Erste wissenschaftliche Erkenntnisse unseres letzten Besuchs am Keck-Teleskop : die "röteste" Galaxie

Autor(en): **Tacchella, Sandro**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **71 (2013)**

Heft 379

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-897665

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Erste wissenschaftliche Erkenntnisse unseres letzten Besuchs am Keck-Teleskop

Die «röteste» Galaxie

Von Sandro Tacchella

In Orion 2/13 habe ich in einem Erfahrungsbericht erläutert, wie die Beobachtungen am Keck Teleskop liefen. Zusammen mit Prof. Carollo, Dr. Capak und Herrn Faisst war ich für drei Nächte am zweitgrössten Spiegel-Teleskop der Welt, dem Keck Teleskop, welches sich auf Hawaii befindet. Wir hatten Spektren von den weit entferntesten Galaxien aufgenommen. In diesem Artikel werde ich einen Teil der ersten Erkenntnisse aus den neuen Daten beschreiben, welche wir vor kurzem veröffentlicht haben.

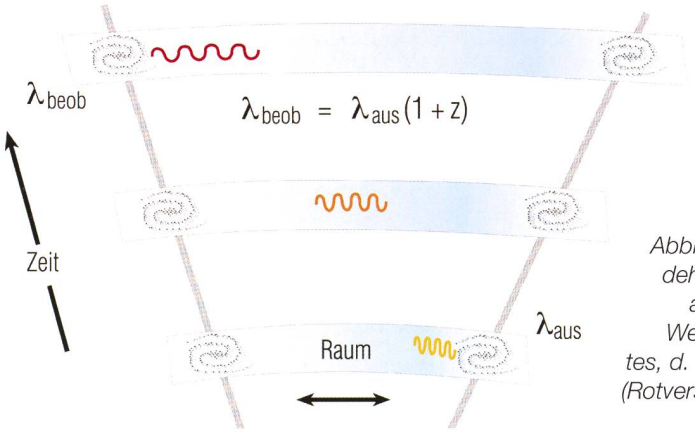


Abbildung 1: Der Raum dehnt sich mit der Zeit aus und mit ihm die Wellenlänge des Lichtes, d. h., es wird rötlicher (Rotverschiebung). (Grafik: Sandro Tacchella)

Sandro Tacchella: Astronomie verstärkt öffentlich promoten

O-Ton

«Ein Dachverband, der sehr im Hintergrund ist, Konflikte zwischen Sektionen und SAG, viele Konzepte ohne grosse Resultate und der Versuch, einen neuen Weg zu gehen, sind meine vier Assoziationen, wenn ich an die SAG denke. Zu ihrem Jubiläum wünsche ich der SAG viel Kraft und Erfolg bei der Umsetzung der neuen Ziele.
Zudem hoffe ich, dass der Vorstand gut und produktiv zusammenarbeitet. Die SAG sollte vermehrt konkrete Produkte statt Konzepte liefern. Sicher sind Konzepte für die Planung wichtig, aber die Umsetzung und die Resultate sind es, was die Sektionen sehen bzw. von denen sie profitieren wollen.
Die SAG müsste als Dachverband den Austausch unter den Sektionen fördern und die Astronomie verstärkt in der Öffentlichkeit promoten, sei dies über mehr und gezielte Medienarbeit oder durch einen engeren Austausch mit der Schweizerischen Gesellschaft für Astrophysik und Astronomie (SGAA, Fachgesellschaft von professionellen Astronomen und Astrophysikern). Warum nicht einmal einen gemeinsamen Anlass wie ein Koloqium oder einen «Tag der Astronomie» organisieren?

Aufgrund kosmologischer Simulationen auf immer schneller werdenden Computern und neuen Beobachtungen gab es in den letzten 20 Jahren enorme Fortschritte im Bereich der Astrophysik. Die neuen Beobachtungen wurden zum einen durch die Entwicklung von hoch sensitiven Infrarot Detektoren, zum anderen durch Weltraumteleskope (wie z. B. das Hubble Teleskop) ermöglicht. Das kosmologische Weltbild, welches sich hauptsächlich aus baryonischer Materie, Dunkler Materie und Dunkler Energie zusammensetzt, wurde durch eine grosse Anzahl unabhängiger Tests bestätigt. Der Urknall fand vor 13.7 Milliarden Jahren statt und seither dehnt sich das Universum aus. Als sich das Licht von der Materie entkoppelte (ca. 300'000 Jahre nach dem Urknall), entstand die kosmologische Hintergrundstrahlung, welche sich aufgrund der Ausdehnung des Universums heute im Mikrowellenbereich beobachten lässt. Da sich das Universum immer weiter abkühlte, wurde es ca. 300'000 Jahre nach dem Urknall neutral, das heisst, es gab (fast) keine freien Ionen und Elektronen mehr, sondern nur noch Atome (hauptsächlich Wasserstoff = ein Proton mit einem Elektron). Die Dunkle Materie bildete zuerst Strukturen, sogenannte Halos, in welche später der Wasserstoff (und auch Helium) aufgrund der Gravitationskraft «floss», aus welchen sich dann die ersten Sterne und Galaxien bildeten (ca. 300 Mio. Jahre nach dem Urknall). Messungen der Hintergrundstrahlung und Spektren von Quasaren haben ergeben, dass das Universum zwischen 150 Mio. und 1 Milliarde Jahre nach dem Urknall wieder ionisiert wurde. Den genauen Zeitpunkt sowie die Quelle der Strahlung, die diese Re-Ionisierung verursachte, sind bis heute unbekannt. Vermutet wird, dass es die ersten Galaxien waren, jedoch hat man diese noch nicht beobachtet.

Die kosmologische Rotverschiebung

Um diese ersten Galaxien zu finden, kann man sich zu Nutze machen, dass Licht sich mit einer endlichen Geschwindigkeit ausdehnt. Ein Lichtstrahl benötigt von der Sonne zur Erde 8 Minuten, von unserer Nachbargalaxie (Andromedagalaxie M 31) 2.5 Millionen Jahre. Das heisst, dass wir diese Objekte jeweils in der Vergangenheit sehen. Ein weiterer Effekt tritt bei noch grösseren Entfernungen auf, die sogenannte kosmologische Rotverschiebung.

Die Lichtwellen werden durch die Expansion des Universums eben-

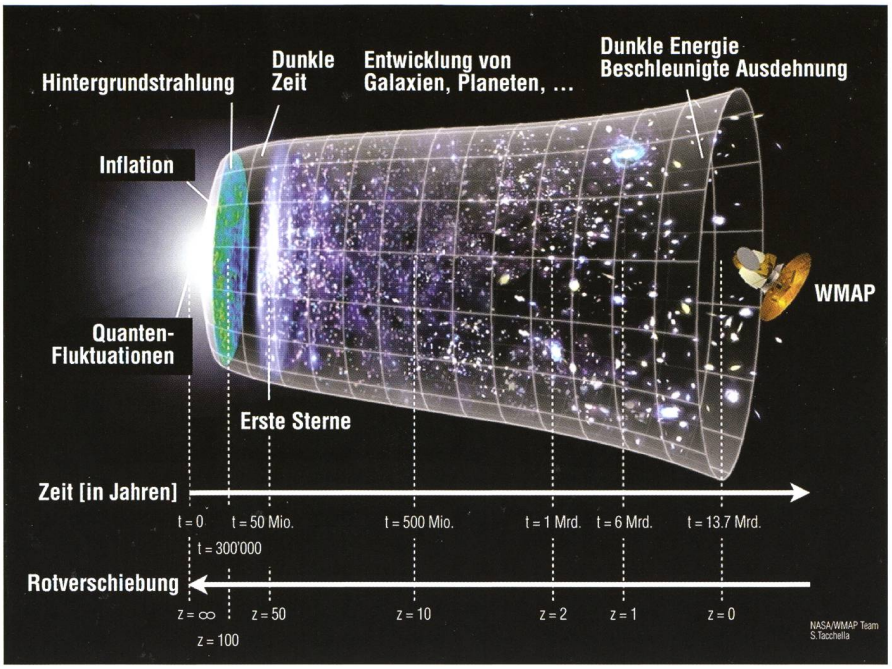


Abbildung 2: Darstellung des Universums seit dem Urknall. Auf den Urknall folgte die Inflation. Anschliessend kühlte das Universum immer weiter ab. Zuerst entkoppelte sich die Materie von der Strahlung und bildete die heute messbare Hintergrundstrahlung. Danach bildeten sich die Sterne und mit ihnen die Galaxien. (Grafik: NASA / WMAP-Team / Sandro Tacchella)

falls ausgedehnt, sodass die Wellenlänge grösser wird (das Licht verschiebt sich nach rot). Der Faktor z bestimmt, um wie viel die Wellenlänge wächst (siehe Abbildung 1). Gemessen wird die Rotverschiebung meist anhand der Verschiebung von Spektrallinien, d. h. an von Emissionen oder Absorptionen atomar oder molekular festliegender Frequenzen.

Da wir wissen, wie sich das Universum ausdehnt (dies wir durch die Zusammensetzung des Universums bestimmt), können wir die Rotverschiebung als Zeitmass benützen. Das Jetzt befindet sich bei Rotverschiebung z = 0, 10 Milliarden Jahre in der Vergangenheit bei z = 2, und die kosmologische Hintergrundstrahlung entspricht z = 1000. Man erwartet, das die Re-Ionisation zwischen z = 6 und 20 (150 Millionen bei 1 Milliarden Jahre nach dem Urknall) stattgefunden hat (siehe dazu Abbildung 2).

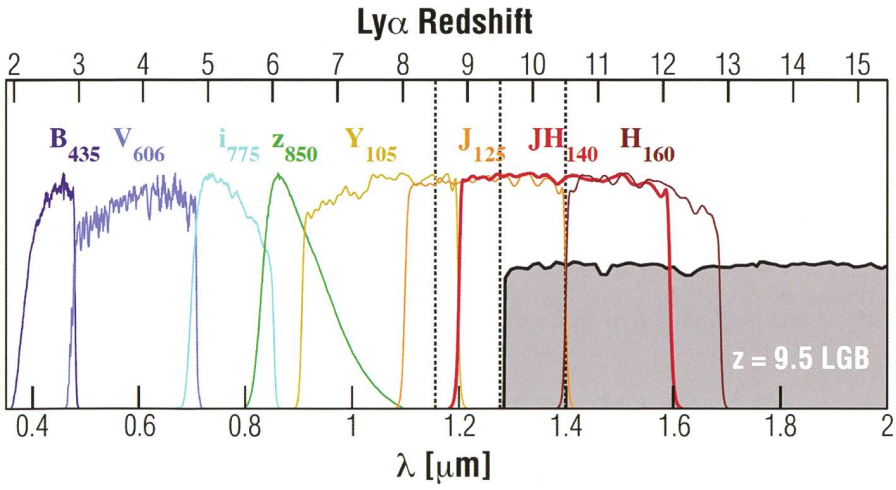


Abbildung 3: Die Filter von Hubble Weltraumteleskop, die für die Aufnahme von Hubble Extreme Deep Field (XDF) gebraucht wurden. Zudem wird ein vereinfachtes Spektrum einer Galaxie bei der Rotverschiebung z = 9.5 gezeigt. Weil das intergalaktische Medium neutral ist, wird das Licht mit einer kürzeren Wellenlänge als Lyman-alpha absorbiert. Die vertikalen gestrichelten Linien zeigen die Stufen für z = 8.5, 9.5 und 10.5. Y-Achse: relative Intensität, X-Achse: beobachtete Wellenlänge (Ångström) X-Achse (oben): Rotverschiebung. (Grafik: http://arxiv.org/abs/1301.6162)

Die Drop-out-Technik

Um die entferntesten Galaxien zu finden, macht man sich der Rotverschiebung zu Nutze. Das Spektrum einer Galaxie zeigt unter anderem zwei auffällige Sprünge: Bei 912 Ångström und 1216 Ångström (Ruhewellenlänge). Wenn Licht eine Wellenlänge unterhalb von 912 Ångström hat, ionisiert es den neutralen Wasserstoff, was dazu führt, dass das Licht der Galaxie vom interstellaren und intergalaktischen Gas praktisch vollständig absorbiert wird. Zwischen 912 und 1216 Ångström gibt es eine Verringerung des Flusses, die durch die diskreten Absorptionslinien des Wasserstoffatoms verursacht wird. Die Absorptionslinie mit der höchsten Wellenlänge heisst Lyman-alpha und liegt bei 1216 Ångström. Die diskreten Absorptionslinien stammen in erster Linie nicht von der Galaxie selbst, sondern von dem intergalaktischen Medium (der sogenannte Lyman-alpha-Wald). Bei höheren Rotverschiebungen als 3 (z > 3) wird der Lyman-alpha-Wald immer stärker. Es ist praktisch nur noch ein Sprung bei 1216 Ångström zu erkennen, weil unterhalb von 1216 Ångström das Spektrum der Galaxie fast komplett absorbiert wird. Durch die Rotverschiebung wird dieser Sprung vom UV in den leicht beobachtbaren optischen Wellenlängenbereich verschoben. Jetzt kann die spektrale Eigenschaft dazu benutzt werden, die Rotverschiebung dieser Galaxie zu bestimmen. Dies ist die Drop-out-Technik (auch Lyman-Break-Technik genannt): Im kurzwelligen Filter ist die Galaxie nicht mehr zu sehen, im langwelligen schon (siehe Abbildung 3).

Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass man nicht mehr das Spektrum jeder einzelnen Galaxie untersuchen muss (was bei diesen lichtschwachen Galaxien sehr zeitaufwändig und schwierig ist), sondern ganze Himmelsbereiche gleichzeitig absuchen kann, indem man mit mehreren Filtern fotografiert. Die Drop-out-Technik war sehr erfolg-

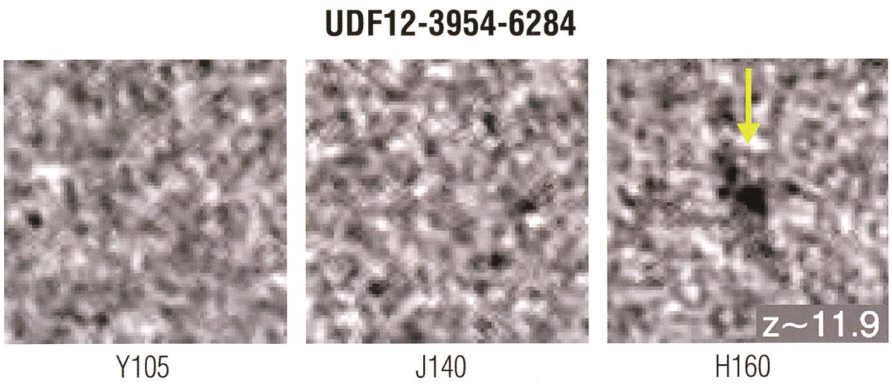


Abbildung 4: Die Galaxie UDFj-3954-6284 in drei verschiedenen Filtern: Y_{105}, J_{140} und H_{160}. Weil die Galaxie in den Filtern Y_{105} und J_{140} nicht sichtbar ist und es nur eine Detektion im H_{160} Filter gibt, vermutet man, dass die Galaxie eine Rotverschiebung von z = 11.9 hat. Um diese Rotverschiebung zu bestätigen, müsste man aber ein Spektrum dieser Galaxie haben. (Grafik: Ellis et al. 2013, ApJL, 763, 6)

reich für das Auffinden für Galaxien mit Rotverschiebungen von 2 bis 6. Der Anteil der Fehlidentifikationen ist relativ gering und die Methode gilt daher als robust. Ein Nachteil der Methode ist, dass nur eine bestimmte Art von Galaxien gefunden wird: Die Galaxie muss eine hohe Sternentstehungsrate besitzen, denn nur dann ist der oben genannte Sprung im Spektrum messbar. Wenn man nun eine der entferntesten Galaxien finden will, d. h. eine Galaxie mit einer Rotverschiebung z > 10, sollte die Galaxie in allen Filtern bis und mit JH140 nicht sichtbar sein und nur im Filter H160 detektiert werden (oder Filter mit längeren Wellenlängen verwenden, falls vorhanden). Dies reizt die Technik natürlich aus, da man meistens nur mit einer Detektion in einem Filter arbeitet. Eine grosse Verwechslungsgefahr besteht zwischen Galaxien sehr hoher Rotverschiebung (z > 7) und Galaxien bei Rotverschiebung z ~ 2. Die Galaxien mit z ~ 2 können den 1216 Ångström Sprung auf zwei Arten imitieren: Zum einen könnte die Galaxie keine Sterne bilden (und daher einen charakteristischen Sprung bei 4000 Ångström haben) oder zum andern könnte die z ~ 2 Galaxie starke Emissionslinien haben.

Messungen an der weitest entfernten bekannten Galaxie

Im September 2012 wurde das Bild «Hubble Extreme Deep Field» (XDF) veröffentlicht. Die Aufnahme wurde mit dem Hubble Weltraumteleskop gemacht und hat eine Gesamtbelichtungszeit von zwei Millionen Sekunden (ca. 23 Tage). Es ist bis heute das tiefste Bild des Universums, das jemals im Bereich des sichtbaren Lichts aufgenommen wurde. Richard Ellis und dessen Forschungsgruppe (Ellis et al. 2013, ApJ, 763, 7; http://adsabs.harvard.edu/abs/2013ApJ...763L...7E) haben in diesem Bild die bis anhin weitentfernteste Galaxie (UDFj-3954-6284) entdeckt. Sie haben die Rotverschiebung mit 11.9 angegeben, welche sie mittels Drop-out-Technik erhalten haben (siehe Abbildung 4). Als wir im Januar 2013 am Keck Teleskop waren, wollten wir testen, ob diese Galaxie wirklich eine so hohe Rotverschiebung hat. Da sie sehr lichtschwach ist, konnten wir natürlich nicht das ganze Spektrum (inklusive Kontinuum) messen. Wir hofften aber, dass wir Emissionslinien messen könnten, mit welchen sich schliesslich die genaue Rotverschiebung der Galaxie feststellen liesse.

Wie im letzten ORION-Artikel (2/13, Nr. 375) dargestellt, haben wir die Daten mit dem MOSFIRE Spektrometer aufgenommen. Man kann bei diesem Instrument bis zu 46 Galaxien zugleich beobachten, d. h., dass wir nicht nur die Galaxie UDFj-3954-6284 beobachteten, sondern auch andere interessante Objekte mit anderen Wissenschaftsfragen (auf welche ich hier nicht eingehen kann) in der Maske hatten. Die Resultate sind in dem kürzlich veröffentlichten Artikel (Capak et al. 2013, ApJL, 773, 14; http://adsabs.harvard.edu/abs/2013ApJ...773L..14C) ausführlich erklärt (in Englisch). Wir haben im Ganzen 44 Aufnahmen am 15. Januar und 48 Aufnahmen am 16. Januar 2013 gemacht. Dies entspricht einer totalen Belichtungszeit von 4.6 Stunden. Das Teleskop mit Maske war perfekt ausgerichtet, was man auch daran sieht, dass wir für die anderen Galaxien in der Maske schöne Spektren erhalten haben (siehe Abbildung 5).

Für die Galaxie UDFj-3954-6284 fanden wir keine starke, robuste Emissionslinie, nur einen 2.2σ Peak bei 15985.5 ± 4.4 Ångström mit einem Fluss von $1.4 \pm 0.6 \times 10^{-18}$ erg s^{-1} cm^{-2} (siehe Abbildung 6). Vor uns hatte eine andere Forschungsgruppe, unter anderem mit Dr. Brammer, eine 2.7σ Detektion bei 15990 ± 40 Ångström gemacht (Brammer et al. 2013, ApJL,

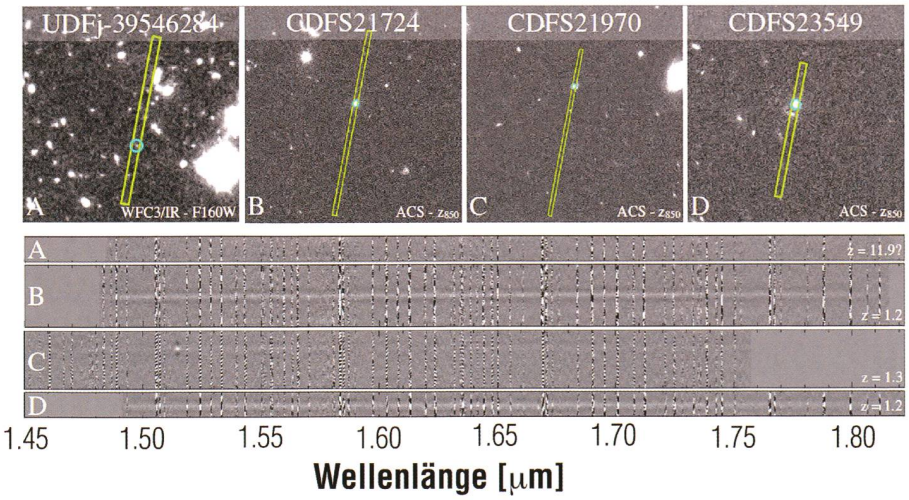


Abbildung 5: Neben der Galaxie UDFj-3954-6284 (A) haben wir noch drei weitere, heller Galaxien (B-D) in der Maske gehabt, welche alle eine tiefere Rotverschiebung (z < 2) haben. Unten sind die aufgenommen Spektren angezeigt. Die senkrechten Striche sind tellurische Absorptionslinien (von der Atmosphäre). Bei den drei hellen Linien sieht man das Kontinuum sowie einzelne Emissionslinien. Bei der Galaxie UDFj-3954-6284 (A) ist nichts zu erkennen.

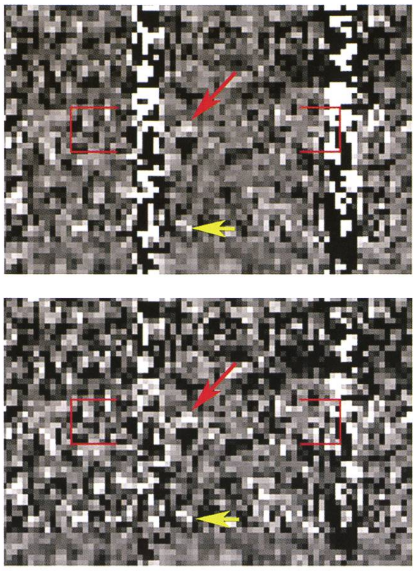


Abbildung 6: Fluss (oben) und Signal-zu-Rauschverhältnis (SNR), Abbildung unten, von der Region, welche die mögliche Emissionslinie beinhaltet. Der rote Pfeil markiert die 2.2σ Detektion.

765, 2; http://adsabs.harvard.edu/ abs/ 2013ApJ...765L...2B). Unsere Resultate sind also auf einem Level von 1.5σ miteinander konsistent.

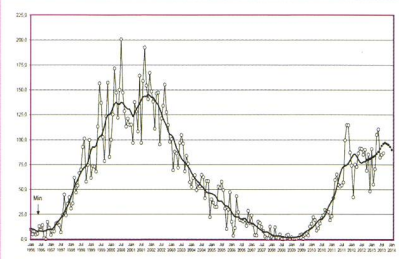
Warten auf bessere Instrumente

Da unsere Detektion, und auch jene von Dr. Brammer, nur sehr schwach ist, kann man nur sehr schwer Rückschlüsse ziehen. Falls dies tatsächlich eine Emissionslinie ist, dann könnte es die O[III] 5007Å Emissionslinie sein (dann wäre die Galaxie bei z = 2.19) oder aber die O[II] 3727 Å Emissionslinie (dann wäre die Galaxie bei z = 3.29). Falls man die Linie mit >5σ (d. h. mit grosser Sicherheit wäre die Linie dann echt) detektieren will, müsste man mindestens 20 Stunden belichten. Zusammenfassend kann man sagen, dass wir leider keine starke Emissionslinie feststellen und daher die Rotverschiebung nicht exakt messen konnten. Diese Galaxie bleibt der Kandidat mit der höchsten Rotverschiebung. Aber eben, nur Kandidat. Wahrscheinlich müssen wir auf bessere Instrumente (z. B. das James Webb Space Telescope) warten, bis sich das Universum mit den ersten Galaxien effizient beobachten lässt.

Sandro Tacchella
Trottenstrasse 72
CH-8037 Zürich

Swiss Wolf Numbers 2013

Marcel Bissegger, Gasse 52, CH-2553 Safnern



Beobachtete, ausgeglichene und prognostizierte Monatsmittel der Wolfschen Sonnenfleckenrelativzahl

Juli 2013 — **Mittel: 84.5**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
75	98	105	114	91	129	153	111	105	83	
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
85	74	51	75	69	78	82	84	65	57	
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
67	54	68	92	85	67	66	70	96	90	97

August 2013 — **Mittel: 90.9**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
97	115	96	74	69	64	74	73	51	75	
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
73	87	107	97	123	97	95	104	110	126	
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
132	141	122	72	52	45	48	48	56	78	83

7/2013 Name	Instrument	Beob.
Barnes H.	Refr 76	7
Binggeli A.	Refr 85	6
Bissegger M.	Refr 100	9
F. Dubler	Refr 115	4
Enderli P.	Refr 102	16
Friedli T.	Refr 40	9
Friedli T.	Refr 80	9
Früh M.	Refl 300	5
Menet M.	Refr 102	5
Möller M.	Refr 80	30
Mutti M.	Refr 80	17
Niklaus K.	Refr 126	21
Schenker J.	Refr 120	9
Suter E.	Refr 70	9
Tarnutzer A.	Refl 203	23
Trefzger C.	Refr 150	8
Von Arx O.	Refr 100	2
Weiss P.	Refr 82	26
Willi X.	Refl 200	5
Zutter U.	Refr 90	27

8/2013 Name	Instrument	Beob.
Barnes H.	Refr 76	9
Binggeli A.	Refr 85	11
Bissegger M.	Refr 100	9
F. Dubler	Refr 115	3
Enderli P.	Refr 102	12
Friedli T.	Refr 40	7
Friedli T.	Refr 80	7
Früh M.	Refl 300	16
Menet M.	Refr 102	5
Möller M.	Refr 80	31
Mutti M.	Refr 80	14
Niklaus K.	Refr 126	19
Schenker J.	Refr 120	11
Suter E.	Refr 70	13
Tarnutzer A.	Refl 203	24
Trefzger C.	Refr 150	8
Weiss P.	Refr 82	25
Willi X.	Refl 200	5

Das Maximum des laufenden 24. Sonnenaktivitätszyklus ist zwar sehr wahrscheinlich bereits überschritten. Trotzdem lohnt es sich, mit der visuellen Beobachtung der Sonne und dem langjährigen Verfolgen ihrer Aktivität zu beginnen. Die Rudolf Wolf Gesellschaft führt hierzu am Samstag, 22. Februar 2014, und Sonntag, 23. Februar 2014, im Seminarraum des Observatoriums Zimmerwald BE einen

Einführungskurs in die visuelle Sonnenaktivitätsüberwachung

durch. Der Kurs richtet sich an alle interessierte Sonnenbeobachter und Amateurastronomen. Spezielle Vorkenntnisse sind nicht nötig. Umfangreiche Kursunterlagen werden abgegeben. Behandelt werden:

- Beobachtungsinstrumente und Hilfsmittel
- Bestimmung der wichtigsten visuellen Aktivitätsindices (Wolfsche Sonnenfleckenrelativzahl, Pettiszahl, Inter-Sol-Index)
- Klassifikation von Sonnenfleckengruppen nach McIntosh

Die Kursteilnahme sowie die abgegebenen Kursunterlagen sind kostenlos. Verpflegung und Übernachtung gehen zu Lasten der Kursteilnehmer. Die Teilnehmerzahl ist beschränkt. Eine Voranmeldung bis spätestens am 31. Januar 2014 ist obligatorisch.

Kontaktadresse: Dr. Thomas K. Friedli, Ahornweg 29, CH-3123 Belp. http://www.rwg.ch