

Übersetzung von A. K. T. Assis, M. C. D. Neves und D. S. L. Soares, „Hubble’s cosmology: From a finite expanding universe to a static endless universe,” in: F. Potter (editor), 2nd Crisis in Cosmology Conference, CCC-2 (Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, 2009), pp. 255-267. APS Conference Series, Volume 413.

Übersetzung aus dem Englischen (2013):

Dr. Manfred Pohl

Mail: unipohl@aol.com

Netz : www.unipohl.de

Hubbles Kosmologie: Von einem endlichen expandierenden Universum zu einem unendlichen statischen Universum

A. K. T. Assis ¹⁾, **M. C. D. Neves** ^{1,2)} und **D. S. L. Soares** ³⁾

¹⁾ Institut der Physik “Gleb Wataghin,” Universität Campinas – UNICAMP, 13083-859 Campinas, SP, Brasilien.

E-Mail: assis@ifi.unicamp.br

²⁾ Departamento de Física, Fundação Universidade Estadual de Maringá – FUEM, 87020-900 Maringá, PR, Brasilien.

E-Mail: macedane@yahoo.com

³⁾ Departamento de Física, ICEX, Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, C. P. 702, 30123-970 Belo Horizonte, MG, Brasilien.

E-Mail: dsoares@fisica.ufmg.br

Kurzfassung: Wir analysieren die Ansichten Edwin Hubbles (1889-1953) im Hinblick auf die großräumige Struktur des Universums. Im Jahre 1929 hatte er zunächst ein endliches expandierendes Universum angenommen, um die Rotverschiebung ferner Galaxien zu erklären. Später wandte er sich einem unendlichen stationären Universum und einem neuen Prinzip der Natur zu, um die gleichen Phänomene zu erklären. Anfangs war seine Zustimmung zur Rotverschiebungs-Entfernungs-Beziehung (*Entfernung* hier im Sinne von *Weg-*, *Fortbewegung*) von den Vorhersagen des kosmologischen Modells von de Sitter geprägt, dem sogenannten „de Sitter-Effekt“, dem Phänomen der Streuung von Materieteilchen, die zu einer Expansion des Universums führt. Eine Reihe von Beweisen aus Beobachtungen machte ihn in der Folge sehr skeptisch gegenüber einem solchen Szenario. Es ließ sich besser mit einem unendlichen statischen Universum beschreiben. Die Beweise, die er fand, waren: (I) die großen Werte, die er für die „Rezessions“-Geschwindigkeiten von Nebeln bei Interpretation der Rotverschiebung aus der Geschwindigkeitsverschiebung auffand (1.800 km/s im Jahr 1929 bis zu 42.000 km/s im Jahr 1942, die zu $v/c = 1/7$ führten). Alle anderen bekannten realen Geschwindigkeiten großer Himmelskörper sind viel kleiner als diese. (II) Der „Zahlen-Effekt“-Test, der aus dem Verlauf der Leuchtkraft der Nebel bei Rotverschiebung auftritt. Hubble hat herausgefunden, daß ein statisches Universum hinsichtlich der Unsicherheiten der Beobachtungsdaten leicht zu favorisieren ist. Der Test entspricht dem modernen „Tolman-Effekt“ für die Helligkeiten der Galaxieoberflächen, deren Ergebnisse immer noch umstritten sind. (III) Die Kleinheit von Größe und Alter des gekrümmten expandierenden Universums, die aus der von ihm bestimmten Expansionsgrößenordnung hervorgeht, und (IV) die Tatsache, daß eine gleichmäßige Verteilung von Galaxien in großen Anzahlbereichen von Galaxien, wenn man von einem statischen und flachen Modell ausgeht, einfacher erklärbar ist. In einem expandierenden und geschlossenen Universum, fand Hubble, daß die Homogenität nur auf Kosten einer großen Krümmung erhalten wurde. Wir zeigen durch Zitate seiner Werke, daß Hubble gegenüber dem Urknall bis zum Ende seines Lebens im Gegensatz zu den Aussagen der vielen modernen Autoren vorsichtig blieb. Um die Rotverschiebung in einem nicht expandierenden Universum zu beschreiben, nennt Hubble ein neues Prinzip der Natur, ähnlich dem von Fritz Zwicky 1929 vorgeschlagenen „Lichtermüdungs“-Mechanismus. Andererseits waren ihm die theoretischen Schwierigkeiten einer solchen radikalen Annahme bewußt. Hubbles Ansatz zur Kosmologie deutet stark darauf hin, daß er dem derzeitigen modernen kosmologischen Paradigma nicht zustimmt, weil er sich vor allem auf Beobachtungen und die aus ihnen abgeleiteten Schlußfolgerungen stützte.

1. Einleitung

Das Konzept eines expandierenden Universums, wie wir es heute kennen, war von dem russischen Wissenschaftler Alexander Friedmann und von dem belgischen Kosmologen Georges Lemaitre unabhängig voneinander entwickelt worden, mit ihren Lösungen wendeten sie die Einsteinsche Allgemeine Relativitätstheorie auf das kosmischen Medium an. Ihre bahnbrechenden Arbeiten über das Thema wurden in den Jahren 1922 und 1924 (AF) sowie auch 1927 und 1931 (GL) veröffentlicht. Die scheinbare Rotverschiebungs-Helligkeits-Relation (oder Entfernung) wurde von Edwin Hubble im Jahre 1929 entdeckt (Hubble 1929) und erklärte das neue theoretische Bild gut. Das sogenannte *Hubble-Gesetz* wurde zuverlässig sowohl von Friedmanns und Lemaitres Modellen vorausgesagt. Es wurde sofort auf den Status einer „beobachteten“ *Entdeckung eines expandierenden Universums* gehoben.

Dies ist natürlich nicht der Fall. Die Idee einer Expansion ist vor allem eine theoretische Idee – ein seltsamer "Effekt" in dem früher leeren de-Sitter-Modell. Hubbles Beobachtungen sind konsistent mit dieser Idee, aber nicht unbedingt ein Beweis dafür. Hubble selbst war sich dessen bewußt und suchte während seines ganzen Lebens die richtige Antwort auf die gestellte Frage nach seiner Entdeckung: *Was ist die Ursache für die Rotverschiebung?*

Die beiden Möglichkeiten, die er betrachtete, waren das expandierende relativistische Modell und das Lichtermüdungs-Paradigma. Insbesondere letzteres ist übrigens nicht durch eine physikalische Theorie unterlegt, eine solche wurde noch nicht gefunden. Die Idee war ursprünglich von einem der besten Freunde Hubbles, Fritz Zwicky vorgeschlagen worden (1929). Er und Richard Tolman sind dankbar im Vorwort von Hubbles „Das Reich der Nebel“ (*The Realm of the Nebulae*) mit beeindruckenden Worten gewürdigt worden [S. IX] (Hubble 1958):

Im Bereich der Kosmologie hatte der Autor das Privileg der Beratung mit Richard Tolman und Fritz Zwicky vom California Institute of Technology. Der tägliche Kontakt mit diesen Männern hat eine gemeinsame Atmosphäre hervorgebracht, in der die entwickelten Ideen nicht immer an bestimmte Quellen geknüpft werden können. Jeder Einzelne spricht in diesem Sinne für die Gruppe.

Nebenbei bemerkt, das ist das Ziel einer jeden erfolgreichen Zusammenarbeit.

In seiner *Principia*, Buch III, präsentiert Isaac Newton die „Regeln des Schlußfolgerns in der Philosophie“. Seine dritte Regel lautet wie folgt, [S. 398] (Newton 1934): *„Die Eigenschaften der Gegenstände, die weder Verstärkung noch Unterlassung ihrer Gradation zulassen, und welche zu allen Gegenständen innerhalb der Reichweite unserer Experimente gehörend gefunden werden, müssen wie auch immer zu den universellen Eigenschaften aller Gegenstände gezählt werden.“* In seinen Erläuterungen zu dieser Regel, erklärte er: *„Wir können sicherlich nicht auf die Beweise von Experimenten zugunsten der Träume und Fiktionen aus unseren eigenen Ideen verzichten.“* Wie wir weiter unten zeigen, wurde diese Forderung auf jeden Fall in Hubbles Herangehen an die Kosmologie erfüllt.

2. Hubble und seine geänderten Auffassungen über die Kosmologie

Edwin Powell Hubble (1889-1953) hat im Jahr 1924 festgestellt, daß viele Nebel Sternsysteme außerhalb der Milchstraße sind, als er variierende Cepheiden im Andromeda-Nebel mit dem 100-Zoll-Teleskop auf dem Mount Wilson entdeckt hatte.

Im Jahre 1929 begründete er die bedeutende Entfernungs-Geschwindigkeits-Beziehung, die heute auch *Gesetz der Rotverschiebung* oder *Hubble-Gesetz* genannt wird (Hubble 1929). Der Titel dieser seiner Arbeit lautet: „Ein Zusammenhang zwischen Entfernung und Radialgeschwindigkeit unter extragalaktischen Nebeln.“ In der Tabelle I präsentiert Hubble das Symbol v und nannte es „Gemessene Geschwindigkeiten in km/s“. Tatsache ist, daß er und sein Mitarbeiter Milton L. Humason (1891-1972) die Geschwindigkeiten nie direkt *gemessen hatten*. Was sie gemessen hatten, war die Rotverschiebung dieser extragalaktischen Nebel. Aber in dieser grundlegenden Arbeit betrachtet Hubble diese Rotverschiebung als Darstellung der realen Radialgeschwindigkeit dieser Nebel. Die wichtigste Schlußfolgerung der Arbeit erscheint auf Seite 139: „Die Daten in der Tabelle zeigen eine lineare Korrelation zwischen Entfernungen und Geschwindigkeiten, wie sie auch direkt oder korrigiert nach älteren Lösungen für die Solar-Bewegung verwendet werden“. Der letzte Absatz der Arbeit stellt Hubbles Interpretation seiner Ergebnisse dar, die Meinung, die er darüber im Jahre 1929 vertreten hat, nämlich:

Das herausragende Merkmal ist jedoch die Möglichkeit, daß die Geschwindigkeits-Entfernungs-Beziehung den de-Sitter-Effekt zeigen kann, und somit, daß die numerischen Daten in die Diskussion der allgemeinen Krümmung des Raumes eingeführt werden können. In der de-Sitter-Kosmologie ergeben sich die Verschiebungen der Spektren aus zwei Quellen, einer scheinbaren Verlangsamung der atomaren Schwingungen und einer allgemeinen Tendenz der Streuung der Materiepartikel. Letzteres beinhaltet eine Beschleunigung und führt somit ein Zeitelement ein. Die relative Bedeutung dieser beiden Effekte sollte die Form der Beziehung zwischen Entfernung und beobachteten Geschwindigkeiten bestimmen, und in diesem Zusammenhang sei betont, daß der lineare Zusammenhang, der in der gegenwärtigen Diskussion zu finden ist, eine erste Annäherung an einen begrenzten Entfernungsbereich ist.

Willem de Sitter (1872-1934) war ein niederländischer Mathematiker, Physiker und Astronom. In den Jahren 1916 bis 1917 hatte er eine Lösung für Einsteins Feldgleichungen der allgemeinen Relativitätstheorie gefunden, die die Expansion des Universums beschreibt. Hubble hatte ihn im Jahre 1928 in Leiden getroffen, wo de Sitter sowohl Professor für Astronomie an der Universität Leiden als auch Direktor der Sternwarte Leiden war [S. 198] (Christianson 1966). Dieser letzte Absatz der Hubblearbeit zeigt, daß er im Jahre 1929 annahm, die Expansion des Universums sei eine reale Möglichkeit.

Allerdings muß darauf hingewiesen werden, daß Hubble bereits vor 1935 viel vorsichtiger war, wenn es um die Geschwindigkeiten der „Rezession“ ging (Den Begriff „Rezession“ verwendet Hubble im Sinne von Weg- Fortbewegung, d. Übers.). In einer Arbeit mit R. Tolman (Hubble & Tolman 1935), gaben die Autoren bereits in der Einleitung eine einfache Erklärung zu ihren Bedenken über die richtige Bezeichnung:

Bis weitere Beweise zur Verfügung stehen, wollen beide auftretende Autoren ihre Meinung in Bezug auf die letztlich meist mit Überzeugung geäußerte Erklärung der Rotverschiebung der Nebel offen lassen und in der Präsentation der reinen Beobachtungsergebnisse weiterhin den Begriff „scheinbare“ Geschwindigkeit der Rezession verwenden. Beide (Autoren) neigen zu der Ansicht, daß falls die Rotverschiebung nicht auf eine Wegbewegung zurückzuführen ist, ihre Erklärung wahrscheinlich einige ganz neue physikalische Prinzipien beinhalten wird.

Hubble wurde eingeladen, im Jahre 1935 acht Silliman-Vorlesungen an der Yale University zu besuchen. Diese Vorträge bildeten die Grundlage für sein Buch *Das Reich der Nebel*, veröffentlicht im Jahre 1936. In diesem Buch war er vorsichtiger in seinen Aussagen darüber, was wirklich gemessen und was interpretiert wurde. Auf den Seiten 2 und 3 sagt er, daß die Beobachter Daten der scheinbaren Helligkeiten der Nebel und der Rotverschiebung ihrer Spektren sammeln. Die Entfernungen dieser Nebel können nur mit Hilfe der Lichtschwächung gezeigt werden, weil sie nicht direkt gemessen wurden. Die einfachste Beziehung zwischen diesen beiden gewonnenen Daten ist „eine lineare Abhängigkeit zwischen Rotverschiebung und Entfernungen auf Grund der Lichtschwächung der Nebel“, [S. 3] (Hubble 1958)].

Im Hinblick auf die Ursache dieser Rotverschiebung, das heißt, wodurch sie hervorgerufen wird, erwähnt er auf den Seiten 33-34 eine mögliche *Interpretation*, daß sie möglicherweise auf radiale Bewegungen dieser Nebel in Bezug zur Erde zurückgeht:

In den Nebelspektren ist sonderbar, daß die Spektrallinien nicht in den üblichen Positionen wie in benachbarten Lichtquellen gefunden wurden. Sie sind in Richtung des roten Bereiches ihrer normalen Position verschoben, als sie bei vergleichbaren Spektren angezeigt werden. Die Verschiebungen, Rotverschiebung genannt, vergrößern sich im Mittel mit der beobachteten scheinbaren Lichtschwächung des Nebels. Da offensichtlich die Lichtschwäche die Entfernung ausdrückt, folgt daraus, daß die Rotverschiebung mit der Entfernung zunimmt. Detaillierte Untersuchungen zeigen, daß die Beziehung linear ist.

Mikroskopisch kleine Verschiebungen, entweder in den roten oder den violetten Bereich, sind in den Spektren anderer astronomischer Objekte als den Nebeln seit langem bekannt. Diese Verschiebungen sind sicher als die Ergebnisse der Bewegung in Blickrichtung zu interpretieren – der Radialgeschwindigkeit des Entfernens (Rotverschiebung) oder der Annäherung (Violettverschiebung). Die gleiche Interpretation wird häufig auf die Rotverschiebung in Nebelspektren angewendet und hat zu dem Begriff „Geschwindigkeits-Distanz“-Beziehung geführt, bezogen auf die beobachtete Beziehung zwischen Rotverschiebung und scheinbarer

Lichtschwächung. Nach dieser Annahme streben die Nebel angeblich von unserer Region des Weltraums weg, mit Geschwindigkeiten, die der Entfernung direkt proportional sind.

Obwohl keine andere plausible Erklärung der Rotverschiebung gefunden wurde, kann die Interpretation als Geschwindigkeits-Verschiebungen nur als Theorie in Betracht gezogen werden, die noch durch tatsächliche Beobachtungen überprüft werden muß. Kritische Tests können wahrscheinlich mit bestehenden Instrumenten vorgenommen werden. Sich schnell entfernende Lichtquellen sollten in gleichen Entfernungen schwächer als stationäre Quellen angezeigt werden, und in der Nähe der Grenzen der Teleskope sind die "scheinbaren" Geschwindigkeiten so groß, daß die Auswirkungen spürbar sein müssen.

Er hat vor dem Wort „Geschwindigkeiten“ das Adjektiv „scheinbar“ verwendet, um zu betonen, daß dies nur eine Interpretation ist. Hubble selbst begann mögliche Tests vorzuschlagen, um diese Annahme zu verifizieren oder zu falsifizieren, wie im letzten Absatz oben gezeigt. Kapitel V dieses Buches ist „der Geschwindigkeits-Entfernungs-Relation“ gewidmet. In Tafel VIII des Buches sagte Hubble: „Rotverschiebungen ähneln Geschwindigkeits-Verschiebungen, und gegenwärtig ist keine andere befriedigende Erklärung verfügbar: Rotverschiebungen sind entweder durch tatsächliche Wegbewegung oder durch ein bisher unbekanntes physikalisches Prinzip erklärbar.“ Auf den Seiten 121-123 beschreibt er vorsichtige Bemerkungen über die Erklärung dieser Rotverschiebungen, unser Schwerpunkt:

Beobachtungen zeigen, daß Teile der Nebelspektren von ihren normalen Positionen nach Rot verschoben werden, und daß sich die Rotverschiebung offensichtlich mit der Lichtschwächung der Nebel erhöht. Die scheinbare Lichtschwächung wird mit Überzeugung in Bezug auf die Entfernung interpretiert. Daher kann das Beobachtungsergebnis umformuliert werden – Rotverschiebungen nehmen mit der Entfernung zu.

Interpretationen der Rotverschiebung selbst erwecken kein solch vollständiges Vertrauen. Rotverschiebungen können als Verhältnis $d\lambda/\lambda$ ausgedrückt werden, wobei $d\lambda$ die Verschiebung der Spektrallinie ist, deren normale Wellenlänge λ ist.

Die Verschiebungen $d\lambda$ variieren zwar systematisch in bestimmten Spektralbereichen, aber die Änderung ist derart, daß der Quotient $d\lambda/\lambda$ konstant bleibt. So gibt $d\lambda/\lambda$ die Verschiebung für jeden Nebel an, und es ist der Bruch, der linear von der Entfernung des Nebels abhängt. [Anmerkung von Hubble: Die scheinbare Radialgeschwindigkeit eines Nebels ist in erster Näherung die Lichtgeschwindigkeit (186.000 Meilen/Sek.), multipliziert mit dem Quotienten $d\lambda/\lambda$]. An dieser Stelle wird der Begriff Rotverschiebung für den Bruch $d\lambda/\lambda$ benutzt.

Darüber hinaus sind die Verschiebungen, $d\lambda$, immer positiv (in Richtung rot) und so ist die Wellenlänge einer verschobenen Spektrallinie $\lambda + d\lambda$ immer größer als die normale Wellenlänge λ . Die Wellenlängen werden erhöht um den Faktor $(\lambda + d\lambda)/\lambda$ oder das Äquivalent $1 + d\lambda/\lambda$. Nun gibt es eine fundamentale Beziehung in der Physik, die aussagt, daß die Energie eines Lichtquanten multipliziert mit der Wellenlänge des Quanten konstant ist. Also ist

$$\text{Energie} \times \text{Wellenlänge} = \text{const.}$$

Offenbar muß, weil das Produkt konstant bleibt, die Rotverschiebung, bei Erhöhung der Wellenlänge die Energie des Quanten sinken. Jede plausible Interpretation der Rotverschiebung muß den Energieverlust berücksichtigen. Der Verlust muß entweder in den Nebeln selbst oder auf den immens langen Wegen des Lichtes zum Beobachter eintreten.

Die gründliche Untersuchung des Problems hat zu folgenden Schlußfolgerungen geführt. Es sind mehrere Möglichkeiten bekannt, mit denen eine Rotverschiebung entstehen könnte. Von ihnen allen wird nur eine die großen Verschiebungen erzeugen, ohne andere Effekte einzuführen, die auffällig sein sollten, aber die nicht beobachtet werden. Diese Erklärung interpretiert Rotverschiebungen als Dopplereffekt, sozusagen, als Geschwindigkeits-Verschiebungen, die auf eine tatsächliche Wegbewegung hindeutet. *Es kann mit einiger Sicherheit gesagt werden, daß Rot-Verschiebungen Geschwindigkeits-Verschiebungen sind oder sie verkörpern ein bisher unerkanntes Prinzip in der Physik.*

Die Interpretation als Geschwindigkeits-Verschiebung wird generell durch die Theoretiker angenommen und die Geschwindigkeits-Entfernungs-Beziehung wird als Grundlage für Beobachtungsstudien der Theorien eines expandierenden Universums betrachtet. Solche Theorien sind weitgehend aktuell. Sie repräsentieren Lösungen der kosmologischen Gleichung, die der Annahme eines nicht statischen Universums folgen. Sie lösen die bisherigen Lösungen ab, die sich auf ein statisches Universum stützen, das heute als Spezialfall in einer allgemeinen Theorie angesehen wird.

Jedoch sind Rotverschiebungen von Nebeln in sehr großen Bereichen ganz neu in unseren Erfahrungen, und die empirische Bestätigung ihrer *vorläufigen Interpretation als bekannte Geschwindigkeits-Verschiebungen* ist höchst wünschenswert. Kritische Tests sind möglich, zumindest im Prinzip, da sich schnell entfernende Nebel schwächer erscheinen sollten als stationäre Nebel in gleichen Entfernungen. Die Auswirkungen der Wegbewegung sind unauffällig, bis die Geschwindigkeiten nennenswerte Anteile der Lichtgeschwindigkeit erreichen. Diese Bedingungen sind in der Nähe der Grenzen des 100-Zoll-Reflektors erfüllt und damit müßten die Auswirkungen meßbar sein.

Das Problem wird vollständiger im abschließenden Kapitel diskutiert werden. Die notwendigen Untersuchungen werden mit Schwierigkeiten und Unsicherheiten verbunden sein, und Schlußfolgerungen aus den jetzt verfügbaren Daten sind eher zweifelhaft. Sie werden hier genannt, um die Tatsache zu betonen, daß die Interpretation der Rotverschiebung zumindest teilweise in den Bereich der empirischen Untersuchungen gehört. Aus diesem Grund unterscheidet sich die Haltung des Beobachters etwas von der des Theoretikers. *Weil die Teleskop-Ressourcen noch nicht ausgeschöpft sind, kann das Urteil zurückgestellt werden, bis aus Beobachtungen bekannt wird, ob Rotverschiebung tatsächlich Bewegung repräsentiert oder nicht.*

Unterdessen können Rotverschiebungen der Einfachheit halber auf einer Skala von Geschwindigkeiten ausgedrückt werden. Sie verhalten sich wie Geschwindigkeits-Verschiebungen und sie sind sehr einfach auf dem gleichen bekannten Maßstab darstellbar, unabhängig von der ultimativen Interpretation. Der Begriff "scheinbare Geschwindigkeit" kann in sorgfältig geprüften Aussagen verwendet werden, und das Adjektiv muß immer vorhanden sein, wenn es auch im allgemeinen weggelassen wird.

Der von Hubble vorgeschlagene Test wurde „der Zahlen-Effekt“ genannt. Hubble beschrieb ihn auf den Seiten 193-196 im Buch „*Das Reich der Nebel*“:

Die Auswirkungen der Rotverschiebung wurden mit den alternativen Annahmen berechnet, daß sie (a) Bewegung darstellen (Geschwindigkeits-Verschiebungen sind), und (b) keine Bewegung repräsentieren. Da die numerischen Ergebnisse nicht die gleichen sind, können die beobachteten Abweichungen verwendet werden, um die richtige Interpretation zu erkennen. . . .

Strahlung von einem Nebel kann als Licht-Quanten-Pakete der Energie abgebildet werden, die in alle Richtungen abgestrahlt wird. Scheinbare Helligkeit ist gemessen nach dem Energieanteil, mit dem die Quanten den Beobachter erreichen zusammen mit der Energie der Quanten. Wenn entweder die Energie oder der eintreffende Anteil verringert ist, so wird die scheinbare Helligkeit vermindert. Rotverschiebungen verringern die Energie in den Quanten, sowohl bei stationären als auch bei sich entfernenden Nebeln. Ein solcher "Energie-Effekt" ist unabhängig von der Interpretation der Rotverschiebung zu erwarten. *Der eintreffende Anteil (d. h. die Zahl der Quanten, die den Beobachter pro Sekunde erreichen) ist verringert, wenn sich die Nebel vom Beobachter entfernen, aber sonst nicht. Dieses Phänomen, das als "Zahlen-Effekt" bekannt ist, sollte grundsätzlich den entscheidenden Test für die Interpretation der Rotverschiebungen als Geschwindigkeits-Verschiebungen liefern.*

Der "Zahlen-Effekt", genauer gesagt, der „Photonenzahl-Effekt“ war in der Tat in einer früheren Arbeit mit seinem Freund und langjährigen Mitarbeiter, dem Kosmologen Richard Tolman, (Hubble & Tolman 1935) beschrieben, und in den darin enthaltenen Hinweisen war ursprünglich ein solcher Test vorgeschlagen worden. Der Test ist der sogenannte *Tolman-Effekt*, der später von Sandage und seinen Mitarbeitern (z. B. Lubin & Sandage (2001) und den Hinweisen darin) sorgfältig durchgeführt worden war. Ein positives Ergebnis für die Realität der Expansion mittels eines solchen Tests ist noch nicht endgültig, weil Beobachtungsunsicherheiten und entwicklungsbedingte Effekte den endgültigen Schluß gefährden (siehe auch Andrews (2006) und Lerner (2006), die ein negatives Ergebnis für den Test gefunden haben).

Hubbles vorläufige Schlußfolgerung, die sich aus Beobachtungen ergaben, war eindeutig gegen die Interpretation gerichtet, daß die Rotverschiebung aufgrund der radialen Bewegung der Nebel von der Erde weg entstünden [S. 197] (Hubble 1958):

Die beobachtete Koeffizient [die Größenordnung der Erhöhung] ist hier kleiner als der in der Beziehung bei dieser Auslegung der Rotverschiebungen berechnete, ist aber viel näher an den Koeffizienten, der keine Bewegung beinhaltet. Eine sorgfältige Prüfung der möglichen Quellen

von Unsicherheiten läßt vermuten, daß die Beobachtungen wohl eher zutreffen, wenn Rotverschiebungen keine Geschwindigkeits-Verschiebungen sind. Wenn Rotverschiebungen Geschwindigkeits-Verschiebungen sind, dann müssen einige wichtige Faktoren in der Untersuchung vernachlässigt worden.

Im selben Jahr, in dem „*Das Reich der Nebel*“ erschien, 1936, hatte Hubble an drei Rhodes-Memorial-Vorlesungen in Oxford teilgenommen, am 29. Oktober, am 12. und am 26. November. Aus einer in „*Nature*“ veröffentlichten Notiz können wir Hubbles Gesichtspunkte erkennen, die er zu diesen Vorträgen ausgedrückt hat, unser Schwerpunkt (H. P. 1936):

Die Vorträge, die erneut die beobachtbare Region, die Rolle der Rotverschiebungen und mögliche Modelle des Universums behandelten, haben wiederum aufgewertet, daß ein statisches Universum mit einer bisher unbekanntenen Abhängigkeit der Lichtfrequenz von der Entfernung wohl eher akzeptabel ist als das eine oder andere Modell der homogenen Expansion der allgemeinen Relativitätstheorie.

[...] Ohne in irgendeiner Weise die Beobachtungen zu belasten, jedoch auf Kosten einer neuerlich postulierten Eigenschaft der Strahlung können wir beschreiben, daß die Nebel in diesem Sinne zu einem einfachen statischen Universum zu zählen sind. [...]

Wenn keine Rezession angenommen wird, sind die beobachteten Nebel ausreichend durch die Annahme beschrieben, daß wir eine endliche Menge eines viel größeren Universums von Nebeln beobachten, aber ein Universum, in dem sich die Frequenz des Lichtes linear mit der Entfernung ändert. Wenn jedoch Rezession angenommen wird, werden die beobachteten Nebel von irgendwelchen homogenen erweiterten beschriebenen Modellen der Allgemeinen Relativitätstheorie nicht zufriedenstellend beschrieben, aber wenn die Forderung erzwungen wird, daß das Universum geschlossen sein soll, daß wir es schon mit dem 100-in. Teleskop bis an seine äußersten Grenzen erforscht haben, und daß das Universum überwiegend mit nichtleuchtender Materie gefüllt ist, in diesem Falle sind vernachlässigbar geringe Mengen an Licht zu absorbieren oder zu streuen.

Das große und dankbare Publikum, das den drei Vorlesungen gefolgt ist, von denen eine jede ein Modell der Darstellung und der Klarheit war, hatte einige Schwierigkeiten in der Übereinstimmung mit Dr. Hubble, die Folgen der Annahme keiner Expansion ohne Schwierigkeiten zu akzeptieren.

Diese Vorträge wurden im Jahre 1937 unter dem Titel „*The Observational Approach to Cosmology*“ („Die Betrachtungsweise der Kosmologie durch Beobachtung“) veröffentlicht (Hubble 1937). In diesem Buch beschreibt Hubble, was ihn dazu führte, nach alternativen Interpretationen für die Rotverschiebung der Nebel zu suchen, statt der üblichen Auslegung als aufgrund einer tatsächlichen radialen Geschwindigkeit von der Erde weg zu folgen. Es waren die großen Werte dieser scheinbaren Geschwindigkeiten, die errechnet waren [S. 29] (Hubble 1937): „Der störende Umstand war die Tatsache, daß die „Geschwindigkeiten“ enorme Werte erreichten und exakt mit den Entfernungen korrelierten“.

Es lohnt sich, diesen wichtigen von Hubble erwähnten Aspekt ein wenig zu kommentieren. Im Jahre 1929 war der größte von Hubble bestimmte Wert der Radialgeschwindigkeit v der Nebel $v = 1.800 \text{ km/s}$, [Tabelle 2] (Hubble 1929). Dies bedeutet, $v/c = 6 \times 10^{-3}$, wobei $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ die Lichtgeschwindigkeit im Vakuum ist. Als er im Jahre 1936 „*Das Reich der Nebel*“ schrieb hatte sich dieser Wert auf $v = 39.000 \text{ km/s}$ erhöht, was bedeutet, daß $v/c = 0,13$, [Tafel VII, S. 104] (Hubble 1958). Im Jahre 1942 wurde die Radialgeschwindigkeit der Expansion zu $1/7$ der Lichtgeschwindigkeit ermittelt, folglich $v/c \approx 0,14$, [S. 104] (Hubble 1942). Diese extrem großen Rezessionsgeschwindigkeiten sind eine Quelle der Zweifel für die Interpretation der Rotverschiebung als Geschwindigkeitswirkung. Der Grund dafür ist, daß alle anderen Geschwindigkeiten von großen uns bekannten astronomischen Objekten viel kleiner sind. Zum Beispiel ist die Umlaufgeschwindigkeit der Erde um die Sonne etwa 30 km/s ($v/c \approx 10^{-4}$), die Umlaufgeschwindigkeit des Sonnensystems relativ zum Zentrum unserer Galaxie ist etwa 250 km/s ($v/c \approx 10^{-3}$), und die zufällige oder Pekuliarbewegung von Galaxien ist in derselben Größenordnung.

Zur Entfernung der störenden Eigenschaften von extrem hohen „Geschwindigkeiten“ der Expansion präsentiert Hubble auf Seite 30 seines Buches „*Die Betrachtungsweise der Kosmologie durch Beobachtung*“ eine plausible Interpretation, unser Schwerpunkt:

Nun, vielleicht weichen die Nebel alle in dieser eigentümlichen Weise zurück. Aber die Vorstellung ist ziemlich verblüffend. Der vorsichtige Beobachter prüft natürlich weitere Möglichkeiten vor der Annahme des Satzes als eine Arbeitshypothese. Er erinnert an die alternative Formulierung des Gesetzes der Rotverschiebungen – Licht verliert Energie im Verhältnis zur Entfernung, die es im Raum zurücklegt. *Das Gesetz klingt in dieser Form durchaus plausibel. Der internebulare Raum, so glauben wir, kann nicht völlig leer sein.* Es muß ein Gravitationsfeld vorhanden sein, das die Lichtquanten viele Millionen Jahre durchlaufen, bevor sie den Betrachter erreichen, *und es kann eine Wechselwirkung zwischen den Quanten und dem umgebenden Medium sein.* Das Problem beinhaltet Spekulationen, und in der Tat, es muß sorgfältig geprüft werden. Aber es wurde keine befriedigende, detaillierte Lösung gefunden. Die bekannten Reaktionen wurden untersucht, eine nach der anderen – und sie haben für die Beobachtungen versagt. Licht *kann* während der Durchquerung des Raumes Energie verlieren, aber wenn das so ist, wissen wir noch nicht, wie der Verlust erklärt werden kann.

Am dritten Kapitel dieses Buches, Seite 45, faßte er mögliche alternative Erklärungen wie folgt zusammen, unser Schwerpunkt:

Der bisherige Vortrag beschrieb das Aussehen und das Verhalten der Rotverschiebungen in den Spektren von Nebeln und lenkte die Aufmerksamkeit auf mögliche alternative Interpretationen. Wenn Rotverschiebungen in den Nebeln produziert sind, von denen das Licht ausgeht, sind sie wahrscheinlich die bekannten Geschwindigkeits-Verschiebungen, und sie deuten auf eine Expansion des Universums. Wenn die Nebel sich nicht rapide entfernen, werden Rotverschiebungen wahrscheinlich zwischen den Nebeln und dem Beobachter erzeugt; *sie repräsentieren eine unbekannt Reaktion zwischen dem Licht und dem Medium, das es durchquert.*

Auf der nächsten Seite bringt er seinen Argwohn gegen die Expansion des Universums klar zum Ausdruck, nämlich:

Die Annahme von Bewegung, führt andererseits zu einem nichtlinearen Gesetz der Rotverschiebung, gemäß dem die Geschwindigkeiten der Expansion mit der Entfernung beschleunigen oder mit der Zeit rückwärts in die Vergangenheit laufen. Ein Universum, das in dieser Weise expandiert, wäre so außerordentlich jung, das Zeitintervall seit dem Beginn der Expansion wäre so kurz, daß es unverzüglich Zweifel entweder an der Interpretation der Rotverschiebung als Geschwindigkeits-Verschiebungen oder an der kosmologischen Theorie in ihrer jetzigen Form erregt.

Als das Gesetz der Nebelverteilung nicht als Geschwindigkeit-Verschiebungen interpretiert wurde, erhielt Hubble eine gleichmäßige Verteilung der Nebel und war damit sehr zufrieden, [S. 49] (Hubble 1937): „Die gleichmäßige Verteilung ist ein plausibles und erfreuliches Ergebnis.“ Auf Seite 51 fuhr er fort: „Deshalb akzeptieren wir die gleichmäßige Verteilung und nehmen an, daß der Raum wahrnehmbar transparent ist. Dann werden die Daten aus den Erhebungen einfach und vollständig allein durch die Energie-Korrekturen beschrieben – ohne das zusätzliche Postulat eines expandierenden Universums.“ Auf den Seiten 60-61 präsentierte er eine andere zweifelhafte Schlußfolgerung aus der Annahme eines expandierenden Universums, unser Schwerpunkt:

Die Natur der [räumlichen] Krümmung hat eher schwerwiegende Konsequenzen. Seitdem die Krümmung positiv ist, ist das Universum geschlossen. Der Weltraum ist geschlossen, wie die Oberfläche einer Kugel geschlossen ist. Das Universum hat ein bestimmtes, endliches Volumen, obwohl es keine Grenzen in dreidimensionalem Raum hat. Die bemerkenswert kleinen numerischen Werte des Krümmungsradius sind eine komplette Überraschung. Dies bedeutet, daß ein großer Anteil des Universums, vielleicht ein Viertel, mit vorhandenen Teleskopen erforscht werden kann. [Anmerkung von Hubble: Das Volumen dieses Universums würde $2\pi^2 R^3$ sein, wo R der Radius der Krümmung, oder etwa 2×10^{27} Kubik-Lichtjahre ist. Das Universum würde rund 400 Millionen Nebel enthalten.] *Das kleine Volumen des Universums ist eine andere seltsame und fragwürdige Schlußfolgerung.* Die geläufige Interpretation der Rotverschiebung als Geschwindigkeits-Verschiebung schränkt nicht nur sehr deutlich die Zeit-Skala und das Alter des Universums ein, sondern auch die räumlichen Dimensionen. Auf der anderen Seite vermeidet die alternative mögliche Interpretation, daß die Rotverschiebungen keine Geschwindigkeits-Verschiebungen sind, beide Schwierigkeiten und stellt den

beobachtbaren Bereich als unbedeutenden Abschnitt des Universum dar, der sich unendlich in Raum und Zeit erstreckt.

Am Ende des Buches stellt er klar sein bevorzugtes Modell der Universum vor, unser Schwerpunkt, [S. 63-64] (Hubble 1937):

Dennoch scheint ein ewig expandierendes Modell in erster Linie eher zweifelhaft. Es kann nicht durch Beobachtungen ausgeschlossen werden, aber es deutet auf eine erzwungene Interpretation der Daten hin.

Die störenden Grundzüge werden alle durch die Expansions-Faktoren herbeigeführt, von der Annahme, daß Rotverschiebungen Geschwindigkeits-Verschiebungen sind. Die Abwendung von einem linearen Gesetz der Rotverschiebungen, die Abwendung von der gleichmäßigen Verteilung, die erforderliche Krümmung zur Wiederherstellung der Homogenität, die überschüssige Materie die von der Krümmung gefordert wird, das alles sind lediglich die Expansionsfaktoren in anderer Form. Diese Elemente identifizieren ein einziges Modell unter einer Vielzahl von möglichen Weltbildern, und in diesem Modell ist die Einschränkung der Zeitskala, die Begrenzung der räumlichen Abmessungen, die Menge an unbekannter Materie, jedes von ihnen ist ein Äquivalent zum Expansionsfaktor.

Wenn man andererseits den Expansionsfaktor fallen läßt, wenn Rotverschiebungen nicht in erster Linie Geschwindigkeits-Verschiebungen sind, ist das Bild einfach und plausibel.

Es gibt keine Beweise für eine Expansion und keine Begrenzung der Zeit-Skala, keine Spur einer Raumkrümmung und keine Einschränkung der räumlichen Dimensionen. Darüberhinaus gibt es kein Problem der internebularen Materie. Die beobachtete Region ist durchaus homogen, sie ist zu klein, um eine Natur des Universums als Ganzes zu zeigen. Das Universum könnte sogar ein expandierendes Modell sein, vorausgesetzt, die Größenordnung der Expansion, die die reine Theorie nicht beurteilen kann, wird nicht angegeben. So betrachtet könnte das Universum sogar kontrahieren.

Es ist sehr einfach zu erkennen, welches der beiden Bilder des Universums Hubble selbst bevorzugt. Dies ist die Wahl, die er im letzten Absatz dieses Buches vorgestellt hat, [S. 66] (Hubble 1937):

Zwei Bilder des Universums sind scharf abgezeichnet. Beobachtungen scheinen im Moment ein Bild zu begünstigen, aber man schließt die anderen nicht aus. Wir scheinen, wie schon einmal in den Tagen des Kopernikus, einer Wahl zu begegnen, einer Wahl zwischen einem kleinen, endlichen Universum und einem unendlich großen Universum plus einem neuen Prinzip der Natur.

Interessante Diskussionen dieses unendlichen Universums ohne Expansion haben Reber und Marmet gegeben [Reber (1977); Reber (1986); Marmet (1989)].

Fünf Jahre später kehrte Hubble zu diesem Thema zurück und präsentierte im Wesentlichen die gleichen Gesichtspunkte, wenn auch mit mehr Daten, in einer Arbeit namens „*Das Problem der Expansion des Universums*“ (Hubble 1942). Er drückte sein Ziel wie folgt aus: „Eine Phase des ambitionierten Projekts ist der Beobachtungstest der aktuellen Theorie der expandierenden Universen mit der allgemeinen Relativitätstheorie.“ Er stellt die übliche Interpretation der Rotverschiebung als Geschwindigkeits-Verschiebungen dar. Er erwähnt, daß „die Beobachtungen bis zu fast 250 Millionen Lichtjahren durchgeführt wurden, wobei die Rotverschiebungen mit Expansionsgeschwindigkeiten von fast 25.000 Meilen pro Sekunde oder 1/7 der Lichtgeschwindigkeit korelierten.“ Wie wir oben gesehen haben, war Hubble durch diese enormen Werte irritiert. Nach der Vorstellung der Folgen dieser üblichen Interpretation, argumentierte er wie folgt:

Dieses Modell der Geschichte scheint so bemerkenswert, daß einige Beobachter es mit entschuldbarer Reserviertheit betrachten und versuchen, sich alternative Erklärungen des Gesetzes der Rotverschiebung vorzustellen. Bis heute gibt es sie nicht. Es sind andere Möglichkeiten bekannt, durch die die Rotverschiebung erzeugt werden könnte, aber alle führen zusätzliche Effekte ein, die zweifelhaft sind und tatsächlich nicht gefunden wurden. Rotverschiebungen stellen entweder Dopplereffekte dar, also physische Rezession der Nebel, oder aber die Wirkungen einiger bisher unerkannter Prinzipien in der Natur.

Er verglich die Theorie der Expansion mit den tatsächlichen Beobachtungen von Nebeln und schloß wie folgt: „Die Erinnerung an die jüngst gesammelten Informationen ist nicht begünstigend für die Theorie. Es ist in der Tat schädlich für die Theorie, daß sie in ihrer jetzigen Form nur gerettet werden kann unter der Annahme, daß die Beobachtungsergebnisse versteckte systematische Fehler enthalten.“ In einem Abschnitt, der der Auslegung der Rotverschiebung gewidmet ist, erwähnte er, daß seine „Untersuchungen dazu entwickelt wurden, um festzustellen, ob Rotverschiebungen tatsächliche Rezession darstellen oder nicht.“ Im ersten und zweiten Figuren dieser Arbeit zeigte er, wie ein stationäres Universum eine bessere Anpassung an die Daten ergab als ein expandierendes Universum hinsichtlich des Gesetzes der Rotverschiebung und der großräumigen Verteilung von Nebeln. Was diesen letzten Aspekt betrifft, schloß er wie folgt:

Unter der Annahme, daß Rotverschiebungen keine eigentliche Rezession darstellen, ist die großräumige Verteilung sinnvollerweise homogen – die durchschnittliche Anzahl von Nebeln pro Raumvolumen ist die gleiche für jede der Sphären. ... All diese Daten führen zu der sehr einfachen sinnvollen Vorstellung eines unendlichen homogenen Universums, von dem die beobachtbare Region ein unbedeutender Ausschnitt ist.

Der erste und der letzte Absatz seiner Schlußfolgerung sind sehr klar in Bezug auf sein bevorzugtes Modell des Universums und sollten in vollem Umfang zitiert werden:

So führt die Verwendung von Abdunklungskorrekturen zu einer bestimmten Art von Universum, jedoch eins, für das es höchst unwahrscheinlich ist, daß es die meisten Studenten voraussichtlich ablehnen. Allerdings sind die merkwürdigen Eigenschaften dieses Universums lediglich die Abdunklungskorrekturen in verschiedenen Ausdrucksformen. Läßt man die Abdunklungsfaktoren weg, verschwinden die Merkwürdigkeiten. Übrig bleibt das einfache, auch vertraute Konzept eines sinnvollerweise unendlichen Universums. Alle Schwierigkeiten sind auf die Auslegung der Rotverschiebungen zurückzuführen, die dann nicht die gewohnten Geschwindigkeits-Verschiebungen sein können.

[...]

Unterdessen müssen auf der Grundlage der verfügbaren Beweise nun die offensichtlichen Diskrepanzen zwischen Theorie und Beobachtungen aufgeklärt werden. Es ist eine Auswahl präsentiert, wie schon einmal in den Tagen des Kopernikus, zwischen einem befremdlich kleinen, endlichen Universum und einem sinnvollerweise unendlichen Universum plus einem neuen Prinzip der Natur.

Eine Möglichkeit, die er in Betracht zog, was das neue Prinzip der Natur vielleicht sei, kann man in einem Interview aus dem Jahre 1948 finden, veröffentlicht, als er auf dem Deckblatt der Zeitschrift „Time“ war (Time 1948):

Andere Kritiker bezweifeln die „Rotverschiebung“ als Maß für Geschwindigkeit. Die übliche Erklärung des Rötungseffekts ist, daß sich leuchtende Körper vom Beobachter wegbewegen, die Lichtwellen "langziehen", so daß sie länger (röter) als normal werden. Aber da rotes Licht weniger Energie pro Einheit (Photon) enthält als violettes Licht, suggerieren Hubble-Kritiker, daß das Licht einen Teil seiner Energie beim Durchqueren des Raumes verlieren kann und sich so nach rot verschiebt. Es verläßt einen fernen Nebel als junges, kräftiges Violett und kommt zur Erde nach Millionen von ermüdenden Jahren als altes, ermüdetes Rot. Wenn es das ist, was passiert, bewegen sich die Nebel vielleicht überhaupt nicht? ... Inzwischen will er [Hubble] nach Beweisen suchen, daß die "Rotverschiebung" keine Geschwindigkeit zeigt, sondern das Licht durch einem anderen Effekt immer mehr "ermüdet." Hubble erwartet keinen solchen Beweis aber würde es begrüßen, wenn er ihn fände. Ermüdendes Licht, denkt er, wäre eine ganz so sensationelle Entdeckung wie die des explodierenden Universums.

Christianson zitiert dieses Interview und erklärte deutlich, wie Hubble über diese Möglichkeit gedacht hat, [S. 318] (Christianson 1966):

Hubble spricht dann eine alternative Hypothese an, an die sich alle diejenigen klammern, die die Expansionstheorie allzu fantastisch finden. Die Rotverschiebung, so wurde argumentiert, zeigt keine Expansion, sondern etwas ganz anderes. Licht tritt aus einem fernen Nebel als junges, kräftiges Violett aus. Aber nach Millionen von Jahren ist seine Energie verbraucht, seine

Wellen verlängern sich, und es stellt sich röter dar, verwandelt sich in „ermüdetes“ Licht um, eingefangen auf den Plateaus am Mount Wilson und Palomar. Wenn es dies ist, was passiert, können sich die Nebel sehr wenig – oder gar nicht bewegen.

Während Hubble nicht in eine Ecke gedrängt wurde, war endlich anerkannt, daß er visuelle Beweise dafür „nicht erwartet“, welche die Rotverschiebungs-Hypothese untergraben könnten, aber er würde „es begrüßen, wenn er sie fände. Ermüdendes Licht ... wäre eine Entdeckung ganz so sensationell wie das explodierende Universum.“

3. Abschließende Bemerkungen

Hubble wurde in seinen Schlußfolgerungen gegen ein expandierendes geschlossenes Universum stark durch Beobachtungen beeinflusst. Besonders verbunden war mit diesem speziellen Problem der Zusammenhang mit dem Wert der Größenordnung der Expansion, d. h., die *Hubble-Konstante*, die durch ihn selbst im Jahre 1929 als $\approx 500 \text{ km s}^{-1}\text{Mpc}^{-1}$ bestimmt wurde (Hubble 1929). Jahrzehnte später, nach Hubbles Tod im Jahre 1953 wurde der Wert überarbeitet auf den bekannten Bereich $50\text{-}100 \text{ km s}^{-1}\text{Mpc}^{-1}$ (oder genauer gesagt $72 \text{ km s}^{-1}\text{Mpc}^{-1}$, unter Berücksichtigung der Endergebnisse des HST Key-Projekt für H_0 , Freedman und andere (2001)).

Mit einem fast zehnmal kleineren Expansionsfaktor und damit einem fast zehnmal größeren Alter des Universums schien das Modell viel angenehmer hinsichtlich seiner räumlichen und zeitlichen Dimensionen.

Aber zu welchem Preis? Um das Urknall-Modell zu retten, ist es notwendig, zahllose Adhoc-Hypothesen einzuführen. Diese vielen Hypothesen erinnern uns an eine Geschichte, die von Lakatos erzählt wurde [S. 100-101] (Lakatos 1970):

Die Geschichte handelt von einem imaginären Fall planetarischen Fehlverhaltens. Ein Physiker der vor-einsteinschen Zeit nahm Newtons Mechanik und sein Gravitationsgesetz N , dazu die akzeptierten Anfangsbedingungen I , und berechnete mit ihrer Hilfe den Weg eines neu entdeckten kleinen Planeten p . Aber der Planet weicht von der berechneten Bahn ab. Hat unser Newtonscher Physiker berücksichtigt, daß die Abweichung durch Newtons Theorie verboten war und daß es daher, einmal etabliert, die Theorie N nicht widerlegt? Nein, er schlägt vor, daß es einen bisher unbekanntem Planeten p' gibt, der die Bahn von p stört. Er berechnet Masse, Bahn usw. dieses hypothetischen Planeten und bittet dann einen beobachtenden Astronomen, seine Hypothese zu testen. Der Planet p' aber ist so klein, daß es selbst mit den größten verfügbaren Teleskopen unmöglich ist, ihn zu beobachten. Der beobachtende Astronom verwendet Forschungsmittel, um ein noch größeres zu bauen. Nach drei Jahren ist das neue Teleskop fertig. Wäre der unbekanntem Planet p' entdeckt worden, wäre es als neuer Sieg der Newtonschen Wissenschaft gefeiert worden. Aber er wurde nicht entdeckt. Wird unser Wissenschaftler Newtons Theorie und seine Idee des störenden Planeten aufgeben? Nein. Er schlägt vor, daß eine Wolke aus kosmischem Staub den Planeten vor uns versteckt. Er berechnet die Position und die Eigenschaften dieser Wolke und bittet um Forschungsmittel, einen Satelliten auszuschicken, um seine Berechnungen zu testen. Hätte eines der Instrumente des Satelliten (möglicherweise ein neues, basierend auf einer wenig getesteten Theorie) die Existenz der mutmaßlichen Wolke bestätigt, das Ergebnis würde als herausragender Sieg für Newtons Wissenschaft gefeiert werden. Aber die Wolke wurde nicht gefunden. Hat nun unser Wissenschaftler Newtons Theorie aufgegeben zusammen mit der Idee des störenden Planeten und der Idee der Wolke, die ihn versteckt? Nein. Er suggeriert, daß es einige magnetische Felder in dieser Region des Universums gibt, die die Geräte des Satelliten gestört haben. Ein neuer Satellit wird geschickt. Wäre das Magnetfeld gefunden worden, würden die Newtonschen Wissenschaftler einen sensationellen Sieg feiern. Aber es wurde kein Magnetfeld gefunden. Wurde dies als eine Widerlegung der Newtonschen Wissenschaft betrachtet? Nein. Entweder es wird noch eine weitere geniale Hilfshypothese vorgeschlagen, oder ... die ganze Geschichte ist in den verstaubten Bänden von Zeitschriften begraben und wird nie wieder erwähnt.

Die unzähligen Zusatzhypothesen, die für das Urknall-Modell eingeführt wurden, um es in Übereinstimmung mit der Materie-Energie-Bilanz des realen Universums zu bringen, zeigt, was Edwin Hubble, der durch eine real beobachtete Welt geprägt war, darüber gedacht haben könnte.

Danksagung. Einer der Autoren, Andre Koch Torres Assis, möchte den örtlichen wissenschaftlichen Organisations-Einrichtungen, ACG, IACS, MRI, VIRA und FAEPEX danken.

Literatur

- Andrews, T. B. 2006, Falsification of the expanding universe, in E. J. Lerner and J. B. Almeida, editors, Crisis in Cosmology Conference: CCC-I (American Institute of Physics, Melville), S. 3–22.
- Christianson, G. E. 1966, Edwin Hubble: Mariner of the Nebulae (The University of Chicago Press).
- Freedman, W. L. et al. 2001, Final results from the Hubble Space Telescope Key Project to measure the Hubble constant, *ApJ*, 553, 47.
- H. P., H. 1936, The observational approach to cosmology, *Nature*, 138, 1001.
- Hubble, E. 1958, *The Realm of the Nebulae* (Dover, New York)
- Hubble, E. 1942, The problem of the expanding universe, *American Scientist*, 30, 99.
- Hubble, E. 1937, *The Observational Approach to Cosmology* (Clarendon Press, Oxford).
- Hubble, E. & Tolman, R. 1935, Two methods of investigating the nature of the nebular red-shift, *ApJ*, 82, 302.
- Hubble, E. 1929, A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 15, 168.
- Lakatos, I. 1970, Falsification and the methodology of scientific research programmes, in I. Lakatos and A. Musgrave, editors, *Criticism and the Growth of Knowledge* (Cambridge University Press, Cambridge), S. 91.
- Lerner, E. J. 2006, Evidence for a non-expanding universe: surface data from HUDF. In E. J. Lerner and J. B. Almeida, editors, Crisis in Cosmology Conference: CCC-I (American Institute of Physics, Melville), S. 60–74.
- Lubin, M. & Sandage, A. 2001, The Tolman surface brightness test for the reality of the expansion. IV. A measurement of the Tolman signal and the luminosity evolution of early-type galaxies, *ApJ*, 122, 1084.
- Marmet, P. & Reber, G. 1989, Cosmic matter and the nonexpanding universe, *IEEE Transactions on Plasma Science*, 17, 264.
- Newton, I. 1934, *Mathematical Principles of Natural Philosophy* (University of California Press, Berkeley, Cajori edition).
- Reber, G. 1986, Intergalactic plasma. *IEEE Transactions on Plasma Science*, PS-14, 678.
- Reber, G. 1977, Endless, boundless, stable universe, *University of Tasmania Occasional Paper*, 9, 1.
- Time, Feb. 9, 1948, S. 62. Available in 2008 at: <http://www.time.com/time/magazine/article/0,9171,856024,00.html>.
- Zwicky, F. 1929 On the redshift of spectral lines through interstellar space. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 15, 773.