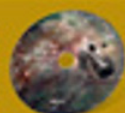


Enthält die DVD
Best of Hubblecast



HUBBLE

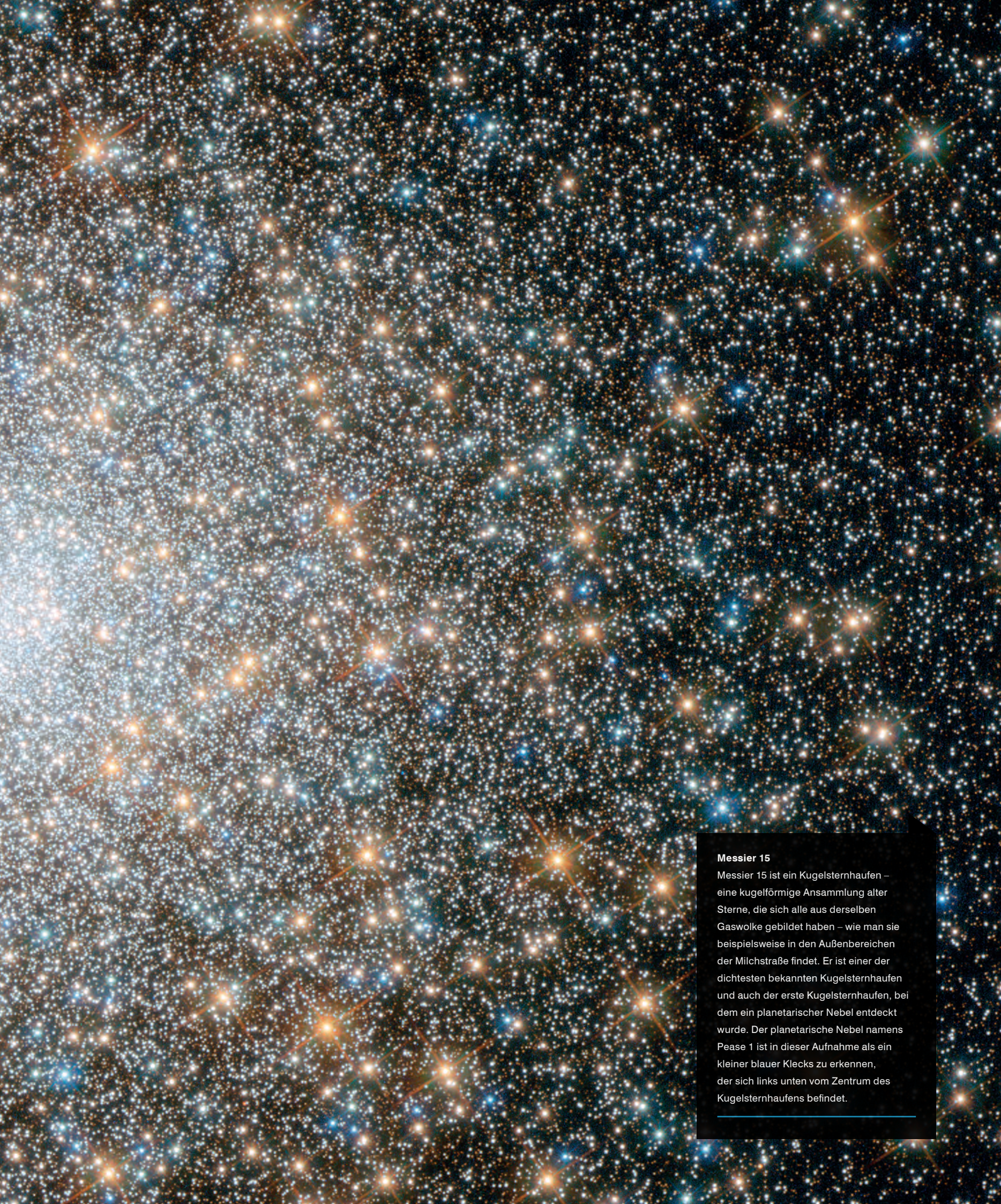
Das Universum im Visier

Oli Usher und Lars Lindberg Christensen

WILEY-VCH







Messier 15

Messier 15 ist ein Kugelsternhaufen – eine kugelförmige Ansammlung alter Sterne, die sich alle aus derselben Gaswolke gebildet haben – wie man sie beispielsweise in den Außenbereichen der Milchstraße findet. Er ist einer der dichtesten bekannten Kugelsternhaufen und auch der erste Kugelsternhaufen, bei dem ein planetarischer Nebel entdeckt wurde. Der planetarische Nebel namens Pease 1 ist in dieser Aufnahme als ein kleiner blauer Klecks zu erkennen, der sich links unten vom Zentrum des Kugelsternhaufens befindet.

Hubble

Das Universum im Visier

Oli Usher und Lars Lindberg Christensen

Grafik und Layout von André Roquette und Edward Challis

Aus dem Englischen übersetzt von Micaela Krieger-Hauwede



WILEY-VCH

WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA

Hubble. Das Universum im Visier

Autoren

Oli Usher
ESA/Hubble
ESO/ESA/ST-ECF
Karl-Schwarzschild-Str. 2
85748 Garching
o.j.usher@gmail.com

Lars Lindberg Christensen
ESA/Hubble
ESO/ESA/ST-ECF
Karl-Schwarzschild-Str. 2
85748 Garching
lars@eso.org

Design and Layout

André Roquette &
Edward Challis
ESO & ESA/Hubble
Garching bei München, Germany

Übersetzung

Micaela Krieger-Hauwede, Leipzig
micaela.krieger@online.de

Alle Bücher von Wiley-VCH werden sorgfältig erarbeitet. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag in keinem Fall, einschließlich des vorliegenden Werkes, für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler irgendeine Haftung.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2014 Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, Boschstr. 12, 69469 Weinheim, Germany

Alle Rechte, insbesondere die der Übersetzung in andere Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form – durch Photokopie, Mikroverfilmung oder irgendein anderes Verfahren – reproduziert oder in eine von Maschinen, insbesondere von Datenverarbeitungsanlagen, verwendbare Sprache übertragen oder übersetzt werden. Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen oder sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige gesetzlich geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche markiert sind.

Print ISBN: 978-3-527-41208-2

Druck und Bindung Himmer AG, Augsburg, Deutschland

Gedruckt auf säurefreiem Papier

Titel: Eine Fotomontage, die das Weltraumteleskop Hubble bei der Beobachtung des Tarantelnebels zeigt

Dieses Sternentstehungsgebiet liegt in der Großen Magellanschen Wolke, einer kleinen Nachbargalaxie der Milchstraße. Sie beherbergt viele Extreme wie Supernovaüberreste und den schwersten Stern, der jemals beobachtet wurde. Der Tarantelnebel ist der hellste Nebel seiner Art in der lokalen Gruppe.

Rücken: Die Sombroerogalaxie

Das Markenzeichen der Sombroerogalaxie ist ein hell leuchtender weißer bauchiger Kern, der von den dichten Staubstraßen umgeben ist, die die Spiralstruktur der Galaxie ausmachen. Von der Erde aus blicken wir fast genau über die Kante auf die Galaxie. Diese helle Galaxie heißt Sombroerogalaxie, weil sie an den breitkrempigen und hohen mexikanischen Hut erinnert.

Oli Usher

Für Sarah, die mich daran erinnerte, dass Abgabetermine und Bücher zwei Dinge sind, die man mit Respekt behandeln sollte.

Lars Lindberg Christensen

Für die unbekannten Helden der NASA und der ESA, die Hubble zu einem Erfolg machten.

Inhalt

Der Galaxienhaufen Abell 1703

Abell 1703 besteht aus über einhundert verschiedenen Galaxien, die gemeinsam wie ein leistungsstarkes kosmisches Teleskop bzw. eine Gravitationslinse wirken. So lenkt dieser massereiche Galaxienhaufen im Vordergrund (der aus den gelben vorwiegend elliptischen Galaxien besteht, die über die Aufnahme verstreut sind) das Licht in einer Weise ab, die die Bilder entfernter Galaxien streckt und ihre Helligkeiten verstärkt. Im Zuge dessen werden die Formen dieser Galaxien zerstört und jeweils mehrere bananenförmige Abbilder erzeugt.



	Vorwort	6
	Einleitung	8
1	Anfänge	10
2	Das Raumschiff Hubble	20
3	Hubbles Sicht	28
4	Planeten	38
5	Sterne & Nebel	54
6	Galaxien	84
7	Schwarze Löcher	110
8	Der dunkle Kosmos	126
9	Optische Täuschungen	144
10	Zukunft	154
A1	Hubbles Zeitstrahl	164
A2	Hubbles Sternstunden	166
	Bildnachweise	167
	Über die Autoren	170

Vorwort

Fast ein Viertel Jahrhundert ist es nun her, dass das Weltraumteleskop Hubble von der Startplattform des Kennedy Space Centers abhob. Trotz eines holprigen Starts haben die Errungenschaften dieses Teleskops jede Erwartung übertroffen.

Vor dem Start von Hubble hatten die Astronomen noch nie einen Exoplaneten zu Gesicht bekommen, war ihnen das Alter des Universums nicht genau bekannt und konnten sie noch nie eine Galaxie aus der Frühzeit des Kosmos beobachten.

Hubble hat unser Wissen über das Universum in einem Maße verändert, wie es wohl sonst kein anderes wissenschaftliches Gerät erreichen kann.

Und es ist noch immer erfolgreich! Als die Raumfähre Atlantis dem Weltraumteleskop Hubble im Jahr 2009 einen letzten Besuch abstattete, wurden neue Kameras und Spektrometer installiert, die es auf den neuesten Stand der Technik brachten. Und mit zunehmender Reife liefert das Observatorium nun Aufnahmen, die schärfer, ergiebiger und bemerkenswerter sind als jemals zuvor in seiner Geschichte.

Über die Jahre ist Hubble zu einem festen Bestandteil der Popkultur geworden. So finden nun einige der berühmtesten Aufnahmen des Teleskops weitreichende Beachtung, indem sie im Fernsehen, auf Plattenhüllen, in Zeitungen und in Computerspielen auftauchen. Dies bestätigt sowohl die Schönheit von Hubbles Aufnahmen als auch die faszinierende Wissenschaft, die sich dahinter verbirgt.

Seit zwei Jahrzehnten produziert Hubble beste Wissenschaft. Pro Tag erscheinen im Durchschnitt zwei neue Studien, die sich auf die Beobachtungen des Weltraumteleskops Hubble stützen.

Beobachtungen mit Hubble sind für Astronomen hart umkämpft. Jedes Jahr sind die Beobachtungszeiten überbucht, und nur die allerbesten wissenschaftlichen Projekte haben überhaupt eine Chance, eine der Zeiten zu ergattern. Astronomen in aller Welt konkurrieren um Hubbles Beobachtungszeit, weil sie wissen, dass es für viele Bereiche der Astronomie nirgends ein anderes Observatorium gibt, das Hubble übertreffen könnte.

Im Mittelpunkt all dieser Aktivitäten steht das Space Telescope Science Institute in Baltimore in den USA. Bis vor kurzem gab es daneben in Deutschland auch das Space Telescope European Coordinating Facility in München. Über die Jahre haben die Mitarbeiter der NASA und der European Space Agency (ESA) an diesen beiden Instituten eine sehr große Rolle im Hinblick darauf gespielt, die Wissenschaft voranzutreiben und Hubbles Entdeckungen der breiten Öffentlichkeit nahezubringen.

Mehr als zwei Jahrzehnte nach seinem Start bleibt Hubble der Goldstandard der optischen Astronomie, was die Kritiker und Skeptiker widerlegt, die das Teleskop nach seinem Start als einen Fehler brandmarkten.

Gegenwärtig gibt es keine Anzeichen dafür, dass der Strom von Hubbles Entdeckungen und Hubbles Aufnahmen in absehbarer Zeit versiegen könnte.

So möge es noch lange bleiben.

Antonella Nota

ESA Hubble Project Scientist & Mission Manager
Space Telescope Science Institute, August 2013

NGC 5189

Diese eindrucksvolle Aufnahme zeigt den planetarischen Nebel NGC 5189. Seine Form erinnert an einen Rasensprenger. Die Materie wird von dem zentralen Stern ausgestoßen, der bei seiner Rotation taumelt.



Einleitung

Dieses Buch entführt Sie auf eine Reise durch das Universum, wie es den Augen von Hubble erscheint.

Kein anderes Teleskop ist jemals mit einem breiteren Spektrum wissenschaftlicher Ziele und wissenschaftlicher Instrumente in den Weltraum aufgebrochen. Und kein anderes Bodenteleskop kann mit Hubbles gestochen scharfer Bildqualität und der unvergleichlichen Sicht auf den gesamten Himmel mithalten.

Nehmen Sie fast ein Viertel Jahrhundert durchgehender Beobachtungen hinzu, und es wird Sie nicht überraschen, dass Hubbles Fotoalbum des Universums einmalig ist. Angefangen von den Planeten des Sonnensystems bis hin zu der Struktur von Galaxienhaufen auf halbem Wege durch das Universum, hat uns das Weltraumteleskop Hubble wohl mehr über den Kosmos beigebracht als jedes andere wissenschaftliche Gerät, das jemals gebaut wurde.

Während seiner Zeit in der Umlaufbahn hat Hubble mehr als eine Million Beobachtungen aufgezeichnet. Viele davon sind eher wissenschaftliche Messungen als Bilder, und viele der Bilder sind nur für Wissenschaftler interessant. Dennoch bleiben buchstäblich Tausende attraktive Bilder des Kosmos zur Auswahl, die ausreichen, um viele Bücher zu füllen.

Die Astronomie ist ein Feld, das sich kontinuierlich verändert. In diesem Buch konzentrieren wir uns auf einige ausgewählte Themen der modernen Astronomie, illustriert durch eine Auswahl neuerer Aufnahmen des Weltraumteleskops Hubble – die zum Teil außerhalb der wissenschaftlichen Zeitschriften noch nie veröffentlicht wurden – und einige kaum gesehene verborgene Schätze aus Hubbles wissenschaftlichen Archiven.

Nachdem wir uns in Kapitel 1 mit Hubbles Geschichte, in Kapitel 2 mit seiner Technik und in Kapitel 3 mit seiner Sicht vertraut gemacht haben, beginnen wir unsere Reise durch den Kosmos vor unserer Haustür.

Schon vor dem Start des Weltraumteleskops Hubble wussten wir eine ganze Menge über die Planeten, doch Hubble hatte uns immer noch vieles beizubringen. Von der Entdeckung der Monde um Pluto bis hin zur Beobachtung der Welten um andere Sonnen erzählt Kapitel 4 die Geschichte von Hubble und den Planeten.

In Kapitel 5 machen wir uns auf den Weg zu den Sternen und Nebeln unserer Galaxis, wobei wir die Geburt und das Schicksal der Sonne mit betrachten. In Kapitel 6 wagen wir uns noch weiter hinaus zu den Milliarden fremden Galaxien, die das Universum bevölkern, darunter die entfernteste Galaxie, die jemals beobachtet wurde. Hubbles Entdeckung von supermassereichen

Schwarzen Löchern in den Zentren vieler dieser Galaxien ist der Ausgangspunkt von Kapitel 7. Das Motiv der Dunkelheit setzt sich in Kapitel 8 fort, wo wir den Dunklen Kosmos besuchen – die unsichtbare Materie und die unsichtbare Energie, die dem Universum seine Struktur verleihen.

In Kapitel 9 nehmen wir spielerisch einige der verwirrenden optischen Täuschungen unter die Lupe, die Hubble auf seiner Reise abgebildet hat, darunter „Kollisionen“, die in Wirklichkeit gar keine sind, „Sterne“ die nur vorgeben solche zu sein und alte Sterne, die sich als Jugendliche verkleiden.

Zum Abschluss unserer Rundreise durch das Universum wagen wir in Kapitel 10 einen Blick in die Zukunft. Hubble hat eine unglaublich produktive wissenschaftliche Karriere hingelegt, und weitere Jahre sollten darin folgen. Dennoch schauen Wissenschaftler und Ingenieure schon heute nach vorn und auf eine neues, noch größeres Weltraumteleskop, das sie in einigen Jahren starten wollen.

Wir wünschen Ihnen eine angenehme Reise.

Oli Usher
London, September 2013

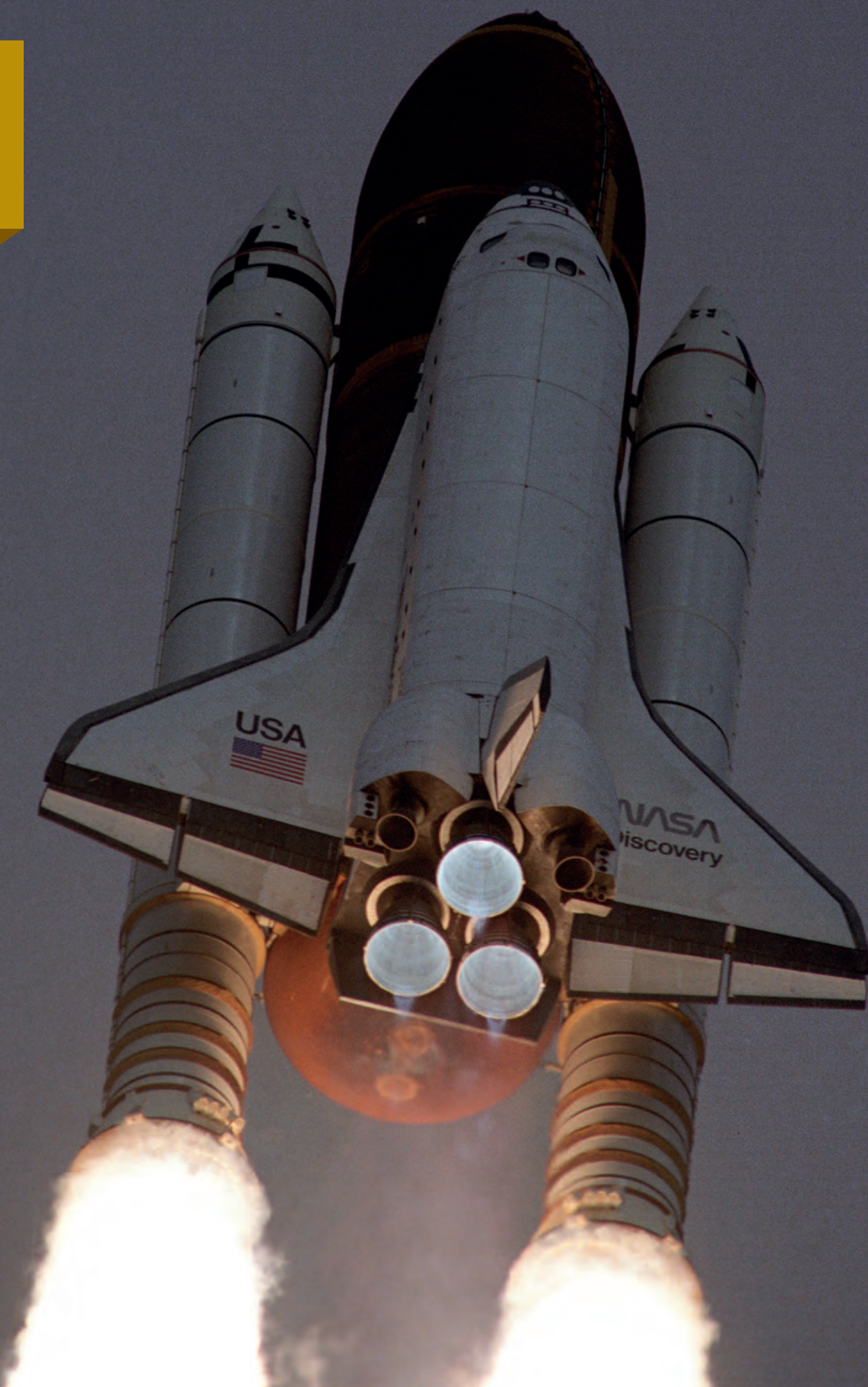
Lars Lindberg Christensen
Garching bei München, September 2013

Der Ringnebel

Diese Aufnahme zeigt die effektvolle farbige Gestalt des Ringnebels. Sie enthüllt eine komplexe Struktur, die in früheren Aufnahmen nur zu erahnen war. Anhand dieser Aufnahme konnten Wissenschaftler ein dreidimensionales Modell des Nebels konstruieren – das die wahre Gestalt dieses eindrucksvollen Objekts zeigt.



1



ANFÄNGE

Das Weltraumteleskop Hubble wurde im Jahr 1990 gestartet. Damit öffnete sich das Kapitel seiner wissenschaftlichen Entdeckungen. Hubbles Geschichte jedoch begann schon lange bevor die Raumfähre *Discovery* an einem trüben Aprilmorgen abhob, nämlich fast ein Vierteljahrhundert zuvor.

Seit Jahrhunderten dienen Teleskope als Werkzeuge der astronomischen Forschung, manch ausgeklügelte Instrumente zur Vermessung des Himmels sind noch älter. Unbestritten gilt die Astronomie als erste Naturwissenschaft, deren Wurzeln weit über 2000 Jahre in das alte Babylon und nach Griechenland zurückreichen.

Weitaus jünger ist hingegen der Gedanke, ein Teleskop mithilfe einer Rakete in den Weltraum zu bringen.

Die ersten, uns bekannten ernsthaften Vorschläge stammen aus den 1920er Jahren und gehen auf den deutschen Raketenpionier Hermann Oberth zurück. Sogar zu seiner Zeit hatten solche Pläne eher etwas von Science-Fiction als von strenger Wissenschaft, denn Oberths Vorschläge folgten

nur zwei Jahrzehnte, nachdem sich überhaupt das erste Motorflugzeug mühsam für ein paar Flugsekunden von der Startbahn erhoben hatte. Zugegeben, die Luftfahrt hatte sich in diesen 20 Jahren mit den ersten Atlantikflügen und der Gründung der ersten Fluggesellschaften sprunghaft entwickelt. Aber auch wenn sich die vorderste Front der Luftfahrt nach vorn verschoben hatte, so gehörte Oberths Zeit doch immer noch zu dem Zeitalter der Doppeldeckerflugzeuge aus Holz und Baumwollstoff, der Luftschiffe und der Flugboote – und nicht zu dem der glänzenden Raketen aus Stahl.

Tatsächlich sollte es noch weitere drei Jahrzehnte dauern, bis es der Menschheit gelang, sich aus der Umklammerung der Erde zu lösen, und der Weg in den Orbit sollte ein ungeheuer zerstörerischer sein.

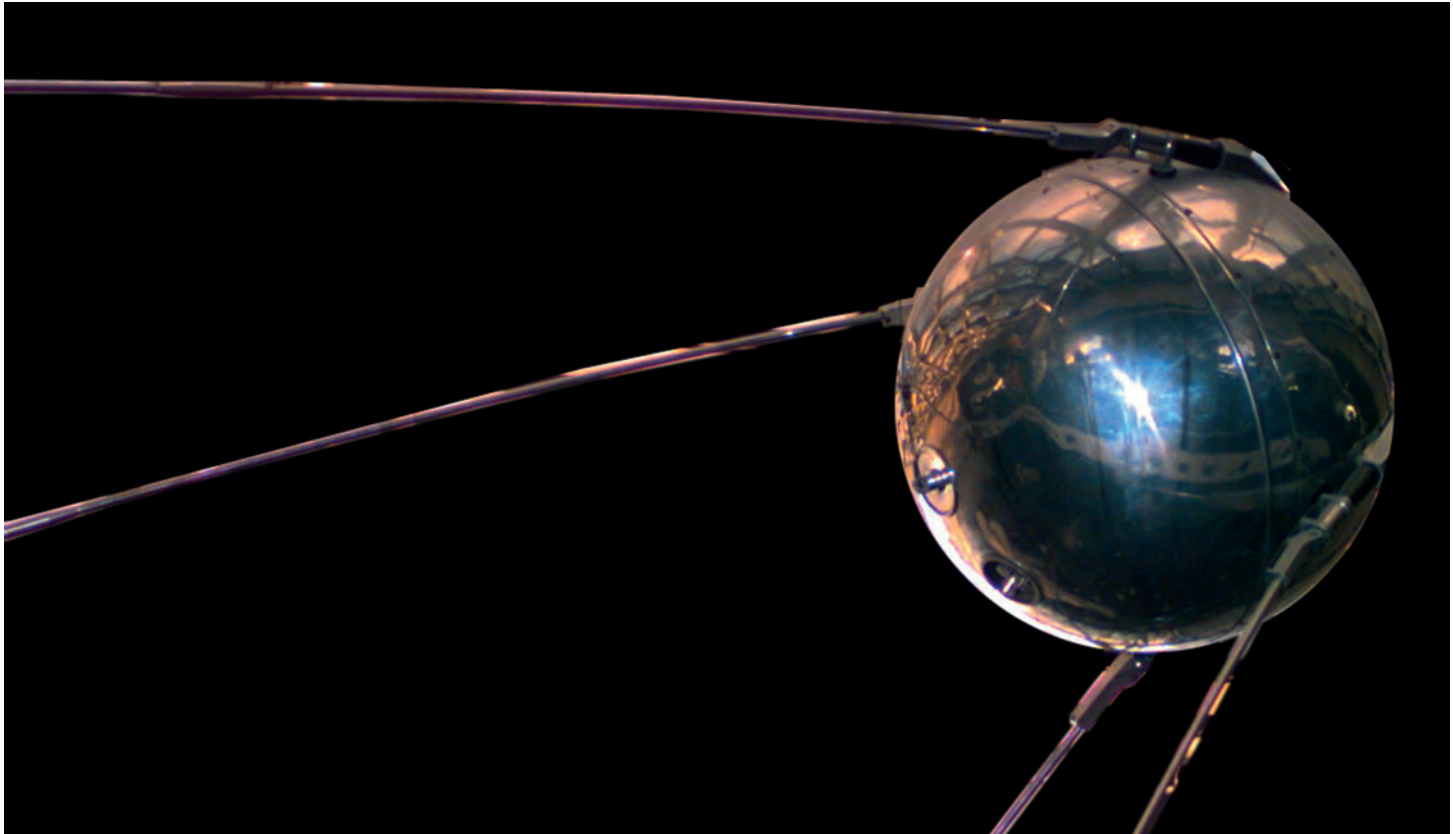
So entstammen die Technologien, die man braucht, um Objekte in den Weltraum zu bringen, keiner friedlichen wissenschaftlichen Forschung. Die unglückseligen Vorgänger der heutigen Weltraumraketen sind von Deutschland im Zweiten Weltkrieg entwickelte ballistische Raketen, die von den Vereinigten Staaten und der Sowjetunion während des Kalten Krieges als Teil ihrer Atomwaffenprogramme weiterentwickelt wurden.

Mit der ersten Umrundung unseres Planeten durch den Sputnik im Jahr 1957 fand diese Kriegstechnologie endlich eine friedliche Nutzung. Gleichzeitig erwies sich damit, dass die Raumfahrt mehr als eine theoretische Möglichkeit war.

Das Zeitalter der Weltraumfahrt hatte begonnen.

Hubble auf dem Weg in den Weltraum

Die Raumfähre Discovery hebt am Morgen des 24. April 1990 vom Kennedy Space Center in Florida zur Mission STS-31 ab — dem Start des Weltraumteleskops Hubble.



Pioniere der Weltraum-astronomie

Zur Zeit des Sputnikstarts hatte die Idee, den Weltraum vom Weltraum aus zu beobachten, bereits angefangen Gestalt anzunehmen.

Im Jahr 1946 machte sich der amerikanische Wissenschaftler Lyman Spitzer an die Entwicklung realistischerer Pläne für ein Weltraumteleskop weit oberhalb der störenden Einflüsse der Atmosphäre. Der im Jahr 1946 noch junge Universitätswissenschaftler sollte über die folgenden Jahrzehnte eine Schlüsselfigur bei der Entwicklung des Hubble-Projekts bleiben – schließlich sollte ein weiteres Weltraumteleskop nach ihm benannt werden. Das im Jahr 2003 gestartete Weltraumteleskop Spitzer beobachtet das Universum im Infrarotbereich des Lichts.

Nachdem die Raumfahrt im Jahr 1957 Realität geworden war, konnte man der Idee, ein Weltraumteleskop in den Orbit zu bringen, nur schwer widerstehen, denn die Atmosphäre ist des Astronomen größter Feind.

Millionen oder sogar Milliarden Jahre lang durchquert das Licht das Universum ungestört. Bevor es aber unsere Teleskope erreicht, wird es dann in den letzten Mikrosekunden durch die turbulente, trübe und schwer vorhersagbare Atmosphäre behindert.

Das Funkeln der Sterne am Nachthimmel, das durch die Bewegung der Luft in der oberen Atmosphäre entsteht, ist die sichtbarste Auswirkung der Atmosphäre auf das Sternenlicht, aber bei Weitem nicht die einzige. Staub und Feuchtigkeit in der Luft verstärken den Schimmereffekt der Turbulenz, sie absorbieren oder verändern die Farbanteile des Lichts, die Wissenschaftlern sonst so viel über die Eigenschaften astronomischer Objekte verraten. Die Ozonschicht absorbiert ultraviolettes Licht – das ist gut für die meisten

Beginn des Zeitalters der Weltraumfahrt

Mit seinem Start im Oktober 1957 läutete der Sputnik das Zeitalter der Weltraumfahrt ein. Er trug keine wissenschaftliche Nutzlast und war kaum mehr als ein Machbarkeitsnachweis. Allerdings bewies er, dass es technisch möglich war, einen Satelliten in die Erdumlaufbahn zu bringen. Außerdem löste er das Weltraumrennen zwischen den Vereinigten Staaten und der Sowjetunion aus. Weniger als zwölf Jahre später sollte Neil Armstrong seinen „kleinen Schritt“ auf die Oberfläche des Mondes machen. Das hier dargestellte Modell ist im Nationalen Luft- und Raumfahrtmuseum in den USA ausgestellt.

von uns, weil ultraviolettes Licht Hautkrebs verursacht, aber schlecht für die Astronomen, weil diese Absorption ihre Forschungen über junge und heiße Sterne behindert, die im ultravioletten Bereich hell leuchten. Die Feuchtigkeit absorbiert infrarotes Licht, das aufgrund seiner speziellen Eigenschaften oft die einzige Möglichkeit bietet, durch Staubbewölken hindurchzusehen.



Die störenden Einflüsse der Atmosphäre hinter sich lassen

Diese beiden Bilder der Galaxie NGC 2442 (der Fleischerhaken-Galaxie) verdeutlichen den großen Unterschied zwischen Beobachtungen vom Boden aus und denen aus dem Weltraum. So stammt die Aufnahme links von dem 2,2 m-Teleskop MPG/ESO am La Silla Observatorium in Chile und ist weniger detailreich. Die Aufnahme oben stammt vom Weltraumteleskop Hubble. Sie zeigt viele Details mit klar definierten einzelnen Sternen und Nebeln. Der Unterschied liegt nicht am Teleskop, denn beide Teleskope haben eine ähnliche Größe und sind mit Detektoren auf dem letzten Stand der Technik ausgestattet. Aber selbst an einem der besten Beobachtungsorte der Welt reduziert die Atmosphäre über ihm die Aufnahmequalität beträchtlich.

So einfach sind die Dinge natürlich nicht ganz. Bodenteleskope können oft ein weiteres Sichtfeld (wie links zu erkennen) darstellen. Und mithilfe einer als adaptive Optik bezeichneten Technik kann man die Auflösung der Bodenteleskope verbessern. Indem sie die Bedingungen in der oberen Atmosphäre kontinuierlich überwachen und die Form der Teleskopspiegel so ändern, dass die Turbulenzen ausgeglichen werden, gelingen Astronomen manchmal Beobachtungen, die durchaus mit den Beobachtungen vom Weltall aus vergleichbar sind. Allerdings funktioniert die Technik nur im Infraroten besonders gut, und die Turbulenzen werden auch nur für einen sehr kleinen Teil in der Mitte des Bildes ausgeglichen.

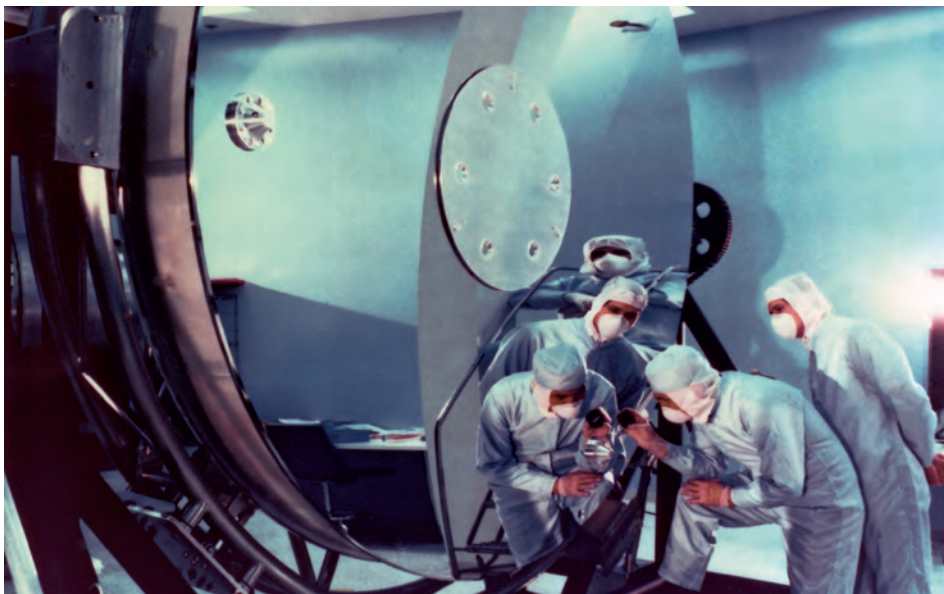
Wenn stabile und scharfe Beobachtungen gebraucht werden, bleibt zweifelsohne – vorerst – Hubble die erste Wahl.



Obgleich die Astronomen einige dieser Probleme reduzieren können, indem sie ihre Teleskope auf hohen Berggipfeln, in Wüsten und in Regionen mit äußerst vorhersagbarem Wetter bauen, und es Techniken gibt, mit deren Hilfe man einige der atmosphärischen Effekte eliminieren kann, besteht doch die einzige Möglichkeit, das Problem ganz zu beseitigen, darin, die Atmosphäre insgesamt zu umgehen.

Und das funktioniert nur, wenn man die Atmosphäre ganz verlässt.

Aufregende Entdeckungen machten in den 1960er und 1970er Jahren Experimente, bei denen man Teleskope auf suborbitale Raketen und Heliumballone montierte. Gedacht waren sie für Beobachtungen weit über der Erdoberfläche, aber immer noch innerhalb der obersten Bereiche der Atmosphäre. In gewisser Weise kann man sie als Vorgänger des Weltraumteleskops Hubble ansehen.



Die ersten echten, erfolgreichen Teleskope im Weltraum, die den Standard für Hubbels Arbeit setzten, waren allerdings zwei Satelliten, die man als erdumkreisende astronomische Observatorien (OAO für Englisch: Orbiting Astronomical Observatory) bezeichnete. Leider unterlag der Satellit OAO-1 einem technischen Versagen, noch bevor er seinen Betrieb aufnehmen konnte. Aber OAO-2, der im Rahmen einer amerikanischen Mission im Jahr 1968 gestartet wurde, und Copernicus (OAO-3), der als eine britisch-amerikanische Mission im Jahr 1972 gestartet wurde, beobachteten beide den Kosmos über Jahre.

Während Copernicus den Himmel durchforstete, nahmen Lyman Spitzers Pläne über den Bau eines Weltraumteleskops von ganz anderem Maßstab Formen an. Zunächst lief das Projekt unter dem Namen Großes Weltraumteleskop, bis es dann im Jahr 1983 einen geläufigeren Namen bekam: Weltraumteleskop Hubble, nach Edwin Hubble, dem Astronomen, der die Expansion des Weltalls entdeckt hatte.

Doch Hubble war immer noch nicht bereit zum Start.

Oben: Erdumkreisendes astronomisches Observatorium 1 (OAO-1)

OAO-1 war das erste Weltraumteleskop, das je gestartet wurde. Kurz nachdem es die Erdumlaufbahn erreicht hatte, versagten seine Systeme, und so machte das Teleskop nie eine Beobachtung. Seine beiden Nachfolger OAO-2 und Copernicus (OAO-3), die in den Jahren 1968 und 1972 gestartet wurden, waren beide äußerst erfolgreich und bewiesen, dass es lohnenswert wäre, ein noch ehrgeizigeres Projekt wie das Weltraumteleskop Hubble anzugehen.

Unten: Hubble-Spiegel aus der Nähe

Während der Konstruktion des Teleskops prüfen Ingenieure Hubbels 2,4 m-Hauptspiegel. Ein winziger Fehler im Spiegel, der den Prüfern bei diesen Tests entging und von einem schlecht kalibrierten Testinstrument verursacht wurde, sollte sich später für das Hubble-Team als ein größeres Problem herausstellen.