indispensables à la compréhension de ces études spéciales, tout à fait distinctes de la Géologie stratigraphique.

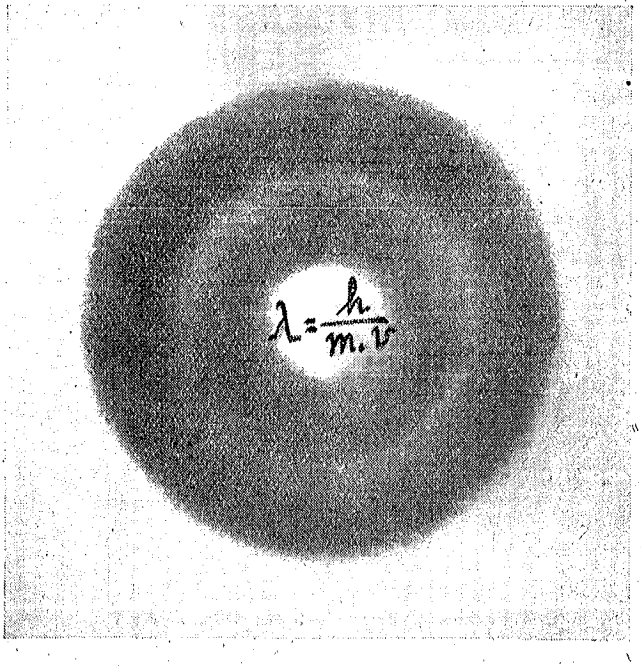
Nous sommes donc ici en présence de travaux *originaux* sur notre pays; les signaler, c'était rendre service à nos compatriotes et, en même temps, nous acquitter d'un devoir de justice vis-à-vis de notre collègue de Lille.

J.-P. ASSA.

Im Wellenrauschen am Millebour.

von Dipl. Ing. Chem. P. MEDINGER.

Dem Wellenschlag, dem Windesweh'n
Könnt Stund um Stund ich lauschen,
Im heißen Drange zu versteh'n
Ihr quantenhaftes Rauschen.



I. Zeichen am Firmament.

Nicht fern von meinem Heimatsort liegt irgendwo, nur dem Einheimischen bekannt, der Millebour, ein stiller Wiesengrund, von Wäldern rings umschlossen. Ein über Kaskaden hin-

rauschender Bach wird gespeist von einer kühlen Quelle, die jahrein jahraus 9° Celsius hat, und in der ich manch gute Flasche kühlte. Von einem schwer zu erkletternden hohen Felsplateau im Walde geniesst man über die Baumwipfel hinweg eine wunderbare Aussicht bis jenseits des Moseltales. — Hier habe ich in meiner Kindheit schon die schönsten Stunden verbracht, und hiehin zieht es mich auch heute noch immer wieder hin, um in der stillen Einsamkeit Ruhe und Erholung zu finden.

Und so lag ich dort an einem warmen Sonntagnachmittag vorigen Jahres. Vor einigen Stunden war ein leichter Regen niedergegangen, und feuchtwarme Luft atmete aus den Waldhängen. Über der Landschaft lag eine Dunststimmung, und durch die Baumkronen unter mir und über mir ging ein leises Rauschen, in das sich das von tief unten heraufklingende gleichmäßige Rauschen des Baches mischte. Der Himmel war wie mit einem leichten Rauch verdunstet, in dem die Sonne als gelbe Insel mit verschwommenen Umrissen schwamm.

Und wie ich so die den Dunst durchscheinende Sonne betrachte, erkenne ich das jedem Wissenschaftler wohl bekannte Bild, das man öfter um den Mond bemerkt: eine Reihe von dunklen und hellen Ringen um die Sonne. Diesen Glorienschein um die Sonne könnte man als Wahrzeichen der modernen Atomphysik betrachten, wie man den Benzolring als Zeichen der organischen Chemie ansieht.

Von diesem Glorienschein, und was er uns alles sagt, darüber habe ich dort am Millebour manche Stunde verträumt, und davon will ich jetzt hier berichten.

Diese Ringe um die Sonne oder um den Mond entstehen, wie wir alle wissen, durch Beugung der Lichtstrahlen an winzigen Wassertröpfchen oder an Eiskriställchen.

Wenn man monochromatisches (einfarbiges) Licht durch einen engen Spalt auf einen weißen Schirm fallen läßt, so bemerkt man rechts und links vom hellen Bild des Spaltes eine Anzahl heller und dunkler Streifen. Noch schöner erhält man sie, wenn man zwei parallele, möglichst eng nebeneinander stehende Spalte benutzt. Sehr gut sieht man diese Beugungsbilder mit Hilfe einer schwarzentwickelten photographischen Platte, in deren Gelatineschicht man mittels einer Rasierklinge in möglichst spitzem Winkel zu einander zwei dünne Schnitte angebracht hat. Blickt man dann durch eine Stelle möglichst nahe am Schnittpunkt beider Linien gegen z. B. die Glühspirale einer nicht mattierten Glühlampe, so sieht man eine ganze Anzahl von farbigen und schwarzen Beugungsstreifen.

Ähnliche Beugungsbilder erhält man, wenn ein Lichtstrahl eine feine Nähnadel trifft. Und wenn man statt des Spaltes eine winzige runde Öffnung, oder statt der feinen Nadel ein winziges rundes Körnchen nimmt, auf die man einen Lichtstrahl lenkt, so erhält man ringförmige Beugungsbilder, wie jenes Zeichen dort am Himmel. Für ein Körnchen wären die Bilder zu schwach, wenn aber der Lichtstrahl durch eine ganze Schicht von Teilchen gleicher Größe hindurch geht, so verstärkt sich die Wirkung und sie wird dem Auge sichtbar. Und aus dem Durchmesser der Ringe kann man die Größe der sie bewirkenden Teilchen berechnen. Je kleiner die Teilchen, desto größer der Durchmesser der Ringe. Werden die Ringe um den «im Wasser stehenden» Mond enger, so ist das ein Zeichen, daß die sie bewirkenden Wassertröpfchen größer werden, und daß es sehr bald regnen wird.

Diese Beugungserscheinungen, bei denen der Lichtstrahl seine gerade Richtung aufgibt und «um die Ecke geht», sind ein Beweis für die Wellennatur des Lichtes. Entsprechend den sehr kleinen Wellenlängen des Lichtes treten sie merklich nur auf an sehr kleinen Teilchen. Eine ähnliche Erscheinung haben wir auch bei den unendlich viel längeren Schallwellen. Ein dumpfer Knall wird in einem ganzen Stadtviertel gehört, weil dessen lange Wellen um alle Ecken gehen. Einen hohen Ton, einen scharfen Pfiff hingegen hört man viel weniger weit, schon schwer um die erste Ecke herum.

Eine andere Gruppe von Beugungserscheinungen erhalten wir, wenn die kleinen Teilchen, die das Licht abschirmen, so klein werden, daß ihre Größe mit der Wellenlänge des Lichtes vergleichbar, oder noch kleiner wird. Hier werden die großen Wellen des roten Lichtes fast nicht mehr beeinflußt, während die kurzen blauen Wellen ganz abgelenkt werden. Je kleiner also die Partikelchen sind, desto gelber oder roter wird der durchgehende Lichtstrahl. So sieht durch ein Stück Milchglas, oder durch eine nicht entwickelte Diapositivplatte betrachtet, jede weiße Lichtquelle rot aus. Sind die Teilchen größer, so erscheint das Bild der Lichtquelle gelb. Diese Erscheinung erklärt auch die Bildung des Abend- und Morgenrots. Und das Grübeln an jenem Nachmittag über den Glorienschein der Sonne brachte mir auch die Erklärung einer Tatsache, die ich seit meiner Kindheit ständig beobachtet hatte, und deren Erklärung mir bis dahin stets ein Rätsel geblieben war. Von allen volkstümlichen Wetterprognosen für die nächsten 24 Stunden beruht die sicherste auf der Farbe des Abendrots. Das habe ich in 43jähriger Beobachtung fast ausnahmlos bestätigt gefunden: Geht die Sonne rot unter, so steht für den nächsten Tag schönes Wetter bevor, geht sie gelb unter, so droht für den nächsten Tag Regen. Es ist mir noch stets in

Erinnerung, wie ich während einer langen Dürreperiode des heissen Sommers 1893 einmal abends durch das Dorf lief und verkündete: Morgen wird's Regen! — und wie die Leute zweifelnd den Kopf schüttelten und sagten: «Pir, a wanns de an dengem Liewen nemen eng ênzeg Wo'recht solls soen, da soll dat hei se sin.» — Und am nächsten Tage regnete es, und mein Ruf als Wetterprophet war definitiv begründet. Die Sonne war an jenem Abend gelb untergegangen. Die Erklärung für die Erscheinung sehe ich in folgendem: Beim Sonnenuntergang legen die Sonnenstrahlen einen langen Weg durch die untern Schichten der Atmosphäre zurück. Die an den Staubpartikelchen sich in der Abendkühle kondensierenden feinen Dunsttröpfchen wirken wie die Partikelchen des Milchglases, sie lassen nur das rote Licht durch. Werden aber infolge Feuchtigkeitsansammlung in der Atmosphäre die Tröpfchen größer, so erscheint uns die Sonne u. ihr Licht gelb.

Alle diese Beugungserscheinungen beweisen, wie schon bemerkt, die Wellennatur des Lichtes.

Ein Vierteljahrtausend ist es nun her, seit der große englische Physiker Newton die erste Theorie des Lichtes aufgestellt hat auf Grund der damals bekannten Erscheinungen: Brechung, Spiegelung und Farbenzerlegung. Er nahm an, daß von jeder Lichtquelle winzig kleine substanzielle Teilchen, verschieden je nach der Farbe des Lichtes, abgeschleudert werden. Ein Jahrhundert hat sich diese Theorie halten können, bis sie schließlich wegen der Beugungs- und Interferenz-Erscheinungen verlassen werden mußte, und durch die viel leistungsfähigere Ondulationstheorie von Huyghens ersetzt wurde. Newton hatte die Lichtbewegung mit dem Wind verglichen, mit bewegten Luftteilchen; Huyghens verglich sie mit dem Schall oder der Wasserwelle, wo keine substanzielle Teilchen fortgeschleudert werden, sondern ein bestimmter Erregungszustand der Materie sich in Form von in gleichen Abständen abwechselnden Verdichtungen und Verdünnungen ausbreitet. Als Träger dieser Wellenbewegung nahm er einen äußerst feinen, das Weltall erfüllenden elastischen Stoff an, den Lichtäther. Die verschiedenen Farben des Lichtes erklärte er als verschieden große Schwingungszahlen oder Frequenzen. Das gab eine einwandfreie Erklärung der Beugungs- und Interferenzerscheinungen des Lichtes, die sich nach der Newton'schen Emanationstheorie nicht erklären ließen.

Und wiederum nach hundert Jahren änderte sich abermals das Bild. Es wurden neue Phenomene entdeckt, die sich durch die Ondulationstheorie gar nicht erklären ließen, wohl aber durch die verlassene Emanationstheorie.

Da kam zuerst 1902 der lichtelektrische Effekt. Läßt man ultraviolettes Licht oder Röntgenlicht, also Licht von bestimmter, hoher Frequenz, auf eine Zinkplatte im luftleeren Raum fallen, so werden aus dieser Elektronen, d. h. negativ geladene Teilchen herausgeschleudert. Hierbei zeigte es sich, daß die Energie, also die Geschwindigkeit der ausfliegenden Elektronen ganz und gar unabhängig war von der Intensität der Lichtquelle, sondern ausschließlich abhing von der Frequenz, von der Farbe des eingestrahlten Lichtes. Das steht im krassen Widerspruch zur Wellentheorie, denn nach ihr müßte die Wirksamkeit des Lichtes infolge seiner Verteilung auf immer größere Kugelflächen im Raume stetig abnehmen und bei großer Entfernung unendlich klein werden. Es zeigte sich aber, daß das schwächste Licht vom fernsten Stern dieselbe Wirkung ergab wie die stärkste Lichtquelle aus nächster Nähe, sofern es sich nur um Wellen derselben Frequenz, derselben Farbe handelte. Das führte Einstein 1905 zu seiner Lichtquantentheorie, nach der die Energie des ausgestrahlten Lichtes sich in kleine diskrete Teilchen konzentriert, in den sogenannten Photonen, die gradlinig mit Lichtgeschwindigkeit in bestimmten Abständen von einander ausgeschleudert werden.

Es ist auch gelungen, die Energiegehalte der Teilchen zu bestimmen. Sie sind gegeben durch die Formel νh, wobei ν die Frequenz bedeutet, und h das Atom der Energie, das Plank'sche Wirkungsquantum oder Elementarquant. Das Photon des violetten Lichtes stellt ungefähr ein zwanzig Billionstel der Arbeit dar, die nötig ist um 1 mgr 1 mm zu heben.

Die Hauptstütze für die Korpuskulartheorie des Lichtes ist der 1922 entdeckte Compton-Effekt. Compton fand, daß auf Elektronen aufprallende Photonen ihre Frequenz, d. h. ihre Farbe änderten, und zwar wurde die Frequenz vermindert, d. h. die Farbe nach rot hin verschoben. Durch den Zusammenstoß mit dem Elektron hat das Atom einen Teil seiner Energie eingebüßt. Da diese Energie, wie bereits bemerkt, νh beträgt und h eine Konstante ist, so muß eben die Frequenz ν abnehmen.

Und so müssen wir denn heute beide Theorien des Lichtes zusammen annehmen und das Licht ansehen als Photonen (Energiezentren), die von Wellen geleitet und getragen werden. Alle Wirkungen des Lichtes geschehen durch die Photonen, die Wellen übertragen keine Energie. Beim Aufschlagen von rasch bewegten Elektronen (= Kathodenstrahlen) entstehen Röntgenstrahlen, = Photonen hoher Frequenz. Treffen diese Photonen auf eine Metallplatte, so werfen sie aus dieser wieder rasche Elektronen heraus, = Kathodenstrahlen. Diese Wirkungen werden nur durch die jeweiligen Korpuskeln, Elektronen oder Photonen ausgeübt, die

Wellen tun es nicht. Man denke sich ein großes Schwimmbassin mit je einem Sprungbrett an den beiden Enden. Vor dem ersten Sprungbrett schwimme ein Knabe. Ein anderer springt vom zweiten Sprungbrett ins Wasser. Die entstehenden Wellen breiten sich aus bis zum ersten Schwimmer, sind aber nicht imstande diesen aus dem Wasser wieder auf's Sprungbrett zurückzuwerfen. Die Photonenwellen und die Elektronenwellen tun's. Die Wasserwelle ist eben kein Träger von Energieelementen.

Nach der Relativitätstheorie kommt dem Photon eine gewisse Masse zu, die ebenfalls, genau wie seine Energie, proportional ist der zugehörigen Wellenfrequenz. So wiegt z. B. ein «gelbes» Photon 35.10^{-34} Gramm.

Es ist außerordentlich interessant, daß schon vor einem Viertel-Jahrtausend der alte Newton die Equivalenz von Energie und Masse vorausgeahnt hat. In seinem «Optics» schreibt er:

«Sollen nicht Licht und Körper in einander umwandelbar sein? Die Umwandlung von Licht in Stoff und umgekehrt würde ganz dem Laufe der Natur entsprechen, die sich in Umwandlungen zu gefallen scheint.» —

Und was Newton damals ahnte, heißt heute nach Einstein

$$E = m.c^2$$

Energie und Masse sind in einander umwandelbar, die Energie ist gleich der Masse multipliziert mit dem Quadrat der Lichtgeschwindigkeit. (Die Lichtgeschwindigkeit c ist nicht eine rein optische Konstante, sie stellt die Geschwindigkeit aller elektromagnetischen Vorgänge dar und ist eine Naturkonstante.)

Die Energie des Photons ist gegeben durch das Produkt νh. Setzen wir dieses statt E in obige Gleichung ein, $\nu h = mc^2$, so erhalten wir $m = \frac{\nu h}{c^2}$ oder, da $h/c^2 = 7{,}27.10^{-48}$ ist, $m = 7{,}27.10^{-48}.\ \nu$. in Gramm ausgedrückt.

Da die Photonen also Masse haben, werden sie beim Verlassen der Sonne von deren Schwerkraft etwas zurückgehalten. Sie müssen also von ihrer Energie verlieren, sie müssen Ausreisetaxe bezahlen. Und da in dem Ausdruck ihrer Energie (νh) h konstant ist, so muß ihre Frequenz ν abnehmen, und das bewirkt, daß alle von den Sternen herrührenden Spektrallinien eine Rotverschiebung aufweisen, d. h. eine Verschiebung nach der Seite der geringeren Frequenzen, der größeren Wellenlängen, nach rot zu. Ihr Spektrum ist also gegenüber den Spektren irdischen Ursprungs etwas nach rot hin verschoben. Diese Verschiebung liegt für die Sonne an der Grenze der Beobachtbarkeit; ist jedoch am Begleiter des Sirius sicher festgestellt worden.

Auch die bei Sonnenfinsternissen festgestellte Beugung der Lichtstrahlen beim Vorbeigehen an der Sonne bestätigt die Masse der Photonen. Einen weiteren Beweis dafür liefert der durch ihr Auftreffen auf Körper entstehende Lichtdruck. So übt gewöhnliches Sonnenlicht pro Quadratmeter beleuchteter Fläche einen Druck aus von ca. $^3/_4$ mgr. Das macht auf die Erde berechnet immerhin einen Druck aus von 35 Millionen kgr.

Wenn Photonen mit Elektronen zusammenstoßen (Lichtelektr.-Effekt und Compton-Effekt), so haben die Untersuchungen gezeigt, daß die Gesetze der Erhaltung der Energie und der Erhaltung der Bewegungsgröße erfüllt sind, sofern man jedem Lichtquant, außer seiner Energie νh, eine Bewegungsgröße in der Bewegungsrichtung, also ein «Impuls», «Moment» $= m\nu$ zuschreibt. m ist die Masse des Photons, die, wie wir gesehen haben, gleich ist $\frac{\nu h}{c^2}$. Der Impuls m wird also, da $\nu = c$. (Lichtgeschwindigkeit) $m\nu = \frac{\nu h}{c}$. Da nun für Wellen aller Art das Verhältnis gilt $\nu = \nu\lambda$, oder für Lichtwellen $c = \nu\lambda$, so ergibt sich nach Einsetzen dieses Wertes für c in dieser Gleichung $\lambda = \frac{h}{m\nu}$

Diese Fundamentalgleichung, die sich auch aus den Beugungsbildern ableiten läßt, und die besagt, daß die Wellenlänge einer Strahlung umgekehrt proportional ist der Masse und der Geschwindigkeit der betr. Teilchen, werden wir in der Folge immer wieder begegnen.

Da durch die Vorstellung der Lichtquanten (Photonen) die wesentlichen Eigenschaften der Materie: diskontinuierliche Struktur, Impuls und Schwere — auf das Lichtquant übertragen wurden, so lag der Gedanke nahe, auch der Materie diejenigen Eigenschaften zuzuschreiben, die vor allem das Licht kennzeichnen, nämlich seine Wellennatur. Und das tat 1924 Louis de Broglie und wurde so zum Schöpfer einer neuen Theorie, die von größtem Einfluß auf die seitherige Entwicklung der Physik wurde. De Broglie machte die fundamentale Annahme, daß jedem bewegten Materieteilchen ein Schwingungsvorgang derart zuzuordnen sei, daß ein Energieelement dieser Schwingung ($\nu . h$) gleich ist der Energie des Materieteilchens. Diese ist, wie die Relativitätstheorie lehrt, gleich dem Produkt aus seiner Masse und dem Quadrat der Lichtgeschwindigkeit. So erscheint die Materie in Wellen aufgelöst, deren Energiezentren die Protonen und Elektronen darstellen. Jedes bewegte Materieteilchen ist mit einer Welle verbunden,

die sich mit Überlichtgeschwindigkeit ausbreitet. Und für die Elektronenwellen hat de Broglie die gleiche Formel berechnet, $\lambda = \frac{h}{m.v}$ wie wir sie für das Lichtquant kennen gelernt haben.

1927 haben Davisson und Gremer die Theorie de Broglie's experimentell bestätigt, indem sie an einem Strahl langsamer Elektronen, deren Wellenlänge mit der der Röntgenstrahlen übereinstimmte, an Kristallen Beugungsbilder erhielten, die sich völlig mit denen deckten, die man mit Röntgenstrahlen erhielt. Berechnet man aus den erhaltenen Beugungsbildern, die den Ringen am Himmel ähnlich sind, die Wellenlänge der Elektronenstrahlung, so ergibt sich, wie es de Broglie voraus berechnet hatte, die Gleichung $\lambda = \frac{h}{m.v}$.

G. P. Thomson erhielt mit viel rascheren Elektronen, entsprechend $\lambda = 10^{-9}$ sehr schöne Beugungsringe an dünnen Metallfolien. Diese Beugungsringe gestatteten, die Gitterkonstanten der Metalle zu berechnen, und gaben praktisch vollkommene Übereinstimmung mit den Werten, die durch Röntgenstrahlen erhalten worden waren.

Und schließlich ist es Rupp gelungen, mit so langsamen Elektronen, daß ihre Wellenlänge denen des sichtbaren Lichtes gleich kam, an optischen Gittern Elektronenbeugung nachzuweisen.

Bei den schnellsten Elektronen, den Betastrahlen des Radiums, für die Werte der Geschwindigkeit von 30 bis zu 99,8% der Lichtgeschwindigkeit ermittelt wurden, offenbaren sich deutlich die Abweichungen von der klassischen Mechanik, die nach der Relativitätstheorie für so rasche Bewegungen zu erwarten sind. Nach ihr hängt nämlich die Masse von der Gechwindigkeit ab, nach der Gleichung $m = \frac{m_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ wo m_o die Ruhemasse, d. h. die Masse bei geringer Geschwindigkeit bedeutet. Nach dieser Formel muss für $v = c/2$ die Masse bereits etwa 1,15 mal so groß sein wie m_o und für $v = 99{,}8\ \%$ von c aber 16 mal so groß. Diese Zahlen sind nachgeprüft und richtig befunden worden.

Wenn v in dieser Formel gleich c würde, so wäre m unendlich, und für $v > c$ gibt sie imaginäre Werte. Es kann also keine größere mechan. Geschwindigkeit geben als c, die Lichtgeschwindigkeit.

Die Ringe droben um die Sonne sind umso enger, je größer die sie bewirkenden Wassertröpfchen sind, und umgekehrt. Und aus dem Durchmesser der Ringe läßt sich die Größe der Wassertropfen berechnen. — Damit dergleichen Beugungserscheinungen auftreten, dürfen die Teilchen nur ein geringes Vielfaches der betr. Wellenlänge der Strahlung groß sein. Sind die Teilchen viel kleiner als die Lichtwellen, so muß man zur Erzeugung von Beugungsbildern Strahlungen von geringerer Wellenlänge, von grösserer Frequenz nehmen: z. B. Röntgenstrahlen. Und so haben denn Laue, Bragg und andere mit Hilfe der kurzwelligen Röntgenstrahlen die Größe und Anordnung der Atome und Molekule in den verschiedensten Stoffen bestimmen können. Alles mit Hilfe von Beugungsbildern wie das droben am Himmel. Und da bei gegebener Größe der Teilchen die Beugungserscheinungen umso deutlicher und schöner sich zeigen, je kürzer die angewandte Wellenlänge ist, hat die Einführung der de Broglie'schen Materiestrahlen diese modernen Meßmethoden atomarer Größen bedeutend verfeinert. Denn schon bei 50 000 Volt Spannung haben die Elektronenwellen eine zwanzig mal kleinere Wellenlänge als die Röntgenstrahlen.

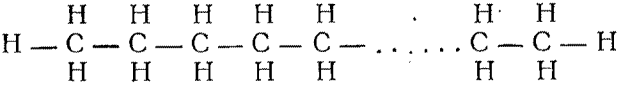
Tausende und abertausende solcher Bilder wie droben am Himmel haben uns so Anordnung, Form und Größe der Atome und Molekule in der toten Materie sowohl als auch in den Organismen enthüllt. Sie haben uns u. a. gezeigt, daß in den Organismen die Eiweiß- und andern Molekule, wie in Kristallen, nach bestimmten, aber verschiedenen Gesetzen sich anordnen, die dem Wachstum und dem Zweck der betr. Organismenteile entsprechen.

Das Eiweiß des Seidenfadens (Fibroin) ist ein z. B. langes kettenähnliches Molekul, mit einer Art Rückgrat, in dem je zwei Kohlenstoffatome und ein Stickstoffatom die Glieder bilden, und diese Struktur kommt im Allgemeinen den verschiedenen Eiweißarten zu. Von jedem Paar Kohlenstoffatomen hat eines sozusagen einen Supplementarhaken, an dem andere Atome oder Atomreihen befestigt werden können, wie Anhänger an einer Kette. Bei der Seide sind diese Anhänger sehr einfach, und bestehen abwechselnd aus einem Wasserstoffatom und einer Methylgruppe. Diese Ketten und Glieder sind genau gemessen worden. Es hat sich gezeigt, daß die Ketten das Bestreben haben, sich zu Bündeln zu gruppieren. In der Wolle, in den Haaren und Federn und im Horn sind diese Ketten sehr stark mit einander verbunden und abgesättigt, weshalb diese Gebilde alle andern überdauern. Beim Seidenfaden legen sich die Ketten spiralförmig aneinander, genau wie wir es beim Seildrehen tun. Und wieder einmal finden wir eine

unserer besten technischen Methoden in der Natur schon längst vorhanden.

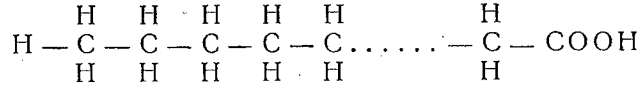
Als ein weiteres schönes Beispiel dafür, was die Beugungsbilder uns alles zeigen, sei ein Wort über die Schmiermittel gesagt.

Schon lange hatte die Erfahrung gelehrt, daß bei hohem Druck und schwerer Belastung die Mineralschmieröle sehr zu wünschen übrig ließen und teilweise oder ganz durch pflanzliche oder tierische Fette resp. Öle ersetzt werden mußten.
Mineralschmieröle sind Kohlenwasserstoffe vom Typus der Formel



Die Molekule liegen regellos durcheinander und sind gegen Wasser und Metall durchaus indifferent.

Die Molekule der Fettsäuren sind im Allgemeinen derselben Art und unterscheiden sich nur durch die Endgruppe COOH, die wasserlöslich ist und zu Metallen große Affinität besitzt.



Von diesen Molekulen ist also ein Ende wasserlöslich, das andere nicht, dieses ist in Öl löslich. W. D. Harkins hat m. W. zuerst diese Verhältnisse eingehender studiert. Wenn man auf Wasser Mineralöl gießt, so breitet es sich kaum aus, tierisches oder pflanzliches Fett oder Öl hingegen (oder auch Mineralöl, das von solchem enthält) breitet sich rasch in dünnem Film über eine große Oberfläche aus. Harkins goß auf Wasser Mineralöl, das Fettsäure (in Wasser unlöslich) enthielt, und fand daß diese sich an der Berührungsfläche von Öl und Wasser konzentrierte. Er nahm an, daß sich die wasserlösliche Gruppe COOH zum Wasser hingezogen fühlt, und daß sich die Fettsäuremolekule an der Grenzschicht alle mit der COOH-Gruppe nach dem Wasser hin aufstellen, und mit dem «Ölende» zum Öl hin. Similia similibus solvuntur. Langmuir hat dann in außerordentlich subtilen Untersuchungen, die ja seine Spezialität sind, dieses bestätigt. Er ließ genau gewogene Stearinsäuretröpfchen sich auf dem Wasser ausbreiten. Die ganze Fläche des Fettfilms wurde genau gemessen. Da das Volumen des Tröpfchens bekannt war (aus Gewicht und Dichte) und auch die Zahl der Moleküle, konnte der Querschnitt der einzelnen Moleküle berechnet werden. Und dann auch die Höhe der Fettschicht. Langmuir fand so für die Stearinsäuremoleküle den Querschnitt 5 × 5 A. und für die Höhe der Schicht 22 A.

(A = Angström = 0,0000001 mm). Das sind aber genau die Maße der Stearinsäuremoleküle, wie sie auf andere Weise bereits berechnet worden waren, und wie sie durch die Röntgenuntersuchungen bestätigt wurden.

Es ist also der Fettfilm auf dem Wasser nur eine Molekülläge dick und alle Moleküle stehen aufgerichtet. Zur Verbildlichung des Vorganges gibt Harkins ein schönes Erperiment an: Statt eines Tropfen Öles wirft er auf das Wasser eine Handvoll kleiner dünner Holzstäbchen, die die Fettsäuremoleküle darstellen sollen, und deren COOH-Gruppe durch rot gefärbte Bleiköpfe an einem Ende der Stäbchen dargestellt werden. Alle Moleküle (Holzstäbchen) richten sich sofort auf, mit dem schweren Bleikopf (COOH) nach unten und durch gegenseitige Anziehung schließen sie sich fest zusammen und bilden einen zusammenhängenden Film von der Dicke der Stäbchenlänge.

Die Beugungsbilder von Trillat haben gezeigt, daß Öle und Fette aller Art beim Schmelzen oder beim Zusammendrücken sich in ähnlicher Weise anordnen und so Blättchen bilden, die übereinander gleiten wie die Karten eines Kartenspieles. Enthält das Öl Fettsäuren mit der Endgruppe COOH, so beißen diese sich in den Maschinenlagern an den metallischen Reibflächen fest wie Blutegel an der Haut, und lassen nicht locker, und die andern Moleküle rutschen ihnen «den Buckel entlang».

Auch an der Oberfläche von Tropfen richten sich die Fettsäuremoleküle strahlenförmig auf, mit dem Ölende nach innen. Das erklärt die Stabilisierung von Ölemulsionen durch Fettsäuren oder Seifen. Jedes Öltröpfen in der Emulsion hat eine wasserlösliche Oberfläche. Auch die Waschwirkung der Seifen wird so erklärlich.

Das alles beweisen uns Gebilde von hellen und dunklen Ringen. Und daß wir aus diesen alles das ersehen und messen können, verdanken wir der Formel $\lambda = \frac{h}{m.\ v.}$

1930 ist es dann A. G. Dempster gelungen, auch an Kanalstrahlen (Protonenstrahlen oder Ionenstrahlen) Beugungserscheinungen zu erhalten. Und die Ausmessungen der Beugungsringe ergaben auch hier wieder die Beziehung $\lambda = \frac{h}{m.\ v.}$

Und schließlich haben Stern und andere dieselben Beugungsbilder an Molekularstrahlen (bewegten Molekülen) erhalten, und wieder ergab sich für deren Wellenlänge dieselbe Gleichung

$$\lambda = \frac{h}{m.\ v.}$$

Diese Gleichung erweist sich also als eine Fundamentalgleichung für alle bewegten Körper. Sie beweist, daß jede Bewegung von Wellen begleitet ist, von Wellen, die unter gewissen Umständen auf die Bewegungsrichtung der Körper einwirken, und so Abweichungen von den Newton'schen Bewegungsgesetzen bewirken. Für kleinste Materieteilchen, Photonen, Elektronen, Protonen, Atome und Moleküle sind beim Durchgang der Strahlen und Körper durch genügend enge Gitter diese Abweichungen in die Augen fallend und gut meßbar. Für größere Körper, Bleischrote z. B., werden die Wellenlängen wegen der großen Masse der Körper so klein, daß sie an Gittern, die die Körper noch durchlassen, keine meßbare Ablenkung (Beugung) mehr erfahren können. Für grössere Körper gelten also praktisch noch vollkommen die Bewegungsgesetze von Newton.

II. — Sub specie aeternitatis.

> «Wesen und Bedeutung der Dinge können wir nur erkennen, wenn wir sie betrachten sub specie aeternitatis — vom Gesichtspunkt der Ewigkeit —, d. h. jedes einzelne (Gedanken, Körper, Ereignis) in allen seinen Beziehungen zum, und als Glied des unendlichen Ganzen» — in Raum und Zeit.
>
> (Spinoza.)

Resumieren wir: Die Lichtstrahlen (die elektromagnetischen Strahlen, x-Strahlen, γ-Strahlen) bestehen aus Teilchen, Photonen genannt, die von Wellen gelenkt werden, deren Wellenlänge sich aus der Formel $\lambda = \frac{h}{m.\ v.}$ ergibt.

Die Kathodenstrahlen (Elektronenstrahlen) bestehen aus Teilchen (Elektronen), die von Schwingungen geleitet werden, deren Wellenlänge sich nach der Formel $\lambda = \frac{h}{m.\ v.}$ berechnet.

Die Kanalstrahlen bestehen aus Protonen oder Atomen oder Ionen, die von Wellen gelenkt werden. Ihre Wellenlänge gibt die Formel $\lambda = \frac{h}{m.\ v.}$

Molekularstrahlen sind Molekule, die von Wellen gelenkt werden von der Wellenlänge $\lambda = \frac{h}{m.\ v.}$

Und dasselbe Gesetz gilt für alle bewegten Körper. Jede Bewegung ist von einem Schwingungsvorgang begleitet, dessen Wellenlänge gleich ist dem Quotienten aus dem Wirkungsquantum h und dem Produkt aus Masse und Geschwindigkeit der Partikeln (Impuls).

Was sind Wellen oder Schwingungen? Eine Schwingung ist ein periodischer Wechel irgend einer physikalischen Größe. Die Welle ist immateriell, ohne Masse noch Inertie noch Energie; sie stellt nur eine Formänderung, eine Phasenwanderung dar. Alle Wirkungen der Strahlungen kommen ausschließlich den Korpuskeln zu, die Welle überträgt keine Energie. Und da alle Erfahrungen gezeigt haben, daß alle Wirkungen der Strahlungen in den Wellenknoten Null sind und in den Wellenbäuchen maximal, so ist anzunehmen, daß sich die Korpuskeln in Wellenfronten reihen, deren Entfernung von einander der Wellenlänge entspricht (oder der halben Wellenlänge). So sind die Strahlen schließlich als Probabilitätswellen zu bezeichnen in Bezug auf die Verteilung der Korpuskeln.

Man hat sich viel Kopfzerbrechen gemacht über die Doppelnatur des Lichtes als Korpuskel und Welle. Und nun lehrt uns die Wellenmechanik von de Broglie, daß diese selbe Doppelnatur nicht nur dem Photon zukommt, sondern allen bewegten Körpern eigen ist. Alle haben etwas körperliches (Masseteilchen) und etwas immaterielles, masse- und energieloses, gleichsam etwas geistiges an sich: eine Schwingung, eine Welle.

Es stellt sich nun die Frage: In was schwingen alle diese Wellen? Für die Lichtwellen hatte man, um dem Verb «schwingen» ein Subjekt zu geben, den alles erfüllenden Lichtaether ersonnen. Da diese Annahme zu immer größeren Schwierigkeiten führte, und sich die Existenz des Aethers durch nichts beweisen ließ, zudem für die Materiewellen ein zweiter Aether (Subaether) angenommen werden müßte, mußte er schließlich über Bord geworfen werden. Und doch schulden wir ihm großen Dank, denn er hat mächtig zur Vereinheitlichung der physikalischen Erscheinungen beigetragen. Als vor 100 Jahren Faraday bei seinen elektrischen Versuchen Fernwirkungen feststellte, wurden, da man damals annahm, daß die Energie nur durch ein Medium verbreitet werden könne, auch diese dem alles erfüllenden Aether übertragen. Und das führte schließlich zu der Annahme, daß wohl auch das Licht ein elektromagnetisches Phänomen sei, und daß auch die elektromagnetischen Kräfte sich mit Lichtgeschwindigkeit fortpflanzten, was denn auch bestätigt wurde. So kam der Aether rasch immer mehr zu Ehren, und wurde schließlich in der zweiten Hälfte des 19ten Jahrhunderts als einzig wirklich bestehende Realität an-

gesehen. So hat Lord Kelvin die Atome als Aetherringe bezeichnet. Der russische Dichter Desjavin hat vor 120 Jahren eine Ode «An Gott» gedichtet, in der es heißt:

Oh du Unendlicher im Raum
und Ewiger in der Zeit,
Der alles du erfüllst
Und alles lenkst und gestaltest.
Aus dem alles besteht
Und den Gott wir nennen .....

Diese Verse bezeichnen treffend die damalige Ansicht über den Aether, der ja auch damals der Gott der Physiker war.

Der Kampf um den Aether war schließlich ein Kampf um ein Phantasiegebilde, wie so mancher «wissenschaftlicher» Kampf mittelalterlicher Schulen. Man sagte sich, wenn der Aether den Weltenraum erfüllt, und die Erde sich durch den Aether bewegt, dann muß man den «Aetherwind» feststellen können, durch einen Unterschied in der Lichtgeschwindigkeit in zwei einander entgegengesetzten Richtungen. Als alle diese Versuche fehlschlugen, behaupteten die Anhänger der Aethertheorie, man könne den Aetherwind nicht feststellen, da der Aether sich an der Erdoberfläche verdichte usw. — Genau so wie es im Mittelalter ging im Kampf um des Teufels Schwanz. Die einen behaupteten, der Teufel habe einen Schwanz, was wieder von andern Autoritäten verneint wurde. Sagte die Antischwanzpartei: Wenn der Teufel einen Schwanz hat, so muß er ihn zeigen, so müssen wir ihn sehen. Sagten die andern: er hat einen Schwanz, aber er verbirgt ihn so gut, daß man ihn nicht sehen kann. — Und schließlich kam Einstein und sagte: Es gibt überhaupt keinen Teufel, resp. keinen Aether, und damit war die Sache erledigt.

Der Aether ist heute verschwunden, und an seine Stelle tritt die Raumstruktur. Den Aether betrachtete man als etwas von der Materie getrenntes, während die Raumstruktur als Medium gilt, das ein Teil der Materie ist, oder, vielleicht besser, von dem die Materie einen Teil bildet.

Der Aether übertrug Impulse und Energie, das tut die Raumstruktur nicht, sondern dies kommt ausschließlich den Korpuskeln zu, nach den Regeln der Quantenmechanik.

Wenn wir in Gedanken die entferntesten, viele Tausend Lichtjahre fernen Spiralnebel unter einander verbinden, so schließt dieses Gerüst einen gewaltigen Raum ein. Dieser Raum hat physikalische und sonstige Eigenschaften; ihn erfüllen Schwerkraftfelder, elektrische und magnetische Felder usw., ihn durchziehen,

ohne einander zu stören, Schwingungen aller Art und Frequenzen. Um nur von Lichtstrahlen zu reden: In einemfort vibriert das Licht von 1000 Millionen Sternen mit 15 000 Trillionen Schwingungen pro Sekunde durch jedes Kubikmillimeter des Raumes! Von diesem gewaltigen Raum macht die Materie nur einen außerordentlich geringen Anteil aus. Trotz aller Atome und Himmelskörper ist der Raum praktisch leer.

Und in diesem Raum gibt es nirgends Ruhe, überall Bewegung und Wellen. Materie besteht aus schwingenden Protonen und Elektronen, und diese sind nichts als Energiezentren von Wellenpacketen, die sich durch den ganzen Raum ausbreiten. Im Kern der Atome schwingen Protonen und Elektronen im leeren Raum; um die Atomkerne kreisen oder schwingen Elektronen im leeren Raum. In den Gasen, Flüssigkeiten und festen Körpern schwingen und bewegen sich Atome und Molekule im leeren Raum. Und von all diesen sich bewegenden Korpuskeln u. Körpern wird der Raum mit Materiewellen erfüllt. Und im leeren Raum betätigen sich alle Energien, Schwerkraft und Kohesion, magnetische Felder, elektrische Felder, usw., usw. — Und die Materie ist nur eine seltene Modifikation des leeren Raumes, des Raum-Zeit-Begriffes. Selbst vom ruhenden Atom gehen Elektronenschwingungen aus, die sich assymptotisch durch den ganzen Raum ausbreiten, und auch das Energieatom, das Quant, ist unbegrenzt, — alles erfüllte den Raum. Hat ähnliches doch schon vor 100 Jahren der große Faraday geahnt: «Die sich aus dem Experiment ergebende Ansicht über die Konstitution der Materie,», so schreibt er, «scheint zu dem Schluß führen zu müssen, daß die Materie den ganzen Raum erfüllt, oder wenigstens soweit die Schwerkraft reicht. — Darnach greift alle Materie in einander ein, und jedes Atom breitet sich sozusagen über das ganze Sonnensystem hinaus, wobei es aber sein Energiezentrum behält.» — Ja, die Engländer haben Recht gehabt, als sie von Faraday sagten: «Er wittert die Wahrheit.»

Die wichtigsten, und uns sicher zum größten Teil noch unbekannten Vorgänge spielen sich im interkorpuskularen Raume ab. Das Studium der Eigenschaften des Raumes bildet das Thema der zukünftigen Physik. Wie sich der Forschergeist bisher nur mit der Materie abgab, muß er sich in Zukunft mehr auf das Milieu der Materie, den Raum konzentrieren. Denn die wahre Natur der physikalischen Erscheinungen ist im Raum und seinen Eigenschaften zu suchen. Er hat Struktur, die sich in der Nachbarschaft von Masse, Materie, ändert, und die Eigenschaften und das Verhalten der Materie und wohl auch der Organismen hängen mit der Raumstruktur zusammen. Der Raum hat weder Energie noch Masse, kann also selbst nicht beobachtet werden. Aber seine

Struktur hilft uns Beobachtungen zu machen, indem wir «Weltlinien hineinlegen», indem wir Lichtsignale oder Korpuskeln hineinsenden, die dann durch die Raumstruktur entsprechend ihren Potentialen gelenkt werden. In der Nachbarschaft der Materieteilchen ändert sich die Feinstruktur des Raumes schnell mit der Annäherung an den Kern der Teilchen und bewirkt Potentialwälle, die immer schwerer zu durchdringen und zu überwinden sind. Und nach außen hin verlaufen diese Potentialwälle assymptotisch, ohne aufzuhören. Und so kommt es, daß, wo die Teilchen eng miteinander verbunden sind — in den Körpern, Kristallen und Organismen — die Raumkräfte in konzentrierter Wirkung auftreten. Denn alle Energie ist dem Raume eigen.

So wie sich in der Nähe der Atome die elektrischen Ladungen verdichten, so konzentriert sich um die Masseteilchen und Himmelskörper die Schwerkraft. Diese konzentrierte Schwerkraft fühle ich, wenn ich einen Stein aufhebe oder den Berg hinaufsteige. Und wenn ich in der Straßenbahn beim raschen Anhalten einen Ruck verspüre, so kommt das von den tausend unsichtbaren Fäden, die mich mit dem Schwerkraftfeld der fernen Spiralnebel verbinden. Und diese sind es auch, die das Foucault'sche Pendel ablenken. So zieht sich durch den ganzen Raum ein Schwerkraftfeld, dessen Wirkung alles materielle unterworfen ist.

Wie wir aus den Röntgenphotogrammen von Laue und Bragg gelernt haben, sind in den Kristallen durch die Raumkräfte Atome und Molekule in wunderbarer Symetrie und Harmonie angeordnet, wie man sie nur noch in der Musik empfindet. Diese geordnete Feinstruktur kann nur zustande kommen, wenn die einzelnen Atome und Molekule aus flüssigen Medien leicht beweglich den auf sie wirkenden Raumkräften folgen können.

Und noch viel leichter und beweglicher sind Photonen, Elektronen und freie Atome und Molekule im Raum. Infolgedessen werden z. B. die Photonen beim Abfliegen in den Raum sofort von den Raumkräften genau wie im Kristall in Reih und Glied gestellt. Ein von einer Lichtquelle abfliegender Schwarm von Photonen reiht sich sofort in Fronten von gleichem Abstand, entsprechend der Wellenlänge der betreffenden Photonen. Und seitlich stoßen sich die Photonen ab (sonst, wenn sie zusammenstoßen könnten, würden wir keinen Stern deutlich sehen können!) und reihen sich ebenfalls in gleichen seitlichen Abständen. Und so bilden sich Kristallschalen auf Kristallschalen und das ausgesandte Licht ist nichts anders als ein rasch wachsender, gewaltiger Photonenkristall. Die im freien Raum im Vergleich zu flüssigen Medien ungleich schwächeren Raumkräfte genügen immerhin, um die so außerordentlich leichten und leicht beweglichen Photonen in

Kristallstruktur zu zwingen. Und dasselbe ist der Fall bei den Elektronenstrahlen, den Atom- und Molekulstrahlen. Sie alle kristallisieren im Raume.

Je dichter, in je geringeren Abständen sich die Kristallschalen im Raumkristall folgen, d. h. je kleiner die Wellenlänge, desto höher die Frequenz, desto größer wird die Masse der Raumkristallelemente nach der Gleichung $m = \frac{2{,}18.10^{-37}}{\lambda}$, Masse ist schließlich verdichtete Energie.

Von der Feststellung ausgehend, daß kein Atom und kein Quant, daß nichts in der Welt scharfe Grenzen hat, kam ich voriges Jahr *) zum Schluß: Es ist das Überquellen aller Organisationen des Weltalls — seien es Raumzeitkonstruktionen = Materie, oder Raumzeitmodifikationen (Energie) oder lebende Organismen, — das das ganze Universum zu einem großen Organismus verbindet, vom kleinsten bis zum größten, organisiert von einem großen Geist oder Prinzip, oder wie man es nennen will. — Heute sagen wir: Alle Organisationen des Universums erfüllen den ganzen Raum, sind im Raum verankert. Und wie im Kristall und in den Wellen die Anordnung der Korpuskeln ein Ergebnis ist der Zusammenwirkung aller sich an den Teilchen betätigenden Raumkräfte, so ist die Struktur des Raumes wohl gebildet durch das Ineinandergreifen aller Kräfte und Masseteilchen, die in ihm enthalten sind.

Alle Photonen, Elektronen, Protonen, Atome, Molekule, alle Körper und Organismen, alles klebt am Raum, wie die Wassermücke (Wasserläufer, Hydrometra stagnorum) am Wasser. Sowie dieses Insekt kein Glied rühren kann, ohne daß von ihm aus zierliche Wellen über den ganzen Tümpel dahineilen, so bewegt sich kein Körper und kein Wesen im Universum, kein Atom und kein Elektron in den Ganglienzellen unsers Gehirns, ohne daß der Weltenraum erzittert. — Ähnliches hat der Schöpfer der Elektronentheorie, der Physiker *A. H. Lorentz* schon vor einem Vierteljahrhundert geahnt. Aus den Fernwirkungen der Elektrizität schloß er, daß die Bewegungen der Elektronen und der Körper überhaupt von Änderungen und Bewegungen des Aethers begleitet sein müßten, und daß u. a. z. B. auch die Bewegung der Gehirnmolekule sich im Aether ausbreiteten und ihrerseits wieder Bewegungen von Elektronen (Ströme) verursachen könnten. Und dass auf diese Weise Telepathie und Gedankenübertragung, wenn sie einmal wissenschaftlich bewiesen seien, sich ohne weitere Schwierigkeiten in unser Weltbild einfügen würden.

*) Katalyse, Oligodynamie und Atomastrologie. B. N. L. 1932.

Kein Ereignis, kein Geschehen ohne Bewegung, und keine Bewegung ohne Strahlung durch den Weltenraum. Und von der gewaltigen Wellenklaviatur verschiedener Manuale des Universums sind unsern Sinnen nur winzige Ausschnitte weniger Manuale vernehmbar, weshalb uns fast alles Geschehen verborgen bleibt. Es fehlt uns an Rezeptoren für die meisten Wellen. In den Religionen aller Völker gibt es Götter oder gibt es einen Gott, der alles weiß. — Allwissend ist der, der Empfänger hat für alle Wellen! — Gibt es Medien, deren Nerven auf Frequenzen reagieren, gegen die unsere Nerven sonst unempfindlich sind? Dann hätten Fälle von Unglückahnungen (nicht Vorahnungen!), Telepathie usw. eine wissenschaftliche Basis.

Es hat aber wohl auch sein Gutes, daß wir nicht alles sehen, hören und empfinden müssen. Eine Warnung in dieser Hinsicht haben wir ja erlebt. Der Radioempfänger, der größte Zauberkasten aller Zeiten, erlaubt uns wenigstens, aus dem Wellenrauschen der Radiosendungen alles auszuschalten was wir nicht hören wollen — bis auf die Natursendungen, die atmosphärischen Störungen, deren Gerassel, Gequieke und Geknatter uns das schönste Konzert verderben kann. Ja, es gibt so manches, das besser ungehört und ungesehen bleibt.

* * *

Jetzt stehen wir an der unsicheren schwankenden Brücke der Phantasie, die das, was wir erkennen, trennt von dem was wir erkennen möchten. Hier heißt es halt machen und gestehen: ich weiß nicht weiter! —

Aber hinüberblicken in das jenseitige nebelverhüllte Gebiet mag man doch und versuchen aus den phantastischen Nebel- und Wolkengebilden eine Gestaltung ferner Möglichkeiten herauszulesen.

Entsprechend einer bestimmten Feinstruktur des Raumes reihen sich aus Lösungen oder Schmelzen die Atome und Molekule in Kristallen in wunderbarer Symetrie und Ordnung. Und die Erforschung der Feinstruktur der Organismen durch Röntgen- und Kathodenstrahlen hat uns Wunder gezeigt von zweckmäßig geordneter und kristallähnlicher Anordnung der Eiweiß- und andern Molekule der Organismen. Sollen nicht auch hier, beim Aufbau der Organismen, die einzelnen Atome und Molekule durch eine besondere Feinstruktur des Raumes in ihrem Zusammentreten geleitet werden? Dazu wären erforderlich: richtige Masse, Struktur, Polarität und Form der Molekule und Zustandekommen der Struktur aus sich in flüssigen Medien leicht bewegenden Teilchen,

sodaß ein Minimum an auf sie wirkenden Raumkräften genügt, sie zu lenken, genau wie bei der Kristallbildung. Es ist ja auch bekannt, daß der Aufbau der Organismen und alles Leben an Wasser gebunden ist.

Aber nicht nur Atome und Molekule assimiliert der lebende Organismus, er assimiliert und baut in sein Wesen ein auch die erlebte Zeit, die erlebten Geschehnisse und die gemachten Erfahrungen. Jedes Erlebnis hinterläßt im lebenden Organismus eine bleibende Veränderung, einen bleibenden Zuwachs, der später jederzeit das erlebte nochmals erleben läßt. Für den Organismus geht die Gegenwart nicht in das Nichts über, sondern mit dem Übergang in die Vergangenheit scheint sie im Organismus räumlichen Charakter anzunehmen. Erlebtes und Erlerntes geht, wie der Volksmund sagt, «in Fleisch und Blut über». — Wie Hering, Semon, Bleuler und andere annehmen, besitzt jeder lebende Organismus Gedächtnis, d. h. Fähigkeit, aus Erfahrung und Übung zu lernen und sich der Erfahrung gemäß einzustellen. So wird auch die Zeit assimiliert, und der Faktor Zeit spielt, wie überall, auch bei den Organismen eine größere Rolle als man gewöhnlich annahm. Wohl um das Gruseln vor der Relativitätstheorie noch zu verstärken, hat man vielfach den Faktor Zeit als vierte Dimension bezeichnet. Das ist die Zeit in der Einstein'schen Physik gar nicht, sie stellt nur einen Faktor dar, der immer und überall eine Rolle mitspielt und entsprechend mitberücksichtigt werden muß.

Wenn wir in den Strahlungsgleichungen $E = \nu h$ und $\nu h = mc^2$ ν ins erste Glied nehmen, so haben wir zwei Gleichungen, in denen Energie und Masse als Funktion der Frequenz erscheinen. Und wenn wir für ν seinen reciproken Wert $1/\nu$ setzen, so erhalten wir Energie und Masse ausgedrückt als Funktion der Zeit!

Je höher die Frequenzen, desto höher die Energie. Mit dem Altern der Gestirne fallen beständig die Frequenzen der ausgesandten Strahlungen. Und ähnlich verlaufen auch bei den Organismen im Allgemeinen die Lebensprozesse immer träger und die Frequenzen nehmen ab. Ja, mit dem Alter geht's eben immer langsamer!

So wird der Raum immer mehr zum ein und alles aller Vorgänge. «Der Raum,» so sagte Einstein auf der Weltkraftkonferenz 1930, «ans Licht gebracht durch das körperliche Objekt, zur wissenschaftlichen Realität erhoben durch Newton, hat in den letzten Jahrzehnten die Zeit und den Aether verschlungen, und ist im Begriff auch das Feld und die Korpuskeln zu verschlingen, sodaß er als alleiniger Repräsentant der Realität übrig bleibt.»

Der Raum, masselos, inertielos, energielos, erfüllt alles und ist ein Anteil von allem. Haben wir hier die das ganze Universum

durchflutende, alles belebende Weltseele, von der Denker aller Zeiten redeten: Plato, Bruno, Paracelsus, Leibnitz, Schelling usw. Und Fechner: «Das was unsern Geist ins Jenseits trägt, ist kein Leib wie der jetzige, sondern der Wellenkreis der Wirkungen, den jeder Mensch im Diesseits in der umgebenden Welt geschlagen hat. — Die Seite verklingt und der Ton entschwebt in die Luft. — So verhält sich Diesseits und Jenseits.» —

* * *

Das Auftreten der sogenannten Aktionsströme an Muskeln, Nerven und andern Organen beweist, daß bei Erregungszuständen dieser Organe elektrische Potentialgefälle sich ausbilden, deren Ausgleich eben die Aktionsströme darstellen. Potentialgefälle entstehen durch lokale Anhäufungen von oder Verarmungen an Elektronen. Beim Ausgleich der Potentiale fließen dann die Elektronen von der Anreicherungsstelle zur Verarmungsstelle zurück und das ist der elektrische Strom. Und dabei werden Wellen in den Raum ausgesandt, sowohl Materiewellen als auch elektromagnetische Wellen.

Wir haben in früheren Vorträgen dargetan, daß man Oxydation und Reduktion, wohl die wichtigsten, energieregulierenden Reaktionen der Organismen, darstellen kann wie folgt:

Oxydation = Abgabe von Elektronen,
Reduktion = Aufnahme von Elektronen.

Die Oxydations- und Reduktionsreaktionen des Organismus sind meist umkehrbare Reaktionen. Die Reduktion eines Körpers A können wir also darstellen durch die Gleichung

$$A + \Theta \rightleftarrows [A\,\Theta]$$

wobei Θ ein Elektron darstellt u. $[A\,\Theta]$ das Reduktionsprodukt. Von rechts nach links gelesen, stellt diese Reaktion die Gleichung der Oxydation dar. Hierbei gibt der Körper $[A\,\Theta]$ ein Elektron ab und zerfällt wieder in A und Θ .

Diese Oxydations- und Reduktionsreaktionen sind im allgemeinen umkehrbar und so gilt für sie das Massenwirkungsgesetz, nach dem der Quotient aus den Produkten der Konzentrationen rechts von den Pfeilen durch das Produkt der Konzentrationen links von den Pfeilen eine Konstante darstellt. Und so haben wir für unsere Reduktions- und Oxydationsgleichung $\frac{c\,[A\,\Theta]}{cA.\,c\,\Theta} = k$, worin c «Konzentration» bedeutet.

Findet nun in unserm Reaktionsmilieu z. B. eine Anreicherung an Elektronen statt, d. h. eine negative Aufladung, so steigt die Konzentration der Elektronen c Θ. Der Nenner unserer Gleichgewichtsgleichung wird also dadurch größer; da aber k konstant bleiben muß, muß cA kleiner und C [A Θ] größer werden, d. h. die Reaktion verläuft weiter von links nach rechts, im Sinne der Reduktion. Und ebenso bewirkt Verarmung an Elektronen, also positive Aufladung, Umkehr der Reaktion, also Oxydation. Und Oxydation heißt Energieerzeugung.

Wir lebende Wesen können, wenn wir wollen, die Kristallelemente des Muskels einander nähern (Muskelkontraktion) und Arbeit leisten. Dazu gehört Energie, die nicht vom Willen geliefert wird, noch vom Nervimpuls. Sie muß durch Oxydation, Verbrennung erzeugt werden. Und daß wirklich im Muskel Energie erzeugt wird, beweist schon deren sich jedem Arbeitenden bemerklich machende Überschuß in Form von Wärmeerzeugung. — Die Oxydation ihrerseits wird aber bewirkt durch positive Aufladung, d. h. durch Abströmen von Elektronen. . . .

Ich habe diese kurze Betrachtung eingeschaltet, um zu zeigen, wie nicht allein alles körperliche miteinander verbunden ist, sondern auch elektrische, chemische, energetische, biologische usw. Vorgänge im Organismus verkettet sind.

* * *

Unser Geist ist an Energiezufuhr gebunden und hat wohl selbst auch Energiecharakter. Es ist zum mindesten wahrscheinlich, daß der Denkprozeß mit Elektronenverschiebungen in den Gehirnzellen verknüpft ist. Elektronenwanderung bedeutet Ausgleich von Potentialgefällen, eventuell Kondensatorentladung. Und bei Kondensatorentladungen werden elektromagnetische Wellen ausgesandt. —

Wenn zwei verschiedene Wellen ähnlicher Frequenz sich überlagern, so entsteht durch Interferenz eine neue Welle, so wie aus zwei Gedanken über dasselbe Objekt sich logisch ein neuer ergibt. Und da Strahlungsenergie stets gequantelt ist, so würde auch unser Geist sich in Quanten betätigen, in Quanten höherer oder niedrerer Art. Geniale Menschen hätten höhere (ultra) Geistesquanten, Idioten sehr niedere (infra). Wenn zwei Menschen richtig sympathisieren, sich richtig verstehen sollen, so müssen beide für Sendung und Empfang auf dieselben Quanten oder Frequenzen abstimmbar sein. Denn das Plancksche Strahlungsgesetz lehrt uns, daß jeder Strahlung emittierende Vorgang durch eine andere Strahlung derselben Frequenz (also desselben Quants) angeregt

wird. Wie beim Radio müssen jeweils Sender und Empfänger auf dasselbe Quant = dieselbe Wellenlänge abgestimmt und abstimmbar sein, sonst verstehen sie sich nicht. — Geistesbildung, Geistesübung führt zu höheren Quanten.

Auch bei Rassetieren sind höhere Quanten erkennbar.

«Tragen nicht,» so schreibt der russische Philosoph Ruskin, «alle großen Werke das Zeichen seeliger Mühelosigkeit an der Stirne? Sagen sie uns nicht deutlich: — nicht: hier hat es große Anstrengung gekostet,» sondern — «hier hat eine große Kraft gewirkt!» — Sagen wir: hier haben höhere Quanten gewirkt.

Der Faktor v in unserer Formel $\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$ sagt uns, daß Emsigkeit und Fleiß zu höheren Frequenzen führt (gleich kleinern Wellenlängen) und Trägheit und faule Langsamkeit zu niedern Frequenzen. Und die Wellenformel $E = vh$ lehrt, daß höhere Frequenz höhere Quanten bedeutet, und umgekehrt. Durch Fleiß und Übung kann man den Quantenwert erhöhen, und wenn auch der eine Goldtalente, der andere nur Silbertalente erhalten hat, so soll doch niemand sein Talent vergraben, sondern nach bestem Können damit arbeiten und wuchern. — Und die Herren vom Lehrfach möchte ich fragen, ob es nicht besser sei, den jungen Leuten die beiden Formeln $\lambda = \frac{h}{m \cdot v}$ und $E = vh$ mit auf den Lebensweg zu geben statt z. B. der griechischen Verben auf μι?

* * *

Doch ich mußte dieses Thema verlassen, denn immer öfter flog mir seit kurzem eine Hummel mit zweifelndem Gebrumm um den Kopf. Sei nur ruhig, liebes Tierchen, so seien's denn nur Vergleiche oder geschnitzte Bilder von Erscheinungen, deren Aufklärung noch in unabsehbarer Ferne liegt.

Der Geist ist gespannt bis aufs äußerste, aber es liegt durchaus kein Grund zur Verzweiflung vor. Drüben überm hohen Abhange schleicht langsam wie eine große Raupe ein schwerer Güterzug durch die Landschaft. Schwer stöhnt in einem fort die vordere Lokomotive: Ech — **pa** — cken't — net — ech **pa** — cken't net — ech — **pa** — cken't — net ..... und immer wieder pustet die Schlußlokomotive ihr zu: je — **gev** — dech — net — je — **gev** — dech — net ..... Und nach und nach verschwindet und verklingt das Ganze in der Ferne und schließlich hört man nur noch ein leises je — gev — dech — net je — gev .....

Und so wird mit verbissenem — je — gev — dech — net — weiter geforscht und wenn auch jedes Problem eine ganze Anzahl neuer Probleme schafft, so sehen wir doch auch am Beispiel unserer Formel $\lambda = \frac{h}{m.\ v}$ wie dann schließlich immer wieder eine ganze Reihe von Erscheinungen sich auf ein Prinzip zurückführen läßt. Die interessantesten, aber auch schwierigsten Probleme betreffen Vorgänge, die Zeiträume beanspruchen, gegen die unser kurzes Leben nur eine Lichtschwingung darstellt. Für eine Eintagsfliege wäre es auch schwierig, die Bahn des Neptuns zu berechnen. Seit Billionen Jahren schwingt, bewegt und dreht sich alles in der Welt, einige wenige Schwingungen erleben wir mit, jeder auf seine Art,, und verschwinden wieder. Auf dem Wege hieher kam ich durch ein Dorf, wo man Kirchweih feierte. Vor dem Karussel machte ich Halt und betrachtete das kleine Volk, wie es einige allzukurzen Touren mitfuhr, und dann schweren Herzens absteigen mußte. Kleines Volk aller Art: die einen saßen starr und steif, blickten gerade aus oder schlossen gar die Augen: Ihnen heißt Leben: Amlebensein. — Andere sogen mit gierigen Augen all die Pracht in sich auf — sie wollen das Leben genießen. Wieder andere studieren an dem Holzpferd herum oder sind in das Studium des knatternden Motors vertieft: ihr Ziel ist Studium und Forschung. Einige reißen nach Kräften ihren Gaul hin und her, wechseln auch unterwegs die Montur: Sie wollen was haben für ihr Geld, ihr Motto ist: Ausbeute, Nutzeffekt. Ein anderer ist von der Musik ganz eingenommen, ein anderer schaut beständig ängstlich nach der Mutter, einem andern wird übel, usw., usw. — Genau so fahren wir Menschen auf einem Stück Felsen, Erde genannt, um die Sonne Karussel; der eine 30 Touren, der andere 50, manche weniger und einige mehr, bis der Herr des Karussels uns absteigen heißt. Frequenz: 1 Tour pro Jahr, pro 31 536 000 Sekunden, also 3.10^{-7}. Und alle Typen und Charaktere des Kinderkarussels finden sich auch hier wieder. Und in periodischen Zwischenräumen erleben wir Tag und Nacht, Frühling und Herbst, Sommer und Winter, hell und dunkel, kalt und warm, auf und ab — periodische Änderungen der verschiedensten Zustände und Größen: Schwingungen!

Und so fahren wir denn noch einige Touren mit und überlassen dann andern unsern Platz. Und weiter geht das Spiel bis dereinst die Trompete Gabriels in allen Lautsprechern des Universums erklingt und allen Atom- und Sternkarusseln, allen Wellen und Schwingungen stillstehen gebietet.

Einen Trost haben wir: Rational und zweckmäßig ist die Natur stets gewesen, und wird sie stets sein. «Die Ordnung ist in der

Natur,» hat Linné gesagt. Und so streben wir denn unentwegt danach, unsern Geist auf die Schwingungen des Naturgeistes abzustimmen, und das wissen wir, daß das Weltall in Harmonie mit dem Menschengeist sein wird, sobald wir genügend gelernt haben und erleuchtet genug sind, um die ganze Größe der Wahrheit zu erfassen.

—— Das Zeichen am Himmel ist längst verschwunden, und das Keuchen des Zuges ist längst in der Ferne verweht. Er hat's doch gepackt! — Der Wind hat sich gelegt und das Rauschen des Waldes ist verklungen und auch die Hummel hat sich beruhigt. Versunken blicke ich in die Ferne, die Nebelgestalten sind verweht und ein eintöniger grauer Dunst verhüllt den Horizont. Ich aber weiß, es wird noch hellere Tage geben, an denen ich weiter sehe, und auch das Purpurrot der sinkenden Sonne, das vollkommene Abbeugen aller blauen Photonen, verkündet einen neuen, schöneren Tag! ———

Ein merkwürdiger Fall, in dem die Schussrichtung aus den Spuren berechnet werden konnte.

(Totschlagsversuch oder Schreckschuss?)

Dipl. Ing. chem. **P. MEDINGER.**

Ein Arbeiter B. war des Totschlagsversuchs angeklagt, indem er auf seine Frau zwei Revolverschüsse abgegeben haben sollte. Nach dem ersten Schuss lief die Frau schreiend hinaus, kehrte dann aber sofort mit einem Beil bewaffnet zurück, worauf B. einen zweiten Schuss auf sie abgegeben haben soll, der, nach den Aussagen der Frau, sie getroffen habe. Eine Verletzung war jedoch an ihr nicht feststellbar.

B. gibt an, er habe nicht auf die Frau geschossen, sondern lediglich seine sehr agressive Frau einschüchtern wollen, und den ersten Schuss habe er vor sich hin in den Fussboden geschossen, den zweiten seitlich, er wisse nicht mehr in welcher Richtung, jedenfalls nicht in der Richtung seiner Frau. Im Fussboden fand sich wirklich an der bezeichneten Stelle ein Bleigeschoss, das zu dem 7-mm-Revolver passte. Von dem zweiten Schuss wurde weder das Geschoss gefun-