ORDEN POUR LE MÉRITE
FÜR WISSENSCHAFTEN UND KÜNSTE

REDEN UND GEDENKWORTE

SIEBTER BAND
1965/66

VERLAG LAMBERT SCHNEIDER · HEIDELBERG

REDE VON

HANS KIENLE

HANS KIENLE

MENSCH UND KOSMOS

Vor nunmehr gerade acht Jahren wurde der erste Sputnik auf eine Umlaufbahn um die Erde gebracht, vier Jahre später umrundete Gagarin in einer Raumkapsel als erster Mensch die Erde, und vor erst wenigen Monaten verließ ein sowjetischer Kosmonaut das Zweimann-Raumfahrzeug, um schwerelos, im Raume schwebend, nur durch eine Leine mit seinem Gefährt verbunden, Purzelbäume zu vollführen, die über alle Fernsehschirme der Erde beobachtet werden konnten. Als die Mannschaft des Raumschiffs Woschod I nach glücklicher Landung einige Tage später auf dem Roten Platz in Moskau die Huldigungen einer begeisterten Menschenmenge entgegennahm, konnte man aus ihrem Munde die stolze Botschaft vernehmen, nur der Sowjetmensch sei, getragen von dem Glauben an die Partei und dem Vertrauen auf die Leistungen der sowjetischen

Wissenschaft und Technik, solcher spektakulären Leistungen fähig.

Das Atomzeitalter, eingeleitet durch die Spaltung des Urans am Vorabend des Zweiten Weltkrieges, in seinen schrecklichen Möglichkeiten verdeutlicht durch die Bomben auf Hiroshima und Nagasaki, hat einen neuen Aspekt bekommen durch den Griff des Menschen nach dem Mond und den Sternen. Weltraumforschung – Weltraumfahrt sind die neuen Schlagworte, die die rivalisierenden Machtblöcke auf der Erde zu höchsten Leistungen anspornen.

C. F. von Weizsäcker hat für die mit der Freimachung der in den Atomkernen schlummernden Energien verbundenen Probleme die Formel geprägt: »Mit der Atombombe leben«. Max Born hat über die Weltraumfahrt das vernichtende Urteil gefällt: »Ein Triumph der Technik – ein Versagen der Vernunft«. Ich selbst habe mich in dem gleichen Zusammenhang mit der Feststellung begnügt: »Der einmal entfesselte Prometheus läßt sich nicht wieder in Ketten legen«.

Mensch und Kosmos – wie wollen wir diese Gegenüberstellung verstehen? Wenn mit Kosmos nur das gemeint ist, was sonst wohl auch als »Universum« oder als »Weltall« bezeichnet wird, letzten Endes also einfach die Summe des rein materiellen Seins, dann bleiben unsere Überlegungen im Bereich der exakten Naturwissenschaften. Der Mensch ist in seiner animalischen Existenz zwar ein Teil der Natur, steht aber als ichbewußtes, vernunftbegabtes Wesen der Welt gegenüber und bemüht sich, die Struktur eben dieser Welt und die Gesetze, nach denen sie sich verändert, zu ergründen.

Bedeutet Kosmos aber nicht mehr als die Summe von Elementarteilchen, deren Wechselspiel das Werden und Vergehen seiner Gestalten bestimmt? Und ist nicht auch der Mensch doch

mehr als nur eine der vielen wechselnden Formen, zu denen sich Elementarteilchen vorübergehend zusammenfinden und für ein Leben lang sein Fühlen, Denken, Handeln bestimmen?
In diesem erweiterten Sinn wird das Thema Mensch und Kosmos zum Gegenstand philosophisch-theologischer Spekulationen, die den tieferen Sinn des Schauspiels, das die Welt uns darbietet, verstehen wollen und Werte setzen, die anderen Bereichen als denen der exakten Wissenschaften angehören.

Das kleine Kind greift mit den Händen nach dem Mond, der durch das Fenster herein scheint, wie nach dem Ball, den man ihm vor die Augen hält; es muß erst durch Erfahrung lernen, daß dieser einem Spielball gleichende Gegenstand weit außerhalb der Griffweite seiner Hände liegt. Wenn es später, größer geworden, den Mond am Himmel sieht, dann meint es, dieser Mond wandere mit ihm, über Berge und Täler und Wälder hinweg; und es bedarf einiger gedanklicher Anstrengung, um zu der Erkenntnis zu gelangen, daß diese scheinbare Bewegung des Mondes gegenüber der umgebenden Landschaft nur die Widerspiegelung der eigenen Bewegung, die Folge der Veränderung des eigenen Standortes in dieser Landschaft ist. Das kleine Mädchen der alten Schullesebuch-Geschichte, das mit seinem Schüsselchen dahin läuft, wo der Regenbogen aus der Erde aufzusteigen scheint wie der Pfeiler einer Brücke, um das Gold einzufangen, aus dem dieser Bogen gebildet ist, weiß noch nicht, daß diese ganze wunderbare Erscheinung nur durch Brechung der Lichtstrahlen in den Wassertröpfchen einer von der Sonne in seinem Rücken beschienenen Regenwand zustande kommt und überhaupt keine greifbare, reale Existenz besitzt.

Eigene Erfahrung und Belehrung durch die Erwachsenen lassen allmählich in der Vorstellung des heranreifenden Menschen das Bild der Welt entstehen, das die Wissenschaft entworfen hat.
Dies ist das eine: fortgesetzte Abstraktion und Objektivierung, Absehen von den primären Sinneseindrücken, Elimination des Subjektes aus den Beobachtungen. Auf diesem Weg ist man von der naiven Anschauung, daß die Erde eine flache Scheibe sei, über der die kristallene Himmelsglocke mit Sonne, Mond und Sternen sich wölbt, zu der Vorstellung einer frei im Raume schwebenden Kugel gelangt und hat verstehen gelernt, daß unsere Antipoden nicht mit dem Kopf nach unten hängen, sondern ebenso wie wir selbst mit den Füßen fest auf der Erde stehen, daß oben und unten keine absoluten Richtungen im Raume sind, sondern »unten« immer nur die Richtung nach dem Mittelpunkt der Erde bedeutet.

Zu der fortgesetzten Abstraktion und Objektivierung gesellt sich ein zweites: fortgesetzte Extrapolation, Übertragung der in unserem unmittelbaren Erfahrungsbereich aufgedeckten gesetzmäßigen Zusammenhänge zwischen den Naturerscheinungen auf andere, größere Bereiche, bis zur Ausweitung der Gültigkeit dessen, was wir »Naturgesetze« nennen, auf die ganze Welt.
Wenn die Kraft, die den Apfel zur Erde fallen läßt, die gleiche ist wie die, die den Mond in seiner Bahn um die Erde hält, dann muß das von Newton aufgestellte Gravitationsgesetz – so extrapolieren wir – auch die Bewegungen aller anderen Himmelskörper, nicht nur der Planeten und ihrer Monde in unserem Sonnensystem, sondern auch der Komponenten von Doppelsternen und mehrfachen Sternsystemen in den weitesten Tiefen des Weltalls beherrschen.

Wenn die Linien im Spektrum einer irdischen Lichtquelle eindeutig bestimmten Elementen zugeordnet werden können, wie Bunsen und Kirchhoff gezeigt haben, dann sollte sich die auf solche Gesetzmäßigkeit gegründete Spektralanalyse auch auf außerirdische Lichtquellen, auf die Sonne und die Sterne übertragen lassen.
Der Kosmos wird damit zu einem einzigen großen Laboratorium, in dem vielfach mit Massen und Energien operiert wird, wie sie dem experimentell arbeitenden Physiker und Techniker auf der Erde nicht zur Verfügung stehen. Die in dem beschränkten Erfahrungsbereich auf der Erde gewonnenen Erkenntnisse und die daraus abgeleiteten Theorien können in diesem kosmischen Laboratorium im weitesten Spielraum der Massen und Kräfte geprüft werden, von der Wechselwirkung einzelner Elementarteilchen bis zur Kollision und Explosion ganzer aus Milliarden Sonnen bestehender Galaxien. Die rapide Entwicklung der Kernphysik und der Hochenergiephysik in den letzten drei Jahrzehnten mit ihren Auswirkungen auf die Technik wäre kaum denkbar ohne die Anregung durch die kosmischen Vorbilder: den Atomreaktor im Innern der Sonne als Quelle der verschwenderisch in den Raum ausgestrahlten Strahlungsenergie und die auf der Wirkung kosmischer Magnetfelder beruhenden Mechanismen, die die Teilchen der Höhenstrahlung mit den hohen Energien ausstatten, die wir bei ihrem Auftreffen auf irdische Materie beobachten.

Herrscht Einmütigkeit unter den Naturforschern darüber, daß die Extrapolation des Anwendungsbereiches der Naturgesetze auf den ganzen Kosmos ein gültiges Prinzip zur Erforschung der Vorgänge in der Welt sei, so sind im Zuge der Entwicklung der Quantentheorie einige Zweifel aufgetreten, ob auch das

die gesamte klassische Physik beherrschende Prinzip von Ursache und Wirkung solch unbedingte Gültigkeit besitze, wenn wir in den Bereich des Unendlich-Kleinen, der Elementarteilchen vorstoßen. Wenn, wie die Heisenbergsche Unschärferelation will, es nicht möglich ist, Ort und Geschwindigkeit eines Teilchens zugleich mit beliebig großer Genauigkeit in dem üblichen Schema von Raum und Zeit festzulegen, sondern nur innerhalb eines durch das Plancksche Wirkungsquantum abgegrenzten Bereiches; wenn, wie die Beobachtung des radioaktiven Zerfalls lehrt, man immer nur angeben kann, wie viele Atome einer vorgegebenen Menge in einer bestimmten Zeit zerfallen, nicht aber die Atome, die zerfallen werden, einzeln individuell fixieren kann; wenn, um es ganz allgemein zu formulieren, die letzten Grundgleichungen, die die Vorgänge in der Welt des Unendlich-Kleinen beschreiben, nur noch Wahrscheinlichkeitsfunktionen enthalten und die im Großen gültigen Naturgesetze dadurch mehr oder weniger statistischen Charakter bekommen – dann kann von einem strengen Determinismus im klassischen Sinne nicht mehr gesprochen werden. Ob darin, wie manche meinen, ein Ansatzpunkt für die Lösung des Problems der Willensfreiheit des Menschen gesehen werden kann, ob über die Unbestimmtheitsrelation dem Glauben der Weg wieder frei gemacht wird, den der dialektische Materialismus blockiert hat, ob vielleicht sogar durch diese Lücke das Wunder als Durchbrechung streng kausaler Naturgesetzlichkeit wieder Eingang finden kann in die Vorstellungswelt unserer Zeit – das steht für uns hier nicht zur Diskussion.

Die Verbindung mit der Welt außerhalb unser selbst wird hergestellt durch unsere Sinnesorgane: wir können Gegenstände sehen und betasten, können Töne und Geräusche wahrnehmen,

können Wärme und Kälte empfinden, können riechen und schmecken. Aus Sinneseindrücken entsteht in unserer Vorstellung ein subjektives Bild der Welt, eingeordnet in das Schema von Raum und Zeit, das uns als apriori-Form der Anschauung eingeprägt ist. Dieses subjektive Bild der Welt durch Abstraktion zu objektivieren, aus der Vielfalt der subjektiven Eindrücke vieler Einzelner eine allgemein verbindliche Vorstellung zu gewinnen, was und wie die Welt »wirklich« ist – das ist der Sinn der Wissenschaft.

Wir beobachten Phänomene innerhalb der Welt unserer Sinne und Zusammenhänge zwischen diesen Phänomenen, Vorgänge, die sich in unserem subjektiven Raum-Zeit-Rahmen abspielen, und können aus diesen Beobachtungen Gesetzmäßigkeiten ableiten. Von diesen empirischen Gesetzmäßigkeiten fortzuschreiten zur Formulierung der Gesetze, nach denen das Geschehen in der realen Außenwelt abläuft – das ist die Aufgabe des Theoretikers. Heinrich Hertz hat es einmal so formuliert: »Wir machen uns innere Scheinbilder oder Symbole der äußeren Gegenstände, und zwar machen wir sie von solcher Art, daß die denknotwendigen Folgen der Bilder stets wieder die Bilder seien von den naturnotwendigen Folgen der abgebildeten Gegenstände.«

Für das Folgende wollen wir von dem absehen, was man gemeinhin mit »Sinnestäuschungen« bezeichnet – daß wir etwa Sterne funkeln sehen, wenn wir einen Schlag gegen das Auge bekommen – sondern wollen nur »echte« Wahrnehmungen in Betracht ziehen. Wenn wir uns außerdem noch auf den Aspekt der Welt beschränken, der Gegenstand der astronomischen Forschung ist, dann bleibt als Sinnesorgan im Grunde nur das Auge übrig und als Medium der Kommunikation mit den Sternen das von diesen kommende Licht, das Bilder auf der

Netzhaut des Auges erzeugt. Von diesen Bildern auf der Netzhaut müssen wir auf den Ort im Raum schließen, von dem das Licht seinen Ausgang nahm. Dabei operieren wir mit den Lichtstrahlen nach den Gesetzen der geometrischen Optik und setzen voraus, daß Lichtstrahlen als gerade Linien betrachtet werden dürfen.

Durch das Bild auf der Netzhaut ist nur die Richtung fixiert, aus der das Licht kommt, es kann primär nichts über die räumliche Lage des Ursprungsortes der Strahlen aussagen. Der Einäugige sieht die Welt daher nur flächenhaft, für ihn projizieren sich alle Objekte auf einen Hintergrund in unbestimmter Entfernung, er hat keinen unmittelbaren Eindruck von »Tiefe«. Nur beidäugiges, »stereoskopisches« Sehen, die Kombination der Netzhautbilder zweier Augen, die einen gewissen Abstand voneinander haben, vermittelt einen Eindruck von der relativen Lage der Objekte zueinander im Raum.
Es gibt noch einen anderen Effekt, der zwar nicht unmittelbar ein echtes räumliches Bild erzeugt, aber doch eine Vorstellung von räumlicher Tiefe vermittelt: die Perspektive. Alle Gegenstände werden mit der Entfernung vom Beobachter scheinbar kleiner, die Bäume zu beiden Seiten der Landstraße, die Telegraphenmasten entlang der Bahnlinie; die Straße erscheint in der Ferne schmaler als in der Nähe, die Schienen der Eisenbahn laufen scheinbar in einem Punkt des Horizonts zusammen. Dieses scheinbare Kleinerwerden gleich großer Gegenstände bis zur Zusammenschrumpfung in Punkte führt den Blick in die Tiefe des Raumes.
Beide Effekte – die relative Verschiebung naher Objekte gegenüber weiter entfernten bei Veränderung des Standpunktes des

Beobachters und das scheinbare Kleinerwerden der Objekte mit zunehmender Entfernung vom Beobachter – geben die Möglichkeit zur objektiven Messung von Entfernungen nach der Methode der »Triangulation«, der Dreiecksmessung. In beiden Fällen wird Gebrauch gemacht von dem einfachen Satz der Schulgeometrie, daß ein Dreieck vollständig bestimmt ist durch eine Seite und zwei Winkel.

Wenn wir vom scheinbaren Ort eines Sternes an der Himmelskugel übergehen wollen zu seinem wahren Ort im Raum, dann ist dazu die Kenntnis der Entfernung des Sternes von der Erde nötig. Und wenn wir diese Entfernung nach der Methode der Triangulation messen wollen, dann brauchen wir eine Basis, von deren Enden aus die Richtungen nach dem Stern bestimmt werden. Für den uns nächsten Himmelskörper, den Mond, kann diese Basis auf der Erde abgesteckt werden, z. B. zwischen den Sternwarten in Greenwich und am Kap der Guten Hoffnung. Die Verschiebung, die der Mond am Himmel gegenüber den in sehr viel größeren Entfernungen sich befindlichen Fixsternen scheinbar erleidet, wenn er im gleichen Zeitpunkt von Greenwich und vom Kap aus anvisiert wird, ist etwas größer als 1°. Aus der bekannten Distanz der beiden Sternwarten folgt dann, daß die mittlere Entfernung des Mondes von der Erde rund 30mal so groß ist wie der Durchmesser der Erde; auf einer Straße zum Mond könnte man die Erdkugel fast zehnmal abrollen.

Die gleiche Methode führt, auf die Sonne angewandt, auf eine 400mal kleinere Verschiebung und dementsprechend auf eine Entfernung der Sonne von der Erde, die 400mal größer ist als die des Mondes, 150 Millionen Kilometer gegenüber 384000. Diese Strecke von 150 Millionen Kilometern ist die »astronomische Einheit« (a. E.) der Länge.

Für die Auslotung der Tiefen des Raumes im Bereich des Planetensystems reicht der Bewegungsspielraum aus, den die Oberfläche der Erde für die Verlagerung des Beobachtungsortes zuläßt; für die Überbrückung der Distanz zu den nächsten Fixsternen aber bedarf es einer wesentlich größeren Basis. Diese größere Basis für die Dreiecksmessung liefert die Erde durch ihren Lauf um die Sonne auf einer Bahn, deren Radius die a. E. ist, 24 000 mal größer als der Radius der Erde; und selbst diese Basis ist noch recht klein im Vergleich zu den Entfernungen der Sterne. Es hat seit der Erfindung des Fernrohres fast zweier Jahrhunderte der Entwicklung immer besserer astronomischer Meßinstrumente bedurft, bis im Jahre 1833 dem Meister astronomischer Beobachtungskunst, F. W. Bessel in Königsberg, die einwandfreie Messung der Entfernung eines Sternes gelang.

Der Winkel an der Spitze des Dreiecks, dessen Basis die astronomische Einheit ist – wir bezeichnen ihn als »Parallaxe« des Sterns – ergab sich zu nur $^{3}/_{10}$ Bogensekunden; das bedeutet, daß die Entfernung des Sterns von uns mehr als 600 000 a. E. beträgt. Das Licht, das in weniger als 8 Minuten die Distanz Sonne–Erde zurücklegt, ist viele Jahre unterwegs, bis es dem Astronomen auf der Erde Kunde von Ereignissen in der Welt der Sterne bringen kann. Ein neuer Stern, den wir heute aufleuchten sehen, kann längst schon wieder erloschen sein, während wir noch über die Rätsel nachgrübeln, die dieses kosmische Ereignis uns aufgibt.

Die a. E. ist nicht die geeignete Einheit, um auch Dimensionen im System der Fixsterne in vorstellbaren Zahlen auszudrücken; man hat dafür die größere Einheit »Parsec« eingeführt, definiert als die Entfernung eines Sternes, dessen Parallaxe gerade eine Bogensekunde ist; 1 Parsec ist gleich 206 265 a. E.

oder 31 Billionen Kilometer. Ähnlich wie wir auf der Erde vielfach Entfernungen in Stunden angeben – Gehstunden oder Flugstunden – statt in Kilometern, so werden auch Entfernungen der Sterne gern in »Lichtjahren« angegeben. 1 Lichtjahr ist die Strecke, die das Licht mit einer Geschwindigkeit von 300 000 km/sec in einem Jahr zurücklegt. Die Entfernung 1 Parsec entspricht 3¼ Lichtjahren.

An dieser Stelle sei eine kurze Erläuterung der Begriffe »Messen«, »Vorstellbarkeit« und »Anschaulichkeit« eingeschaltet, die ich einem 1946 gehaltenen Vortrag über »Die Maßstäbe des Kosmos« entnehme:

»Ein wesentlicher Moment des Meßvorganges ist die Anpassung der Einheit, mit der gemessen wird, an die Größe der zu messenden Strecke. Das Maß des Uhrmachers und des Feinmechanikers ist ein anderes als das des Zimmermanns oder des Grobschmiedes. Auf dem Zeichenbrett des Ingenieurs liegt das 30 bis 50 cm lange Millimeterlineal, in den Händen des Landmessers sehen wir das nur in ganze Zentimeter unterteilte 20-m-Bandmaß.«

»Der Grund für diese verschiedene Wahl der Einheiten liegt in unserer beschränkten Vorstellbarkeit von Zahlen. 5 Zoll sind als fünf nebeneinandergelegte Daumen eine gut vorstellbare Größe, vielleicht auch noch 10 oder 15 Zoll. Wird die Zahl 20 überschritten, dann macht sich eine zunehmende Unsicherheit bemerkbar; wir erfassen eine solche Strecke nicht mehr als Summe der einzeln aneinandergereihten Maßeinheiten.«

»Diesem beschränkten Vorstellungsvermögen werden wir im allgemeinen dadurch gerecht, daß wir neue Einheiten wählen und diese größeren oder kleineren Einheiten aus der Grundeinheit ableiten durch Zusammenfassung oder Unterteilung.

Die alten Maßsysteme benutzen dabei mit Vorliebe die Zahlen 12 oder 60: Ein Zoll hat 12 Linien, 12 Zoll geben einen Fuß; der Tag hat 2 × 12 Stunden, die Stunde 60 Minuten, die Minute 60 Sekunden.«

»Heute hat sich weitgehend das dekadische System durchgesetzt, das für alle Unterteilungen und Zusammenfassungen die Potenzen der Zahl 10 benützt.«

»Die Verschiedenheit der Maßstäbe, in denen wir denken, tritt vor allem in Erscheinung, wenn wir die Ergebnisse der Messungen zeichnerisch darstellen, wenn wir Pläne entwerfen oder Modelle bauen. Gegenstände von den Dimensionen unserer Hände zeichnen wir in natürlicher Größe, im Maßstab 1:1, mikroskopische Objekte in zehnfacher, hundertfacher, tausendfacher Vergrößerung. Für den Bauplan eines Hauses ist der Maßstab 1:100 angemessen, Stadtpläne werden im Maßstab 1:10000 oder 1:25000 gezeichnet, um ganze Länder darzustellen, müssen Maßstäbe zwischen 1:1 Million oder 1:10 Millionen gewählt werden, die Oberfläche der ganzen Erde aber kann nur durch Verkleinerung im Maßstab 1:100 Millionen auf einem handlichen Blatt übersichtlich untergebracht werden.«

»Jeder Wechsel des Maßstabes zieht Änderungen der Einzelheiten, die dargestellt werden können, nach sich. Im verkleinerten Maßstab verschmelzen Einzelheiten, die das Auge am Objekt selbst noch wahrnimmt; der vergrößerte Maßstab ermöglicht umgekehrt die Auflösung und Darstellung von Strukturen, die in natürlicher Größe nicht erkennbar sind ... Die Grenzen, innerhalb deren wir uns vernünftigerweise bewegen dürfen, können nach oben und unten durch folgende Überlegungen abgesteckt werden: Mit bloßem Auge können wir Objekte von 1 mm Größe gut erkennen, bei $^1/_{10}$ mm liegt

die untere Grenze. Andererseits vermögen wir ohne allzugroße Bewegung des Kopfes gleichzeitig eine Fläche von etwa 50 cm mal 50 cm zu überblicken. Setzen wir daher als obere Grenze für die Größe des Blattes, auf dem ein Plan entworfen werden soll, 1 m mal 1 m fest, dann kommen wir zu dem Schluß, daß in einem und demselben Maßstab im alleräußersten Fall Objekte zur Darstellung gebracht werden können, deren Dimensionen im Verhältnis 1 : 10 000 stehen.«

Wenn wir uns den räumlichen Aufbau der Welt veranschaulichen wollen, dann müssen wir also Modelle in einem solchen Maßstab entwerfen, daß das Dargestellte in den Bereich der unmittelbaren Vorstellbarkeit gerückt wird.

Ein Plan des Sonnensystems im Maßstab 1 : 30 Billionen, in dem die Bahnen der Planeten und Kometen eingezeichnet sind, läßt sich gerade auf dem Doppelblatt eines großen Handatlasses unterbringen. Wollten wir aber in diesem Plan auch die Größen der Sonne und der Planeten im gleichen Maßstab einzeichnen, dann wäre die Sonne als ein kaum erkennbares Pünktchen von nur $^1/_{20}$ mm Dicke darzustellen, der größte Planet Jupiter hätte nur 5 Tausendstel mm im Durchmesser, die Erde läge mit $^1/_{2000}$ mm an der Grenze der Sichtbarkeit im Mikroskop.

Wir stoßen damit auf eine Gesetzmäßigkeit von weittragender Bedeutung: Es ist nicht möglich, in ein und demselben Modell gleichzeitig die Dimensionen des Systems und die seiner Mitglieder unmittelbar anschaulich zu machen. Für die Darstellung der relativen Größenverhältnisse der Sonne und der Planeten müßten wir einen mindestens 1000mal größeren Maßstab wählen als für den Gesamtplan der Planetenbahnen.

Es mag füglich bezweifelt werden, ob ein Modell des ganzen Planetensystems im Maßstab 1 : 10 Milliarden als »anschaulich«

betrachtet werden kann: Hier im völlig leeren Saal eine Kugelleuchte von nur 14 cm Durchmesser als Sonne in der Mitte, vier winzige Stecknadelknöpfe, die vier inneren Planeten Merkur, Venus, Erde, Mars darstellend, in Abständen von 6, 10, 15 und 24 Metern von der Lampe irgendwo frei schwebend im Raum, der Mars vielleicht schon draußen vor der Türe, im Treppenhaus; der Mond ein winziges Sandkörnchen von 1/3 mm Durchmesser, dem bloßen Auge gerade noch aus nächster Nähe erkennbar, nahe bei dem Stecknadelknopf Erde; die vier großen Planeten Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun kleine Kieselsteine, irgendwo im Umkreis von einem halben Kilometer verstreut; der nächste schon außerhalb des Geviertes dieses Gebäudekomplexes, der am weitesten entfernte vielleicht drunten auf der Promenade am Rhein. Und sonst? Außer ein paar Tausend submikroskopischer Sonnenstäubchen, die Kleinen Planeten im Raum zwischen den Bahnen von Mars und Jupiter darstellend, nichts, was irgendwie dem Auge wahrnehmbar gemacht werden könnte, auch nicht im Lichtkegel des stärksten Scheinwerfers.

Wenn auch nicht unmittelbar anschaulich, so wird dieses Modell doch wohl eines vermitteln können: einen Eindruck von der unendlichen Leere des Weltraumes, von der Verlorenheit der Erde in diesem Raum und von der rein materiellen kosmischen Bedeutungslosigkeit des Menschen, der im Maßstab unseres Modells nur eine von Milliarden submikroskopischer Mikroben wäre, die sich auf der Oberfläche eines Stecknadelknopfes bewegen, wähnend, sie seien die Krone der Schöpfung, sich gegenseitig auffressend im Hunger nach Macht und Herrschaft.

Wie aber wird dieses Bild, wenn wir versuchen, die nächsten Sterne in das Modell mit einzubeziehen, von denen wir wissen,

daß sie Sonnen sind wie unsere Sonne, manche sogar größer und heller als sie? Wenn wir den Maßstab des Modells noch einmal 100fach verkleinern, dann wird die Sonne zum Stecknadelknopf, ihr ganzer Anhang von Planeten und Monden rückt unter die Grenze der Sichtbarkeit und der nächste Stern wäre als Stecknadelknopf in einer Entfernung von 42 km zu plazieren.

Ein Modell der nächsten Umgebung der Sonne bis zu einer Entfernung von 5 Parsec oder 16 Lichtjahren würde zur Darstellung in diesem Maßstab einen Kuppelraum von 155 km Radius erfordern, einer Kuppel also, die sich auf einen Kreis um Bonn als Mittelpunkt stützte, der etwa durch Nimwegen und Münster im Norden, Kassel im Osten, Worms im Süden und Namur im Westen ginge. In dieser riesigen Kuppel wären 60 Stecknadelknöpfe zu verteilen, die Entfernung von einem Stecknadelknopf zum anderen wäre durchschnittlich 50 km. Wenn wir in diesem Modell einen dem Licht mit seiner Geschwindigkeit von 300000 km/sec. entsprechenden Boten von einem Stecknadelknopf zum anderen schicken wollten, dann könnte das eine extrem träge Schnecke sein, die mit einer Geschwindigkeit von 12 mm/Std. kriecht, in drei Tagen also nur knapp einen Meter weiterkommt. Die durch die eigenen Bewegungen der Sterne bewirkten Veränderungen ihrer gegenseitigen Lage im Laufe eines Jahres wären im Modell durch Verschiebungen der Stecknadelknöpfe von der Größenordnung 60 cm darzustellen.

Wieder sehen wir uns der unvorstellbaren Leere des Raumes gegenüber, zugleich aber auch der Größe der kosmischen Zeitskala. Verloren in Raum und Zeit die Erde und der Mensch in seinem kosmischen Eintagsfliegen-Dasein, das der Psalmist mit den Worten beschreibt: »Tausend Jahre sind vor Dir wie der Tag, der gestern vergangen ist, und wie eine Nachtwache«.

Welche Rolle spielt die Sonne als Stern unter Sternen? So fragen wir nun weiter. Wie viele Sterne gibt es überhaupt? Fügen sich diese Sterne irgendwie zusammen zu einem System höherer Ordnung? Gibt es ein System der Fixsterne? Spekulationen darüber sind schon im frühen 18. Jahrhundert angestellt worden. Kant zitiert in seiner »Allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels« von 1755 Thomas Wright als Gewährsmann für die Vorstellung von einem hierarchischen Aufbau der Welt aus Systemen verschiedener Ordnung. Man glaubte die Milchstraße als Symmetrieebene eines Fixsternsystems ansprechen zu dürfen, und suchte nach der Zentralsonne dieses Systems, um die die Sterne in ähnlicher Weise umlaufen sollten wie die Planeten um die Sonne.

Wilhelm Herschel hat um die Wende des 18. zum 19. Jahrhundert mit seinen großen Spiegelteleskopen das weißlich schimmernde Band der Milchstraße teilweise in Sterne auflösen können und hat mit Hilfe von Zählungen der Sterne verschiedener scheinbarer Helligkeit ein Bild des Milchstraßensystems entworfen, das in seinen großen Zügen sich bis in unser Jahrhundert herein erhalten hat. Zugleich hat er aus den beobachteten scheinbaren Ortsveränderungen einiger Sterne seit der Zeit Hipparchs auf eine Bewegung des ganzen Sonnensystems durch den Weltraum geschlossen, die als Umlaufbewegung um ein Zentrum des Sternsystems gedeutet werden könnte.

Zwei Momente sind im Laufe des 19. Jahrhunderts bestimmend gewesen für die Entwicklung der Vorstellungen vom Bau des Milchstraßensystems:

1. Lichtstrahlen sind nicht nur als gerade Linien Elemente geometrischer Konstruktionen, sie sind auch Träger physika-

lischer Qualitäten: der Intensität und der spektralen Verteilung der von den Sternen emittierten Strahlung. Zu den Winkelmessungen, auf die die alte Astronomie beschränkt war, gesellte sich die Messung der Helligkeit und der Farbe der Sterne, zu dem Satz von der geradlinigen Ausbreitung des Lichtes das Gesetz von der Abnahme der Intensität mit dem Quadrat der Entfernung.

2. Das System der Fixsterne mit seiner Milliardenzahl von Mitgliedern kann nicht durch Verzeichnisse der Örter und Geschwindigkeiten der einzelnen Sterne anschaulich beschrieben werden, sondern nur durch gewisse statistische Angaben: die räumliche Dichteverteilung, d.h. die Anzahl der Sterne in einem bestimmten Raumelement, die relative Häufigkeit der Sterne verschiedener Leuchtkraft, Farbe, Geschwindigkeit. Statistik ist so das methodische Hilfsmittel zur Bewältigung der Probleme des Milchstraßensystems, seiner Struktur ebenso wie seines Bewegungszustandes.

Unter Verzicht auf eine Darlegung der einzelnen Schritte, von der ersten Annahme Herschels, daß alle Sterne im Durchschnitt gleiche Leuchtkraft besitzen, bis zu unserer heutigen Kenntnis des weiten Spielraums der Leuchtkräfte vom Millionenfachen bis zum Millionstel der Leuchtkraft der Sonne sei hier nur kurz das Prinzip dargelegt, nach dem vorgegangen wird.

Die trigonometrische Entfernungsbestimmung von der Basis der Erdbahn aus trägt bis in Entfernungen von etwa 300 Lichtjahren. Für die Sterne innerhalb dieser Grenzen kann aus der bekannten Entfernung und der scheinbaren Helligkeit die wahre Leuchtkraft berechnet und damit nach empirischen Zusammenhängen zwischen den Leuchtkräften und anderen beobachtbaren Größen, z.B. der Farbe, gesucht werden. Dann

wird die Gültigkeit der in dem beschränkten Raum gefundenen Gesetzmäßigkeiten über dessen Grenzen hinaus postuliert und damit ein größerer Bereich erschlossen, in dem nach neuen Zusammenhängen gesucht werden kann, die dann ihrerseits wieder eine Erweiterung der Entfernungsskala ermöglichen.
Das auf solche Weise zustande gekommene Bild vom Milchstraßensystem kann global etwa so beschrieben werden:
Das Milchstraßensystem gleicht in seinem Aufbau den großen Spiralnebeln mit stark aufgelösten Armen. Man hat zu unterscheiden zwischen dem Kern, einer Art übergroßen kugelförmigen Sternhaufens mit einem Durchmesser von rund 15 000 Lichtjahren; der flachen Scheibe, die die Spiralarme enthält, mit der größten Ausdehnung von 100 000 Lichtjahren in der Ebene der Milchstraße und einer Dicke von nur 3000 Lichtjahren; und dem wiederum nahezu kugelförmigen, sehr dünn mit Sternen und Kugelhaufen besetzten »Halo«, der dem ganzen System einen Durchmesser von mindestens 150 000 Lichtjahren gibt. Die Gesamtmasse des Systems beträgt zwischen 100 und 200 Milliarden Sonnenmassen; $^{9}/_{10}$ dieser Masse stellen die Sterne, der Rest ist interstellares Gas und »kosmischer Staub«.
Die Sonne hat ihren Platz weit außerhalb des Kernes, auf halbem Weg zum Rand der Scheibe, in einem Abstand von 25 000 Lichtjahren vom Mittelpunkt des Systems und einer Höhe von nur 45 Lichtjahren über der Mittelebene.
Das ganze System rotiert mit nach außen abnehmender Winkelgeschwindigkeit; am Ort der Sonne ist die Umlaufgeschwindigkeit 217 km/sec, das entspricht einer Umlaufzeit von 234 Millionen Jahren. Diese Umlaufzeit der Sonne um das Zentrum des Milchstraßensystems, die man als »Kosmisches Jahr« dem Erdenjahr gegenüberstellen könnte, gibt eine Vorstellung

von der irdisch-menschlichen Zeitskala im Vergleich zur kosmischen, wenn wir das Wort des Psalmisten etwas abwandeln und sagen: »Tausend Jahre sind vor Dir wie ein Atemzug und ein Aufschlag der Augen«.

Wie ungefähr könnte ein Modell des Milchstraßensystems aussehen im Maßstab 1 : 1000 Billionen? Die Sterne selbst wären nun nicht mehr Stecknadelknöpfe, sondern submikroskopische Sonnenstäubchen von weniger als $^{1}/_{1000}$ Millimeter Durchmesser in Abständen von durchschnittlich 50 Metern – ein einziges Stäubchen in diesem ganzen Raum. 100 Milliarden solcher Sonnenstäubchen über einen Raum ausgestreut, dessen Grundfläche die Fläche der ganzen Bundesrepublik wäre und der sich bis zur Gipfelhöhe der Forschungsraketen – 150 km – erstreckte, da und dort eine Zusammenballung von einigen hunderttausend Stäubchen zu einem kugelförmigen Sternhaufen von einigen Kilometern Durchmesser – das wäre ein mögliches Modell von sehr bedingter Anschaulichkeit.

Die Einleitung zu dem vor einigen Jahren erschienenen »Hubble-Atlas der Nebel« hebt mit dem lapidaren Satz an: »Was sind Galaxien? Niemand wußte es vor 1900. Nur wenige wußten es 1920. Alle Astronomen wußten es nach 1924«, und gibt dann die Definition: »Galaxien sind die größten Sternaggregate im Universum. Jede Galaxie ist ein Sternsystem ähnlich unserem Milchstraßensystem und von ihren Nachbarn durch einen nahezu leeren Raum getrennt. Jede Galaxie ist eine Weltinsel«.

Wenn Galaxien die Systeme nächsthöherer Ordnung sind und wenn wir heute von der Existenz von Millionen solcher Galaxien wissen, dann erhebt sich die Frage, ob es im Aufbau der Welt Systeme noch höherer Ordnung gibt, deren Mitglieder Galaxien sind. In der scheinbaren Verteilung der Galaxien wird eine ausgesprochene Neigung zur Gruppen- und Haufen-

bildung beobachtet. Unser Milchstraßensystem selbst gehört einer »lokalen Gruppe« an, die zwei bis drei Dutzend Mitglieder hat; es gibt aber auch Haufen mit hunderten und tausenden von Mitgliedern. Die Diskussion darüber, ob diese Haufenbildung nur statistischen Schwankungen innerhalb einer im Großen gleichförmigen Verteilung zuzuschreiben ist oder ob wir darin tatsächlich Andeutungen eines Systems höherer Ordnung in einem hierarchischen Aufbau der Welt erblicken dürfen, ist heute etwa auf dem gleichen Stand wie vor 50 Jahren die Diskussion um die Weltinselnatur der Spiralnebel: das angesammelte Beobachtungsmaterial reicht trotz seiner Vielfalt noch nicht aus, um eine klare Entscheidung zu treffen.

Wenn wir in Analogie zu dem Modell der näheren Umgebung der Sonne im Milchstraßensystem ein Modell eines Ausschnittes aus dem System der Galaxien machen wollten, dann wären in einem den Dimensionen angemessenen Maßstab die Weltinseln Linsen von vielleicht 1 bis 10 mm Durchmesser und wir müßten einige tausend solcher Linsen in einem Raum von der Größe dieser Aula ausstreuen, so daß durchschnittlich 2 Linsen auf den Kubikmeter kämen. Um ein richtiges Bild der Wirklichkeit zu vermitteln, dürften die Linsen aber nicht gleichmäßig verteilt werden, sondern müßten in 10 bis 15 Häufchen von je nicht mehr als einem halben Meter Durchmesser zusammengefaßt werden. Jeder solche Haufen enthielte dann im Durchschnitt 200 Linsen und die Linsen von im Mittel 5 mm Größe hätten mittlere Abstände von nur 25 mm voneinander.

Dieses Bild – Linsen von 5 mm in gegenseitigen Abständen von 25 mm – ist merklich verschieden von dem der 1 mm großen Stecknadelknöpfe in Abständen von 50 km, das wir für die Sterne im Milchstraßensystem benutzt hatten. In den

Galaxienhaufen, die das wesentliche Strukturelement im Aufbau der Metagalaxis zu sein scheinen, sind die Mitglieder sich auf Distanzen nahe gerückt, die vergleichbar mit ihren eigenen Dimensionen sind. Wenn aber Galaxien sich auf so geringe Distanzen nähern, dann muß mit starken Wechselwirkungen zwischen den Systemen gerechnet werden. Die Deformation der Galaxien durch die von benachbarten Systemen ausgeübte Gezeitenwirkung kann so weit gehen, daß Flutberge losgerissen werden und Materieströme sich von einer Galaxie zur anderen bewegen. Man kennt zahlreiche Beispiele solcher materiellen Brücken zwischen Galaxien und glaubt sogar Belege für direkte Kollisionen zu haben.

In dieser Welt der größten Dimensionen ist man auf eine Erscheinung gestoßen, die den Menschen und die Erde scheinbar wieder in eine zentrale Stellung im ruhenden Mittelpunkt der Welt rückt. Ich meine die als »allgemeine Nebelflucht« beschriebene und als »Expandierende Welt« gedeutete Beobachtung, daß die Radialgeschwindigkeiten der Galaxien durchwegs positiv sind, d.h. daß die Galaxien sich scheinbar nach allen Richtungen von uns weg bewegen, und zwar mit um so größeren Geschwindigkeiten, je größer die Entfernung der Objekte von uns ist. Die von Hubble aufgestellte Beziehung zwischen Entfernung und Radialgeschwindigkeit (»Hubble-Relation«) hat in ihrer einfachen ersten Deutung zu der Vorstellung von der Geburt der Welt in einem einmaligen explosiven Akt – »die Welt gleicht einer platzenden Granate« – und zu einer Berechnung des Alters dieser Welt geführt.

Es würde den Rahmen dieser Vorlesung sprengen, wollte ich auch nur andeutungsweise über die Probleme der Kosmologie berichten, deren Diskussion von dieser Beobachtung ihren Ausgang genommen hat. Lassen Sie mich statt dessen nur ein

paar Sätze aus einem Bericht zitieren, den Walter Baade, einer der Pioniere der Erforschung der Welt der Galaxien, vor 15 Jahren gegeben hat:

»In den 25 Jahren, die verflossen sind, seit die extragalaktische Natur der Spiralnebel nachgewiesen war, hat sich der Schwerpunkt des Interesses auf diesem Gebiet in einer überaus bemerkenswerten Weise verschoben. Alles begann eigentlich recht normal. Durch die Entdeckung von Cepheiden in diesen Systemen wurde ihre Zusammensetzung aus Sternen bestätigt und weitere Untersuchungen zeigten, daß ähnlich wie in unserem Milchstraßensystem Sternhaufen, Gas und Staub mit den Sternen dieser Systeme vermischt sind. Aber kaum waren die ersten vorläufigen Daten für einige der nächsten Galaxien erhalten, da lenkte eine große Entdeckung, die Rotverschiebung in den Spektren der Nebel, die Untersuchungen in neue Richtungen. Das kosmologische Problem wurde zur beherrschenden Frage, und mächtige Anstrengungen wurden zu seiner Lösung gemacht.«

»Wir wissen heute, daß dieser kühne erste Versuch mit einem Fehlschlag endete. Die Gründe für diesen Fehlschlag sind teils technischer Natur, wie zum Beispiel der vorläufige Charakter der photometrischen Skala. Kein Zweifel, daß mit den Mitteln, die uns heute zur Verfügung stehen, die photometrischen Skalen in naher Zukunft verbessert werden können, obwohl die Forderungen, die von der Theorie her gestellt werden, um zwischen möglichen Weltmodellen zu unterscheiden, ungewöhnlich streng sind. Ganz und gar nicht mehr so sicher sind wir, ob gewisse Grundannahmen, die bei diesem ersten Versuch gemacht wurden, gerechtfertigt sind.

Alles in allem gibt es hinreichend Gründe dafür, zu glauben, daß die Lösung des kosmologischen Problems sehr viel schwie-

riger ist, als man vor etwa 15 Jahren geglaubt hat, und daß sie vielleicht überhaupt unsere gegenwärtigen Kräfte übersteigt. Sicherlich brauchen wir sehr viel breitere und besser gesicherte Grundlagen als heute, bevor wir hoffen können, größere Übersysteme zu bauen«.

Die wesentlichen Schlußfolgerungen, die wir für unser Problem »Mensch und Kosmos« aus der Einordnung der Erde und der Sonne in das durch Objektivierung der Beobachtungen gewonnene Bild in Raum und Zeit zu ziehen haben, lassen sich etwa so aussprechen:

Die Sonne ist ein Stern unter Milliarden Sternen im Milchstraßensystem, auf der gleichen Stufe der Entwicklung wie Millionen anderer Sterne, die in kosmischen Zeiträumen in diesem Milchstraßensystem entstanden sind, durch keine physikalische Eigenschaft – Masse, Leuchtkraft, Spektrum, Temperatur – vor ihnen ausgezeichnet.

Das Planetensystem ist keine einmalige Schöpfung in dieser Welt, auch keine seltene Ausnahmeerscheinung, sondern ein durchaus normaler Fall kosmischer Gestaltbildung. Systeme ähnlicher Art mit Zentralsonnen und erdähnlichen Planeten wie in unserem System gibt es sicher zu tausenden nicht nur in unserem Milchstraßensystem, sondern auch in vielen anderen Galaxien.

Das Milchstraßensystem wiederum ist eine Galaxie unter hunderten von Millionen anderer, eingeordnet in eine Entwicklungsreihe, die die nach ihrem äußeren Aussehen als »irregulär«, »elliptisch« oder als »Spiralgalaxien« klassifizierten Systeme als Stufen zeitlicher Aufeinanderfolge enthält.

Wenn die Entstehung des Lebens unter den in grauer Vorzeit auf der Erde herrschenden physikalischen Bedingungen durch die Bildung langer verzweigter Molekülketten verstanden wer-

den kann und wenn die ganze Mannigfaltigkeit der heute beobachtbaren Formen der Lebewesen, den Menschen eingeschlossen, eine durch geologische und paläontologische Belege zeitlich fixierbare Folge von Entwicklungsstufen ist, dann ist die Folgerung nur schwer von der Hand zu weisen, daß es Leben auch noch auf anderen, vielen anderen Sternen geben kann, daß die Entwicklung dort, unter anderen physikalischen Bedingungen, auch andere Wege gegangen sein kann und vielleicht an manchen Stellen in den Tiefen des Alls schon weit über die Stufe hinausgewachsen ist, die auf unserem Planeten mit dem Menschen erreicht wurde.

Mit diesem von den Naturwissenschaften erarbeiteten Bild der Welt und der Stellung des Menschen in ihr müssen Philosophie und Theologie auf ihre Weise fertig werden. Die Antwort auf die Frage, wie das Gesamtphänomen »Mensch« verstanden werden kann, liegt jenseits der Zuständigkeit der Wissenschaften, die wir als »exakt« zu bezeichnen pflegen. Mit dem Menschen hat die Entwicklung des Lebens auf der Erde offenbar eine Stufe erreicht, auf der die selbständige Tätigkeit des Intellekts die weitere Entwicklung entscheidend zu beeinflussen beginnt. Der Mensch schuf sich das Werkzeug, die Maschine, die Technik, die es ihm ermöglichten, schrittweise eine um die andere der Schranken niederzulegen, die ihm von der Natur gesetzt zu sein scheinen. Vielleicht stellt der Kosmonaut im Raumanzug und in Verbindung mit dem von Elektronengehirnen gesteuerten Raumschiff jene höhere Stufe in der allgemeinen Entwicklung des Lebens dar, die als »Übermensch« in den Träumen der Philosophen spukt.

Lassen Sie mich schließen mit einer leichten Variation des oben zitierten Ausspruches von Max Born – »Triumph der Technik, Versagen der Vernunft« –: Der Weg des Menschen vom ersten

Bewußtwerden seiner selbst bis zu der heute erlangten Stufe der Erkenntnis seiner Stellung im Kosmos ist ein Triumph des Verstandes, des reinen Intellekts. An den Rändern dieses Weges aber liegen die Trümmer der immer wieder gescheiterten Versuche, verbindliche Normen für das menschliche Verhalten aufzufinden, die ein glücklich-friedliches Zusammenleben aller Menschen auf dieser Erde ermöglichen. Vernunft allein scheint dazu nicht auszureichen; die Welt der Gefühle, aus der wesentliche Impulse für unser Handeln kommen, unterliegt nicht der Lenkung durch den Verstand.

So stehen wir denn in ehrfürchtiger Bewunderung vor den intellektuellen Leistungen des menschlichen Geistes und zittern zugleich in Furcht vor der Gewalt der alles zerstörenden Kräfte, deren Entfesselung in die Hände einer ethisch noch unterentwickelten Menschheit gelegt ist.