

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: - (1955)
Heft: 49/50

Artikel: Der Mensch an den Grenzen von Raum und Zeit
Autor: Schürer, M.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-900428>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 22.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Der Mensch an den Grenzen von Raum und Zeit

Von Prof. Dr. M. SCHÜRER, Bern

Die astronomische Wissenschaft hat vor allem auch im Gefolge der physikalischen Entdeckungen in den letzten fünf Jahrzehnten eine Entwicklung durchgemacht, die füglich an die Seite der Entwicklung der übrigen naturwissenschaftlichen Disziplinen gestellt werden darf. Vor 50 Jahren waren die fundamentalsten Fragen unserer Wissenschaft noch kaum formulierbar. Das letzte Jahrhundert war im wesentlichen dem Ausbau der Himmelsmechanik gewidmet. Ferner wurde Beobachtungsmaterial im Reich der Fixsterne gesammelt. Die Deutung dieser Beobachtungen war aber stark im Rückstand. Die Natur eines Fixsterns oder unserer Sonne und vor allem ihre Energieerzeugung und Entwicklung war noch ganz im Dunkel. Das Fixsternsystem, von dem die Milchstrasse ein durch stark verzerrte Perspektive gesehenes Abbild darstellt, war weder in seinen Abmessungen noch in seinen Bewegungsverhältnissen bekannt. Die aussergalaktischen Fixsternsysteme, deren Existenz schon Kant vermutete, wurden als solche von vielen bestritten. Die Welt als Ganzes gar wurde mehr als ein Gebiet philosophischer denn naturwissenschaftlicher Forschung betrachtet.

Wir wissen heute im grossen und ganzen, wie ein Stern aufgebaut ist, aus welchen Quellen er seine Energie schöpft und zum Teil auch wie er sich entwickelt. Die Lage von Spiralarmen in unserem Milchstrassensystem wurde bestimmt, und ein bis in Einzelheiten gehender Vergleich desselben mit dem Andromedanebel und anderen Galaxien ist möglich geworden. Das Auftreten von sog. verbotenen Linien in den Spektren fein verteilter interstellarer Gase wurde verständlich und vieles andere mehr.

Und doch möchte ich alle diese Dinge nicht als von wirklich säkularer Bedeutung ansehen. Es war dies alles eine folgerichtige Entwicklung, ohne Erschütterung der eigentlichen Grundlagen unserer Wissenschaft. In einer so alten Wissenschaft wie der Astronomie kennt man Entwicklungen, die an den Grundfesten unseres Denkens rühren, und die damit nicht nur den Naturwissenschaftler, sondern jeden Menschen angehen. Ich möchte in diesem Zusammenhange beispielsweise an die neuen Denkweisen Keplers erinnern, der die Bewegungsverhältnisse in unserem Planetensystem

nicht aus rein metaphysischen Spekulationen der alten Griechen verstanden wissen wollte, sondern sie durch Beobachtungen ergründete, oder an die Galileis und Newtons, die die rein kinematischen Theorien durch dynamische ersetzten. Eine solche Evolution von säkularer Bedeutung trat m. E. in der Astronomie um die Jahrhundertwende wieder ein, als die bisherige Raum-Zeit-Vorstellung in Frage gestellt werden musste.

Die Vorstellungen über Raum und Zeit am Ende des letzten Jahrhunderts waren fast ausschliesslich auf rein metaphysische Spekulationen gegründet. Die alten Griechen liebten das geometrisch Geformte, und für sie war die Welt in der Fixsternsphäre eingeschlossen. Andere Ansichten, wie diejenige des Demokrit und seines Lehrers Leukippos, die meinten, dass die Atome sich im unendlichen Leeren bewegten, in dem es kein Oben und Unten, keine Mitte und keine äusserste Grenze gäbe, und dass diese Bewegung der Atome von keinem Anfang aus erfolge, sondern von Ewigkeit her, konnten sich nicht durchsetzen. Auch Kopernikus hat noch eine kugelförmige Fixsternsphäre als äussere Begrenzung des Weltalls angenommen.

Im Mittelalter war es Nikolaus von Cues, der die Unendlichkeit von Raum und Zeit als Symbol einer Unendlichkeit im weiteren Sinne lehrte. «Ist das Universum räumlich unendlich, so kann es keinen Mittelpunkt haben. Die Erde kann nicht Zentrum der Welt sein. Aber auch der Fixsternhimmel kann nicht Grenze sein, denn im Unendlichen gibt es keine Grenzen», schrieb er. Und noch umstürzlerischer äusserte sich der vom Cusaner stark beeinflusste Giordano Bruno: «Es schien mir unwürdig der göttlichen Güte und Kraft, eine begrenzte Welt zu schaffen, wenn sie daneben andere und immer wieder andere, ohne Ende, erschaffen konnte, so dass ich erklärte, es gäbe eine endlose Anzahl einzelner Welten wie diese Erde.»

Kant war am Anfang seiner Philosophie ein begeisterter Anhänger der Wirklichkeit des Unendlichen. Später wurde er kritischer, und die Unendlichkeit von Raum und Zeit bildete einen der Hauptgegenstände seiner Antinomienlehre: Ueber jede mögliche Grenze strebt das Denken hinaus, das Grenzenlose aber vermag es nicht zu fassen. Um den Nachsatz dieser Kantischen Antinomie haben sich im allgemeinen die Naturwissenschaftler nicht gekümmert. Galilei und Newton wurden durch ihr induktives Denken zwangsläufig auf das Unendliche geführt. Für die Astronomen des 19. Jahrhunderts war der Raum euklidisch und bis in alle Unendlichkeit mit Materie von ungefähr gleichförmiger Dichte erfüllt, die sich mit endlicher Geschwindigkeit seit Ewigkeit an in diesem Raume bewegte.

Erste Schwierigkeiten dieser Vorstellung wurden durch den Lausanner Jean Philippe Loys de Cheseaux 1744 und durch Olbers 1826 aufgewiesen. Olbers schrieb: «Sind wirklich im ganzen unendlichen Raum Sonnen vorhanden, sie mögen nun in ungefähr gleichen Ab-

ständen von einander oder in Milchstrassen-Systemen verteilt sein, so wird ihre Menge unendlich, und da müsste der Himmel eben so hell sein, wie die Sonne. Denn jede Linie, die ich mir von unserm Auge gezogen denken kann, wird notwendig auf irgend einen Fixstern treffen, und also müsste uns jeder Punkt am Himmel Fixsternlicht, also Sonnenlicht zusenden.» Diese erste Schwierigkeit



Aeussere Region des Grossen Andromedanebels

Die Sternwolken der äusseren Partien des Grossen Andromedanebels M 31, der als benachbartes Milchstrassensystem in einer Entfernung von rund 2 Millionen Lichtjahren liegt, lassen sich heute mit den grössten Instrumenten weitgehend in Einzelsterne auflösen. 1923 gelang es Hubble, in diesem fernen Sternsystem einen ersten Delta-Cephei-Stern zu finden, wie wir sie auch in unserer Milchstrasse kennen, und 1926 konnte er allgemein die Sternnatur der aussergalaktischen Nebel nachweisen. (Aufnahme mit 5 m Hale-Teleskop des Palomar Mountain Observatoriums.)

liess sich jedoch noch leicht durch den Hinweis auf eine mögliche Absorption des Sternenlichts im interstellaren Raum beheben, wie dies übrigens schon Loys de Cheseaux und Olbers vorschlugen.

Grössere Schwierigkeiten bereitet die Schwerkraft. Die Anziehungskraft nimmt mit dem Quadrat der Entfernung von dem anziehenden Körper ab, aber in einem mit endlicher Materiedichte erfüllten unendlichen Raume wachsen die anziehenden Massen mit

der dritten Potenz der Entfernung, so dass die Kräfte linear mit der Entfernung der betrachteten Massen zunehmen. Eine Absorption der Schwerkraft durch irgendwelche Medien ist nicht bekannt. Die unendlich vielen Massen im unendlichen Raum üben auf einen Punkt nach allen Seiten hin unendlich grosse Anziehungskräfte aus, deren Resultierende damit völlig unbestimmt wird. Auf diese Schwierigkeit haben C. Neumann und H. von Seeliger aufmerksam gemacht. Neumann schreibt: «Nimmt man also an, das Meer der Sterne reiche nach allen Seiten ins Unendliche, und die mittlere Dichtigkeit dieses Meeres sei constant, so wird, bei Zugrundelegung des Newton'schen Gesetzes die von diesem Sternenmeer auf unsere Erdkugel ausgeübte Kraft völlig unbestimmt sein, nämlich jede beliebige Richtung und Stärke haben können. Das Newton'sche Gesetz führt also in dem vorausgesetzten Fall zu einem absurden Resultat, und ist daher auf diesen Fall nicht anwendbar.» Seeliger kam zum Schluss: «Es wird deshalb nothwendiger Weise zwischen den beiden Annahmen eine Wahl zu treffen sein: 1. die Gesamtmasse des Weltalls ist unermesslich gross, dann kann das Newton'sche Gesetz nicht als mathematisch strenger Ausdruck für die herrschenden Anziehungskräfte gelten, 2. das Newton'sche Gesetz ist absolut genau, dann muss die Gesamtmaterie des Weltalls endlich sein oder genauer ausgedrückt, es dürfen nicht unendlich grosse Theile des Raumes mit Masse von endlicher Dichtigkeit erfüllt sein.» An der weiteren Voraussetzung des unendlichen euklidischen Raumes wurde also nicht im geringsten gezweifelt, obschon ein junger Mathematiker, B. Riemann, um die Mitte des letzten Jahrhunderts in seinem Habilitationsvortrag die Möglichkeit erwogen hatte, dass die Materie die Raumstruktur bedingen könne.

Dieser Gedanke wurde erst im Jahre 1915 durch Albert Einstein in seiner allgemeinen Relativitätstheorie wieder aufgenommen und auf die Wirklichkeit angewandt. Die Schwerkraft ist nach Einstein nicht mehr als Gravitationsfeld in den euklidischen Raum eingebettet, sondern Ausfluss der Raumstruktur selbst, als Folge der nichteuklidischen Weltgeometrie. Im grossen sind geschlossene Räume mit endlichem Volumen, aber ohne Grenzen denkbar. Was kann der Astronom heute über den von ihm überblickbaren Teil des Weltalls aussagen?

Die Geschichte der Astronomie ist die Geschichte von den sich weitenden Horizonten. Genau vor 200 Jahren hat schon Kant die beobachteten Nebelflecken am Himmel in seiner «Allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels» als Fixsternsysteme ähnlich unserem Milchstrassensystem erkannt, die sich in unermesslichen Abständen vom Auge des Beobachters befinden. Lange wurden an dieser Erklärung Zweifel gehegt, bis es in unserm Jahrhundert gelang, diese unermesslichen Abstände doch zu messen. 1917 entdeckte Ritchey im Spiralnebel NGC 6946 eine Nova von $m = 14,6$. Wegen ihrer scheinbar geringen Helligkeit musste sich diese und damit der Nebel in sehr grosser Entfernung befinden. 1923

wurde erstmals einwandfrei ein δ -Cepheistern durch Hubble im Andromedanebel erkannt. 1926 konnte er auch die Sternnatur einzelner Objekte in verschiedenen Spiralnebeln beweisen und Nebel auflösen.

Mit der Auflösung der Nebel in Einzelsterne waren nun aber auch einigermaßen zuverlässige Entfernungsbestimmungen möglich. Wir können uns heute vom Reich der Nebel etwa folgendes Bild



Zentralpartie des Spiralnebels M 33 im Sternbild Dreieck

Aehnlich wie beim Grossen Andromedanebel, lassen sich auch bei dieser fernen Welteninsel, die auch in einer Entfernung von etwa 2 Millionen Lichtjahren liegt, auf photographischem Wege grosse Teile in Einzelsterne auflösen. Dazwischen sind, leicht erkennbar, Dunkelnebel eingebettet, wie sie auch in unserem Milchstrassensystem vorkommen. (Aufnahme mit 5 m Hale-Teleskop des Palomar Mountain Observatoriums.)

machen: Extragalaktische Nebel sind Sternsysteme mit 1 Milliarde bis 100 Milliarden Sternen, einem Durchmesser von 10 000 bis 100 000 Lichtjahren und gegenseitigen Entfernungen von etwa 1 Million Lichtjahren. Verkleinern wir in Gedanken ein Sternsystem

auf die Grösse einer Schweizer Stadt, wie Genf, Bern, Basel oder Zürich, so gibt uns die Verteilung dieser Städte auch ungefähr die richtige Lage der Sternsysteme in unserem Bilde. Lassen wir noch jeden ihrer Bewohner ungefähr eine Million schwächster Lichtlein tragen, so dass die Gesamthelligkeit etwa 100 bis 200 Kerzenstärken beträgt, so würde eine solche Schweizerstadt am Himmel wie ein extragalaktisches System aussehen.

Die Sternsysteme sind in dem von uns überblickbaren Raume ungefähr gleichmässig verteilt, wenn man von der ausgesprochenen Tendenz zu Haufenbildungen absieht. Objekten von 100 Millionen Lichtjahren Entfernung entsprächen in unserm Bilde Städte in 10 000 km Distanz, also etwa New York, Rio de Janeiro, Kapstadt und Kalkutta. Mit 200 Millionen Lichtjahren kommen wir in unserm Bilde bis zu den Antipoden, und für alle weiteren Galaxien haben wir für die Darstellung auf unserer Erde keinen Platz.

Dieses scheinbare Versagen unserer anschaulichen Darstellung kommt uns nun sehr gelegen. Wir haben gesehen, dass ein unendlich grosses Weltall mit homogener Materieverteilung mechanische Schwierigkeiten zur Folge hat. Wenn wir an dem «kosmologischen Prinzip» festhalten, dass jeder Beobachter, wo in der Welt er auch sei, den gleichen Anblick vom Weltall habe (abgesehen von unwesentlichen Zufälligkeiten), so gibt es als einen Ausweg aus dieser Schwierigkeit die Vorstellung des nichteuklidischen endlichen Raumes ohne Grenzen, analog der Kugelfläche unserer Erde. Es könnte sein, dass wir beim Auffüllen unseres Weltalls mit Galaxien plötzlich keinen Platz mehr finden.

Gibt es in den Beobachtungen Anzeichen, die für ein solches geschlossenes Weltall sprechen? Sicher ist der «Radius» dieses Raumes grösser als unsere 200 Millionen Lichtjahre, und es gibt Gründe, ihn etwa 20 mal so gross anzunehmen. Die direkten Beobachtungen müssen mindestens um das 100fache verfeinert werden, um diese Frage entscheiden zu können. Der direkteste Beweis, das Erblicken ein und derselben Galaxie in zwei entgegengesetzten Richtungen liegt noch völlig ausserhalb unserer Möglichkeiten.

Die Kosmologie darf sich nicht allein auf die beobachtete räumliche Verteilung der Nebel stützen, sondern muss auch deren Bewegungen in Betracht ziehen. Die Eigenbewegungen der Nebel sind, wegen ihrer grossen Entfernungen, unmessbar klein. Radialgeschwindigkeiten können auf Grund des Dopplereffektes jedoch verhältnismässig leicht gemessen werden. 1912 bestimmte Slipher erstmals die Radialgeschwindigkeit des Andromedanebels. 1918 entdeckte Wirtz auf Grund von 15 gemessenen Radialgeschwindigkeiten, dass die positiven, d. h. die von uns weg gerichteten, bei weitem überwiegen, und 1929 hat Hubble die Geschwindigkeits-Entfernungsbeziehung in ihrer heute gültigen Form aufgestellt. Danach wächst die positive Radialgeschwindigkeit linear mit der Entfernung und zwar nach den letzten Zahlen um 180 km/sec pro Million Parsec oder um 55 km/sec pro Million Lichtjahre Entfernung.

Die Welt der Spiralnebel befindet sich in einer gewaltigen Expansion, die, wenn eine so weit gehende Extrapolation erlaubt ist, vor 5,5 Milliarden Jahren begonnen haben muss. Auch diese Expansion lässt uns auf Grenzen des Weltalls schliessen. Es sind heute schon Radialgeschwindigkeiten von 61 000 km/sec, also mehr als $\frac{1}{5}$ Lichtgeschwindigkeit gemessen worden, entsprechend einer Entfer-



Spiralnebel-Haufen im Sternbild Coma Berenice

Innere Partie eines der uns nächstliegenden Spiralnebel-Haufens in einer Entfernung von rund 120 Millionen Lichtjahren. Alle diffusen Objekte auf dieser Aufnahme sind aussergalaktische Sternsysteme, auf der Originalplatte erkennt man mindestens deren 50. Die Nebel sind zahlreicher als die zu unserem Milchstrassensystem gehörenden «Vordergrund»-Sterne. (Aufnahme mit 5 m Hale-Teleskop des Palomar Mountain Observatoriums.)

nung von 1,1 Milliarden Lichtjahren. Wenn sich die Entfernungsgeschwindigkeits-Beziehung auch weiterhin bestätigt, so müssen Nebel in 5,5 Milliarden Lichtjahren Entfernung sich mit Lichtgeschwindigkeit von uns fort bewegen, und alles, was darüber hinaus liegt, wäre für uns prinzipiell unerreichbar, und man darf füglich sagen, dass diese Objekte ausserhalb unserer Welt lägen.

Lange bevor genügend Beobachtungstatsachen vorlagen, hatte schon 1916 de Sitter auf die Möglichkeit nichtstatischer Welten aufmerksam gemacht, auf geschlossene Welten mit ständig zunehmendem Radius. Friedmann und Lemaître haben diese Ueberlegungen verallgemeinert. Seither sind weitere Weltmodelle aufgestellt worden, die zum Teil auf klassischem Boden stehen und einen unendlichen euklidischen Raum annehmen. Befriedigender sind jedoch m. E. relativistische Modelle mit endlichen aber unbegrenzten Räumen, wobei sich der Radius der letzteren ungefähr oder genau mit Lichtgeschwindigkeit vergrössert. Eine Entscheidung für ein bestimmtes Weltmodell steht noch aus.

Ein Anfang und ein Ende der Zeit sind ebensowenig denkbar, wie eine Grenze des Raumes. Andererseits führt uns auch die Vorstellung einer ewig währenden Zeit in Schwierigkeiten. Wir haben schon gesehen, dass die expandierende Welt bei Annahme gleichbleibender Expansion höchstens um 5,5 Milliarden Jahre zurück verfolgt werden kann. Man wäre geneigt, dieses merkwürdige Resultat durch Aenderung der genannten Annahme zu vermeiden, wenn nicht eine ganz andere Naturerscheinung auf fast genau dieselben Zahlen führen würde. Durch natürliche Radioaktivität zerfallen bekanntlich einige chemische Elemente mit grosser Regelmässigkeit und uneinflussbar durch noch so grosse äussere mechanische oder elektromagnetische Kräfte. Die Geschwindigkeit des Zerfalls wird durch die sog. Halbwertszeit ausgedrückt, das ist die Zeit, in der sich die Hälfte einer bestimmten Menge radioaktiver Atome in ein anderes chemisches Element verwandelt hat. So besitzt das noch relativ häufige Uran 238 eine Halbwertszeit von $4,5 \cdot 10^9$ Jahren. Wir schliessen daraus, dass der Zerfall des Urans nicht wesentlich länger als $5 \cdot 10^9$ Jahre gedauert haben kann, da schon nach 10 Halbwertszeiten, also $45 \cdot 10^9$ Jahren nur noch 1 % der ursprünglichen Menge vorhanden sein darf. Andererseits sind die Elemente Uran 235 und Kalium 40 mit den Halbwertszeiten $7 \cdot 10^8$ und $1,3 \cdot 10^9$ Jahren so selten, dass wir annehmen dürfen, dass ihr Zerfall vor mehreren Halbwertszeiten eingesetzt hat. $5 \cdot 10^9$ Jahre kann deshalb auch nicht weit von einer unteren Grenze entfernt sein. Quantitativ genauere Untersuchungen der Häufigkeit radioaktiver Elemente und ihrer Zerfallsprodukte schränken die Grenzen noch mehr ein und führen auf eine Zerfallszeit von ungefähr $5 \cdot 10^9$ Jahren.

Andere Methoden der Altersbestimmung ergeben sich aus Betrachtungen über die Sternentwicklung und die Entwicklung des Planetensystems und der Sternsysteme. Wenn diese Methoden auch weniger genau als die erstgenannten sind, so sind ihre Resultate zum mindesten nicht im Widerspruch mit dem Alter von 5 Milliarden Jahren. Was vor dieser Zeit war, und ob man diesen Zustand noch in der Zeit befindlich sich denken soll, ist eine Frage, die sich physikalischer Erfahrung wohl vollständig und für immer entzieht.

Aber auch nach vorwärts in die Zukunft stossen wir auf unüberschreitbare Grenzen. Alle Entwicklung strebt einem Gleichgewichts-

zustande zu. Ist dieser erreicht, so bleibt er nach unserem Wissen ohne äussere Einwirkung ewig erhalten. Eine Veränderung ist nicht mehr möglich, und die Zeit scheint damit auch wieder ihren Sinn verloren zu haben.

Diese Begrenzungen nach rückwärts und vorwärts mögen einige junge englische Kosmologen veranlasst haben, ein «vollkommenes kosmologisches Prinzip» aufzustellen, nach welchem nicht nur die Beobachter an verschiedenen Orten, sondern auch zu verschiedenen Zeiten denselben Zustand des Weltalls beobachten. Eine Konsequenz dieses Prinzips ist die beständige Neuschaffung von Materie. Es dürfte schwer sein, sich mit diesem Prinzip anzufreunden und es entzieht sich zudem bisher jeder Erfahrung.

Wir haben die Fragen, die in unserm Thema enthalten sind, nicht beantworten können. Das war auch nicht unser Ziel. Es galt vielmehr zu zeigen, dass die Fragen nach den Grenzen von Raum und Zeit nicht mehr allein in den Bereich metaphysischen Denkens gehören, sondern dass ihre Beantwortung zum mindesten naturwissenschaftliche Beobachtungen und Gesetze nicht missachten darf. Sie lassen uns Grenzen ahnen, Grenzen unserer Raum-Zeit-Welt oder vielleicht ebenso unübersteigbare unseres Geistes.

Die zweite Hälfte unseres Jahrhunderts hat mit neuen Anstrengungen begonnen, das kosmologische Problem zu lösen. Das Riesensystem auf Palomar Mountain wurde letzten Endes für diesen Zweck gebaut. Von der Radioastronomie erhofft man neue Einblicke in die Tiefen des Raumes, und die Strahlungsempfänger selbst werden nach den neuesten Fortschritten der elektronischen Technik gebaut und erprobt. Wenn man bedenkt, dass diese Anstrengungen weder die leiblichen noch die kriegerischen Bedürfnisse des Menschen auch nur im geringsten befriedigen, dann kann dies vielleicht das oftmals verzerrte Bild von der naturwissenschaftlichen Geisteshaltung in unserem Jahrhundert korrigieren helfen.

L'homme face aux limites de l'espace et du temps

(Résumé)

Il y a encore 50 ans, l'Univers était plutôt un objet de discussions philosophiques que de recherches scientifiques: on ignorait la nature des nébuleuses dites aujourd'hui extra-galactiques, les propriétés de l'espace interstellaire et de l'espace tout court. Au cours de la première moitié de notre siècle, bien des points ont été éclaircis: mais ce furent surtout des améliorations de notre connaissance, des explications de faits d'observation. En Astronomie, science vieille de plusieurs millénaires, les vraies évolutions de portée séculaire sont très rares; citons seulement celle survenue au temps de Képler-

Galilée-Newton, et, tout récemment au début de ce siècle, celle qui remet en cause toutes nos notions de l'espace et du temps.

Nicolas de Cusa et Giordano Bruno, à la fin du moyen-âge, furent les premiers à parler d'un Univers infini. Puis Kant, il y a 200 ans, put déjà dire: «La pensée humaine tend à dépasser toute limite possible mais ne peut se représenter l'infini». Presqu'en même temps, Jean Philippe Loys de Cheseaux (de Lausanne) en 1744 et Olbers en 1826 jugeaient impossible l'existence d'un Univers infini pavé régulièrement d'étoiles. Plus près de nous, Neumann et Seeliger se voyaient devant cette alternative: ou 1^o la masse totale de l'Univers est infinie: ce qui implique l'inexactitude de la loi de gravitation de Newton ou 2^o la loi de Newton est juste: et alors il est impossible que des régions infinies de l'espace renferment de la matière de densité finie.

Ce fut Albert Einstein en 1915 qui sut sortir de ce dilemme en abandonnant la géométrie euclidienne pour celle de Riemann qui conduit à un Univers d'un volume fini non borné.

Les observations astronomiques de ces 30 dernières années ont permis de découvrir le monde des galaxies lointaines et d'en évaluer les distances. Mais il faudrait une précision 100 fois meilleure pour décider de la vraie structure de l'Univers. D'après les faits d'observation il aurait un «rayon» de quelques milliards d'années-lumière et serait en état d'expansion à raison de 55 km/sec et par million d'années-lumière de distance de l'objet considéré. En sorte qu'à une distance de 5.5 milliards d'années-lumière, les nébuleuses s'éloigneraient de nous à la vitesse de la lumière. Et au-delà de cette «limite» nous ne pourrions donc plus voir aucune galaxie.

Si cette expansion s'était toujours effectuée selon cette loi, l'Univers aurait eu un rayon nul il y a 5.5 milliards d'années. L'étude des éléments radioactifs et celle de l'évolution des étoiles conduisent à une valeur semblable pour l'âge de l'Univers. Que fut le monde avant? ... Nous ne le saurons jamais.

«Nous n'avons pu répondre aux questions que nous venons de soulever. D'ailleurs là n'était pas notre but. Il s'agissait plutôt de montrer que le problème n'appartient plus seulement au domaine des spéculations métaphysiques, mais qu'il faut tenir compte, pour le traiter, des lois et des observations scientifiques. Cela nous fait entrevoir des bornes, bornes de notre monde de temps et d'espace, ou peut-être celles, aussi infranchissables, de notre esprit.

La seconde moitié de notre siècle a vu naître de nouveaux efforts pour résoudre le problème cosmologique. C'est au fond pour cette raison que le géant du Palomar a été créé. On attend de la radio-astronomie de nouvelles vues sur les profondeurs de l'Univers; mêmes espoirs avec les nouveaux récepteurs d'énergie rayonnante, basés sur les progrès les plus récents de la technique électronique.

Tous ces efforts, qui ne satisfont nullement des besoins matériels ni guerriers, ne pourraient-ils pas aider à corriger l'image souvent déformée que bien des gens se font de l'esprit qui guide de nos jours les recherches scientifiques?»

Literaturverzeichnis

Wilh. Capelle, Die Vorsokratiker, Kröner Verlag, Stuttgart 1953.

Imm. Kant, Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels, Königsberg und Leipzig 1755.

J. Ph. Loys de Cheseaux, Traité de la Comète de 1743/44, Lausanne 1744.

Wilh. Olbers, Ueber die Durchsichtigkeit des Weltraums, Astron. Jahrbuch für das Jahr 1826.

C. Neumann, Ueber das von Weber für die elektrischen Kräfte aufgestellte Gesetz, Abh. d. math.-phys. Kl. d. kgl.-sächs. Wiss. 1874.

H. v. Seeliger, Ueber das Newton'sche Gravitationsgesetz, Astr. Nachr. 137, 1895.

B. Riemann, Ueber die Hypothesen, welche der Geometrie zu Grunde liegen, neu herausgegeben von H. Weyl, Berlin 1919.

A. Einstein, Kosmologische Betrachtungen zur allgemeinen Relativitätstheorie, Sitzber. d. preuss. Akad. d. Wiss. 1917.

E. Hubble, A relation between distance and radial velocity among extragalactic nebulae, Proc. Nat. Acad. of Sciences of the USA, Vol. 15, 1929.

E. Hubble, Das Reich der Nebel, deutsche Ausgabe, Verlag Vieweg & Sohn, Braunschweig 1938.

H. Bondi und T. Gold, The steady-state theory of the expanding universe, Monthly Notices 108, 1948.

P. Couderc, L'expansion de l'Univers, Presses Universitaires de France 1950.
