

Über Hubbles Rotverschiebungsgesetz, das Olberssche Paradoxon und die kosmische Hintergrundstrahlung

A. K. T. Assis

Institute of Physics, University of Campinas – UNICAMP, 13083-970 Campinas, SP, Brasilien.

E-mail: assis@ifi.unicamp.br. Netz: <https://www.ifi.unicamp.br/~assis>

Veröffentlichung in Apeiron, Vol. 12, pp. 10-16 (1992): On Hubble's law of redshifts, Olber's paradox and the cosmic background radiation.

Übersetzung aus dem Englischen (März 2021):

Dr. Manfred Pohl

Deutschland

www.unipohl.de

Zusammenfassung: *Wir verwenden das Prinzip der Energieerhaltung in einem Modell, das die kosmologische Rotverschiebung, das Olberssche Paradoxon und die kosmische Hintergrundstrahlung erklärt. Das Modell basiert auf einer Hypothese der Absorption und Emission von Licht durch galaktische und intergalaktische Materie sowie einer mittleren Materietemperatur im Universum, die mit der Hintergrundstrahlung kompatibel ist. Wir diskutieren auch die frühen Arbeiten von Regener und Nernst zu diesen Themen. Zuletzt leiten wir einige bekannte Skalierungsgesetze für Galaxien ab, d. h., Leuchtkraft zu Masse und Leuchtkraft zu Fläche, die bisher nicht umfassend verstanden wurden. All dies wird unter der Annahme eines unbegrenzten, stationären Universums erreicht, das in großen Skalen homogen ist.*

Schlüsselwörter: *Kosmologie - kosmische Hintergrundstrahlung - kosmologische Rotverschiebung - Hubbles Rotverschiebungsgesetz.*

Einleitung

In dieser Arbeit diskutieren wir eine Reihe wichtiger kosmologischer Fragen, wie den Ursprung der kosmologischen Rotverschiebung, das Olberssche Paradoxon und den Ursprung der kosmischen Hintergrundstrahlung. Insbesondere zeigen wir, daß diese drei Themen stark korrelieren, wenn wir ein Modell der Lichtermüdung annehmen, das auf der Absorption von Licht durch galaktische und intergalaktische Materie basiert. Wir hoffen, dieses Modell in naher Zukunft mit einer physikalischen Grundlagenarbeit in Verbindung zu bringen, die auf dem Machschen Prinzip basiert (Mach 1989). Vor kurzem (Assis 1989a) haben wir ein Modell der quantitativen Umsetzung des Machschen Prinzips auf der Basis des Weberschen Gesetzes vorgestellt (Maxwell 1954; O'Rahilly 1965; Wesley 1990; Phipps 1990; Assis 1989b, 1990 und 1991; Assis und Caluzi 1991; Clemente und Assis 1991). In dieser früheren Arbeit (Assis 1989a) haben wir gezeigt, wie das Verhältnis zwischen träger und schwerer Masse unter Verwendung der Gravitationswechselwirkung eines Körpers mit dem übrigen Universum hergeleitet werden kann. Es wurde auch darauf hingewiesen, daß die fiktiven Kräfte (Zentrifugalkräfte, Coriolis usw.) nur in einem Bezugssystem auftreten, in dem alle „Fixsterne“ zusammen rotieren. Obwohl begrenzt, lieferte das Modell einige interessante Ergebnisse. In diesem Artikel diskutieren wir andere Themen, die für die Kosmologie relevant sind. Unsere Arbeitshypothese ist die Emission, die Absorption und die Erhaltung der Energie. Unser Ziel ist es, ein alternatives kohärentes Modell der Kosmologie zu entwickeln, das diese Daten bewerten kann.

Die kosmologische Rotverschiebung

Das erste Problem, das angesprochen werden muß, ist das Hubble-Gesetz der Rotverschiebung. Wir nehmen ein Modell an, bei dem das Hubble-Gesetz auf der Absorption kosmischer Strahlung durch die interstellare und intergalaktische Materie und nicht auf einem Doppler-Effekt beruht. Um die zugrunde liegenden Mechanismen zu untersuchen, verwenden wir das Bouguersche Gesetz (Bouguer 1729; Mach 1926; Curtis 1978), dessen Anwendung auf die Energie eines Photons die folgende Form hat:

$$E(r) = E_0 \cdot e^{-\alpha_L r} \quad (1)$$

Dabei ist E_0 die anfängliche Photonenenergie und α_L der mittlere Absorptionskoeffizient des Lichts auf der Verbindungslinie zwischen der Quelle und die Erde. Unter Verwendung der Einsteinschen Beziehung $E = h\nu = hc/\lambda$ (Einstein 1905), erhalten wir ein Gesetz der Rotverschiebung aus Gleichung (1):

$$z(r) \equiv \frac{\lambda(r) - \lambda_0}{\lambda_0} = e^{\alpha_L r} - 1 \cong \alpha_L r \quad (2)$$

In dieser Gleichung ist z die fraktionierte spektrale Verschiebung, λ_0 ist die von der Quelle emittierte Wellenlänge und $\lambda(r)$ ist die auf der Erde festgestellte Wellenlänge. Da wir wissen, daß $z \cong H_0 r/c$ ist, wohin H_0 ist Hubble-Konstante, entsteht aus Gleichung (2) der Ausdruck $\alpha_L = H_0/c$. Dies ist im Wesentlichen das Modell der Lichteermüdung. Wir werden keine neue Theorie vorstellen, um dieses Lichteermüdungsverhalten zu erklären. Wir werden lediglich die Hauptmodelle überprüfen, die zur Ableitung von Gleichung (1) geführt haben.

Der erste, der eine solche Idee vorschlug, war Zwicky (1929), und später diskutierte Hubble selbst unvoreingenommen diese Hypothese (Hubble und Tolman 1935; Hubble 1936a, 1936b und 1936c, 1937 und 1953). Das Haupthindernis für die Akzeptanz des Modells der Lichtermüdung war immer der Vorgang des

Energieverlusts. Andererseits war der Hauptgrund für die Annahme der Hypothese eines Doppler-Effekts als Ursache für die Rotverschiebung, daß der intergalaktische Raum als leer angesehen wurde, so daß mit dem Licht auf seiner Reise von einer Galaxie zur Erde nichts geschieht, wie von G. Reber (1986) klar herausgestellt wurde. Heute wissen wir, dass dies nicht der Fall ist: Der interstellare und intergalaktische Raum ist voller kosmischer Strahlen, Staubwolken usw. Dies hat H. Alfvén veranlaßt, vom Kosmos als "Plasmauniversum" zu sprechen (Alfvén 1981; 1986). Kürzlich hat Lerner schlüssig die Existenz einer Radioabsorption durch das intergalaktische Medium gezeigt (Lerner 1990). Aber schon vor langer Zeit wurde die Existenz von intergalaktischem Staub und Gasen aufgrund von Beobachtungen festgestellt (Zwicky 1953).

Das vorliegende Modell des Mechanismus der Rotverschiebung basiert auf der Absorption von Lichtenergie durch die Verteilung von Materie im Raum (und nicht beispielsweise einer Absorption durch einen Äther oder durch den Raum selbst). Andere Mechanismen wurden vorgeschlagen, wie eine Instabilität des Photons mit einer stetigen Verringerung der Masse durch seine Alterung (Waldron 1981 und 1985) oder ein Energieschwund aufgrund einer elektrischen Leitfähigkeit des Hintergrundraums (Monti 1988; Vigier 1990). Nernst nahm an, daß der leuchtende Äther die Photonenenergie absorbiert (Nernst 1937 und 1938). Rezensionen von Schatzman (1957) und Keys (1987) diskutieren eine Reihe anderer Modelle mit ermüdendem Licht. Eine ausgezeichnete Untersuchung der vielen Theorien eines stationären Universums, in denen die Photonen bei unelastischen Kollisionen mit Materie, die im interstellaren und intergalaktischen Raum verteilt ist, Energie verlieren, wurde von Pecker (1976) durchgeführt. Anstatt auf Einzelheiten all dieser Vorschläge einzugehen, möchten wir einige andere spezifische Modelle erwähnen, die berücksichtigt werden sollten, nämlich: Pecker, Roberts und Vigier (1972); Ellis (1984); Pecker und Vigier (1987); Crawford (1987). Wir machen auch auf die überzeugenden Argumente von Reber und Marmet aufmerksam (Reber 1986; Marmet 1988a; Marmet und Reber 1989; Marmet 1989). In diesen Arbeiten präsentieren sie spezifische Berechnungen und zeigen, daß ihr Modell mit vielen Beobachtungsergebnissen kompatibel ist. Sie erklären die Rotverschiebung am Sonnenrand (Marmet 1989), die unterschiedlichen mittleren Rotverschiebungen von Doppelsternen sowie Beobachtungen in der Radioastronomie bei einer Wellenlänge von 144 m (Reber 1986) usw. Kierein (1988) stellte eine Kritik an kosmologischen Urknallmodellen vor, die auf Interpretationen der Rotverschiebung basieren und begründet, warum diese Modelle durch statische ersetzt werden sollten.

Wir möchten hier darauf hinweisen, daß unser Modell auf einer Wechselwirkung von Licht (Photonen) mit Materie im interstellaren und intergalaktischen Raum basiert. Wir nehmen an, daß ein Photon absorbiert und dann mit einer geringeren Energie wieder emittiert wird. Dies ist keine einfache Streuung. Darüber hinaus strahlt Materie (Staubwolken, ionisierte Partikel usw.) auch Energie aus, so daß diese Materie, wenn sie sich im Gleichgewicht mit dem galaktischen und intergalaktischen Licht befindet, im Durchschnitt die gleiche Energiemenge absorbiert, die sie ausstrahlt. Das hier vorgestellte Modell basiert auf einem stationären und homogenen Universum (in großen Skalen), das räumlich und zeitlich unbegrenzt ist. Daher erfordert dieses Modell in großen Skalen keine evolutionären Effekte. In Übereinstimmung mit dieser Vorhersage haben astronomische Tests ergeben, daß im gesamten bekannten Universum keine derartigen Effekte existieren (Jaakkola 1982, 1983 und 1991; Laurikainen und Jaakkola 1985).

Zum Abschluss dieser Diskussion möchten wir darauf hinweisen, daß das in Gleichung (2) vorgestellte Modell der Lichtermüdung, unabhängig vom spezifischen Modell für den Energieverlust des Photons, aussagestärker zu sein scheint als die Urknallkosmologien als die von LaViolette (1986) und Jaakkola, Moles und Vigier (1979) gezeigten. Sie haben insbesondere gezeigt, daß das Modell der Lichtermüdung in vier weitreichenden Tests besser mit den Daten übereinstimmt: dem Winkelgrößen-Rotverschiebungstest, dem Hubble-Diagrammtest, dem Galaxiennummerzahl-Scheinbar-Helligkeitstest und dem Differential-log N – log S-Test.

Das Olberssche Paradoxon und die kosmische Hintergrundstrahlung

Die zweite wichtige kosmologische Frage, die in dieser Arbeit behandelt werden soll, ist das Olberssche Paradoxon (Bondi, 1960). Dieses Thema wurde erstmals 1720 von Edmund Halley in gedruckter Form diskutiert (Halley 1720; Hoskin 1985). Olbers bemerkte einen Fehler in Halleys Analyse und löste das Problem, indem er eine Absorption von Licht durch Materie im interstellaren Raum voraussetzte (Olbers 1826 und 1894; Jaki 1969). Im Wesentlichen war die gleiche Idee von Cheseaux (1744) vertreten worden, aber seine Arbeit hatte einen geringeren Einfluß als die von Olbers (Jaki 1969). Die Lösung des Problems durch Olbers wurde später unter der Annahme kritisiert, daß sich Materie, wenn sie Strahlungsenergie absorbiert, erwärmen würde, bis ihre Emissionsleistung gleich ihrer Absorptionsleistung wäre. Meistens wird argumentiert, daß in diesem Fall der Nachthimmel so hell sein müßte, als hätte er eine Temperatur, die vergleichbar mit der Sonnenoberfläche wäre (Hoyle und Narlikar 1980). Wir zeigen hier, daß dies nicht der Fall sein muß.

Unser Ausgangspunkt entspricht Gleichung (1), und zwar, daß sich der von einem typischen astronomischen Körper, beispielsweise einer Galaxie, emittierte Fluß verringert, sodaß also

$$F(r) = \left(\frac{L}{4\pi r^2} \right) \cdot e^{-\alpha_L r}$$

ist. Dabei ist L die Leuchtkraft des Objekts (seine emittierte bolometrische Leistung, d. h., Energieumsatz pro Zeitspanne). Wenn wir n Körper pro Volumeneinheit haben, ist der vom gesamten Universum empfangene Gesamtfluß

$$F = \int_0^\infty \frac{L \cdot e^{-\alpha_L r}}{4\pi r^2} n 4\pi r^2 dr = \frac{Ln}{\alpha_L}, \quad (3)$$

wobei L als Durchschnittswert für alle Körper verwendet wird.

Dies erklärt sofort, warum der Nachthimmel dunkel ist, denn selbst mit einem unendlichen Universum können wir Gleichung (3) mit dem gemessenen Wert des vom Universum empfangenen mittleren Flusses gleichsetzen. Dies ergibt einen korrekten Meßwert des mittleren empfangenen Flusses, wie wir bei der Erörterung der Arbeit von Regener sehen werden.

Wir haben zuvor erhalten, daß $\alpha_L = H_0/c$ ist. Wenn wir n mit ρ_0/M gleichsetzen, wobei ρ_0 die mittlere Materiedichte im Universum und M die durchschnittliche Masse der Körper im Universum ist, erhalten wir

$$F = \frac{L\rho_0 c}{H_0 M}$$

Da wir ein Universum in einem stationären Zustand annehmen, muß ein Körper im Gleichgewicht die gleiche Energiemenge abgeben, die er absorbiert. Wenn wir mit

R den Radius des Objekts bezeichnen, beträgt sein emittierter Fluss $L/4\pi R^2$. Durch Gleichsetzen mit der absorbierten Durchflußleistung entsteht

$$\frac{M}{R^2} = 4\pi \frac{\rho_0}{H_0} c \cong 1 \frac{kg}{m^2} \text{ bis } 10 \frac{kg}{m^2} \quad (4)$$

Dies scheint ein naives Ergebnis zu sein, aber es ist eine notwendige Konsequenz unseres Modells, und es ist bezeichnenderweise für die meisten Galaxien gültig. Zum Beispiel für die Milchstraße, dort haben wir

$$\frac{M}{R^2} \cong 4 \cdot 10^{41} kg / (3 \cdot 10^{20} m)^2 \cong 4 kg / m^2$$

Natürlich können wir aufgrund von Unsicherheiten bei der Bestimmung von ρ_0 , H_0 , M und R (Borner 1988) keine genauen Zahlen in diese Beziehungen einfügen, und auch nicht, weil die Galaxien bestimmte Formunregelmäßigkeiten aufweisen (für flache Galaxien zum Beispiel wird der emittierte Fluß besser dargestellt durch $L/(\pi R^2)$ anstelle von $L/(4\pi R^2)$). Es ist dennoch bemerkenswert, daß diese Beziehung nicht nur qualitativ, sondern auch in Größenordnungen gültig zu sein scheint. Es kann angemerkt werden, daß Gleichung (4) für einen Körper gelten muß, der sich in irgendeiner Art von Interaktion im Gleichgewicht mit dem verbleibenden Universum befindet. Befindet sich der Körper beispielsweise im Gravitationsgleichgewicht, sollte er dieselbe Menge an Gravitationsenergie emittieren und absorbieren. Diese Bedingung wird auch durch Gleichung (4) aufgrund der Tatsache ausgedrückt, daß die Leuchtkraft oder irgendeine andere Art von Wechselwirkungskraft in diesem Ausdruck aufgehoben wird.

Wir antworten nun auf die Kritik, daß eine Erklärung des Olbersschen Paradoxons, das auf der Absorption von Licht basiert, erfordern würde, daß der Nachthimmel so hell ist wie die Oberfläche der Sonne. Unsere Hauptannahme ist, daß die mittlere Temperatur der Materie im Universum $2,7 K$ beträgt. Mit dieser Hypothese wird die kosmische Hintergrundstrahlung sofort erklärt. Dies erklärt auch die Dunkelheit des Nachthimmels: Der Nachthimmel ist hell genug, daß seine Temperatur ungefähr $2,7 K$ beträgt. Ein Argument für diese Annahme ist die Tatsache, daß Regener 1933 mit dem gemessenen Wert des Energieflusses des Nachthimmels aufgrund von Licht und Wärme oder aufgrund kosmischer Strahlung nach dem Stefan-Boltzmann-Gesetz eine mittlere Temperatur von $2,8 K$ für den interstellaren Raum erhielt (Regener 1933; Monti 1987).

Dies ist besonders bemerkenswert, da es der Entdeckung des Schwarzkörperspektrums von $2,7 K$ durch Penzias und Wilson 32 Jahre vorausging (Penzias und Wilson 1965). Obwohl Regeners bedeutsames Werk nicht gut bekannt ist, sollte betont werden, daß es den Werken von Gamow (Alpher, Bethe und Gamow 1948; Gamow 1953), die stets zugunsten einer Interpretation der kosmischen Hintergrundstrahlung als Relikt eines heißen Urknalls zitiert werden (Dicke, Peebles, Roll und Wilkinson 1965), 15 Jahre vorausging. Andererseits betrachten wir die kosmische Hintergrundstrahlung aufgrund der durchschnittlichen Temperatur der Materie im Kosmos als Schwarzkörperstrahlung. Wenn diese Interpretation korrekt ist, muß ein Körper im Gleichgewicht mit dieser Strahlung die gleiche Energie absorbieren, die er emittiert. Wir haben dann eine neue Beziehung, nämlich

$$\frac{Ln}{\alpha_L} = \frac{L}{4\pi R^2} = \sigma T^4, \quad (5)$$

wobei σ die Stefan-Boltzmann-Konstante ist. Die erste Gleichheit ergab Gleichung (4). Das Gleichsetzen des ersten und zweiten Terms von Gleichung (5) mit dem dritten Term ergibt sich mit $T = 2,7 K$:

$$\frac{L}{M} \cong 10^{-5} W/kg \quad \text{und} \quad \frac{L}{R^2} \cong 15 \cdot 10^{-5} W/m^2 \quad (6)$$

Dies sind ebenfalls einfache Beziehungen, aber auch hier sind sie wichtige Konsequenzen unseres Modells. Wie bei Gleichung (4), ist das auffällige Argument für unsere Interpretation der kosmischen Hintergrundstrahlung, daß Gleichung (6) für die meisten Galaxien gilt (Faber und Jackson 1976; Tully und Fisher 1977; Faber und Gallagher 1979; Kormendy 1982). Zum Beispiel haben wir für die Milchstraße

$$\frac{L}{M} \cong 2.5 \cdot 10^{-5} W/kg$$

$$\frac{L}{R^2} \cong 15 \cdot 10^{-5} W/m^2$$

Es sollte angemerkt werden, daß der Ursprung dieser Skalierungsgesetze bis heute nicht gut verstanden wurde (Borner 1988). Eine Ableitung ähnlicher Beziehungen, die auch auf der Erhaltung der Energie in einem statischen Universum basiert, wurde kürzlich in einem wichtigen Artikel von Shlenov (1991) gegeben. Wie in unserem Modell, nimmt er ein unendliches Universum ohne Expansion an. Zusammenfassend können wir sagen, daß sich bei dieser Interpretation des Olbersschen Paradoxons die materiellen Körper, die für die Absorption elektromagnetischer Strahlung verantwortlich sind, nur bis zu dem Punkt erwärmen, an dem sie sich im thermischen Gleichgewicht mit dieser Strahlung befinden, nämlich $2,7 K$.

Diskussion und Schlußfolgerungen

In diesem Artikel haben wir ein einziges Prinzip verwendet, nämlich Emission, Absorption und Energieerhaltung, um viele Phänomene zu verstehen und in Bezug zueinander zu setzen. Insbesondere haben wir dieses Prinzip auf eine Untersuchung der kosmologischen Rotverschiebung, des Olbersschen Paradoxons und der kosmischen Hintergrundstrahlung von $2,7 K$ angewendet. Wir haben gezeigt, wie die kosmologische Rotverschiebung mit dieser Hypothese kohärent interpretiert werden kann, und diskutiert, wie dies eine bessere quantitative Anpassung der Daten in diesem Bereich ergeben kann als andere Interpretationen. Unser Modell basiert auf einem stationären und unbegrenzten Universum, das in großen Skalen homogen sowie räumlich unendlich und zeitlich ewig ist. In Anbetracht der vielen Annahmen, die für die Anpassung der Kosmologie eines expandierenden Universums an die bekannten Rotverschiebungsdaten erforderlich sind, könnten wir Kellermann (1972) fragen: "Zeichnen wir zu viele Epizyklen?" Das hier entwickelte Modell kann eine Reihe von Anomalien im Hubble-Gesetz erfassen, wie sie von Arp und anderen beobachtet wurden (Arp 1967, 1971, 1974 und 1987; Field, Arp und Bahcall 1973; Arp, Burbidge, Hoyle, Narlikar und Wickramasinghe 1990), in denen zwei physikalisch verknüpfte astronomische Objekte ziemlich unterschiedliche Rotverschiebungen aufweisen. Um diese Ergebnisse zu verstehen, müssen wir uns nur daran erinnern, daß α_L ungefähr proportional zum Absorptionskoeffizienten zwischen dem Objekt und der Erde ist. Da jedes Objekt von einem anderen Umfeld umgeben ist (Atmosphären, geladene Teilchen, die ein diffuses Plasma bilden usw.), würden wir erwarten, daß die Rotverschiebungen, die mit verschiedenen Objekttypen verbunden sind, diese Besonderheiten aufweisen. Dieser Rahmen der Erklärung der Rotverschiebung der Quasare und Galaxien stimmt daher im Allgemeinen mit dem von Marmet (1991)

vorgeschlagenen Mechanismus überein. Nach diesem Mechanismus verliert das Photon durch unelastische Kollisionen mit Molekülen seine Energie an die Materie, die sich zwischen der Lichtquelle und der Erde befindet. Eine klare Diskussion über Marmets frühere Arbeiten wurde von Phipps (1989) gegeben. Eine Konsequenz solcher Mechanismen ist, daß in Zukunft die Analyse der spektralen Rotverschiebung als Testmittel zum Nachweis und zur Untersuchung der Struktur verschiedener Körper und ihrer umgebenden Materie verwendet werden kann. Eine ausführliche Diskussion dieser Themen würde jedoch den Rahmen der vorliegenden Arbeit sprengen.

Anschließend haben wir das Olberssche Paradoxon im Zusammenhang mit der Absorption elektromagnetischer Energie untersucht. Wir kamen zu dem Schluß, daß dies eine sehr vernünftige Annahme ist, vorausgesetzt, die mittlere Temperatur der Materie im Universum ist diejenige, die durch die kosmische Hintergrundstrahlung gegeben ist. Wir haben einige wichtige Konsequenzen aus dieser Hypothese entwickelt (Helligkeits durch Masse- und Helligkeits durch Flächen-Konstante für Galaxien) und darauf hingewiesen, daß genau diese Skalierungsgesetze in der Natur zu finden sind. Auch die Zahlenwerte der Konstanten stimmen mit den Beobachtungen überein. Da bei der Bestimmung von ρ_0 und H_0 noch einige Unsicherheiten bestehen, können wir auf eine Verbesserung dieser Beziehungen in naher Zukunft hoffen. Eine begrenzte Aussage, daß die Temperatur der Materie im Universum bei $2,7\text{ K}$ liegt und daß diese Materie für die kosmische Hintergrundstrahlung verantwortlich ist, wurde von Marmet (1988b) gegeben. Der Unterschied ist, daß er angenommen hat, nur dunkle Materie habe diese Temperatur, während wir annehmen, daß alle Materie im Universum diese mittlere Temperatur hat.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß ein stationäres Modell des Universums, das in alle Richtungen unbegrenzt und zeitlich ewig ist, mit allen bekannten kosmologischen Daten übereinstimmt. Es sollte jedoch angemerkt werden, daß unser Modell Nernsts Vorschlag (Nernst 1937 und 1938) ähnlicher ist als die Steady-State-Theorie von Bondi, Gold und Hoyle (Bondi und Gold 1948; Hoyle 1948). Der Hauptunterschied besteht darin, daß wir, da wir keine Expansion des Universums annehmen, keine kontinuierliche Erschaffung der Materie postulieren müssen. Folglich vermeiden wir auch die Probleme, die sich aus einer endlichen Zeit für das Universum ergeben. Harrison hat gezeigt, daß das Universum in allen Urknallmodellen mit entsprechender Evolution nur für eine begrenzte Zeit existiert (Harrison 1964, 1974 und 1981). Da wir eine plausible Lösung des Olbersschen Paradoxons mit einem homogenen, unbegrenzten Universum ohne zeitliche Singularität gegeben haben, können wir Tiplers Aussage nicht zustimmen, daß „es nur zwei Möglichkeiten gab (und gibt), das Paradoxon aufzulösen: das Universum von Sternen muß entweder räumlich inhomogen oder zeitlich inhomogen sein“ (1988).

Die hier diskutierte Theorie ist insofern unvollständig, als sie noch keinen Versuch unternimmt, das Anwachsen der Entropie in einem Steady-State-Universum zu betrachten. Dies ist die wichtigste und schwierigste Frage, die in einem Modell zu beantworten ist, das ein Universum in einem stationären und homogenen Zustand annimmt. Der einzige Hinweis darauf, wo eine Lösung liegen könnte (obwohl wir sie hier nicht weiter verfolgen werden), ist, daß wir ein unbegrenztes und offenes System (das gesamte Universum) mit unendlich vielen Freiheitsgraden haben. Dies impliziert, daß die Einbeziehung der Entropie in das Modell möglicherweise eine allgemeinere Thermodynamik erfordert, die für offene Systeme geeignet ist. Es muß noch einmal betont werden, daß Nernst, der Begründer des dritten Hauptsatzes der Thermodynamik, der sich speziell auf die Entropie bezieht, zu denjenigen gehörte, die

ein Modell eines unbegrenzten Universums in einem stationären Zustand ohne Expansion oder Erzeugung von Materie befürworteten (Nernst 1937 und 1938).

In unserem Modell haben wir angenommen, daß sich Galaxien im thermischen Gleichgewicht mit der kosmischen Hintergrundstrahlung von $2,7\text{ K}$ befinden. Obwohl die meisten der von gewöhnlichen Galaxien emittierten Photonen von Sternoberflächen stammen, die nicht bei $2,7\text{ K}$ liegen, ist dies aus zwei Gründen eine vernünftige Annahme. Das erste ist, daß das typische Alter einer Galaxie mit der Hubble-Zeit von $\cong 10^{10}$ Jahren vergleichbar ist (Binney und Tremaine 1987; Borner 1988). Um so lange zu existieren, muß sich ein stabiles System wie eine Galaxie in einem dynamischen Gleichgewicht mit seiner Umgebung befinden. Der zweite Grund ist, daß die Energiedichte der kosmischen Hintergrundstrahlung ($\cong 1\text{ eV/cm} = 1,6 \cdot 10^{-13}\text{ J/m}^3$) genau die Energiedichte in unserer eigenen Galaxie ist, wegen der verschiedenen Modi der internen interstellaren Anregung: Sternenlichts, kosmischen Strahlung, Magnetfelder und turbulente Gaswolken (Sciama 1973). Dies ist ein klarer quantitativer Hinweis auf ein thermisches Durchschnittsgleichgewicht zwischen der Materie, aus der eine Galaxie besteht, und ihrer äußeren Umgebung, der kosmischen Hintergrundstrahlung. Das in diesem Artikel vorgestellte Modell ist begrenzt, und wir machen keinen Versuch, das Problem der Entstehung der chemischen Elemente und ihrer beobachteten Häufigkeiten anzusprechen. Die korrekte Vorhersage dieser Häufigkeiten ist einer der Hauptbeweise für die auf dem Urknall basierende Standardkosmologie. Wir werden dieses Thema aus Sicht einer statischen Kosmologie nicht betrachten, da unsere eigenen Ideen zu diesem Thema noch nicht gut entwickelt sind. Eine mögliche Quantisierung der Rotverschiebungen (Broberg 1982 und 1991; Arp 1989), obwohl eine äußerst interessante Entwicklung, geht ebenfalls über den Rahmen dieser Arbeit hinaus.

Offensichtlich ist das hier entwickelte Modell immer noch grob und liefert nur grobe Vorhersagen. Wir sind jedoch der Ansicht, daß diese Art von Theorie aus den oben genannten Gründen berücksichtigt werden muß. Wir hoffen, in Zukunft ein verbessertes Modell mit größerer Verfeinerung präsentieren zu können. In späteren Arbeiten wird die Beziehung zwischen diesen Ideen und Machsches Prinzip (Mach 1989; Assis 1989a; Barbour 1989; Graneau 1990) genauer herausgearbeitet. In einer Reihe neuerer Studien hat eine Anzahl von Autoren Verbindungen zwischen Trägheit, Schwerkraft, Elektromagnetismus und Kosmologie entwickelt (Ghosh 1984 und 1991; Roscoe 1991a und 1991b; Jaakkola 1987 und 1991; Kropotkin 1991 und Shlenov 1991). Wir hoffen, daß wir in Zukunft unseren eigenen Ansatz mit den Ansätzen dieser Autoren in Verbindung bringen können.

Danksagung

Der Autor dankt Dr. R. de A. Martins und Dr. R. Monti für viele gewinnbringende und anregende Diskussionen. Wir danken auch Dr. Peter Graneau für seine ausführliche Kritik am ersten Entwurf dieser Arbeit. Der Autor dankt der Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) und dem Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq-Brasilien) für die finanzielle Unterstützung in den letzten Jahren.

Literatur

- Alfvén, H. 1981, *Cosmic Plasma* (Dordrecht: Reidel).
- Alfvén, H. 1986, *Phys. Today*, **39**, 22.
- Alpher, R. A., Bethe, H. A., and Gamow, G. 1948, *Phys. Rev.*, **73**, 803.
- Arp, H. C. 1967, *Astrophys. J.*, **148**, 321.
- Arp, H. C. 1971, *Astrophys. Lett.*, **9**, 1.
- Arp, H. C. 1974, in *Proc. 16th Solvay Conf. Phys., Astrophys. and Gravitation* (Bruxelles: Editions de l'Université de Bruxelles), p. 443.
- Arp, H. C. 1987, *Quasars, Redshifts and Controversies* (Berkeley: Interstellar Media).
- Arp, H. C. 1989, *Apeiron*, **5**, 7.
- Arp, H. C., Burbidge, G., Hoyle, F., Narlikar, J. V. and Wickramasinghe, N. C. 1990, *Nature*, **346**, 807.
- Assis, A. K. T. 1989a, *Found. Phys. Lett.*, **2**, 301.
- Assis, A. K. T. 1989b, *Phys. Lett. A.*, **136**, 277.
- Assis, A. K. T. 1990, *Hadronic J.*, **13**, 441.
- Assis, A. K. T. 1991, *Phys. Essays*, **4**, 109.
- Assis, A. K. T. and Caluzi, J. J. 1991, *Phys. Lett. A*, **160**, 25.
- Barbour, J. B. 1989, *Absolute or Relative Motion?, Volume 1: The Discovery of Dynamics* (Cambridge: Cambridge Univ. Press).
- Binney, J. and Tremaine, S. 1987, *Galactic Dynamics* (Princeton: Princeton Univ. Press).
- Bondi, H. 1960, *Cosmology* (2nd ed., Cambridge: Cambridge Univ. Press).
- Bondi, H. and Gold, T. 1948, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, **108**, 252.
- Börner, G. 1988, *The Early Universe-Facts and Fiction* (Berlin: Springer-Verlag).
- Bouguer, P. 1729, *Essai d'Optique sur la Gradation de la Lumière* (Paris: Chez Claude Jombert).
- Broberg, H. 1982, *ESA J.*, **6**, 207.
- Broberg, H. 1991, *Apeiron*, **9-10**, 62.
- Cheseaux, J. -P. L. de 1744, *Traité de la Comete* (Lausanne: Bousequet).
- Clemente, R. A., and Assis, A. K. T. 1991, *Int. J. Theor. Phys.*, **30**, 537.
- Crawford, D. F. 1987, *Aust. J. Phys.*, **40**, 459.
- Curtis, L. J. 1978, *Am. J. Phys.*, **46**, 896.
- Dicke, R. H., Peebles, P. J. E., Roll, P. G. and Wilkinson, D. T. 1965, *Astrophys. J.*, **142**, 414.
- Einstein, A. 1905, *Ann. d. Phys.*, **17**, 132; English translation in Arons, A. B. and Peppard, M. B. 1965, *Am. J. Phys.*, **33**, 367.
- Ellis, G. R. A. 1984, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, **22**, 157.
- Faber, S. M. and Gallagher, J. S. 1979, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, **17**, 135.
- Faber, S. M. and Jackson, R. E. 1976, *Astrophys. J.*, **204**, 668.
- Field, G. B., Arp, H. and Bahcall, J. N. 1973, *The Redshift Controversy* (Reading: W. A. Benjamin).
- Gamow, G. 1953, *K. Dan. Vidensk. Selsk. Mat.-Fys. Medd.*, **27**, 10.
- Ghosh, A. 1984, *Pramana J. Phys.*, **23**, L671.
- Ghosh, A. 1991, *Apeiron*, **9-10**, 35.
- Graneau, P. 1990, *Electronics World and Wireless World*, **96**, 60.
- Halley, E. 1720, *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, **31**, 22.
- Harrison, E. R. 1964, *Nature*, **204**, 271.
- Harrison, E. R. 1974, *Phys. Today*, **27**, 30.

- Harrison, E. R. 1981, *Cosmology: The Science of the Universe* (Cambridge: Cambridge Univ. Press).
- Hoskin, M. 1985, *J. Hist. Astron.*, **16**, 77.
- Hoyle, F. 1948, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, **108**, 372.
- Hoyle, F. and Narlikar, J. 1980, *The Physics-Astronomy Frontier* (San Francisco: Freeman and Company), § 12-5.
- Hubble, E. 1936a, *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **22**, 621.
- Hubble, E. 1936b, *The Realm of the Nebulae* (New York: Dover).
- Hubble, E. 1936c, *Astrophys. J.*, **84**, 517.
- Hubble, E. 1937, *The Observational Approach to Cosmology* (Oxford: Clarendon), pp. 30, 63, and 66.
- Hubble, E. 1953, *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, **113**, 659.
- Hubble, E. and Tolman, R. C. 1935, *Astrophys. J.*, **82**, 302.
- Jaakkola, T. 1982, *Astrophys. Space Sci.*, **88**, 283.
- Jaakkola, T. 1983, in *Old and New Questions in Physics, Cosmology, Philosophy and Theoretical Biology*, A. van der Merwe (ed.), (New York: Plenum), p. 223.
- Jaakkola, T. 1987, *Apeiron*, **1**, 5.
- Jaakkola, T. 1991, *Apeiron*, **9-10**, 76.
- Jaakkola, T., Moles, M., and Vigier, J.-P. 1979, *Astron. Nachr.*, **300**, 229.
- Jaki, S. L. 1969, *The Paradox of Olbers' Paradox* (New York: Herder and Herder).
- Kellermann, K. I. 1972, *Astron. J.*, **77**, 531.
- Keys, C. R. 1987, "Fundamentals of Quasi-Static Cosmology" (unpublished, private communication).
- Kierein, J. W. 1988, *Laser and Particle Beams*, **6**, 453.
- Kormendy, J. 1982, in *Morphology and Dynamics of Galaxies*, ed. L. Marinet and M. Mayor, 12th Course Swiss Astron. Soc.
- Kropotkin, P. N. 1991, *Apeiron*, **9-10**, 91.
- Laurikainen, E. and Jaakkola, T. 1985, *Astrophys. Space Sci.*, **109**, 111.
- LaViolette, P. A. 1986, *Astrophys. J.*, **301**, 544.
- Lerner, E. J. 1990, *Astrophys. J.*, **361**, 63.
- Mach, E. 1926, *The Principles of Physical Optics* (New York: Dutton), pp. 13-20.
- Mach, E. 1989, *The Science of Mechanics* (La Salle: Open Court).
- Marmet, P. 1988a, *Phys. Essays*, **1**, 24.
- Marmet, P. 1988b, *Sci. Lett.*, **240**, 705.
- Marmet, P. 1989, *IEEE Trans. Plasma Sci.*, **17**, 238.
- Marmet, P. 1991, *Apeiron*, **9-10**, 45.
- Marmet, P. and Reber, G. 1989, *IEEE Trans. Plasma Sci.*, **17**, 264.
- Maxwell, J. C. 1954, *A Treatise on Electricity and Magnetism* (New York: Dover), Volume 2, Chap. XXIII.
- Monti, R. 1987, *Seagreen*, **4**, 32.
- Monti, R. 1988, in *Proc. Problems in Quantum Physics, Gdansk 87 - Recent and Future Experiments and Interpretations*, ed. L. Kostro, A. Posiewnik, J. Pykacz, and M. Zukowski (Singapore: World Scientific), p. 640.
- Nernst, W. 1937, *Zs. f. Phys.*, **106**, 633.
- Nernst, W. 1938, *Ann. d. Phys.*, **32**, 44.
- Olbers, H. W. M. 1826, *Astronomische Jahrbuch für das Jahr 1826*, ed. J. E. Rode (Berlin: Späthen); English translation in *Edinburgh New Philosophical J.*, **1**, 141 (1826).
- Olbers, H. W. M. 1894, *Works* (Berlin).

- O'Rahilly, A. 1965, *Electromagnetic Theory* (New York: Dover), Volume 2, Chap. XI.
- Peeker, J.-C. 1976, in *Proc. 37th Colloq. Intern. Astron. Union* (Paris), p. 451.
- Peeker, J.-C., Roberts, A. P, and Vigier, J.-P. 1972, *Nature*, **237**, 227.
- Pecker, J.-C. and Vigier, J.-P. 1987, *Intern. Astron. Union Symp. No. 124*, ed. A. Hewitt et al., p. 507.
- Penzias, A. A. and Wilson, R. W. 1965, *Astrophys. J.*, **142**, 419.
- Phipps Jr., T. E. 1989, *Phys. Essays*, **2**, 301.
- Phipps Jr., T. E. 1990, *Apeiron*, **8**, 8.
- Reber, G. 1986, *IEEE Trans. Plasma Sci.*, **PS-14**, 678.
- Regener, E. 1933, *Zs. f. Phys.*, **80**, 666.
- Roscoe, D. F. 1991a, *Galilean Electrodynamics*, **2**, 87; *ibid.*, p. 103.
- Roscoe, D. F. 1991b, *Apeiron*, **9-10**, 54.
- Schatzman, E. 1957, *The Origin and Evolution of the Universe* (New York: Basic Books).
- Sciama, D. W. 1973, *Modern Cosmology* (Cambridge: Cambridge Univ. Press), Chap. 15.
- Shlenov, A. 1991, *Apeiron*, **11**, 9.
- Tipler, F. J. 1988, *Quat. J. R. Astron. Soc.*, **29**, 313.
- Tully, R. B. and Fisher, J. R. 1977, *Astron. Astrophys.*, **54**, 661.
- Vigier, J.-P. 1990, *IEEE Trans. Plasma Sci.*, **18**, 1.
- Waldron, R. A. 1981, *Spec. Sci. Technol.*, **4**, 539.
- Waldron, R. A. 1985, *Spec. Sci. Technol.*, **8**, 315.
- Wesley, J. P. 1990, *Found. Phys. Lett.*, **3**, 443; *ibid.*, p. 471; *ibid.*, p. 586.
- Zwicky, F. 1929, *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **15**, 773.
- Zwicky, F. 1953, *Phys. Today*, **6**, 7.