) wurde für Max Born zum Vorbild bei der philosophischen Beschäftigung mit der Physik.

weiser Aufbau, der seine Grundlage im Alltagsverstand besitzt, durch mehrere Generationen von Physikern zu leisten ist. So konnte er mit Blick auf die langfristige Entwicklung und den stetigen Fortschritt der Physik schreiben, „daß alle Revolutionen [...], die vorgekommen sind, Stufen sind auf dem Wege zur Konstruktion einer objektiven Welt, die den Makrokosmos der Gestirne, den Mikrokosmos der Atome mit dem Kosmos der alltäglichen Dinge zu einer widerspruchslosen Einheit verbindet“ [4, S. 110].

## Gestalten und Empirie

Um die revolutionären Umgestaltungen zu verstehen, hat sich Born auf die Praxis der experimentellen Beobachtungen berufen. Das brachte ihn in eine enge Verbindung zum modernen Empirismus, aber auch zu den Ansichten der Psychologie. Besonders die Theorie der „Gestalten“ lieferte ihm einen Schlüssel dafür, die revolutionären Entwicklungen in der Physik zu verstehen und die empirische Grundlage für den Wandel zu beschreiben. Unter „Gestalten“ verstand man dabei die *Art und Weise*, wie sich einzelne Sinneseindrücke zu einer *stabilen und invarianten Einheit* zusammenfügen. Dabei bildeten nicht die Sinneseindrücke selbst, sondern der gesetzmäßige

Zusammenhang zwischen ihnen eine objektive empirische Grundlage für die Beschreibung von Wirklichem. So lässt sich z. B. eine Melodie als ein stabiles und invariantes Gestaltphänomen erkennen, auch wenn sie transponiert wird und sich so die einzelnen Töne verändern. Erst die Beurteilung experimenteller Beobachtungen unter Rückgriff auf die Gestalten erklärte die Neuausrichtung des gesamten Begriffsnetzes und die Umdeutung einiger ihrer zentralen Begriffe.

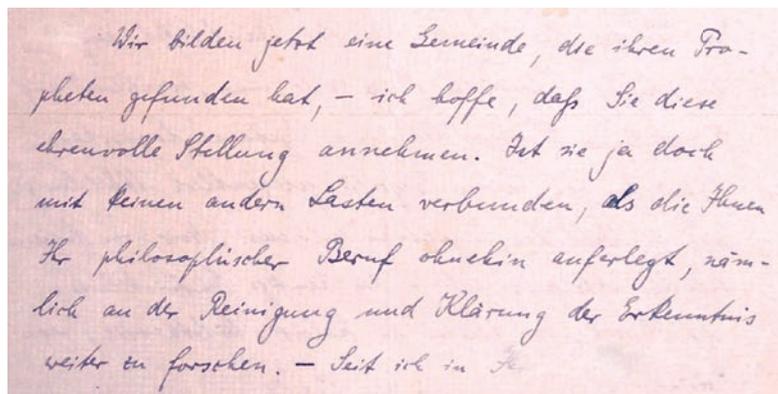
In einem Brief an den Philosophen Moritz Schlick, dem Begründer des „Wiener Kreises“<sup>1)</sup>, schrieb Born im Juni 1919, nachdem er dessen gerade erschienene „Allgemeinen Erkenntnislehre“ studiert hatte: „[M]eine Gedanken waren mehr Aphorismen als Lehrsätze, nichts war zu Ende gedacht, und vor allem fehlte das wichtigste, das den eigentlichen Wert Ihrer Arbeit ausmacht: Die Auseinandersetzung mit den vorhandenen philosophischen Systemen. Dazu gehört eben mehr, als ein schwer beladener Physiker in seinen Mußstunden fertig bringen kann. Auch darf ich mir schon darum nicht zuviel einbilden, daß mir einige Gedanken Ihres Werkes geläufig waren, denn manche von meinen Freunden haben dasselbe erfahren – vor allem Einstein, der mich übrigens zuerst auf Ihr Buch hingewiesen hat. Wir bilden jetzt eine Gemeinde, die ihren Propheten gefunden hat.“<sup>2)</sup>

Schlick hatte offenbar mit seinem Werk eine überzeugende Philosophie für die Physiker verfasst. Insbesondere vertrat er darin die Auffassung, dass die Physik auf Beobachtbares begründet sein müsse.

Auf der Leipziger Naturforscherversammlung von 1922 betonte er, „daß als Erklärungsgrund in der Naturwissenschaft nur etwas wirklich Beobachtbares eingeführt werden dürfe“ [7]. Für die Beschreibung dieser empirischen Basis waren die Theorien der Gestaltpsychologen ausschlaggebend. Mit ihren Vertretern Wolfgang Köhler, David Katz und Max Wertheimer stand Schlick im engen Gedankenaustausch.

Mit Blick auf die Entwicklung der Physik in den 1920er-Jahren war diese Position richtungsweisend. Am Vorabend der Quantenmechanik im Mai 1925 formulierte Born ihren empirischen Kern [8]: „Ein Grundsatz von großer Tragweite und Fruchtbarkeit besagt, daß in die wahren Naturgesetze nur solche Größen eingehen, die prinzipiell beobachtbar, feststellbar sind.“ Für die Physik bedeutete dies: „Sie greift aus der Fülle der Erlebnisse ein paar einfache Formen heraus und konstruiert aus ihnen durch Denken eine objektive Dingwelt“ [4, S. 118]. Es steht außer Frage, dass Born mit den „einfachen Formen“ die durch die Psychologie beschriebenen Gestalten meinte, die er an anderer Stelle als „das Rohmaterial aller Beobachtung“ bezeichnete [9]. In mehreren Arbeiten hat er zudem auf ihre fundierende Rolle für die Physik hingewiesen [6, S. 15; 10].

Auch in der Quantenmechanik spielten die Gestalten die Rolle von *stabilen und invarianten Einheiten*, wenn es darum ging, die experimentellen Beobachtungen zu beurteilen. Allerdings wurden sie hier durch einen mathematischen Formalismus bezeichnet, der im Unterschied zu dem der klassischen



Ausschnitt eines Briefes von Max Born an Moritz Schlick vom Juni 1919.

1) Eine Gruppe von Philosophen und Wissenschaftstheoretikern, die sich von 1922 bis 1936 unter Schlicks Leitung wöchentlich in Wien trafen. Zu den Mitgliedern gehörten Rudolf Carnap, Otto Neurath, Herbert Feigl, Philipp Frank, Victor Kraft, Friedrich Waismann und Hans Hahn.

2) M. Born an M. Schlick, 11. Juni 1919, Schlick-Nachlass

Physik *neuartige Beziehungen zwischen beobachtbaren Größen* einführte, wie etwa die Heisenbergsche Unschärferelation. Dies bereicherte einerseits die empirische Grundlage und führte andererseits auch zur Umdeutung grundlegender physikalischer Begriffe, die dazu dienten, die physikalische Wirklichkeit zu beschreiben. So wurden in der Relativitäts- und Quantentheorie Raum, Zeit und Kausalität neu interpretiert. In diesem Zusammenhang beruhte die *revolutionäre Begriffsbildung* der Quantenmechanik auf der empirischen Grundlage von *neuartigen Gestalten*.

Für die Entwicklung der Physik insgesamt bedeutete dies, dass mit der Quantenmechanik der empirische Gehalt physikalischer Erklärungen zunahm. Ebenso war aber auch ein kontinuierlicher Übergang von der klassischen Physik zur Quantenphysik gewährleistet. So stellt sich am Beispiel der Quantenmechanik heraus, dass die Entwicklung der Physik im Sinne Borns ein fruchtbares Zusammenspiel zwischen Neuerwerbungen auf empirischer Grundlage und darauf aufbauenden, teilweise revolutionären Begriffskonstruktionen ist.

## Das Erbe Max Borns

Die Bedeutung Borns für die heutige Zeit liegt vor allem darin, dass er eine Position vertrat, die den Dialog zwischen verschiedenen Wissenschaften hervorhob. Aus heutiger Perspektive lässt sich festhalten, dass die revolutionäre Umstrukturierung, die zu Anfang des 20. Jahrhunderts das gesamte Begriffsnetz der Physik betraf, nur dann tiefgründig zu verstehen ist, wenn man sie auch als eine Verschiebung grundlegender Begriffe über Disziplinengrenzen hinweg auffasst. Die Rekonstruktion der Entstehung der Quantenmechanik zeigt, auf welche Weise sich Physiker des Gestaltbegriffs bedienten, um den empirischen Gehalt ihrer Wissenschaft zu vermehren und auf dieser Grundlage neu auszurichten. Ein nachträgliches Verständnis für die revolutionäre Umdeutung

zentraler Begriffe der Physik wird so auf eine rationale Grundlage gestellt. Im Lichte der Wissenschaftsphilosophie Borns ist der stetige Fortschritt der Physik trotz ihres Wandels erklärbar. Dies ist nur möglich, wenn der Austausch zwischen Wissenschaften Berücksichtigung findet. Der Physiker Born hat stets in diesem Sinne über die eigene Wissenschaft nachgedacht, was ihn auch für die meisten heutigen Physiker zu einem Vorbild macht.

### Literatur

- [1] *M. Planck*, Wissenschaftliche Autobiographie, Leipzig (1928), S. 22
- [2] *T. Kuhn*, Die Struktur wissenschaftlicher Revolutionen, Suhrkamp, Frankfurt/Main (1991), S. 123
- [3] *N. T. Greenspan*, Max Born – Baumeister der Quantenwelt. Eine Biographie, Spektrum, Heidelberg (2006)
- [4] *M. Born*, Über den Sinn der physikalischen Theorien, Die Naturwissenschaften 17, 109 (1929)
- [5] *M. Born*, Experiment und Theorie in der Physik, Mosbach/Baden (1969), S. 17
- [6] *M. Born*, Der Realitätsbegriff in der Physik, Köln und Opladen (1958), S. 11
- [7] *M. Schlick*, Die Relativitätstheorie in der Philosophie, in: Verhandlungen GDNÄ, Leipzig (1923), S. 60
- [8] *M. Born* und *P. Jordan*, Zur Quantentheorie aperiodischer Vorgänge, Zeitschrift für Physik 33, 493 (1925)
- [9] *M. Born*, Mein Leben. Die Erinnerungen des Nobelpreisträgers, Nymphenburger Verlag, München (1975), S. 242
- [10] *M. Born*, Philosophische Betrachtungen zur modernen Physik, in: *ders.*, Physik im Wandel meiner Zeit, Vieweg, Braunschweig (1966), S. 52 f.; *M. Born*, Physikalische Wirklichkeit, Physikal. Blätter 2/1954, S. 60 f.

### DER AUTOR

**Fynn Ole Engler** studierte Philosophie und Physik in Rostock und Edinburgh und wurde 2006 promoviert. Derzeit ist er geschäftsführender



Vorstand des Rostocker Zentrums für Logik, Wissenschaftstheorie und Wissenschaftsgeschichte und Gastforscher am Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte in Berlin. Seine Forschungen beschäftigen sich insbesondere mit dem Verhältnis zwischen Naturwissenschaft und Philosophie im 19. und 20. Jahrhundert.