Dem Urknall immer ein Stück näher : die neue Generation Weltraumteleskope

Autor(en): **Baer, Thomas**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **75 (2017)**

Heft 403

PDF erstellt am: **19.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-897122

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

Dem Urknall immer ein Stück näher

Die neue Generation Weltraumteleskope

Von Thomas Baer

Das Hubble Weltraumteleskop wurde am 20. April 1990 auf eine rund 550 km hohe Bahn um die Erde befördert. Seit 1993, nach einer Korrektur des Hauptspiegels, ist das «Auge» im Einsatz und wird voraussichtlich 2024 in der Erdatmosphäre verglühen. Bis dahin wird Hubble mit dem auf Frühjahr 2019 geplanten Start des James Webb-Teleskops von einer neuen Generation von Weltraumteleskopen abgelöst.



Bild: Hubble Deep Field

Abbildung 1: Das erste Hubble Deep Field aus dem Jahr 1995.

Hubble hat den Blick ins All grundlegend verändert. Mit seiner Optik sieht es tiefer ins All als erdgebundene Fernrohre. Seit den allerersten astronomischen Beobachtungen mit dem Fernrohr im Jahr 1609 blicken wir immer weiter in die Vergangenheit zurück und kommen dem Urknall stets ein Stück näher. 1993, als mit dem Korrektursystem Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement (COSTAR) die Ungenauigkeit des 2.4 m grossen Hauptspiegels von Hubble (HST) erfolgreich korrigiert werden konnte, markiert einen Quantensprung in der beobachtenden Astronomie. Für eine Sensation sorgte eine 1995 mit den damals technischen Möglichkeiten gewonnene Aufnahme, die einen nur 144 Bogensekunden kleinen Ausschnitt des Himmels im Sternbild des Grossen Bären zeigt. Das Bild wurde in zehn Tagen aufgenommen und zeigt nur wenige Sterne unserer eigenen Milchstrasse. Was der kleine Himmelsausschnitt offenbart, sind unzählige, vornehmlich junge Galaxien aller Grössen. Drei Jahre später wiederholte man eine analoge Aufnahme, diesmal vom Südhimmel. Wieder zeigte das «Hubble Deep Field South» genannte Bild verblüffende Ähnlichkeit zur ersten Deep Field-Aufnahme, woraus die Astronomen schlossen, dass das Universum räumlich ziemlich homogen sein muss. Mit einer 11.3-tägigen Belichtungszeit ging man 2004 mit dem «Hubble Ultra Deep Field» noch weiter. Bewusst wurde ein Himmelsfleck gewählt, ein Zehntel so gross wie der Mond, der kaum störende Vordergrundsterne enthält. Zur Veranschaulichung stelle man sich vor, als betrachte man einen Quadratmillimeter aus einer Distanz von 5 Metern! Auf den gesamten Himmel gerechnet, entspricht der fotografierte Ausschnitt dem dreizehnmillionsten Teil! Nicht weniger als 10'000 Galaxien und andere kosmische Objekte wurden gezählt.

Es wurden die bislang lichtschwächsten, je beobachteten und fotografierten Galaxien gefunden, Objekte also, die auch entsprechend weit von uns entfernt liegen. Das Licht dieser fernen Sternenwelten ist 13 Milliarden Jahre lang unterwegs. Wir blicken somit mitten in die Frühzeit des Universums, in eine Zeit, etwa 800 Millionen Jahre nach dem Urknall! Diese Galaxien zählen wohl zu den ersten ihrer Art, die ihre Entstehungszeit unmittelbar nach dem dunklen Zeitalter hatten.

Den bislang tiefsten Blick ins Weltall hatte Hubble 2012, als es einen nur 2.3 × 2.0 Bogenminuten winzigen Ausschnitt 23 Tage lang belichtete. Das «Hubble Extreme Deep Field» ist aus 2'000 Einzelaufnahmen zusammengesetzt und zeigt rund 5'500 Galaxien, allerdings auf einer viel kleineren Fläche als das «Hubble Ultra Deep Field». Das Alter der frühesten entstandenen Ga-

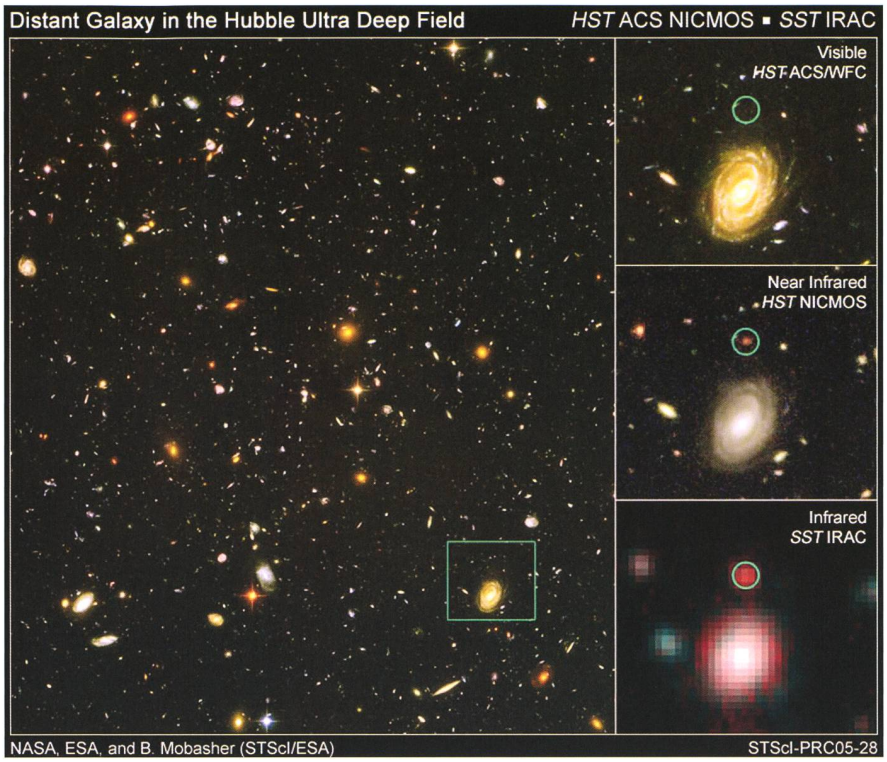


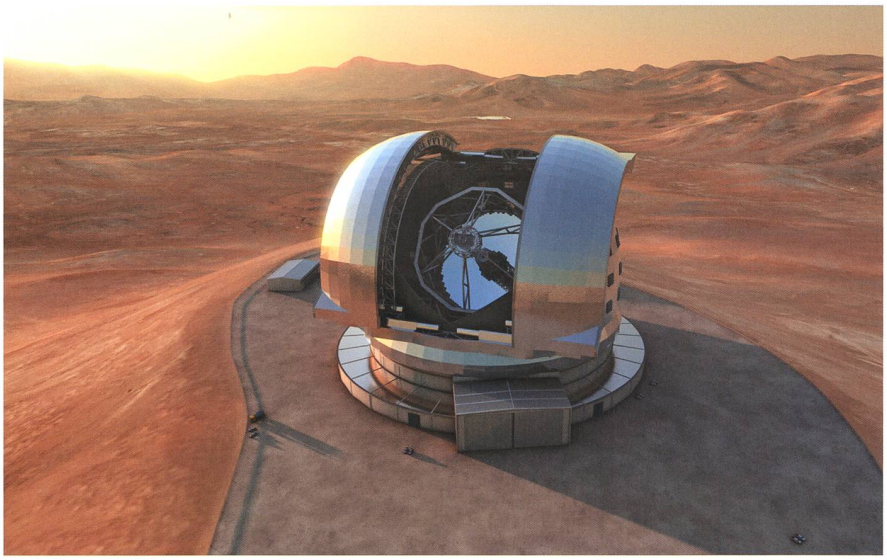
Bild: NASA / ESA / B. Mobasher

Abbildung 2: Das Hubble Ultra Deep Field zeigt Galaxien verschiedenen Alters, Grösse und Form. Die kleinsten, rotesten «Sterninseln» gehören zu den am weitesten entfernten bekannten Galaxien, die je beobachtet wurden. Gemäss der Theorie über den Urknall vor ca. 13.8 Milliarden Jahren sind sie in einem Stadium zu sehen, als das Universum gerade 800 Millionen Jahre «jung» war.

laxien schätzt man auf nicht einmal 450 Millionen Jahre nach dem Urknall.

Immer grösser und leistungsstärker

Galileo Galilei wäre ob solchen Bildern wohl sprachlos geworden, wenn wir bedenken, wie wenig tief er mit seinen Linsenteleskopen damals sehen konnte. Trotzdem revolutionierte er die Astronomie ganz wesentlich, indem er grundlegende himmelsmechanische Beweise für das heliozentrische Modell liefern konnte. Wenn wir einen Zeitsprung zu den ersten Grossteleskopen Ende des 19. und des frühen 20. Jahrhunderts machen, so stellt auch diese Epoche einen Meilenstein in der beobachtenden Astronomie dar. Doch Observatorien wie Mount Wilson oder Palomar leiden mittlerweile arg unter der Lichtverschmutzung der Agglomeration um Los Angeles und San Diego.
Erdgebundene Fernrohre haben ohnehin das Problem der störenden Erdatmosphäre, die sich wie eine trübe wabbelnde Suppe zwischen Himmel und Erde bewegt. Dies ist einer der Gründe, warum professionelle Sternwarten im Hochgebirge und somit über der Inversionsschicht errichtet werden. Schon in den 1980er-Jahren wurden gigantische Spiegel mit acht und mehr Metern Durchmesser geplant. So wurden Observatorien an prädestinierten Standorten, etwa auf dem Mauna Kea, Hawaii, in der Atacama-Wüste auf dem 2'635 m hohen Cerro Paranal (Europäische Südsternwarte) oder auf Cran Canaria gebaut, Orte mit möglichst wenigen Störeinflüssen.
In zwei Jahren sollte das Giant Magellan Telescope am Standort des Las Campanas-Observatorium in Chile fertig sein. Es besteht aus sieben 8.4 m durchmessenden Einzelspiegeln, was einem 21.4 m-Spiegelteleskop entspräche. Noch gigantischer wäre das Thirty Meter Telescope auf Hawaii, dessen Spiegeldurchmesser, wie sein Name verrät, 30 m eingenommen und dank der eingebauten adaptiven Optik ein zehnfach höheres Auflösungsvermögen als Hubble erreicht hätte, geworden! Ursprünglich war die Inbetriebnahme auf 2022 vorgesehen. Aufgrund von Formfehlern wurde 2015, trotz begonnenem Bau, die Genehmigung wieder aufgehoben.
Die Europäer wollen mit ihrem für 2022 geplanten Extremely Large Telescope (ELT) alle bisherigen irdischen Teleskope in den Schatten stellen. Mit einem Spiegeldurchmesser von 39 m, bestehend aus 798 sechseckigen Zellen, soll es das bislang weltgrösste Fernrohr werden! Als Standort wurde der 3'060 m hohe Corro Armazones auserkoren, in der Atacamawüste gelegen, rund 130 km weit von Antofagasta entfernt, nur 20 km nördlich vom Cerro Paranal, wo bereits das Very Large Telescope (VLT) steht.



Quelle: Wikipedia

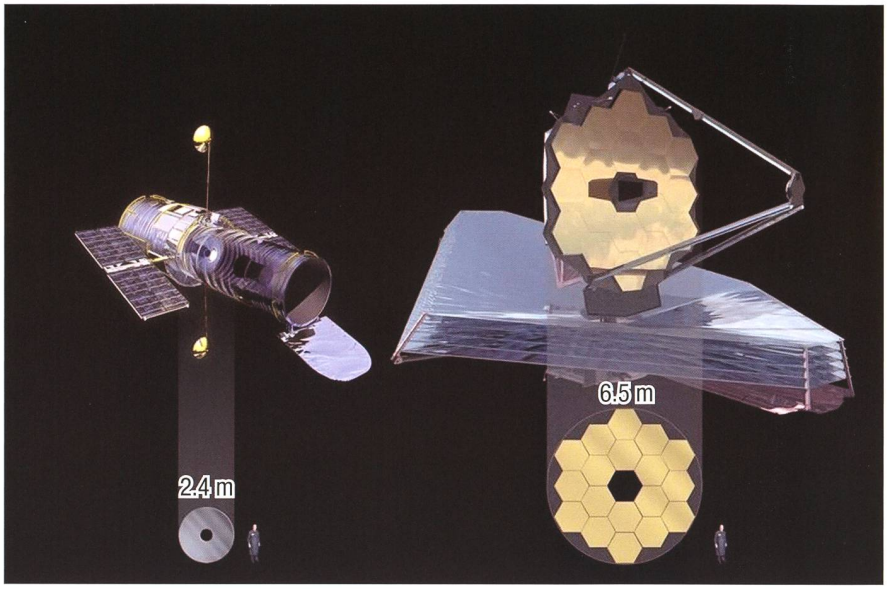
Abbildung 3: Etwa so könnte das Extremely Large Telescope (ELT) der Europäer dereints auf dem Cerro Armazones aussehen.

Ein «Weltraum-Monster»

Mit dem im Bau befindlichen James Webb Space Telescope (JWST) soll die Post-Hubble-Ära eingeläutet werden. Im Unterschied zum HST, das in einer Bandbreite vom nahen ultravioletten über den sichtbaren bis hin zum nahen infraroten Bereich beobachtet, ist das JWST auf die Infrarotastronomie ausgelegt. Das 6.2 Tonnen schwere Instrument hätte ursprünglich schon 2014 ins All fliegen sollen. Allerdings entschied man sich aufgrund der immens gestiegenen Baukosten, das Projekt 2011 zwischenzeitlich zu stoppen, ehe Ende 2014 die Finanzierung, inklusive der ersten fünf Betriebsjahre, gesichert waren. Ein knappes Jahr später begann man mit der Endfertigung des «Monsterfernrohrs», das mit seinem 6.5 m-Spiegel im Vergleich zu Hubble geradezu gigantisch wirkt. Vor etwas mehr als einem Jahr konnten erste Tests am fertig montierten Spiegel erfolgen. Vorgesehen ist der Start im Frühjahr 2019 mit einer Ariane-5-Rakete.

Die zentralen Aufgaben des JWST beinhalten die Erforschung der allerersten Sterne und Galaxien, die sich nach heutigem Erkenntnisstand rund 100 Millionen Jahre nach dem Urknall gebildet haben müssen, bevor nach rund 1 Milliarde Jahren der Raum mit Galaxien und Quasaren übersät wurde. Davor war das Universum von Dunkelheit und Strukturlosigkeit dominiert. Auch wenn die Wissenschaftler heute eine bessere Vorstellung haben, wie der Übergang vom dunklen Zeitalter zum Licht hätte ablaufen können – sie gewinnen wertvolle Informationen aus der Hintergrundstrahlung – ist mit den aktuell verfügbaren Fernrohren die «Sichttiefe» begrenzt. Nur mit noch grösseren und lichtempfindlicheren Teleskopen lassen sich noch früher entstandene Objekte, eben etwa erste Sterne, datieren. Und genau hier soll das JWST ansetzen.

Weiter will man auch mehr Informationen über die Struktur und Entwicklung dieser alten Objekte gewinnen und generell noch besser verstehen, wie Sterne und protoplanetare Systeme funktionieren, um allfällige Rückschlüsse auf den Ursprung des Lebens zu ziehen. Da der Raum auf solch riesigen Distanzen durch galaktische Staubwolken getrübt wird, arbeitet das JWST nicht im sichtbaren, sondern infraroten Wellenlängenbereich von 0.6–28 µm.



Quelle: NASA

Abbildung 4: Das Hubble-Weltraumteleskop (links) im Vergleich mit dem James Webb-Teleskop (rechts).

Parkfeld «Lagrange-Punkt L2»

Damit sich das JWST nicht durch seine eigene Infrarotstrahlung stört und dadurch die Messungen beeinträchtigt, müssen die äusseren Bedingungen kalt und fernab der Sonne stattfinden. Ein Erdorbit wäre daher undenkbar, einmal abgesehen davon, dass hier der 6.5 m grosse Hauptspiegel vor herumfliegendem Weltraumschrott nicht restlos sicher wäre. Der einzige Punkt, der diese idealen Bedingungen für eine Stationierung dieses Riesenfernrohrs bietet, ist der Lagrange-Punkt L2 in 1.5 Millionen km Abstand zur Erde. Das Fernrohr hat die Sonne gewissermassen «im Rücken» und es herrschen dort draussen Temperaturen von –220 °C (50 Kelvin). Trotzdem wird das Instru-

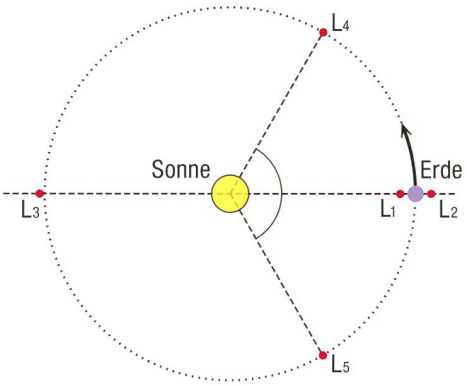


Abbildung 5: Der Lagrangepunkt L2 ist für das James Webb-Teleskop ideal.



Abbildung 6: Das James Webb-Teleskop, respektive der Hauptspiegel, müssen für den Transport in der Ariane- 5-Rakete zusammengefaltet werden und in der Zeit, solange es auf dem Weg zum Beobachtungsorbit ist, in vielen Teilschritten wieder entfaltet werden.



Bild: NASA

Abbildung 7: Das James Webb Space Telescope bei der Assemblierung in einem grossen Reinraum im Goddard Space Flight Center der Nasa in Greenbelt.

ment durch einen 21.2 m × 14.2 m grossen, fünflagigen «Sonnenschirm» vor Wärmestrahlung von Sonne, Erde und Mond geschützt. Zusammen mit der Erde umkreist dann das Teleskop das Tagesgestirn. Ein weiterer Vorteil dieser Parkposition ist, dass wesentlich längere Belichtungszeiten möglich sein werden. Durch die tiefe Umlaufbahn kann Hubble ein gewisses Gebiet nur während etwa 40 Minuten belichten, ehe es am Horizont verschwindet. Das Zielobjekt muss dabei fortwährend nachgeführt werden, etwas, was beim JWST entfällt.

Aber selbst im Langrange-Punkt L_2 muss die Lage des Riesenteleskops von Zeit zu Zeit mit Hilfe des mitgeführten Treibstoffs korrigiert werden. Die primäre Mission ist vorläufig auf fünf Jahre ausgelegt, allerdings rechnen die Wissenschaftler mit zehn oder sogar noch mehr Jahren Betriebsdauer. Service-Missionen sind aufgrund der grossen Distanz bislang keine vorgesehen. Sollte das Fernrohr jedoch eine Erfolgsgeschichte à la Hubble werden, wäre eine Treibstoffnachlieferung per Robotermission möglich.

Ein Weltraumteleskop, das in keine Rakete passt

Die Association of Universities for Research in Astronomy (AURA) ist bereits am Andenken eines noch verrückteren Projektes, dem High-Definition Space Telescope (HDST), dessen Bau in den 2020er-Jahren beginnen und Anfang der 2030er-Jahre dann ebenfalls in den Lagrange-Punkt L_2 gebracht werden soll. Im Unterschied zum JWST würde dieser 11.7 m durchmessende, aus 36 oder 54 Elementen zusammengesetzte Spiegel wie Hubble u. a. auch wieder im sichtbaren Licht beobachten und wäre damit ein «echter» Hubble-Nachfolger. Da ein derart grosser Spiegel in keine heute verfügbare Rakete passt, würde der faltbare Spiegel wie beim JWST erst nach der Aussetzung des Fernrohrs in die Endform gebracht. Überdies müsste die Optik eine noch nie erreichte Präzision aufweisen. Noch aber ist HDST ein Projekt. Sollte es aber dereinst tatsächlich ausgewählt und realisiert werden, würde dies einem Quantensprung wie von Galilei zu den ersten Grossteleskopen gleichkommen.



Quelle: AURA

Abbildung 8: Vergleich der erwarteten Bildauflösungen zwischen dem James Webb-Teleskop (links) und dem High-Definition-Weltraumteleskop (rechts).

Wie tief wird der Blick noch gehen?

Am Schluss bleibt dennoch die zentrale Frage: Wie weit kann unser Blick ins All denn wirklich reichen? Sind uns Grenzen gesetzt? Endet dereinst alles bei Sternen, die vielleicht 100 Millionen Jahre nach dem Urknall entstanden sind? Oder geht die «Reise» noch weiter? Selbst wenn wir schon sehr nahe an die Zeit des Urknalls herankommen, dürften optische Fernrohre eines Tages wahrscheinlich an ihre Grenzen stossen, denn im «dunklen Zeitalter» wurde von der damals vorhandenen Materie weder Licht absorbiert noch ausgesandt. Die Hintergrundstrahlung wurde mit der Expansion vom ursprünglich sichtbaren und infraroten Licht in den Bereich der Mikrowelle verschoben. Die ersten Sterne entstanden alle später. Natürlich können wir auch in anderen Wellenlängenbereichen forschen, doch auch hier fragt sich, wie nahe an den Urknall es noch geht.

Gewisse Dinge werden uns aber wohl für immer verborgen bleiben, auch wenn wir heute noch nicht wissen können, wie sich der technologische Fortschritt in den kommenden Jahren und Jahrzehnten noch manifestiert. Was sich jetzt schon sagen lässt; es werden spannende Jahre auf uns zukommen und wir dürfen uns auf die Resultate der neuen Generation Weltraumteleskope freuen!