

Die Winkelausdehnung der Galaxien am irdischen Firmament

ausgearbeitet von: Dpl. Ing. Matthias Krause, Kirchzarten, den 7.12.2004 letzte Änderung: 24.07.2005
Copyright: Alle Rechte bleiben allein dem Verfasser vorbehalten www.kosmoskrau.de

Zielsetzung

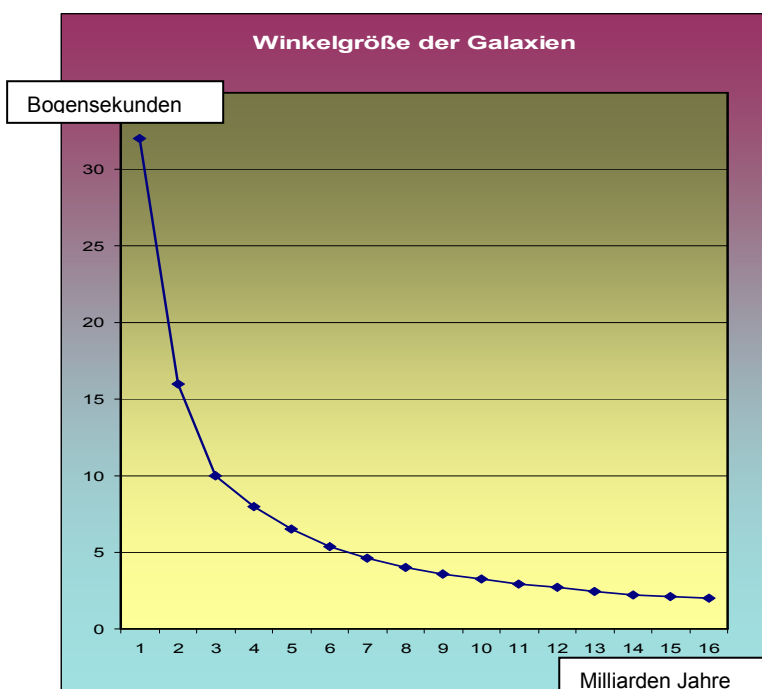
Dieser Aufsatz soll den Verlauf und die Entwicklung der Winkelausdehnung der Galaxien am irdischen Firmament untersuchen. Es werden in diesem Zusammenhang zwei mögliche Modelle im kosmischen Zeitverlauf betrachtet. Es handelt sich bei diesen Modellen um das Standardmodell, also um den Urknall und um das Modell eines räumlich konstanten Kosmos.

1. Die Entwicklung der Winkelausdehnung der Galaxien im Urknallmodell.
2. Die Entwicklung der Winkelausdehnung im konstanten Kosmos.

Die Ergebnisse der Betrachtungen werden miteinander an den tatsächlich gemachten Beobachtungen verglichen und bewertet.

1. Grundlegendes über die Winkelausdehnung eines sich entfernenden Objektes

Jedes Objekt mit einer räumlichen Ausdehnung wird in einer bestimmten Entfernung unter einem bestimmten Winkel, dem Bogenmaß oder der Winkelausdehnung gesehen. Diese Winkelausdehnung des Objektes verändert sich mit der Entfernung. Ist die Größe des Objektes bekannt, so kann man anhand seiner Winkelausdehnung, mit der es am Firmament gesehen wird, die Entfernung bestimmen. Die Gesetzmäßigkeit, mit der sich die Winkelausdehnung über die Entfernung verändert, ist sehr einfach. Erscheint ein Objekt unter einem Winkel von 10° bei einer bestimmten Entfernung, so wird der Winkel unter dem es am Firmament erscheint, bei der doppelten Entfernung sich halbieren. Der Wert der Winkelausdehnung ist also umgekehrt proportional zum Wert der Entfernung.



Graphik 1

Die Größe der Winkelausdehnung der Galaxien am irdischen Firmament verändert sich über die Entfernung.

Erscheint eine durchschnittliche Galaxie (zum Beispiel die Andromeda Galaxie) mit einem Durchmesser von 200.000 Lichtjahren und einer Entfernung von 1,5 Millionen Lichtjahren unter einem Winkel von $4,5^\circ$ an unserem Firmament, so lässt sich in einer entsprechenden Graphik für jeden beliebigen Abstand die dazugehörige Winkelausdehnung ablesen.

Die Winkelausdehnung nimmt mit der Entfernung kontinuierlich ab und erreicht in einer Entfernung von 16

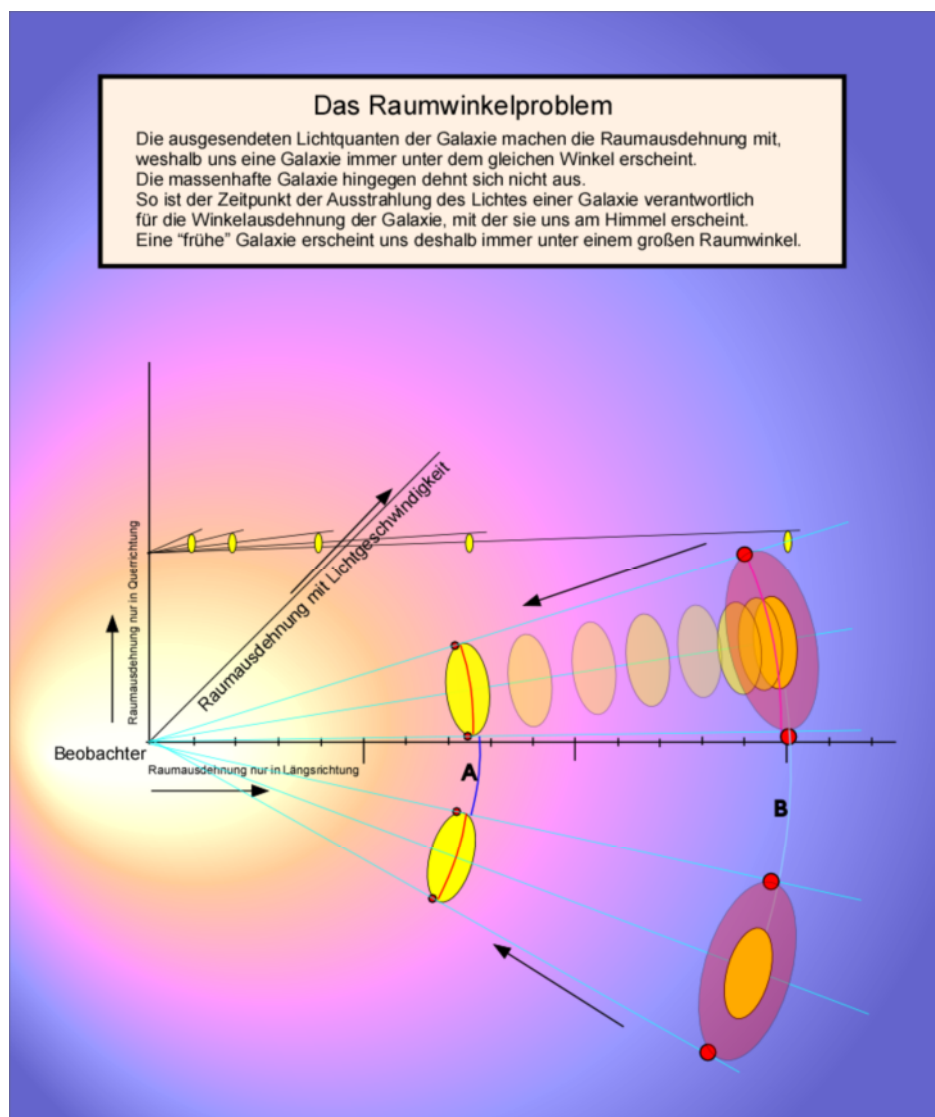
Milliarden Lichtjahren noch ein Wert von 2" (Bogensekunden). Die waagerechte Achse zeigt die Entfernung in Milliarden Lichtjahren, also eine Entfernung, die über den Rand des heutigen Universums hinausgeht.

2. Die Entwicklung der Winkelausdehnung in einem sich ausdehnenden Kosmos

Es ist nun zu untersuchen, in wieweit ein sich ausdehnender Kosmos einen Einfluss auf die Winkelausdehnung der Galaxien im Zeitverlauf hat.

Für die Betrachtung ist wichtig, dass wir niemals in einen Raum hineinschauen können, sondern dass uns einzig Lichtstrahlen aus der Tiefe eines Raums erreichen. Es ist eine irriige Vorstellung, dass wir in die Tiefe des Raumes und damit in die Vergangenheit blicken könnten. Leider liest man oft von dieser sehr gängigen Beschreibung und zusätzlich wird dann noch ein entsprechendes Bild beigefügt.

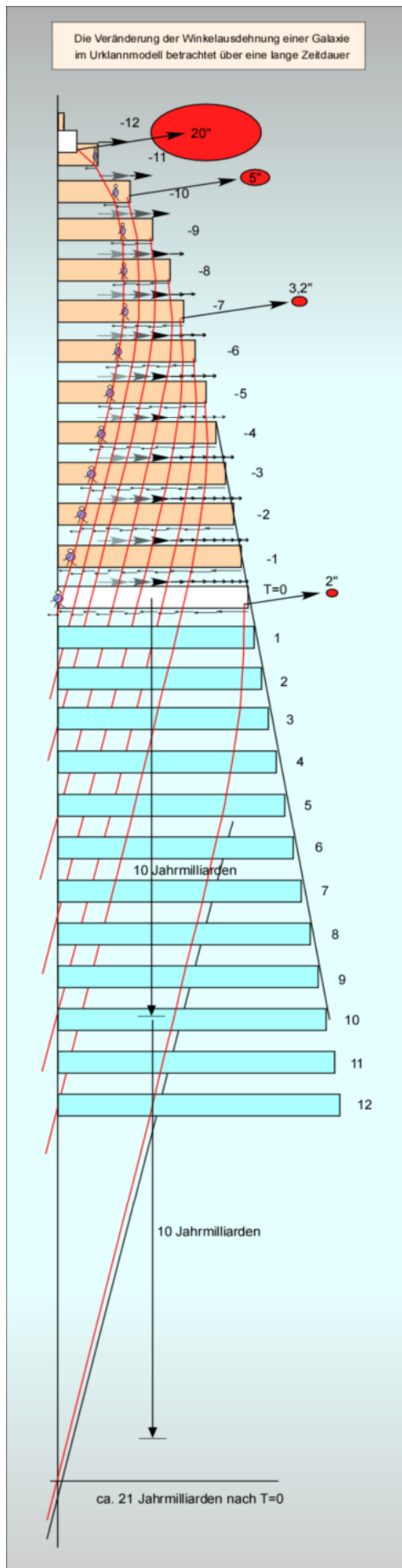
Geht man gedanklich in der Zeit zurück, so wird bei einem angenommen Urknall das Universum in der Vergangenheit immer kleiner. Zur Zeit der Galaxienbildung hatte das Universum nur eine räumliche Ausdehnung von etwa einem Zehntel der heutigen Raumausdehnung.



Graphik 2

Im Urknallmodell ist der Zeitpunkt der Aussendung des galaktischen Lichtes maßgeblich für die Winkelausdehnung der Galaxie. Der Zeitpunkt A zeigt die ausgesendeten Lichtquanten durch die roten Punkte an den Galaxien an. Zum Zeitpunkt B sind die roten Raumpunkte mit den in A ausgestrahlten Lichtquanten mit dem Raum gedehnt worden. Die Lichtquanten behalten also ihre Orientierung im Raum auch über Jahrmilliarden bei .

Die Galaxien selbst haben während der Raumausdehnung ihre Größe nicht verändert, da sie in sich gravitativ stabil sind. (In der Graphik 2 als gelbe, unverändert große Ovale dargestellt) Das heißt, sie machen die Raumausdehnung des Universums als Einzelobjekt nicht mit. Es vergrößert sich somit nur der Abstand oder der Raum zwischen den Galaxien ständig. Geht man in die Vergangenheit, so sind die Abstände zwischen den Galaxien früher also geringer gewesen als heute. (Der Abstand zwischen den Galaxien im Zeitpunkt **A** ist kleiner als im späteren Zeitpunkt **B**)



Graphik 3

Im sich ausdehnenden Kosmos entsteht eine Kurvenschar (rote Linien) der Lichtwege, die zu unterschiedlichen Zeiten von einer randnahen Galaxie in der Vergangenheit abgestrahlt wurden. Der Schnittpunkt dieser Linien mit der Senkrechten stellt den Zeitpunkt des Sichtbarwerdens einer Randgalaxie im Zentrum des Universums dar. Die waagerechten Balken stellen den sich ausdehnenden Raum zwischen dem Zentrum (links) und dem Rand (rechts) des Kosmos dar. Der Zeitlauf geht von oben (Urknall) nach unten (Zukunft) und in der Mitte bei $T = 0$ befindet sich die Jetztzeit.

Eine Galaxie, die damals am Rand eines zehnmal kleineren Universums stand, hatte demnach eine Winkelausdehnung am irdischen Firmament, die bei ca. $20''$ lag. Das Problem war, dass diese Galaxie nur von einem Inertialbeobachter aus mit diesem Winkel zu sehen gewesen wäre. (Ein Inertialbeobachter ist orts- und zeitunabhängig) Denn das zu diesem Zeitpunkt abgestrahlte Licht dieser Galaxie wurde wegen der hohen Raumausdehnungsrate im frühen Kosmos zunächst auch Richtung Rand „mitgerissen“. Das heißt, dass das abgestrahlte Licht der Galaxie das Zentrum des Universums zunächst nicht erreichen konnte. Siehe auch unter ¹

Es ist wichtig zu verstehen, dass das abgestrahlte Licht der Galaxie von der abstrahlenden Materie der Galaxie zu unterscheiden ist. Die Materie der Galaxie ist gravitativ gebunden, weshalb eine Ausdehnung der Galaxie, hervorgerufen durch die Raumausdehnung des Kosmos, nicht stattfindet. (Die gelben Ovale = Galaxien, in der Graphik 2, bleiben über die Jahrmilliarden stets unverändert groß.) Das abgestrahlte galaktische Licht hingegen, wird mit der kosmischen Raumausdehnung auch mit gedehnt. (rote Punkte in Graphik 2) Da die Raumausdehnung nicht nur in der Länge, sondern gleichermaßen auch in der Breite stattfindet, wird das abgestrahlte Licht der Galaxie in seiner Winkelausdehnung über die Zeit nicht verändert. Das heißt, dass einmal abgestrahlte Licht einer Galaxie auch nach Jahrmilliarden genau mit der Winkelausdehnung bei einem Beobachter im Zentrum eintrifft, wie zu dem Zeitpunkt, als sich die Galaxie an dem Ort befand, wo das Licht ausgestrahlt wurde. Das Licht aus der Frühzeit dieser Galaxie erreicht also einen Beobachter im Zentrum des Universums nach ca. 10 Milliarden Jahren genau mit der damaligen ausgestrahlten Winkelausdehnung.

Befand sich eine randnahe Galaxie damals, vor ca. 10 Milliarden Jahren, in einer Entfernung von 1,5 Milliarden Lichtjahren (weißes Kästchen oben) vom Zentrum des Universums entfernt, so war ihre Winkelausdehnung auf ca. 20 Bogensekunden festgelegt. Das Licht, das sie zu diesem Zeitpunkt ausstrahlte behielt genau diese damalige Winkelausdehnung bei. Kommen die damaligen Lichtstrahlen der Galaxie dann nach ca. 10 Milliarden Jahren erstmalig im Zentrum des Universums an, haben sie exakt die gleiche Winkelausdehnung wie damals.

¹ Die Ursache und Entwicklung der Hintergrundstrahlung

Trägt man den Lichtweg des von der Galaxie ausgesendeten Lichtes nach einer weiteren vergangenen Jahrtausende in die Graphik 3 ein, so ergibt das eine weitere rote Lichtweglinie mit einer Winkelausdehnung von etwa 10 Bogensekunden.

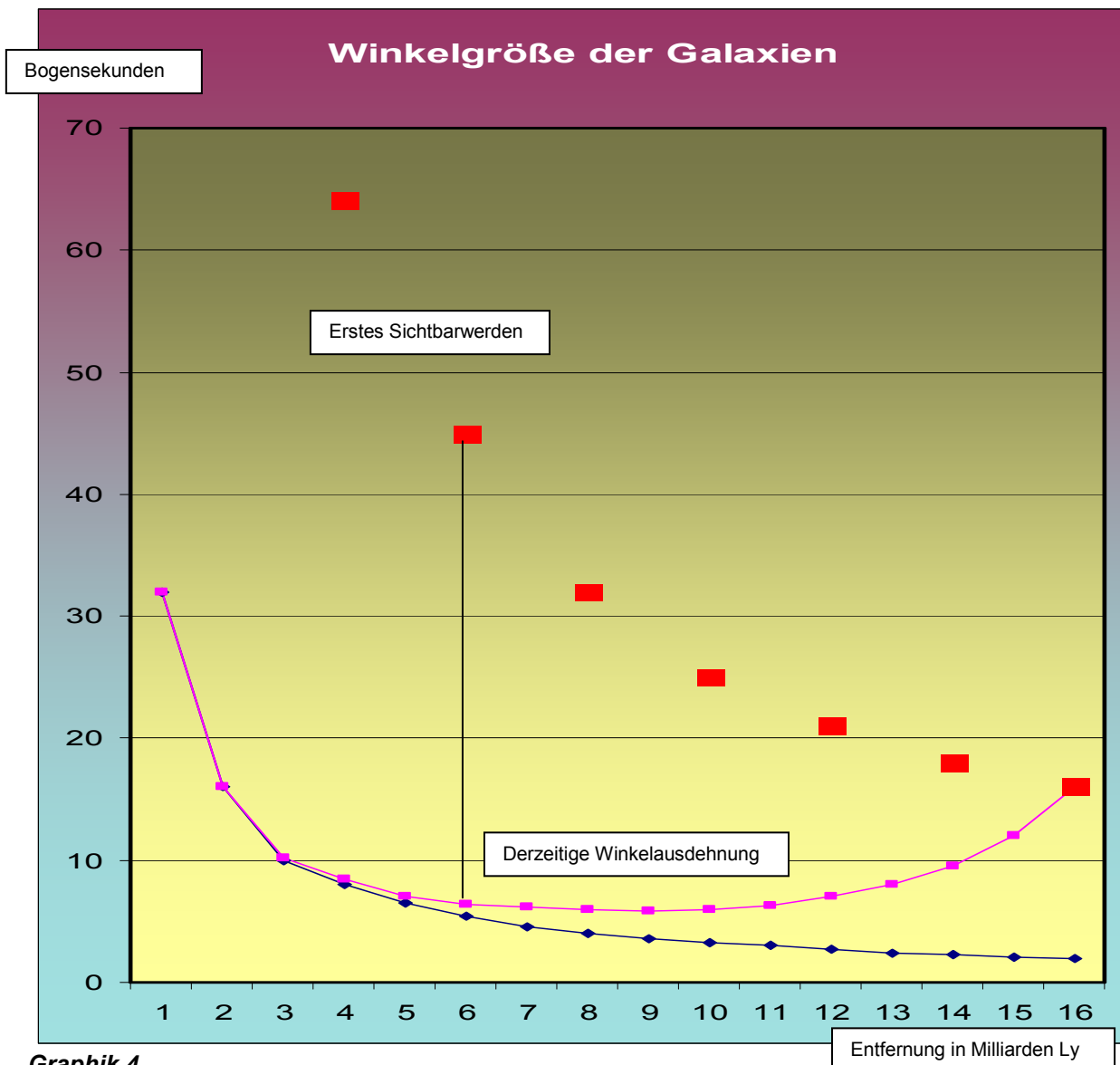
Wiederholt man diesen Vorgang alle „eine Milliarden Jahre mal“, so ergibt das eine Kurvenschar der Lichtweglinien mit einer stets kleiner werdenden Winkelausdehnung der beobachtbaren Galaxie.

Man wiederholt diesen Vorgang so lange, bis man auf die Winkelausdehnung der heute gemessenen Winkelausdehnung der randnahen Galaxien trifft und vergleicht dann das abgelaufene Weltalter mit den derzeit berechneten Werten, so zeigt es sich, dass eine unüberbrückbare Differenz zwischen den tatsächlichen und des errechneten Werten der Winkelausdehnung (dem Bogenmaß) der randnahen Galaxien sich ergibt.

Eine randnahe Galaxie wird bei einem sich ausdehnenden Kosmos erst in ca. 20 Milliarden Jahren, von heute an gerechnet, eine Winkelausdehnung von ca. 2 Bogensekunden erreichen.

Geht man von einem Urknall aus, so sollte eine randnahe rotverschobenen Galaxie, bei einem derzeit postuliertem kosmischen Weltalter von ca. 10 Milliarden Jahren nach dem Urknall, derzeit am irdischen Firmament eine Winkelausdehnung von ca. 20 Bogensekunden besitzen.

Die Rotverschiebung des beobachteten galaktischen Lichtes passt nicht zur berechneten Winkelausdehnung, die die randnahen Galaxien in einem sich ausdehnenden Kosmos zwingend aufweisen müssten.



Graphik 4

Der Zeitpunkt des ersten Sichtbarwerdens der Galaxien, vom Zentrum des Kosmos aus gesehen, ist durch die roten Rechtecke markiert. Zuerst wird eine nahe Galaxie (links oben) sichtbar, dann eine

weiter vom Zentrum entfernte und ganz zum Schluss nach 10 Milliarden Jahren wird eine Randgalaxie mit ihrem großen Bogenmaß von ca. 16-20 Winkelsekunden sichtbar werden. (Ganz rechter roter Punkt)

Die pinkfarbene Kurve markiert die heutige Winkelausdehnung der Galaxien über die Entfernung, wenn man von einem Urknallmodell ausgeht.

Zunächst erscheinen die Galaxien unter ihrem großen Winkel am Firmament, aber je weiter die Zeit fortschreitet, desto mehr verringert sich der Winkeldurchmesser einer jeden Galaxie (das wird z.B. durch die senkrechte Linie am roten Punkt 2 dargestellt) und erreicht in der Jetztzeit die pinkfarbene Linie. Lässt man die Zeit weiter in die Zukunft laufen, so wird näherungsweise schließlich die schwarze Linie erreicht.

Die schwarze Kurve stellt die gemessene Winkelausdehnung der Galaxien dar.

3. Die Winkelgröße der randnahen Galaxien in einem konstanten Kosmos

Die Winkelgröße der randnahen Galaxien entspricht in einem konstanten Kosmos den in der Realität gemessenen Werten. Die Raumwinkelgröße der randnahen Galaxien ändert sich auch nicht im Zeitverlauf, da der Rand des Universums sich im Laufe der Zeit nicht ausdehnt. Die Galaxien im Inneren des Universums bewegen sich zum Rand des Universums und werden, in der zur jeweiligen Rotverschiebung passenden Winkelausdehnung, am irdischen Firmament wahrgenommen.

4. Ergebnis

Die Winkelausdehnung der sichtbaren Galaxien ist im konstanten Kosmos problemlos erklärbar.

Im Urknallmodell, auch Standardmodell genannt, sollte die Winkelausdehnung der randnahen Galaxien um den Faktor 10 größer ausfallen, als dies tatsächlich beobachtet wird.

Ein gleichzeitiges Beobachten der Hintergrundstrahlung und der hochrotverschobenen randnahen Galaxien schließt sich aus raumgeometrisch-zeitlichen Gründen im Urknallmodell zwingend aus

Die heute sichtbaren Lichtquanten der Galaxien aus der Randregion des Universums stammen aus der heutigen 13,7 Milliarden Lichtjahre entfernten Randregion des Universums und sind daher der Beweis für einen konstanten Kosmos.

Die stärksten Beweise gegen das Urknallmodell wären damit gefunden. Es handelt sich um die heute sichtbare Hintergrundstrahlung im Verbund mit den rotverschobenen 13,7 Milliarden Lichtjahre entfernten randnahen Galaxien.

Hier noch ein paar Fragen, um sich die Folgen aus dieser Ausarbeitung zu verinnerlichen.

1. Frage:

Wann, nach welcher Zeitdauer nach dem Urknall, fliegt ein Lichtquant der Hintergrundstrahlung, der vom unmittelbaren Rand des Kosmos Richtung Zentrum fliegt, an uns vorbei, wenn wir uns im Zentrum des Kosmos nach dem Standardmodell befinden würden?

Antwort : zwischen 7 und 11 Milliarden Jahre nach dem Urknall verschwindet das Licht des Urknalls aus dem Kosmos von der Mitte her. (Je nach angenommener Ausdehnungsgeschwindigkeit des Kosmos).

2. Frage:

Unter welchem Winkel erscheint uns eine frühe Galaxie (vom Format unserer Milchstraße) am irdischen Firmament, wenn diese Galaxie zum Zeitpunkt 300- 500 Millionen Jahre nach dem Urknall am Rand des Universums entstanden ist?

Antwort ca. 20"

Und wann trifft erstmalig das ausgesendete Licht dieser Galaxie bei uns ein?

Antwort: ca. 10 Milliarden Jahre nach dem Urknall

Zusatzfrage: Nach welcher Zeit erreicht sie die Winkelgröße 2" an unserem Firmament, mit der wir sie heute sehen können?

Antwort: Nach 21-27 Milliarden Jahren

und welches kosmische Alter hatte sie zu diesem Zeitpunkt beim Aussenden ihres Lichtes?

Antwort: ca. 10 Milliarden Jahre

3. Frage:

Welchen mittleren Abstand hatten die frühen Galaxien im Kosmos voneinander, wenn man von der Zeit 300- 500 Millionen Jahre nach dem Urknall ausgeht? Welche mittlere Entfernung voneinander haben im Vergleich die Galaxien des Galaxienhaufens A1689?

Antwort: Die Mittlere Entfernung beträgt den doppelten Galaxiendurchmesser in beiden Fällen.

