

I. ALLGEMEINE MERKMALE DES EXPERIMENTS IN DER ENTWICKLUNG DER PHYSIK

VON HEINRICH PARTHEY

Das Experiment als praktische Grundlage und spezifisches Wahrheitskriterium naturwissenschaftlicher Theorien besitzt in Abhängigkeit von den zu untersuchenden Gesetzmäßigkeiten die vielfältigsten Besonderheiten und Möglichkeiten.

Historisch am ältesten und logisch am besten ausgearbeitet ist das Experiment im physikalischen Bereich.

Gegenwärtig untersucht die Naturwissenschaft experimentell auch schon kosmische und astronomische Prozesse. Der Lebensprozeß wird immer besser experimentell erforscht. Auch im sozialen Bereich beginnt das Studium ökonomischer und gesellschaftlicher Vorgänge mit Hilfe des Experiments.

Bei dieser sich ständig erweiternden Anwendung des Experiments in Physik, Chemie und Biologie hat sich aber gezeigt, daß das Experiment in seiner klassischen Form als Grundlage der Physik nicht uneingeschränkt für die Chemie und Biologie verwendbar ist. Selbst in der Entwicklung der Physik kommt dem Experiment Spezifik zu. Dies hat sich besonders in der Entwicklung von der klassischen Physik zur Physik der Atome, Atomkerne und Elementarteilchen gezeigt.

Das Experiment steht beim forschenden Vordringen zu neuartigen Gesetzmäßigkeiten nicht von vornherein in der dazu notwendigen Spezifik zur Verfügung. Die konkrete Spezifik des Experiments kann erst dann bewußt ausgearbeitet werden, wenn gewisse grundlegende Gesetzmäßigkeiten des neuen Forschungsbereiches bereits bekannt und weitere hypothetisch faßbar sind. Diese wechselseitige Bedingtheit von Experiment und Erkenntnis ist Ausdruck für die echte Kompliziertheit der experimentellen For-

schungsarbeit. Robert Hofstadter, der 1961 den Nobelpreis für Physik erhielt, spricht in bezug auf die von ihm und seiner Gruppe geleistete experimentelle Forschungsarbeit von einem Zusammenhang zwischen zuverlässigen und bewährten Methoden einerseits und neueren und leistungsfähigeren Methoden andererseits. Er schreibt: „Die Geschichte der Physik zeigt, daß immer dann, wenn die experimentellen Möglichkeiten einen gewissen Umfang erreicht haben, die Materie, wie sie zur jeweiligen Zeit verstanden wurde, durch zuverlässige und bewährte Methoden in ihre ‚elementaren‘ Teile zerlegt werden kann. Neuere und leistungsfähigere Methoden zeigen schließlich, daß selbst die ‚Elementarteilchen‘ eine Struktur aufweisen.“¹ „Wir verwendeten dabei die Streuung von Elektronen hoher Energie. Diese Methode gleicht *im wesentlichen* dem Verfahren der Rutherford-Streuung. Für den Fall der Elektronen wird zur Zeit nur eine einfache und gut bekannte Wechselwirkung — zwischen den einfallenden Elektronen und dem untersuchten Kern — angenommen. Unter dieser Voraussetzung können wir aus der Quantenelektrodynamik und der Dirac-Theorie den differentiellen elastischen Streuquerschnitt berechnen.“²

In Konsequenz dessen, daß sich verschiedene physikalische Experimente trotz vielfältiger Besonderheiten „im wesentlichen gleichen“, läßt sich die Ausarbeitung der Besonderheiten des jeweiligen Experiments auch als eine Konkretisierung allgemeiner Merkmale des Experiments auffassen. Allgemeine Merkmale des Experiments wären dabei solche, die allen Experimenten eigen sind. Die Konkretisierung dieser allgemeinen Merkmale wird dann in Abhängigkeit von den jeweils zu untersuchenden Gesetzmäßigkeiten vollzogen. Deshalb kann die Kenntnis allgemeiner Merkmale des Experiments von prinzipieller methodologischer Bedeutung sein.

Bei der Beantwortung der Frage nach allgemeinen Merkmalen des Experiments werden wir uns auf das Experiment in der Physik konzentrieren. Ausgehend von einer Bestimmung des Experiments in Gegenüberstellung zur bloßen Beobachtung und einer Charakterisierung der Prinzipien der experimentellen Methode,

¹ R. Hofstadter, Die Elektronensteuerung und ihre Anwendung auf die Struktur von Kernen und Nukleonen (Nobelvortrag 1961), in: „Physikalische Blätter“, Heft 5/1962, S. 193.

² Ebenda, S. 194 (Hervorhebung von uns — *der Verf.*).

werden dann vier allgemeine Merkmale des Experiments in der Physik hervorgehoben und abschließend auf das bestimmende Merkmal in der Entwicklung der physikalischen Forschungsarbeit untersucht.

1. *Experiment und Beobachtung*

Das Experiment ist aus den Entwicklungsbedürfnissen der Naturforschung entstanden, die eine solche auf Erfahrung gegründete Erforschung der Natur verlangten, daß objektiv vorhandene, aber der bloßen Beobachtung bisher verborgene wesentliche Naturerscheinungen nun der Erforschung mittels Beobachtung zugänglich werden.

Die Möglichkeit dazu besteht in der Veränderung der vorgefundenen Naturerscheinungen durch experimentelle Bedingungen, die vom Forscher mit Hilfe seiner eigenen und der von ihm bereits beherrschten Naturkräfte bewußt gesetzt werden. Die Verwirklichung dieser Möglichkeit verändert die Art und Weise der beobachtenden Naturforschung, denn es wird dabei von der *einfachen und bloßen Beobachtung* zur *experimentell bedingten Beobachtung* übergegangen.

Das Experiment ist eine Erkenntnismethode, die Naturerscheinungen in ihrer Veränderung und Abhängigkeit von bedingenden Faktoren aufsucht und der Beobachtung zugänglich macht. Damit wird gleichzeitig der praktische Beweis für das Vorhandensein oder Nichtvorhandensein von Kausalzusammenhängen gegeben.

So veranlaßt der Experimentator nicht nur einen bestimmten ursächlichen Zusammenhang (während der bloße Beobachter diesen nur sucht und wartet, bis Gelegenheit zur Beobachtung charakteristischer Naturzusammenhänge gefunden ist), sondern er besitzt in der unter experimentellen Bedingungen beobachteten Wirkung — der von ihm selbst manuell ausgelösten Ursache — den direkten Beweis für bestimmte Kausalzusammenhänge. Demgegenüber führt die bloße Beobachtung nur zu Kausalzusammenhängen hin, läßt aber den praktischen Beweis dafür offen.

Das späte Auftreten des Experiments als systematische naturwissenschaftliche Erkenntnismethode ist ein Ausdruck dafür, daß das Experiment ein solcher Bestandteil der gesellschaftlichen Pra-

xis ist, der sich auf der Grundlage der Produktionspraxis zum praktischen Mittel für die naturwissenschaftliche Erkenntnis als spezifische Grundlage und spezifisches Wahrheitskriterium entwickelt.

In dem Maße, wie Wissen um einzelne und ganz bestimmte Naturgesetze zur Voraussetzung für die weitere Entwicklung der Produktionstechnik wurde, trat das Experiment notwendigerweise mit einem bestimmten Entwicklungsstand der Produktivkräfte auf.

Ende des 16. und zu Beginn des 17. Jahrhunderts war dieser bestimmte Stand der Produktivkräfte und des theoretischen Denkens erreicht, daß Naturforscher wie Galileo Galilei (1564—1642) die physikalische Naturwissenschaft mit der experimentellen Methode begründeten. Galileis wichtigste experimentelle Forschungen sind wohl die zum Gesetz des freien Falles der Körper. Durch diese Experimente wurde die bis dahin für richtig gehaltene Lehre des Aristoteles (384/3—322/1 v. u. Z.) über die Fall- und Steigbewegung der Körper widerlegt. Aristoteles nahm die bloße Beobachtung, daß z. B. schwere Steine nach unten fallen und leichter Rauch nach oben steigt, als Grundlage für seine logischen Vorstellungen über die Ortsbewegung.³ Galilei stellte diese aristotelischen Vorstellungen in Frage, indem er erstens eine mathematische Beziehung zwischen Fallzeit und Fallgeschwindigkeit hypothetisch aufstellte und zweitens die Gültigkeit seiner Hypothese durch eine solche Zusammen- und Zurechtstellung der Naturdinge überprüfte, die in ihrem System nun experimenteller Bedingungen der hypothetischen Fragestellung über diesen Naturvorgang entsprach.⁴ Dabei stellte Galilei seine Experimente unter der nicht unmittelbar beobachtbaren Annahme an, daß bei der Fallbewegung „sich die Wege wie die Quadrate der Zeiten verhalten“⁵, das heißt, daß die Endgeschwindigkeit der Körper beim freien Fall nur dem zurückgelegten Weg, aber nicht einer sogenannten Schwere oder Leichtigkeit der Körper proportional ist. Letzteres erscheint der bloßen

³ Aristoteles, *Metaphysik*, Berlin 1960, S. 265 (1065 b, 10).

⁴ Galileo Galilei, *Unterredungen und mathematische Demonstrationen über zwei neue Wissenschaften, die Mechanik und Fallgesetze betreffend*, in: *Ostwalds Klassiker der exakten Naturwissenschaften*, Bd. 11, 24, 25, Leipzig 1890/91.

⁵ Ebenda, Bd. 24, S. 24.

Beobachtung nur wegen des Einflusses der Reibungskräfte anderer Körper, etwa der Luft.⁶ Galileis theoretischer Ansatz, daß für alle Körper beim freien Fall eine einzige Gesetzmäßigkeit der gleichförmig beschleunigten Bewegung gilt, war ein theoretisches Verlassen des unmittelbar Beobachteten zugunsten einer Hypothese über das möglicherweise hinter den bisher beobachteten Erscheinungen objektiv Existierende und nur der bloßen Beobachtung bisher verborgen gebliebene Wesentliche und Gesetzmäßige.

Und diese Hypothese wurde von Galilei als leitende Idee für seine nun nicht mehr einfachen Beobachtungen, sondern experimentell bedingten Beobachtungen genommen, denn mit der beobachtbaren Überprüfung eines solchen nicht mehr in der bloßen Beobachtung gegebenen Zusammenhangs der Naturerscheinungen mußte Galilei zwangsläufig den Rahmen der bloßen Beobachtung verlassen, indem dasjenige, was die Natur der bloßen Beobachtung nicht direkt erscheinen läßt, ihr durch Veränderung ihrer Erscheinungsform zu solchen Formen, in denen diese wesentlichen Zusammenhänge stärker hervortreten, abgezwungen werden mußte.

Das vollzog Galilei ganz bewußt mittels einer experimentellen Anordnung der Naturerscheinungen. Um sich „davon zu überzeugen, daß die gleichförmig beschleunigte Bewegung im oben geschilderten Verhältnis vor sich geht“, ist Galilei „wiederholt in folgender Weise vorgegangen: Auf einem Lineal, oder sagen wir auf einem Holzbrett von 12 Ellen Länge, bei einer halben Elle Breite und drei Zoll Dicke, war auf dieser letzten schmalen Seite eine Rinne von etwas mehr als einem Zoll Breite eingegraben. Dieselbe war sehr gerade gezogen, und um die Fläche recht glatt zu haben, war inwendig ein sehr glattes und reines Pergament aufgeklebt; in dieser Rinne ließ man eine sehr harte, völlig runde und glattpolierte Messingkugel laufen. Nach der Aufstellung des Brettes wurde dieselbe einerseits gehoben, bald eine, bald zwei Ellen hoch; dann ließ man die Kugel durch den Kanal fallen und verzeichnete... die Fallzeit für die ganze Strecke: häufig wiederholten wir den Versuch zur genauen Ermittlung der Zeit und fanden gar keine Unterschiede, auch nicht einmal von einem Zehntel

⁶ Ebenda, S. 25.

eines Pulsschlages.“⁷ Wenn auch Galilei dieses Experiment in „wohl hundertfacher Wiederholung“⁸ ausführte, bedeutet das keineswegs, daß er etwa aus einer Anhäufung von Beobachtungsmaterial zu einer Art Durchschnittsergebnis gelangen wollte. Ein solches Verfahren wäre reiner Empirismus gewesen. Was er suchte, war der Repräsentant aller Einzelfälle.

Im Experiment werden also Naturdinge und Naturzusammenhänge in einem vom Naturwissenschaftler durchdachten und bewußt angeordneten System der Gegeneinandersetzung erkannter und unerkannter Naturgesetze so verändert, daß bestimmte wesentliche Eigenschaften und Zusammenhänge von anderen, d. h. unwesentlichen, isoliert der Beobachtung zugänglich werden.

Die unter experimentellen Bedingungen — stärker als ohne diese — hervorgetretenen wesentlichen Zusammenhänge besitzen als bewußt beobachtete Wirkung einer im System experimenteller Bedingungen bewußt manuell ausgelösten Ursache und bei beliebiger Wiederholbarkeit auch das Charakteristikum der Notwendigkeit und Allgemeinheit. Jedes Resultat experimenteller Beobachtungen weist deshalb direkt auf Gesetzmäßigkeiten hin.

Die experimentelle Versuchsanordnung als materielle Realisierung der theoretischen Vorüberlegungen des Naturwissenschaftlers ist selbst ein Stück Natur. Die Beobachtung der in ihr ablaufenden Prozesse verneint oder bestätigt die theoretische Annahme, der entsprechend gerade diese bestimmte experimentelle Anordnung vom Experimentator bewußt geschaffen wurde.

2. Prinzipien der experimentellen Methode

In der von Galilei als Grundlage der theoretischen Erkenntnis physikalischer Gesetzmäßigkeiten begründeten experimentellen Methode werden drei Prinzipien verwendet.

a) Ausgangspunkt und Leitidee des wissenschaftlichen Experimentierens ist eine aus den bisherigen Erkenntnissen sachlich begründete Hypothese über Zusammenhänge, die den bisherigen (meist

⁷ Ebenda, S. 25 f.

⁸ Ebenda, S. 26.

noch zu undifferenzierten) einfachen oder experimentellen Beobachtungen verborgen geblieben sind.

b) Realisierung der Überprüfbarkeit dieser Hypothese durch eine experimentelle Anordnung der Naturerscheinungen. Was die Natur dem Beobachter bisher nicht erscheinen ließ, das muß ihr durch Veränderung ihrer Erscheinungsformen abgezwungen werden.

c) Theoretische Erfassung und Verarbeitung der experimentellen Resultate, die bei Bestätigung der zu überprüfenden Hypothese zum Wissen über Gesetzmäßigkeiten oder bei Verneinung der zu überprüfenden Hypothese zur Konzentrierung auf andere Hypothesen führt.

Diese drei Prinzipien der experimentellen Methode fordern also die Anwendung des Experiments im richtigen Zusammenhang mit der theoretischen Erkenntnis. Diese Prinzipien der experimentellen Methode haben grundlegende Bedeutung und sind nicht mit den Merkmalen des Experiments zu verwechseln, denn Merkmale oder Eigenschaften können nur der experimentellen Versuchsanordnung als Realisierung der Überprüfbarkeit einer Hypothese eigen sein.

So besteht die experimentelle Versuchsanordnung im Bereich der klassischen Physik als mechanisches System aus drei Teilsystemen von experimentellen Bedingungen, die gewährleisten müssen, daß erstens die zu untersuchende Erscheinung unter Isolation vom Unwesentlichen gleichzeitig mit einer bereits bekannten Naturerscheinung in einem beobachtbaren Zusammenhang auftritt, daß zweitens die bekannte Erscheinung und ihr Zusammenhang mit der zu untersuchenden regulierbar und kontrollierbar ist und daß drittens ein messender Vergleich zwischen ihnen durchführbar ist.

Ein etwa wie früher von Werner Heisenberg aufgestelltes Prinzip der Beobachtbarkeit als Grundlage physikalischer Theorien führt nicht zum richtigen Verständnis des Experiments und der experimentellen Methode, sondern erhebt die bloße Beobachtung zum Prinzip. So hielt es Heisenberg 1925 für „geratener, jede Hoffnung auf eine Beobachtung der bisher unbeobachteten Größen (wie Lage, Umlaufzeit des Elektrons) ganz aufzugeben, gleichzeitig also einzuräumen, daß die teilweise Übereinstimmung der genannten Quantenregeln mehr oder weniger zufällig sei, um zu versuchen,

eine der klassischen Mechanik analoge quantentheoretische Mechanik auszubilden, in welcher nur Beziehungen zwischen beobachteten Größen vorkommen⁹.

Dem Experiment ist notwendigerweise die Beobachtung der Wirkung einer unter experimentellen Bedingungen ausgelösten Ursache als allgemeines Merkmal eigen. Aber diese experimentell bedingte Beobachtung bildet im Zusammenhang mit dem bereits vorhandenen Wissen über die experimentellen Bedingungen eine gesicherte Grundlage für den Schluß vom Beobachteten auf das Unbeobachtete, das in dem gleichen System experimenteller Bedingungen wie das Beobachtete existiert. So ist z. B. der Impuls und die Masse des Antiprotons im Experiment (Oktober 1955) von Owen Chamberlain und Emilio Segre (Nobelpreisträger 1959) nicht beobachtet worden, aber „da der Impuls p von der Magnetanordnung genau bekannt ist und da jede Zeitmessung die Geschwindigkeit der betreffenden Teilchen bestimmt, so haben wir tatsächlich eine grobe Massenbestimmung für jedes Antiproton“¹⁰.

An dem prinzipiellen Verhältnis, daß der Experimentator die Geräte als physikalische Mittel der Realisierung der Überprüfbarkeit einer Hypothese bewußt anordnet, daß die Ursache der experimentell angeordneten Folge bewußt ausgelöst und ihre Wirkung bewußt beobachtet wird, hat sich auch in der modernen Physik im Vergleich zur klassischen Physik nichts geändert. Diese Bewußtheit des Experimentators, die die experimentelle Praxis durchzieht, hat ihre Grundlage und erhält ihre Anregung im bereits vorhandenen Wissen über einzelne Gesetzmäßigkeiten.

Der Unterschied zwischen der experimentellen Anordnung der Geräte und der experimentellen Tätigkeit und der Beobachtung besteht in allen Bereichen der physikalischen Forschung prinzipiell darin, daß erstere außerhalb und unabhängig vom menschlichen Bewußtsein als natürlicher (wenn auch bewußt gesetzter) Zusammenhang existiert, während die experimentelle Tätigkeit sich zwar auch außerhalb, aber nicht unabhängig vom Bewußtsein des Ex-

⁹ W. Heisenberg, Über die quantenmechanische Umdeutung kinematischer und mechanischer Beziehungen, in: „Zeitschrift für Physik“, Heft 33/1925, S. 879.

¹⁰ O. Chamberlain, Die ersten Arbeiten über das Antiproton, in: „Physikalische Blätter“, Heft 2/1961, S. 69.

perimentators vollzieht, und daß das Beobachten sogar vollständiger Bestandteil des Bewußtseins des Experimentators ist.

Der hypothetische Ausgangspunkt, die experimentelle Realisierung der Überprüfbarkeit einer Hypothese und die theoretische Verarbeitung der experimentell bestätigten oder auch nicht bestätigten Hypothese werden in ihrer Aufeinanderfolge als Prinzipien der experimentellen Methode in der modernen Physik ebenso angewendet, wie es bereits zu Zeiten Galileis geschah.

Dies hatte sich bereits zu Beginn der modernen Physik gezeigt, die mit der Entwicklung und Bestätigung der Planckschen Quantenhypothese eingeleitet wurde. Max Planck äußerte 1929 selbst, „daß in der Geschichte der Physik zu keiner Zeit die Theorie so eng mit der Erfahrung Hand in Hand ging, wie in der Gegenwart. Die experimentellen Tatsachen sind es ja gerade, welche die klassische Theorie schwankend gemacht und zu Fall gebracht haben. Jede neue Idee, jeder neue Schritt ist der vorwärts tastenden Theorie durch Messungsergebnisse nahegelegt oder sogar aufgezwungen worden.“¹¹

Das Experiment besitzt deshalb sowohl in klassischer als auch in moderner Physik die prinzipiell gleiche Funktion einer spezifischen Grundlage und eines spezifischen Wahrheitskriteriums physikalischer Theorien.

3. Allgemeine Merkmale des Experiments in der Physik

In unmittelbarer spezifischer Abhängigkeit von den zu untersuchenden atomaren und subatomaren Gesetzmäßigkeiten befindet sich nur die Art und Weise der experimentellen Anordnung, d. h. eines wichtigen Bestandteils der experimentellen Realisierung der Überprüfbarkeit der Hypothese. In diesem Zusammenhang hielt es Planck für notwendig, „... künftig die bisher stets stillschweigend gemachte Voraussetzung fallen zu lassen, daß wir auch die Bedingungen, welche einen Vorgang kausal determinieren, auch stets experimentell bis zu einem prinzipiell unbeschränkten Grade

¹¹ M. Planck, Das Weltbild der neuen Physik, in: M. Planck, Wege zur physikalischen Erkenntnis, Leipzig 1944, S. 199.

von Genauigkeit verwirklichen zu können. Diese Voraussetzung ist in der Tat mit den Gesetzen der Quantenmechanik nicht vereinbar. Aber das ist in der exakten Naturwissenschaft durchaus nichts Unerhörtes. In der Biologie z. B. nimmt man es als etwas ganz Selbstverständliches hin; und doch arbeitet die Biologie mit dem Postulat der strengen Kausalität . . . So wird es, wie mir scheint, auch in der Physik künftig darauf ankommen, die Frage nach den Bedingungen, welche den Verlauf eines Naturvorganges eindeutig bestimmen, grundsätzlich getrennt zu halten von der weiteren Frage, ob und inwieweit diese Bedingungen experimentell zu verwirklichen sind.“¹²

Dieser von Planck genannte unterschiedliche Grad bei der Verwirklichung der Bedingungen, die einen Naturvorgang im Bereich der klassischen Physik einerseits und der nichtklassischen Physik andererseits determinieren, ist ein spezifisches Merkmal des Experiments in der modernen Physik. Für die Untersuchungsobjekte der modernen Physik ist charakteristisch, daß sie nicht ohne Zerstörung ihres Wesens in lineare Zusammenhänge aufspaltbar sind. Eine solche Aufspaltung in lineare Zusammenhänge entsteht aber zwangsläufig durch das für jedes Experimentieren notwendige Intervall zwischen bewußt ausgelöster Ursache und beobachteter Wirkung im System experimenteller Bedingungen. Im Bereich der klassischen Physik bestehen die Objekte ihrem Wesen nach aus linearen Zusammenhängen, deshalb konnte auch in diesem Forschungsbereich das experimentell notwendige Intervall zwischen ausgelöster Ursache und beobachteter Wirkung beliebig verkleinert, d. h. die Verwirklichung eindeutig determinierender Bedingungen beliebig präzisiert werden. Soll aber ein in unauflösbarer Wechselwirkung existierendes Objekt experimentell untersucht werden, dann kann dieses Intervall zwischen ausgelöster Ursache und beobachteter Wirkung nicht beliebig klein angelegt werden. Das ist im Bereich der modernen Physik der Fall. Hier muß das Intervall zwischen ausgelöster Ursache und beobachteter Wirkung so angelegt werden, daß es den zu untersuchenden Wechselwir-

¹² M. Planck, Aus den Sitzungsberichten der Preußischen Akademie der Wissenschaften, vom 4. Juli 1929, in: *Materie und Energie. Vom naturwissenschaftlichen Weltbild der Gegenwart*, Berlin 1932, S. 361.

kungsprozeß möglichst umschließt, ohne ihn zu zerstören. Zur Überwindung dieser Schwierigkeit bei der Realisierung experimenteller Bedingungen im Bereich der modernen Physik deutet sich in der Entwicklung physikalischer Experimente als Tendenz an, daß um den zu untersuchenden Wechselwirkungsprozeß gleichsam ein immer engeres Netz sich selbst regulierender experimenteller Bedingungen gelegt wird. Der Gedanke einer experimentellen Verwirklichung der Selbstkorrektur des Magnetfeldes in zyklischen Beschleunigern hoher Energien wurde bereits 1944 von W. J. Weksler¹³ geäußert. Inzwischen ist aber schon die Rede von einer automatischen Regulierung des Synchrotron-Beschleunigers in bezug auf die Bahnstabilität der beschleunigten Teilchen¹⁴ und von der Idee eines kybernetischen Beschleunigers¹⁵. Aber auch die Vertiefung der Naturwissenschaftlern spontan eigenen materialistischen Grundhaltung im theoretischen Verständnis physikalischer Prozesse trägt zur Überwindung der genannten experimentellen Schwierigkeit bei. So hat das theoretische Verständnis für den Zusammenhang zwischen objektiver Möglichkeit und Verwirklichung physikalischer Prozesse — und nicht nur für ihre Notwendigkeit und Zufälligkeit — für die moderne Physik große Bedeutung. Die erfolgreiche Ausarbeitung der modernen physikalischen Atomtheorie bewies und die auf experimenteller Grundlage fortschreitende Ausarbeitung der Elementarteilchentheorie beweist immer wieder die Berechtigung des Schlusses von dem unter experimentellen Bedingungen Beobachteten auf das unter denselben Bedingungen im Intervall zwischen ausgelöster Ursache und beobachteter Wirkung experimentell Bedingte, aber Unbeobachtete. So wurde z. B. von beobachteten korpuskularen und Wellenerscheinungen auf eine sich verschieden verwirklichende Einheit zwischen Diskretheit und Kontinuität nichtklassischer Objekte und ihrer Gesetzmäßigkeiten geschlossen.

Ohne auf weitere spezifische Merkmale des Experiments in der modernen Physik einzugehen, ergibt sich aus dem bisher Gesagten

¹³ В. И. Векслер, in: Доклады Академии наук СССР, 43/1944, стр. 346, 44/1944, стр. 393.

¹⁴ К. John, С. Schmelzer, in: Symposium CERN vom Januar 1956, S. 365.

¹⁵ В. И. Векслер, Ускоритель атомарных частиц, in: „Правда“, 31. 3. 1962, стр. 4.

als erstes allgemeines Merkmal des Experiments in der gesamten Physik das *System experimenteller Bedingungen zur Isolation vom Unwesentlichen*. Bereits bei der Begründung der experimentellen Methode in der Physik durch Galilei kam der mit Hilfe eines Systems experimenteller Bedingungen erreichten Isolation vom Unwesentlichen (hinsichtlich des zu untersuchenden physikalischen Prozesses) die entscheidende Bedeutung zu. Um sich „von dem Widerstand zu befreien, der durch die Berührung mit der geneigten Ebene entsteht“, hat Galilei „zwei Kugeln genommen, eine aus Blei und eine aus Kork, jene gegen hundertmal schwerer als diese“, und hat „beide an zwei gleiche Fäden von vier bis fünf Ellen Länge befestigt und aufgehängt“. Entfernte er „nun beide Kugeln aus der lotrechten Fadenlage und ließ sie zugleich los, so wurden Kreise von gleichen Halbmessern beschrieben, die Kugeln schwingen über die Lotrechte des Fadens hinaus, kehrten auf denselben Wegen zurück, und nachdem sie wohl hundertmal hin- und hergegangen waren, zeigte sich deutlich, daß der schwere Körper so sehr mit dem leichten übereinstimmte, daß weder in 100 noch in 1000 Schwingungen die kleinste Verschiedenheit zu merken war; sie bewegten sich völlig im gleichen Schritt.“¹⁶ Diese so experimentell hervorgerufene Erscheinung, die für noch so verschieden schwere Körper die gleiche ist, läßt unmittelbar die gleiche Veränderung der Geschwindigkeit, d. h. die gleichmäßig erteilte Beschleunigung bei verschiedenen schweren Körpern beobachten. Dies läßt sich, wie wir bereits ausführten, erkenntnistheoretisch zu der These verallgemeinern, daß im Experiment unter einem bestimmten System bewußt angeordneter Bedingungen unmittelbar das Wesentliche des zu untersuchenden Naturvorgangs unter Isolation vom Unwesentlichen in Erscheinung tritt und der Beobachtung zugänglich ist.

Auch im Übergang von der klassischen zur modernen Physik steht ein solcher „reiner Fall“ im Experiment: der Hohlraumstrahler als „schwarzer Körper“. Als absolut „schwarze Körper“ gelten solche, die alle auffallende Strahlung absorbieren und vollständig in Wärme verwandeln. Die Untersuchung einer solchen Strahlung,

¹⁶ Galileo Galilei, Unterredungen und mathematische Demonstrationen über zwei neue Wissenschaften, die Mechanik und Fallgesetze betreffend, in: Ostwalds Klassiker der exakten Naturwissenschaften, Bd. 11, Leipzig 1890, S. 75.

die einzig und allein von der Temperatur, unbeeinträchtigt von anderen Eigenschaften der strahlenden Körper abhängt, kann mit einem den physikalischen Bedingungen des „schwarzen Körpers“ entsprechenden System experimenteller Bedingungen in „reiner Form“ vorgenommen werden. Die experimentelle Realisierung eines solchen „schwarzen Körpers“ gelang 1895 Lummer und Wien. Sie stützten sich dabei auf den grundlegenden „Hohlraumsatz“ von Kirchhoff, der 1859 aufgestellt wurde, und konstruierten einen gleichmäßig geheizten, innen geschwärzten Hohlraum mit einer kleinen Öffnung. Die durch diese Öffnung nach außen dringende Strahlung war dann mit um so größerer Annäherung „schwarz“, je kleiner die Öffnung war, d. h. also je weniger sie die vollständige Geschlossenheit des Hohlraumes störte. Für die so realisierte „schwarze Strahlung“ konnte nun die spektrale Verteilung ihrer Strahlungsenergie bei verschiedenen Temperaturen untersucht werden. Weil die Strahlung des „schwarzen Körpers“ den Grenzfall der Strahlung aller wirklichen Stoffe bildet und die experimentelle Realisierung so unmittelbar dem Begriff „schwarzer Körper“ entspricht, konnte die Deutung der experimentellen Ergebnisse ohne theoretische Vorbehalte vollzogen werden. Das theoretische Aufstellen einer so qualitativ neuartigen physikalischen Gesetzmäßigkeit wie die der Quantennatur aller Energieprozesse wurde gleichsam direkt erzwungen. Max Planck gab 1900 eine direkt aus den Experimenten mit dem „schwarzen Körper“ erzwungene, theoretisch aus der bisherigen Physik nicht begründete Abänderung der Wienschen Formel. Das Plancksche Strahlungsgesetz wurde durch Experimente von Rubens und Kurlbaum (1900) für lange Wellen und von Paschen (1901) für kurze Wellen bestätigt.

Es ist recht deutlich, daß solche Experimente, die in ihrem materiellen Isolationsgrad vom Unwesentlichen dem gedanklichen Abstraktionsgrad eines naturwissenschaftlichen Begriffs sehr nahe kommen, für die unkomplizierte und schnelle Entwicklung der Naturwissenschaft große Bedeutung haben. Das theoretische Eindringen in gesetzmäßige Zusammenhänge stützt sich auf das experimentell erreichte Vordringen zu neuen Gesetzmäßigkeiten, indem die bereits experimentell erreichte Isolation vom Unwesentlichen theoretisch konsequent weitergeführt wird, d. h. experimentell unwesentliche Zusammenhänge konsequent abstrahiert und wieder-

holbare experimentell wesentlich hervorgetretene Zusammenhänge verallgemeinert werden.

Ein zweites allgemeines Merkmal des Experiments in allen Bereichen der Physik ist, wie bereits erwähnt wurde, die *Auslösung der Ursache einer bewußt angeordneten Folge von Ereignissen und Beobachtung ihrer Wirkung*.

Die spezifische Abhängigkeit dieses allgemeinen Merkmals des physikalischen Experiments von den zu untersuchenden Gesetzmäßigkeiten führte neben der bereits diskutierten Selbstregulierung auch zur zunehmenden Automatisierung moderner physikalischer Experimente.¹⁷ Auch der Konstrukteur der sogenannten Blaskammer, Donald A. Glaser, wies in seinem Nobelvortrag 1960 darauf hin, daß „viele Physiker ihre Aufmerksamkeit der Entwicklung automatischer Maschinen für die Erkennung bestimmter Muster, für die Vermessung und Berechnung zugewandt“ haben.¹⁸ „Photographien bedürfen sorgfältiger, verständiger Musterung und Vermessung mit der Koordinatengenauigkeit von der Größenordnung 1 Mikron auf dem Film. Für den letzteren Schritt wurden Meß-Projektionsmikroskope konstruiert, die in der Lage sind, interessante Spuren halbautomatisch zu verfolgen und die Koordinateninformation auf Karten zu lochen, die dann in schnelle elektronische Rechenmaschinen eingegeben werden. Von diesen Rechanlagen kommen geometrische, kinematische und dynamische Schlußfolgerungen, durch die bekannte Teilchen identifiziert, Energien gemessen und bekannte Prozesse identifiziert werden.“¹⁹

Die entscheidende Spezifik des von uns als zweites hervorgehobenen allgemeinen Merkmals des physikalischen Experiments ist aber der unterschiedliche Grad der Verwirklichung der Bedingungen, die den zu untersuchenden Naturprozeß determinieren. Dieser nicht uneingeschränkt genaue Grad der Verwirklichung der Bedingungen, die den zu untersuchenden Naturprozeß determinieren, ist nicht identisch mit dem früher von Niels Bohr für die moderne Physik aufgestellten Postulat, „daß jeder Versuch, die Erscheinun-

¹⁷ H. Höfgen, Programmsteuerung auf Relaisbasis zur Automatisierung physikalischer Experimente, Rossendorf bei Dresden 1960.

¹⁸ D. A. Glaser, Elementarteilchen und Blaskammern (Nobelvortrag 1960), in: „Physikalische Blätter“, Heft 12/1961, S. 559.

¹⁹ Ebenda, S. 558.

holbare experimentell wesentlich hervorgetretene Zusammenhänge verallgemeinert werden.

Ein zweites allgemeines Merkmal des Experiments in allen Bereichen der Physik ist, wie bereits erwähnt wurde, die *Auslösung der Ursache einer bewußt angeordneten Folge von Ereignissen und Beobachtung ihrer Wirkung*.

Die spezifische Abhängigkeit dieses allgemeinen Merkmals des physikalischen Experiments von den zu untersuchenden Gesetzmäßigkeiten führte neben der bereits diskutierten Selbstregulierung auch zur zunehmenden Automatisierung moderner physikalischer Experimente.¹⁷ Auch der Konstrukteur der sogenannten Blaskammer, Donald A. Glaser, wies in seinem Nobelvortrag 1960 darauf hin, daß „viele Physiker ihre Aufmerksamkeit der Entwicklung automatischer Maschinen für die Erkennung bestimmter Muster, für die Vermessung und Berechnung zugewandt“ haben.¹⁸ „Photographien bedürfen sorgfältiger, verständiger Musterung und Vermessung mit der Koordinatengenauigkeit von der Größenordnung 1 Mikron auf dem Film. Für den letzteren Schritt wurden Meß-Projektionsmikroskope konstruiert, die in der Lage sind, interessante Spuren halbautomatisch zu verfolgen und die Koordinateninformation auf Karten zu lochen, die dann in schnelle elektronische Rechenmaschinen eingegeben werden. Von diesen Rechanlagen kommen geometrische, kinematische und dynamische Schlußfolgerungen, durch die bekannte Teilchen identifiziert, Energien gemessen und bekannte Prozesse identifiziert werden.“¹⁹

Die entscheidende Spezifik des von uns als zweites hervorgehobenen allgemeinen Merkmals des physikalischen Experiments ist aber der unterschiedliche Grad der Verwirklichung der Bedingungen, die den zu untersuchenden Naturprozeß determinieren. Dieser nicht uneingeschränkt genaue Grad der Verwirklichung der Bedingungen, die den zu untersuchenden Naturprozeß determinieren, ist nicht identisch mit dem früher von Niels Bohr für die moderne Physik aufgestellten Postulat, „daß jeder Versuch, die Erscheinun-

¹⁷ H. Höfgen, Programmsteuerung auf Relaisbasis zur Automatisierung physikalischer Experimente, Rossendorf bei Dresden 1960.

¹⁸ D. A. Glaser, Elementarteilchen und Blaskammern (Nobelvortrag 1960), in: „Physikalische Blätter“, Heft 12/1961, S. 559.

¹⁹ Ebenda, S. 558.

gen zu analysieren, eine Abänderung der Versuchsanordnung erfordert und so neue Quellen unkontrollierbarer Wechselwirkung zwischen den Objekten und den Meßgeräten mit sich bringt“²⁰. Erstens reduzierte Bohr dabei die methodologische Bedeutung des physikalischen Experiments auf den registrierenden Teil der Versuchsanordnung, worauf bereits W. A. Fock aufmerksam gemacht hat.²¹ In dem registrierenden Teil findet aber nur die Beobachtung der Wirkung einer in anderen Teilen der Versuchsanordnung ausgelösten Ursache statt. Das zu untersuchende Objekt befindet sich ja bereits im vorbereitenden und arbeitenden Teil der Versuchsanordnung unter experimentellen Bedingungen, wozu auch die bewußt ausgelöste Ursache einer experimentell angeordneten Folge von Ereignissen zählt, deren Wirkung dann erst im registrierenden Teil vermessen werden kann. Zweitens führt eine postulierte prinzipielle Unkontrollierbarkeit nicht zum richtigen Verständnis der unter experimentellen Bedingungen gewonnenen Beobachtung, sondern erhebt die Unkontrollierbarkeit des nicht unter experimentellen Bedingungen beobachteten Objekts zum Prinzip. Bei wiederholter einfacher Beobachtung wird nur der subjektive Fehler und die Genauigkeitsgrenze der verwendeten Meßgeräte kontrolliert, denn das zu untersuchende Objekt selbst — und damit die bestimmende Seite in der physikalischen Wechselwirkung mit dem Meßgerät — wird keinem System experimenteller Bedingungen unterworfen, die kontrollierbar wären. Die Kontrollierbarkeit der experimentell gesetzten Bedingungen ergibt sich aus dem bereits vorhandenen Wissen über Gesetzmäßigkeiten, die den verwendeten Geräten zugrunde liegen. Die eindeutig bekannten oder, wie sich Bohr später ausdrückt, „wohldefinierten“ Versuchsbedingungen entsprechen einem dritten allgemeinen Merkmal des Experiments: der *Kontrollierbarkeit der experimentellen Bedingungen*.

Bohr schreibt 1959 dazu: „Der Nachdruck auf permanente, unter wohldefinierten Versuchsbedingungen gewonnene Registrierung als Basis für eine konsistente Deutung des Quantenformalismus ent-

²⁰ N. Bohr, Über die Begriffe Kausalität und Komplementarität, in: „Dialectica“, Heft 7/8, 1948.

²¹ W. A. Fock, Kritik der Anschauungen Bohrs über die Quantenmechanik, in: „Sowjetwissenschaft. Naturwissenschaftliche Abteilung“, Heft 1/1952, S. 126.

spricht in der Tat der in der klassischen Beschreibungsweise inbegriffenen Voraussetzung, daß jeder Schritt der Kausalfolge eine Kontrolle zuläßt.“²² Ein System experimenteller Bedingungen in Verbindung mit Auslösung der Ursache einer in ihm angeordneten Folge von Ereignissen und der Beobachtung ihrer Wirkung kann nur bei Verwendung von Geräten als wirkliches Experiment bezeichnet werden. Geräte sind als Systeme bereits erkannter Gesetzmäßigkeiten ein notwendiger Bestandteil des Gesamtsystems experimenteller Bedingungen. Damit ist auch für jedes Experiment eine Kontrollierbarkeit der experimentellen Bedingungen gegeben. Die experimentellen Bedingungen in einer Versuchsanordnung sind also teils bekannt, teils unbekannt, und das durch ihr Zusammenwirken kausal Bedingte muß in irgendeiner Art und Weise unseren Sinnesorganen zugänglich sein. In jedem Experiment, sei es in der klassischen oder der modernen Physik, existiert Bedingtes, das nicht beobachtet worden ist. In allen Fällen ist aber, wie bereits diskutiert wurde, im Zusammenhang mit der Kenntnis der experimentellen Bedingungen der theoretische Schluß vom Beobachteten auf das Unbeobachtete möglich, soweit es im Intervall zwischen ausgelöster Ursache und beobachteter Wirkung kausal bedingt ist.

Allen Experimenten muß aber das allgemeine Merkmal der *Beobachtbarkeit des experimentell Bedingten* eigen sein. Der Grad der Beobachtbarkeit des experimentell Bedingten ist in der Entwicklung der Physik veränderlich. Bereits in der klassisch-physikalischen Experimentalphysik finden sich dafür Belege. So ergaben die Experimente von Meyer und Maxwell (1865) bei Ermittlung der Reibung runder Scheiben in Luft und anderen Gasen (Kundt, Warburg 1875) sowie der durchgeströmten Menge Luft und anderer Gase durch Kapillare, daß die Voraussagen der kinetischen Gastheorie für die Unabhängigkeit der inneren Reibung vom Druck und für das Ansteigen der inneren Reibung mit der Temperatur richtig sind, obwohl noch keine der von der kinetischen Gastheorie berechneten Größen unter experimentellen Bedingungen direkt beobachtet worden war. Erst die Entwicklung der Molekularstrahlmethode macht ein solches Experiment möglich. Otto Stern

²² N. Bohr, Über Erkenntnisfragen der Atomphysik, in: Max-Planck-Festschrift, Berlin 1959, S. 174.

kam 1920 bei seinen Geschwindigkeitsmessungen von Elektronenstrahlen zu einem experimentell beobachtbaren Ergebnis, das dem 1860 von Maxwell angenommenen Gesetz der Geschwindigkeitsverteilung entsprach. Die Methode der Maxwellschen Verteilungskurven ließ sich auf diese Weise direkt experimentell beobachtbar nachprüfen. Die Geschichte der modernen Experimentalphysik weist ebenfalls auf eine wechselnde Veränderung des Grades der Beobachtbarkeit des experimentell Bedingten hin. So ist neben ihrem geringen Grad bei der sich wechselseitig bedingenden Beobachtung wellenartiger und korpuskularer Erscheinungen z. B. doch ein höherer Grad der Beobachtbarkeit von Quantenprozessen in den Wawilowschen Experimenten über die Fluktuationsschwankungen des sichtbaren Lichtes möglich. Diese visuellen Beobachtungen der Interferenz des Lichtes mit schwacher Intensität zeigen in besonderer Art und Weise den Wellen-Korpuskel-Doppelcharakter.²³

4. Das bestimmende Merkmal des Experiments in der Entwicklung der physikalischen Forschungsarbeit

In der Entwicklung physikalischer Experimente läßt sich also keine eindeutig gerichtete zu- oder abnehmende Veränderung des Grades der Beobachtbarkeit des experimentell Bedingten feststellen.

Der Grad der Kontrollierbarkeit der experimentellen Bedingungen verändert sich in der Geschichte der physikalischen Experimentalphysik ebenfalls nur mit wechselnder Tendenz. Ein höherer oder geringerer Grad der Kontrollierbarkeit der experimentellen Bedingungen ergibt sich daraus, in welchem Maße bereits erkannte und technisch beherrschte Naturgesetze für die vom Experimentator bewußt angeordneten experimentellen Bedingungen ausgenutzt werden können und in welchem Maße sie mit den bisher unbekanntem Gesetzmäßigkeiten verflochten sind. Der z. B. in den erwähnten neueren Arbeiten über Automatisierung und Selbstregulierung moderner physikalischer Experimente sich andeutende hohe Grad der Kontrollierbarkeit experimenteller Bedingungen

²³ S. J. Wawilow, Mikrostruktur des Lichtes, Berlin 1954.

steht nach einer längeren Periode sicherlich wieder mit dem bereits in Experimenten der klassischen Physik erreichten hohen Grad der Kontrollierbarkeit auf einer Stufe. Der Grad der experimentellen Verwirklichung der Bedingungen, die den zu untersuchenden Naturprozeß determinieren, besitzt bei aller Unterschiedlichkeit keine eindeutig abnehmende Tendenz in seiner Veränderung. Er kann durch ein komplexeres System des experimentell notwendigen Intervalls zwischen Auslösung der Ursache einer experimentell angeordneten Folge von Ereignissen und der Beobachtung ihrer Wirkung bei der Untersuchung komplizierter Wechselwirkungszusammenhänge gesichert werden. Bei größeren Schwierigkeiten in der experimentellen Verwirklichung der den Untersuchungsgegenstand determinierenden Bedingungen wird das Experiment an vereinfachten Modellen durchgeführt, die aber das Wesentliche des zu untersuchenden Gegenstands besitzen. Der Grad der experimentellen Isolation vom Unwesentlichen, wie er z. B. einerseits in den Experimenten Galileis über die Fallgesetze und andererseits in den Experimenten über die Gesetze der Wärmestrahlung (elektromagnetischer Vorgang der Wärmeübertragung) zum Ausdruck kommt, ist recht unterschiedlich. Es läßt sich aber zwischen beiden genannten Experimenten *eine einseitig gerichtete Zunahme in der Veränderung des Grades der experimentell erreichten Isolation vom Unwesentlichen* nachweisen, die die Tendenz zum Atomismus in der Entwicklung der Physik bestimmte.

In der experimentellen Begründung der klassischen Mechanik wurde von der Reibung isoliert. Der Energiesatz der klassischen Mechanik versagt, wenn im physikalischen System Reibungskräfte wesentlich werden. Aber Experimente über die Erzeugung von Wärme durch mechanische Arbeit gegen Reibungskräfte, d. h. also Reibungsforschung, führten zum allgemein gültigen Energieerhaltungssatz. Rumford hatte 1798 als erster ein eindeutiges Experiment über die Erzeugung von Wärme durch Arbeit gemacht. Dies Experiment widerlegte auch die sogenannte Wärmestoffhypothese und bewies die Natur der Wärme als eine innere Bewegung. Andererseits hatten 1807 Experimente von Gay-Lussac und 1845 ähnliche von Joule die Erkenntnis gesichert, daß die innere Energie der idealen Gase unabhängig von ihrem Volumen ist, was auf geringe Größe der zwischen den Gasmolekülen wirkenden Kräfte

hinwies. Die um 1850 erreichte Kenntnis der Äquivalenz von Wärme und kinetischer Energie legte die Auffassung der Wärme als atomare Bewegung nahe. Kröning und Clausius (1856, 1857) wurden zwangsläufig auf die Annahme einer (bis auf die Zeitpunkte des Zusammenstoßes untereinander oder mit der Wand) geradlinigen Bewegung der Gasmoleküle geführt. Mit dieser Annahme bezog die kinetische Gastheorie die Berechnung ihrer Hauptwerte wie Masse, Radius, Geschwindigkeit und Anzahl der Gasmoleküle auf Größen der klassischen Gasphysik wie Druck, Dichte und innere Reibung. Der Inhalt der kinetischen Gastheorie ist die Zurückführung aller Wärmeerscheinungen auf die Bewegung von Atomen und die Gleichsetzung der mittleren kinetischen Energie der Atome mit der Wärmeenergie. Die kinetische Gastheorie ist somit eine energetische Theorie mit bestimmten Vorstellungen über den atomistischen Bau physikalischer Objekte. Diese Vorstellungen werden wechselseitig am thermischen Verhalten geprüft oder aus ihm abgeleitet. In allen grundlegenden Experimenten der Gastheorie wurde die Wärmeenergie unter Isolation aller Strahlungsenergie betrachtet. Bei den experimentellen Untersuchungen der Strahlungsenergie (Wärmestrahlung, elektromagnetischer Vorgang der Wärmeübertragung) wurden die Energieprozesse selbst in die atomistische Auffassung mit einbezogen (Plancksches Wirkungs- oder auch Energiequant). Das war (nach der kinetischen Gastheorie als erster physikalischen Theorie der Atomistik) der Beginn der modernen Physik als vollständige physikalische Atomistik.

So ist mit dem tieferen Eindringen in Gesetzmäßigkeiten verschiedener Ordnung zwangsläufig verbunden, daß dasjenige, was früher als unwesentlich betrachtet wurde, nun in die folgenden experimentellen Untersuchungen einbezogen werden mußte. Die nachfolgende experimentelle Erforschung erfordert, daß die Isolation nun auch innerhalb der im vorangegangenen Experiment als unwesentlich betrachteten Zusammenhänge geschieht.

So war bei historisch ersten und einen neuen Bereich physikalischer Erkenntnis begründenden Experimenten in ihrer Aufeinanderfolge ein Übergang von unwesentlichen zu wesentlichen Seiten bemerkbar: Bei den grundlegenden Experimenten der klassischen Mechanik wurde von der Reibung isoliert. Die historisch ersten Experimente zu der Thermodynamik und kinetischen Gastheorie

waren aber gerade Reibungsexperimente, d. h., die Strahlung bei Wärmeprozessen war unwesentlich. Bei den die Plancksche Quantentheorie begründenden Experimenten am „schwarzen Körper“ war aber wiederum die Wechselwirkung der Strahlung mit makroskopischen Körpern wesentlich und die Strahlung in Wechselwirkung mit mikroskopischen Körpern unwesentlich usw. Unwesentliche Seiten werden wesentlich, wobei nur bestimmte Aspekte untersucht werden, während von anderen abgesehen wird.

Dabei gibt es keine ideale materielle Isolation unwesentlicher Erscheinungen. Eine ideale Isolation vom Unwesentlichen kann nur gedanklich als begriffliche Abstraktion in konsequenter und verschärfender Weiterführung der jeweils konkreten experimentellen Isolation erreicht werden. Dem theoretischen Denken wird aber durch die experimentelle Isolation vom Unwesentlichen die Möglichkeit gegeben, sich vom Unwesentlichen von vornherein abzuwenden und in konsequenter Verschärfung das Wesentliche und Gesetzmäßige theoretisch zu erfassen. In diesem Sinne begründen grundlegende Experimente neben dem unmittelbaren theoretischen Zugang zu einer bestimmten Gesetzmäßigkeit auch die nächsthöhere Entwicklungsstufe der Physik, je nachdem wie eindeutig bekannt ist, wovon experimentell isoliert wird.

Dieser stets zunehmende Grad der experimentellen Isolation vom Unwesentlichen in der Entwicklung der Physik charakterisiert das System experimenteller Bedingungen zur Isolation vom Unwesentlichen als das bestimmende innerhalb der genannten allgemeinen Merkmale des Experiments in der Physik. Damit wird auch die entscheidende Abhängigkeit des Experiments von den zu untersuchenden Gesetzmäßigkeiten unterstrichen.

Der zunehmend höher werdende Grad der experimentellen Isolation vom Unwesentlichen in den Naturerscheinungen charakterisiert in besonders deutlicher Weise das Experiment als spezifische Grundlage der physikalischen Theorie und ihrer Entwicklung.

Die moderne Physik ist im Vergleich zur klassischen Physik in die tiefliegenden Schichten der physikalischen Wirklichkeit eingedrungen. Dies kommt am klarsten in der großen Bedeutung der Korrespondenzbeziehung zum Ausdruck, daß jede nichtklassische Theorie in dem entsprechenden Grenzfall (für die Relativitäts-

theorie bei $v < c$, für die Quantentheorie bei $b = 0$) in die klassische Physik übergeht.

Die theoretische Erkenntnis wird Gesetzmäßigkeiten auch noch so komplizierter und qualitativ neuartiger physikalischer Prozesse auf der gesicherten Grundlage von Experimenten desto besser erfassen, wenn der theoretischen Kenntnis über die experimentellen Bedingungen, besonders der Isolationsbedingungen, und ihrer theoretischen Verbindung mit den unter diesen Bedingungen gewonnenen Beobachtungen größere Beachtung beigemessen wird.

HEINRICH PARTHEY

Allgemeine Merkmale des Experiments in der Entwicklung der Physik

Sonderdruck aus:

NATUR UND ERKENNTNIS
PHILOSOPHISCH-METHODOLOGISCHE FRAGEN
DER MODERNEN NATURWISSENSCHAFT

HERAUSGEGEBEN

VON

HERBERT HÖRZ UND ROLF LÖTHER



VEB DEUTSCHER VERLAG DER WISSENSCHAFTEN

BERLIN 1964