

Earendel, Messier 31, Distanz und Bildmaßstab

Die Erläuterungen zu Herrn Steinles Fragen über Earendel in SuW 1/2023, S. 7, haben bei mir neue Fragen hervorgerufen: Die kosmische Expansion dehnt zwar den Raum, aber im Spektrum-Dossier 3/2005 »Der Anfang der Welt« wird auf S. 14–15 dargelegt, dass gravitativ gebundene Objekte – wie zum Beispiel die Andromedagalaxie – von der kosmischen Expansion kaum beeinflusst werden, das heißt, sie werden nicht vergrößert oder gedehnt. Nur der Abstand zu anderen Objekten wächst an. Deshalb sollte meines Erachtens die Andromedagalaxie aus dem Beispiel im Januarheft auch jenseits von $z = 1,62$ kleiner erscheinen. Falls jedoch Objekte ab $z = 1,62$ wirklich größer werden, dann müssten Objekte bei sehr großen Rotverschiebungen riesig erscheinen. Auf Deep-Field-Aufnahmen sind mir solche Objekte jedoch nicht bekannt. Über weitere Erläuterungen würde ich mich freuen. PETER WETZEL, DENZLINGEN

Herr Wetzel vermutet zu Recht, dass sehr ferne Objekte dann bei sehr großen Rotverschiebungen riesig erscheinen müssten. Das ist wirklich so. Das beste Beispiel dafür sind die kleinen Unregelmäßigkeiten des kosmischen Mikrowellenhintergrunds, wie sie die Satelliten COBE, WMAP und Planck am ganzen Himmel kartiert haben (siehe »Der kosmische Mikrowellenhintergrund«). Sie zeigen Gebiete des frühen Universums an, die ein ganz kleines bisschen dichter und wärmer (rot) beziehungsweise weniger dicht und kühler (blau) waren als der damalige Durchschnitt. Wir sehen sie bei einer kosmologischen Rotverschiebung von etwa $z = 1100$, entsprechend einem Weltalter von rund 380 000 Jahren. Damals waren also alle Abstände im Universum zirka 1100-mal (ge-

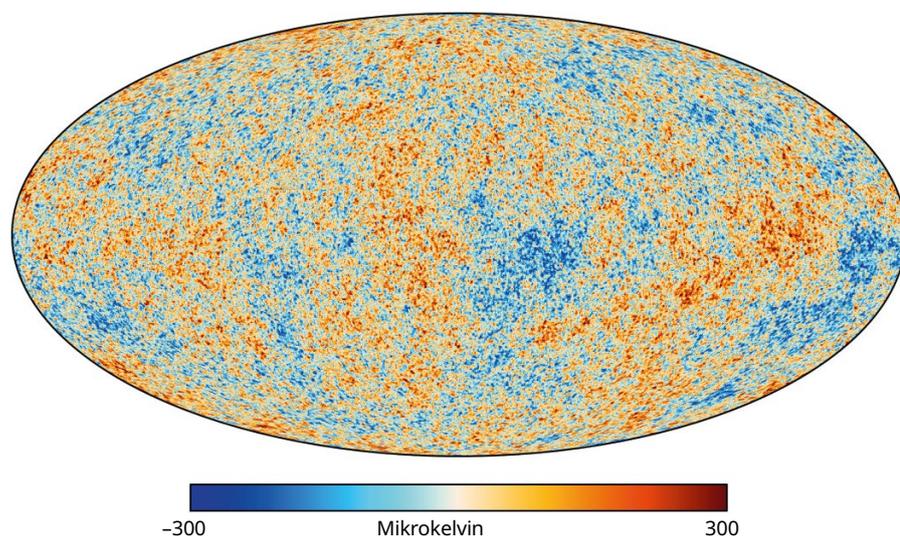
nauer gesagt um den Faktor: $z + 1$) kleiner als heute. Die wärmeren/dichteren Knötchen (rot) sind die »Keime« der später entstehenden großen Galaxienhaufen des heutigen Universums. Ihre Größen und gegenseitigen Abstände betragen damals typischerweise 200 000 Lichtjahre; heute sind diese Abstände auf mehr als 200 Millionen Lichtjahre angewachsen.

Ihre heutige geometrische Entfernung von uns beträgt etwa 45 Milliarden Lichtjahre. Bei dieser Distanz würden die Knötchen ohne Expansion und Raumkrümmung am Himmel nur etwa eine Bogensekunde groß erscheinen. Aber wir sehen sie tatsächlich gut tausendmal größer, nämlich typischerweise fast ein Grad groß. Anders gesagt, wir sehen ih-

ren Winkeldurchmesser am Himmel, als wären sie nur wenige Dutzend Millionen (nicht Milliarden!) Lichtjahre von uns entfernt.

Dass hier wiederum ein Faktor von etwa 1000 auftritt, ist kein Zufall. Gewissermaßen sehen wir alle Objekte am Himmel in ihrer jeweiligen Distanz zu genau der Zeit, als sie das heute von uns beobachtbare Licht aussandten, also im Falle der Knötchen der Hintergrundstrahlung bei $1/1100$ der heutigen Distanz. Das folgt ganz direkt aus der von der allgemeinen Relativitätstheorie vorhergesagten Raum-Zeit-Geometrie (das heißt der so genannten Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker-Metrik) eines isotropen Universums. Anders gesagt: Der Winkeldurchmesser der Knötchen in der kosmischen Hintergrundstrahlung entspricht ihrem Anblick, den sie uns aus rund 40 Millionen Lichtjahre Entfernung in einem ebenen, nicht expandierenden Universum böten.

Bei den sehr fernen Galaxien in Bildern von Hubble und Webb ist dieser Effekt ebenfalls bereits drastisch, aber er fällt dem Auge nicht auf, da sie trotzdem noch klein sind. Die von Herrn Wetzel erwähnte Andromedagalaxie auf S. 7 des Januarhefts wäre ohne diesen Effekt bei $z = 6,2$ nicht sechs Bogensekunden, sondern nur knapp eine Bogensekunde groß. Dies gilt jedenfalls, wenn – wie von Herrn Wetzel richtig angenommen – die Galaxie ihre physische Größe im Lauf der Expansion nicht verändert hat. ■



Der kosmische Mikrowellenhintergrund Die ESA-Raumsonde Planck produzierte von 2009 bis 2013 diese Ganzhimmelskarte der Hintergrundstrahlung. Die kleinen roten Knötchen sind Gebiete, die etwa 380 000 Jahre nach dem Urknall weniger als ein Zehntausendstel dichter waren als der Durchschnitt des jungen Universums, und die sich später zu großen Galaxienhaufen entwickelten. Die entsprechenden, viel kleineren »Keimzellen« einzelner Galaxien sind bei der Winkelauflösung von Planck nicht erkennbar.

Ulrich Bastian ist der Leserbriefredakteur von SuW und arbeitet in Heidelberg an der Gaia-Mission der ESA.

Senden Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um Antwort und stellen die interessantesten Beiträge vor.