

Licht aus ferner Vergangenheit

Weit entfernte aktive Galaxien beleuchten den Aufbau und die Entwicklung des Universums.

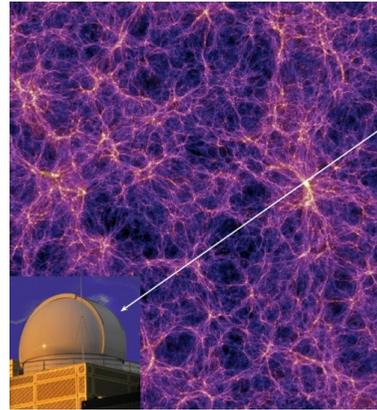
Im gegenwärtigen Jahr der Astronomie berichten Potsdamer Astrophysiker regelmäßig in der PNN von ihren liebsten Himmelskörpern.

Mehr als 100 Billionen mal heller als die Sonne leuchtet der Quasar HS1700+6416. Deshalb können wir ihn sehen, wenn auch nur mit Hilfe eines Teleskops, obwohl er 11 Milliarden Lichtjahre von der Erde entfernt ist. Die gewaltigen Energiemengen, die HS1700+6416 abstrahlt, werden erzeugt, indem Gas in ein Schwarzes Loch im Zentrum einer Galaxie fällt. Ein solches Objekt nennen die Astrophysiker einen Quasar. Seinen kryptischen Namen verdankt HS1700+6416 denn auch einer Hamburger Himmelsdurchmusterung – deswegen HS – mit dem Ziel, Quasare zu identifizieren. Die Zahlen geben seine Position am Himmel in der Nähe des Sternbilds Drache an, das das ganze Jahr über von Potsdam aus zu sehen ist.

Das Licht, das wir heute von dem Quasar sehen, stammt aus einer Zeit, als das Universum noch nicht einmal ein Fünftel so alt war wie heute – das Alter des Universums wird auf fast 14 Milliarden Jahre geschätzt. Während

seiner langen Reise durch den intergalaktischen Raum dehnte sich das Universum aus. Aufgrund dieser Expansion verlor das Licht Energie und veränderte damit seine Farbe, so dass es heute für uns röter erscheint als es ursprünglich ausgesendet wurde. Die Astronomen sprechen deshalb auch von Rotverschiebung. Ein ähnlicher Effekt lässt das Martinshorn eines Krankenwagens tiefer klingen, wenn er sich entfernt. Die Kosmologen verwenden die Rotverschiebung als ein Maß für die Entfernung von Objekten. Und da das Licht eine gewisse Zeit braucht, um die Erde zu erreichen, ist ein Blick in den weit entfernten Kosmos auch immer ein Blick in die Vergangenheit.

Der intergalaktische Raum ist mit sehr dünnem Gas gefüllt. Im Mittel befindet sich in einem Kubikmeter ein Atom. Das ist 10 Milliarden mal dünner als das beste Ultrahochvakuum im Labor auf der Erde. Trotzdem hinterlässt das Gas Spuren im Licht des Quasars. Bei der Rotverschiebung von HS1700+6416 befinden sich noch etwa 90 Prozent der Materie in Form von Wasserstoff im intergalaktischen Medium.



Filamentartige Strukturen, die das intergalaktische Gas bildet Abb: Volker Springel

Durchquert das Quasarlicht eine Wolke neutralen Wasserstoffs, filtern die Atome das Licht bei einer charakteristischen Wellenlänge heraus. Das Licht wird also bei genau dieser Wellenlänge abgeschwächt. Die Astronomen sprechen von einer Absorptionslinie im Spektrum des Quasars. Die vielen Wasserstoff-Wolken zwischen dem Quasar und uns verursachen viele, nach Entfernung aufgereichte Absorptionslinien. Die dadurch entstehende Struktur aus vielen dunklen Streifen im Spektrum des Quasars nennen die

Wissenschaftler Lyman-alpha-Wald, benannt nach dem Namen für die Wasserstoff-Absorptionslinie. Astronomen an der Universität Potsdam studieren die Eigenschaften dieser Wasserstoff-Wolken bei verschiedenen Rotverschiebungen (also Entfernungen, das heißt Zeitaltern), um etwas über die Bildung von Strukturen im Universum zu lernen. Die kurz nach dem Urknall sehr gleichmäßig verteilte Materie bildet mit der Zeit Klumpen, in denen Sterne und Galaxien entstehen. Größere Materieansammlungen ziehen durch ihre Masse noch mehr Gas an, so dass sich immer deutlichere Strukturen herausbilden. Heute befindet sich nur noch ein Drittel der Materie im Lyman-alpha-Wald. In den Spektren naher Quasare sind deshalb viel weniger Wasserstoff-Absorptionslinien zu sehen. Ein weiteres Drittel der Materie ist in Sterne und Galaxien eingebaut und noch ein Drittel bildet eine weitere, heiße Gasphase im intergalaktischen Medium.

Der Wasserstoff kann das Quasarlicht nur dann filtern, wenn der Atomkern und ein Elektron aneinander gebunden sind, das Atom also neutral ist.

Das Gas ist ionisiert, wenn die Atomkerne und die Elektronen getrennt sind. Der ionisierte Wasserstoff hinterlässt keine Spuren in den Quasarspektren und bleibt für uns unsichtbar. Dabei macht er den weit größeren Teil des intergalaktischen Mediums aus – nur etwa ein Zehntausendstel des Gases ist tatsächlich neutral. Energiereiche Strahlung von Sternen und Quasaren kann die Elektronen von den Atomkernen trennen. Der Übergang von einem überwiegend neutralen zu einem ionisierten Zustand ist ein wichtiges Ereignis in der Geschichte des Universums.

Aber wann und wie genau das stattfand, haben die Wissenschaftler noch nicht abschließend geklärt. Dabei spielen die allerersten Sterne eine entscheidende Rolle, die das Universum zum ersten Mal nach dem Urknall mit Strahlung füllen. Nach Berechnungen der Forscher müssten sie vor mehr als 13 Milliarden Jahren entstanden sein, allerdings sind 13 Milliarden Lichtjahre entfernte Sterne bisher noch außerhalb der Reichweite unserer Teleskope.

CORA FECHNER