Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft

Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft

Band: 72 (2014)

Heft: 382

Artikel: Galaxienforschung : ein Rätsel beschäftigt die Wissenschaft : wie wachsen "tote" Galaxien?

Autor: Tacchella, Sandro

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-897418

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: 10.12.2025

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

Galaxienforschung: Ein Rätsel beschäftigt die Wissenschaft

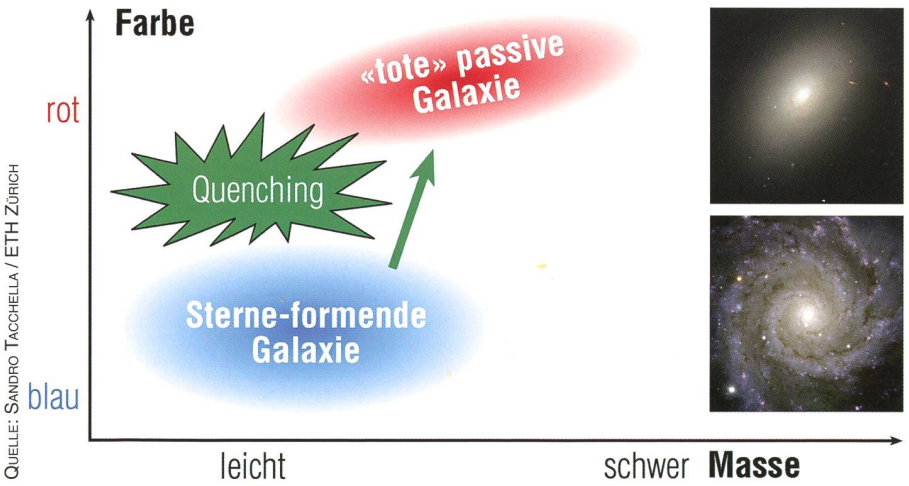
Wie wachsen «tote» Galaxien?

Von Sandro Tacchella

In den letzten fünf Jahren ist es dank grossflächiger Himmelsuntersuchungen möglich geworden, die Entwicklung von Galaxien zu beobachten und zu beschreiben, indem man Galaxien verschiedenen Alters untersucht. Wenn man die Grösse von «toten» Galaxien 10 Milliarden Jahre in der Vergangenheit mit denen von heute vergleicht, stellt man fest, dass diese einen Faktor ~4 gewachsen sind, obwohl in ihnen keine neuen Sterne mehr entstanden sind. Wie ist das möglich?

Da Licht sich mit einer endlichen Geschwindigkeit (3×10^8 Meter pro Sekunde) ausbreitet, sehen wir entfernte Objekte immer in der Vergangenheit. Zum Beispiel ist die Sonne ca. 8 Lichtminuten von uns entfernt, d. h., dass wir die Sonne so sehen, wie sie vor 8 Minuten ausgesehen hat. Unsere Nachbarsgalaxie «Andromeda» liegt 2.5 Millionen Lichtjahre von uns entfernt, wir schauen also 2.5 Millionen Jahre in die Vergangenheit. Im Vergleich mit dem Alter des Universums (13.7 Milliarden Jahre), sind diese 2.5 Millionen Jahre natürlich eine sehr kurze Zeitdauer. Wir können heute relativ gut Galaxien mit einer Rotverschiebung $z = 2$ (10 Milliarden Jahre in der Vergangenheit) beobachten, und es wurden sogar Kandidaten mit einer Rotverschiebung $z \sim 10$ gemessen (siehe Orion 2/13).

Man kann sich nun denken, dass wir mit grossen Teleskopen relativ einfach die Evolution der Galaxien studieren können: Einfach Aufnahmen von weit entfernten Galaxien machen und mit den heutigen vergleichen. Weit gefehlt! Das Ganze ist leider (oder zum Glück für junge Forschende) etwas komplizierter. Es gibt zwei Hauptprobleme. Erstens, angenommen wir beobachten eine Galaxie in grosser Entfernung, also weit in der Vergangenheit, wie können wir wissen, zu welcher heutigen Galaxie diese sich entwickeln wird? Es gibt ja Milliarden Galaxien heute und auch in der Vergangenheit. Zweitens, Beobachtungen bei hoher Rotverschiebung ($z > 1$) sind schwierig: Viele der lichtschwachen Galaxien in unserer Umgebung könnten wir bei hoher Rotverschiebung gar nicht detektieren (sog. Malmquist Bias).



Quelle: Sandro Tacchella / ETH Zürich

Abbildung 1: Vereinfachtes Schema zur Entwicklung von Galaxien in einem Farbe-Masse-Diagramm. Sprialgalaxien erscheinen hauptsächlich blau, da sie viele junge, massive Sterne machen, die viel Licht im UV emittieren. Durch ein einschneidendes Ereignis wird die Sternentstehung in der Galaxie gestoppt, und die Galaxie wird mit der Zeit immer röter (dieser Prozess nennt man «Quenching» und kann bis zu einer Milliarde Jahre dauern). Die meisten roten, «toten» Galaxien sind elliptisch.

Eine riesige Datenmenge

Dank besseren Instrumenten am Hubble Weltraumteleskop oder dem Very Large Telescope in Chile ist es in den letzten Jahren gelungen, eine grosse Anzahl von Galaxien mit hoher Rotverschiebung zu finden und zu untersuchen. COSMOS – Cosmological Evolution Survey – ist ein Survey, welches eine Fläche von 1.4° x 1.4° am Himmel untersucht (http://www.astro.ethz.ch/research/Projects/COSMOS). Dabei wurde dieses Stück Himmel mit vielen verschiedenen Teleskopen fotografiert (Hubble, Spitzer, GALEX, XMM, Chandra, Subaru, VLA, UKIRT, CFHT, ...), um Galaxien in allen Wellenlängen (Radio, Infrarot, Optisch, UV und Röntgen) beobachten zu können. Es wurden über 2 Millionen Galaxien detektiert, verteilt über gut 75% des Alters des Universums. Involviert sind über 100 Forscher von über einem Dutzend astronomischen Instituten, darunter auch das Institut für Astronomie der ETH Zürich mit Prof. Simon Lilly und Prof. Marcella Carollo. Mit diesen und auch anderen Datensätzen ist es möglich, statistisch fundierte Aussagen über die Galaxien in der Vergangenheit zu machen.

Ein neuer Lösungsansatz

Betrachten wir die lokalen Galaxien, so finden wir zwei Populationen: Die aktiven, Stern-formenden Galaxien (diese erscheinen blau, da sie viele massive, kurzlebige Sterne haben, die viel Licht im blauen und

UV-Bereich emittieren) und passive, tote Galaxien (erscheinen rot, da alle blauen Sterne verschwunden sind und sie keine neuen mehr produzieren). Wenn man nun die Struktur der Galaxien anschaut, stellt man fest, dass die meisten Stern-formenden Galaxien Spiralgalaxien und die passiven elliptische Galaxien sind (siehe Abb. 1).

Wenn man nun die Population von Galaxien bei Rotverschiebung z~1 untersucht, stellt man fest, dass es viel mehr Stern-formende Galaxien gegeben hat. Das hat hauptsächlich damit zu tun, dass viel mehr kaltes Gas innerhalb dieser Galaxien vorhanden war, welches der Treibstoff für die Sternentstehung bildet. Im Allgemeinen nimmt man an, dass der Stern-formende Zustand der «normale» Zustand einer Galaxie ist, und erst ein einschneidendes Ereignis (wie der Zusammenprall mit einer anderen Galaxie) die Sternentstehung in der Galaxie stoppt («Quenching»; Abb. 1). Die Galaxie wird anschliessend keine Sterne mehr formen, sondern für immer «tot» sein und dies nach aktuellem Erkenntnisstand auch bleiben.

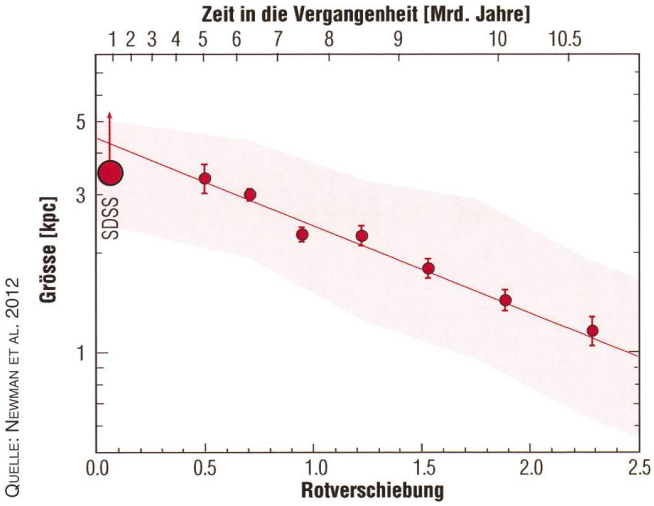
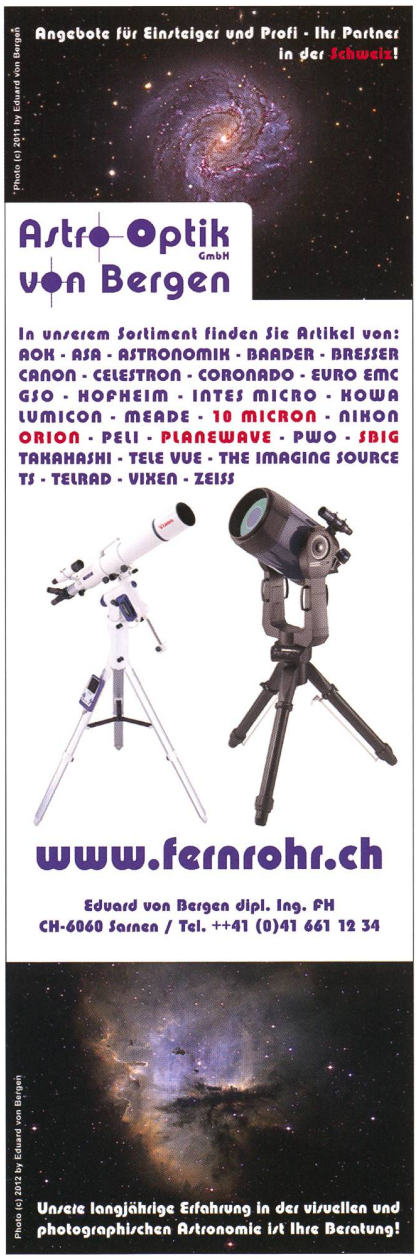


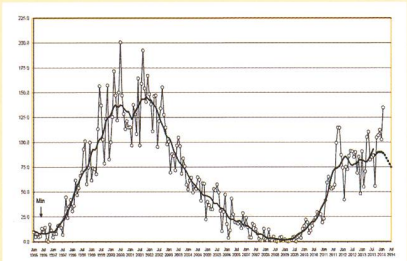
Abbildung 2: Das Wachstum der passiven, toten Galaxien mit kosmischer Zeit. Rechts ist Vergangenheit, links Gegenwart. Von Rotverschiebung z = 2 (ca. 10 Milliarden Jahre in der Vergangenheit) bis heute (Rotverschiebung z=0) wachsen diese Galaxien um einen Faktor 4.

Man hat bereits vor geraumer Zeit herausgefunden, dass die passiven, toten Galaxien vor 10 Milliarden Jahren viel kleiner (ca. einen Faktor 4) und kompakter als die heutigen sind (siehe Abb. 2). Die Frage ist also: Wie und warum wachsen diese toten Galaxien? Die herkömmliche Meinung ist (z. B. Newman et al. 2012), dass ein physikalischer Prozess diese passiven Galaxien vergrössert bzw. aufbläht, weil diese Galaxien selber ja keine neuen Sterne mehr formen. Ein möglicher solcher Prozess ist das Zusammenprallen mit mehreren kleineren Galaxien («merging»), welche Masse in den Aussenbereichen dieser Galaxien ablagern. In einer jüngst veröffentlichten Arbeit haben Prof. Carollo und Mitarbeiter (Carollo et al. 2013) der ETH Zürich einen neuen Lösungsansatz vorgestellt: Nicht jede passive Galaxie wächst einzeln, sondern nur der Durchschnitt der ganzen Population! Die Arbeit beruht auf einer Analyse von



Swiss Wolf Numbers 2014

Marcel Bissegger, Gasse 52, CH-2553 Safnern



Beobachtete, ausgeglichene und prognostizierte Monatsmittel der Wolfschen Sonnenfleckenrelativzahl

Januar 2014 — **Mittel: 99.8**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
112	119	153	134	116	126	114	98	93	131
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
166	122	–	106	73	–	68	71	108	–
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
–	183	97	85	105	49	67	69	78	64	82

Februar 2014 — **Mittel: 133.1**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
87	112	157	153	193	143	137	163	138	125
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
144	142	128	110	95	93	109	116	72	124
21	22	23	24	25	26	27	28
133	111	143	136	163	204	204	144

1/2014 Name	Instrument	Beob.
Barnes H.	Refr 76	14
Bissegger M.	Refr 100	1
F. Dubler	Refr 115	1
Friedli T.	Refr 40	5
Friedli T.	Refr 80	5
Früh M.	Refl 300	2
Möller M.	Refr 80	13
Mutti M.	Refr 80	8
Niklaus K.	Refr 126	5
Schenker J.	Refr 120	2
Suter E.	Refr 70	4
Tarnutzer A.	Refl 203	8
Weiss P.	Refr 82	14
Willi X.	Refl 200	2
Zutter U.	Refr 90	12

2/2014 Name	Instrument	Beob.
Barnes H.	Refr 76	8
Bissegger M.	Refr 100	4
Friedli T.	Refr 40	4
Friedli T.	Refr 80	4
Früh M.	Refl 300	9
Menet M.	Refr 102	1
Möller M.	Refr 80	23
Mutti M.	Refr 80	9
Schenker J.	Refr 120	4
Suter E.	Refr 70	4
Tarnutzer A.	Refl 203	10
Trefzger C.	Refr 150	1
Weiss P.	Refr 82	11
Willi X.	Refl 200	4
Zutter U.	Refr 90	14

~100'000 Galaxien im COSMOS-Feld mit einer Rotverschiebung zwischen 0.2 und 1.0. Man hat Galaxien mit einer Masse zwischen $10^{10.5}$ und 10^{11} Sonnenmassen herausgesucht, und deren Grössen gemessen. Man hat dann die Anzahl dieser Galaxien mit verschiedenen Grössen pro Volumen berechnet (siehe Abb. 3). Man sieht, dass die Anzahl der kleinen, passiven Galaxien (< 2.5 kpc) pro Volumen sich kaum ändert mit der Zeit (von z=1 bis z=0.2), aber die Anzahl der grossen Galaxien sich verdreifacht. Wenn man nun den Durchschnitt der Population als Funktion der Zeit berechnet, sieht man, dass dieser natürlich zunimmt, aber nicht weil einzelne kleinere Galaxien wachsen, sondern weil neue, grössere dazu kommen.

Woher kommen diese neuen, passiven Galaxien? Wenn man die Rate dieser neuen Galaxien berechnet, erhält man die gleiche Rate, wie die für das Quenching, also der Umwandlung von Sterne-formende in passive Galaxien. Galaxien, die später aufhören Sterne zu bilden und dann passiv werden, sind natürlich grösser (da sie länger und damit mehr Sterne produziert haben) als die durchschnittliche Population der passiven Galaxien, die ja bereits früher aufgehört hat, Sterne zu formen. Das heisst, dass das Wachstum der toten Galaxien durch das Hinzustossen von grösseren Galaxien erklärt werden kann, welche gerade erst «gestorben» sind. Der ultimative Test für dieses Szenario ist der sogenannte Alterstest: Man erwartet, dass die kleinsten, kompaktesten Galaxien auch die ältesten sind. An einem solchen Test wird momentan gearbeitet...

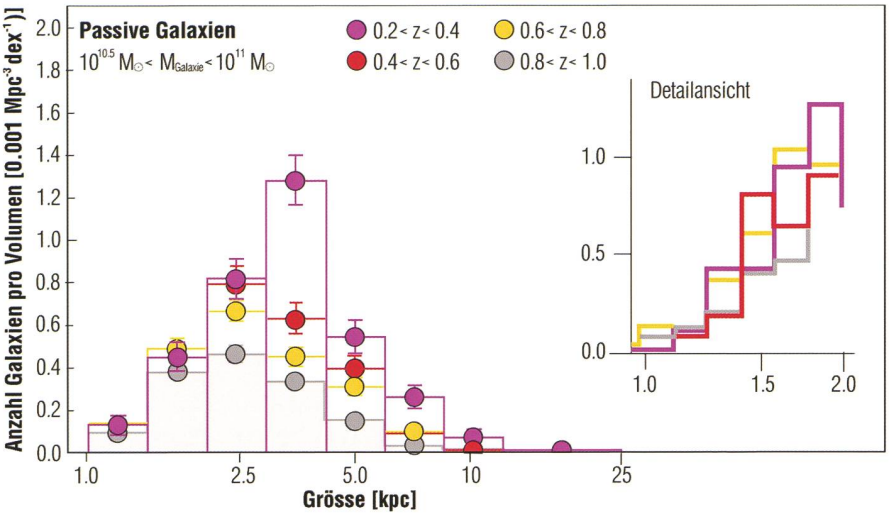


Abbildung 3: Das Histogramm zeigt für verschiedene Grössen, wie viele solche passive Galaxien (mit Massen zwischen $10^{10.5}$ und 10^{11} Sonnenmassen) pro Volumen bei einer gewissen Rotverschiebung vorhanden sind. Die Rotverschiebung ist mit Farben gekennzeichnet. Man sieht, dass die Anzahl der kleinen Galaxien (< 2.5 kpc) pro Volumen konstant bleibt, aber die Anzahl der grossen (> 2.5 kpc) Galaxien sich verdreifacht. Daher wächst die durchschnittliche Grösse der passiven Galaxien mit der Zeit an.

Quellen

- Newman et al. 2012 ApJ 746, 162: http://adsabs.harvard.edu/abs/2012ApJ...746..162N
- Carollo et al. 2013 ApJ 773, 112: http://adsabs.harvard.edu/abs/2013ApJ...773..112C

Sandro Tacchella
Trottenstrasse 72
CH-8037 Zürich

Petition: «Zur Erhaltung der Nacht im Alpenraum»

DARK SKY SWITZERLAND
http://www.darksky.ch/

Dark-Sky Switzerland ist ernsthaft besorgt über die wiederholte Beleuchtung in den Alpen für touristische und spektakuläre Zwecke. Diese gefährdet die Umwelt über elektromagnetische Strahlung durch Licht, mitunter ganze Naturschutzgebiete. Aus diesem Grund lanciert Dark-Sky Switzerland eine Petition an die Schweizer Regierung, vertreten durch die Bundesrätin Doris Leuthard, damit diese Lichter endlich geregelt werden. Diese Petition steht allen zur Unterschrift offen. Helfen Sie uns, die Natur in den Alpen zu schützen! Verhindern wir gemeinsam die Zerstörung von Lebensräumen. Die Petition wird von verschiedenen Institutionen unterstützt, darunter die Schweizerische Astronomische Gesellschaft SAG, die International Dark-Sky Association, Cielobuio, die Società Astronomica Ticinese und Mountain Wilderness. (Dark-Sky Switzerland)

Abbildung 1: Kein Alpenglühen, sondern Kunstlicht!

Bild: Keystone / Dark Sky Switzerland