Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 66 (2008)
Heft: 345

Artikel: Weit entfernte Sterneninseln : das Geheimnis der Galaxien
Autor: Schweizer, Andreas
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-897809

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 18.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Weit entfernte Sterneninseln

Das Geheimnis der Galaxien

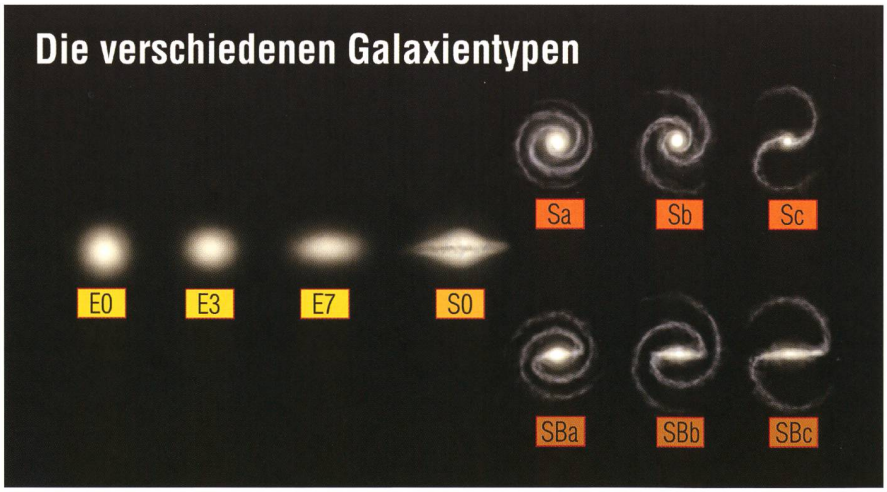
Von Andreas Schweizer

Galaxien gehören zu denjenigen Himmelsobjekten, die uns ihre Geheimnisse erst sehr spät preisgegeben haben. Noch vor weniger als 100 Jahren wusste man nicht über die wahre Beschaffenheit dieser nebelförmigen Objekte Bescheid.

Der berühmte französische Astronom Charles Messier hat in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts auf seiner Suche nach Kometen einen Katalog nebelartiger Himmelsobjekte zusammengestellt, der bis 1782 auf 107 Einträge angewachsen war. Die Teleskope seiner Zeit liessen eine detaillierte Auflösung der Objekte nicht zu; sein Katalog der Messier-Objekte half ihm deshalb, diese Objekte von den ebenfalls nebelförmig erscheinenden Kometen zu unterscheiden.
Neben Sternhaufen und planetarischen Nebeln enthält der Messier-Katalog auch 40 Galaxien. Die damaligen Gelehrten waren sich uneins über die Natur dieser elliptischen und spiralförmigen Nebel. Einige von ihnen waren der Meinung, dass es sich um Planetensysteme innerhalb unserer Milchstrasse handelt, die gerade am Entstehen sind, andere dachten, die Nebel wären riesige, weit entfernte Sterneninseln ähnlich unserer eigenen Milchstrasse. Die Theorie der Sterneninseln war damals bereits einige hundert Jahre alt; bereits Immanuel Kant hatte in seinem 1755 erschienenen Werk "Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels" die Auffassung vertreten, dass unsere Milchstrasse nur eine Galaxie unter vielen wäre.
Erst die Beobachtungen von Edwin Hubble zwischen 1922 und 1923 bewiesen, dass die Nebel viel zu weit entfernt waren, als dass sie in unserer eigenen Milchstrasse liegen könnten. Er hat dazu als Erster die Distanz zur Andromedagalaxie bestimmt, die mit etwa 2.5 Millionen Lichtjahren ungefähr 25-mal grösser ist als der Durchmesser der Milchstrasse. Hubble veröffentlichte seine Erkenntnisse am ersten Januar 1925 und prägte damit entscheidend unser heutiges Bild vom Universum.

Klassifikation von Galaxien

Hubble beschäftigte sich auch in den darauffolgenden Jahren mit Galaxien. 1926 veröffentlichte er ein Klassifikationsschema, das die Galaxien nach ihrer Form in vier Hauptgruppen einteilt. Unter den beobachteten Galaxien bilden die Spiralgalaxien die grösste Gruppe, gefolgt von den elliptischen und den Balkenspiralgalaxien. Die Gruppe der irregulären Galaxien stellt die wenigsten Vertreter, nicht, weil sie so viel seltener sind als die anderen Galaxientypen, sondern weil sie typischerweise viel kleiner und lichtschwächer sind als andere. In unserer Umgebung sind sie sogar häufiger, aber in grösserer Entfernung sind sie wegen ihrer geringeren Leuchtkraft schwerer zu entdecken als elliptische oder Spiralgalaxien.
Die Hauptgruppen sind mit S (Spiralgalaxien), E (elliptische Galaxien), SB (Balkenspiralgalaxien) und Irr (irreguläre Galaxien) bezeichnet und ihrerseits in Untergruppen unterteilt. Elliptische Galaxien reichen von E0 (kugelförmig) bis E7 (sehr elliptisch), Spiralgalaxien von Sa (enge Spiralarme) bis Sc (offene Spiralarme) und Balkenspiralen von SBa (wenig ausgeprägter Balken, enge Spiralarme) bis SBc (deutlich ausgeprägter Balken, offene Spiralarme). Abbildung 1 zeigt die berühmte «Stimmgabel» der verschiedenen Galaxientypen. Zur feineren Unterteilung der Untergruppen können auch zwei Kleinbuchstaben angegeben werden; SBab bezeichnet beispielsweise eine Balkenspiralgalaxie zwischen Typ SBa und SBb. Zwischen den elliptischen und spiralförmigen liegen die linsenförmigen Galaxien. Sie tragen die Bezeichnung S0 und sind scheibenförmig, aber haben keine Spiralarme. Hubbles ursprüngliches Schema wurde später um einige weitere Galaxientypen erweitert. Die wichtigsten davon sind die Zwerggalaxien (dE, dSph und dIrr) und die Riesengalaxien (cD).
Die Sterne in elliptischen Galaxien sind typischerweise sehr alt und metallarm und geben diesen Galaxien eine rötliche Farbe. Sie enthalten im Gegensatz zu den Spiralgalaxien kaum Gas und Staub, aus denen neue Sterne entstehen könnten.



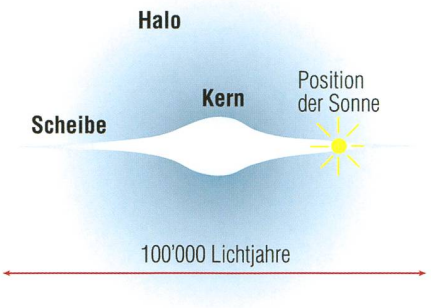
Figur 1: Das Hubble-Klassifikationsschema der Galaxien, die berühmte «Stimmgabel», beginnt links mit den elliptischen Galaxien und verzweigt sich in die Spiral- (rechts oben) und Balkenspiralgalaxien (rechts unten).

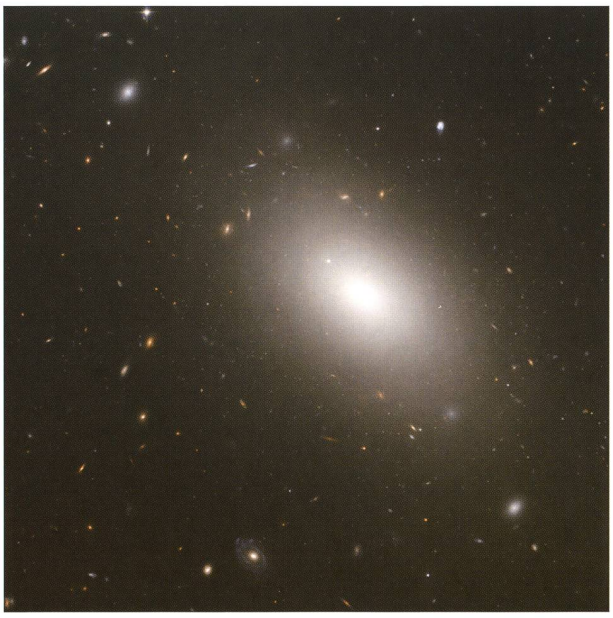
Figur 2: Die Spiralgalaxie NGC 3370 enthält viele junge, metallreiche Sterne, welche die Galaxie bläulich erscheinen lassen. (Bild: NASA)

Spiralgalaxien erscheinen wegen der oft jüngeren, metallreicheren Sterne eher bläulich und weisen insbesondere in den Spiralarmen eine erhöhte Sternentstehungsrate auf. Zur Mitte hin sind sie gewölbt, wie wenn eine kleinere, elliptische Galaxie im Zentrum stehen würde. Die Wölbung selbst enthält wesentlich weniger Gas und Staub als die Scheibe und erscheint darum rötlicher (siehe Abb. 2 und 3)
Typische Durchmesser von Galaxien liegen zwischen etwa 15'000 Lichtjahren für eine kleine und etwa 150'000 Lichtjahren für eine grosse Spiralgalaxie. Elliptische Galaxien liegen oft ebenfalls in diesem Bereich, können aber auch bis zu 5x kleiner oder grösser sein. Irreguläre Galaxien dagegen sind mit typischerweise 3'000 bis 15'000 Lichtjahren Durchmesser eher kleiner. Die durchschnittlichen Distanzen benachbarter Galaxien sind nur etwa 10-mal grösser als ihre Durchmesser, deshalb können Galaxien durchaus auch miteinander kollidieren und manchmal sogar verschmelzen. Dabei kommt es allerdings kaum je zu Kollisionen der einzelnen Sterne – diese sind im Modell ungefähr so weit voneinander entfernt wie Kirschen in den Hauptstätten Europas. Kollisionen sind oft der Auslöser für eine starke Zunahme der Sternentstehungsrate. Galaxien mit einer überdurchschnittlich hohen Sternentstehungsrate werden im Englischen «Starburst-Galaxien» genannt.

Die Milchstrasse

Unsere eigene Galaxie, die Milchstrasse, ist eine verhältnismässig grosse Balkenspiralgalaxie vom Typ SBbc. Sie enthält etwa 300 Milliarden einzelne Sterne, von denen die ältesten über 13 Milliarden Jahre alt sind. Die Abbildung rechts zeigt einen schematischen Querschnitt durch die Milchstrasse.
Im Zentrum der etwa 1'000 Lichtjahre dünnen Scheibe mit einem Durchmesser von etwa 100'000 Lichtjahren liegt ein Kern, wo die Sterne sehr nahe beisammen sind. Im Zentrum des Kerns befindet sich Sagittarius A* (ausgesprochen "Sagittarius A-Stern"), einer von drei Teilen der Radioquelle Sagittarius A. Die Astronomen gehen davon aus, dass Sagittarius A* in Zusammenhang mit einem knapp 4 Millionen Sonnenmassen schweren supermassiven Schwarzen Loch steht.
Am Nachthimmel liegt das galaktische Zentrum zwischen den drei Sternbildern Schütze, Skorpion und Schlangenträger.
Die Sonne umkreist das galaktische Zentrum in einem Abstand von etwa 26'000 Lichtjahren und braucht dazu 220 Millionen Jahre. Seit ihrer Geburt hat die Sonne das Zentrum demzufolge bereits fast 20 Mal umlaufen.
Im Halo unserer Galaxie befinden sich die Kugelsternhaufen wie M3 und M 13, während offene Sternhaufen wie M 35 und M 47 aus den Sternen der Scheibe gebildet werden. Dies erklärt, warum offene Sternhaufen vor allem im Band der Milchstrasse vorkommen. Kugelsternhaufen dagegen sind am ganzen Himmel verteilt, treten aber vermehrt in der Halbkugel in Richtung des galaktischen Zentrums auf, die von uns aus im Sommer beobachtet werden kann.





Figur 3: Eine Hubble-Aufnahme der elliptischen Galaxie NGC 1132. Die Helligkeit ist aufs Zentrum konzentriert und nimmt nach aussen ab. (Bild: NASA)

Galaxienhaufen

Galaxien kommen meist in Gruppen vor. Die Milchstrasse gehört zusammen mit etwa 40 weiteren Vertretern zur lokalen Gruppe. Die grösste und prominenteste Galaxie der lokalen Gruppe ist M31, die Andromeda-Galaxie, eine Spiralgalaxie vom Typ Sb, gefolgt von der Milchstrasse und der Galaxie M33 im Sternbild Dreieck. Auch die grosse und kleine Magellansche Wolke, die am Südsternhimmel von Auge beobachtet werden können, gehören zur lokalen Gruppe.

Die übrigen Galaxien in der lokalen Gruppe sind vor allem irreguläre und sphärische Zwerggalaxien (dIrr, dSph). Galaxiengruppen wie die lokale Gruppe enthalten typischerweise weniger als 50 Galaxien in einem Gebiet mit einem Durchmesser von einigen Millionen Lichtjahren. Sie werden weiter zusammengefasst zu Galaxienhaufen, die aus zwischen 50 und 1'000 Galaxien bestehen, wobei der Übergang zwischen Gruppen und Haufen fliessend ist. Bekannte Galaxienhaufen sind der etwa 50 Millionen Lichtjahre entfernte Virgo-Haufen im Sternbild Jungfrau und der etwa 300 Millionen Lichtjahre entfernte Coma-Haufen im Sternbild Haar der Berenike, beides beliebte Motive für Astrofotografen.

Figur 4: Hubble Deep Field

Figur 5: Hubble Ultra Deep Field

Galaxiengruppen und -haufen ihrerseits bilden zum Teil galaktische Superhaufen. So sind der Coma-Haufen und der Leo-Haufen die zwei grössten Haufen im Coma-Superhaufen. Unsere eigene Galaxie gehört zusammen mit dem Virgo-Haufen zum Virgo-Superhaufen. Die Gesamtzahl der Superhaufen im Universum wird auf etwa 10 Millionen geschätzt.

Ein Blick in die Vergangenheit

Im Dezember 1995 hat das Hubble-Teleskop während 10 Tagen einen etwa 2 Bogenminuten kleinen Ausschnitt des Himmels im Sternbild Grosser Wagen fotografiert. Der Mond hat im Vergleich dazu einen Durchmesser von etwa 30 Bogenminuten. Der Bildausschnitt wurde bewusst so gewählt, dass möglichst wenige Sterne der Milchstrasse darin enthalten sind. Mit einem kleinen Teleskop erscheint er deshalb leer.

Entstanden ist eine Aufnahme aus 342 Einzelbildern, das Hubble Deep Field (Abb. 4). Neben einer Handvoll schwacher Einzelsterne sind über 3'000 Galaxien erkennbar. Viele der Galaxien weisen eine starke Rotverschiebung auf, was auf eine grosse Entfernung hindeutet. Das Licht der zum Teil 12 Milliarden Lichtjahren entfernten Galaxien war also 12 Milliarden Jahre unterwegs, bevor es bei uns angelangt ist. Das Hubble Deep Field kann deshalb als Blick in die Frühzeit unseres Universums angesehen werden, das nach neusten Erkenntnissen vor ungefähr 13.7 Milliarden Jahren aus dem Urknall entstanden ist.

Zwischen September 2003 und Januar 2004 wurde mit dem Hubble-Teleskop erneut ein tiefer Blick in die Vergangenheit unternommen. Das Hubble Ultra Deep Field (Abb. 5) enthält in einem ähnlich grossen Bildasschnitt wie das Hubble Deep Field etwa 10'000 Galaxien, die zum Teil vor über 13 Milliarden Jahren entstanden sind. Mit zunehmender Distanz sind vor allem irreguläre Galaxien überdurchschnittlich häufig vertreten, was auf eine höhere Sternentstehungsrate in der Frühzeit des Universums hindeutet.

Andreas Schweizer
Bächlerstr. 19
8046 Zürich

ADS

Das ADS (Astrophysics Data System) ist eine digitale Bibliothek, die vom Smithsonian Astrophysical Observatory, kurz (SAO) und der NASA betrieben werden. Für den Eigengebrauch dürfen die Artikel dieser Bibliothek kostenlos vom Internet heruntergeladen werden.
Der Artikel von Hubble über sein Klassifikationsschema ist beispielsweise 1926 von Seite 321 bis 369 in der 64. Ausgabe des Astrophysical Journal (ApJ) erschienen. Er kann über den Link http://adsabs.harvard.edu/abs/1926ApJ....64..321H in Englisch vom ADS heruntergeladen werden. Nach der Eingabe des Links in einem Web Browser wird eine Zusammenfassung des Artikels angezeigt. Über die Taste «Send PDF» wird der ganze Artikel als PDF-Datei aufbereitet und angezeigt.

Bibliographie

- Linda S. Sparke und John S. Gallagher: "Galaxies in the Universe: An Introduction", Cambridge University Press, 2000. (Englisch)
- Kaler, James B. Sterne und ihre Spektren. Spektrum akad. Verlag, 1994 (vergriffen, antiquarisch noch erhältlich)
- Edwin Hubble: "Extra-Galactic Nebulae", Astrophysical Journal 64, S. 321-369, 1926. (Englisch)