

Herbert Hörz

Leitbilder der Naturerkenntnis im Umbruch – Helmholtz, Planck, Einstein

1. Die Berliner Wissenschaftsakademie und ihre herausragenden Naturforscher

Eine Wissenschaftsakademie erhält ihren Ruf durch die Leistungen ihrer Mitglieder. Durch die Namen Helmholtz, Planck und Einstein charakterisiert, soll es hier um die Umbrüche in den Leitbildern der Naturerkenntnis gehen. 1900 entdeckte Max Planck bei den Forschungen zur Wärmestrahlung das Wirkungsquantum. Das war der Beginn einer neuen Ära in der Physik. Helmholtz, selbst wissenschaftlicher Revolutionär in seiner Zeit, stand am Ende der alten Epoche. Einstein setzte die von Planck begonnene Revolutionierung des physikalischen Weltbilds mit Auswirkungen auf Philosophie und Erkenntnistheorie fort. So verbindet sich die Ehrung der Leibnizschen Gründung der Berliner Akademie vor 300 Jahren mit der herausragenden Leistung von Planck vor hundert Jahren.

Leitbilder sind die philosophischen Prinzipien der Forschung, die erkenntnistheoretischen Prämissen und methodologischen Grundsätze. Sie werden nicht immer explizit dargestellt und manifestieren sich in Weltbildern, ausgearbeiteten Forschungsprogrammen und den so genannten Paradigmen der Wissenschaft. Das Leitbild der Naturerkenntnis in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts verlangte die Rückführung aller Prozesse auf die Attraktion und Repulsion letzter unteilbarer Teilchen, die Suche nach einem Lichtäther und es basierte auf dem Laplaceschen Determinismus. Mit dem weiteren Ausbau der experimentellen Forschung hatte es sich gegen vorhergehende naturphilosophische Spekulationen ohne empirische Basis durchgesetzt. Um die Jahrhundertwende und im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts geriet es dann jedoch ins Wanken. Die Forderung nach einer einheitlichen Welterklärung war auf neue Weise, mit neuen, den Erkenntnissen entsprechenden, Auffassungen zu erfüllen. Es musste deshalb nach neuen Prinzipien dafür gesucht werden. Die klassische Mechanik erwies sich als begrenzt gültig. Neue Leitbilder bildeten sich so heraus. Sie waren und sind umstritten, da die Einheit der Welt sich

als komplizierter und komplexer erwies und erweist, als sie durch das mechanistische Weltbild oder durch andere Welterklärungen, wie etwa dem Energetismus oder der Annahme einer allgemeinen Feldtheorie, beschrieben wird.

Hermann von Helmholtz (1821–1894) war als Vollender des mechanistischen Weltbilds einer der Mitbegründer des Forschungsprogramms der organischen Physik, das sich gegen den Vitalismus richtete und die Lebenskraft als eine unnötige, mit den Erfahrungen und den physikalischen Prinzipien nicht übereinstimmende Erscheinung ablehnte. Er ließ seine Forschungsergebnisse von Beginn seiner wissenschaftlichen Laufbahn an durch Kollegen in der Akademie vortragen. Sein Freund und Mitstreiter Emil du Bois-Reymond, schon seit 1851 Ordentliches Mitglied der Akademie, schlug ihn 1856 als Korrespondierendes Mitglied vor. Den Dank dafür mahnte er bei Helmholtz, der sich zur erfolgten Wahl erst nicht äußerte, mit der Bemerkung an, dass es eigentlich zwar diesem zukomme, in der Akademie zu sitzen, doch das Ganze für ihn eine persönliche Schererei bedeutet habe, die doch der Rede wert sei. Weiter schrieb er: „Ich habe den alten Knasten zum Trotz die Erhaltung der Kraft bei dieser Gelegenheit in den dem Stillstand der Wissenschaft geheiligten Räumen widerhallen lassen.“¹ Diese Haltung junger Akademiemitglieder, die auf Reformen drängten und die weniger die auf Tradition beruhenden Rituale schätzten, sondern intensive, dem Fortschritt der Wissenschaft dienende wissenschaftliche Diskussionen erwarteten, ist verständlich, denn Akademien können sowohl zur Verwalterin bestehenden Wissens degradiert werden, als auch Beiträge zur Revolutionierung von Leitbildern leisten. Meist sind beide Tendenzen, unter konkret-historischen Bedingungen, vorhanden und werden von bestimmten Leitfiguren besonders ausgeprägt vertreten.

Helmholtz trug durch seine Arbeiten viel zum Ansehen der Akademie bei. Der Historiograph der Akademie Adolf Harnack bemerkte: „Seit Newton ist Niemand so tief in das Innere der Natur eingedrungen wie Helmholtz, und unbestritten ist er der grösste Naturforscher gewesen, den die Akademie jemals besessen hat.“²

Max Planck (1858–1947) trat in seiner Antrittsrede vor der Akademie 1894 für die Grundideen von Helmholtz ein. Mit dem Energieprinzip sah er das Ziel der Rückführung aller Naturvorgänge auf Mechanik als

erreichbar an.³ Die Thermodynamik zeige zwar die Tendenz der Physik, sich von der mechanischen Naturauffassung zu entfernen, doch nur diese sei in der Lage, ein Gesamtbild zu vermitteln. Mit seiner Entdeckung des Wirkungsquantums 1900 machte Planck deutlich, dass die klassische Auffassung der kontinuierlichen Veränderung von Zustandsgrößen revisionsbedürftig ist. Albert Einstein bemerkte in seiner Antrittsrede vor der Akademie 1914 dazu: „Da zeigte Planck, daß man zur Aufstellung eines mit der Erfahrung übereinstimmenden Gesetzes der Wärmestrahlung sich einer Methode des Rechnens bedienen muß, deren Unvereinbarkeit mit den Prinzipien der klassischen Mechanik immer deutlicher wurde.“⁴ Planck wollte jedoch die neuen Erkenntnisse in die mechanistische Weltauffassung einbauen. Er war deshalb so etwas wie ein verhinderter Revolutionär. Die Revolutionierung der Leitbilder erfolgte. Er verhielt sich skeptisch dazu.

Albert Einstein (1879–1955) dagegen war sich klar, dass er mit den Folgerungen aus der Konstanz der Vakuumlichtgeschwindigkeit nicht nur den für die mechanische Theorie wichtigen Lichtäther ablehnte, sondern neue Prinzipien der Mechanik formulierte. Durch die Entwicklung der Speziellen Relativitätstheorie und den Ausbau der Quantenhypothese hatte er schon Weltruf erlangt. Er war für manche der neue Kopernikus.⁵ Planck betonte im Wahlvorschlag für Einstein die „umwälzenden Folgerungen dieser neuen Auffassung des Zeitbegriffs, die sich auf die gesamte Physik, vor Allem auf die Mechanik, und darüber hinaus bis tief in die Erkenntnistheorie erstrecken...“⁶ Er meinte jedoch zugleich, Einstein sei mit der Hypothese der Lichtquanten über das Ziel hinausgeschossen.⁷

Einstein war der Akademie vor allem dafür dankbar, „daß Sie mir eine Stellung anbieten, in der ich mich frei von Berufspflichten wissenschaftlicher Arbeit widmen kann. Wenn ich daran denke, daß mir jeder Arbeitstag die Schwäche meines Denkens dartut, kann ich die hohe, mir zugedachte Auszeichnung nur mit einer gewissen Bangigkeit hinnehmen.“⁸ An den Mathematiker Adolf Hurwitz schrieb er, die Akademie erinnere ihn „in ihrem Habitus ganz an irgendeine Fakultät. Es scheint, dass die meisten Mitglieder sich darauf beschränken, eine pfauenhafte Grandezza schriftlich zur Schau zu tragen, sonst sind sie recht menschlich.“⁹ Einstein baute an der Akademie seine Relativitätstheorie aus. „Er wurde“, wie Fölsing in seinem Einsteinbuch feststellt, „ein braver Akademiker, fehlte nur selten

bei den Sitzungen und hielt sich vor allem an die Regel, seine Forschungsergebnisse in den Sitzungsberichten zu veröffentlichen, was zu einer beträchtlichen Aufwertung dieses Publikationsorgans beitrug.“¹⁰

Die drei Naturforscher haben so mit ihren Leistungen zu wesentlichen Umbrüche in den Leitbildern der Naturerkenntnis beigetragen. Dazu gehören in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts die prinzipielle Durchsetzung des Energieerhaltungssatzes als allgemeinem Prinzip der Bewegung von Körpern. Damit wurde die Annahme einer Lebenskraft widerlegt. Das war Bestandteil der Mechanisierung des Weltbilds, durch Helmholtz wesentlich befördert. Durch das damit verbundene Evolutionsdenken verschwand die *causa finalis* des Aristoteles, die Zweckursache, aus dem wissenschaftlichen Denken. Warumfragen wurden als Wiefragen beantwortet. Es herrschte der klassische Determinismus, für den Gesetz, Kausalität, Ablauf des Geschehens, seine Vorausbestimmtheit und Voraus-sagbarkeit identisch waren.

Um die Jahrhundertwende zeigte Planck, dass die Wärmestrahlung nur mit der Annahme eines Wirkungsquantums erfasst werden kann. Damit war eine Revolution des Weltbilds angeregt, die Planck nicht sah und nicht wollte, die sich jedoch durchsetzte. Mit der Entdeckung der Radioaktivität, des Elektrons, den Experimenten zum Nachweis des Welle-Korpuskel-Dualismus kam es in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts durch die Entwicklung der Quantentheorie zu prinzipiellen Diskussionen über die Struktur der Materie, verbunden mit einer Kritik des Mechanismus, die wir vor allem in zwei prinzipiellen Komponenten betrachten wollen, in der Stellung Plancks zur Kausalität und in dem Ausbau der Relativitätstheorie durch Einstein.

Der Dank an die Akademie für die Möglichkeit, wissenschaftliche Erkenntnisse vorlegen zu können, ein sachkundiges Forum zur Debatte von Problemen zu haben und Bedingungen zur kreativen Arbeit zu erhalten, verband sich mit der Kritik junger Wissenschaftler, die der Akademie vorwarfen, eine nicht mehr den Zeiten entsprechende Wissenschaftseinrichtung zu sein. Wurde man dann zum Akademiemitglied gewählt, setzte man sich, wenn man nicht auf den erreichten Erfolgen ausruhen wollte, für innere Reformen ein, um das wissenschaftliche Ansehen der Akademie zu erhöhen. So taucht im Zusammenhang mit der Naturforschung an der Akademie in der von uns betrachteten Zeit eine immer wider zu stellende

Frage auf: Was ist eigentliche akademiewürdige Forschung? Nicht Akademien allein sind berufen, zur prinzipiellen Änderung von Leitbildern beizutragen. Der Anstoß dafür kann aus formellen Einrichtungen oder aus individuellen Leistungen außerhalb der Strukturen, also aus den verschiedensten Richtungen kommen und muss nicht immer gleich zur Kenntnis genommen werden, wie der Streit um die Priorität bei der Formulierung des Energieerhaltungssatzes zeigt, in dem Helmholtz vorgeworfen wurde, die Leistungen Robert Mayers nicht gewürdigt zu haben, was so nicht stimmt.¹¹

2. Was ist akademiewürdig?

Die Wissenschaftsakademie in Berlin erwies sich in der zweiten Hälfte des 19. und im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts, die Zeit, in der Helmholtz, Planck und Einstein herausragende Leistungen vollbrachten, als ein Hort intensiver wissenschaftlicher Diskussion um die Naturerkenntnis. Sie war zugleich ein Fokus für die Forschungen an der Universität, deren Ergebnisse an der Akademie vorgetragen wurden. Da die Akademie zwei Forscherstellen hatte, von denen eine Einstein nach dem Tode von Jacobus Hendricus van't Hoff einnehmen konnte, wurden wesentliche Erkenntnisse an der Akademie auch selbst gewonnen. Dabei ändert sich die Auffassung von dem, was als akademiewürdig anzusehen ist.

Am Ende des 19. Jahrhunderts konstatierte Harnack eine Wendung des wissenschaftlichen Betriebs zur Empirie. Er polemisierte jedoch gegen die Auffassung, das habe zum Erlahmen der tieferen geistigen Arbeit geführt. Neben den Erfolgen der historischen Methode in den Geisteswissenschaften betonte er den Aufschwung der Naturerkenntnis im Zeitalter der Naturwissenschaften. „Allein die Meister stehen, was Vielseitigkeit der Anwendung wissenschaftlicher Methoden und Kraft gesunder Speculation anlangt, keinem der früheren Blüthezeitalter der Wissenschaften nach. Das Gesetz von der Erhaltung der Kraft und die Gesetze entwicklungsgeschichtlicher Bewegung, nicht erträumt, sondern bewiesen, schweben über der gesammten Forschung, verheissen jeder Gruppe von Einzeluntersuchungen Frucht und geben ihr den Werth von Untersätzen in einem grossen System schwieriger deductiver Operationen.“¹² Die Naturwissenschaft habe den gesteigerten Anforderungen des modernen Lebens in glänzender Weise entsprochen, wofür er Helmholtz und Werner von Siemens nennt,

nicht nur, weil die Akademie die Ehre hatte, sie zu besitzen, sondern weil sie in Europa anerkannt seien.

Harnack machte auf die sich durchsetzende Arbeitsteilung aufmerksam, „die, rücksichtslos durchgeführt, eine Institution wie die Akademie um ihr Existenzrecht zu bringen droht.“¹³ Nach dem Tod des Universalgelehrten Alexander von Humboldt 1859 sei die Brücke eingestürzt, die Natur- und Geisteswissenschaften miteinander verband und man sperrte sich gegeneinander ab. Er meinte: „In der Akademie ist es jedoch nie soweit gekommen, dass man die genossenschaftliche Verbindung als eine Last oder als eine veraltete Einrichtung empfunden hätte.“¹⁴ Niemand wolle die hohen Vorbilder genialer wissenschaftlicher Tätigkeit missen, von denen man in der Akademie lernen könne. „Auch wo man im Einzelnen nicht zu folgen vermag, kann das Ganze nach Art der Auffassung und Behandlung lehrreich sein, und umgekehrt, wo sich das Ganze dem Verständniss entzieht, kann doch Einzelnes in Beobachtung oder Combination verständlich sein und sich als fruchtbringend erweisen.“¹⁵ Neben dem persönlichen Einfluss großer Denker hob er zwar die notwendigen gemeinsamen Arbeiten in einem Großbetrieb der Wissenschaften, wie der Akademie hervor, betonte jedoch zugleich „in erster Linie ist die Akademie die Trägerin der reinen Wissenschaft und lebt in der wissenschaftlichen Tüchtigkeit ihrer einzelnen Mitglieder –, aber sie ist doch das Mittel, durch welches der Verlust universalwissenschaftlichen Zusammenarbeitens in etwas ersetzt wird.“¹⁶

Bei den Akademienvorhaben ging es um die historisch-geisteswissenschaftlich orientierten Forschungen. Unterstützt wurden in der Naturforschung Geodäsie und Meteorologie. Sonst waren es auf diesem Gebiet vor allem die Leistungen der Mitglieder, die das Ansehen der Akademie ausmachten. Um zugewählt zu werden, mussten sie solche schon erbracht haben. Man rechnete jedoch mit weiteren Aktivitäten. In dem von Emil du Bois-Reymond ausgearbeiteten Wahlvorschlag von 1870 für Helmholtz zur Wahl als auswärtiges Mitglied, dem sich 10 weitere Mitglieder anschlossen, wurde, nach der Aufzählung der Leistungen zur Mikroskopie und zur mathematischen Physik, zur physiologischen Optik und zur musikalischen Akustik, betont: „Weit davon entfernt, eine Spur von Erschöpfung zu verrathen, berechtigt uns Herr Helmholtz durch seine rastlose Thätigkeit vielmehr zu der Hoffnung, ihn noch ganz andere Hö-

hen ersteigen, Schwierigkeiten besiegen, Wahrheiten enthüllen zu sehen.“¹⁷ Das konnte er, seit seiner Übersiedlung nach Berlin, als Ordentliches Akademiemitglied bestätigen.

Berlin wurde im letzten Drittel des 19. Jahrhunderts zu einem Wissenschaftszentrum: „Von einem bekannten Sitz wissenschaftlicher Einrichtungen, der einer unter vielen war, zu einer Metropole der Lehre und Forschung, die in der Welt von damals nicht viele ihresgleichen hatte.“¹⁸ Neben den Universitäten und der Akademie entstanden jedoch schon neue Einrichtungen, wie die 1887 gegründete Physikalisch-Technische Reichsanstalt, deren erster Präsident Helmholtz war.

Die Entwicklung der Industrie verlangte neue Formen der Forschung, damit Wissenschaft als produktive Kraft mehr Einfluss auf die effektive Produktion materieller Güter und deren internationaler Verwertbarkeit gewinnen konnte. Der Fortschritt „der naturwissenschaftlichen Grundlagenforschung in Tiefe und Breite, spiegelte sich in der Akademie, die keine eigene materielle Forschungsbasis hatte, nur zu einem Teil und hier vor allem in den Zuwahlen und in den Vorträgen und Beratungen der Mitglieder wider.“¹⁹ 1911 wurde die „Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V.“ gegründet, in der wesentliche Forschungspotentiale im Interesse des Staates und der Wirtschaft konzentriert wurden, deren Erkenntnisse in die Akademie wiederum nur über ihre Mitglieder Einzug hielten.

Harnack meinte zur weiteren Entwicklung der Akademie, dass „einst ein zukünftiger Geschichtsschreiber der Akademie ruhmvolle Blätter einschieben wird.“²⁰ Das ist der Fall. Zu nennen wäre die Leistung Plancks mit der Entdeckung des elementaren Wirkungsquantums. Sie legte die Grundlage für eine der wichtigsten Umwälzungen in der Physik, für die Entwicklung der Quantentheorie mit ihrer prinzipiellen Kritik des mechanischen Weltbilds, dem sich Planck verpflichtet fühlte.

Planck meinte zur Rolle der Akademie: „Die Zeiten sind vorüber, wo in einer einzigen Persönlichkeit das Spezielle und das Allgemeine nebeneinander bequem Platz finden konnten. Heute bedarf es dazu schon des Riesengeistes, auf den unsere Akademie ihren höchsten Stolz setzt, und in Zukunft müßte das Wunder noch weit größer sein.“²¹ Für Planck war der Gedanke unverzichtbar, dass die Naturforschung den einen großen Zusammenhang der Naturkräfte zu erfassen habe. Den Versuch, die

Spezialisierung so weit zu treiben, das die Synthese der Teilerkenntnisse nicht mehr erfolgte, hätte er entschieden bekämpft. Was aber tun, wenn das von Planck geforderte Wunder nicht eintritt? Einerseits kommen wir einer Gesamtsicht wieder näher, andererseits dominiert in vielen wissenschaftlichen Einrichtungen die Detailforschung.

Zu den von Harnack erwarteten akademischen Helden gehört auch Einstein, der das naturwissenschaftliche Weltbild revolutionierte. Die Akademie holte ihn, als Wilhelm Röntgen absagte, nach Berlin zu kommen, obwohl auch andere Kollegen als Einstein Anspruch auf die Stelle in der Akademie gehabt hätten. So wird als Verdienst von Planck und Nernst hervorgehoben, „daß entgegen den üblichen Regeln für Zuwahlen ... der revolutionärste naturwissenschaftliche Denker in die freie Mitgliederstelle gewählt wurde.“²² Einstein bedankte sich in seiner Antrittsrede vor der Akademie dafür, „daß Sie mir die größte Wohltat erwiesen haben, die einem Menschen meiner Art erwiesen werden kann. Sie haben es mir durch Ihre Berufung an die Akademie ermöglicht, mich frei von den Aufregungen und Sorgen eines praktischen Berufes ganz den wissenschaftlichen Studien zu widmen. Ich bitte Sie, von meinem Gefühl der Dankbarkeit und von der Emsigkeit meines Strebens auch dann überzeugt zu sein, wenn Ihnen die Früchte meiner Bemühungen als ärmliche erscheinen werden.“²³

Das war nicht der Fall. Mit herausragenden Leistungen erhöhte er das Ansehen der Berliner Akademie. Der mathematische Physiker Hans-Jürgen Treder, der sich intensiv historisch und wissenschaftlich mit dem Werk Einsteins befasst, bemerkt dazu: Er „wirkte in verschiedenen akademischen und sonstigen physikalischen Gremien nicht nur als Ideensponsor, sondern auch als Wissenschaftsorganisator und Planer aktiv mit.“ Die Diskussion mit den Fachkollegen und führenden Vertretern anderer Wissenschaften „waren von hervorragender Bedeutung für die Herausbildung und Ausformung von Einsteins großen Entdeckungen und theoretisch-physikalischen Synthesen in den Jahren 1914 bis 1925. Sie beeinflussten natürlich ihrerseits auch stark das Werk seiner Diskussionspartner.“²⁴

Akademiewürdig sind so alle Forschungsergebnisse, die neue Einsichten zum Weltfundus der Wissenschaften beitragen. Das betrifft sowohl die Begründung neuer Prinzipien und deren Erweiterung auf neue Gebiete, das Aufstellen von empirisch fundierten Gesetzen und Regeln, als

auch neue Einsichten in die Mechanismen des Naturgeschehens, in ihre stofflichen, energetischen und informationellen Aspekte. Für viele Gelehrte, die nicht an der Akademie arbeiteten, wie z. B. Helmholtz bis 1871, war es wichtig, ihre experimentellen und theoretischen Erkenntnisse der Akademie vorzulegen, um sich die Priorität zu sichern und konstruktiv-kritische Äußerungen zu erhalten. Zur Würde der Akademie gehört auch der Ruf nach Reformen. Durch inhaltliche, strukturelle und persönliche Erneuerung wird neuen Herausforderungen an die Wissenschaft entsprochen. Als akademiespezifisch erwiesen sich vor allem die durch die Zusammensetzung mögliche interdisziplinäre Forschung und Diskussion prinzipieller Erkenntnisprobleme auf der Grundlage disziplinärer Einsichten. Sieht man von der Routine des Akademiealltags, den tradierten Gepflogenheiten der Sitzungen und den persönlichen Interessen, die nicht immer den erforderlichen Änderungen von Leitbildern dienlich waren, ab, dann kann die Akademie etwas leisten, wozu Spezialforschungen und Bildungseinrichtungen nur schwer in der Lage sind, nämlich die Prinzipiensuche als Erkenntnisweg im interdisziplinären Disput zu nutzen. Dafür traten Helmholtz, Planck und Einstein bei ihrem Wirken in der Berliner Akademie ein.

3. Prinzipiensuche als Erkenntnisweg

Helmholtz sah zwei Wege des Erkennens, um die Naturgesetze zu finden, den der abstrakten Begriffe und den der reichen experimentellen Erfahrung. Der erste basiere auf der mathematischen Analyse, sei jedoch nur zu beschreiten, wenn durch den zweiten schon Voraussetzungen dafür existierten. Er verwies auf unterschiedliche Fähigkeiten der Physiker, die den einen oder anderen Weg bevorzugen. Beide hingen jedoch miteinander zusammen. „Löst sich aber der Erstere ganz von der sinnlichen Anschauung ab, so geräth er in Gefahr, mit grosser Mühe Luftschlösser auf unhaltbare Fundamente zu bauen, und die Stellen nicht zu finden, an denen er die Uebereinstimmung seiner Deductionen mit der Wirklichkeit bewahrheiten kann; dagegen würde der Letztere das eigentliche Ziel der Wissenschaft aus den Augen verlieren, wenn er nicht darauf hinarbeitete, seine Anschauungen schliesslich in die präzise Form des Begriffs überzuführen.“²⁵ Er sah den Fortschritt der Naturwissenschaften in dem Maß, „in welchem die Anerkennung und die Kenntniss eines alle Naturschei-

nungen umfassenden ursächlichen Zusammenhangs fortgeschritten ist ... Denn eine Naturerscheinung ist physikalisch erst dann vollständig erklärt, wenn man sie bis auf die letzten ihr zu Grunde liegenden und in ihr wirkenden Naturkräfte zurückgeführt hat.“²⁶

Die einheitliche Ordnung der Welt schien mit diesem Leitbild zur Zeit von Helmholtz vollständig erkenn- und erklärbar, da sie allein durch die Bewegungen letzter unteilbarer Teilchen, die durch die Massenpunkte der klassischen Mechanik repräsentiert wurden, bedingt und bestimmt war. Damit wurde die von Aristoteles begründete Vielfalt der Ursachen auf eine, die *causa efficiens*, reduziert. Selbst diese wurde nicht als hervorbringende Ursache betrachtet, denn dann wäre immer die naturphilosophische Frage nach dem Grund des Hervorbringens zu stellen gewesen, sondern nur als bedingter und bestimmter Ablauf des Geschehens. Im mechanisierten Weltbild waren komplexe Erscheinungen auf die Bewegung letzter unteilbarer Teilchen zu reduzieren, die sich nach den Gesetzen der klassischen Mechanik verhielten. Die Bewegung dieser Atome ergab nach der mechanistischen Auffassung einen einmal festgelegten und mit Uhrwerksgenauigkeit ablaufenden Prozeß des Naturgeschehens, der zwar im einzelnen noch nicht genau bestimmt war, doch bei weiteren Forschungen immer genauer erkannt werden würde. Das Naturgeschehen war damit vorausbestimmt und prinzipiell voraussagbar.

Mit den Erkenntniswegen befaßte sich auch Einstein. Er bemerkte in seiner Antrittsrede vor der Akademie: „Die Methode des Theoretikers bringt es mit sich, daß er als Fundament allgemeine Voraussetzungen, sogenannte Prinzipie, benutzt, aus denen er Folgerungen deduzieren kann. Seine Tätigkeit zerfällt also in zwei Teile. Er hat erstens jene Prinzipie aufzusuchen, zweitens die aus den Prinzipien fließenden Folgerungen zu entwickeln.“²⁷ Für die erste Aufgabe sieht er keine systematisch anwendbare Methode. „Der Forscher muß vielmehr der Natur jene allgemeinen Prinzipie gleichsam ablauschen, indem er an größeren Komplexen von Erfahrungstatsachen gewisse allgemeine Züge erschaut, die sich scharf formulieren lassen.“²⁸

Planck sah darin die schöpferische und die deduktive Tätigkeit, die beide für die Wissenschaft unentbehrlich seien, auch wenn sich jeder Wissenschaftler mehr zu der einen oder mehr zu anderen hingezogen fühle. Für Einstein meinte er, dass dessen „eigentliche Liebe derjenigen Arbeits-

richtung gehört, in welcher die Persönlichkeit sich am freiesten entfaltet, in der die Einbildungskraft ihr reichstes Spiel treibt und der Forscher sich am ersten dem behaglichen Gefühl hingeben kann, daß er nicht so leicht durch einen anderen zu ersetzen ist. Freilich droht ihm dabei auch am ehesten die Gefahr, sich gelegentlich in allzu dunkle Gebiete zu verlieren und plötzlich unversehens auf harten Widerstand zu stoßen, sei es von Seiten der Theoretiker oder, was schlimmer ist, von Seiten der Experimentatoren.“²⁹

Als 1921 Max von Laue seine Antrittsrede in der Akademie hielt, sprach er davon, dass auch er die vielen Bedenken gegen die Relativitätstheorie gehegt habe, die nun gegen sie vorgebracht würden. Er habe sie jedoch überwunden und sich voll auf sie gestützt. Im Hinblick auf die von Einstein erwähnten Aufgaben der Prinzipiensuche und des Ziehens von Konsequenzen aus ihnen, meinte er. „Es ist mir versagt geblieben, an der Lösung der ersten, höheren Aufgabe mitzuwirken. Gelang mir etwas, so lag es stets daran, daß ich mir getraute, aus vorhandenen Prinzipien selbst recht weitgehende Folgerungen zu ziehen und sie auf Dinge anzuwenden, für deren Deutung sie zunächst nicht aufgestellt waren. Den Mut dazu entnahm ich einmal aus dem tiefempfundenen Bedürfnis, das physikalische Weltbild im Sinne seiner Einheit auszubauen und zu vervollständigen, und aus der Freude, mit den Mitteln des Gedankens die Natur beherrschen zu können.“³⁰

Planck erwiderte: „Wenn nun die Kunst, aus gewissen, mit den üblichen Anschauungen nicht in Einklang zu bringenden Erfahrungen die grundlegenden Gesetze herauszufühlen, jenem göttlichen Seherblick entstammt, der das wesentliche vom unwesentlichen, das notwendige vom zufälligen, das reale vom konventionellen reinlich zu scheiden versteht, gehört dann nicht gerade der erste größere wissenschaftliche Wurf, der Ihnen gelang: die Aufdeckung der Grenzen für die Gültigkeit des bis dahin immer unbedenklich angewandten Additionstheorems der Entropie, und die dadurch bewirkte Vollendung der Verschmelzung der Begriffe der Entropie und der Wahrscheinlichkeit, mit zu denjenigen Leistungen des theoretischen Physikers, die sie wohl mit Recht die höheren nennen? Haben Sie doch damit den Grenzstein, der das Gebiet der klar erkannten Zusammenhänge gegen das unermessliche Reich der ungelösten Rätsel hin absichert, um eine merkliche Strecke nach vorwärts gerückt.“³¹

Als wichtige Komponenten für solche hervorragenden Leistungen, die

auch zur Umwälzung von Leitbildern der Naturerkenntnis führen, nannte Planck „die allerreichste durch vollendete Sachkenntnis geleitete und durch kritischen Scharfblick gezügelte Gestaltungskraft“, „Gewissenhaftigkeit, welche auch unscheinbaren Dingen, falls sie nur ein grundsätzliches Interesse beanspruchen, Beachtung schenkt“; „der entschlossenen Mut, welcher die einmal gewonnene Überzeugung sowohl gegenüber fremden als auch gegenüber eigenen früher gelegentlich abweichenden Anschauungen jederzeit zu vertreten bereit ist.“³²

So ist die Prinzipiensuche, die kritische Prüfung bestehender Prinzipien, das konsequente Ziehen von Folgerungen aus ihnen, deren experimentelle Prüfung und das Aufdecken von Widersprüchen zwischen verschiedenen Prinzipien oder zwischen experimentellen Ergebnissen und Prinzipien die Grundlage für die Änderung von Leitbildern.

4. Leitbilderwechsel

Leitbilderwechsel ist ein theoretischer Prozess, in dem die bisher geltenden Prinzipien durch andere ersetzt werden. Das erfordert stets die Lösung beider von Einstein erwähnter Aufgaben. Als Fallbeispiele werden drei Umbrüche charakterisiert, die zum Leitbilderwechsel beitrugen. So förderte Helmholtz mit den anderen organischen Physikern den Übergang von der spekulativen naturphilosophischen Sicht der Lebensprozesse zu ihrer experimentell fundierten und mathematisch-theoretisch begründeten Erforschung. Planck löste mit der Entdeckung des Wirkungsquantums die Debatte um die Kausalstruktur der Welt aus und Einstein zeigte mit seinem Relativitätsprinzip die Unhaltbarkeit tradierter Auffassung von Raum und Zeit.

4.1. Die Kritik des Vitalismus durch Helmholtz

Die historischen Untersuchungen zur physikalisch-chemisch fundierten Erforschung der Lebensprozesse führen zu der Frage, warum diese Programmatik sich als Leitbild der Naturforschung erst umfassend mit den Arbeiten der organischen Physiker durchsetzte, obwohl sie vorher gefordert, begründet und in Ansätzen begonnen war. Das hat mehrere Gründe. Die Realisierung eines Forschungsprogramms trifft stets auf einen Zeitgeist, der die ontologischen und methodologischen Positionen der Forscher beeinflusst. Die naturphilosophischen Spekulationen über die

Lebensprozesse, verbunden mit der Annahme einer Lebenskraft, konnten als Erklärung erst durch intensive Forschung überwunden werden. Der Lehrer von Helmholtz und seinen Mitstreitern Johannes Müller (1801–1858) lehnte die Existenz einer besonderen Lebenskraft nie direkt ab. Der Übergang von der einen Gelehrten-Generation zur anderen verband sich mit dem Umbruch von der naturphilosophisch geprägten zur naturwissenschaftlich fundierten und experimentell geprüften Analyse der Lebensprozesse. Helmholtz meinte: „Junge Leute greifen am liebsten gleich von vornherein die tiefsten Probleme an, so ich die Frage nach dem rätselhaften Wesen der Lebenskraft.“ Prinzipielle Grundlage dafür war der Energieerhaltungssatz, der die verschiedensten Naturphänomene miteinander verband und die spekulativen Naturkräfte zur Erklärung des Naturgeschehens vertrieb. Die mit dem von Helmholtz behandelten Prinzip der Erhaltung der Kraft verbundene Lehre „erteilte dem Truggebilde einer Lebenskraft den letzten Stoß“, wie Emil du Bois-Reymond in seiner Gedenkrede zu Helmholtz bemerkte.³⁴

Anerkennung und Durchsetzung des Forschungsprogramms der organischen Physiker bedurfte nicht nur der Begründung durch kreative Wissenschaftler, sondern auch der materiellen und personellen Unterstützung durch einflußreiche Personen und Gremien, des Zustroms junger Schüler und neuer Prägungen des Zeitgeistes durch die auf der Grundlage des Programms erzielten Forschungsergebnisse mit Auswirkungen auf das Weltbild. So bildete sich mit der organischen Physik eine Auffassung heraus, nach der die Lebensprozesse physikalisch-chemisch in ihren Mechanismen zu erfassen seien. Es ging um den prinzipiellen Gegensatz zwischen dem Vitalismus und dem Prinzip von der Erhaltung der Kraft, das ein perpetuum mobile nicht zuließ. Gerade das aber wäre bei Existenz einer Lebenskraft möglich. Die organischen Physiker waren bestrebt, „die Physiologie nach den Grundsätzen exacter Forschung consequent und einheitlich zu entwickeln ... die Lebenskraft vollends zu verscheuchen und die Physiologie als einen Zweig der Physik und Chemie zu cultiviren.“³⁵

Als Kernpunkte der neuen Programmatik der organischen Physik erwiesen sich:

1. Die vitalistische Erklärung der Lebensvorgänge durch eine Lebenskraft ist unnötig und widerspricht den experimentellen Ergebnissen.
2. Das Gesetz von der Erhaltung der Kraft (Energieerhaltungssatz) wider-

legt prinzipiell die Existenz einer Lebenskraft, denn ihre Anerkennung würde eine *perpetuum mobile* zulassen.

3. Lebensvorgänge sind vollständig physikalisch-chemisch zu erklären.
4. Alle existierenden Kräfte, auch in lebenden Organismen, sind als Attraktion oder Repulsion zu erfassen.

Das Programm der organischen Physiker war so nicht allein methodologisch bestimmt, obwohl die physikalisch-chemischen Methoden zur Untersuchung der Lebensprozesse herangezogen wurden. Es ging von prinzipiellen ontologischen Prämissen aus, wie die Programmatik zeigt. Es erfüllte damit die Funktionen eines neuen Leitbilds der Naturerkenntnis nicht nur für die Physiologie. Noch wirkte in Berlin die Schellingsche Naturphilosophie und oft erfolgten Erklärungen von Naturvorgängen durch nicht nachweisbare Kräfte. „Mit dem Anwachsen der experimentellen Arbeitsrichtung wurde somit die naturphilosophische Erklärungsmethode zu einem Hindernis innerhalb der Biologie. Auf Grund dieser Schwierigkeiten sowie der ausschweifenden Spekulation in der 'romantischen' Physiologie setzte langsam eine Reaktion gegen diese Richtung ein, welche versuchte, allein empirische Arbeitsweisen in der Biologie zur Geltung kommen zu lassen.“ Diese wurde vor allem von den Vertretern der organischen Physik getragen. Sie verlangten, jede organische Erscheinung in ihren und bis zu ihren physikalisch-chemischen Grundlagen zu untersuchen. Dieser Kreis junger wissenschaftlicher Revolutionäre um Helmholtz entwickelte nicht nur die Grundideen für das neue Leitbild, sondern setzten sie in ihren Forschungen auch um.

Diese Leitbild trug jedoch den Keim seiner Überwindung bereits in sich. Es war der Höhepunkt der analytischen Denkweise bei der Erforschung der Lebensvorgänge in ihren physikalischen und chemischen Grundlagen. Was damals notwendig war, konsequent diesen experimentellen Weg der Detailuntersuchung zu gehen, Vitalismus mit der Annahme der Lebenskraft zu bekämpfen und die theoretische Deduktion empirisch zu untermauern, mußte später einer neuen Gesamtsicht, einem neuen Leitbild, weichen. Auf der Grundlage der detailliert erforschten Wesensmomente konnte das Leben in seinen spezifischen Komponenten, der Fortpflanzungsfähigkeit und Arterhaltung, ganzheitlich betrachtet werden. Dabei war das Wesen der Menschen nicht allein auf natürliche Faktoren zu reduzieren. Es erwies sich als Ensemble gesellschaftlicher Verhältnisse

in individueller Ausprägung, als eine Einheit von natürlichen und sozialen, materiellen und ideellen, bewußten, unterbewußten und unbewußten Faktoren. Der Mensch ist nicht nur Gestaltungs- und Verstandeswesen, sondern auch Vernunft- und Moralwesen. Mit dem ganzheitlichen Verständnis des Menschen nutzte die Wissenschaft den Fundus der Erkenntnisse des 19. Jahrhunderts, um über sie hinaus zu gehen, indem sie sie mit einem neuen Leitbild in neue Zusammenhänge einordnete.

4.2. Planck und die Kausalitätsdebatte

Einstein charakterisierte die Situation der Physik bis zur Jahrhundertwende dadurch, dass allgemein angenommen wurde, mit der Galilei-Newtonschen Mechanik und der Elektrodynamik von Maxwell sei eine richtige Darstellung der elektrischen, thermischen und optischen Eigenschaften der Körper möglich. Planck habe nun gezeigt, dass es zur Aufstellung eines mit der Erfahrung übereinstimmenden Gesetzes der Wärmestrahlung einer anderen Rechenmethode bedürfe, die die Quantenhypothese einführe und mit der klassischen Mechanik für kleine Massen mit hinreichend kleinen Geschwindigkeiten und genügend großen Beschleunigungen unvereinbar sei. Die mechanischen Bewegungsgesetze gelten nur noch als Grenzgesetze. Die Prinzipiensuche sei damit angeregt, jedoch noch nicht erfolgreich. „Aber trotz emsigster Bemühungen der Theoretiker“, so Einstein, „gelang es bisher nicht, die Prinzipie der Mechanik durch solche zu ersetzen, welche Plancks Gesetz der Wärmestrahlung bzw. der Quantenhypothese entsprechen. So unzweifelhaft auch erwiesen ist, daß wir die Wärme auf Molekularbewegung zurückzuführen haben, müssen wir heute doch gestehen, daß wir den Grundgesetzen dieser Bewegung ähnlich gegenüberstehen wie die Astronomen vor Newton den Bewegungen der Planeten.“⁴³⁷

Einstein hielt an dem klassischen Kausalprinzip fest. Er hatte Probleme mit der Mitte der zwanziger Jahre erfolgten Formulierung der Quantentheorie in Form der Matrizenmechanik durch Werner Heisenberg, in der Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten von Ereignissen eine entscheidende Rolle spielten. Er meinte 1925, an das von Heisenberg gelegte Quantenei glaube er nicht. Noch am 7.11.1944 schrieb er an Max Born, der sich für die statistische Deutung der Quantentheorie einsetzte: „Du glaubst an den würfelnden Gott und ich an volle Gesetzlichkeit in einer

Welt von etwas objektiv Seiendem, das ich auf wild spekulative Weise zu erhaschen suche.“³⁹

Eine der wichtigen Akteure in dieser Debatte ist Erwin Schrödinger, der mit seiner Wellenmechanik den Gegnern der statistischen Denkweise (unberechtigt) Auftrieb gab. Zugleich verteidigte er die Relevanz des Zufalls für die Erklärung physikalischer Prozesse. Bei der Antrittsrede vor der Akademie meinte er: „Praktisch hatte man auf die Kausalität allerdings schon im Rahmen der klassischen mechanischen Naturerklärung verzichten müssen.“⁴⁰ Er berief sich dabei auf Fritz Hasenöhrls Auffassung von der Wahrscheinlichkeit und Franz Exners Hinweise auf den Zufall.⁴¹ Planck forderte das zur Erwiderung heraus. Auch, wenn er als „engherziger Reaktionär erscheine“, wolle er für die „kausale Physik“ eintreten. Die Frage, ob Gesetzmäßigkeiten Zufallscharakter haben, lasse „sich auch folgendermaßen formulieren: sollen wir die Erklärung für die tatsächlich allenthalben auftretende Unsicherheit und Ungenauigkeit, die jeder einzelnen physikalischen Beobachtung anhaftet, stets nur in speziellen Eigentümlichkeiten des jeweils vorliegenden Falles suchen, sei es in der komplizierten Beschaffenheit des betrachteten physikalischen Objektes, sei es in der Unvollkommenheit der benutzten Meßgeräte einschließlich unserer Sinnesorgane, oder sollen wir die Unsicherheit weiter rückwärts verlegen in die Fassung der elementaren Grundgesetze der Physik?“⁴² Damit wird die entscheidende Frage formuliert, ob der Zufallscharakter des Geschehens selbst gesetzmäßig ist, oder ob der statistische Charakter unserer Aussagen auf unwesentlichen Bedingungen und auf bisherigen oder prinzipiellen Erkenntnisschranken beruht.

Planck argumentierte in folgender Richtung: Jede physikalische Theorie sei ein Gerüst, das der Forscher nach eigenem Ermessen zurechtzimmere, um ein möglichst getreues Abbild der Natur zu erhalten. Das Gerüst sei immer der Verbesserung fähig, es bedürfe jedoch eines Grundes, auf dem es stehe. Diesen könne die „akausale Physik“ bisher nicht angeben, nicht einmal die Frage beantworten, warum die kausale Physik nicht ausreiche, um den Tatsachen der Erfahrung gerecht zu werden. Mit Hinweis auf Hasenöhrl meinte er, dass die Atome eines Holzklotzes zufällig einmal alle gerade nach oben fliegen, sei in der klassischen Physik nicht nur nicht unmöglich, sondern nach langer Zeit mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit zu erwarten. Schwankungsgesetze seien eine ausgezeichnete

Stütze des Kausalitätspostulats, mit dessen Hilfe sie abgeleitet seien. Er forderte die Revision der Voraussetzung, „daß wir die Bedingungen, welche einen Vorgang kausal determinieren, auch stets experimentell bis zu einem prinzipiell unbeschränkten Grade von Genauigkeit verwirklichen können.“⁴³ Wie die Biologie zeige, spräche das jedoch nicht gegen das Kausalgesetz. Die Schrödingergleichung sah er gerade als kausales Herangehen an die Quantenmechanik.

Die Folgen der mit der Quantenmechanik ausgelösten Diskussion um die Kausalität als prinzipieller Grundlage unserer Erkenntnis des Geschehens wurden philosophisch erst nach und nach gezogen und sich auch heute noch nicht unumstritten. Plancks Überzeugung, dass die Schwankungsgesetze zur Erfassung von Zufallsprozessen nicht dem prinzipiellen Kausalgesetz widersprechen, ist mit der statistischen Gesetzeskonzeption zu begründen.⁴⁴ Schränkt man Kausalität nicht auf die notwendige Verwirklichung einer Möglichkeit unter bestimmten Bedingungen ein, wie das im Laplaceschen Determinismus geschah, sondern bezieht sie generell auf jede Vermittlung des Zusammenhangs zwischen Ereignissen, dann ist sie die prinzipielle Grundlage unseres Erkennens und Handelns. Wäre tatsächlich der konkrete Zusammenhang der Ereignisse an irgend einer Stelle durchbrochen, dann wäre dort keine Erkenntnis möglich, da wir immer darauf angewiesen sind, Nachrichten durch unsere Sinnesorgane über die Außenwelt zu erhalten. Man muß deshalb, mit Planck, an der kausalen Grundstruktur der Welt festhalten, um sie erkennen und gestalten zu können. Es ist jedoch zwischen Kausalgesetz und Kausalbeziehungen, zwischen Kausalität und Gesetz zu unterscheiden und die Rolle des objektiven Zufalls zu berücksichtigen.

Das Kausalgesetz enthält keine konkreten Aussagen über die Art der Kausalbeziehungen, sondern besagt nur, dass Wirkungen verursacht sind. Eine bestimmte Kausalbeziehung ist Einwirkung auf ein System als Ursache, die durch den vorhandenen Bedingungskomplex zu einem Möglichkeitsfeld führt, aus dem Möglichkeiten realisiert werden. Unter gleichen wesentlichen Bedingungen tritt das gleiche Ereignis ein. Das erkennen wir mit den statistischen Gesetzen. Ein statistisches Gesetz ist ein allgemein-notwendiger und wesentlicher Zusammenhang von Ereignissen, in dem eine Systemmöglichkeit unter den Systembedingungen zwar notwendig sich verwirklicht, jedoch die Elementmöglichkeiten ein

Möglichkeitsfeld bilden, von denen sich bestimmte Möglichkeiten zufällig, d.h. mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit, realisieren. Zufälle sind Ereignisse, die möglich sind, jedoch nicht unbedingt eintreten müssen.

Die Wellenmechanik Schrödingers erwies sich dabei als mathematisch gleichwertig mit der Matrizenmechanik von Heisenberg. Obwohl sie unterschiedlich philosophisch interpretiert werden konnten, verwiesen sie auf das gleiche Grundproblem. Der Laplacesche Determinismus war als überholt anzusehen.⁴⁵ Der Zufall als ein mögliches Ereignis, das mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit eintreten konnte, jedoch sich nur unter bestimmten Bedingungen verwirklichte, war konstitutiv für das wirkliche Geschehen. Es gibt keinen absoluten Zufall. Im Geschehen entstehen Möglichkeitsfelder, die den Zusammenhang zwischen Vergangenheit und Zukunft über die Gegenwart herstellen und deren wahrscheinliche Verwirklichung wir als Zufall erfassen. Kausalität ist so inhaltlich und zeitlich gerichtete Vermittlung des Zusammenhangs als Grundlage jeder Erkenntnis und Gestaltung. Kausalität drückt nur den objektiven Zusammenhang der Ereignisse aus. Jeder existierende Komplex von Kausalbeziehungen, den wir nie vollständig auflösen können, hat weitere Formen des Zusammenhangs, wie die notwendige und zufällige Verwirklichung von Möglichkeiten, die Strukturierung von Elementen eines Systems, den Zufall als Erscheinungsform der Gesetze. Wir suchen Kausalität und finden Gesetze sowie wesentliche Kausalbeziehungen.

4.3. Einstein und das Relativitätsprinzip

Während für Einstein die Prinzipien zur Erklärung der Quantenhypothese erst noch zu suchen waren, sah er bei seiner Relativitätstheorie den anderen Fall. Prinzipien existieren, führen jedoch zu Folgerungen, „die ganz oder fast ganz aus dem Rahmen des gegenwärtig unserer Erfahrung zugänglichen Tatsachenbereichs herausfallen. In diesem Falle kann es langwieriger empirischer Forschungsarbeit bedürfen, um zu erfahren, ob die Prinzipie der Theorie der Wirklichkeit entsprechen.“⁴⁶ Schon von der Beobachtung der Sonnenfinsternis am 21.8.1914 erwartete man empirische Antworten auf theoretische Fragen, wie Planck betonte. Die Akademie hatte Mittel dafür bewilligt. Durch den Ausbruch des ersten Weltkriegs konnte die Expedition nicht stattfinden. 1919 wurde durch eine englische Expedition, die Beobachtungen einer Sonnenfinsternis durch-

führte, der von der Allgemeinen Relativitätstheorie begründete Effekt der Lichtablenkung im Gravitationsfeld eines Himmelskörpers nachgewiesen.

Einstein zeigte, dass der Satz von der Konstanz der Vakuumlichtgeschwindigkeit keineswegs zur Theorie eines ruhenden Lichtäthers zwingt. Helmholtz war noch von der Existenz eines Äthers überzeugt. Dieser war eingeführt worden, um ein Übertragungsmedium für das Licht zu haben. Er konnte und sollte zugleich dazu dienen, die Vereinheitlichung der physikalischen Kräfte und Theorien zu erreichen.⁴⁸ Man suchte nach der Geschwindigkeit von Körpern, relativ zum Äther. Das war mit dem Prinzip verbunden, eine Absolutgeschwindigkeit im Raum definieren zu können. „Mit dem Auftreten der Relativitätstheorie im Jahre 1905 wurde dieses Prinzip als irrig erkannt und die Suche nach einem quasi-materiellen Äther nahm ein Ende.“⁴⁹

Schon die Experimente von Albert Abraham Michelson und Edward William Morley über Ätherbewegungen, relativ zur Erde, waren negativ. Michelson hatte im Laboratorium von Helmholtz 1880/81 begonnen, mit einem Interferometer, das er, wegen Störanfälligkeit, im Keller des Potsdamer Observatoriums aufbaute, mögliche Wirkungen der Ätherbewegung zu messen. Sein negatives Ergebnis konnte nur so gedeutet werden, dass kein Äther existiert. Wegen der Bedeutung dieser Experimente wiederholte er sie mit mehr Genauigkeit. 1887 erzielte er in Cleveland (Ohio) mit dem Chemiker Morley eine Genauigkeit von 1 : 4 Milliarden. Beide sahen jedoch nicht, dass ihre Experimente über den Ätherwind die gesamte Elektrodynamik revolutionieren würden, da nun die Erklärung durch einen Äther wegfiel.

Einstein störte es, dass das Relativitätsprinzip in der Speziellen Relativitätstheorie die gleichförmige Bewegung bevorzuge. Er wollte es auf ungleichförmige Bewegungen ausdehnen. Planck meldete dazu seine Zweifel an, denn „die Naturgesetze, nach denen wir suchen, stellen doch stets gewisse Beschränkungen dar, nämlich eine gewisse spezielle Auswahl aus dem unendlich mannigfaltigen Bereich der überhaupt denkbaren logisch widerspruchsfreien Beziehungen.“⁵⁰ Als Argument für seine Behauptung nutzte er die Dreidimensionalität des Raums und die Bevorzugung der Geraden gegenüber anderen räumlichen Linien. Zwei Probleme werden dabei deutlich. Erstens hängt die Bevorzugung bestimmter Aspekte der Materiestruktur mit unseren bisherigen

Erkenntnissen zusammen, die unsere Erfahrungen idealisieren, um zu einem anschaulichen Repräsentanten der Wirklichkeit zu kommen, der die begrifflich bestimmte Hervorhebung des Wesens umfasst. Helmholtz hatte schon bei den Nicht-Euklidischen Geometrien gezeigt, dass sie der Wirklichkeit entsprechen können. Einstein wies in seiner Relativitätstheorie die physikalische Bedeutung dieser Geometrien nach. Die von Planck gesehene Bevorzugung ist eine Idealisierung der Erfahrung und kein Abbild der Wirklichkeit. Anschaulichkeit ist ein durch die Erkenntnis geprägtes historisches Phänomen und kein apriori in den Sinnesorganen festgelegter Vorgang. Zweitens ist die Auswahl aus der unendlichen Mannigfaltigkeit bei der Erkenntnis dadurch diktiert, dass Naturforschung auf der einen Seite zu allgemeineren Aussagen über die Materiestruktur kommt. Maxwell hatte den Elektromagnetismus theoretisch erfasst. Einstein suchte eine allgemeine Feldtheorie. Zum anderen werden jedoch die Transformationsmechanismen von den allgemeinen theoretischen Aussagen zu den wirklichen Prozessen oft komplizierter. Planck argumentierte so gegen die von Einstein geforderte Verallgemeinerung der Prinzipien auf jede Bewegung.

Gerade sie entspricht jedoch der Lösung philosophischer Welträtsel, wie dem von der raum-zeitlichen Strukturierung bewegter Körper, die schon Zenon mit seiner Aporie von Achilles und der Schildkröte bewegte. Die Bewegung ist stets als Einheit von Kontinuität des Übergangs von einem Punkt zum anderen und Diskontinuität der Ruhe zu fassen. Schränkt man die Bewegung auf bestimmte Formen ein, so kommt man den dynamischen Prinzipien der Materiestruktur nicht näher. Man schließt zukünftige Änderungen von Leitbildern aus. Einstein folgte der philosophischen Einsicht von der Bewegung als Daseinsweise der Materie, die nur historisch begründete Bevorzugungen von Sichtweisen zulässt, letzten Endes jedoch von der Hervorhebung der Ruhe mit den natürlichen Orten des Aristoteles und später der gleichförmig-geradlinigen Bewegung zur Annahme der Bewegung als dem theoretisch nicht zu erklärenden Phänomen übergeht. Zu bestimmen sind damit die spezifischen Aspekte der Bewegung unter konkreten Bedingungen.⁵¹

Einstein revolutionierte die Physik durch den Nachweis, dass die raum-zeitlichen Strukturen des Naturgeschehens in Abhängigkeit von der bewegten Materie existieren. Das bisherige Leitbild eines absoluten Raums

und einer absoluten Zeit musste aufgegeben werden. Das Problem der Substanzialisierung von Materieformen in Materiearten bleibt. Wird Raum und Zeit nicht relational gefasst, sondern auf Materiearten zurückgeführt, so sind Raum- und Zeiteilchen zu suchen. Werden sie gefunden, dann sind sie selbst in raum-zeitliche Strukturen einzuordnen.

5. Ausblick: Ist eine einheitliche Weltsicht möglich?

Helmholtz, Planck und Einstein waren sich in der Suche nach einer einheitlichen Weltsicht einig, denn die Vielfalt der wirklichen Erscheinungen zwingt dazu, sie nach einheitlichen Gesichtspunkten zu ordnen, um sie verstehen und gestalten zu können. Die Prinzipien dazu werden in Weltbildern begründet, auf deren Grundlage sich die Leitbilder der Naturekenntnis formieren. In sich konsistent und übersichtlich war der von Helmholtz und Planck vertretene mechanische Determinismus des 19. Jahrhunderts. Besteht alles Geschehen aus letzten unteilbaren Teilchen, die schwer und träge sind sowie konzentriert den Raum erfüllen, dann kann man jede Bewegung als Attraktion und Repulsion von Massenpunkten behandeln, deren Gesetzmäßigkeiten mit den Bewegungsgleichungen der klassischen Mechanik gegeben sind. Dieses einfache Weltbild unterlag aus verschiedenen Gründen der Kritik. Es konnte die biotische Evolution und generell die Entstehung von Neuem nicht erklären, negierte den Zufall, sowie die Abhängigkeit des Raumes und der Zeit von der bewegten Materie und wurde der wirklichen Komplexität des Geschehens nicht gerecht. Von Helmholtz prinzipiell verteidigt, haben Planck und Einstein dazu beigetragen, seine Schwächen zu zeigen. Seither dominiert die Auseinandersetzung mit dem mechanischen Weltbild, ohne dass eine einheitliche Welterklärung auf einer neuen Basis existiert. Man kann deshalb von einer Theoriekrise sprechen.

Tendenzen einer einheitlichen Sichtweise auf die Ordnung der Wirklichkeit sind jedoch erkennbar. Statt stofflicher Grundsubstanzen mit einfachen Bewegungsgleichungen werden Daseinsformen der Wirklichkeit zu ihrer Grundlage genommen. Dazu gehören Information als widerspiegelnde und steuernde Struktur, Interaktion oder Selbstorganisation als Ursache für die Vielfalt der Erscheinungen und Emergenz als Entstehung von Neuem. Ob diese Sicht tragbar ist, muß weiter geprüft werden.

Information ist eine allgemeine Eigenschaft jedes Systems, das durch

mindestens zwei wechselwirkende Elemente eine innere Struktur aufbaut, die Funktionen gegenüber den Systemelementen, der Verhaltensweise des Systems und umfassenderen Systemen ausübt. Spuren aus der Wechselwirkung zwischen Elementen und Systemen enthalten in der veränderten Struktur Nachrichten über die Art der Einwirkung. Objektive und subjektive Strukturkomplexe steuern Prozesse.

Die Forschungen zur **Selbstorganisation** zeigen einen weiteren übergreifenden Aspekt im natürlichen, sozialen und kulturellen Geschehen. Selbstorganisation ist die durch innere Determinanten bestimmte interne Strukturbildung von Systemen. Die Herausbildung neuer Strukturen in einem System kann die Stabilität des Systems fördern oder zerstören, seine Evolution erzwingen oder hemmen. Die Untersuchung der Selbstorganisation komplexer Systeme führt also zur Erklärung der Strukturbildung in Systemen durch systeminterne Vorgänge. Äußere Faktoren sind Ausdruck der Fremdorganisation. Sie wirken so lange über die spezifischen Mechanismen der Systeme bis sie diese prinzipiell verändern oder gar das System selbst zerstören. So sind systemare Anpassungen an und Reaktionen auf die Fremdorganisation eines Systems ebenfalls als Prozesse der Selbstorganisation anzusehen. Die Idee der Selbsterhaltung und Selbsterzeugung von Systemen, der Strukturbildung in den Systemen durch innere Triebkräfte und der Selbstzerstörung von Systemen kann uns helfen, Veränderung und Entwicklung in Natur und Kultur in ihren universellen Prinzipien besser zu verstehen.

Emergenz ist die Entstehung von Neuem. Das kann sich wieder auf verschiedene Aspekte beziehen. Das Realisierung von Möglichkeiten umfaßt andere, neue und höhere Qualitäten. Emergente Erscheinungen sind sowohl neue Strukturen als geronnene Entwicklung, neuartige Prozesse und neue Mechanismen der Entstehung von Neuem, denn auch Entwicklungsformen können sich verändern und Funktionswandel eintreten. Das betrifft auch unsere Sicht auf Symmetrien. Gerade die Durchbrechung von Symmetrien zeigt die Offenheit der Systeme für Neues. Im Verhältnis von Symmetrien und ihrer Durchbrechung scheinen wichtige Mechanismen der Entwicklung (Emergenz) vorzuliegen. Untersuchungen der Emergenz verlangen die Darstellung von Komplexitäten, von Zusammenhängen zwischen System und Elementen. Komplexe Systeme haben ihre eigenen Systemgesetze, die jedoch mit den Elementen des

Systems gekoppelt sind. Das führt zum Problem der Rahmentheorien in der Evolutionshierarchie. Komplexe Zustände existieren, müssen aber analytisch in ihren Elementen meßbar gemacht werden. Emergenzphilosophie ist eine Form des Evolutionismus, wonach ein Ding nicht nur Addition seiner Elemente (resultant), sondern etwas qualitativ Neues, Aufsteigendes (emergent) ist.

Mit Information, Selbstorganisation und Emergenz sind wesentliche Aspekte einer einheitlichen Sichtweise der Ordnung der Wirklichkeit vorhanden, die nicht auf die Substanz im stofflichen Sinne orientiert sind, sondern solche Wesenheiten umfassen, die in der Vielfalt der Erscheinungen vorhanden sind und eine einheitliche Erklärung in der Differenzierung ermöglichen. Damit könnte auf neue Weise dem Grundgedanken aller Leitbilder der Naturerkenntnis, wie sie Helmholtz, Planck und Einstein formulierten, die Prinzipien zu erkennen, die den Zusammenhang der Erscheinungen herstellen, entsprochen werden.

Anmerkungen

- 1 Dokumente einer Freundschaft. Briefwechsel zwischen Hermann von Helmholtz und Emil du Bois-Reymond 1846–1894, Herbert Hörz, Christa Kirsten et al. (Hrsg.), Berlin 1986, S. 171.
- 2 Adolf Harnack, Geschichte der Königlich preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin (1900), Band I.2, Vom Tode Friedrich's des Großen bis zur Gegenwart, Hildesheim, New York 1970, S. 984.
- 3 Physiker über Physiker II. Antrittsreden, Erwidernungen bei der Aufnahme von Physikern in die Berliner Akademie, Gedächtnisreden 1870 bis 1929, bearbeitet von Christa Kirsten und Hans Günther Körber, Berlin 1979, S. 169.
- 4 Ebd., S. 246.
- 5 Albrecht Fölsing, Albert Einstein, Frankfurt am Main 1993, S. 269ff.
- 6 Physiker über Physiker I, Wahlvorschläge zur Aufnahme von Physikern in die Berliner Akademie 1870–1929, bearbeitet von Christa Kirsten und Hans Günther Körber, Berlin 1975, S. 201.
- 7 Ebd., S. 202.
- 8 Siegfried Grundmann, Einsteins Akte, Berlin, Heidelberg 1998, S. 36.
- 9 Albrecht Fölsing, Albert Einstein, a.a.O., S. 381.
- 10 Ebd., S. 382.
- 11 Herbert Hörz, Physiologie und Kultur in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, Marburg 1994, S. 94f.
- 12 Adolf Harnack, Geschichte der Königlich preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin (1900), Band I.2, a.a.O., S. 979.

- 13 Ebd., S. 981.
- 14 Ebd., S. 982.
- 15 Ebd., S. 982.
- 16 Ebd., S. 982f.
- 17 Physiker über Physiker I, a.a.O., S. 65.
- 18 Hubert Laitko u.a., Wissenschaft in Berlin, Berlin 1987, S. 175.
- 19 Werner Hartkopf, Die Akademie der Wissenschaften der DDR. Ein Beitrag zu ihrer Geschichte, Berlin 1975, S. 74.
- 20 Adolf Harnack, Geschichte der Königlich preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin (1900), Band I.2, a.a.O., S. 983.
- 21 Physiker über Physiker II, a.a.O., S. 171.
- 22 Werner Hartkopf, Die Akademie der Wissenschaften der DDR, a.a.O., S. 85.
- 23 Physiker über Physiker II, a.a.O., S. 245.
- 24 Hans-Jürgen Treder, Albert Einstein an der Berliner Akademie der Wissenschaften, in: Albert Einstein in Berlin 1913–1933, Teil I, Darstellung und Dokumente, Berlin 1979, S. 8f.
- 25 Hermann von Helmholtz, Ueber das Streben nach Popularisierung der Wissenschaft, Vorrede zu der Uebersetzung von Tyndall's „Fragments of Science“ 1874, in: Hermann von Helmholtz, Vorträge und Reden, Zweiter Band., Braunschweig 1896, S. 431.
- 26 Hermann von Helmholtz, Ueber das Ziel und die Fortschritte der Naturwissenschaft. Eröffnungsrede für die Naturforscherversammlung zu Innsbruck (1869), in: Hermann von Helmholtz, Vorträge und Reden, Erster Band, Braunschweig 1896., S. 377.
- 27 Physiker über Physiker II, a.a.O., S. 245.
- 28 Ebd., S. 245.
- 29 Ebd., S. 247.
- 30 Ebd., S. 256.
- 31 Ebd., S. 256.
- 32 Ebd., S. 257.
- 33 Hermann von Helmholtz, Erinnerungen, in: Hermann von Helmholtz, Philosophische Vorträge und Aufsätze, hrsg. von Herbert Hörz und Siegfried Wollgast, Berlin 1971, S. 9.
- 34 Emil du Bois-Reymond, Reden, Zweiter Band, Leipzig 1912, S. 527.
- 35 Leo Koenigsberger, Hermann von Helmholtz, Band I, Braunschweig 1902, S. 50.
- 36 Wolfram Swoboda, Ernst Brücke als Naturwissenschaftler, in: Ernst Wilhelm von Brücke. Briefe an Emil du Bois-Reymond, Erster Teil, hrsg. u. bearbeitet von Hans Brücke, Wolfgang Hilger, Walter Höflechner, Wolfram W. Swoboda, Graz 1978, S. XXXII.
- 37 Physiker über Physiker II, a.a.O., S. 246.
- 38 Ulrich Röseberg, Niels Bohr, Berlin 1985, S. 161.
- 39 Max Born, Physik im Wandel meiner Zeit, Braunschweig 1958, S. 228.
- 40 Physiker über Physiker II, a.a.O., S. 265
- 41 Herbert Hörz, Determination and Self-Organization – Erwin Schrödinger's views on chance, in: Johann Götschl (ed.), Erwin Schrödinger's world view, Dordrecht, Boston, London 1992, S. 71–85
- 42 Physiker über Physiker II, a.a.O., S. 266.
- 43 Ebd., S. 267.
- 44 Herbert Hörz, Zufall. Eine philosophische Untersuchung, Berlin 1980, S. 78ff.
- 45 Herbert Hörz, Atome, Kausalität, Quantensprünge, Berlin 1964.
- 46 Physiker über Physiker II, a.a.O., S. 246.

47 Ebd., S. 286.

48 Sir Edmund Whittaker, *Von Euklid zu Eddington*, Wien 1952, S. 120.

49 Ebd., S. 132.

50 *Physiker über Physiker II*, a.a.O., S. 248.

51 Herbert Hörz, *Philosophical concepts of space and time*, in: Anthony P. French (ed.), *Einstein, A Centenary Volume*, London, Edinburgh 1979, S. 229–241.