

Ausführungsbestimmungen über Form und Inhalt der Pfarrverzeichnisse und der an die Bischöfliche Kurie jährlich mitzuteilenden Angaben zu treffen. In Deutschland ist das durch einen für alle Diözesen vorgeschriebenen gleichlautenden Zählbogen geregelt, der bis zu einem bestimmten Termin alljährlich durch die Pfarrämter gewissenhaft auszufüllen, durch die Dekane und die Diözesanbehörden zu revidieren und von der amtlichen Zentralstelle für kirchliche Statistik in Köln zusammenzustellen und im „Kirchlichen Handbuch für das katholische Deutschland“ zu veröffentlichen ist. Die Nummern 8—31 des Zählbogens decken sich im wesentlichen mit den oben wiedergegebenen allgemeinen kirchlichen Bestimmungen. In dem konfessionell gespaltenen Deutschland mit seiner starken Binnenwanderung, seinen vielen Mischehen und den großen Verlusten, die der Kirche aus diesen und aus der Abfallbewegung erwachsen, müssen naturgemäß die Feststellungen eingehender und genauer sein als in rein katholischen Ländern. Darum ist bei uns die Unterscheidung der Trauungen von rein katholischen und gemischten Paaren und dementsprechend auch der Taufen von Kindern aus rein katholischen und gemischten Ehen und der Kinder lediger katholischer Mütter hinzugefügt.

Der Nutzen, den diese eingehende zahlenmäßige jährliche Berichterstattung über die katholische Kirche und das kirchliche Leben in Deutschland und deren Zusammenstellung und Veröffentlichung für die kirchliche Verwaltung und die Seelsorge mit sich bringen, ist von den berufensten Beurteilern, den hochwürdigsten Bischöfen, wiederholt anerkannt worden. So noch jüngst durch den hochwürdigsten Herrn Kardinal Schulte von Köln in dem Geleitwort, das er anlässlich des fünfundzwanzigjährigen Bestehens des „Kirchlichen Handbuchs für das katholische Deutschland“ dem achtzehnten Bande dieser Veröffentlichung vorausgeschickt hat. Möge dieses oberhirtliche Geleitwort dazu beitragen, in weiteren Kreisen der Geistlichkeit und der katholischen Laienwelt das Verständnis für den Nutzen der kirchlichen Statistik zu mehren.

## Zur Entdeckung des Neutrons und des Positrons

Von Dr. Adolf Krebs.

Die moderne Atomphysik, die seit Einführung der Planckschen Quantentheorie von Erfolg zu Erfolg fortgeschritten ist, rüstet sich zur Zeit zu einer neuen gewaltigen Aufgabe. Nachdem die Struktur der Außenhülle des Atoms durch die Forschungen der letzten Jahre, nachdem die Natur des Elektrons durch die Arbeiten von Heisenberg, Schrödinger, Dirac und Born-Jordan weiter geklärt worden ist, hat die Entdeckung neuer Bestandteile des Atomkerns, die Entdeckung des Neutrons und des Positrons, das Forschungsprogramm für die nächsten Jahre vorgezeigt und festgelegt: die Theorien und Arbeitsmethoden der neuen Nobelpreisträger werden für Fragen des Atomkernbaues, für Fragen der Kernphysik, irgendwie nutzbar gemacht werden müssen.



# I. Wellenmechanik und Quantenmechanik

Die Physik Heisenbergs, Schrödingers und Diracs, die in diesen Tagen durch die Verleihung der Nobelpreise öffentlich anerkannt und sanktioniert worden ist, unterscheidet sich prinzipiell von den bisherigen Vorstellungen und Arbeitsmethoden der Atomphysik. Sie nimmt ihren Ausgang von den Vorstellungen des Nobelpreisträgers Louis de Broglie (Nobelpreis von 1928), der als erster die dualistische Natur der Materie ernsthaft proklamierte. Wie dem Licht nach der altbekannten Emissionstheorie Newtons, nach der Undulationstheorie von Huygens<sup>1</sup> und nach neueren quantentheoretischen Arbeiten (Planck, Einstein, Compton u. a.) korpuskulare und Welleneigenschaften zukommen („Lichtquant“ und „Lichtwelle“), so soll nach der kühnen Hypothese Louis de Broglies jedes bewegte Materieteilchen Wellencharakter besitzen, d. h. auch bei ihm sollen korpuskulare und wellenhafte Eigenschaften irgendwie verknüpft sein („Elektronenkorpuskel“ und „Elektronenwelle“). Die weittragende Bedeutung dieser Annahme De Broglies offenbarte sich, als es tatsächlich gelang, Strahlen materieller Teilchen (Atomstrahlen, Molekularstrahlen, insbesondere Elektronenstrahlen) genau so wie Röntgenstrahlen an Kristallen und feinen Gittern zu beugen, d. h. Interferenzerscheinungen, wie man sie vom Licht her kennt, auch an ihnen zu beobachten. Damit war zu der alten Frage der Physik nach dem Wesen des Lichtes erneut die Frage nach dem Wesen der Materie getreten, und zwar von einem Blickpunkt aus, wie die Physik ihn bisher nie gekannt hat. Zu den Modellvorstellungen der neueren Atomphysik, die weitgehend auf den Gedanken des dänischen Physikers Niels Bohr (Nobelpreis von 1922) basieren, waren plötzlich neue, nicht erwartete Komplikationen hinzugetreten; die Modelle selbst konnten keineswegs die neuen Entdeckungen klären, und so mußte die Physik, um weiterzukommen, sich zu radikalen Maßnahmen entschließen. Es ist das Verdienst der neuen Nobelpreisträger, nicht zu den ohnehin schon recht komplizierten Atommodellen noch weitere Einzelheiten hinzugefügt zu haben, sondern eine neue Richtung in der modernen Atomphysik geschaffen zu haben: eine bewußte Abkehr von allen Modellvorstellungen, eine bewußte Hinkehr zum rein Formalen; Arbeiten, „die ausschließlich auf Beziehungen zwischen prinzipiell beobachtbaren Größen basieren“ (Heisenberg).

Dieses rein Formale, dieses rein Mathematisch-Rechnerische offenbart sich in den Arbeiten von Schrödinger, der rein formal mechanische Prinzipien mit Wellenprinzipien in Beziehung setzt, der die De Broglie-Beziehung mit kühnem Entschluß mit der elementaren Wellengleichung, die für Schwingungsvorgänge aller Art gilt, kombiniert (ergibt die sog. Schrödinger-Gleichung); es tritt besonders stark in Erscheinung bei den Überlegungen und Rechnungen Heisenbergs. Mit einer neuen Rechenart, der sog. Matrizenrechnung, bei der die Vertauschungsrelation eine gewisse Rolle spielt, werden dort die Ergebnisse der spektroskopischen Forschung tabellenmäßig schematisiert und ermittelt, wo das Elektron sich wahr-

<sup>1</sup> D. Wattenberg, Über die Relativitätstheorie, in dieser Zeitschr. 125 (1933) 312.



scheinlich irgendwann im Atom befindet. Über das Elektron selbst — ob „kugelförmig“ oder „wolkenförmig“, ob „scharf begrenzt“ oder „verschmiert“ — werden keinerlei Aussagen gemacht; erst später werden — vielleicht weil es in der Struktur des menschlichen Geistes so begründet liegt — diese Vorstellungsinhalte in die mathematischen Ergebnisse hineingezogen. Zunächst ist es ein Bemühen dieser Physik, ihr Kulturgut frei von allen modellmäßigen Vorstellungen, unbeeinflusst von der Struktur der erzeugenden Persönlichkeit zu gestalten; sie wird fast „Freude am Spiel mit der reinen Idee“.

Zu dieser Haltung, die prinzipiell auf das Modell verzichtet, tritt ein weiteres Charakteristikum hinzu. Die Tendenz der bisherigen Entwicklung sprach dafür, daß mit immer feineren Beobachtungsmethoden immer feinere Einzelheiten des Aufbaus der Materie erkennbar sein müßten, und es schien nur eine Frage der Zeit, wann der entwicklungsgeschichtliche Weg vom Teil zum Molekül, vom Molekül zum Atom, vom Atom zum Elektron noch weiter fortgesetzt werden konnte. Hier hat Heisenberg sein unerwartetes Veto eingelegt. Durch eine Beziehung, die nach ihm benannte Heisenbergsche Unschärfe-Relation, hat er gezeigt, daß jeder Naturbeobachtung eine bestimmte obere Grenze gezogen ist. Es ist nach Heisenberg prinzipiell unmöglich, bei der Beobachtung eines Elektrons z. B. den Ort des Elektrons mit beliebiger Genauigkeit anzugeben und zu gleicher Zeit eine exakte Aussage über die Energie des Elektrons zu machen; entweder gebe ich den Ort genau an und verzichte auf die genaue Energieangabe, oder ich gebe die Energie des Elektrons genau an und nehme dafür eine gewisse Unbestimmtheit, eine Unschärfe in der Ortsangabe in Kauf. Man hat diesen Inhalt der Heisenberg-Relation auch so formuliert und gedeutet: die Beobachtung eines Naturvorganges wird mit einem Meßinstrument ausgeführt. Sie beruht darauf, daß von dem zu beobachtenden Vorgang eine Wirkung auf dieses unser Meßinstrument ausgeübt wird. Durch diese Wirkung wird der Vorgang selbst aber irgendwie gestört — es wird ihm Energie entzogen —; wir beobachten nicht mehr den Vorgang an sich, sondern einen irgendwie modifizierten. Da nun nach der Quantentheorie Energie nur in ganz bestimmten Beträgen, in Elementarquanten, übertragen werden kann, deren Größe durch das Plancksche Wirkungsquantum „ $h$ “ eindeutig festgelegt ist, kann der Einfluß unseres Meßinstrumentes auf den Vorgang niemals „unendlich klein“ gemacht werden, d. h. irgend eine Ungenauigkeit, irgend eine Unbestimmtheit und Unschärfe von der Größenordnung des Wirkungsquantums haftet unsern Messungen stets an.

Hier liegt der Angelpunkt für die vielen philosophischen, insbesondere erkenntnistheoretischen Arbeiten, die die Wellenmechanik in Bezug auf das Gesetz von Ursache und Wirkung ausgelöst hat. Nach der Wellenmechanik tragen all unsere Aussagen über das Naturgeschehen im Mikrokosmos statistischen Charakter; sie sind bloße Wahrscheinlichkeitsaussagen. Stellt man sich also mit Heisenberg auf den Standpunkt, daß Kausalität Vorausberechnung zukünftiger Ereignisse auf Grund bekannter Ausgangszustände ist und gibt man zu, daß auf Grund der Unschärfe-



Relation die Ausgangszustände uns nie genau bekannt sind, dann erscheinen, zum mindesten in der Welt des Mikrokosmos, Ursache und Wirkung in ganz neuem Licht. Heisenberg<sup>2</sup> schreibt in seiner Arbeit „Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik“ darüber: „Aber an der scharfen Formulierung des Kausalgesetzes: ‚Wenn wir die Gegenwart genau kennen, können wir die Zukunft berechnen‘, ist nicht der Nachsatz, sondern die Voraussetzung falsch. Wir können die Gegenwart in allen Bestimmungsstücken prinzipiell nicht kennen lernen. Deshalb ist alles Wahrnehmen eine Auswahl aus einer Fülle von Möglichkeiten und eine Beschränkung des zukünftig Möglichen. Da nun der statistische Charakter der Quantentheorie so eng an die Ungenauigkeit aller Wahrnehmungen geknüpft ist, könnte man zu der Vermutung geleitet werden, daß sich hinter der wahrgenommenen statistischen Welt noch eine ‚wirkliche‘ Welt verberge, in der das Kausalgesetz gilt. Aber solche Spekulationen erscheinen uns, das betonen wir ausdrücklich, unfruchtbar und sinnlos. Die Physik soll nur den Zusammenhang der Wahrnehmungen formal beschreiben. Man kann den wahren Sachverhalt viel besser so charakterisieren: Weil alle Experimente den Gesetzen der Quantenmechanik und damit der Unschärfe-Relation unterworfen sind, so wird durch die Quantenmechanik die Ungültigkeit des Kausalgesetzes definitiv festgestellt.“ Schrödinger<sup>3</sup>, dessen Theorie bei ihrer Schöpfung eigentlich auf der Vorstellung streng kausaler Zusammenhänge beruht, kehrt 1929 zu seiner schon 1922 geäußerten Ansicht zurück: „Damit ist aber jener Denkgewohnheit — der kausalen — der rationelle Boden entzogen. Für die Praxis werden wir sie ja unbedenklich beibehalten, weil sie ja im Erfolg das Richtige trifft. Uns aber von ihr zwingen zu lassen, hinter den beobachteten statistischen absolut kausale Gesetze mit Notwendigkeit zu postulieren, wäre ein ganz offenbar fehlerhafter Zirkelschluß.“<sup>4</sup>

Eine weitere interessante Frage ist die, inwieweit die moderne Physik, die allem „Atomisieren“ eine Grenze setzt, die an Stelle der komplizierten, detaillierten Atommodelle neue, von einem höheren Standpunkt aus — wenn man will einem Ganzheitsstandpunkt aus<sup>5</sup> — gewonnene Vorstellungen treten läßt, den geistigen Entwicklungen und Strömungen der Zeit dem Ganzheitsstreben unserer Tage vorausgeht oder zum wenigsten parallel geht. Es soll nicht behauptet werden, daß hier eine bestimmte, gesetzmäßig erfassbare Beziehung bestehen muß; es sei nur auf den engen

<sup>2</sup> W. Heisenberg, Zeitschrift f. Physik 43 (1927) 172.

<sup>3</sup> E. Schrödinger, Was ist ein Naturgesetz, in: Die Naturwissenschaften 17 (1929) 9.

<sup>4</sup> Die philosophische Erkenntnis, daß alles Naturgeschehen eine Ursache haben muß, ruht nicht auf der Voraussetzung, irgend ein Naturvorgang könne absolut genau festgelegt werden. Über die beschränkte Tragweite der statistischen Naturgesetze vgl. in dieser Zeitschrift (119 [1930] 428) A. Gatterer, Zufall und Gesetz im Naturgeschehen. Über das allgemein gültige Kausalgesetz handelt J. de Vries, Zur Frage der Begründung des Kausalprinzips, in dieser Zeitschrift 123 (1932) 378. (Anmerkung der Schriftleitung.)

<sup>5</sup> St. v. Dunin-Borkowski, Ein Gesetz der Lebensfülle, in dieser Zeitschrift 121 (1931) 201.



Zusammenhang der Entwicklung hingewiesen, um so mehr als die Entdeckungen des Neutrons und des Positrons auch die Physik zwingen, ihre Anschauungen und Lehren vom Atomkernbau nicht nur zu revidieren, sondern — wiederum in Übereinstimmung mit dem Leben in seiner ganzen Breite — von Grund auf neu zu gestalten. Es ist hier nicht der Ort, näher auf diese Probleme einzugehen, zumal sie die Physik nur insoweit interessieren, als sie — wie der „Laplacesche Geist“ und „Das physikalische Weltbild“<sup>6</sup> z. B. — ihre eigenen Schöpfungen sind. Ausschlaggebend für den Wert und die Bedeutung einer physikalischen Theorie sind letzten Endes ihre Erfolge in der Deutung und Erklärung schon bekannter Erfahrungstatsachen und die experimentelle Bestätigung ihrer eigenen Folgerungen und Aussagen. Die Wellenmechanik findet gerade von da wesentliche Stützen und weitgehende Begründung, da sich ihre allgemeinen Prinzipien auch auf Gebieten bewähren, die bei Aufstellung der Theorie nicht mitberücksichtigt waren: bei Fragen nach der Wechselwirkung zwischen Atomen und Molekülen (Bandenspektroskopie, Para- und Orthowasserstoff), bei Fragen nach dem Wesen der chemischen Bindung und andern mehr. Deshalb auch sind gegenwärtig die Physiker eifrig damit beschäftigt, die Erfahrungstatsachen über den Bau des Atomkerns auf demselben Wege theoretisch verständlich zu machen, und es besteht berechtigte Hoffnung, daß die erfolgverheißenden Ansätze in dieser Richtung bald zu einer Lösung führen. Zugute kommt der theoretischen Forschung dabei die Tatsache, daß gerade jetzt wichtige neue experimentelle Resultate der Kernphysik bekannt geworden sind: 1932 die Entdeckung des Neutrons; Anfang 1933 die Auffindung positiver Elektrizität frei von Materie, die Entdeckung des Positrons.

## II. Neutron und Positron

Nach den Vorstellungen Niels Bohrs — die trotz der neuen wellenmechanischen Erkenntnisse als Modellvorstellungen (aber auch als nichts mehr!) immer noch gern benützt werden — bilden die Atome kleine Planetensysteme, besser gesagt, kleine Sonnensysteme. Beim Wasserstoff speziell kreist um eine kleine Zentralsonne, den Atomkern, ein kleiner Planet, das Elektron. Die ganze Masse des Atoms sitzt im Atomkern, dem gegenüber die Masse des Elektrons verschwindend gering, gleich Null ist. Der Wasserstoffkern, beim Wasserstoff auch Proton genannt, trägt eine positive elektrische Ladung, das Elektron eine gleich große negative elektrische Ladung. Proton und Elektron, voneinander um eine Strecke entfernt, die 10 000—100 000 mal so groß ist wie der Durchmesser des Protons, bilden zusammen das nach außen elektrisch-neutrale Wasserstoffatom. Elektron und Proton können auseinandergerissen, sie können voneinander getrennt und isoliert behandelt sowie benützt werden; sie unterliegen aber dann infolge ihrer elektrischen Ladungen den Ein-

---

<sup>6</sup> A. Steichen, Die theoretische Physik und die wirkliche Welt, in dieser Zeitschrift 126 (1933) 98. — A. Gatterer, Naturwissenschaft und Philosophie, in dieser Zeitschrift 125 (1933) 42.



wirkungen magnetischer und elektrischer Felder, grob gesprochen ähnlichen Wirkungen, wie sie ein starkes Magnetfeld auf kleine Magnete ausübt. Beschießt man also irgend ein Atom mit Elektronen oder Protonen, so könnten sie zwar infolge ihrer Kleinheit durch das Atom hindurchfliegen, infolge ihrer elektrischen Ladung werden sie aber von den im Atominnern herrschenden Feldern abgebremst und abgelenkt, d. h. ihr Durchdringungsvermögen fremden Stoffen gegenüber ist sehr gering; schon verhältnismäßig dünne Schichten reichen aus, sie zu absorbieren. Neutronen hingegen können dicke Bleischichten spielend leicht durchdringen, sie besitzen ein so hohes Durchdringungsvermögen, daß der deutsche Physiker W. Bothe (Nachfolger von Ph. Lenard in Heidelberg), der zuerst mit ihnen arbeitete und die Anregung zu ihrer Entdeckung gab, zu der Ansicht kam, es mit einer besonders harten Gammastrahlung zu tun zu haben. Bothe kam von radioaktiven Untersuchungen her. Er bombardierte leichte Elemente — vorwiegend Beryllium — mit Alphateilchen eines Radiumpräparates und deutete die neuen Strahlen als eine Kerngammastrahlung, die aus dem Berylliumkern durch das Bombardement irgendwie ausgelöst wird. Erst der Zusammenarbeit mehrerer Forscher gelang die restlose Lösung des Rätsels: neben der von Bothe gefundenen Gammastrahlung entstehen bei dem Bombardement noch Teilchen, die bisher unbekannt waren, Teilchen ungefähr so groß und so schwer wie der Wasserstoffkern, weder negativ-elektrisch noch positiv-elektrisch geladen, sondern elektrisch-neutral, die man deshalb Neutronen genannt hat; Teilchen, die durch die Beschießung aus dem Kern des bombardierten Elements herausgeschlagen werden. Sie sind in der Folgezeit aus weiteren Elementen, aus Lithium, aus Bor, aus Aluminium, durch Bombardement ausgelöst worden; sie sind sogar mit Erfolg von Lise Meitner im Kaiser-Wilhelm-Institut für Physikalische Chemie in Berlin-Dahlem und andern Forschern als Geschosse zur künstlichen Atomzertrümmerung benützt worden.

Zu dieser wichtigen Entdeckung gesellt sich die Auffindung eines weiteren wichtigen Bausteines der Materie. Die Physik unterscheidet bekanntlich zwei Arten von Elektrizität, positive und negative Elektrizität. Während man aber negative Elektrizität im Reinzustand, ohne Bindung an Materie, in den Kathodenstrahlen, den Betastrahlen der Radioaktivität, in Glühkathodenröhren, beim lichtelektrischen Effekt finden und untersuchen konnte, waren alle Versuche, positive Elektrizität „an sich“, d. h. frei von Materie, zu finden, vergeblich. Wohl konnte man ein dem kleinsten Quantum negativer Elektrizität, dem Elektron, entsprechendes Quantum positiver Elektrizität, das Proton, finden, aber diese kleinste positive Elektrizitätsmengeneinheit besaß immer zugleich die Eigenschaften des Wasserstoffkernes, sie war bisher immer untrennbar mit dessen Masse verknüpft. Im Laboratorium des Radiumforschers Rutherford und fast gleichzeitig im Institut des Nobelpreisträgers Millikan ist in diesem Jahre zum ersten Male positive Elektrizität frei von Materie entdeckt und beobachtet worden. Positives Elektron oder Positron hat man ihre Einheit genannt, weil sie dieselbe Masse und dieselbe Ladung — nur mit entgegengesetztem Vorzeichen — wie das schon lang bekannte Elektron besitzt. Die Ent-



deckung des Positrons kam so unerwartet und überraschend, daß die Forscher, die erstmalig in diese Richtung weisende Versuchsergebnisse hatten, an unbekannte Fehlerquellen oder sonstige störende Einflüsse dachten. Erst als von mehreren Forschern gleiche Beobachtungen gemacht wurden, konnte an der Deutung der Versuche in obigem Sinne nicht mehr gezweifelt werden. So wurde es allgemein begrüßt, als außer den beiden Instituten von Rutherford (England) und Millikan (Amerika) auch das Institut der Radiumentdeckerin Mme. Curie (Frankreich) und das Kaiser-Wilhelm-Institut für Physikalische Chemie mit andern Methoden dieselben Resultate erzielten. Die Engländer und Amerikaner kamen von Problemen der kosmischen Höhenstrahlung her, die französischen und deutschen Forscher von Versuchen mit Neutronen her auf das Positron.

Wohl sind die Einzelheiten des Wie heute noch unbekannt, wohl ist es noch nicht klar, ob das Neutron sich aus einem Proton und einem Elektron, die beide ganz dicht zusammengepackt sind, zusammensetzt oder das Elementarteilchen bildet. (Massenbetrachtungen und die Entdeckung des Positrons sprechen für das letztere, wie W. Bothe auf dem vorjährigen 9. Deutschen Physiker- und Mathematikertag in Würzburg ausgeführt hat. Das Proton wäre dann ein Neutron, zusammengepackt mit einem Positron.) Sicher jedoch ist, daß, wie schon oben gesagt, die Atomphysik ihre bisherigen Anschauungen vom Aufbau des Kerns durch neue ersetzen muß. Nach der Hypothese des englischen Arztes Prout (1810) sollen sich alle Elemente aus einem Urelement, dem Wasserstoff, aufbauen. Die Atomphysik hat diese Hypothese in vielem wahrscheinlich gemacht, allerdings auch gelehrt, daß außer dem Wasserstoff noch Elektronen und Heliumkerne (Alphateilchen) am Kernbau beteiligt sind. Die neuen Versuche zeigen nun, daß im Kern noch andere Teilchen, nämlich Neutronen und Positronen enthalten und irgendwie gebunden sein müssen. Das Wie steht auch hier noch aus, aber es scheint, daß gerade durch die letzten Entdeckungen die Frage „Wie werden die einzelnen Bestandteile im Kern zusammengehalten?“ neue Anregungen und Hinweise erfährt; es scheint, daß Probleme wie kosmische Höhenstrahlung, Materiezerfall oder Materieaufbau im Weltenraum, künstlicher Atomauf- und Atomabbau vor neuen grundlegenden Erkenntnissen und Lösungen stehen.

Ist dann das Ende der Physik gekommen? Wird mit diesen „Erkenntnissen und Lösungen“ die Physik eine abgeschlossene Wissenschaft von jenem Grad der Vollendung, wie ihn die Geometrie schon lange besitzt? Die Frage stellen, heißt sie verneinen; gewaltige Aufgaben harren noch ihrer Lösung. Vor der Physik, die wahrlich in den letzten fünfzig Jahren von Erfolg zu Erfolg, von einem großen Ergebnis immer wieder zum nächst größeren vorangeschritten ist, liegen trotzdem noch gewaltige Probleme. „Supraleitung“, „Einheitliche Feldtheorie“, „Vereinigung von Relativitäts- und Quantentheorie“ heißen die Marksteine der zukünftigen Entwicklung, und niemand kann sagen, was die experimentelle Forschung noch Überraschendes dazu bringen wird.