



Das mit dem 100-Meter-Radioteleskop bei Effelsberg gewonnene Spektrum des Quasars MG J0414+0534 zeigt bei 6,115 Gigahertz deutlich die Emissionslinie des Wassermoleküls.

ger. So weisen die Wasser-Maser in jungen Universum womöglich eine andere Masse-Leuchtkraft-Beziehung auf.

Die Frequenz der beobachteten Maser-Linie liegt im Ruhesystem bei 22,2 Gigahertz und wird durch die hohe Rotverschiebung auf 6,1 Gigahertz verringert – damit liegt sie genau in dem Bereich, in welchem die Empfangsanlage des Effelsberger Radioteleskops empfindlich ist. Um die Beobachtungen zu verifizieren, setzten die Forscher das in seiner Bandbreite verbesserte Very Large Array in New Mexico ein. Mit diesem Interferometer gelang es, die Quelle in ihre vier im optischen sichtbaren Teilbilder aufzulösen. Sie addierten das Licht der beiden helleren Mehrfachbilder A_1 und A_2 und konnten das mit dem 100-Meter-Radioteleskop gewonnene Ergebnis bestätigen. Bei den Bildern B und C ging das Signal im Rauschen unter. Dass die Strahlung tatsächlich von einem Wasser-Maser bei $z = 2,639$ stammt, stützen frühere Beobachtungen einer anderen Forschergruppe. Sie konnten Maser-Emission von Kohlenmonoxid und Wasserstoff bei dieser Rotverschiebung nachweisen.

Berechnet man aus der Linienstärke die Leuchtkraft des Wasser-Masers in MG J0414+0534, so ergibt sich ein extrem hoher Wert. Nimmt man isotrope Abstrahlung an, dann liegt die Leuchtkraft beim 10 000-Fachen der Sonnenleuchtkraft – und das in nur einer Emissionslinie! Mit diesem Wert liegt diese Quelle mit an der Spitze aller bekannten Wasser-Maser und ist halb so stark wie der bisherige Entfernung-Rekordhalter bei $z = 0,66$. Als Quelle solch heller Wasser-Maser-Emission vermuten die Astronomen Akkretionsscheiben aus Gas und

Staub um extrem massereiche Schwarze Löcher in den Zentren der Galaxien. Die Maser-Emission sollte dann hauptsächlich für Beobachter sichtbar sein, die sich in der Ebene der Akkretionsscheibe befinden, weil sonst zu wenig Moleküle auf dem Sehstrahl liegen. Beim Quasar MG J0414+0534 schauen wir jedoch fast senkrecht auf die Scheibe. Daher spekulieren die Forscher, ob die Maser-Emission von den Gasstrahlen (Jets) stammen könnte, die zu den Polen der Scheibe hin abströmen.

Die Entdeckung des Teams um Violette Impellizzeri lässt vermuten, dass Wassermoleküle in der Frühzeit des Universums

wesentlich häufiger auftraten, als bislang angenommen. Da die Maser-Emission aus Regionen nahe der Zentren der Galaxien entweicht, besteht nun die Hoffnung, mit ihrer Hilfe auch Rückschlüsse auf die zentralen Schwarzen Löcher zu gewinnen, zu einer Zeit, da diese Galaxien gerade erst entstanden sind. AXEL M. QUETZ

Literaturhinweis

Impellizzeri, C. M. V. et al.: A gravitationally lensed water maser in the early universe. In: Nature 456, S. 927–929, 2008.

ZUM NACHDENKEN

Wasser bei $z = 2,6$



Der Nachweis von Wasser im Quasar MG J0414+0534 ist eine bemerkenswerte Leistung, bedenkt man die immense Distanz des Objekts. Und ohne die verstärkende Wirkung der vor dem Quasar liegenden Gravitationslinse wäre die Entdeckung gar nicht möglich gewesen.

Im Folgenden werden die involvierten Frequenzen und Wellenlängen betrachtet und die Auswirkung auf die Beobachtungszeit bedacht.

Aufgabe 1: Die Rotverschiebung z wird bei der optischen und infraroten Astronomie meist in der Wellenlängendarstellung angegeben:

$$z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \frac{\lambda_{\text{obs}} - \lambda_0}{\lambda_0} = \frac{\lambda_{\text{obs}}}{\lambda_0} - 1.$$

Dies lässt sich umformen zu:

$$z + 1 = \frac{\lambda_{\text{obs}}}{\lambda_0}. \quad (1)$$

Dabei ist λ_{obs} die beobachtete Wellenlänge und λ_0 die Laborwellenlänge. Der Zusammenhang zwischen der Wellenlänge und der Frequenz der elektromagnetischen Strahlung ist durch die Gleichung

$$\lambda \nu = c \quad (2)$$

gegeben. Darin steht λ für die Wellenlänge, ν für die Frequenz und $c = 2,9989 \cdot 10^8$ m/s für die Lichtgeschwindigkeit. Man stelle Gleichung (1) mit Hilfe von Gleichung (2) um auf die in der Radio-

astronomie eher übliche Frequenzdarstellung $z = f(\nu_0, \nu_{\text{obs}})$.

Aufgabe 2: Die Maser-Linie des Wassermoleküls besitzt die Frequenz $\nu_0 = 22,23508$ GHz. **a)** Zu welcher Frequenz ν_{obs} wird das Signal durch die Rotverschiebung des Quasars $z = 2,639$ hin verschoben? **b)** Welchen Wellenlängen λ_{obs} und λ_0 entsprechen die beiden Frequenzen ν_0 und ν_{obs} ?

Aufgabe 3: Anhand hochauflöser Beobachtungen der vier Teilbilder konnte bereits im Jahr 2000 ein Modell der Massenverteilung der als Linse wirkenden Galaxie erstellt werden. Daraus folgte der Verstärkungsfaktor V der Gravitationslinse zu $V \approx 35$. In der Pressemitteilung des MPIFR heißt es, ohne die Verstärkung durch die Linse hätte sich die tatsächliche Messzeit $t_{\text{mGl}} = 14$ Stunden auf undurchführbare $t_{\text{oGl}} \approx 580$ Tage verlängert. Lässt sich diese Aussage bestätigen? Man bedenke, dass die Verstärkung quadratisch in die Verringerung der Beobachtungszeit eingeht. AMQ

Ihre Lösungen senden Sie bitte bis zum **15. Februar 2009** an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Max-Planck-Institut für Astronomie, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg. Fax: (+49) 62 21-52 82 46. Einmal im Jahr werden unter den erfolgreichen Lösern Preise verlost: siehe Seite 119.