

STEPHEN
HAWKING



**SPIEGEL
Bestseller-
Autor**

EINE KURZE
GESCHICHTE
DER ZEIT

Vollständig aktualisiert



Klett-Cotta

Penrose und ich nach, dass das Universum einen Anfang hat – und
möglicherweise auch ein Ende.

Das expandierende Universum

Blickt man in einer klaren, mondlosen Nacht zum Himmel auf, so sind wahrscheinlich die hellsten Objekte, die man wahrnimmt, die Planeten Venus, Mars, Jupiter und Saturn. Außerdem wird eine große Zahl von Sternen zu sehen sein, die unserer Sonne gleichen, aber sehr viel weiter entfernt sind. Einige dieser Sterne scheinen indessen während des Umlaufs der Erde um die Sonne ihre Stellung zueinander geringfügig zu verändern: Sie sind also keineswegs fixiert! Das liegt daran, dass sie uns vergleichsweise nahe sind. Während die Erde die Sonne umkreist, sehen wir sie aus verschiedenen Positionen gegen den Hintergrund fernerer Sterne. Dies ist ein günstiger Umstand, denn er ermöglicht es uns, unseren Abstand von diesen Sternen direkt zu messen: Je näher sie sind, desto mehr scheinen sie sich zu bewegen. Es stellte sich heraus, dass die Entfernung zum nächsten Stern, Proxima Centauri, ungefähr 40 Millionen Millionen (= 40 Billionen) Kilometer oder vier Lichtjahre beträgt (das Licht braucht ungefähr vier Jahre, um von dort zur Erde zu gelangen). Die meisten anderen Sterne, die mit bloßem Auge zu erkennen sind, befinden sich nicht weiter als ein paar hundert Lichtjahre entfernt. Zum Vergleich: Der Abstand zu unserer Sonne beträgt nur acht Lichtminuten! Die sichtbaren Sterne scheinen über den ganzen Nachthimmel ausgebreitet zu sein, konzentrieren sich aber vor allem in einem Streifen, den wir Milchstraße nennen. Schon 1750 vertraten einige Astronomen die Auffassung, dass das Erscheinungsbild der Milchstraße erklärbar sei, wenn man von einer scheibenförmigen Anordnung der meisten sichtbaren Sterne ausgehe - ein Beispiel für das, was wir heute Spiralgalaxis nennen. Nur ein paar Jahrzehnte später stellte der Astronom Sir William Herschel diese Hypothese auf eine solide Basis, indem er in mühseliger Arbeit die Positionen einer ungeheuren Zahl von Sternen

katalogisierte. Dennoch wurde diese Vorstellung erst Anfang unseres Jahrhunderts endgültig anerkannt.

Unser heutiges Bild vom Universum nahm erst 1924 Konturen an, als der amerikanische Astronom Edwin Hubble zeigte, dass es neben unserer eigenen Galaxie noch viele andere gibt, zwischen denen weite Strecken leeren Raums liegen. Um dies zu beweisen, musste er die Distanzen zu den anderen Galaxien bestimmen, die so weit entfernt sind, dass sie, anders als nahe gelegene Sterne, tatsächlich »fixiert« erscheinen. Deshalb war Hubble gezwungen, die Entfernungen indirekt zu messen. Die scheinbare Helligkeit eines Sterns hängt von zwei Faktoren ab: Wie viel Licht er ausstrahlt (seiner Leuchtkraft) und wie weit er von uns entfernt ist. Die scheinbare Helligkeit und Entfernung naher Sterne können wir messen, und aufgrund unserer Ergebnisse errechnen wir ihre Leuchtkraft. Wenn wir umgekehrt die Leuchtkraft der Sterne in anderen Galaxien kennen würden, könnten wir durch Messung ihrer scheinbaren Helligkeit ihre Entfernung ermitteln. Hubble stellte fest, dass bestimmte Sternarten alle die gleiche Leuchtkraft besitzen, wenn sie nahe genug sind, um Messungen vorzunehmen. Wenn wir also solche Sterne in einer anderen Galaxie entdecken, können wir bei ihnen die gleiche Leuchtkraft voraussetzen und von ihr ausgehend die Entfernung der Galaxie errechnen. Wenn dies bei mehreren Sternen in der Galaxie möglich ist und unsere Berechnungen immer die gleiche Entfernung ergeben, kann unsere Schätzung als recht verlässlich gelten.

Auf diese Weise ermittelte Hubble die Entfernung von neun verschiedenen Galaxien. Wir wissen heute, dass unsere eigene Galaxie nur eine von einigen hundert Milliarden ist, die man mit Hilfe moderner Teleskope erkennen kann, und jede dieser Galaxien umfasst einige hundert Milliarden Sterne. Abbildung 11 zeigt einen Spiralnebel, der etwa dem Anblick entsprechen dürfte, den unsere Milchstraße dem Bewohner einer anderen Galaxie böte. Unsere eigene Galaxie hat einen Durchmesser von ungefähr hunderttausend Lichtjahren und dreht sich langsam um sich selbst; die Sterne in ihren Spiralarmen benötigen für eine Umkreisung des Mittelpunkts mehrere hundert Millionen Jahre. Unsere Sonne ist ein ganz gewöhnlicher gelber Stern durchschnittlicher Größe am inneren Rand einer der Spiralarme. Wir haben einen weiten Weg zurückgelegt seit

den Zeiten des Aristoteles und Ptolemäus, als wir die Erde noch für den Mittelpunkt des Universums hielten!

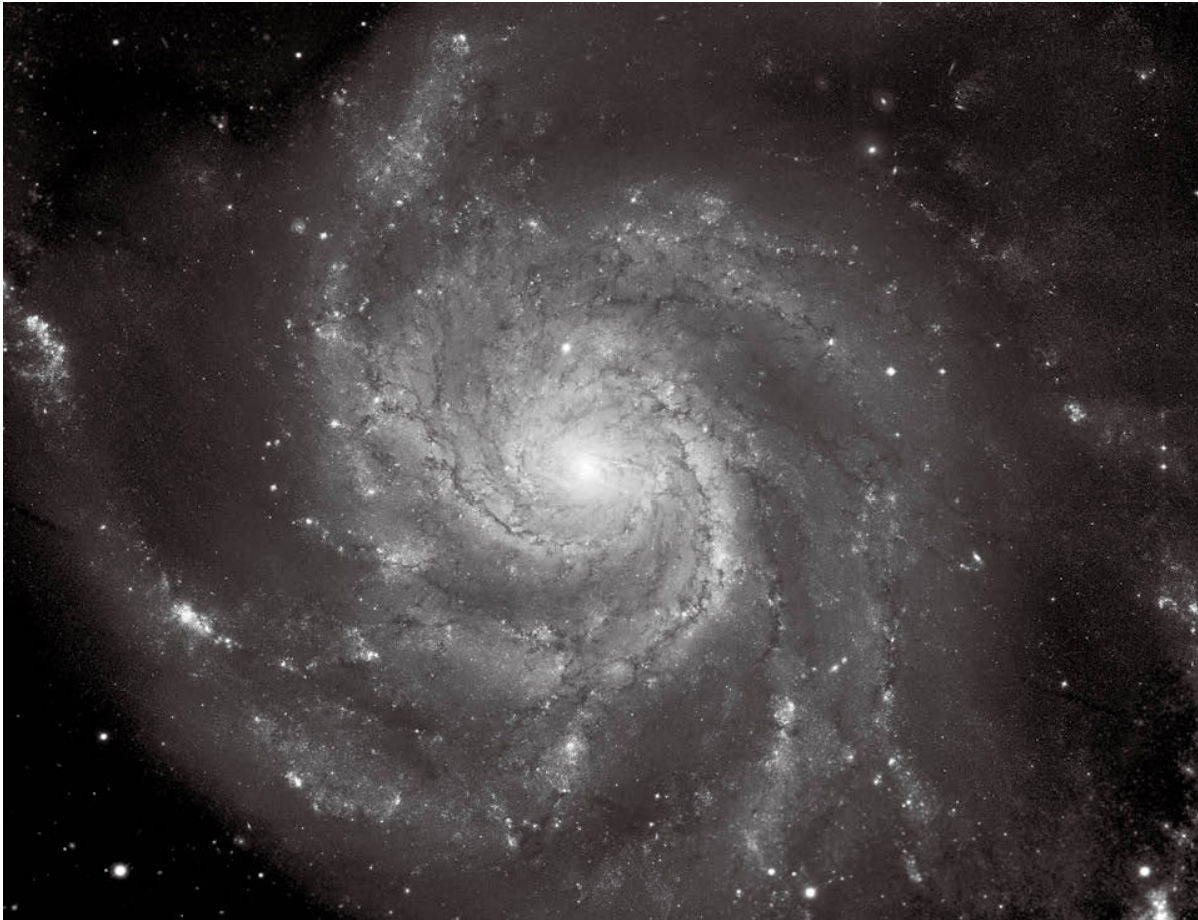


Abbildung 11

Sterne sind so weit entfernt, dass sie uns nur noch als Lichtpunkte erscheinen. Wir können weder ihre Größe noch ihre Form erkennen. Wie sollen wir da zwischen verschiedenen Sternarten unterscheiden? Die allermeisten Sterne haben nur eine charakteristische Eigenschaft, die wir beobachten können - die Farbe ihres Lichtes. Newton hat entdeckt, dass sich das Sonnenlicht durch ein Glasstück mit zwei oder mehr zueinander geneigten Flächen - ein sogenanntes Prisma - in die Farben des Regenbogens (sein Spektrum) zerlegen lässt, aus denen es sich zusammensetzt. Wenn man ein Teleskop auf einen einzelnen Stern oder eine Galaxie einstellt, kann man in ähnlicher Weise das Lichtspektrum dieses Sterns oder dieser Galaxie feststellen. Die Spektren von Sternen unterscheiden sich voneinander, aber die

relative Helligkeit der verschiedenen Farben entspricht immer genau derjenigen, die man im Licht eines glühenden Objektes erwarten würde. (Das Licht eines glühenden, undurchsichtigen Objektes hat ein charakteristisches Spektrum, das nur von seiner Temperatur abhängt – ein thermisches Spektrum. Das heißt, wir können aus dem Lichtspektrum eines Sterns auf seine Temperatur schließen.) Ferner ist zu beobachten, dass einige sehr spezifische Farben in den Spektren von Sternen fehlen und dass diese fehlenden Farben von Stern zu Stern variieren können. Da wir wissen, dass jedes chemische Element ganz bestimmte Farben absorbiert, können wir durch Vergleich dieser Farben mit denen, die im Spektrum eines Sterns fehlen, genau bestimmen, welche Elemente in seiner Atmosphäre vorhanden sind.

Als die Astronomen in den 1920er Jahren anfangen, die Spektren von Sternen in anderen Galaxien zu untersuchen, machten sie eine höchst seltsame Entdeckung: Es zeigten sich dieselben typischen fehlenden Farben wie bei den Sternen in unserer eigenen Galaxie, aber sie waren alle um den gleichen relativen Betrag zum roten Ende des Spektrums hin verschoben. Um die Bedeutung dieser Beobachtung zu verstehen, müssen wir zunächst wissen, was es mit dem Doppler-Effekt auf sich hat. Wie erwähnt, besteht das Licht aus Schwingungen oder Wellen des elektromagnetischen Feldes. Die Wellenlänge (Abstand von Wellenkamm zu Wellenkamm) ist beim Licht außerordentlich klein – sie liegt zwischen vier und sieben Zehnmillionstel Meter. Die unterschiedlichen Wellenlängen nimmt das menschliche Auge als verschiedene Farben wahr, wobei die längsten Wellenlängen am roten Ende des Spektrums und die kürzesten am blauen Ende auftreten. Stellen wir uns eine Lichtquelle vor – etwa einen Stern –, die sich in gleichbleibender Entfernung von uns befindet und Lichtwellen von gleichbleibender Wellenlänge aussendet. Natürlich wird dann die Länge der Wellen, die wir empfangen, gleich der Länge sein, mit der sie ausgestrahlt worden sind (das Gravitationsfeld der Galaxie ist nicht groß genug, um eine nennenswerte Wirkung auszuüben). Nehmen wir nun an, die Lichtquelle fange an, sich auf uns zuzubewegen. Wenn sie den nächsten Wellenkamm aussendet, ist sie uns bereits ein Stückchen nähergerückt, daher wird der Abstand zwischen den Wellenkämmen