

Swante Arrhenius über die Unendlichkeit der Welt.

Von Prof. Dr. C. Gutberlet in Fulda.

I.

Der als Naturforscher und Naturphilosoph auch bei uns wohlbekannte Arrhenius hat in der *Rivista di Scienza*¹⁾ einen Aufsatz „Die Unendlichkeit der Welt“ veröffentlicht, der sowohl wegen der grundlegenden Wichtigkeit des Gegenstandes selbst nicht bloss für die Naturwissenschaft, sondern auch für die Philosophie und Weltauffassung als auch wegen der Bedeutung des Mannes einer eingehenden Prüfung wert ist. Zudem sind neuere Forschungen auf diesem Gebiete zu verzeichnen, die uns in den Stand setzen, über die Ausführungen und Ergebnisse Arrhenius' ein Urteil zu fällen. Zunächst unterzieht er die gangbarsten neueren Ansichten über die Ausdehnung der Welt einer Kritik und findet die Lösung der Frage nicht bloss seitens der Verteidiger der Endlichkeit, sondern auch der Unendlichkeit ungenügend, um sodann sich für die Unendlichkeit zu entscheiden, welche er auf unanfechtbare Gründe stützen zu können glaubt.

Der naturwissenschaftlich-mathematischen Erörterung schickt er eine allgemeine Bemerkung voraus, welche seine Ansicht wenigstens sehr wahrscheinlich mache. In neuerer Zeit nehmen viele Astronomen an, dass die Welt endlich sei und dass ein unendlicher leerer Raum sie umgibt, in welchem die von der Sonne und den Sternen abgesandte Strahlung hinausgeht, um für immer verloren zu sein. Sehr oft wird die Meinung ausgesprochen, dass unsere Sonne nahe dem Mittelpunkt dieser endlichen Welt liegt . . . Häufig identifiziert man dabei die Welt mit dem galaktischen Sternensystem. Sobald aber die Menschen etwas tiefer nachzusinnen begannen, trat die naheliegende Idee hervor, dass die Welt unendlich sei. Dass der Raum unbegrenzt ist, geben ja alle zu. Die sehr entfernten Teile des Raumes können wir nicht beobachten. Es ist aber ein Axiom: wenn wir etwas nicht wahrnehmen können, so müssen wir annehmen, dass es qualitativ ebenso beschaffen ist, wie dasjenige, was unseren Sinnen zugänglich ist. Was wir von der Aussenwelt wissen, haben wir durch die Sinneswahrnehmung erfahren, und etwas qualitativ Anderes, als wovon wir Erfahrung haben, können wir uns nicht vorstellen. Dennoch lag der

¹⁾ „Scientia“, Internationale Zeitschrift für wissenschaftliche Synthese, Bologna 1908, S. 217—229.

Gedanke äusserst nahe, dass der unendliche Raum ebenso wie seine sichtbaren Teile Himmelskörper enthalten, wenn auch nicht in derselben Zahl wie die uns nächste Umgebung des Raumes.

Dass erst ein tieferes Nachsinnen die „naheliegende Idee“ von der Unendlichkeit der Welt erzeugt habe, ist insofern richtig, als die pantheistische Spekulation dieselbe fordern musste, wie ja Arrhenius auch Anaximander und Giordano Bruno als frühere Vertreter dieser Ansicht anführt. Wenn nämlich die materielle Welt das durch sich seiende Wesen ist, kann sie nur als unendlich gedacht werden. Der gemeine Sinn aber denkt nicht an eine unendliche Welt, wenigstens wird er nicht durch die Erfahrung in der Sinnenwelt dazu geführt. Die Sinne haben überhaupt über eine solche Frage nicht zu entscheiden. Wenn der Verstand aus den tatsächlichen Beobachtungen etwas erschliessen muss, was unsere Sinne bei uns nicht finden, so muss es gegen die unmittelbare Sinneswahrnehmung als Tatsache zugegeben werden. Das war ja der grosse Irrtum des Ptolemäischen, nach Arrhenius von der mittelalterlichen Kirche mit Unrecht autorisierten Systems, dass es nach der unmittelbaren Sinneswahrnehmung auf Erden die himmlischen Verhältnisse beurteilte. Es heisst den geozentrischen Standpunkt ins äusserste Extrem treiben, wenn man nach unserem irdischen Massstabe das ganze Universum beurteilen will. A priori muss man annehmen, und die wissenschaftliche Beobachtung bestätigt es, dass, je weiter wir uns von unserem beschränkten Standpunkte entfernen, eine um so grössere Differenz der mannigfaltigsten Verhältnisse eintritt. Schon auf der kleinen Erde gelangen wir mit der Entfernung von der Heimat in immer neue Verhältnisse, daher die Reiselust. Bekanntlich wird die einseitige Beurteilung der Fremde nach der Heimat Kirchturmspolitik und Chinesentum genannt.

Wenn Arrhenius von einem Axiom spricht, so denkt er wohl an das *Tout comme chez nous*. Das bezieht sich aber speziell auf menschliche Verhältnisse; es weist auf die Gleichheit der menschlichen Natur hin und ist gegen die gerichtet, welche fremde menschliche Gewohnheiten und Einrichtungen über die guten eigenen stellen. Für die materielle Welt kann man gerade das gegenteilige Axiom aufstellen. Je weiter die Planeten unseres Systems von unserer Erde und von der Sonne sich entfernen, um so grösser ihre Verschiedenheit von der Erde. Wir können uns kaum eine Vorstellung von den Verhältnissen der Atmosphäre, des Wassers, der Oberfläche des Mars machen, der uns doch am verwandtesten zu sein scheint, geschweige denn vom Jupiter mit seinen vielen Monden, vom Saturn mit seinen Ringen, vom Neptun in seiner so grossen Sonnenferne. Wenn wir nun zur Sonne, zum Fixsternhimmel, zur Milchstrasse, zu den Nebeln emporsteigen, sind zwar auch dort der Stoff, das Attraktionsgesetz usw. dieselben, aber wie verschieden die Anordnung, wie unfassbar die Dimensionen! Wie vor ungeahnten Rätseln stehen die Astronomen vor den Spiral-

nebeln, den neu auftretenden, den veränderlichen Sternen, wie verschieden von unserem Planetensystem sind die Doppelsterne. Also haben wir dort ganz andere Verhältnisse wie bei uns auch inbezug auf nicht beobachtete Verhältnisse zu erwarten, und über ihre Tatsächlichkeit hat nicht der geozentrische Standpunkt, sondern der Verstand und die immer weiter vordringende astronomische Wissenschaft zu entscheiden. Der Verstand aber kann evident nachweisen, dass eine existierende unendliche, materielle Welt nicht möglich ist, und die Astronomie glaubt, wie wir sehen werden, schon jetzt mit ihren stärksten Fernrohren bis ans Ende gelangt zu sein.

II.

Doch hören wir die Kritik, die Arrhenius an den Beweisen für die Endlichkeit bzw. Unendlichkeit der Welt übt.

Olbers hatte für die Begrenztheit der Welt geltend gemacht, dass wenn unendlich viele Sterne am Himmel leuchteten, der ganze Himmel so hell wie die Sonne strahlen müsste, was tatsächlich sehr weit von der Wirklichkeit entfernt ist. Mathematisch beweist er dies, indem er die Leuchtkraft aller Sterne durch eine Reihe ausdrückt, die für unendlich viele Sterne selbst unendlich ist und also eine unendliche Summe liefert. Dies allerdings nur dann, wenn die aufeinanderfolgenden Glieder der Reihe nicht stetig abnehmen. Nehmen die Glieder ab, so konvergiert die Reihe und liefert einen endlichen Betrag. Das ist nun aber tatsächlich der Fall. Denn ein jedes Glied der Reihe bezeichnet die Leuchtkraft aller der Sterne, die in einer Kugelschale um die Sonne gelegen sind. Die aufeinanderfolgenden Glieder beziehen sich also auf Sternmengen, die einen immer weiteren Abstand von der Sonne haben. Nach der Grösse der Kugelschalen müssten die auf einander folgenden Glieder immer grösser werden: Die Beobachtung hat aber gezeigt, dass die Dichtigkeit der Sterne mit der Entfernung von unserem Sonnensystem immer mehr abnimmt. Folglich muss obige Reihe konvergieren. Die Anzahl der Leuchtkraft aller Sterne ist eine endliche, die Anzahl der Sterne also nicht unendlich.

Das gibt im Grunde Arrhenius auch zu. „Diese Reihe ist nicht konvergent, sondern die Lichtstärke L wird unendlich, wenn nicht die späteren Glieder etwa nach einer geometrischen Reihe abnehmen . . . Die Erfahrung zeigt nun in der Tat, dass die Einzelhelligkeiten hn stetig abnehmen mit wachsendem n , was gewöhnlich so ausgedrückt wird, dass die Sternendichtigkeit um so geringer wird, je weiter man sich von der Sonne entfernt. Dies geht besonders deutlich aus den Untersuchungen von Kapteyn hervor“. Genauer ist dies, wie wir hinzufügen können, neuestens von Franklin Adams festgestellt worden:

Die Sterne werden nach ihrer Helligkeit in Klassen eingeteilt, sodass der Stern einer niederen Klasse ca. $\frac{1}{10}$ der Helligkeit der vorhergehenden beträgt. Man hat die Zahl der einzelnen festzustellen versucht, was aber bei

den enorm zahlreichen sehr schwachlichtstarken Sternen grosse Schwierigkeiten bietet, weshalb die Angaben für die 14. oder 15. Klasse bisher sehr unsicher waren. Durch Zuhilfenahme der Photographie hat neuestens Franklin Adams genauere Angaben machen können. Hiernach ergibt sich die Gesamtzahl bis zur 9. Grösse zu 97 400, bis zur 11. zu 700 000, bis zur 13. zu 3 700 000, bis zur 15. zu 15 500 000, bis zur 16. 30 000 000, bis zur 17. 55 000 000. Diese Zunahme erfolgt aber viel langsamer, als nach dem Gesetze der Abnahme der Lichtstärke zu erwarten war. Dieselbe müsste nämlich das Vierfache der vorausgehenden Sternklasse betragen. Sind nämlich die Sterne gleichmässig im Raume verteilt und Sterne von verschiedener Helligkeit gleichmässig gemischt, so muss, da die Helligkeit der niederen Klasse $\frac{1}{4}$ der vorhergehenden beträgt, für einen Beobachter auf Erden die Gesamtzahl der Sterne bis zu einer bestimmten Grössenklasse viermal so gross sein als die Gesamtzahl bis zur nächst helleren Grössenklasse. Darnach müsste es bei 30 000 000 Sternen bis zur 16. Grösse, 120 000 000 bis zur 17. Grösse geben. Woraus sich ergibt, dass die Zahl der schwachen Sterne weit kleiner ist, als man bisher angenommen hat. Indes weichen die photographischen Helligkeiten von den gesehenen stark ab; ein roter Stern ist photographisch weniger hell, als er gesehen wird. Und die rötlichen Sterne scheinen unter den schwachen zu überwiegen.

Ludendorff schliesst demnach: „Wie dem aber auch sei, wir dürfen jedenfalls aus ihren Abzählungen den Schluss ziehen, dass wir mit unseren lichtstarken Instrumenten bereits an die Grenzen unseres Fixsternsystems dringen, wo die Sterne schon verhältnismässig dünn gestreut sind“¹⁾.

Aber trotzdem hält Arrhenius an der Unendlichkeit der Sternenzahl fest.

„Falls wir also annehmen, dass die Helligkeit der Sterne von ihrer Entfernung von der Sonne unabhängig ist, so kann die Reihe nicht konvergieren. In der Tat würde, falls die mittlere Lichtstärke der Sterne pro Quadratcentimeter gleich derjenigen der Sonne wäre, das ganze Himmelsgewölbe ebenso hell wie die Sonne leuchten. Eine unendliche Leuchtkraft käme nicht zustande, weil die hinteren Sterne teilweise von den vor ihnen liegenden würden verdeckt werden“.

Aber nach der Berechnung müsste eine unendliche Leuchtkraft entstehen, wenn sie auch für uns durch Zwischenglieder abgeschwächt würde. Eine unendliche Leuchtkraft ist aber ein Widerspruch; die Aetherteilchen müssten mit unendlicher Geschwindigkeit schwingen; eine unendliche Geschwindigkeit ist aber ein Unding, das würde heissen: in einem unteilbaren Augenblick durchheilen sie eine unendliche Strecke. Die berechnete Unendlichkeit der Leuchtkraft könnte durch dazwischen liegende Körper wohl vermindert, aber nicht so aufgehoben werden, dass nicht einmal die Leuchtkraft der Sonne übrig bleibt.

¹⁾ Ludendorff, Die neuesten Fortschritte der Fixsternkunde (Die Naturwissenschaften [1915] 43 ff.).

Doch Arrhenius beruhigt sich nicht bei der Auffassung der meisten Astronomen, und auch Herr Charlier leugnet, dass die Abnahme der Stern-dichtigkeit eine wirkliche ist, sondern meint, sie könne darauf beruhen, dass das Licht von entfernten Sternen nicht ungeschwächt durch den Raum geht; und dies wird von manchen dadurch erklärt, dass der Lichtäther die Strahlung absorbiert, von andern, dass dunkle Himmelskörper das Licht auf-fangen. Die erstere Annahme ist unannehmbar, der Lichtäther müsste dann „unbegrenzte Mengen von potenzieller Energie aufspeichern, was uns vollkommen unfassbar erscheint“. Dagegen ist die andere Hypothese dis-kutierbar, da tatsächlich solche dunkle Körper existieren, wie sie sich z. B. durch den Lichtwechsel von Sternen bemerkbar machen. Eine dritte neueste Hypothese nimmt an, dass der Raum nicht eben, sondern gekrümmt sei, weshalb das sich geradlinig fortpflanzende Licht nicht zu uns ge-langen könne. Diese Annahme ist zu abenteuerlich, als dass man sich ernstlich mit ihr beschäftigen könnte. Die Krümmung des Raumes ist eine Spekulation, eine mathematische Abstraktion; alle Naturvorgänge vollziehen sich in unserem ebenen Euklidischen Raum. Aber auch gegen die Ab-sorption des Lichtes durch dunkle Körper erhebt Arrhenius einen nicht unbegründeten Einwurf.

„Wie können diese dunklen Körper ihre niedrige Temperatur beibe-halten haben, wenn sie seit unermesslicher Zeit der Strahlung der Sonne ausgesetzt gewesen sind, falls sie nicht, wie die meisten Astronomen an-nehmen, ihre Wärme in den unendlichen Weltraum zerstreut haben, eine Annahme, die aber unserem Ausgangspunkt, dass die Dichtigkeit der Materie im Himmelsraum, obgleich gering, so doch endlich sei, nicht entspricht“.

Aber vor allem ist zu bemerken, dass die Annahme dunkler Körper selbst dem Ausgangspunkte widerspricht. Es wurden ja unendlich viele leuchtende Körper vorausgesetzt, daneben können nicht noch andere exi-stieren. Die hellen und dunklen zusammen bildeten eine grössere Summe als die hellen allein; über das Unendliche hinaus gibt es kein Grösseres. Die Zerstreung der Wärme in den leeren Raum kann nicht darum zurück-gewiesen werden, weil nach dem Ausgangspunkte die Dichtigkeit im Himmelsraum nicht Null sein könne; das heisst nichts anderes als von vorneherein voraussetzen: die Welt ist unendlich, der Raum ist überall ausgefüllt

Arrhenius schiebt die Absorption auf die ausserordentlich kalten Gas-nebel. Aber es ist klar: Unendlich kalt können sie nicht sein, um eine unendliche Strahlung in unendlicher Zeit in sich aufzunehmen. Arrhenius sucht allerdings ihnen eine solche Struktur zu geben, dass das Unmögliche möglich erscheint. Aber mögen sie auch noch so fein konstruiert sein, sie bleiben materielle Gebilde und unterliegen darum den Gesetzen des Aggregationszustandes.

Dagegen ist die Kritik, welche Arrhenius an einem Beweise Seeligers für die Unmöglichkeit einer unendlichen Anzahl von Sternen übt, durchaus zutreffend. Seeliger denkt sich einen kugelförmigen Sternhaufen mit überall gleicher Dichtigkeit der Sterne. In einer bestimmten Entfernung vom Mittelpunkt wird jeder Stern zu diesem hingezogen mit einer Kraft, die dem Produkt der Sternichte und der Entfernung proportional ist. Unsere Milchstrasse ist kein solcher Kugelhaufen, aber sie mag sich ihm doch nähern, wenn man ihre Form als eine stark abgeplattete sphäroidische annimmt. Nimmt der Radius dieser Kugel zu, so nimmt, wenn die Dichte sich nicht ändert, die Anziehung proportional dem Radius zu. Mit der Entfernung vom Mittelpunkte nimmt allerdings die Anziehung dem Quadrate des Radius proportional ab, aber da der Kubikinhalt der Kugel durch die dritte Potenz des Radius ausgedrückt wird, nimmt die Menge der Sterne mit der 3. Potenz zu, sie beträgt also $\frac{r^3}{r^3} = r$. Wächst nun der Kugelhaufen, also auch r , über alle Grenzen, so müsste auch die Anziehung unendlich werden. Ausserdem ist die Lage des Mittelpunktes einer unendlichen Kugel unbestimmt, die Anziehung wird also unbestimmt, und das ist undenkbar. Weil also zu diesen Schwierigkeiten die konsequente Anwendung des Newtonschen Attraktionsgesetzes führt, so darf dieses Gesetz nur als empirisches Gesetz für unsere Erfahrung angesehen werden. Als einen anderen Ausweg schlägt Seeliger die Absorption der Schwere durch ein Medium vor. Dagegen bemerkt Arrhenius sehr richtig; „Wenn man versucht, sich ein anderes Gesetz vorzustellen, das das Newtonsche für sehr grosse Entfernungen ersetzen sollte, so kann man kaum ein solches finden, welches dieses als Annäherungsgesetz für kleine Entfernungen geben würde und nicht zu denselben Schwierigkeiten bezüglich der Seeligerschen Ableitung führen würde. Herr Seeliger schlägt wohl eine Art Absorption der Schwere, der des Lichtes ähnlich, als Ausweg vor. Da wir aber keine Materie kennen, welche die Schwere absorbiert, so wird die Analogie hinfällig. Wir verlieren ausserdem nach dieser Betrachtungsweise alle festen Haltpunkte für alle unsere Betrachtungen“.

Mit letzterem will Arrhenius wohl sagen, dass unsere gesamte kosmische Physik auf der Allgemeingültigkeit des Newtonschen Attraktionsgesetzes beruht, und also von den Astronomen als eine selbstverständliche Sache die Anwendung dieses Gesetzes auf die Sternenwelt angesehen wird. Das Attraktionsgesetz wird ja mathematisch abgeleitet, hat also metaphysische Notwendigkeit.

Dagegen ist die Unmöglichkeit der Absorption von Schwerkraft nicht so selbstverständlich. Bekanntlich führt die mechanische Naturerklärung auch die sogenannten statischen Kräfte: Elastizität, Schwere auf Bewegungen zurück. Resultiert die Schwere aus Bewegungen, dann können diese anderen Körpern mitgeteilt, und von diesen „absorbiert“ werden. Da aber keine Kraft verloren gehen kann, so würde durch die unendliche Anziehung,

welche nach Voraussetzung von den Sternen ausgeübt wird, nur die Bewegung verschoben werden. Wir hätten also genau denselben Fall wie bei der Absorption der unendlichen Leuchtkraft durch dunkle Körper im Weltraum. Darum könnte wohl auch dieses Argument gerade so gut die Unmöglichkeit einer unendlichen Anzahl von Sternen beweisen, wie das andere von Seeliger beigebrachte, das der Unmöglichkeit einer unendlichen Leuchtkraft und der tatsächlichen schwachen Lichtstärke des Himmels entnommen ist. Doch bestreitet Arrhenius, wie es scheint mit Recht, die unendliche Anziehung bzw. die Unbestimmtheit der Anziehung in einem unendlichen System.

„Die Schwierigkeit sollte darin bestehen, dass die Anziehung eines Körpers in einer Umgebung von unendlich vielen Körpern nach der Seeligerschen Berechnungsweise unbestimmt wird und alle möglichen Werte annehmen kann. Wie kann man sich auch eine unendlich grosse Kugel, die Sterne enthält, von einem unendlich grossen leeren Raum umgeben denken? ¹⁾ Wenn ein Körper in einem unendlichen Raum sich befindet, wo andere Körper ungefähr gleichmässig verteilt sind, so ist seine Anziehung, wenn man von den nächstliegenden Körpern absieht, nach allen Richtungen gleich gross, wie aus Symmetriegründen leicht ersichtlich. Diese Anziehungen heben einander infolgedessen auf, und der Körper verhält sich ganz so, als ob er nur unter dem Einfluss der nächstliegenden Körper oder Körperansammlungen stände, und die entfernteren Körper gar nicht vorhanden wären, also genau so wie wenn eine Absorption der Schwerkraft stattfände.“

Arrhenius beschäftigt sich auch mit den Aufstellungen Charliers über die Ausdehnung der Welt. Dieser hat die Anschauungen von Lambert über die Verteilung der Materie im Raume quantitativ ausgebildet. Die Sonne mit den umkreisenden Planeten und ihren Monden bildet ein System, das Sonnensystem. Mehrere Sonnensysteme sind mit einander nach einer gewissen Regelmässigkeit verbunden, sie bilden ein System höherer (zweiter) Ordnung, zu welchem das Sonnensystem in ungefähr ähnlichen Verhältnissen steht, wie Jupiter mit seinen Monden zum Sonnensystem. Das System zweiter Ordnung, zu welchem unsere Sonne gehört, ist das Milchstrassensystem. Mehrere Milchstrassensysteme bilden zusammen ein noch höheres System dritter Ordnung. Die Systeme dritter Ordnung sind Einzelglieder in einem System vierter Ordnung und so fort. Nach Herrn Charlier liegen die Systeme zweiter Ordnung — die Milchstrassensysteme — ausserordentlich weit von einander entfernt in den Systemen dritter Ordnung, und zwar so weit, dass die uns am nächsten liegende Milchstrasse, ausserhalb unseres eigenen Systems, einen scheinbaren Durchmesser von weniger als 0,2 Sekunden und eine Helligkeit höchstens gleich derjenigen eines Sterns

¹⁾ Das nimmt Seeliger nicht an.

37. Grösse besitzen würde. Sie wären also mit unseren jetzigen Hilfsmitteln vollkommen unentdeckbar. Noch Millionen mal weiter sind nach Herrn Charlier die Systeme dritter Ordnung von einander entfernt usw., und ungeheure sternleere Räume von ausserordentlich starker zunehmender Ausdehnung liegen zwischen den Sternsystemen steigender Ordnung.

Dazu bemerkt Arrhenius ganz zutreffend:

„Was speziell die Lösung von Herrn Charlier betrifft, wornach die Milchstrassen sich zu höheren Systemen zusammenschliessen, diese wiederum zu noch höheren und so weiter ins Unendliche, so begegnet dieselbe einer sehr grossen Schwierigkeit inbezug auf die Erklärung des Entstehens dieser Systeme . . . Es bietet schon eine grosse Schwierigkeit, zu verstehen, wie ein so grosses System wie die Milchstrasse entstanden ist. Unvergleichlich schwieriger wird die Vorstellung betreffs der Entstehung der höheren unvergleichlich grösseren Systeme“.

Das ist sehr richtig; aber schon die Entstehung unseres verhältnismässig kleinen Sonnensystems ist auf dem Wege, den die Verteidiger einer unendlichen Welt verlangen, unmöglich. Die so zweckmässige Einrichtung des Planetensystems, das trotz Störungen sich wieder von selbst ins Gleichgewicht setzt und so einen dauernden Bestand sich sichert, das Verhältnis der Sonne zur Erde mit ihren unzähligen Zweckmässigkeiten auf organischem Gebiete — das alles musste nach Arrhenius sich von selbst gebildet haben. Die Unendlichkeit der Welt wird nämlich nur darum behauptet, weil sie für ein notwendiges, ewiges, aus sich selbst bestehendes Wesen, das sich zum gegenwärtigen Kosmos entwickelt hat, angesehen wird. Gewiss, wenn sie ihr Dasein aus sich kraft ihres Wesens hat, kann sie nur unendlich gedacht werden. In der Konsequenz dieses Gedankens liegt es nun auch, als ursprünglichen Zustand der Welt den gasförmigen vorzusetzen. Allerdings ist der Stoff seinem Wesen nach indifferent für jeden Aggregatzustand, also kann sein Wesen nicht von vorneherein diesen Zustand fordern. Andererseits muss er doch kraft seines Wesens in irgend einem Zustande sich befinden; sein Wesen ist aber indifferent gegen jeden Aggregatzustand. Also kann er, wenn sein Wesen ihn zur Existenz bestimmt, in keinem derselben ursprünglich existieren, also auch nicht im gasförmigen.

Doch geben wir diese Annahme, die noch am ehesten angeht, zu; jedenfalls muss der Gasnebel homogen sein, wie er tatsächlich auch gedacht ist. Dann kann er sich aber nicht entwickeln, wenn nicht eine Heterogenität eintritt. Es müssen Gruppierungen, Verteilungen usw. stattfinden. Die einzelnen Atome müssen eine bestimmte Disposition erhalten, die bewirkt, dass sie überhaupt auf einander wirken können, und noch mehr, dass ihre Einwirkung zu einer Ordnung führt. Aus sich kann der Stoff sich nicht gruppieren, disponieren, weil er aus sich keiner Bewegung fähig ist, noch weniger sich so disponieren, dass er ein gegliedertes System bildet.

Am allerwenigsten kann eine Bewegung stattfinden, wenn unendlich viele Körper existieren. Denn der unendliche Raum wird von unendlich vielen Körpern so ausgefüllt, dass eine Bewegung unmöglich ist. Man kann auch nicht sagen, dass ein Körper den andern verdrängen und so sich Platz zur Bewegung schaffen könne, denn für den andern gilt dasselbe. Wenn also nicht an der Grenze der Welt ein leerer Raum sich findet, kann die Verschiebung nicht ohne Ende weiter gehen. So beweist schon die klare Tatsache der Bewegung in der Welt, dass sie nicht unendlich ist.

III.

Nachdem Arrhenius die Beweise Seeligers und Charliers für Endlichkeit oder Unendlichkeit des Universums wenig befriedigend gefunden hat, geht er daran, das „auffallendste Argument gegen die Endlichkeit der Welt“ darzulegen. Er führt aus:

Ebenso berechtigt wie es ist, die Bedingungen für die Unendlichkeit der Materie im Raum zu untersuchen, ebenso richtig ist es, über das Verhältnis der Materie in bezug auf die Unendlichkeit der Zeit zu erforschen. Eigentümlicherweise scheint dies von Demokritos und Kant angeregte Problem die Astronomen sehr wenig angezogen zu haben. Und doch stellen wir als die zwei Hauptsätze der Physik die Unzerstörbarkeit der Materie und diejenige der Energie auf. Wenn wir uns mit den meisten Astronomen grosse Lücken auf dem Himmelsgewölbe vorstellen, wo ein hinausgehender Lichtstrahl nie einem materiellen Punkt begegnet, er möge noch so weit laufen, so müssen durch diese Lücken die vom Strahlungsdruck hinausgetriebene Materie ebenso wie die strahlende Energie auf Nimmerwiedersehen verschwinden. Dasselbe Loos teilen auch die wandernden Sterne, welche eine zu hohe Geschwindigkeit haben, um an unser Milchstrassensystem gebunden zu sein, wie 1830 Groombridge und Arktur.

Im Laufe der unbegrenzten Zeit müsste ein solches System nicht nur seine Energie, sondern auch seine Materie einbüßen. Ein solches System kann also nicht seit unermesslicher Zeit bestanden haben. Lord Kelvin sagt auch vom Milchstrassensystem, dass wenn seine Masse 10^9 mal grösser als diejenige der Sonne und sein Halbmesser $3,09 \cdot 10^{10}$ Kilometer wäre, so würden seine Sterne, wenn sie anfänglich in Ruhe gewesen wären, nach etwa 17 Millionen Jahren zu einem Klumpen zusammengestürzt sein. Er sagt auch, dass die Sterne nicht länger als etwa 25 bis 100 Millionen Jahre leuchten können. Auf alle Fälle geben die Vertreter der Endlichkeit der Materie zu, dass die Milchstrasse einen Anfang gehabt haben muss. Nun können wir nicht annehmen, dass die Materie plötzlich (oder allmählich) aus Nichts entstanden ist, und dasselbe gilt für die Energie. Folglich muss die Milchstrasse von Körpern entstanden sein, die irgendwie, wahrscheinlich durch eine Katastrophe, scheibenförmig in sehr viele Splitter zerstreut worden sind. Man kann sich kaum eine andere Entstehungsweise dieses Gebildes vorstellen als diejenige, welche für die Bildung der Spiralnebel

angenommen wird, nämlich des Zusammenstosses zwischen zwei ungeheueren Sternen, die mit enormer Geschwindigkeit vom unendlichen Raum kommend, gegeneinander zerschellt sind.

Easton ist ja auch der Ansicht, dass die Milchstrasse eine spiralige Struktur besitzt. Die Frage ist nun, ob so grosse Sterne vorkommen. Für Arktur hat man berechnet, dass seine Masse 50 000 mal diejenige der Sonne übertrifft. Dies ist mehr als ausreichend für die 6000 Sterne von 6. Grösse oder mehr, mit welcher Seeliger gerechnet hat. Aber für alle die 10⁹ Sterne, welche Charlier und Kalvin zur Milchstrasse zählen, langt es nicht aus. Nun kann es wohl in Frage gestellt werden, ob diese Sterne im Mittel so gross sind wie die Sonne, und weiter ist die Schätzung der Masse des Arktur wahrscheinlich nur eine niedere Grenze. Absolut undenkbar ist jedenfalls eine solche Entstehungsweise nicht.

Auf alle Fälle kommt man zum Schlusse, dass das Milchstrassensystem eine nicht seit ewiger Zeit bestehende Formation ist, die durch das Zusammentreffen von aus anderen Himmelsgegenden eingewanderten Körpern entstanden ist. Wenn man annimmt, dass im Weltraum die Dichte der Materie Null ist, so ist ebenfalls die Wahrscheinlichkeit eines solchen Zusammentreffens Null, d. h. wir können uns nicht eine solche Verteilung der Materie vorstellen.

Das „auffallendste Argument gegen die Endlichkeit der Materie“ im Weltraum ist jedoch dasjenige, dass die Energie in der unendlichen Zeit von den Himmelskörpern in den leeren Raum zerstreut gewesen wäre, sodass keine leuchtenden Sterne mehr existieren könnten.

Wir sehen, dass Arrhenius die Unendlichkeit der Welt aus der Ewigkeit des Weltganges ableitet. Allerdings besteht zwischen beiden ein Zusammenhang, wenigstens, wenn die Welt aus sich ist. Dann muss sie ewig existiert haben und wird ewig existieren, wie auch nur willkürlich ihr ein bestimmter endlicher Grad von Ausdehnung zugeschrieben werden kann. Setzt man nicht ohne alle Begründung voraus, dass die Welt aus sich notwendig existiert, so braucht sie, um das Mindeste zu sagen, nicht ewig zu sein. Doch Arrhenius begründet seine Annahme.

Nun können wir nicht annehmen, dass die Materie plötzlich (oder allmählich) aus Nichts entstanden ist. Aber wer behauptet denn so etwas? Eine andere Entstehungsweise ist für ihn ausgeschlossen, eine allmächtige Ursache, deren Nichtexistenz noch niemand bewiesen hat, kann die Materie aus nichts hervorbringen, und muss sie aus nichts hervorgebracht haben, weil die Aseitität der Materie einen inneren Widerspruch in sich enthält. Diese Ursache erklärt auch allein die Ordnung der Sternensysteme, welche Arrhenius so grosse Schwierigkeit macht.

Um der Entstehung aus Nichts zu entgehen, fordert Arrhenius, dass die Milchstrasse durch Zersplitterung anderer zusammenstossender gewaltiger Sterne entstanden sei. Das ist aber keine Lösung. Denn woher diese

anderen Sterne? Wie aus zersplitterten Himmelskörpern so kunstreiche ungeheuerere Systeme entstehen können, verstärkt die Schwierigkeit, welche Arrhenius in der Entstehung der Milchstrasse findet. Jedenfalls wird damit die Frage nicht gelöst, sondern nur verschoben.

Doch Arrhenius beruft sich auf die „zwei Hauptsätze der Physik, die Unzerstörbarkeit der Materie und diejenige der Energie“, die ja gewöhnlich als Beweis für die Ewigkeit der Materie und des Weltganges angeführt werden. Aber es ist ja klar, dass wenn keine Materie vernichtet wird, daraus nicht folgt, dass sie notwendig, dass sie von Ewigkeit her existiert, ja nicht einmal, dass sie nicht vernichtet werden kann. Ausser der Materie existiert doch auch Geistiges: dieses ist unvergänglich und doch hat es einen zeitlichen Anfang gehabt. Es folgt aus jenem physikalischen Grundgesetze auch nicht, dass die Materie ewig bestehen bleibt. Das Gesetz ist empirisch und allerdings bis jetzt ausnahmslos bestätigt, aber die Unmöglichkeit der Vernichtung ist damit nicht gegeben. Freilich eine hypothetische Notwendigkeit besteht. Vernichtung einer Substanz ist durch Naturkräfte ebenso unmöglich, wie Erschaffung derselben aus Nichts. So lange also nur Naturkräfte wirken, und nur solche kennt die Physik, ist eine Vernichtung der Materie absolut unmöglich. Eine allmächtige Ursache könnte aber sie ebenso vernichten, wie sie dieselbe aus Nichts hervorbringen kann. Nun greift eine höhere übermaterielle Ursache in den Naturgang nicht ein, sondern die Wissenschaft, gestützt auf das regelmässige Geschehen, erklärt alle Naturerscheinungen durch Naturkräfte. Die allgemeine Erfahrung wird unterstützt und bedingt durch eine gewisse Notwendigkeit, denn die unendliche Kraft greift aus weisen Gründen regelmässig nicht in den Naturlauf ein, sondern bedient sich für ihre Zwecke der bestehenden natürlichen Kräfte in der Regierung der Welt. Aus weisen Gründen aber greift sie nur ein, wenn durch Naturkräfte die von ihr intendierten Ziele nicht erreicht werden können: solches tatsächliches Eingreifen in einzelnen Fällen ist aber ebenso sicher konstatiert wie die regelmässige Wirkungsweise der Natur.

Also leistet das physikalische Gesetz von der Erhaltung der Materie nichts zum Beweise für deren ewige Existenz und Wirksamkeit und noch weniger für die Unmöglichkeit einer Vernichtung, die übrigens, wie sich zeigen wird, gar nicht angenommen zu werden braucht, wenn die Welt endlich ist. Also ist der Beweis für die Unendlichkeit der Welt, welche aus jenem Gesetze sich ergeben soll, hinfällig. Dasselbe gilt aber auch, und vielleicht noch mehr, vom physikalischen Gesetze der Erhaltung der Energie. Denn viele bedeutende Naturforscher stellen neben diesen den zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmelehre, dass die in Wärme verwandelte Energie nicht mehr ganz zurückverwandelt werden könne. Und doch gehen fortwährend alle Naturkräfte in Wärmebewegung in fester Äquivalenz über. Damit wird schliesslich alle Energie in Wärme umgewandelt sein. Die Naturprozesse können nur durch Differenzen in der Stärke der

Bewegung unterhalten werden, dadurch dass sie sich ins Gleichgewicht setzen. So werden nach und nach alle Temperaturdifferenzen ausgeglichen sein, es tritt der „Wärmethod“ der Welt ein. Somit wird gerade aus diesem Gesetze die zeitliche Beschränkung des Weltganges gefolgert, der, wenn er nicht ewig dauern kann, so auch nicht von Ewigkeit beginnen konnte.

Allerdings wird diese „Entwertung der Energie“ von andern bestritten. Es lässt sich aber zeigen, dass ihre Einwände nicht beweisend sind, wie wir an anderen Orten gezeigt haben. Aber für diesen unseren Zweck reicht hin, dass die Ewigkeit der Weltbewegung nicht als sichere Stütze für die Unendlichkeit der Welt dienen kann; die Endlichkeit des Weltganges ist zum mindesten ebenso wahrscheinlich wie dessen Ewigkeit. Ein einigermaßen annehmbarer Grund für die Möglichkeit des ewigen Weltganges wäre eine unendliche Masse der Welt; diese, welche Arrhenius gerade beweisen will, muss vorausgesetzt werden, wenn nicht eine schliessliche Entwertung der Energie eintreten, wenn der Weltgang ewig sein soll.

Nun kann man doch nicht wieder die Unendlichkeit der Welt aus dem ewigen Weltgang, aus der Erhaltung der Energie beweisen.

Doch auch die absolute Gültigkeit des Gesetzes von der Erhaltung der Materie und Energie zugegeben: die Beweisführung Arrhenius' bleibt ganz verfehlt. Er führt gegen die Endlichkeit der Welt das Verschwinden der Materie und Energie an, welche durch den Strahlungsdruck in die leeren Räume ausserhalb der Welt getrieben würde. Das streitet aber mit der Erhaltung der Materie und also auch der Energie in keiner Weise. Denn diese würden ja nicht vernichtet, was durch jenes Gesetz ausgeschlossen ist, sondern nur verschoben. Doch ist diese Verschiebung durch grosse Lücken im Weltsystem nicht einmal möglich, wenn die Welt unendlich ist. Denn unendlich viele Körper füllen den Raum vollständig aus. Wenn noch grosse Lücken vorhanden sind, könnten noch sehr viele Körper vorhanden sein, die existierenden sind also nicht so viele, als sein könnten, also nicht in unendlicher Anzahl.

Man kann auch nicht sagen, sie brauchten nicht in jeder Beziehung unendlich zu sein. Denn wenn sie ewig existieren und notwendig aus sich, müssen sie schlechthin, d. h. unter jeder Rücksicht, unendlich sein.

Eine jede Einschränkung der Unendlichkeit, jede endliche Lücke, d. h. jede Zahl unter der Unendlichkeit, würde rein willkürlich angenommen, wäre ein reiner Zufall, ohne allen Grund. Ist ein Wesen hervorgebracht, so bestimmt seine Ursache seine Grösse, die Anzahl der unter einen Begriff fallenden Individuen. Existiert es aber durch sich, so ist kein Grund für eine bestimmte Grösse zwischen Endlich und Unendlich vorhanden. Für Eins und schlechthin Unendlich wären allein Gründe, wenigstens würden diese nicht willkürlich angenommen. Aber schlechthin unendlich ist ja die Welt nicht, weil sie Lücken haben soll und haben muss, damit Be-

wegung möglich sein soll. Also bleibt nur die Einheit übrig. Tatsächlich könnte auch nur eine individuelle Materie existieren, wenn sie aus sich sein soll. Aus sich sein heisst, kraft seiner Wesenheit existieren, die Wesenheit verlangt die Existenz. Nun ist doch klar, dass das Wesen der Materie keine bestimmte endliche Anzahl von Individuen verlangt, sie ist indifferent gegen jede Anzahl, es fehlt also jeder Grund für jede endliche Grösse und Zahl. Die Unendlichkeit und die Einheit scheinen am wenigsten willkürlich, aber die Unendlichkeit ist gegen die Erfahrung, also bliebe bloss die Einheit. Da aber auch die Einheit gegen die Erfahrung ist, so kann die Materie überhaupt nicht durch sich, nicht von Ewigkeit sein, wie die Beweisführung Arrhenius' annimmt.

Er hätte sich die Mühe ersparen können, aus der Ewigkeit der Materie deren Unendlichkeit zu beweisen. Beide sind mit der von ihm behaupteten und bei der Beweisführung von ihm vorausgesetzten Aseitität gegeben. Eine unerschaffene Materie muss ebenso notwendig unendlich wie ewig sein.

Doch das „Verschwinden der Materie auf Nimmerwiedersehen“ scheint, wenn auch nicht aus den von A. vorgebrachten Gründen, mit Notwendigkeit aus der Endlichkeit der Welt sich zu ergeben. Da das aber nicht tatsächlich ist, so scheint die Begrenztheit der Welt überhaupt nicht aufrecht erhalten zu sein. Darum müssen wir diesen Einwand etwas genauer prüfen.

Es ist ein mechanisches Grundgesetz, dass bewegte Massen immer nach undichteren Orten hintreiben, nach ganz leeren aber mit einer unwiderstehlichen Gewalt, wie z. B. das Wasser in den leeren, von Luft befreiten Raum der Pumpe. Dieser Raum ist aber immer nur annähernd leer. Wenn aber ausser einer endlichen Welt ein unendlich grosser leerer Raum sich fände, müsste der Lichtdruck die Massen mit Allgewalt in den absolut leeren Raum hinaustreiben.

Dagegen könnte zunächst bemerkt werden, dass der Lichtdruck ausserordentlich schwach ist, so schwach, dass man ihn Jahrtausende lang nicht gekannt hat, und er erst jetzt aufgrund sinnreicher Experimente behauptet worden ist. Seine Wirkungen können also nach dem leeren Raum in der endlichen Zeit der Beobachtung wohl nicht messbar, nicht konstant sein. Doch braucht man nur anzunehmen, dass das Universum sich in sehr schneller Bewegung befindet, wodurch die Teile einen Zusammenhalt bekommen, der durch den schwachen Lichtdruck nicht zerrissen werden kann. Ein sehr schneller Wasserstrahl hält seine Teile so fest zusammen, dass sie nur durch eine stärkere Kraft getrennt werden können.

Doch wir brauchen nicht mit Möglichkeiten zu rechnen, wo die Tatsachen sprechen. In unserem Sonnensystem spielt sich der betreffende Prozess fortwährend ab, und da ist es nicht bloss der Lichtdruck, sondern auch die Zentrifugalkraft der rotierenden Sonne und Planeten und andere sehr energische thermische, elektrische Bewegungen, welche die Materie in die leeren Räume ausserhalb des Sonnensystems zu treiben suchen.

Und doch bleibt alles an seiner Stelle zusammen. Wodurch? Die Masse der Sonne ist so gross, dass sie durch ihre Anziehung alle Planeten an sich fesselt. Was hier so im kleinen Tatsache ist, kann sich im grossen Universum wiederholen. Alle Sternensysteme im Universum sind mit einander im Gleichgewicht, alle Anziehungen, Abstossungen heben sich gegenseitig auf. Aber ihre Gesamtheit bildet eine ungeheuerere Masse, vielleicht auch eine grosse Kugel. Dieser kommt eine so starke Anziehungskraft zu, dass auch die stärksten Bewegungen innerhalb derselben bei ihrem Streben nach Gleichgewicht den Zusammenhalt nicht zerreißen können. Selbst dann nicht, wenn diese Kugel rotierte, was man gleichfalls nach Analogie mit den einzelnen Himmelskörpern annehmen kann. Es wäre dann die Analogie mit unserem Sonnensystem vollständig. Mehr oder weniger gleiche Struktur haben auch die anderen Sternensysteme; ein jedes hält aber seine Materie zusammen, also auch alle zusammen. Wenn die Meteore und Kometen einen Himmelskörper, ein System verlassen, werden sie von einem anderen aufgefangen.

Allerdings könnten vom gesamten Universum abgesprengte Teile im leeren Raume nicht aufgefangen werden. Aber die Anziehung der Gesamtmasse muss so ungeheuer sein, dass keine noch so starke Erschütterung innerhalb derselben sie überwinden kann. Die Meteore und verirrteten Kometen sind so vereinzelt, dass wenn ähnliches an der Grenze des Universums sich ereignete, bei seiner unfassbaren Ausdehnung dies von uns nicht beobachtet werden könnte. Nach und nach würde allerdings das Verschwinden im Raume zunehmen, und bei ewiger Dauer der Weltbewegung zu einer Zertrümmerung der Weltordnung führen.

Da aber von dieser noch nicht das Mindeste zu beobachten ist, so findet entweder eine Abspaltung nicht statt, oder sie hat nicht von Ewigkeit her begonnen. Der ewige Prozess wird nicht nur nicht bewiesen, sondern wird von den namhaftesten Naturforschern positiv widerlegt. Philosophische Betrachtungen erweisen eine ewige Weltbewegung als widerspruchsvoll.

Also können die Anhänger der ewigen Welt ein Abschleudern von Materie in den leeren Raum nicht festhalten und dies nicht als Einwand gegen die Endlichkeit der Welt vorbringen. Wir können eine teilweise, ja eine schliessliche Zerstreung der Materie recht wohl zugeben; sie beweist eben wie auch die Zerstreung der Energie die zeitliche Dauer des Weltprozesses und die Endlichkeit der Welt.