

Die Ewigkeit des Weltgebäudes im Lichte der neueren naturwissenschaftlichen Forschung.

Von Prof. Albert Gockel in Freiburg i. B.

(Vortrag, gehalten auf der Tagung der Görres-Gesellschaft zu Trier.)

Den Anlass, vor Ihnen über das Thema der Endlichkeit unseres Weltgebäudes zu sprechen, gab mir ein Vortrag, den vor vier Jahren Herr Nernst in der Preussischen Akademie der Wissenschaften gehalten hat, der den Titel trägt: Das Weltgebäude im Lichte der neueren Forschungen.

Herr Nernst verwirft, und zwar aus rein gefühlsmässigen Erwägungen die Ansicht, dass unser Weltgebäude zeitlich begrenzt sei und stellt eine Hypothese auf, die ihm gestattet, der Folgerung aus den bekannten physikalischen Gesetzen, dass das ganze Universum einst dem Wärmetod und dem Stillstand anheimfalle, zu entgehen und das Geschehen im Weltall, wie er sagt, als gesichert anzusehen von Ewigkeit zu Ewigkeit.

Als einzige experimentelle Stütze seiner, wie er wiederholt betont, rein hypothetischen Ansicht, zieht Nernst Beobachtungen heran, die auf seine Veranlassung sein Assistent Kolhörster über die sogenannte durchdringende Höhenstrahlung auf dem Jungfrauojoch gemacht hat.

Wie es zu gehen pflegt, sind die Beobachtungen Kolhörsters auch in die Tageszeitungen übergegangen, und was Nernst und Kolhörster selbst als eine mögliche und nicht unwahrscheinliche Folgerung aus den Beobachtungen bezeichneten, wurde dort als feststehende Tatsache hingestellt.

Da ich auf dem Gebiet der sogenannten durchdringenden Höhenstrahlung selbst einige Untersuchungen angestellt habe, halte ich mich für berechtigt, in diesem Vortrage gerade diese einzige experimentelle Stütze der Nernstschen Theorie einer Kritik zu unterziehen.

Sie wissen alle, dass Wärme von selbst nur von einem warmen auf einen weniger warmen Körper übergeht, und Sie kennen den Entropiesatz, der besagt, dass bei jedem Uebergang die Ausnutzbarkeit der Wärme sinkt, d. h. die Unausnutzbarkeit, die Entropie, steigt. Zwar bleibt die Summe der auf der Welt vorhandenen Energie immer gleich, aber die verschiedenen Energieformen, mechanische Bewegung, Wärme, Licht, elektrische

sichten mit Akten einer einfachen Intuition voll Evidenz verwechselte. — Auf eine weitere Anfrage antwortete der Vortragende, dass es ihm fern liege, evidente Einsichten zu leugnen, dass aber diese am allerwenigsten praeter necessitatem multiplicandas esse. — Die weiteren anregenden Ausführungen der Diskussionsredner drehten sich um das Problem der intellectus agens. Sie bewegten sich in Andeutungen, die dem Fachmann verständlich, doch mehr Raum zu allverständlicher Darlegung beanspruchen würden, als dem Referat einer Diskussion nach gutem Brauche eingeräumt werden.

Energie verwandeln sich fortwährend ineinander. Bei jedem dieser Prozesse, z. B. der Verwandlung mechanischer Energie in elektrische in der Dynamomaschine wird aber Wärme erzeugt, die wir nicht mehr in eine andere Energieform überführen können. Schliesslich gibt es keine mechanische Bewegung, keine Elektrizität mehr, sondern nur noch Wärme, aber ohne Temperaturunterschiede. Damit ist das Ende der Welt, der Wärmetod eingetreten.

Um der, wie Nernst sagt, fatalen Konsequenz, dass alles Geschehen ein Ende nähme, zu entgehen, sind verschiedene Versuche gemacht worden. Ich erinnere Sie hier an die Diskussionen, die z. B. Isenkrantz seiner Zeit in der Zeitschrift „Natur und Offenbarung“ entfacht hat. Ich habe sie in meinen Schöpfungsgeschichtlichen Theorien kurz besprochen. Ich kann hier auch vorläufig den Versuch bei Seite lassen, die Naturgesetze als reine Wahrscheinlichkeitsgesetze hinzustellen, die wie die Gesetze der Statistik auch Ausnahmen zulassen. Ich kann dieses umso mehr, als Nernst selbst diesen Versuchen für das Endresultat keine Bedeutung beimisst. Er drückt sich selbst folgendermaßen aus: „Es führt bekanntlich der zweite Wärmesatz in seiner Anwendung auf das Weltall zu einer sehr fatalen Konsequenz, und alle Versuche, das Universum vor dieser Folgerung zu retten, müssen bisher als gescheitert angesehen werden. Wenn nämlich die Rückverwandlung der Wärme in Arbeit oder, was dasselbe bedeutet, in die lebendige Kraft bewegter Massen gar nicht oder nur teilweise möglich ist, und wenn umgekehrt alle Vorgänge in der Natur sich so abspielen, dass ein mehr oder weniger grosser Betrag von Arbeit sich in Wärme, also wie man es auch bezeichnen kann, in degradierte Energie umsetzt, so geht alles Geschehen im Weltall in der Richtung vor sich, dass eine derartige Degradation immer mehr um sich greift, und daraus folgt, dass alle Spannkraften, die noch Arbeit leisten könnten, verschwinden und somit alle sichtbaren Bewegungen im Weltall schliesslich aufhören müssten.“

Die Richtigkeit dieser Schlussweise ist unbestreitbar, und es muss von vornherein als ganz ausgeschlossen erklärt werden, dass etwa durch Kombination von Diffusion, Wärmeleitung, Attraktion von Massen, wobei sich stets etwas sichtbare lebendige Kraft in Wärme umsetzen muss, von elektrischen Prozessen, überhaupt von Vorgängen, die dem zweiten Wärmesatz im einzelnen sämtlich unterworfen sind, ein Resultat bei richtiger Rechnung sich ergeben kann, das mit obiger Gesamtforderung des zweiten Wärmesatzes in Widerspruch sich befände“.

Soweit der Physiker. Aber das Gefühl bäumt sich gegen die von ihm selbst unabweisbar erkannte Folgerung auf, und so hören wir in den ersten Worten des Nernstschen Vortrages: Ein Zweifel daran, dass obige Konsequenz des zweiten Hauptsatzes von höchster Unwahrscheinlichkeit ist, kann wohl kaum ernstlich gehegt werden; vielmehr wird jede naturwissenschaftliche Theorie des Kosmos davon ausgehen müssen, dass ganz

im Gegenteil zu der erwähnten Konsequenz der Thermodynamik das Weltall sich in einem stationären Zustande befindet, dass also im Mittel ebensoviele Sterne im Kosmos durch Erlöschen ausscheiden, wie neue erglühen.“ Dieselbe Ansicht verfielt auch schon Arrhenius in seinem vielverbreiteten Buch: Das Werden der Welten.

Aber der Weg, auf dem Arrhenius die Unendlichkeit des Weltalls sichern will, kann nicht zum Ziele führen. Er lässt die von den Weltkörpern ausgestrahlte Energie in den kosmischen Nebeln von grosser Ausdehnung wieder aufgefangen werden; dadurch verdichten sich diese Nebel wieder zu Sonnensystemen. Aber nur ein Bruchteil der absorbierten Energie kann nach dem Entropiesatz in Bewegungsenergie umgesetzt werden, der Rest muss als nicht verwertbare Wärmeenergie erhalten bleiben. Dieser Rest ist um so kleiner; je niedriger die Temperatur des Nebels ist, und indem Arrhenius diese ausserordentlich gering annimmt, wahrt er sich die Möglichkeit, den Kreislauf der Umsetzung von Nebeln in Sonnen und von zusammenstossenden Sonnen in Nebel beliebig oft vor sich gehen zu lassen. Einmal, wenn auch erst nach unendlich langer Zeit, müsste aber der Weltentod doch eintreten.

Aber wenn dieser Versuch, die Ewigkeit des Weltalls zu retten, ebenso wie alle anderen als gescheitert anzusehen ist, woher soll die Rettung von dem für Nernst und andere fürchterlichen Gedanken kommen, dass unser Weltgebäude dereinst in einen Kirchhof und einen Klumpen bewegungsloser Materie verwandelt würde?

Die Erscheinungen der Radioaktivität hat man vielfach herangezogen, um wenigstens eine sehr lange Dauer des Weltalls zu erklären. So strahlt unsere Sonne, wie die Messungen der unserer Erde zugestrahlten Wärme ergeben, eine Wärmemenge aus, die jedem Quadratcentimeter in der Entfernung unserer Erde von der Sonne in der Minute ungefähr 2 Grammkalorien zuführt. Das ergibt eine ungeheuere Zahl für die ganze mit dem Erdbahnradius um die Erde gezogene Kugel. Es lässt sich berechnen, — ein englischer Physiker hat diese Rechnung seinerzeit durchgeführt — dass wenn die Sonne auch nur 50 000 Jahre konstant diese Wärmemenge aussendet, ihre Temperatur auf einen Betrag herabsinken muss, der ein organisches Leben auf unserer Erde unmöglich macht. Nun rechnen die Geologen aber mit einer Dauer des organischen Lebens auf unserer Erde von Hunderten von Millionen Jahren. Es dürfte sich also innerhalb dieser Zeit die Strahlung der Sonne und deshalb auch deren Temperatur nicht wesentlich geändert haben.

Ob die von Helmholtz angenommene Kontraktion des Sonnenballs, bei dem durch Verdichtung der Sonnenatmosphäre Wärme entstehen müsste, hinreicht, um die mindestens angenäherte Konstanz der Sonnentemperatur zu erklären, erscheint zweifelhaft. Man hat deshalb daran gedacht, die Sonne könnte sich zum grossen Teil aus radioaktiven Substanzen zusammen-

setzen, die bei ihrem allmählichen Verfall Wärmemengen entwickeln, die wir durch die bekannten organischen Prozesse wie Verbrennung erhalten können.

Aber mit solchen Gedanken können wir zwar eine sehr lange Dauer des Weltalls, aber niemals eine Unendlichkeit erklären. Der Untergang lässt sich hinausschieben, aber nicht verhindern. Denn gerade die radioaktiven Prozesse sind dadurch charakterisiert, dass sie stets nur in einer Richtung vor sich gehen. Wir können Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegen, und wir können aus diesen beiden Gasen wieder Wasser herstellen, aber wir können niemals aus der gasförmigen Radiumemanation und dem Helium, die bei der Umwandlung des Radium entstehen, das Letztere wieder herstellen, ebensowenig einen anderen radioaktiven Prozess wieder rückgängig machen. Nicht einmal die Geschwindigkeit, mit der ein solcher Prozess vor sich geht, können wir irgendwie beeinflussen. Die chemischen Prozesse, denken wir z. B. an die Fäulnis, werden durch Kälte verlangsamt, durch Wärme beschleunigt. Salzsäure, die bei gewöhnlicher Temperatur metallisches Natrium mit explosionsartiger Geschwindigkeit auflöst, greift dasselbe in einem Bad von flüssiger Luft überhaupt nicht mehr merklich an usw.; nichts von alledem bemerken wir bei den radioaktiven Umsetzungen. Der Zerfall dieser Substanz lässt sich unter keinen Umständen aufhalten, und wir müssen mit Nernst sagen, dass die Kenntnis der radioaktiven Vorgänge die Aussicht auf eine Götterdämmerung des Weltalls nur noch verdoppelt hat.

Und ausserdem, die Sonne gibt nicht nur Wärmeenergie, sondern auch Masse ab. Einstein hat in einer schönen Arbeit, die nebenbei bemerkt nichts mit meiner Relativitätstheorie zu tun hat, nachgewiesen, dass wenn ein Körper Energie abgibt, er auch Masse verliert. Dieser Massenverlust ist für alle Körper, mit denen wir experimentieren können, unmerklich klein, denn er ist gleich der abgegebenen Energie, dividiert durch das Quadrat der Lichtgeschwindigkeit, also einer sehr grossen Zahl, und trotzdem muss bei der grossen Strahlungsmenge, welche die Sonne abgibt, ihr Massenverlust jährlich 100 Billionen Tonnen betragen, welche in das Weltall verstreut werden. Nun scheint es aber, dass die weissglühenden, also die heissesten Sterne, auch nicht viel mehr Masse besitzen als die schon stark abgekühlten roten, und wir können daraus, wie es auch Nernst tut, den Analogieschluss ziehen, dass auch die Sonne im Laufe ihres Bestehens vielleicht noch nicht 1 Prozent ihrer Masse abgegeben hat, und wir können dann ihre Lebensdauer auf höchstens hunderttausend Millionen Jahre schätzen.

Nun, die Zahlenwerte sind gleichgültig. Das grundsätzlich Wichtige für uns ist, dass die Sonne wie jeder heisse Fixstern Wärme und Masse in das Weltall zerstreut, und dass wir keinen Prozess kennen, der aus dem kalten Staubebel wieder Himmelskörper schafft.

Aber wie dann der Konsequenz des *solvet saeculum in favilla*, oder wie Nernst sich ausdrückt, dass das Weltall zu einem ungeheueren Kirchhof wird, entgehen?

Nernst stellt zu diesem Zweck eine Hypothese auf, von der er nur sagen kann, dass sie nicht unwahrscheinlich ist. Aus dem Lichtäther, an dem er im Gegensatz zu Einstein, aber in Uebereinstimmung mit vielen anderen Physikern festhält, soll sich von Zeit zu Zeit, und zwar genügt durchschnittlich in jedem Kubikmeter einmal in 100 Jahrillionen, ein Uranatom bilden. Sie wissen, dass das Uran über einige andere Stoffe in Radium und dieses weiter schliesslich in Helium und Blei zerfällt, und dass bei diesem Prozess grosse Wärmemengen entwickelt werden. Die geringe Zahl der sich bildenden Uranatome, die ich eben angegeben habe, genügt, denn einmal ist die Dichte der Materie im Weltraum gering, das Verhältnis der Masse der Fixsterne zu den gegenseitigen Entfernungen kann dargestellt werden durch Stecknadelknöpfe, die in je 100 km Entfernung voneinander auf der Erde ausgestreut sind, und die Verteilung des Urans in der Masse, die unsere Erde bildet, ist so gering, dass Nernst die Annahme machen kann, es befänden sich im Kubikmeter Weltraum durchschnittlich nur 10 Uranatome, und anderseits ist die mittlere Lebensdauer des Urans einige 1000 Millionen Jahre.

Aber was kann nun Nernst vorbringen, um den Vorgang der Bildung eines Atoms und obendrein auch noch eines solchen von sehr komplizierter Zusammensetzung aus dem Lichtäther, einen Vorgang, den wir noch nie beobachtet haben, wenigstens einigermaßen plausibel zu machen?

Was wir Temperatur nennen, ist eine Bewegung der Atome. Beim absoluten Nullpunkt ist diese Bewegung Null geworden, aber es bleibt noch die Bewegung der Elektronen im Atom. Für die Energie, welcher diese Bewegung entspricht, hat Nernst den Namen Nullpunktenergie eingeführt. Er macht nun die auch etwas willkürliche Annahme, dass die gesamte Materie nichts anderes ist als Nullpunktenergie und zieht daraus die Folgerung, dass diese Energie sich im Gleichgewicht mit der des Lichtäthers befindet. So weit liesse sich gegen die Nernstsche Darlegung nicht viel einwenden. Das Unwahrscheinlichste an seiner Annahme aber ist, dass sich durch gelegentliche Schwankungen des Energieinhaltes des Lichtäthers Atome chemischer Elemente, und zwar wie ich schon betont habe, solcher von hohem Atomgewicht bilden können, und dass ferner umgekehrt die letzten Produkte des Abbaues derselben, Helium und Wasserstoff, sich wieder in die Nullpunktenergie des Lichtäthers zurückverwandeln können. Es werden hier gleich zwei Vorgänge eingeführt, die wir noch niemals beobachtet haben und deren Möglichkeit durch alle bisherigen Beobachtungen (Messungen von Stas, Landolt) sowie durch den Entropiesatz widerlegt zu sein scheint.

Man kann Boltzmann zugeben, dass der Entropiesatz von derselben Art ist, wie die Gesetze der Statistik (jährliche Zahl der Todesfälle pro 1000 Einwohner und dergleichen), also nur für die Mittelwerte und nicht für die Einzelfälle Gültigkeit hat, aber es bleibt auch dann das Resultat, dass alle Vorfälle in ihrer Summa eine Entwertung der Energie herbeiführen; eine Konstanz, wie Nernst sie annimmt, widerspricht nach meiner Ansicht der Theorie und Erfahrung.

Eine Stütze seiner Auffassung von der Entstehung radioaktiver Atome im Weltraum glaubt nun Nernst darin zu erblicken, dass unsere Atmosphäre durchsetzt ist von einer eigentümlichen, vielleicht aus dem Weltraum kommenden Strahlung, die sich wie die sogenannte γ -Strahlung radioaktiver Elemente verhält.

Lassen Sie mich zunächst über diese Strahlung einige Worte sagen. Sie wissen, dass jeder elektrisch geladene, der Luft ausgesetzte Körper seine Ladung allmählich verliert; und zwar, da wir den Körper nicht gut in der Luft schweben lassen können, sondern ihn aufhängen oder auf einer isolierenden Stütze aufstellen müssen, wird ein Elektrizitätsverlust schon deshalb eintreten müssen, weil wir über keine vollkommen isolierende Aufhängung oder Stütze verfügen. Zum grossen Teil wird daher die Ladung unseres Körpers auch durch die umgebende Luft entführt. In jedem Gas finden sich nämlich positiv oder negativ geladene Atomgruppen, die wir als Ionen bezeichnen. Ein positiv geladener Körper zieht aus dem ihn umgebenden Gas die negativen Ionen an und gleicht so seine Ladung aus, ein negativ geladener die positiven. Herr P. Wulf hat nun einen Apparat konstruiert, der in einfacher Weise den Verlust durch die Stütze von dem durch das umgebende Gas getrennt zu bestimmen erlaubt. Als zu ladender Körper dient ein System von zwei äusserst feinen Metalldrähten, deren gegenseitige Abstossung, die durch ein Mikroskop gemessen werden kann, gleichzeitig ein Maß für die Grösse ihrer Ladung ist. Das Fadensystem ist in einem Gefäss von einigen Litern Inhalt eingeschlossen. Die beiden Fäden sind an gut isolierenden Quarzstäbchen befestigt und können durch Anlegen eines drehbaren Hebels geladen werden. Ueber dieses System lässt sich nun ein Zylinder stülpen, der nur wenige Kubikzentimeter Inhalt hat. Ist dieses geschehen, so ist die Zahl der Gasionen, die mit dem geladenen Fadensystem in Berührung kommen können, nur noch klein, und wir können annehmen, dass fast der ganze jetzt beobachtete, aber sehr kleine Elektrizitätsverlust von nicht ganz vollkommener Isolation der Stützen herrührt. Entfernt man den Zylinder, was bei der Wulf'schen Konstruktion ohne Oeffnung des Gefässes möglich ist, so nimmt die leicht messbare Geschwindigkeit, mit der die Fäden sich entladen, bedeutend zu.

Umgibt man nach dem Vorschlag des Amerikaners Eve diesen Apparat mit dicken Bleiplatten, so nimmt die Entladungsgeschwindigkeit ab, ein

Beweis, dass die Jonisation im Gefäss verursacht wird durch eine von aussen kommende, von den Bleiplatten absorbierbare Strahlung.

Von den vielen Versuchen, die gemacht wurden, um den Ursprung dieser Strahlung aufzuklären, kann ich hier nur einige erwähnen. Mc. Lennan brachte den Apparat auf das Eis der Kanadischen Seen, die Jonisation nahm ab, ich selbst brachte ihn in verschiedene Höhlen und Tunnels, die Jonisation nahm, besonders in radioaktivem Urgestein zu, also die Strahlung kommt zum mindesten grösstenteils vom Boden und wird von Wasser und Eis absorbiert.

Verschiedene Beobachtungen legten mir aber die Vermutung nahe, es möchte doch ein Teil dieser Strahlung aus der Höhe kommen, und meine Beobachtungen im Ballon ergaben dann auch, dass die Jonisation abnahm bis etwa zu einer Höhe von 2500 m, und dass sie von da an eine zunächst schwache Zunahme zeigte. Hess in Wien und Kolhörster, damals in Halle, haben dann eine grössere Reihe von Ballonfahrten ausgeführt und konnten übereinstimmend zeigen, dass tatsächlich über 2 m Höhe die Strahlung rasch zunimmt, im Maximum in 9 km Höhe sogar das 15fache ihres Betrages am Boden erreichen kann.

Man pflegt diese Strahlung als durchdringende Höhenstrahlung zu bezeichnen, weil sie von Eis, Wasser, Metallen in zehnmal geringerem Maße absorbiert wird als die härtesten γ -Strahlen der radioaktiven Substanzen und noch viel weniger als die Röntgen-Strahlen.

Dass diese Höhenstrahlung wenigstens nicht direkt von der Sonne herühren kann, zeigte sich bald, denn weder im Ballon noch auf hohen Bergen, auf meine Veranlassung wurden solche Beobachtungen z. B. auf dem 3300 m hohen Piz Languard ausgeführt, ergab sich ein Unterschied in der Stärke der Strahlung zwischen Tag und Nacht. Ebenso wenig lässt sich ein Einfluss des Mondes nachweisen. Die Strahlung schien merkwürdig konstant zu sein. Nur bei Apparaten, die in unmittelbarer Bodennähe aufgestellt waren, ergab sich eine kleine tägliche Schwankung der Strahlung, die offenbar davon herrührte, dass je nach der mehr oder minder starken Besonnung des Bodens mehr oder weniger radioaktive Bodenluft aus demselben austritt.

Die Herkunft des nicht aus dem Boden stammenden Teiles der Strahlung, also der Strahlung, die man im Ballon oder auf Gletschern beobachtet, wo das Eis jede Bodenstrahlung abschneidet, blieb unaufgeklärt.

Zur Aufklärung unternahm nun Kolhörster auf Veranlassung von Nernst weitere Versuche auf dem Jungfraujoch, in einer Höhe von 3400 m. Wie ich es selbst, zum Teil mit freundlicher Unterstützung von Herrn Wulf schon getan hatte, brachte er den Apparat in Gletscherspalten. Die Aufstellung war eine solche, dass nur die Strahlung den Apparat erreichen konnte, die ausging von einem ostwestlich gerichteten und 9—16 cm breiten Streifen des Himmelsgewölbes. Der ganze übrige Teil der Strahlung war durch das Eis abgeschirmt.

Kolhörster fand nun ganz im Gegensatz zu allen früheren Beobachtern, dass die Strahlung eine deutliche tägliche Periode aufwies, und zwar betrug die Schwankung 15 Prozent der Gesamtstrahlung. Die Maxima wurden jeweils morgens und abends zwischen 8 und 9 Uhr beobachtet. Zu der angegebenen Zeit stand am Morgen die Milchstrasse, am Abend das Sternbild des Herkules im Zenit. Das Minimum der Strahlung fiel zusammen mit der Kulmination des Poles der Milchstrasse.

Diese im Jahre 1923 ausgeführten Versuche wurden dann 1923 wiederholt. Es fanden sich wieder Maxima der Strahlung zwischen 5 und 8 Uhr abends und morgens. Die Maxima, mit Ausnahme des um 5 Uhr abends fallen wieder auf die Zeiten, wo Teile der Milchstrasse oder ihrer näheren Umgebung im Zenit stehen. Man kann also, sagt Kolhörster in seiner zweiten Mitteilung, diese Schwankungen im Sinne der von Nernst aufgestellten Hypothese deuten, dass die Höhenstrahlung aus jenen Gebieten des Kosmos kommt, in denen die jungen roten Riesensterne sich in grösserer Zahl vorfinden.

Sie sehen, Herr Kolhörster drückt sich vorsichtig aus, im Gegensatz zu den Tageszeitungen, welche seiner Mitteilung ohne weiteres als feststehendes Resultat entnehmen, dass die Milchstrasse der Sitz radioaktiver Massen sei.

Welches ist nun die Bedeutung der Kolhörsterschen Versuche? Ich habe schon bemerkt, dass alle bisherigen Beobachter keine oder eine nur geringe regelmässige tägliche Schwankung der Höhenstrahlung gefunden haben. Es ist aber zuzugeben, dass der Kolhörstersche Apparat, der aus dem Wulfschen hervorging, gegenüber diesem einige Verbesserungen, die ein genaueres Messen gestatten, aufweist. Immerhin ist es auffallend, dass den früheren Beobachtern die sehr beträchtliche Schwankung von 15 Prozent entging. Auch Hoffmann, der im vorigen Jahre mit einem sehr verfeinerten Apparat die Schwankungen der durchdringenden Höhenstrahlung in Königsberg maß (die störende vom Boden kommende hatte er durch einen Bleipanzer abgeschnitten), glaubt versichern zu können, dass auch die aus der Höhe stammende Strahlung keine regelmässige tägliche Schwankung aufweist. Aber zugegeben, die von Kolhörster beobachtete Schwankung sei nicht auf Apparatfehler zurückzuführen, sondern sei reell, so beweist sie noch nicht die Herkunft der Strahlung von der Milchstrasse. Der zeitliche Zusammenhang muss noch lange kein ursächlicher sein. Ich sagte schon, dass in der Nähe des Erdbodens Schwankungen der durchdringenden Strahlung beobachtet wurden, die von der Aenderung des Austrittes der Radiumemanation aus dem Boden herrühren.

Radioaktive Emanationen und ihre Zerfallsprodukte werden aber, wie Herr Wulf und ich beobachtet haben, durch aufsteigende Luftströme bis auf Gletscher transportiert. Die von Kolhörster beobachteten Schwankungen können also auch auf das Spiel der auf- und absteigenden Luftströme

zurückzuführen sein. Für diese Annahme spricht, dass Hess auf dem Obir in einer Höhe von 2400 m wohl im Sommer, wo die aufsteigenden Luftströme eine bedeutende Mächtigkeit erreichen, aber nicht im Winter eine kleine tägliche Schwankung der durchdringenden Strahlung, und zwar mit einem Maximum um die Mittagszeit beobachtet hat. Auch die bekannte Schwankung des elektrischen Erdfeldes, welche die Verteilung der in der Atmosphäre befindlichen festen radioaktiven Stoffe beeinflusst, mag mitgespielt haben.

Um den Nachweis zu führen, dass die Höhenstrahlung von einer bestimmten Himmelsgegend herkommt, wäre es meines Erachtens nötig, die Kolhörsterschen Beobachtungen über einen grösseren Teil des Jahres auszudehnen. Die Zeiten der Maxima und Minima müssten sich dann mit den Jahreszeiten verschieben, am 1. März 6 Stunden früher, am 1. Oktober 6 Stunden später fallen als am 1. Juni. Bis jetzt hat aber Kolhörster nur im Sommer beobachtet, und ein experimenteller Beweis dafür, dass gewisse Teile unseres Sonnensystems sich durch auffallend hohe Radioaktivität auszeichnen, ist bis jetzt in keiner Weise erbracht.

Man könnte sich nun fragen, ob nicht der Umstand, dass man eine bessere Erklärung der Höhenstrahlung noch nicht gefunden hat, zu Gunsten der Nernst-Kolhörsterschen Auffassung spricht. Ich habe vorhin gesagt, dass die Sonne als direkte Strahlungsquelle nicht in Frage kommt, weil sich kein Unterschied in der Strahlung zwischen Tag und Nacht zeigt. Aber die Polarlichtstrahlen kommen auch von der Sonne und erleuchten den Himmel bei Nacht. Die Polarlichtstrahlen werden aber im magnetischen Felde der Erde abgelenkt und können so auf deren Nachtseite kommen; Strahlen von der Durchdringungsfähigkeit der Höhenstrahlen sind aber durch ein magnetisches Feld nicht ablenkbar. Aber es bleibt trotzdem noch eine Erklärungsmöglichkeit, die besonders der Amerikaner Swann ausführlich behandelt hat. Strahlen von der Art der Polarlichtstrahlen, die also ablenkbar sind, erregen in den obersten Schichten der Atmosphäre durch Auftreffen auf die Luftmoleküle die nicht ablenkbare durchdringende Höhenstrahlung. Diese Annahme scheint mir auch aus anderen Gründen viel wahrscheinlicher als die von Nernst nur zur Begründung seiner Hypothese gemachte. Schliesslich bleiben noch zwei andere Möglichkeiten. Man kann erstens den ganzen Weltraum als gleichmässig mit strahlender Materie erfüllt annehmen, oder man kann die oberen Atmosphärenschichten von etwa 10—30 km als mit einem radioaktiven Staub erfüllt denken. Zu Gunsten der letzteren Annahme spricht der Umstand, dass nach Beobachtungen an verschiedenen Orten bei dem Durchgang des Halley'schen Kometen durch unsere Atmosphäre im Mai 1910 eine Erhöhung der durchdringenden Strahlung beobachtet wurde. Möglich ist, dass radioaktive Substanzen auf anderen Weltkörpern weiter verbreitet sind als auf unserer Erde. Aber wenn sie bei der Entwicklung unseres Weltgebäudes

eine Rolle spielen, dann haben wir uns diese Rolle eben so zu denken, dass die radioaktiven Substanzen von höherem Atomgewicht in solche von niedrigeren zerfallen, und wir dürfen nicht als Grundlage für eine Weltanschauung den entgegengesetzten Fall annehmen, der noch niemals beobachtet wurde. Die Biologen, soweit sie Anhänger des Entwicklungsgedankens sind, nehmen ja wohl an, dass die Entwicklung in der Richtung von den niedrigeren Organismen zu den höheren vor sich ging. Wir haben aber deshalb keinen Anlass, anzunehmen, dass die Ursubstanz der hypothetische Lichtäther war. Alle kosmogonischen Theorien von der Kantischen bis zu den neuesten vertragen sich ebenso gut mit der Annahme, dass die Urmaterie ein Gemisch radioaktiver Stoffe von hohem Atomgewicht war.

Ich bin auf die durchdringende Höhenstrahlung und auf die Folgerungen, die man aus den Beobachtungen derselben gezogen hat, hier deshalb näher eingegangen, weil ich Ihnen an einem Beispiel zeigen wollte, welche weittragende Folgerungen auch in der Physik aus einer scheinbar unbedeutenden Beobachtung gezogen werden können, und ich wünsche deshalb, dass die Görres-Gesellschaft junge katholische Forscher, die sich solchen Beobachtungen hingeben, auch tatkräftig unterstützt.

Was ist a priori und was ist a posteriori?

Von Dr. H. Fels (Sechtem).

(Schluss.)

Drittes Kapitel.

Bolzano.

1. Bolzanos a priori und a posteriori.

Es ist nicht leicht, Bolzano zu verstehen in dem, was ihm a priori und a posteriori ist, denn er gibt nicht, wie Kant es tut, eine Definition der Begriffe; wir erfahren von ihm nur, dass das a priori und das posteriori kontradiktorisch entgegengesetzt sind.¹⁾ Wohl gibt er uns den Weg an, der zur Begriffsbestimmung des a priori und des a posteriori führt (139), überlässt es aber seinen Lesern, den Begriff selbst aus seiner Methode,

¹⁾ Bolzano B., *Beiträge zu einer begründeten Darstellung der Mathematik* (Prag 1810) S. 139. Im folgenden bedeuten die eingeklammerten Zahlen hinter dem Zitat die Seitenzahlen in diesem für die Kenntnis der Begriffsbestimmung Bolzanos wichtigen, aber leider allzu unbekanntem Werkchen.