

## Arbeitsblatt 3:

### Ein Priester begründet das Urknall-Modell

Edwin Hubbles Untersuchungen zur Rotverschiebung in Galaxienspektren waren wissenschaftlich wertvoll und eröffneten der beobachtenden Astronomie völlig neue Möglichkeiten. Dass Hubble oft als der „Vater des Urknall-Modells“ bezeichnet wird, ist aus historischer Sicht aber nicht gerechtfertigt. Hubble hatte wohl erkannt, dass sich die Galaxien umso schneller von uns weg bewegen, je weiter sie entfernt sind. Jedoch blieb er der Vorstellung verhaftet, dass diese Bewegung innerhalb eines bestehenden, weit ausgedehnten Raums stattfindet.



Die Idee, dass es der Raum selbst ist, der sich stetig vergrößert und die Galaxien dadurch mitführt, wurde zum ersten Mal von dem belgischen Priester und Astrophysiker **Georges Lemaître** formuliert, nachdem er sich die Forschungsergebnisse Hubbles genauer angesehen hatte. Seine Nachforschungen führten ihn schnell zu der Überzeugung, dass ein stetig auseinanderstrebendes Universum einen **Ursprung** haben muss. Dort, so Lemaître, war der Raum extrem klein –

das Universum aber in seiner Vielfalt bereits vollständig angelegt. Diesen Anfangszustand nannte er **Uratom**, eine Art Zelle, aus der alles hervorgegangen ist und die sich seitdem in steter Ausdehnung befindet.

Der Begriff „**Urknall**“ stammt übrigens von dem berühmten britischen Physiker und Astronomen Fred Hoyle, der die Ideen von Lemaître strikt ablehnte und eher spaßhaft vom „Urknall“ („Big Bang“) sprach, aus dem das Universum explosionsartig hervorgegangen sein sollte. Seitdem ist dieser markante Begriff in der Welt.

Die Annahme, dass der Raum sich ausdehnt, führt ebenfalls zu einer Rotverschiebung der Spektrallinien. Allerdings beruht diese Verschiebung nicht auf dem Dopplereffekt, sondern vielmehr vergrößern sich die Wellenlängen auf ihrem Weg zu uns, weil sich während der langen Reise der Raum ausgedehnt hat und damit die Wellen gestreckt wurden. Die Ausdehnung des Raums führt also zu einer scheinbaren Fluchtgeschwindigkeit – so, wie Hubble sie gemessen hatte. Die Verschiebung der Spektrallinien aufgrund der Raumdehnung nennt man auch **kosmologische Rotverschiebung**.

1. Recherchieren Sie im Internet zu **Georges Lemaître** und stellen Sie einige Aspekte bezüglich seines Lebens und seiner wissenschaftlichen Ideen in Ihren Unterlagen zusammen. Nennen Sie auch weitere Forscher, die bei der Entwicklung der Urknall-Theorie entscheidend mitgewirkt haben.

2. Wenn man annimmt, dass sich die Expansion des Universums nach dem Hubble-Gesetz  $v = H_0 \cdot d$  vollzogen hat, lässt sich das **Alter des Universums** abschätzen. Dazu geht man davon aus, dass sich der Wert der Hubble-Konstanten während einer gleichförmigen Ausdehnung nicht wesentlich geändert hat. Wenn wir mit  $D$  die Ausdehnung des Universums zum heutigen Zeitpunkt bezeichnen und  $T$  die Zeit seit dem Urknall darstellt, ergibt sich mit  $v = \frac{D}{T}$  die Beziehung  $\frac{D}{T} = H_0 \cdot D$  und damit  $T = \frac{1}{H_0}$ .

Das bedeutet, dass das Alter des Universums sich aus dem Kehrwert der Hubble-Konstanten berechnen lässt.

Berechnen Sie mit dem Wert der Hubble-Konstante, den Sie im Arbeitsblatt 2 ermittelt hatten, das Alter des Universums. Verwenden Sie dabei die Umrechnung  $1 \text{ MPc} = 3,085678 \cdot 10^{19} \text{ km}$  und geben Sie Ihr Ergebnis in der Einheit „Jahre“ an.

Anmerkung:

Diese Art der Berechnung kann nur einen Orientierungswert des Weltalters liefern, denn man weiß heute, dass die Hubble-Konstante keineswegs immer den gleichen Wert hatte. Der Wert  $H_0$ , den Sie verwendet haben, bezieht sich auf den heutigen Zeitpunkt. Die Expansionsgeschwindigkeit des Universums hat sich aber im Laufe der Zeit verändert. Zurzeit können Astronominen und Astronomen durch aufwändige Messungen sogar eine leichte Beschleunigung der Expansion feststellen. Diese überraschende Entdeckung geht auf Forschungen der drei Astronomen Saul Perlmutter, Brian P. Schmidt und Adam G. Riess zurück, die dafür im Jahr 2011 mit dem Physik-Nobelpreis geehrt wurden.

3. Der **Wert der Hubble-Konstante  $H_0$**  ist bis heute nicht eindeutig festlegbar. Neuere Forschungsansätze bringen je nach Methode, nach der man die Konstante bestimmt hat, zum Teil stark voneinander abweichende Werte hervor. Dies sorgt bei vielen Astronominen und Astronomen für einiges Kopfzerbrechen und gilt als großes Rätsel der aktuellen Kosmologie.

Recherchieren Sie im Internet zu dieser Thematik und geben Sie die Spannweite der verschiedenen Werte für  $H_0$  an. Fassen Sie Ihre Erkenntnisse in Ihren Unterlagen übersichtlich zusammen.