

Überraschende erste Beobachtungen des James-Webb-Teleskops

Mitte Juli wurden die ersten Aufnahmen des James-Webb-Teleskops veröffentlicht, deren Qualität selbst die Fachleute ins Schwärmen brachte. Inzwischen liegen auch einige vorläufige Analysen dieser Daten vor. Vor allem die Eigenschaften extrem weit entfernter Galaxien bringen einige Überraschungen mit sich. Wie in der Kosmologie üblich, werden deren Entstehung und Entwicklung im Rahmen des Urknallmodells gedeutet. Die Präsenz sehr weit entfernter massiver Galaxien stellt aber gerade dieses Modell in Frage (MENCI et al. 2022).

Peter Trüb

Hohe Erwartungen an das neue Infrarot-Teleskop

Am Weihnachtstag 2021 startete eine Ariane-Rakete vom Raumfahrtzentrum Guayana mit dem James-Webb-Teleskop (JWST) an Bord. An diesem Infrarot-Teleskop, das als Nachfolger des sehr erfolgreichen Hubble-Space-Teleskops gilt, haben die amerikanische, die kanadische und die europäische Weltraumagentur (NASA, CSA, ESA) mehr als 25 Jahre lang gearbeitet. 15 Jahre Startverzögerung und Mehrkosten in Milliardenhöhe zeugen von einem schwierigen Projektverlauf. Deshalb waren alle Beteiligten erleichtert, dass der Start und der Transport zum 1,5 Millionen Kilometer von der Erde entfernten Zielort reibungslos verliefen. Nach Entfaltung und Ausrichtung des Teleskops sorgte im Juni 2022 ein unerwartet starker Einschlag eines Mikrometeoriten nochmals für Aufregung. Erfreulicherweise stellte sich heraus, dass der Schaden keine signifikante Einschränkung für die Leistung des Teleskops darstellt.

Das neue Teleskop ist in der Lage, Daten über bislang nicht beobachtbare Regionen des Kosmos zu liefern.

Mitte Juli wurden die ersten Aufnahmen des JWST der Öffentlichkeit vorgestellt. Mit diesen sowohl für Laien als auch für Experten beeindruckenden Bildern bewiesen die Wissenschaftler, dass das neue Teleskop in der Lage ist, Daten über bislang nicht beobachtbare Regionen des Kosmos zu liefern. Dazu gehören beispielsweise extrem weit entfernte Galaxien, die Atmosphären von Exoplaneten oder hinter Gas- und Staubwolken verborgene Sterne innerhalb der Milchstraße. Durch das Studium dieser Gebiete sucht man nach Antworten auf offene Fragen bezüglich der Entstehung von Planeten, Sternen, Galaxien und Schwarzen Löchern. Wenn die Mission wie geplant verläuft, soll das JWST mindestens bis 2031 in der Lage sein, diesen Fragen nachzugehen.

Einen Forschungsschwerpunkt des JWST bildet das Studium der am weitesten entfernten Galaxien. Da sich das Universum immer weiter ausdehnt, hat das Licht dieser Objekte eine größere Wellenlänge und ist rötlicher als bei nahe gelegenen Galaxien. Deshalb arbeitet das JWST im Gegensatz zum Hubble-Space-Teleskop nicht im Bereich des sichtbaren Lichts, sondern im Infrarotbereich, was von der Erde aus nur eingeschränkt möglich wäre. Mit Hilfe des Lichtspektrums einer Galaxie kann bestimmt werden, wie stark ihr Licht rotverschoben ist, und daraus lässt sich unter Voraussetzung eines kosmologischen Modells ihre Entfernung ableiten. Da das Licht eine endliche Geschwindigkeit hat, sehen wir nach dem Urknallmodell weit entfernte Galaxien in einem jungen Alter. Von den am weitesten entfernten Galaxien denkt man, dass wir sie in einem Zustand von nur einigen Hundert Millionen Jahren nach dem Urknall sehen. Um mehr über ihre Entstehung zu erfahren, sucht man nach immer weiter entfernten Galaxien.

Erste Studien zu weit entfernten Galaxien

Das erste veröffentlichte Bild des JWST gibt Hinweise auf die Frage, ob weit entfernte Galaxien anders aussehen als nahe gelegene. Abb. 1 zeigt den Galaxienhaufen SMACS 0723 vor im Hintergrund liegenden, noch weiter entfernten Galaxien. Um diese sichtbar zu machen, hat man den gezeigten Himmelsausschnitt während 12,5 Stunden belichtet. Bilder mit noch längeren Belichtungszeiten werden mit Sicherheit folgen. Doch bereits aus den ersten Bildern und Spektren ergaben sich interessante Erkenntnisse. Ein in der Zeitschrift *Nature* veröffentlichter Artikel nennt vier Einsichten, welche sich aus vorläufigen Untersuchungen ergeben (WITZE 2022). Diese Analysen wurden innerhalb lediglich zweier Wochen nach Veröffentlichung der Daten durchgeführt, wurden noch nicht begut-

achtet und müssen deshalb als sehr vorläufig betrachtet werden.

Einsicht 1: Eine Studie zur Leuchtkraft weit entfernter Galaxien bekräftigt frühere Resultate, die mit einer hohen Anzahl an Galaxien im frühen Universum gerechnet haben (DONNAN et al. 2022). Die Entdeckung einer Galaxie, die bereits 230 Millionen Jahre nach dem Urknall existiert haben soll (Rotverschiebung $z \approx 16.7$), ist laut Aussagen der Autoren konsistent mit dem kosmologischen Standardmodell.

Einsicht 2: Eine andere Untersuchung, welche nach möglichst weit entfernten Galaxien suchte, fand 88 Galaxien-Kandidaten in einem Rotverschiebungsfenster von $11 \leq z \leq 20$ (YAN et al. 2022). Würden sich die Kandidaten mit der höchsten Rotverschiebung bestätigen, hätten diese bereits 180 Millionen Jahre nach dem Urknall existiert. Die Autoren schreiben, dass weder die hohe Anzahl noch die hohe Rotverschiebung aufgrund der bisher favorisierten Vorhersagen erwartet worden sind.

Einsicht 3: Mehrere erste Analysen zeigen, dass frühe Galaxien deutlichere Strukturen aufweisen, als man dies aufgrund von Messungen mit dem Hubble-Space-Teleskop erwartet hatte. FERREIRA et al. (2022) entdeckten bei Rotverschiebungen $1.5 \leq z \leq 6$ zehn Mal mehr Spiralgalaxien als mit dem Hubble-Space-Teleskop. LABBE et al. (2022) berichten, dass in sehr weit entfernten Galaxien ($z \approx 10$) mehr als tausend Mal mehr Masse in Form von Sternen vorliegt als erwartet. Sie schließen, dass die Entstehung von Galaxien bereits „extrem früh“ begonnen haben muss. TRUMP et al. (2022) finden erstaunlich kleine Unterschiede im Sauerstoffgehalt junger ($z > 5$) und alter ($z \approx 2$) Galaxien. Ein Autor bemerkt, dass sich Astronomen neue Gedanken über die Schnelligkeit der Sternentstehung machen müssen.

Einsicht 4: Frühe Galaxien erscheinen in den neuen Messungen des JWST kleiner als in früheren Aufnahmen mit dem Hubble-Space-Teleskop (SUESS et al. 2022). Was unspektakulär klingt, zieht viele langgehegte Vorstellungen über das Wachstum von Galaxien in Zweifel. Beispielsweise könnten weit entfernte Galaxien nicht wesentlich kleiner sein als nahe gelegene Galaxien. Die Autoren schreiben, dass sich Galaxien weniger stark entwickelt haben als bisher angenommen.

Fazit

Insgesamt bestätigen die ersten Beobachtungen des James-Webb-Teleskops, dass es Unterschiede in den Eigenschaften zwischen nahen und weit entfernten Galaxien gibt. Allerdings sind diese weniger signifikant als erwartet und Galaxien müssten tendenziell früher entstanden sein.



Abb. 1 Das von Joe Biden enthüllte erste Bild des James-Webb-Teleskops zeigt den Galaxienhaufen SMACS 0723 in der Bildmitte (NASA, ESA, CSA, and STScI). Im Hintergrund sind viele extrem weit entfernte Galaxien mit ihrem rötlichen Licht zu sehen. Ihre Anzahl, Struktur und chemische Zusammensetzung haben viele Astronomen überrascht.

Einige Astronomen äußern sich so, dass die neuen Resultate in Frage stellen, wie gefestigt das aktuelle Verständnis der Entwicklung von Galaxien ist (SUESS et al. 2022). Eine andere Gruppe schreibt, dass einige Ergebnisse generell schwierig mit dem Urknallmodell vereinbar sind (MENCI et al. 2022).

Literatur

- DONNAN CT, MCLEOD DJ et al. (2022) The evolution of the galaxy UV luminosity function at redshifts $z \sim 8-15$ from deep JWST and ground-based near-infrared imaging. doi:10.48550/arXiv.2207.12356.
- FERREIRA L, ADAMS N et al. (2022) Panic! At the Disks: First Rest-frame Optical Observations of Galaxy Structure at $z > 3$ with JWST in the SMACS 0723 Field. arXiv. doi:10.48550/arXiv.2207.09428.
- LABBE I, VAN DOKKUM P et al. (2022) A very early onset of massive galaxy formation. arXiv. doi:10.48550/arXiv.2207.12446.
- MENCI N, CASTELLANO M et al. (2022) High-Redshift Galaxies from Early JWST Observations: Constraints on Dark Energy Models. arXiv. doi:10.48550/arXiv.2208.11471.
- SUESS KA, BEZANSON R et al. (2022) Rest-frame near-infrared sizes of galaxies at cosmic noon: objects in JWST's mirror are smaller than they appeared. arXiv. doi:10.48550/arXiv.2207.10655.
- TRUMP JR, HARO PA et al. (2022) The Physical Conditions of Emission-Line Galaxies at Cosmic Dawn from JWST/NIRSpec Spectroscopy in the SMACS 0723 Early Release Observations. arXiv. doi:10.48550/arXiv.2207.12388.
- WITZE A (2022) Four revelations from the Webb telescope about distant galaxies. *Nature* 608, 18–19. doi:10.1038/d41586-022-02056-5.
- YAN H, MA Z et al. (2022) First Batch of Candidate Galaxies at Redshifts 11 to 20 Revealed by the James Webb Space Telescope Early Release Observations. doi:10.48550/arXiv.2207.11558.