



Wilfried Kuhn

Ideengeschichte der Physik

Eine Analyse der Entwicklung
der Physik im historischen Kontext

2. Auflage



Springer Spektrum

Ideengeschichte der Physik

Wilfried Kuhn

Ideengeschichte der Physik

Eine Analyse der Entwicklung der Physik
im historischen Kontext

2. Auflage

Unter Mitarbeit von Oliver Schwarz

 Springer Spektrum

Wilfried Kuhn
Villmar, Deutschland

ISBN 978-3-662-47058-9
DOI 10.1007/978-3-662-47059-6

ISBN 978-3-662-47059-6 (eBook)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Spektrum

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2001, 2016

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Planung: Margit Maly

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier.

Springer-Verlag GmbH Berlin Heidelberg ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media (www.springer.com)

Vorwort zur zweiten Auflage

Eine Ideengeschichte der Physik – aber wozu?

„Das ist ja schön, Sie wissen sogar etwas zur Entdeckungsgeschichte.“ Wie oft hat der Verfasser dieser Einleitung einen solchen Satz schon in physikalischen Schulstunden, Seminaren oder Kolloquien gehört. So gut er auch gemeint sein mag, letztlich suggeriert er, Einblicke in die Genesis der Fachdisziplin Physik wären eine pittoreske, wahrscheinlich entbehrliche Zugabe. Bei jüngeren Schülern verdient der Nachweis historischer Kenntnisse natürlich Lob, für Abiturienten und Studierende der Physik sollte Wissen um die historischen Erkenntniswege aber nicht den Status eines im Grunde überflüssigen Sahnehäubchens besitzen, sondern wesentlich zur Bildung gehören. Wie sonst, wenn nicht an konkreten Beispielen, könnte man Achtung vor menschlicher Leistung erwerben, etwas über die Mühsal der Forschung lernen oder die Wissenschaften als eine der größten Schöpfungen der Menschheit begreifen?

Leider fällt die Überzeugungskraft dieses einfachen Arguments in unserer derzeitigen Bildungslandschaft auf keinen fruchtbaren Boden, denn die Realität wird vor allem durch andere Einflüsse geprägt. Insider beklagen einen über Jahrzehnte hinweg anhaltenden Verlust von Lehrstühlen für Wissenschaftsgeschichte an Universitäten – bis hin zum völligen Ausbluten. Nicht nur an Gymnasien wird man kräftig für einen Abschluss getrimmt – sogenannte Bildungsstandards und Kompetenzbeschreibungen sollen höchstes Niveau garantieren, doch in Wahrheit steht schon längst nicht mehr eine weitgespannte Umfassung vielfältiger Themenbereiche im Brennpunkt von Unterricht und Lehre. Insbesondere die Physik leidet darunter. Als weltfremd, kompliziert und unanschaulich verkannt, würde gerade sie eine Richtigstellung benötigen: Ohne Physik gäbe es die technisierte Welt, ja unsere Zivilisation, nicht so, wie wir sie kennen, kompliziert an der Physik sind allenfalls die Formeln, nicht aber ihre Grundgedanken, und physikalische Modelle dienen letztlich auch der Veranschaulichung komplexer Sachverhalte. Und vor allem: Physik zu betreiben ist ein zutiefst menschliches Unterfangen. Ein Weg, die großen Missverständnisse zur Physik zu korrigieren, wäre, sie den nachwachsenden Generationen noch mehr als bislang als Teil des dramatischen Ringens um eine bessere Zukunft zu vermitteln und als Resultat einer bemerkenswerten Eigenschaft unserer Spezies – der Neugier. Mit den in der *Ideengeschichte der Physik* vereinten Darstellungen und Materialien kann man sich dieser Aufgabe stellen, handelt es sich doch durchweg um die Schilderung von Bildungsgut. Die Verwendung dieses herrlich „altmodischen“ Wortes sei hier gestattet, hebt es sich doch wohltuend von den inflationär benutzten „Bildungsinhalten“ ab.

Die meisten Fachphysiker oder Physiklehrer würden bekräftigen, dass es unbedingt wünschenswert wäre, die soeben geschilderten Lehr- und Unterrichtsziele anzustreben. Anzustreben ist die Vermittlung der Entwicklungsgeschichte der eigenen Disziplin gewiss, aber – und genau dies ist die entscheidende Frage – kann man auf sie auch verzichten,

ohne das Gesamtverständnis infrage zu stellen? Um die *Ideengeschichte* angemessen zu würdigen, müssen wir uns vergegenwärtigen, dass Wilfried Kuhn sein Werk nicht nur verfasst hat, weil er die Erreichung allgemeiner Bildungsziele unterstützen wollte. Er hat als Didaktiker und Wissenschaftshistoriker darüber geforscht, welchen Wert das Studium der Physikgeschichte für das Verständnis der modernen Physik hat und welche Perspektiven sich aus einer erkenntnistheoretischen Reflexion des zeitlichen Wandels physikalischer Begriffe und Arbeitsweisen für eine moderne Fachdidaktik ergeben. Diese Fragestellungen hat er auch im Vorwort zur *Ideengeschichte* angesprochen, ohne sie schulmeisterhaft sogleich umfassend zu klären. Er überließ es lieber dem Leser seiner *Ideengeschichte*, mögliche Antworten durch eigene Lektüre herauszufiltern, zumal eindimensionale, vom physikalischen Kontext abgelöste Aussagen ohnehin nicht möglich sind.

Von jeher beschäftigen sich hervorragende Vertreter der Physik mit der Frage, wie man eigentlich ihre Disziplin definieren, wie man ihre wesentlichen Merkmale beschreiben kann. Oft wird erwähnt, dass für physikalische Entdeckungen das freie Spiel mit Begriffen wesentlich sei. Verbreitet ist die Ansicht, Physik sei eine Wissenschaft, die sich auf eine nur für sie typische Weise mit dem Studium von Systemen befasst. Wie bei der Charakterisierung der Physik immer wieder betont wird, ist sie eine Erfahrungswissenschaft. Gewiss nicht falsch, aber auch nur als erste grob umschreibende Beruhigungstablette für Schulkinder und studentische Anfänger taugend, ist die Aussage, Physik sei die Wissenschaft von den Eigenschaften, den Bewegungen, Zuständen und Strukturen in der nichtbelebten Materie, die in Lehr- und Schulbüchern weit verbreitet ist. Obgleich all diese Kriterien die Physik gut umschreiben, sie treffen nicht allein nur auf sie zu. Auf den ersten Blick ist es für eine nach begrifflicher Klarheit strebende Naturwissenschaft überraschend, dass selbst die Grundfrage, wie sie eigentlich zu definieren sei, nicht ohne Weiteres zu beantworten ist. Zielführend ist nicht einmal das Ausschlussprinzip, also die Aufzählung aller Forschungsgebiete, die *nicht* zur Physik gehören – etwa Chemie, Biologie oder Astronomie. Auch dieses Vorgehen hat sich historisch immer wieder überholt, indem die Physik mit ihren experimentellen Methoden und Modellvorstellungen diese Disziplinen in vielfältiger Weise durchdrang, wodurch sich häufig neue Forschungsrichtungen wie etwa die Astrophysik, die physikalische Chemie oder die Biophysik herausbildeten. Wenn wir in den unterschiedlichen Definitionen der Physik nach Gemeinsamkeiten suchen, dann finden wir vor allem die Tatsache, dass viele Autoren die bereits erwähnte Begrifflichkeit der Physik besonders herausstellen. Wie man ebenfalls konstatieren kann, unterliegen alle Auffassungen darüber, was Physik nun sei, einem beständigen historischen Wandel. Auch die Bemühungen, die Physik über ihre konkreten Forschungsgegenstände zu charakterisieren, sind immer nur in einem bestimmten geschichtlichen Umfeld zielführend gewesen. Mit der Weiterentwicklung der Physik kamen neue Untersuchungsgegenstände hinzu oder – ein keineswegs seltenes Phänomen – ältere Forschungsgegenstände lösten sich in größeren Kontexten auf. Die Konsequenz aus den soeben dargelegten Fakten lässt sich in einer Aussage des bekannten Physikers und Physikhistorikers Max Jammer zusammenfassen, die auch Wilfried Kuhn bei vielen Anlässen gern zitiert hat:

„Was eigentlich Physik ist, kann nur historisch verstanden werden.“ [1]

Eine Fachwissenschaft wird wesentlich durch ihre typischen Forschungsmethoden konstituiert. Als *zentrale* physikalische Methode schlechthin muss die – nach langem historischem Vorlauf – von Galileo Galilei begründete experimentelle Methode angesehen werden. Unter dieser Methode versteht man bekanntlich das Wechselspiel zwischen Theorie und Experiment, bei dem eine zuvor im Rahmen von Modellüberlegungen und theoretischen Vorhersagen geplante Versuchsanordnung darüber entscheiden soll, ob die prognostizierten Entitäten, Zusammenhänge oder Phänomene in der Natur tatsächlich vorhanden sind. Wir können nicht auf die erkenntnistheoretische Kritik an diesem hier ohnehin nur holzschnittartig dargelegten Konzept eingehen. Es liegt im Selbstverständnis einer Disziplin, die Naturforschung betreibt, dass Strukturen und Zusammenhänge in der Welt tatsächlich vorhanden sind – in welcher Art auch immer. Wie die moderne Erkenntnistheorie lehrt, haben wir bei unserer Suche nach der natürlich gegebenen Weltordnung aber nicht die Möglichkeit, ihre Zusammenhänge unmittelbar und umfassend zu erkennen, quasi auf direkte Weise zu „sehen“. Wir unterliegen den engen Grenzen, die uns Sinnesorgane und Denkkapazität setzen, z. B. sind wir bei der Naturbeschreibung auf die Verwendung von Begriffen angewiesen, unmöglich können wir das Weltgeschehen allumfassend geistig durchdringen, ja wir können nicht einmal einen einzigen Naturvorgang in seiner vollständigen Komplexität abbilden. So ist das häufig zitierte paradigmatische Beispiel des realen freien Falls eines physikalischen Körpers, bei dem die vielfältigen Gravitationseinflüsse aller Himmelskörper, die Luftreibung, der Auftrieb, die Corioliskraft, die Oberflächengestalt und die Eigenrotation des fallenden Objekts zu beachten wären (und noch unendlich mehr), sorgfältig von den Aussagen über den freien und reibungslosen Fall eines Massepunkts im konstanten Schwerfeld zu unterscheiden, die im Unterricht gelehrt werden. Und deshalb gehört zur erkenntnistheoretischen Darlegung der experimentellen Methode vor allem die Herausstellung einer wichtigen Tatsache: Sowohl im Rahmen theoretischer Überlegungen als auch bei der Entwicklung von Versuchsanordnungen handelt es sich um Idealisierungsprozesse, die auf begrifflicher Ebene erfolgen. Als außerordentlich erfolgreich für diese Idealisierungen hat sich die Anwendung der Mathematik erwiesen. Über den Ausgang eines Experiments entscheidet auch der Umstand, wie gut die Physik die benutzten Begriffe und Definitionen der Natur zuvor abgelauscht hat. Ein freudiges „Hallo“ aus der Natur, verbunden mit der Erklärung, wie sie nun wirklich sei, hat noch niemand vernommen, sondern immer nur, mit etwas Glück, eine einigermaßen passende Antwort auf eine zuvor mit dem Experiment verbundene Frage. Und diese Antwort wird immer in der Sprache gegeben, die man für die Formulierung der Frage benutzt hat. Das Experiment kann „passen“, unter Umständen ist nur ein spezieller Rechenweg zu ändern, ein Parameter zu korrigieren, und der Versuch zeigt dann das erwartete Resultat. Doch vielleicht – wenn dieses leicht korrigierende Vorgehen nicht zum Erfolg führt – muss der gesamte Begriffsapparat umgedeutet, erweitert oder mit neuen Inhalten versehen werden. Nicht nur die Fragestellung selbst, sondern auch die gedankliche Einbettung, aus der sie entspringt, sind dann neu zu formulieren. Wie die Physikgeschichte lehrt, ist das ein extrem schmerzhafter und zuweilen recht langwieriger Prozess, den man im Rahmen der Wissenschaftstheorie durch verschiedene Modellansätze zu beschreiben versucht. Was für eine exakte Wissenschaft aber noch viel aufwühlender ist: Bis heute kennen wir

keinen reproduzierbaren Weg, auf dem es möglich wäre, der Natur die physikalischen Begriffe so abzulauschen, dass wir in die Lage versetzt würden, nach Belieben bessere und umfassendere Modellvorstellungen und Theorien zu formulieren. Mit extrem großer Wahrscheinlichkeit wird man auch niemals einen solchen Weg finden. „Über die Art und Weise, wie wir Begriffe zu bilden und zu verknüpfen haben und wie wir sie den Sinneserlebnissen zuzuordnen haben, lässt sich nach meiner Ansicht *a priori* nicht das geringste aussagen“ – so Einstein zu dieser Problematik [2]. Ohne Newton gäbe es keine Newton'schen Axiome, ohne Maxwell keine Maxwellgleichungen und ohne Einstein kein spezielles und allgemeines Relativitätsprinzip. Es bleibt der Phantasie, der Genialität und der Hartnäckigkeit einzelner Personen vorbehalten, diese großen Würfe zu vollziehen. Ihre Ideen beziehen solche herausragenden Persönlichkeiten dabei notwendig aus den jeweiligen individuellen, wissenschaftlichen und kulturellen Umfeldern, die vor allem historisch geprägt sind. Wir kommen nicht umhin, eine entscheidende Schnittstelle der Physik im Reich der freien und teilweise außerlogischen Geistes- und Sinnestätigkeit anzusiedeln. Um noch einmal Einstein zu zitieren: „Das Erfinden ist kein Werk des logischen Denkens. Wenn auch das Endprodukt an die logische Gestalt gebunden ist.“ [3]

Eine Konsequenz der aus intuitivem und individuellem Denken geborenen Modellbildungen ist, dass es häufig alternative Erklärungen von Phänomenen gibt. Die Physik geht damit pragmatisch um, indem sie anstrebt, unter den möglichen Deutungen die einfachste oder zweckmäßigste zu wählen. Virtuosen des physikalischen Denkens springen zwischen den verschiedenen Begriffs- und Modellebenen hin und her, merken es vielleicht nicht einmal, wundern sich jedenfalls nicht, dass man ein und dieselbe Sache durch verschiedene Ansätze erklären kann. Das ist für die Physik gewissermaßen der Normalzustand. Einige Aspekte der Physik sind also befreiend und zutiefst menschlich – allerdings mit tiefgreifenden Konsequenzen für unser Denken: Obgleich wir fest davon überzeugt sind, dass sich der physikalische Erkenntnisprozess iterativ an die Realität annähert (ohne hier klären zu können, was diese Aussage eigentlich bedeuten soll), müssen wir der Physik selbst eine historische Mehrdimensionalität zugestehen. Könnte man mit einem Resetknopf die letzten 400 Jahre Physikgeschichte immer wieder „auf null“ zurücksetzen und dann im Zeitraffer ablaufen lassen, würden wir wohl jedes Mal eine andere Physik sehen, eine Physik mit anderen Begriffen, Modellen, Theorien und Experimenten, aber natürlich immer noch eine Physik, die wesentliche Aspekte der Welt beschreibt. Zu oft gab es in der Vergangenheit gute Gelegenheiten, entweder rechts oder links abzubiegen. Friedrich Hund formulierte bei der Erörterung dieses Problems: „Darf man fragen; wie hätte sich die Physik entwickelt, wenn das schwächliche Siebenmonatskind Isaak Newton nicht am Leben geblieben wäre, wenn Davy nicht dem jungen Faraday eine Stelle angeboten hätte?“ [4]

Diese Frage führt zu zwei Einsichten. Die erste lautet, dass nicht alles an der Physik unwiderruflich in Stein gemeißelt ist, weshalb wir besondere Anstrengungen unternehmen müssen, um in unserem Erkenntnisstreben nicht wahllos in der Welt umherzustolpern. Die zweite Erkenntnis lautet: Der Einzelne, im Hier und Jetzt verhaftet, hat keine andere Möglichkeit, als die historisch gewordenen Begriffe der Physik zu verwenden. Es wäre für ihn unmöglich, diese in nur einem Menschenleben allein und nur aus sich

selbst heraus neu zu erschaffen. Das Gespür für diese Tatsachen entwickelt man vor allem aus einer geschichtlich untermauerten erkenntnistheoretischen Betrachtung der Physik. Doch was könnten nun die Elemente an *unserer* Physik sein, die nicht beliebig und zufällig sind?

Das soeben beschriebene Gedankenexperiment darf eine wichtige Tatsache nicht außer Acht lassen: Jede nur denkbare Physik wäre unbedingt eine Erfahrungswissenschaft. Auch wenn sie anders als die unsrige wäre, zum Beispiel das Gravitationsgesetz anders formulieren würde als wir es tun, hätte sie sehr wahrscheinlich das, was wir als fundamentale Naturgesetze, Prinzipien oder Strukturen kennen, auch aufgespürt. Dazu gehören Erhaltungs- und Symmetrieprinzipien, Konstanzprinzipien, die Existenz von Wechselwirkungen, Transformationseigenschaften beim Wechsel von Inertialsystemen, die Mikro- und Makrostruktur des Universums oder die Tatsache, dass man einige Phänomene zweckmäßig mit sich kontinuierlich in Raum und Zeit ändernden, andere wiederum besser mit diskreten, sich sprunghaft ändernden Größen beschreiben kann. Ob wir mit dieser Einschätzung richtig liegen, ist nicht beweisbar, aber die Art und Weise, wie unsere Physik auf diese Leitthemen aufmerksam wurde, wie sie andere Leitideen als unzweckmäßig verwarf und wie sich historisch herausstellte, dass die allen Widerlegungsversuchen bisher standhaltenden Prinzipien immer wieder zielführend bei der Bemühung sind, Neues zu entdecken und zu erklären, legt doch nahe, dass wir hier auf wesentliche Eigenschaften der Natur gestoßen sind. Wer das Wesen der Physik und ihrer Erkenntnisse erfassen will, muss vor allem ihre Leitprinzipien und -ideen verstehen und dieses Verständnis wird im soeben geschilderten Sinn tiefer sein, wenn die historischen Wege, auf denen man sie aufgedeckt hat, verinnerlicht werden konnten.

In seiner berühmten Antrittsvorlesung *Was heißt und zu welchem Ende studiert man Universalgeschichte*, gehalten im Jahre 1789 an der Universität Jena, definierte Friedrich Schiller zwei Prototypen eines Gelehrten – den Brotgelehrten, der sich ängstlich um jede Erneuerung seiner Fachdisziplin herumwindet, die für ihn letztlich nur Erwerbsmittel ist, und den philosophischen Kopf, der bereit ist, persönliche Opfer zu bringen, hergebrachte Gedankengebäude aufzugeben, um der Wahrheit zu dienen, und der ein Ziel über alle anderen stellt – die Vollendung seines Wissens. [5]

Diese beiden Prototypen bevölkern auch die heutigen Universitäten, doch man trifft sie kaum unter Physikstudierenden an. Die intellektuelle Herausforderung eines Physikstudiums ist einfach zu groß, potenzielle Brotgelehrte ringen sich erfahrungsgemäß nicht dazu durch, gerade diesen Studiengang zu belegen, denn zur Realisierung ihrer Absichten gibt es bessere Möglichkeiten. Bei vielen Studierenden der Physik trifft man tatsächlich auf faustische Züge – sie wollen wissen, „was die Welt im Innersten zusammenhält“. Doch wenn sie Pech haben, dann geraten sie in die Fänge von Ausbildern, die nur zwei Ziele verfolgen – das Trainieren ausgefeilter theoretischer Rechenkünste und das Exerzieren der Durchführung von Experimenten mit größter Präzision. Diese Fähigkeiten sind natürlich ungemein wichtig. Ohne sie kann man später nicht bestehen und die Aneignung solcher spezieller Kenntnisse ist in jeder Hinsicht wünschenswert. Doch wenn das Studium nicht mehr als dies hergibt, wird es skandalös und betrügerisch. Skandalös, weil wir junge Menschen in die Gesellschaft entlassen, die zwar die Fähigkeit haben, Sachverhalte zu managen, die aber nicht ausreichend gelernt haben,

was eigentlich zu tun ist, wenn man anstrebt, etwas Neues zu entdecken, das Unbekannte aufzuspüren oder einfach nur seine Tätigkeit in einen sinnvollen Gesamtzusammenhang zu stellen. Betrügerisch, weil man dadurch die Studierenden, von diesen oftmals gar nicht bemerkt, in dem Glauben lässt, sie wären philosophische Köpfe, derweil sie still und heimlich doch die Grundausrüstung des Brotgelehrten empfangen haben. Auch die Hochschuldidaktik ist daran nicht unschuldig. Je ausgefeilter deren Methoden werden, desto besser ist sie in der Lage, die Physik als logisch durchkonstruiertes und deshalb streng deduzierbares Konstrukt zu suggerieren. Freudig erregte Studierende, die ernsthaft behaupten, sie hätten gerade aufgrund einer Analogiebetrachtung zur allgemeinen Wellengleichung die Schrödingergleichung *hergeleitet* oder Referendare, die man nicht von der Selbstverblendung abbringen kann, sie hätten allen Ernstes durch ein Experiment zum äußeren lichtelektrischen Effekt mit ihren Schülern Einsteins Quantenpostulat *entdeckt*, haben den Kern dessen, was die Physik eigentlich ausmacht und wie sie funktioniert, nicht einmal ansatzweise verstanden. Sie können allenfalls mit ihr umgehen – wie Klempner im Universum.

Besonders prekär wird diese Situation im Physikunterricht. Die Fachdidaktik sollte das regulierende Normativ sein, wenn es darum geht, zwischen den Ansprüchen der Pädagogik, der Lern- und Entwicklungspsychologie und der Fachphysik zu vermitteln. Doch jeder, der sich auch nur ansatzweise mit fachdidaktischen Fragestellungen befasst, lernt schnell, dass man sich unmöglich in all diese Teildisziplinen auf gleich hohem Niveau einarbeiten und hineindenken kann. Um einen angemessenen Ausgleich zwischen pädagogischen, psychologischen und physikalischen Zielvorstellung zu gewährleisten, bedarf es von jeder Disziplin gewisser Hilfestellungen. Aus fachwissenschaftlicher Sicht ist eine gute Kenntnis der Physikgeschichte unbedingt hilfreich, wie folgendes Beispiel belegen mag.

Eine immer wieder von der Pädagogik erhobene Forderung lautet, Lernende mögen die Unterrichtsgegenstände im Alleingang untersuchen, Zusammenhänge selbst herausfinden, die Lehrkraft solle nur noch – wenn überhaupt – regulierend eingreifen. Es zählt vor allem das, was die Schüler selbst herausfinden. Dahinter steckt die im Prinzip korrekte Überlegung, dass man nur dann etwas lernen kann, wenn man es durch eigene Aktivität verinnerlicht. Doch so gut dieser Ansatz auch gemeint sein mag, er ist bei der Vermittlung der Physik – und nicht nur der Physik – kaum, jedenfalls nicht ausschließlich, durchzuhalten. Spätestens dann, wenn Lernende etwas aus Experimenten herauslesen sollen, ohne zuvor eine theoretische Beschreibung des experimentellen Rahmens zu besitzen, wenn sie Begriffe aufdecken müssen, die durch logisches Denken allein nicht aufzustöbern sind, und wenn sie etwas interpretieren sollen, ohne dass man ihnen zuvor die dazu angemessene Sprache vermittelt hat, wird es kritisch. Es gehört zu den größten Merkwürdigkeiten mancher Lehrerausbildung, dass das einfachste Mittel verboten ist, um diese erkenntnistheoretischen Stolpersteine zu beseitigen – das *Vermitteln* der nicht im Alleingang erschließbaren Zusammenhänge durch die Lehrkraft. Unübertroffen ist der sogenannte stille Impuls – durch Vorzeigen eines Artefakts sollen Lernende auch noch ganz allein herausfinden, was in der nächsten Stunde so dran ist. Eine Fachdidaktik, die hier nicht eingreift, hat zweifellos versagt. So entwickelt sich inzwischen an den Schulen ein beachtlicher Rummel, dessen Ingredienzien Posterwände, verschlun-

gene Mindmaps, Klebstoff, Bastelpapier, Buntstifte, Pustebumen und allerlei andere Materialien darstellen. Und dort, wo man damit nicht weiterkommt, wird der Lehrplan „passend“ gemacht. Als Resultat dieses Vorgehens kommen dann Unterrichtsinhalte zustande, die man wahrscheinlich tatsächlich im Alleingang konstituieren kann, die aber an Platteiten kaum noch zu überbieten sind. Solche Gerippe möchte man nicht mehr verspeisen. Liebe Referendare, so sehr ihr auch auf die Pauke haut, es gibt viele Dinge, die Lernende nicht selbst erschließen können, egal wie viel Mühe ihr euch gebt, um ihnen auf die Sprünge zu helfen. Dabei wäre es doch ganz einfach: Ein Blick in die Physikgeschichte könnte wichtige Hinweise darauf geben, an welchen Stellen man auf Erfolg hoffen darf, wenn man Lernende auf sich gestellt an ein Problem setzt, und wo es schlichtweg nicht möglich ist, etwas Sinnvolles aus sich selbst heraus zu vollbringen. Vielleicht waren es ja ähnliche Überlegungen, die die sonst viel gescholtene Kultusministerkonferenz (KMK) dazu bewogen haben könnten, für die Physiklehrausbildung aller Schularten ausdrücklich die Kenntnis physikhistorischer Zusammenhänge einzufordern. Wir lesen in den jüngst bekräftigten Vorgaben der KMK für die Physikausbildung („Ländergemeinsamen inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung“):

„Die Studienabsolventinnen und -absolventen ... kennen die Ideengeschichte ausgewählter physikalischer Theorien und Begriffe sowie den Prozess der Gewinnung physikalischer Erkenntnisse (Wissen über Physik) und können die gesellschaftliche Bedeutung der Physik begründen.“ [6]

Dem ist nichts hinzuzufügen.

Was Wilfried Kuhn besonders am Herzen lag, war das Bemühen, einen Ausgleich zwischen Natur- und Geisteswissenschaften herzustellen. Hat man die Physik so verinnerlicht, wie er es in der *Ideengeschichte* vorschlägt, dann fragt man sich in der Tat, wo die Kluft zwischen den Disziplinen eigentlich herkommt. Die Physik provoziert wichtige Fragen, die sie allein nicht beantworten kann. Was sollen wir mit unseren physikalischen Kenntnissen machen, wofür wollen wir sie nutzen? Hat Physik einen absoluten Sinn, unabhängig von uns selbst? Wahrscheinlich muss man ein gewisses Lebensalter erreicht haben, um diese Fragen für wichtig zu halten. In seiner Eröffnungsrede anlässlich der Tagung des Fachausschusses „Didaktik der Physik“ der Deutschen Physikalischen Gesellschaft im März 1981 zitierte Wilfried Kuhn hierzu Erwin Schrödinger:

„... es gibt eine Neigung zu vergessen, dass die gesamte Wissenschaft an die menschliche Kultur überhaupt gebunden ist und dass wissenschaftliche Entdeckungen, mögen sie im Augenblick auch überaus fortschrittlich und esoterisch und unfasslich erscheinen, außerhalb ihres kulturellen Rahmens sinnlos sind.“ [7]

Vom Lesen der *Ideengeschichte* sollten sich deshalb Geisteswissenschaftler nicht abhalten lassen. Folgt man dem im Vorwort gegebenen Rat des Autors, so kann man die Kerngedanken auch dann gut nachvollziehen, wenn man die mathematischen Herleitungen überblättert, da alles in verbaler Darstellung wiederholt wird.

Um den vorliegenden Wiederabdruck der *Ideengeschichte* zu bewerkstelligen, waren viele hilfreiche Hände notwendig. An erster Stelle ist Frau Ingrid Kuhn zu danken, die das wissenschaftliche Erbe ihres Gatten pflegt und sich für die Verbreitung seiner

wissenschaftlichen Ideen einsetzt. Der Springer-Verlag hat dieses Projekt mit Nachdruck gefördert und insbesondere eine zügige Wiedererscheinung angestrebt. Wie wir gesehen haben, wird das Werk gerade in der Physiklehrerausbildung dringend benötigt. Das hängt mit dem Umstand zusammen, dass gegenwärtig auf dem deutschsprachigen Büchermarkt, sagen wir es einmal vorsichtig, nicht gerade viele physikhistorische Darstellungen verfügbar sind, insbesondere nicht solche, die ausdrücklich auch die schulische Physik im Blick haben. Da die letzte Auflage im Jahre 2001 erschienen ist, können die allerneuesten physikalischen Entdeckungen der Teilchenphysik und der Kosmologie noch nicht im Werk enthalten sein. Aber das tangiert die Intention des Buches nicht, prinzipiell hat sich an den Leitideen der Physik im Laufe der letzten 10 Jahre nicht viel geändert.

Siegen, im Juli 2015

Oliver Schwarz

Literatur

- [1] zitiert nach: Physik: Erleben, Lehren, Lernen, zum 70. Geburtstag von Wilfried Kuhn, Sammelband, Aulis-Verlag, Deubner, 1993, S. 57.
- [2] Albert Einstein, Aus meinen späten Jahren, Ullstein-Verlag, Frankfurt/M. und Berlin, 1984, S.66.
- [3] zitiert nach: Horst Melcher, Albert Einstein wider Vorurteile und Denkgewohnheiten, Vieweg-Verlag, Braunschweig, 1979, S. 44.
- [4] Friedrich Hund, Geschichte der physikalischen Begriffe, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, Berlin, Oxford, 1996, S. 11.
- [5] Friedrich Schiller, Akademisch Antrittsrede 1789, Jenaer Reden und Schriften, Friedrich-Schiller-Universität Jena, 2. Aufl., 1984.
- [6] Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung (Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i.d.F. vom 12.22.2015), S. 42.
- [7] zitiert nach: Physik: Erleben, Lehren, Lernen, zum 70. Geburtstag von Wilfried Kuhn, Sammelband, Aulis-Verlag, Deubner, 1993, S. 42.

Vorwort

Es gibt zahlreiche Darstellungen der Geschichte der Physik mit unterschiedlichen Zielsetzungen auf verschiedenem Anspruchsniveau.

Das Spektrum reicht von streng wissenschaftlichen Abhandlungen bestimmter Epochen bzw. speziellen Fragestellungen bis zu populären Beschreibungen der Leistungen genialer Physiker. Dabei liegt es in der Natur der Sache, daß die Elemente solcher Darstellungen meist unverbunden nebeneinander stehen bleiben. Unsere Ideengeschichte geht davon aus, diese Elemente in einen globalen geistesgeschichtlichen Zusammenhang zu bringen, indem sie versucht, die grundlegenden Ideen, die die historische Entwicklung entscheidend bestimmt haben, thematisch ausgerichtet zu strukturellen Leitlinien der Darstellung zu machen.

Dies geschieht im Rahmen naturphilosophischer bzw. wissenschaftstheoretischer Analysen bezüglich der Entstehung und des Wandels physikalischer Begriffs-, Hypothesen- und Theorienbildungen vor dem Hintergrund sich wandelnder Weltbildvorstellungen.

Dabei kommt der Einbeziehung ausgewählter Biographien und Originaltexte eine besondere Bedeutung zu. Mit ihnen wird die Historie lebendig, denn hier erscheinen die thematischen Leitlinien in persönlicher Perspektive und schicksalhafter Eingebundenheit der großen Forscher in die geistigen Strömungen und Umbrüche ihrer Zeit, welche auch die metaphysischen Hintergrundüberzeugungen ihrer physikalischen Überlegungen bestimmten. Besonders deutlich erkennbar ist dies bei Kopernikus, Kepler und Galilei und nicht zuletzt bei der Entstehung der Relativitätstheorie und den Interpretationsproblemen einschließlich der Realismusdebatte der modernen Quantenphysik.

Eine signifikante thematische Leitlinie ist die Entwicklung der Materievorstellungen von den Anfängen bei den Vorsokratikern bis zur heutigen Elementarteilchenphysik und Kosmologie. In ähnlicher Weise wird beim historischen Diskurs der Raum- und Zeitvorstellungen der thematische Bogen von Aristoteles über Newton und Leibniz bis zur „gekrümmten Raumzeit“ der Allgemeinen Relativitätstheorie Einsteins gespannt.

Ebenso durchzieht als thematische Leitlinie die Aufstellung der fundamentalen Erhaltungssätze, die in ihrer historischen Wurzel philosophisch im genuinen Zusammenhang mit der Bestimmung des Substanzbegriffs stehen, unsere Ideengeschichte. In den heutigen physikalischen Theorien erkennen wir die Erhaltungssätze als Ausdruck von Symmetrien gegenüber Raum und Zeit bzw. als Eichsymmetrien.

Das mit der Genesis des Bewegungsbegriffs verbundene permanente Ringen um eine physikalisch tragfähige Trägheitsvorstellung von der griechischen Naturphilosophie über Newton bis Einstein eröffnet im historischen Kontext auch interessante denkpsychologische Einblicke in Facetten des naturwissenschaftlichen Denkens.

Parallel zu diesen thematischen sind methodologische Leitlinien für die Strukturierung unserer Ideengeschichte konstitutiv. Dabei steht die Entwicklung der Methode der Physik im Mittelpunkt der Überlegungen. Als ein bedeutsames Instrument physikalischer Hypothesen- und Theorienbildung wird der erkenntnisleitenden Rolle von Analogien besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

Extremalprinzipien haben seit der Antike die Entwicklung des physikalischen Denkens nachhaltig bestimmt. In der Optik erscheinen sie als Fermats „Prinzip des kürzesten Lichtwegs“, in der Mechanik seit Maupertuis als „Prinzip der kleinsten Wirkung“, das nach seiner Weiterentwicklung durch Euler und Hamilton auch in der Elektrodynamik und Quantentheorie sich fruchtbar erwies. Dabei hat sich nach Aufgabe der ursprünglichen metaphysischen Deutung der Extremalprinzipien (z.B. Leibniz „Beste aller möglichen Welten“) gezeigt, daß kausale und finale Formulierung der Naturgesetze mathematisch äquivalent sind.

Die thematische Strukturierung des Stoffes und der damit verbundene besondere Stil der Darstellung ist für einen breiten Leserkreis sicher interessant und nützlich. Der bekannte Physiker und Physikhistoriker Max Jammer vertritt pointiert die Meinung, erst im historischen Kontext erschließe sich ein volles Verständnis der Physik.

In diesem Sinne kann die Physikgeschichte dem in Forschung und Lehre tätigen Physiker Perspektiven eröffnen, Physik nicht nur als Instrument der Naturbeherrschung, sondern auch als ein höchst bedeutsames geistesgeschichtliches Ereignis zu sehen.

Studenten beklagen, daß sie in den „normalen“ Lehrveranstaltungen davon kaum etwas erfahren. Diese Situation will unsere Ideengeschichte verbessern.

Vor allem in der Ausbildung der Lehramtskandidaten könnte eine Ideengeschichte ihr didaktisches Potential in besonderer Weise entfalten und dem späteren Physiklehrer auch lernpsychologische Einsichten vermitteln hinsichtlich des individuellen Lernprozesses, in dem der Schüler gleichsam im Zeitraffertempo die vielen Lernschwierigkeiten des historischen Lernprozesses der Physikergenerationen nachvollziehen muß. Damit gewinnt der Physikunterricht auch mehr Farbe und innere Dynamik und Physik wird dann nicht bloß als Reduktion der Welt auf mathematische Formeln mißverstanden.

Die historische Entwicklung der modernen Physik kann ohne Kenntnis der Rolle der Mathematik bei der physikalischen Theorienbildung nicht voll verstanden werden. Um jedoch die Darstellung auch für philosophisch und geisteswissenschaftlich orientierte Leser zugänglich zu machen, wird weitgehend auf längere mathematische Herleitungen verzichtet. Ohne den Gesamtzusammenhang zu stören, können mathematisch formulierte Argumentationen auch beim ersten Lesen überschlagen werden, da ihre wesentlichen Ergebnisse zusammengefaßt auch verbal mitgeteilt werden.

Eine Ideengeschichte kann Brücken schlagen über die von C.P. Snow beklagte tiefe Kluft zwischen „literarischer und naturwissenschaftlicher Intelligenz“ und ist somit als eine wesentliche Vorbedingung für ein volles Verständnis unserer Kultur anzusehen.

In diesem Sinne stellt der Physikhistoriker Bernhard Cohen heraus:

„In der Geschichte der Naturwissenschaften sehe ich eine Zusammenfassung aller schöpferischen Kräfte des Menschen und ein Mittel, mit dessen Hilfe die Wissenschaft ihre humanisierenden Fähigkeiten wiedergewinnen kann, die sie so oft durch Abgleiten ins rein Formale verloren hat.“

Dank gilt allen, die bei der Erstellung des Buches mitgeholfen haben.

Für die kritische Durchsicht von Manuskriptteilen mit wertvollen Hinweisen schulde ich Dank den Herren Prof. Dr. Karl-Heinz Lotze, Jena, Dr. Rainer Müller, München, Dr. Ralf Rath, Heidelberg und Prof. Dr. Walter Saltzer, Frankfurt.

Besonders zu danken habe ich meiner Frau Ingrid für sachkundiges Korrekturlesen und Frau Isolde Knopp, die mit großer Sorgfalt aus einem vielfach umgearbeiteten Manuskript eine druckreife Endfassung erstellt hat.

Gießen, im Juli 2001

Wilfried Kuhn