

Erkenntnismöglichkeit – und Weltall.

Von Univ.-Prof. Hofrat Dr. Hermann Tertsch, Wien.

Vortrag, gehalten am 16. März 1960.

Um die Jahrhundertwende war es über die Naturforscher wie ein Rausch gekommen. In dieser Zeit häuften sich neue grundstürzende Entdeckungen und die Naturwissenschaften nahmen einen steilen, einen phantastischen Aufstieg, wie er seit Galileis Zeiten nicht mehr beobachtet worden war. Man war überzeugt, es bedürfe nur mehr eines ganz kleinen Schrittes, um auf die höchste Spitze jeder Erkenntnismöglichkeit zu kommen und alle Rätsel der Natur gelöst klar vor sich zu sehen. Aber — wie es immer bei wissenschaftlicher Forschung ergeht — man erkannte nur zu bald, daß die Lösung eines Problemes wieder zehn andere Probleme aufscheinen ließ und daß größere Zurückhaltung und Vorsicht in der Siegeshoffnung geboten sei und größere Bescheidenheit gegenüber den Wundern der Natur.

Zunächst seien nur rein chronologisch einige Hauptpunkte der Naturforschung in den letzten 80 Jahren angeführt.

Letztes Viertel des 19. Jahrhunderts: Rasche Entwicklung der Anatomie und Physiologie bei Pflanzen und Tieren infolge Ausbaues der Mikroskop-technik. Wiederentdeckung und Weiterentwicklung der Mendelschen Vererbungslehre durch C. Correns und E. Tschermak-Seysenegg, und H. de Vries.

1895 entdeckte Röntgen die X-Strahlen.

1898 fand Curie in der Uranpechblende das Radium mit seinen ganz unverständlichen Strahlungserscheinungen.

1900 entwickelte Planck seine Quantentheorie, sozusagen die Atomistik der Energie.

1902 suchte Rutherford durch seine Zerfallstheorie des Uran-Atoms die Radiumstrahlungen verständlich zu machen, erstes Atommodell.

1905 schuf Einstein in seiner Relativitätstheorie mit der Formel $E = m \cdot c^2$ die Grundlagen für das Verständnis des Verhältnisses von Energie und Materie.

1912 bewies Laue mittels Durchstrahlung von Kristallen mit Röntgenstrahlen, daß die Atome Realität besitzen und die Materie diskontinuierlich aufgebaut ist. — Bohr entwickelt ein Modell für den Aufbau und die Strahlungserscheinungen des Atoms.

1917 fand D'Herelle das erste Virus in der Tabakmosaikkrankheit.

- 1924 Nach De Broglie zeigen die Elektronen Erscheinungen wie Wellen.
- 1929 vereinigt Schrödinger die Korpuskular- und Wellentheorie in der Behandlung des Elektrons als Wellenpaket.
- 1932 Bertalanffy stellt das Problem der Ganzheitserscheinungen in der Organismenwelt auf.
- 1939 Hahn entdeckt die Spaltungsmöglichkeit von Uranatomen.
- 1950 Schubert-Soldern: Weiterentwicklung des Ganzheitsproblems.
- 1956 Entwicklung der Raketentechnik, erste Welt- raumfahrten ¹⁾).

Merkwürdigerweise finden sich zwei Standpunkte der Bewertung dieser Erkenntnisse: 1. Jules Romains (1953): „Revolutionäre wissenschaftliche Entdeckungen sind wohl — ebenso wie Sterne erster Größe — an Zahl beschränkt. Kommende Zeiten sollten sich damit begnügen, das Entdeckte weiter zu entwickeln und Entdeckungen zweiten Ranges anzustreben.“ Ebenso Jul. Huxley, Generaldirektor der Unesco. Im Gegensatz dazu 2. Laue (Nobelpreisträger): „Die Physik ist kaum aus den Kinderschuhen heraus.“ Ähnlich so die Nobelpreisträger De Broglie und Summer. Oliphant (Australien) findet, daß wieder

¹⁾ Eine sehr verlässliche, kritische Übersicht über naturwissenschaftliche Fragen gibt Bernhard Bavink in „Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaften“, 10. Auflage, Hirzel, Zürich 1954.

die „intellektuelle Anmaßung“ in Erscheinung tritt.
Woher diese gegensätzlichen Beurteilungen?

Der Hauptgrund liegt wohl in der Unsicherheit über den Begriff der Erkenntnismöglichkeit. Es gibt zwei Arten solcher Möglichkeiten.

1. Äußere Möglichkeiten, diese sind unendlich, grenzenlos, wie die Bewegungsmöglichkeiten auf einer Kugeloberfläche.

2. Innere Möglichkeiten, diese sind beschränkt, weil unmittelbar oder mittelbar von den Sinnesorganen abhängig. Der Blindgeborene kann keinen Farbbegriff erfassen, der Taube keinen Tonbegriff. Ist es nicht merkwürdig, daß wir erst knappe 150 Jahre elektrische Erscheinungen richtig erfassen und verwerten lernten und zwar nur darum, weil uns ein elektrisches Sinnesorgan fehlt? Die elektrischen Vorgänge müssen erst in die Sprache unserer Sinnesorgane übersetzt werden, ehe sie uns bewußt werden. So könnte auch ein Tauber die Gesetze der Akustik aus visuellen und tastenden Erfahrungen aufbauen.

Außerdem ist die Aufnahmefähigkeit unserer Sinnesorgane sehr beschränkt, bei dem Licht auf die Wellenlängen zwischen 0'0004—0'0008 mm und bei dem Schall auf 16 bis rund 20.000 Schwingungen in der Sekunde. Auch sind unsere Licht- und Schallempfindungen nur physiologisch-psychologische Sekundärercheinungen. Physikalisch gibt es keine „Farbe“ und keinen „Ton“, sondern nur Schwingungen (Wellen), von denen nur ein sehr beschränkter Teil „wahrge-

nommen“ wird. Auch sind die Sinnesorgane sehr unverläßlich (z. B. Farbenblindheit) und nicht bei allen Menschen gleich. Sonnenstrahlen empfinden wir auf der Haut als Wärme, im Auge als Licht. Ein Schlag auf das Auge löst eine Lichtempfindung aus. Zur Erweiterung und Verfeinerung der Sinnesempfindungen dienen die verschiedensten Apparate und Instrumente, z. B. Mikroskop und Elektronenmikroskop, verschiedene elektrische Verstärker, Lumineszenzercheinungen (für Ultraviolett), Geigerzähler (für radioaktive Strahlungen) usw. ²⁾.

Man wird mit Recht fragen, was Plancks Quantentheorie und Einsteins Relativitätstheorie mit Sinneseindrücken zu tun habe.

Der Begriff „Erkenntnis“ umfaßt zwei Aufgaben zugleich: 1. Beobachtung und Feststellung von Tatsachen (Gegebenheiten), 2. Aufsuchen von Beziehungen und Schlußfolgerungen. Ein selbstregistrierendes Barometer z. B. löst zwar die erste Aufgabe, aber nicht die zweite, die daraus abzuleitenden Folgerungen. Auch bedeutet es keine Lösung eines Problemes, wenn man sich ein „Bild“ davon zu machen sucht. So betont Bavink: „Naturwissenschaft ist Nachbildung von Tatsachen in Gedanken, aber nicht in (anderen) Anschauungen.“

Das gewonnene Beobachtungsmaterial läßt sich zahlenmäßig zusammenstellen. Damit ist aber die Ab-

²⁾ Schon Galilei (1564—1642) verlangt: Alles Meßbare messen und das Nichtmeßbare meßbar machen.

leitung mathematischer Beziehungen, die Aufstellung von Gleichungen, d. h. das Aufdecken von Gesetzmäßigkeiten möglich. Die mathematische Weiterentwicklung über die einfachen Beobachtungen hinaus ist zwar nicht immer vorstellbar (so etwa die Verwendung der Riemannschen „mehrdimensionalen Geometrie“ z. B. bei astronomischen Fragen), sie ist aber wohl geeignet, auf mathematischem Wege neue Erkenntnismöglichkeiten, neue Fragenbereiche zu erschließen.

Alle so erschlossenen Beziehungen führen uns auf gewisse axiomatische Grundbegriffe (Raum, Zeit, Licht, Gravitation . . .), die sich nicht weiter „erklären“ lassen. So sagte schon Aristoteles: „Ich weiß, was der Raum ist, fragst Du mich aber darum, so weiß ich es nicht.“

Um die Schwierigkeiten der Erkenntnis deutlicher zu machen, sollen im Folgenden die Haupterfahrungen des letzten halben Jahrhunderts besprochen werden.

Aus der uns zunächst interessierenden Organismenwelt (Biologisches) seien die erbbiologischen Fragen (Mendelismus) kurz gestreift, deren Entwicklung der Wiederentdecker der Mendelschen Vererbungsgesetze, Hofrat Dr. E. Tschermak-Seysenegg kürzlich in einem eigenen Vortrag in diesem Verein behandelt hatte. Heute konzentriert sich alles auf die Erforschung der „Gene“, jener geheimnisvollen Teilchen der Chromosomen in den Kernen lebender Zellen, die maßgebend die Vererbung einzelner Eigen-

schaften (z. B. Blütenfarbe, Hautausbildung, Haarfarbe . . .) beeinflussen. Trotz unzähligen, sehr eingehenden Beobachtungen und Untersuchungen ist vollständig unerklärlich, wie diese Plasmateilchen, die „Gene“, die Vererbung regeln können, wie der Vorgang der Erbübertragung vor sich geht. Hieher gehört auch die Frage der „Mutationen“ und deren Beeinflussung durch verschiedene, vor allem radioaktive Bestrahlungen. Der tatsächliche Verlauf der Strahlenwirkung ist trotz zahlreichen Versuchen völlig ungeklärt.

Und wenn schon dies bei den Körpereigenschaften unverständlich ist, warum einzelne Gene einzelne Körpereigenschaften zu vererben vermögen, fehlt uns jede Möglichkeit, die Vererbung geistiger, seelischer Eigenschaften (Charakteranlagen, bestimmte Begabungen . . .) zu verstehen.

Nicht weniger geheimnisvoll ist trotz ungezählten Beobachtungen die Tatsache der Regeneration, der Wiederherstellung verloren gegangener oder beschädigter Organe, wie sie uns immer wieder bei Wundvernarbungen, Hauterneuerung u. ä. entgegen tritt. Schon mehr als 150 Jahre ist es bekannt, daß man einen Regenwurm in der Mitte zerschneiden kann und jeder Teil sich wieder zum vollständigen Tier regeneriert (vgl. Nachwachsen eines abgebrochenen Eidechschwanzes, oder von Froschbeinen . . .). Das Merkwürdigste daran ist, daß es sich nicht um eine einfache Vernarbung handelt, obwohl auch diese nicht

ohne weiters verständlich ist, sondern um Organ-Neubildungen, die nur im Hinblick auf die Gesamtheit des verletzten Organismus verstanden werden können. So bildet der Kopfteil des zerschnittenen Regenwurmes einen neuen Schwanzteil aus und der Schwanzteil einen neuen Kopfteil!!! Es liegt hier das durchaus ungeklärte Ganzheitsproblem vor (Bertalanffy). Die Grundtatsache des Lebens ist, daß alles in ihm ganzheitsbezogen ist. Die Einzeltatsachen sind durch zahllose Beobachtungen festgelegt, aber zum Verständnis dieser Tatsachen fehlt uns bisher jede Spur.

Fragen wir um das viel einfachere Problem der Ernährung und des Wachstums, dann kennt man freilich schon lange die dazu unbedingt nötigen Nährstoffe, wie dies durch Züchtung von Pflanzen in Nährlösungen festgestellt werden konnte. Wir kennen die Bedeutung der Osmose und Diffusion und konnten in zahlreichen Versuchen den physikalisch-chemischen Vorgang der Nahrungsaufnahme aufklären, bzw. nachahmen. Aber da stoßen wir gleich auf eine Tatsache, die physikalisch unverständlich ist, nämlich auf die Zweckmäßigkeit der Lebensvorgänge und die damit verbundene Auswahl der dazu verwendeten Stoffe. Warum nimmt z. B. die Pflanze das Kalium begierig auf, während das chemisch nahverwandte Natrium abgelehnt wird, obwohl man doch erwarten sollte, daß das viel kleinere Natrium die Zellwand osmotisch leichter durchdringen müßte, als das größere K-Atom.

Warum spielt bei den Pflanzen die Verbindung $C_6H_{10}O_5$, das erste Assimilationsprodukt der pflanzlichen Zelle, eine so überragende Rolle, wo es doch so viele andere, chemisch gleichbedeutende Kohlehydrate gibt? Und wie bilden sich Eiweißkörper und Fette, die im Verein mit den Kohlehydraten dann zur Bildung des chemisch und strukturell so überaus kompliziert gebauten „Urlebensstoffes“, zum Protoplasma, führen?

Damit im Zusammenhang steht auch die Frage um das Wachstum der Organismen. Die Nährstoffe werden dabei osmotisch in die Zelle gezogen, dort chemisch in „körpereigene“ Stoffe umgeformt und erst in diesem Zustand zum Aufbau der Zelle verwendet. Das steht im schärfsten Gegensatz zum Kristallwachstum, das in einer einfachen Anlagerung der gelösten Kristallsubstanz an der Außenseite des wachsenden Kristalles besteht. — Wie kommt es nun, daß die Zelle unter den zahlreichen Reaktionsmöglichkeiten der zur Ernährung dienenden Stoffe nur solche neue Verbindungen herstellt, die dem Wachstum der Zelle, bzw. deren Vermehrung dienlich sind? Man weiß durch die modernsten Untersuchungen (Elektronenmikroskop), daß alle diese rätselhaften Tatsachen und Vorgänge, das „Leben“ als solches, an das Protoplasma mit seinem Wunderbau gebunden sind, aber man hat nicht die geringste Vorstellung, wie es zur Bildung dieses Urlebensstoffes mit all seinen Besonderheiten kommen konnte.

Und schließlich, wenn wir noch weiter zurückgehen und uns die Frage vorlegen, welche Stoffe es sind, die in der Organismenwelt eine ausschlaggebende Rolle spielen, dann stoßen wir auf neue Rätsel.

Zu Anfang dieses Jahrhunderts wurde von mehreren Seiten die Frage untersucht, wie sich die einzelnen chemischen Elemente auf die Erdhülle (Gesteinskruste, Wasser- und Lufthülle) verteilen. Dabei wurde die Gesteinskruste mit etwa 160 km Tiefe als bekannt angenommen, was sich zur Gesamtmasse der Erde verhält, wie etwa die Eierschale zum ganzen Ei. Aus zahllosen Analysen der Gesteine in ihrer geologisch bekannten Verteilung in der Erdkruste, wie aus Wasser- und Luftanalysen ließen sich die gewichtsprozentischen Anteile der einzelnen chemischen Elemente errechnen und ergaben, von verschiedenen Seiten ermittelt, fast genau die gleichen Werte. Für das erste Drittel im „Periodischen System der chemischen Elemente“ kam man dabei zu folgenden Zahlen³⁾.

In dieser Reihe sind die für die Ernährung

	(H)	He		Li	Be	B	(C)	(N)	(O)	F	Ne	
Gew. %	1	—		—	—	—	0'4	0'04	49'7	—	—	
	Na	(Mg)	Al	Si	(P)	(S)	Cl	Ar				
Gew. %	2'4	2'4	7'4	26'0	0'1	0'1	0'2	—				
	(K)	(Ca)	Sc	Ti	V	Cr	Mn	(Fe)	Co	Ni	
Gew. %	2'4	3'3	—	0'5	—	0'04	0'1	4'2	—	—		

³⁾ Die Elemente, die nur in Tausendstel Gewichtsprozenten an dem Aufbau beteiligt sind, werden hier in ihren Prozentzahlen nicht mehr angegeben.

unbedingt erforderlichen Elemente eingeklammert, die gesteinsbildenden Elemente fett gedruckt.

Schon der flüchtigste Blick auf diese Elementreihe, zeigt, daß weder für jene Elemente, die hauptsächlich an der Gesteinsbildung beteiligt sind, noch für jene, die der Ernährung der Organismen dienen, irgend eine Beziehung zu der Reihenfolge im Periodischen System zu erkennen ist. Auch sind es in der Gesteinsmenge und in der Organismenwelt vielfach verschiedene Elemente, denen eine grundsätzliche Bedeutung zukommt. Schon hier stoßen wir wieder auf das quälende: „Warum?“

Aber selbst wenn wir uns auf die für die Organismenwelt (Ernährung) wichtigen Stoffe beschränken, treten uns neue Rätsel entgegen. Wieso wird der Kohlenstoff mit nicht einmal einem halben Gewichtsprozent zu dem Element, das die gesamte organische Welt beherrscht? Warum nicht der hundertmal stärker vertretene Sauerstoff oder der doppelt so stark entwickelte Wasserstoff? Die Welt der Organismen ist eine Kohlenstoffwelt. Wo liegen die Gründe für diese Bevorzugung des Kohlenstoffes in allen biologischen Fragen? Physikalisch und chemisch sind die Nähr-Elemente nicht ausgezeichnet. Die chemische 4-Wertigkeit des Kohlenstoffes ist auch bei dem 50mal stärker vertretenen Silizium vorhanden. Warum also nicht dieses, so weitverbreitete Element statt des schwachen Kohlenstoffes?

Allen diesen Fragen stehen wir vollkommen hilflos

gegenüber und es ist nicht die geringste Aussicht vorhanden, sie enträtseln zu können.

Aus allem geht hervor, daß wir in der Organismenwelt mit dem Problem „Leben“ um keinen Schritt der Lösung näher gekommen sind und auch wenig Aussicht besteht, dem Lebensproblem näher kommen zu können.

Als das Tabakmosaik-Virus entdeckt wurde, hoffte man damit den so lange gesuchten Zusammenhang mit der anorganischen Welt, mit der Welt der Minerale und Gesteine, gefunden zu haben. Die Viren sind kristallisierbare Riesenmoleküle (Molekulargewicht: mehrere Millionen!), für die bisher keine Züchtung in Nährlösungen möglich war, die sich aber in der lebenden Zelle sofort wie primitive Organismen verhalten. Jedenfalls wurde damit die Frage um das Wesen der Lebenserscheinungen nicht nur nicht geklärt, sondern im Gegenteil noch mehr verwirrt.

In der anorganischen Welt schienen die Verhältnisse viel einfacher zu liegen. Verhältnismäßig einfache Verbindungen, geordneter Kristallbau, Anlagerungswachstum — lauter Eigenschaften, deren Beobachtung leichter und sicherer erfolgen konnte.

Seitdem man erkannte, daß die Kristalle in ihrem Bau sich wie sorgfältig geschichtete Ziegelhaufen verhalten, wurde immer wieder versucht, die Einzelbausteine größtmäßig zu erfassen. Bald war zu erkennen, daß die Bausteingrößen weit unter der optischen Sichtbarkeitsgrenze liegen und daher nur theo-

retisch (vor allem aus Spaltbarkeitsbeobachtungen) erschlossen werden können. Daß sich die Bausteingrößen jeder Messung unzugänglich zeigten, war der Grund, weshalb der als Physiker und Naturphilosoph gleich berühmte E. Mach 1892 in einem Gespräch mit seinem jüngeren Kollegen, dem Mineralogen F. Becke, der natürlich für einen Aufbau der Kristalle aus getrennten Bausteinen eintrat, die von quälenden Zweifeln erfüllte Frage stellen konnte: „Ja lieber Herr Kollege, glauben Sie denn an Moleküle und Atome?“ Es fehlte noch am Ende des 19. Jahrhunderts scheinbar jede Möglichkeit, die Frage zu entscheiden, ob die Materie kontinuierlich ausgebildet sei, oder diskontinuierlich, also ob eine gleichmäßige Raumerfüllung vorliege, oder eine solche aus getrennten Bauelementen (vgl. Glaswürfel — gleich großer Sandsteinwürfel).

Diese schwierige Frage wurde durch Laues Versuche, Kristalle mit Röntgenstrahlen zu durchstrahlen, eindeutig im Sinne des Diskontinuums entschieden. Seit 1912 gibt es keine Molekular- und Atom-Hypothese mehr, sondern die Atome sind meß- und wägbare Realitäten.

Gleichzeitig erwiesen sich aber die Atome selbst nicht als einheitliche „unteilbare“ Körperchen, sondern zusammengesetzt aus Masseneinheit + positiver Elektrizitätseinheit = Proton, negative Elektrizitätseinheit = Elektron und Masseneinheit (ohne Ladung) = Neutron. Rutherford hatte als erster

den Aufbau eines Atoms aus den Strahlungserscheinungen des Radiums erschlossen und damit den Grundstein zu einer immer mächtiger werdenden „Atomphysik“ und dadurch zu neuen Energieverwertungen gelegt.

Mit dem Nachweis der Realität der Atome war auch die Möglichkeit gegeben, die Welt des Allerkleinsten messend und wägend zu erforschen. Der Anstoß hiezu ging von der Seite der kinetischen Gastheorie aus. Der Wiener Loschmidt zog 1865 aus der Tatsache, daß alle Gase den gleichen Ausdehnungskoeffizienten besitzen, den kühnen, aber von den verschiedensten Seiten bestätigten Schluß, es müßte demnach in jedem Mol⁴⁾ irgend eines Stoffes die gleiche Anzahl von Molekülen sein, nämlich angenähert eine halbe Quadrillion ($0,6 \cdot 10^{24}$). Mit Hilfe der „Loschmidtschen Zahl“ konnte man zum ersten Mal das Absolutgewicht eines Wasserstoffatoms, dessen Relativ- („Atom“-)gewicht mit 1 angenommen wurde, zu $1,66 \cdot 10^{-24}$ g (also 1/66 Quadrillionstel eines g) bestimmen, eine Größe, die wir uns nicht mehr vorstellen können. Da mag aber ein Vergleich helfen: Das Absolutgewicht eines H-Atomes verhält sich zu 1 g fast genau so wie 10 kg zum Gesamtgewicht der Erde(!). Aus den verschiedensten Röntgenuntersu-

4) Ein „Mol“ eines Stoffes ist jene Menge in g, die im Molekulargewicht angezeigt wird. So ist z. B. für Wasser (H_2O) ein Mol = $1 + 1 + 16 = 18$ g, für Kohlensäure (CO_2) = $12 + 16 + 16 = 44$ g.

chungen der Kristalle ergab sich dann auch die Raumerfüllung der einzelnen Atome mit etlichen Hundertmillionstelⁿ cm (Ångströmeinheiten). So liegen z. B. in einem Diamantkristall auf einem cm rund $65\frac{1}{2}$ Millionen C-Atome nebeneinander. Denkt man sich jedes C-Atom durch ein Mohnkorn (mit 1 mm) versinnlicht, dann ergäben diese aneinandergereiht eine Strecke von Wien bis Gloggnitz.

In dem Bereich des Einzelatoms ist der positiv geladene „Kern“ (mit Masse) von Elektronen umgeben, die diesen Kern umkreisen. Aus den Beobachtungen und Berechnungen ergab sich, daß die Größe des Atomkernes selbst sich nur in Billionstel eines cm bewegt. In einem Saal mit etwa 10 m Seitenlänge, der uns den Gesamtbereich des Atomes darstellen soll, wäre der in der Mitte befindliche Atomkern nur etwa von der Größe eines kleinen Stecknadelkopfes. Man hat den Eindruck, als wäre das Einzelatom eigentlich nur ein „leerer Raum“.

Versucht man, aus den bekannten Gewichten von Proton, Elektron und Neutron das He-Atom aufzubauen (2 Protonen, 2 Elektronen, 2 Neutronen), dann erhält man eine Summe, die um 0'03 größer ist als das tatsächlich beobachtete, absolute Atomgewicht. Es ist also ein Massenschwund eingetreten. Worin liegt der Grund für dieses Defizit?

Hier zeigt sich nun die grundlegende Bedeutung der Einsteinschen Formel $E = m \cdot c^2$ (E = Energie, m = Masse, c = Lichtgeschwindigkeit), wodurch die

Beziehungen und Umwandlungen von Masse und Energie festgelegt werden. Tatsächlich wird bei dem Zusammentreten der einzelnen Massen zur Bildung des Atomes Energie genau in jenem Maße frei, wie dies durch den Massenschwund gegeben ist.

Die Beschießung von Uran-Atomen mit Neutronen führte Hahn (1939) zu der Entdeckung der Atomspaltung, wobei das Atom unter Freiwerden von Neutronen in zwei ziemlich gleich große Teile gespalten wird (z. B. Rb + Cs, oder Zr + Te). Dabei zeigte sich, daß das Uranisotop ⁵⁾ mit dem Atomgewicht 235 besonders günstig für solche Spaltungen ist. Das gespaltene Uran 235 läßt immer drei Neutronen frei werden, d. h. durch Beschießung der Masse mit diesen Neutronen, wird eine Kettenreaktion, eine Lawine von weiteren Spaltungen des U-Atomes ausgelöst, wodurch ungeheure Energiemengen frei werden (Grundlage der Atombomben und der Reaktoren). Ein kg des wirksamen Uranisotopes liefert in Hundertstel Sekunden die gleiche Energiemenge, wie der Niagara-Fall in eineinhalb Tagen!

⁵⁾ „Isotope“ sind Ausbildungen eines Elementes, bei denen alle physikalischen und chemischen Eigenschaften genau gleich sind mit Ausnahme des Absolutgewichtes. Der Gewichtsunterschied liegt in der Verschiedenheit der Zahl der ungeladenen Neutronen. So kennt man z. B. bei Uran 3 Isotope mit den Atomgewichten 234, 235, 238, bei Chlor 2 Isotope mit 35 und 37. Das gewöhnliche angegebene Atomgewicht ergibt sich aus einem natürlichen Gemisch der verschiedenen Isotopen eines Elementes.

Wie erfolgt nun die Ausstrahlung der Energie? Nach Bohr ist ein Atom aus einem positiv geladenen Atomkern gebildet, der von Elektronen (negativen Ladungen) in kreis- oder ellipsenförmigen Bahnen umkreist wird. In der Bahn erfolgt keine Energiestrahlung, wohl aber bei Sprüngen aus einer Bahn in eine dem Kern nähere Bahn. Da Energiestrahlungen nur quantenmäßig möglich sind, können nur solche Bahnen verwirklicht sein, die sich durch ganzzahlige Quantensprünge unterscheiden ⁶⁾. Bei der „Anregung“ (Absorption) werden die Elektronen durch die zugeführte Energie in äußere Bahnen hinausgestoßen, bei „Emission“ (Strahlung) springen die Elektronen in kern-nähere Bahnen zurück, wodurch wieder Energie frei wird. Bohr hat für das H-Atom (nur 1 Elektron!) die Verhältnisse durchgerechnet und konnte damit

⁶⁾ Nach der „Quantentheorie“ von M. Planck tritt die Energie nicht in beliebigen Mengen auf, sondern nur in ganzzahligen Vielfachen einer kleinsten Energiemenge = Quant („Elementarquant“, „Lichtquant“). Die Energie zeigt also einen ähnlichen Aufbau wie die Materie aus den einzelnen Atomen. Ein Quant ist sozusagen ein Energieatom. Daß auch die Energie „gequantelt“ ist, mag ein Vergleich verständlich machen: Bei dem Ersteigen einer Treppe kann man Stufe für Stufe aufwärts steigen, man kann 2, 3, 4 und mehr Stufen überspringen, was man aber nicht kann, ist das Ersteigen von $1\frac{1}{2}$, oder $3\frac{1}{4}$ usw. Stufen. — Ein Quant (Lichtquant) bestimmt sich mit $h\nu$, wobei h eine Konstante = $6'55 \cdot 10^{-27}$ erg/sek ist und ν die Frequenz der Strahlung (Schwingungszahl in der Sekunde). Die frei werdende Energie ist dann $E = n \cdot h\nu$ (n = beliebige ganze Zahl).

sämtliche Spektrallinien des Wasserstoffes erklären.

Damit sind wir gleichzeitig bei der Frage um die Natur des Lichtes angelangt. Am Ende des 17. Jahrhunderts entbrannte diesbezüglich ein erbitterter Streit zwischen Newton (Korpuskulartheorie) und Huygens (Wellentheorie). Die Auffassung Newtons (Lichtstrahl wie der Strahl eines Springbrunnens aus einzelnen glühenden Teilchen) ist ein gutes Bild für die Emission, die Aussendung des Lichtes, wogegen Huygens' Auffassung (Licht wie Wasserwellen in einem Teich, in den ein Steinchen geworfen wurde) die Fortpflanzung des Lichtes ausgezeichnet darstellt. De Broglie fand, daß das Auftreffen eines Lichtquants auf ein Elektron so wirke, wie der Stoß eines Körpers („Lichtdruck“), was Maxwell 1865 schon vorausberechnet hatte und später von Lebedew experimentell nachgewiesen worden war. Schrödinger gelang 1929 die Darstellung der Wirkung eines Elektrons als Energie, also Elektron = Wellenpaket, d. h. der Vereinigung der Emissions- und Undulationstheorie auf rechnerischem Wege, was aber einer anschaulichen Vorstellung unzugänglich ist.

Der Physiker Westphal machte darauf aufmerksam, daß wir uns überhaupt nur mechanische Vorgänge vorstellen können und uns für nicht-mechanische Vorgänge mechanische Modell-Vorstellungen bauen (elastischer Lichtäther, elektrische Ströme, Elektronensprünge . . .). Die „periodischen Zustandsänderungen eines elektromagnetischen Feldes“, wo-

raus Maxwell die Fortpflanzung des Lichtes herleitete, sind keine elastischen Ätherschwingungen, sondern werden nur in den Ätherwellen aus den durch die Versuche festgelegten, mathematischen Beziehungen mechanisch gedeutet. Das ist aber nur ein Bild, keine Erklärung!

Es liegen hiebei ähnliche Verhältnisse vor, wie beim Vergleich von Sprechen und Schreiben. Beim Schreiben wird der gesprochene Laut (z. B. p) durch einen Buchstaben ausgedrückt, aber jeder, der schreibt, weiß, daß der Einzelbuchstabe aber nicht der Laut ist, sondern ihn bloß bedeutet. So ist auch das Licht nicht eine Wellenbewegung, oder eine Ausendung von Korpuskeln, sondern das sind nur mechanische Bilder dafür. Westphal sagt: „Das Licht ist weder eine Welle noch ein Teilchen, sondern etwas, das einer anschaulichen Beschreibung unzugänglich ist“ — und — „Die heutige Lichttheorie besteht aus Wellentheorie und Quantentheorie“ (1944). Die verschiedenen Modell-Vorstellungen zeigen das gleiche Problem nur von verschiedenen Gesichtspunkten aus und bedeuten also keine inneren Widersprüche. Es ist ja auch kein Widerspruch, wenn in verschiedenen Alphabeten der gleiche Laut mit verschiedenen Buchstaben geschrieben wird (z. B. p und π). Sie bedeuten doch das Gleiche. Ähnlich so ist die Beschreibung einer Medaille erst dann vollständig, wenn Vorder- und Rückseite beschrieben werden. Korpuskulartheorie und Wellen-

theorie des Lichtes sind also keine Erklärungen, sondern nur Versuche, die festgestellten mathematischen Beziehungen beim Licht durch mechanische Modellvorstellungen zu veranschaulichen.

Das Problem des Lichtes ist ein ausgezeichnetes Beispiel dafür, daß dem Menschen sehr enge innere Grenzen für die Erkenntnis gesetzt sind. Wir können immer nur Beziehungen zwischen gewissen axiomatischen Grundbegriffen (Raum, Zeit, Licht, Elektrizität, Gravitation . . . , Leben . . .) festsetzen, ohne diese selbst erklären zu können. Dazu kommt noch, daß in dem Meßbereich der Atomphysik eine gewisse unterste Grenze der Meßgenauigkeit nicht unterschritten werden kann (Heisenberg: Unschärferelation, Unbestimmtheitsbeziehung).

Aus allem geht hervor, daß zwar das Feld der äußeren Erkenntnismöglichkeiten unendlich ist, jenes der inneren Möglichkeiten dagegen engbegrenzt. Wir werden immer neue Erkenntnisse erschließen, aber können wir damit „bis zu den Müttern“, bis zur absoluten Wahrheit vordringen? Kann ein Mensch, selbst nur ein winziger, bedeutungsloser Teil des Weltalls, mit seinen Sinnesorganen und seinem Gehirnapparat glauben und hoffen, jemals ins Unendliche vorzudringen, diesem Gesetze vorzuschreiben, die dem eigenen Aufbau widersprechen, sozusagen ein neues Weltall zu schaffen? Auch der begeistertste Naturforscher muß die Unmöglichkeit solcher Gedanken und Wünsche zugeben.

Bei allem fanatischen Ringen um die „Wahrheit“ muß man mit Mach sagen: „Die höchste Philosophie des Naturforschers ist es, eine unvollendete Kenntnis zu ertragen und sie einer scheinbar abgeschlossenen, aber unzulänglichen vorzuziehen.“ Ehrlichkeit gegen die Umwelt und vor allem gegen sich selbst ist die Grundbedingung jeder Forschung.

Kurz und erschöpfend sagt Lichtenberg: „Die Wahrheit ist die Asymptote der Forschung“. Wie die Hyperbelkurve der Asymptote immer näher und näher rückt, diese aber im Endlichen nie erreichen kann, so geht es auch der Forschung im Bezug auf die ewige Wahrheit.

Und endlich finden wir die tiefstschürfenden Worte bezüglich der Erforschung der „Wahrheit“ bei Goethe (Sprüche in Prosa): „Das schönste Glück des denkenden Menschen ist, das Erforschliche erforscht zu haben und das Unerforschliche ruhig zu verehren.“

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse Wien](#)

Jahr/Year: 1960

Band/Volume: [100](#)

Autor(en)/Author(s): Tertsch Hermann Julius

Artikel/Article: [Erkenntnismöglichkeit - und Weltall. 159-179](#)