

# Der neue Kosmos

Autor(en): **Steinlin, Uli W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles =  
Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg**

Band (Jahr): **64 (1975)**

Heft 1

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-308513>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Der neue Kosmos

VON ULI W. STEINLIN,

Astronomisches Institut der Universität Basel

Die Entwicklung und die Erfolge der astronomischen Forschung im letzten Jahrzehnt haben einen Vergleich unserer Epoche mit dem Zeitalter Galileis und Keplers angeregt. Der Grund, so weit in der Wissenschaftsgeschichte bis zu einer ihrer ganz großen Perioden zurückzugreifen, liegt darin, daß die Forscher in den letzten Jahren nicht nur einfach interessante neue Einzelheiten über diese oder jene Sterne oder andere Himmelskörper gefunden haben. Sie fanden völlig neue Arten von Weltkörpern, von denen sich vor ein oder zwei Jahrzehnten keiner etwas träumen ließ. Und nicht nur neue Arten von Weltkörpern, sondern mit ihnen und über sie hinaus öffnete sich der Weg in ein völlig neuartiges Universum. Mit jeder der durch die instrumentelle Entwicklung gegebenen neuen Möglichkeiten der Beobachtung öffnete sich ein weiteres Fenster mit einem Blick auf neue Welten. Der vormals wohlgeordnete Kosmos – für Antike und Mittelalter ein Planetensystem, aufgebaut um unsere Erde, für die beginnende Neuzeit und bis zum Anfang unseres Jahrhunderts ein Fixsternsystem mit unserer Sonne als einem ihrer Mitglieder – ist auseinandergestoben in ein verwirrendes, turbulentes Universum, voll von neuartigen Objekten, klein und groß, mit fremdartigen neuen Namen und verblüffenden, kaum mehr vorstellbaren neuen Eigenschaften. Verfeinerte und erweiterte Beobachtungsmethoden, neue Techniken, ganz neue Arten von Instrumenten, von denen vor zwanzig, ja vor zehn Jahren niemand zu träumen wagte, beschenken uns heute von Monat zu Monat mit neuen Erkenntnissen. Verbunden mit theoretischer Einsicht, tieferem Verständnis der Eigenschaften der Materie, besonders der Kernreaktionen, der Hilfe der großen Rechenanlagen, haben sie zusammen mit harter Arbeit das letzte Jahrzehnt der Astronomie zu einer der wahrhaft unvergleichlichen Perioden in ihrer Geschichte gemacht. Das rasche Wachstum der Wissenschaft und der aus ihr hervorgehenden Technik, die neben andern Anwendungen ihrerseits wieder die Mittel zur Vertiefung und Erweiterung der wissenschaftlichen Forschung schafft, hat aber nicht nur unser Wissen vertieft, es hat auch unser Staunen nicht etwa verringert, sondern vergrößert. Wir haben viel Neues entdeckt – aber mit dem Wachsen unserer Kenntnisse wuchs auch die Zahl der Lücken in unseren Kenntnissen und der ungelösten Probleme. Aus den Entdeckungen der letzten Jahre, aus den ungelösten, aber in ihrer Lösungsrichtung erahnbaren Fragen können wir schließen, daß noch viel mehr neue Entdeckungen vor uns liegen. Das vergangene Jahrzehnt war aufregend – das vor uns liegende wird atemberaubend sein. Wir können mit guter Zuversicht behaupten, daß in ihm unser Geist und unsere Augen in neue Welten eindringen werden, von denen uns heute jede Vorstellung fehlt.

Astronomie ist eine Einheit der Wissenschaft vom ganz Kleinen und vom ganz Großen. Das Interessengebiet des Astronomen beginnt im physikalischen Labo-

ratorium bei der Erforschung der Eigenschaften von Atomkernen, Atomen, Molekülen, von Gasen, Plasma und Festkörpern. Denn aus ihnen bauen sich die *Planeten*, die *Sterne* und die *interstellare Materie* im Raume zwischen den Sternen auf. Aber Sterne sind ihrerseits wiederum Bausteine größerer Gebilde: *Galaxien* (*Milchstraßensysteme*), die sich in Gruppen zusammenschließen und sich über den Raum verteilen, so weit wir ihn nur durchmustern können. Es gibt mehr Sterne allein in unserer Milchstraße (etwa 200 Milliarden), als insgesamt je Menschen auf unserer Erde gelebt haben. Wie viele andere Planeten und welche andern Arten von intelligenten Lebewesen mögen «dort draußen» wohl existieren? Wahrscheinlich gibt es nahezu ebensoviele solcher Galaxien im beobachtbaren Universum wie es Sterne in unserer Milchstraße gibt. Welche uns noch unbekanntem Erscheinungsformen der Materie mag es dort gehen? Welche fremdartigen neuen Arten von Himmelskörpern mögen sie enthalten? Sind dort Kräfte und Energien am Werk, von denen wir noch nichts wissen? Wir sind aus allen Richtungen umflutet von schwachen Radiowellen, ziemlich sicher ein Überrest der Erschaffung unseres Universums, übriggeblieben von einem unvorstellbar gewaltigen Ausbruch von Strahlung zu Beginn der Zeit, zehn oder zwanzig Milliarden Jahre vor unserer Gegenwart. Wie sah die Welt damals aus? Dehnt sich die Zeit in die Vergangenheit zurück bis ins Unendliche aus, oder war damals ein Anfang der Zeit? Was war vorher – wenn es so etwas wie «vorher» für unser Vorstellungsvermögen überhaupt geben kann? Woher stammen Energie und Materie, aus denen sich unser Universum aufbaut? In welcher Form lagen sie an diesem Beginn unseres Universums vor? Wie bildeten sich aus ihnen Sterne und die ganzen großen Sternsysteme? Ist die gesamte Masse von Energie und Materie konstant durch alle Zeit, oder kann sie im Laufe der Zeit neu entstehen? Wie viele andere planetare Welten mag es geben, sind sie bewohnbar, sind sie bewohnt? Wie lange wird die Sonne scheinen, die Erde ein Ort für Leben sein? Wird die Sonne schließlich erkalten und damit unsere Erde erstarren, oder wird sie langsam oder explosionsartig heiß werden und unsere Erde mit allem auf ihr verbrennen? – Das sind einige der schwer zu lösenden Fragen, um die sich die täglichen Gedanken des Astronomen drehen.

Die Erde und die Lebewesen auf ihr entwickeln sich. Jedes Jahr bringt kleine Änderungen in der Landschaft, wenn Regen, Wind und Meer durch Erosion da, durch Ablagerung dort sie immerzu neu formen. Jedes Jahr bringt unmerklich kleine Änderungen in die Familien und Arten der Lebewesen, wenn genetische Mutationen sich von Generation zu Generation durchsetzen. So sind Wandlung und Entwicklung die Grundthemen von Geologie und Biologie. Die früheren Astronomen standen unter einem andern Eindruck: der scheinbar unveränderlichen Natur der Sternenwelt. Von den Zeiten der alten Griechen bis zum Anfang unseres Jahrhunderts erschien das Universum als *unveränderlicher Kosmos von Fixsternen*. Der Fixsternhimmel mit seinen immer gleichen Sternbildern, als Hintergrund der Bewegungen von Sonne, Mond und Planeten, den Babyloniern genau wie uns bekannt, ist auch für uns noch immer der Begriff des ewig Gleichen. Doch als die Astronomen im Laufe des neunzehnten und zwanzigsten Jahrhunderts begannen, die Gesetze der Physik auf die Sterne anzuwenden, wurde ihnen bewußt, daß ein Stern seine verschwenderische Ausstrahlung von

Energie nicht in alle Ewigkeit fortsetzen kann. Die Sonne strahlt Sekunde um Sekunde, Tag um Tag, Jahrhundert um Jahrhundert unvorstellbar große Energiemengen in den Raum hinaus, gibt sie weg und verliert sie damit unwiederbringlich. Aber Energie ist nicht etwas, das wir bis ins Unendliche beliebig zur Verfügung haben. Und hier hat sich für die Physiker des letzten und Anfang dieses Jahrhunderts ein großes Rätsel gestellt: wir wissen aus den geologischen Untersuchungen, aus den Ablagerungszeiten von Sedimenten, aber auch aus der Biologie, den Entwicklungszeiten der verschiedenen Formen von Leben, daß unsere Erde einige Milliarden Jahre alt sein muß – die Angaben zielen alle in die Umgebung eines Wertes von etwa  $4\frac{1}{2}$  Milliarden Jahre. Ja noch mehr: wir wissen, daß vor allem Leben nur in einem sehr engen Temperaturspielraum möglich ist: bei Dauertemperaturen unter  $0^{\circ}$  oder über  $50^{\circ}$  C ist Leben nicht möglich: wir brauchen zu seiner Entwicklung flüssiges Wasser und müssen Eiweißstoffe aufbauen, die bei höheren Temperaturen rasch zerstört werden. Die mittlere Temperatur auf unserer Erde ist aber ganz von der Intensität der Sonnenstrahlung abhängig; sie reagiert sehr stark auf geringe Änderungen dieser Intensität. Seit also Leben auf unserer Erde nachweisbar ist, kann die Intensität der Sonnenstrahlung nur in ganz kleinen Grenzen sich geändert haben. Ja auch viel frühere geologische Vorgänge: Erosion durch fließendes Wasser und Ablagerung von Material in Meeren verlangen Temperaturen im engen Spielraum von  $0^{\circ}$  bis  $100^{\circ}$  C, in dem wir flüssiges Wasser haben. So lange also – 4,5 Milliarden Jahre – muß die Sonne, zu der die Erde als vergleichsweise winziger Trabant gehört, unverändert die unvorstellbar großen Energiemengen ausgesandt haben. Wir suchen also eine Energiequelle, die diesen ungeheuren Bedarf decken kann. Und hier standen die Physiker, die vor hundert, vor achtzig Jahren sich diese Frage zum erstenmal stellten, vor einem Rätsel. Was immer man sich damals an Energiequellen vorstellen konnte – Kohle und Öl, aber auch andere Formen, etwa die der Gravitationsenergie, d. h. der Aufheizung der Sonne durch die langsame Kontraktion des ganzen Sonnenkörpers – alle diese Energiequellen würden höchstens ein paar tausend Jahre (im Falle, daß die ganze Sonne aus Kohle bestände) oder bestenfalls einige Millionen Jahre (Gravitationsenergie) reichen – nie aber tausendmal länger, für Milliarden von Jahren. Damals ein Rätsel, kennen wir heute die Lösung: Kernenergie ist die Energiequelle, die der Sonne und den andern Sternen ihr Leben, ihre konstante Strahlung, über die verlangten langen Zeiträume erlaubt. Aber selbst unter Einsatz der ergiebigsten Quelle nuklearer Energie, der Verschmelzung von Wasserstoff zu Heliumkernen, kann ein Stern nicht ewig strahlen. Trotz der scheinbar immer gleichen Strahlung muß er eine Entwicklung durchlaufen, indem seine Struktur sich dem langsamen, aber unaufhaltbaren Abbau seiner Energievorräte Schritt für Schritt anpaßt. So folgte die Astronomie der Biologie und Geologie in der Erkenntnis der grundlegenden Bedeutung der Evolution, der Entwicklung. So änderte sich das Bild etwa zu Beginn unseres Jahrhunderts von einem unveränderlichen Fixsternhimmel zu einem *sehr langsam sich ändernden Kosmos von sonnenähnlichen Sternen*, einem unermeßlichen Sternsystem, dem *Milchstraßensystem*, aufgebaut aus Milliarden von Sternen – so genannt, weil die große Zahl der ferneren Sterne – zu schwach, um vom Auge einzeln

gesehen zu werden – zusammen vor allem das leuchtende Band der Milchstraße bilden. Die großen Spiegelteleskope Kaliforniens, die seit den Zwanzigerjahren für unsere Forschung einsatzbereit wurden, haben uns dann gezeigt, daß der Raum außerhalb dieses Milchstraßensystems, so weit wir sehen können, bevölkert ist von Galaxien ähnlich unserem eigenen Milchstraßensystem. Nur gerade die hellste, der *Andromedanebel*, ist von bloßem Auge zu sehen. Photographische Aufnahmen der helleren unter ihnen zeigen, daß sie aus Myriaden von einzelnen Sternen aufgebaut sind wie unsere Milchstraße. Die fernsten, etwa 5 Milliarden Lichtjahre weit weg, verlangen für ihre photographische Aufnahme stundenlange Belichtungszeiten sogar mit Teleskopen, die zehnmillionenmal empfindlicher sind als das Auge. Diese Galaxien sind eng gedrängte Sternstaaten innerhalb eines nahezu leeren intergalaktischen Raumes. Sie scheinen nahezu alle Materie des Universums zu enthalten und gewissermaßen seine Bausteine zu sein. Aber wir wissen noch nicht wirklich, wie viel Materie wir zwischen ihnen noch finden mögen oder ob auch heute noch neue Galaxien entstehen.

Die spektroskopische Untersuchung in den Zwanzigerjahren führte zu der verblüffenden Entdeckung, daß die Galaxien sich von uns weg bewegen. Warum sollten sie ausgerechnet von uns davonlaufen? Seit der Zeit des Copernicus war der Mensch gewitzigt, jeder Erklärung irgendeines Phänomens, die die Erde in den Mittelpunkt des ganzen Universums versetzt, mit größtem Zweifel zu begegnen. Eine genaue Betrachtung zeigt aber, daß jede Galaxie von jeder andern wegläuft, daß also nicht gerade unsere der Stein des Anstoßes ist, der die andern zur Flucht bewegt. Wenn wir uns in Gedanken in irgendeines der andern Sternsysteme versetzen, so ist das Bild stets das gleiche: alle andern scheinen von uns wegzulaufen. Das Bild des Universums wandelte sich wieder: von einem stabilen Kosmos aus Fixsternen, die über Jahrmilliarden sich langsam entwickeln, zu einem *sich stetig immer weiter im Raume ausdehnenden Universum von Galaxien* – jede von ihnen eine langsam rotierende Ansammlung von Sternen, durchmischt mit Gas und Staub. Das letzte Jahrzehnt erregender Entdeckungen hat dieses Bild nicht ersetzt, aber ergänzt durch ein zweites Bild allgemeiner kosmischer Wildheit, explodierender Galaxien und Quasare, überall gegenwärtiger Magnetfelder, die Teilchen auf hohe Geschwindigkeiten beschleunigen und so Anlaß zu kosmischer Strahlung und Synchrotronstrahlung geben; Vorgänge, die auf relativistische Zusammenbrüche von Materieansammlungen uns noch nicht bekannter Größenordnungen schließen lassen und neben anderem Quellen intensiver kosmischer Röntgenstrahlung bilden. Diese Fülle hochenergetischer, ja explosiver Vorgänge bilden innerhalb unseres Universums gewissermaßen eine zweite Welt – nicht räumlich getrennt von unserem bekannteren Kosmos der Sterne und Sternsysteme, sondern Hand in Hand mit ihm existierend, mit ihm vermischt und verbunden – und doch eine ganz neue, fremdartige, in sich vielfältige Welt, *ein heißes Universum in Verbindung mit einem kalten*. Ein großer Teil der laufenden Forschungsarbeiten beschäftigt sich mit dieser turbulenten Welt. Das «heiße» Universum umfaßt Vorgänge explosiven Charakters, sehr hohe Temperaturen, energiereiche kosmische Strahlung, seltsame Strahlungsausbrüche in Galaxien mit unvorstellbar großen Gesamtenergien – unvorstellbar auch für den an große Zahlen gewohnten Astronomen –, neue



Typen von sehr heißen, dichten, wahrscheinlich jungen Galaxien. Mit «kalt» ist normale stellare und interstellare Materie gemeint – Sterne wie unsere Sonne und viele Millionen ihr ähnliche Fixsterne, mit Planeten, und interstellarer Materie, Gas und Staub, im weiten Raum zwischen den Sternen. «Kalt» heißt dabei – und wir sehen die Relativität von Begriffen wie heiß und kalt – Temperaturen von vielleicht 50 Millionen Grad (im Innern von Sternen) bis herab zu wenigen Grad über dem absoluten Nullpunkt (in interstellaren Wolken). Wir beobachten beide, das heiße und das kalte Universum – oder sollen wir vielleicht besser sagen: die heißen und die kalten Phänomene in unserem Universum. Radiostrahlung, kosmische und Röntgen-Strahlung, Beobachtung von Gravitationswellen und einzelne Bereiche der optischen und Infrarot-Astronomie stehen mit dem heißen Universum in Beziehung. Die rascheste und zur Zeit eindrucksvollste Entwicklung unseres Wissens betrifft dieses neue heiße Universum. Stellarastronomie, galaktische und extragalaktische Astronomie im wesentlichen im optischen Bereich, aber auch im Bereich der Radiostrahlung, betreffen im wesentlichen das kalte Universum. Viele der Entdeckungen im Bereich der Infrarot-Strahlung deuten auf die Existenz kühlerer Sterne, von mehr Staub und Gas, als wir zu finden erwarteten, und erweitern unser Bild vom Universum in dieser Richtung. Das explosive Universum mag, in der raschen Abfolge neuer Entdeckungen, eindrucksvoller scheinen. Aber über 90 % der Masse aller Sterne findet sich in kühlen, kleinen Sternen, hundertmal schwächer als die Sonne, die Hunderte von Milliarden Jahren ereignislos dahinleben können.

Zum Teil beruhen diese neuartigen Erkenntnisse auf Jahren kontinuierlicher Beobachtung mit optischen und Radioteleskopen und der Interpretation dieser Beobachtungen auf Grund neuer Theorien der modernen Physik. Die meisten Astronomen arbeiten – auch heute noch – vom Erdboden aus und beobachten durch eine dünne, aber unruhige Atmosphäre hindurch die von dieser Atmosphäre durchgelassene Strahlung: sichtbares und infrarotes Licht und Strahlung im Bereich der Radio-, Kurz- und Ultrakurzwellen. Viele Entdeckungen im Bereich der neuartigen, explosiven Vorgänge verdanken wir aber der eindrucksvollen Entwicklung der Methoden und Instrumente für Beobachtungen auch außerhalb der Atmosphäre. Mit Stratosphären-Ballonen, Raketen und Satelliten steigen wir über die absorbierende Atmosphäre hinaus, um andere, von der Erdoberfläche aus unsichtbare Strahlung aus dem Universum zu beobachten: Gamma-, Röntgen-, Ultraviolett- und Mikrowellen-Strahlung. Heute ist es möglich, das Universum in praktisch allen Wellenlängen des elektromagnetischen Spektrums, von der hochenergetischen Gammastrahlung und harten Röntgenstrahlung bis zur langwelligen Radiostrahlung zu beobachten. Daneben messen wir die Flußdichten von hochenergetischen Teilchen und haben möglicherweise Neutrinos und vielleicht sogar Schwerewellen entdeckt. Draußen im Weltraum arbeitende Gammastrahlen-Teleskope messen die Strahlung vom Zentrum unseres Milchstraßensystems. Röntgenempfänger beobachten Pulsare und viele veränderliche, noch geheimnisvolle Röntgensterne. Eine Reihe ungewöhnlicher Galaxien sind starke Quellen von Röntgenstrahlung. Raumobservatorien für Ultraviolett-Strahlung haben während Jahren gearbeitet und uns eine Fülle von Informationen über den vorher unzugänglichen ultravioletten

Teil des Spektrums heißer Sterne geliefert. Die hohen Kosten der Raumforschung und – verglichen mit Kosten und Lebensdauer ortsfester Instrumente – der zunächst kurzlebigen Satelliteninstrumente lassen Astronomie im Weltraum teuer und risikogeladen erscheinen. Doch ist sie in ihrer phantastischen Breite der neuen Möglichkeiten für Entdeckungen ihren Einsatz vollauf wert. Aber auch die Beobachtungstechnik für die traditionelle Arbeit vom Erdboden aus ist nicht stehen geblieben. Nicht nur wegen der hohen Kosten kann die Satelliten-Astronomie der Beobachtungsarbeit gewissermaßen nur die leuchtenden Spitzen aufsetzen – auch aus wissenschaftlichen Gründen verlangen spektakuläre Neuentdeckungen von Satelliten aus in den neuen Beobachtungsbereichen eine gründliche weitere Bearbeitung im Gebiet der traditionellen optischen und Radio-Beobachtung. Fortgeschrittene elektronische Registriermethoden für sichtbares Licht werden an optischen Teleskopen eingesetzt und erlauben Beobachtungen innert Minuten, die noch vor zehn Jahren volle Nächte beanspruchten. Damit wurde die Ausweitung der Information über extrem schwache Sterne und Sternsysteme, seien sie nun an sich nur sehr schwach oder seien sie sehr weit entfernt, um mehrere Größenordnungen möglich. Mit den Mitteln moderner Kältetechnik gekühlte Bolometer und Halbleiter-Instrumente beobachten unsichtbare Wärmestrahlung (Infrarotstrahlung) von Stratosphären-Ballonen und Flugzeugen aus. Sie finden, daß gewisse energiereiche, aber kühle Himmelskörper den Hauptteil ihrer Strahlung nicht als sichtbares Licht, sondern in diesem Bereich aussenden. Die Radioastronomie erzielte überraschende Fortschritte auf Grund der Geschicklichkeit der Beobachter und der erfolgreichen Entwicklung von Hochfrequenzempfängern. Dadurch wurden im Millimeterwellen-Bereich völlig unerwartet komplizierte organische Moleküle im interstellaren Staub und Gas entdeckt – dieselben Moleküle, die wir als wesentliche Bestandteile größerer, biologisch aktiver Moleküle auf der Erde kennen. Im Zentimeterwellen-Bereich arbeiten Teleskope in Amerika, Europa und Australien, also durch den halben Erdumfang voneinander getrennt, zu Interferometern zusammengeschaltet zusammen. Damit ergibt sich ein Bildauflösungsvermögen, das die besten optischen Photographien übertrifft. Sie enthüllen Strukturelemente in explodierenden fernen Milchstraßensystemen, die ihr Aussehen innert Monaten verändern. Radar-Systeme erstellen topographische Karten der unsichtbaren, unter Wolken verborgenen Oberfläche des Planeten Venus und vermögen Berge von weniger als 1000 m Höhe zu entdecken. Satellitenteleskope zur Sonnenbeobachtung analysieren die Sonnencorona, in deren heißen Flecken die Temperatur plötzlich auf einige Dutzend Millionen Grad ansteigen kann.

Unser wirkliches Universum ist seltsamer und packender als alle Science Fiction sich träumen läßt, und seine Erforschung ist eines der würdigsten und zugleich faszinierendsten Abenteuer des menschlichen Geistes. Mit seltsamen Gegenständen scheint der Astronom beschäftigt – mit *Weißen Zwergen* und *Roten Riesen*, mit *Pulsaren*, *Quasaren* und *Schwarzen Löchern*. Wie ein Kind seine Bauklötzchen, so schiebt er in seinen Theorien die Bausteine seiner Welt, die Atome und Elementarteilchen, die Planeten und Sterne hin und her und versucht, in Modellen darzustellen, wie die Welt um uns aufgebaut ist und was

wir an seltsamen Erscheinungen rund um uns sehen. Nur anhand zunächst ganz einfacher, dann immer komplexer zusammengesetzter Modelle können wir hoffen, Schritt für Schritt der Fülle der Erscheinungen im Universum näher zu kommen und sie immer besser zu verstehen. Wie ein Kind: wir brauchen seine Phantasie, seine Unerschrockenheit, auch die seltsamsten und scheinbar zunächst unsinnigsten Gedankengänge unbekümmert einmal durchzudenken – durchzudenken aber unter der steten Kontrolle logisch erhärteter und experimentell geprüfter Naturgesetze und unter Beiziehung aller Hilfsmittel moderner Wissenschaft und Technik. In der Ausgewogenheit der Verbindung von strenger Disziplin unter den Denkgesetzen der exakten Naturwissenschaften und Phantasie im Aufspüren auch ihrer extremsten und unerwarteten Konsequenzen liegt die Genialität jener wenigen überragenden Naturforscher, die uns unerwartete neue Ausblicke und Forschungsgebiete erschließen. Die Entdeckerfreude der geographischen Forschung endete mit dem Verschwinden der letzten weißen Flecken auf der Weltkarte. Der Weg der Entdeckungen durch das Universum ist ohne Ende. Es war immer wieder eines der ganz großen und faszinierenden Felder der Grundlagenforschung, das den Angelpunkten der Wissenschaftsentwicklung seinen Stempel aufprägte. War in der Antike die Frage nach dem Bau des Kosmos mit dem Thema der Naturwissenschaft insgesamt identisch, so hat seine Erforschung in der Zeit Keplers, Galileis und Newtons die ganze Entwicklung der modernen Naturwissenschaften eingeleitet und war bis weit ins 19. Jahrhundert eine ihrer Kernthemen. Dann trat sie in ihrer Bedeutung hinter andern Problemen der Physik und der Chemie, der Biologie und Biochemie etwas in den Hintergrund, um heute wieder eine ganz zentrale Stellung im Rahmen der Grundlagenforschung zurückzugewinnen. Die modernsten und aktuellsten Gebiete dieser Grundlagenforschung – des Strebens nach Wissen um seiner selbst willen – besitzen immer in gewissem Maße einen esoterischen Charakter und lassen zunächst keine Anwendungsmöglichkeiten erkennen. Anwendungen (und mit ihnen erst die Publizität in weiterem Rahmen) mögen sich später ergeben – sie sind nicht im voraus planbar, und die großen, entscheidenden Entwicklungen, die später unser menschliches Leben am meisten beeinflussen und verwandeln, kamen nicht aus daraufhin geplanten Unternehmen, sondern meist auch für die Fachleute überraschend aus ganz unerwarteten Ecken der zweckfreien Grundlagenforschung. Wer sich dieser Grundlagenforschung widmet, findet seinen Lohn nicht in äußerer Rolle und Besitz, sondern in Erkenntnis, im Wissen um unsere Welt, ein innerer Reichtum unseres Menschseins. Glücklicherweise der Umstand, daß die Befriedigung in seinem Beruf und die Faszination durch seine Entdeckungen Freuden des Astronomen sind, die auch dem Laien noch immer verständlich und eindrucklich gemacht werden können. Astronomische Forschung findet ihre Rechtfertigung nicht in den konkret auswertbaren Ergebnissen – die es in ihr durchaus auch gibt –, sondern in dem wahrhaft überwältigend großartigen Bild, das sie dem Menschen von seiner Heimat, dem Kosmos, zeichnet.