

Das nächste "Hubble" mit Schweizer Beteiligung : James Webb Space Telescope

Autor(en): **Glauser, Adrian**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **73 (2015)**

Heft 389

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-897369>

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.

Das nächste «Hubble» mit Schweizer Beteiligung

James Webb Space Telescope

■ Von Adrian Glauser

6.5 Meter im Durchmesser, -220°C kalt und 8.5 Milliarden Dollar teuer, das sind nur wenige der Eckdaten des neuen Infrarot-Weltraumteleskopes mit Startdatum 2018, welches beinahe alle bisherigen Rekorde der unbemannten Raumfahrt brechen wird, und dies im Dienste der Astronomie.

Das Geburtsdatum des damals «Next Generation Space Telescope» genannten Projekts geht weit in die 90er-Jahre des vergangenen Jahrhunderts zurück. Fast zwei Jahrzehnte später ist der Riesen-Satellit – der grösste je in einem Stück ins All gebracht – immer noch am Boden, ja noch gar nicht fertig zusammengebaut. «Nur» noch drei Jahre vor dem erwarteten Start kann man aber bereits Fazit ziehen über ein Projekt, welches die Zukunft der weltraumgebundenen Instrumentierung prägen wird wie kaum ein anderes. Projektlaufzeiten von Jahrzehnten sind nicht nur für die Generationen von Astronomen und Ingenieuren kritisch, die dabei einen Grossteil ihrer Karrieren investieren, sondern auch für die eingesetzte Technologie, die bereits vor dem eigentlichen Fertigen der Satellitenkomponenten veraltet ist. Und trotzdem lohnt sich der Aufwand, denn das James Webb Space Telescope JWST wird vermutlich jeden Bereich der modernen Astronomie revolutionieren.

Der Nachfolger von Hubble

Die Idee ist bestechend einfach: Die überwältigende räumliche Auflösung und Lichtempfindlichkeit des «Hubble Space Telescope» (siehe letzte ORION-Ausgabe) soll vom sichtbaren in den infraroten Wellenlängenbereich übertragen werden. So kann man in ähnlich revolutionärer Weise, wie damals mit Hubble, detaillierte Einblicke in Galaxien und entstehende Planetensysteme gewinnen, die jedoch durch den häufig gegenwärtigen inter- und zirkumstellaren Staub im sichtbaren Spektralbereich nur abgeschwächt

oder gar nicht beobachtbar sind. Wenn man aber diese Objekte im Infraroten betrachtet, wird der Staub transparent oder beginnt durch seine Wärmestrahlung sogar selbst zu leuchten. Mit einem Infrarotteleskop kann man tief in diese Objekte blicken, um so Fundamentales über Struktur und Zusammensetzung und indirekt deren Entstehung erforschen zu können. Das Spitzer-Weltraumteleskop oder die ISO-Mission, um nur zwei der vergangenen Infrarotteleskope zu nennen (die Spiegel mit einem Durchmesser von weniger als einem Meter hatten), haben gezeigt, wie unglaublich reichhaltig die Information des infraroten Lichts sein kann. Deshalb man dazu ein Teleskop ins

Abbildung 1: Das James Webb Weltraum-Teleskop.

Weltall senden muss, zeigt sich durch die so erreichbare Lichtempfindlichkeit: Das gasförmige Wasser und Kohlendioxid der Erdatmosphäre lassen infrarotes Licht nur in ganz spezifischen Bereichen durch (Treibhauseffekt) und ab einer gewissen Wellenlänge beginnt sie selber stark zu leuchten. Zusätzlich kann man bodengebundene Teleskope nicht auf Temperaturen tiefkühlen, die es ermöglichen würden, dass nicht mehr die Wärmestrahlung des Spiegels, sondern das

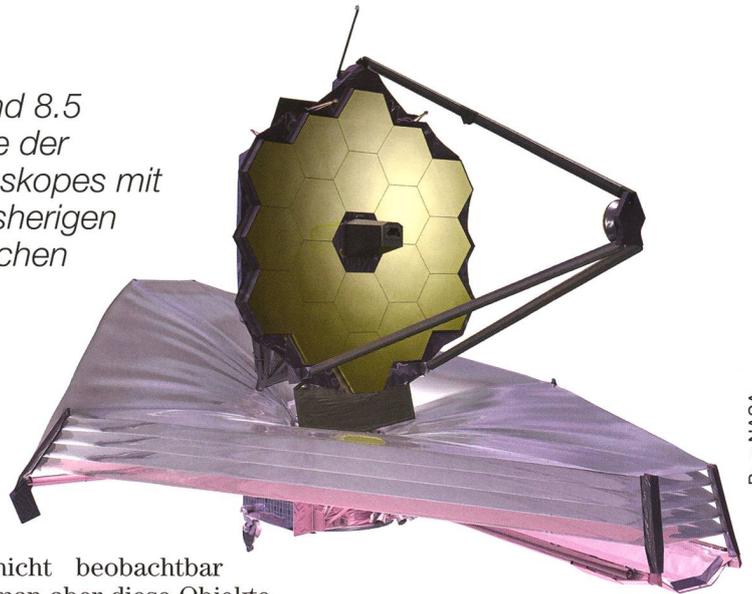


Bild: NASA

James Webb Teleskop und Hubble im Grössenvergleich

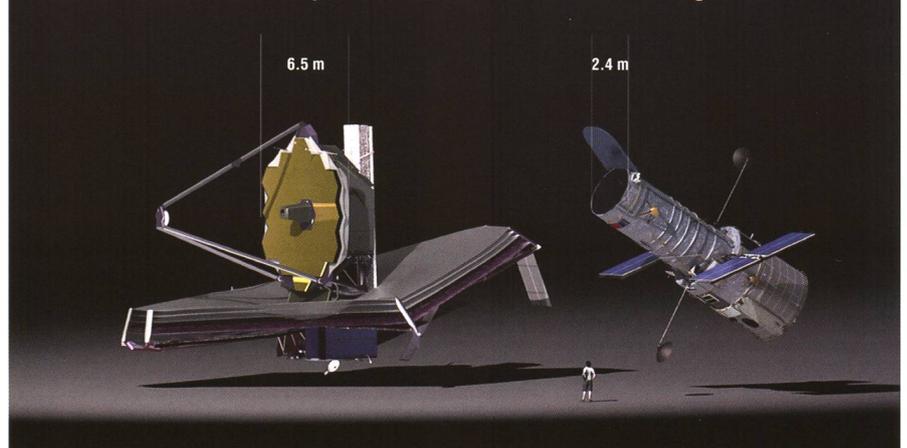


Abbildung 2: Im Vergleich zum James Webb Teleskop wirkt Hubble geradezu klein.



BILD: Ruedi von Steiger

Die Jalousien-Sonnenfinsternis

Besten Dank für Ihr Editorial sowie den Bericht von ERICH LAAGER im letzten ORION. Es ist wirklich schockierend, wie in manchen (vielen?) Schulen mit diesem Ereignis umgegangen wurde. Man könnte sich jetzt ereifern über die Ignoranz und Antiwissenschaftlichkeit, die 300 Jahre nach Beginn der Aufklärung immer noch grassiert. Ich möchte aber nur darauf hinweisen, dass die eingeschperrten Schüler hinter ihren Jalousien vielleicht gar nicht so schlecht bedient waren. Wenn es sich um die verbreiteten Lamellenstoren handelte, hatten sie so die Gelegenheit, viele Bilder der Sonnensichel am Boden und an den Wänden projiziert zu sehen. Ob sie's wohl gemerkt haben? In meinem Büro habe ich's genau so gemacht und hänge Ihnen gerne ein paar Bilder davon an. (Ruedi von Steiger)

astronomische Objekt der Hauptbestandteil der detektierten Strahlung ausmachen. Im Gegensatz zu Hubble zählen heute im Zeitalter der fortgeschrittenen Adaptiven Optik die Turbulenzen der Erdatmosphäre nicht mehr zu den Hauptargumenten eines Weltraumteleskops: Geplante Riesenteleskope wie das «European-Extremely Large Teles-

cope» (Fertigstellungsdatum Mitte des kommenden Jahrzehnts) werden die Sehschärfe von JWST um ein Vielfaches übertreffen. Mit dem Ziel, ein Hubble-ähnliches Teleskop für den infraroten Spektralbereich zu entwickeln, wurde die Idee eines kryogenen Gross-Teleskops geboren. Um die gleiche räumliche Auflösung des Hubbles

zu erreichen, braucht es für die grössere Wellenlänge einen entsprechend grösseren Spiegel. Hubbles Primärspiegel ist 2.4 Meter im Durchmesser. Der Primärspiegel von JWST sollte ursprünglich 8 Meter im Durchmesser werden, was später jedoch aus Kostengründen auf 6.5 Meter reduziert wurde. Abgesehen von der vergleichbaren Sehschärfe zu Hubble ist ein erwünschter Nebeneffekt, dass man mit dem grösseren Spiegel auch eine viel grössere Lichtsammelfläche hat, und so wird JWST im Vergleich zu seinem Vorgänger um ein Vielfaches sensitiver.

Um das Teleskop auf die gewünschte Betriebstemperatur von unter -220°C zu kühlen, bedarf es eines gigantischen Sonnensegels, der die Wärmestrahlung der Sonne und der Erde abhalten kann und es dem Teleskop ermöglichen sollte, durch eigene Abstrahlung abzukühlen. Da das Segel in der Grösse eines Tennisplatzes jedoch nicht in eine Ariane V Rakete passt, muss es auf komplizierte Art und Weise zusammengefaltet werden. Nach dem Raketenstart erfolgt entsprechend eine autonome Sequenz von diversen Mechanismen, die das Sonnensegel wieder auseinander falten können. Auch der Primärspiegel hat keinen Platz in der Rakete und ist deshalb segmentiert und kann zusammengefaltet werden. Insgesamt sind für die Entfaltung des Teleskopes über 100 Motoren und Mechanismen im Einsatz und im Gegensatz zu Hubble kann bei einer Fehlleistung einer dieser zahlreich benötigten Elemente kein Space-Shuttle hochfliegen und mittels Reparaturmission die Sache wieder richten: Einerseits gibt es das Space-Shuttle nur noch im Museum, andererseits wird das JWST in den sogenannten 2. Lagrange-Punkt gebracht, welcher 1.5 Millionen Kilometer von der Erde entfernt ist, also um ein Vielfaches weiter weg als der Mond. So muss die komplexe Infrastruktur von JWST auf Herz und Nieren getestet werden, was einerseits die lange Projektlaufzeit als auch die orbitalen Kosten teilweise erklärt.

Im Herzen von JWST arbeiten vier verschiedene Instrumente, drei davon im Nah-Infrarot bis $5\ \mu\text{m}$ und eins im mittleren Infrarot bis $28\ \mu\text{m}$. Das Sammelsurium von Instrumentenmodi ermöglicht es den Astronomen, tiefblickende Bilder ins ent-

fernteste Universum, Spektren von stark rotverschobenen Galaxien, aber auch koronographische Bilder von entstehenden Sternen bis hin zu Spektren von Exoplaneten aufzunehmen. Mit anderen Worten, JWST bringt eine Instrumentierung mit sich, die eine möglichst grosse Breite der modernen Astronomie abdeckt, um so dem Prinzip eines generellen Observatoriums gerecht zu werden. Dass es ein Observatorium der Superlativen sein wird, zeigen die beiden folgenden Beispiele.

Die allerersten Sterne beobachten

Man erinnere sich an die revolutionären Bilder des Hubble Ultra-Deep Fields, in dem Galaxien in überwältigender Fülle schwach und enorm rot-verschoben durch Gravitationslinseneffekte verzerrt sichtbar wurden. Es ist bis anhin der tiefste Blick ins entfernte und somit junge Universum (abgesehen von der kosmischen Hintergrundstrahlung). Im Vergleich dazu kann JWST dank seiner Infrarotempfindlichkeit Objekte mit viel grösserer Rotverschiebung aufspüren, die somit noch weiter entfernt und jünger sind. Eines der Hauptziele von JWST ist es daher, an die Grenze des Beobachtbaren zu gehen (siehe Abbildung 3): In den Anfängen der Entstehungsgeschichte unserer Galaxien, ca. 200-400 Millionen Jahre nach dem Urknall, entstanden enorm massereiche Sterne, die nach nur kurzer Lebensdauer von wenigen Millionen Jahren bereits als Supernovae explodierten oder direkt zu Schwarzen Löchern kollabierten, und auf diese Weise zu Mini-Quasaren wurden. Diese Objekte sollten von JWST detektiert und mittels Spektroskopie auf deren genaues Alter und Eigenschaften untersucht werden können. Noch ältere Objekte dürften gar nicht mehr sichtbar sein, da das Licht vom damalig allgegenwärtigen neutralen Wasserstoff absorbiert wurde. Insofern erwarten wir mit JWST an eine fundamentale Grenze zu stossen. Die genaue Erforschung dieser Grenze kann weitere Aufschlüsse über die Anfänge des Universums geben.

Gibt es Leben ausserhalb unseres Sonnensystems?

Obwohl die erste Konzeptionierung von JWST vor der Entdeckung des

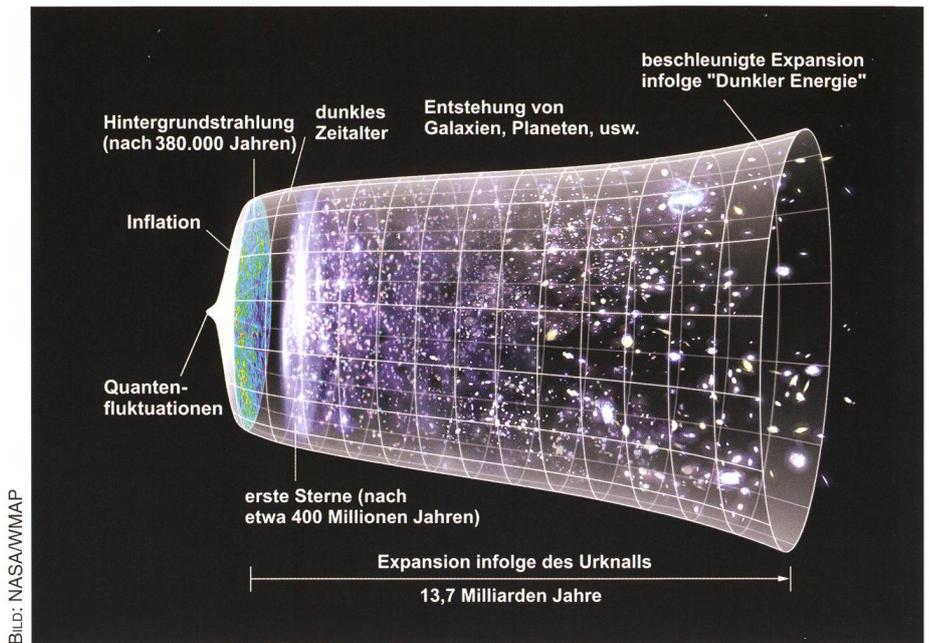


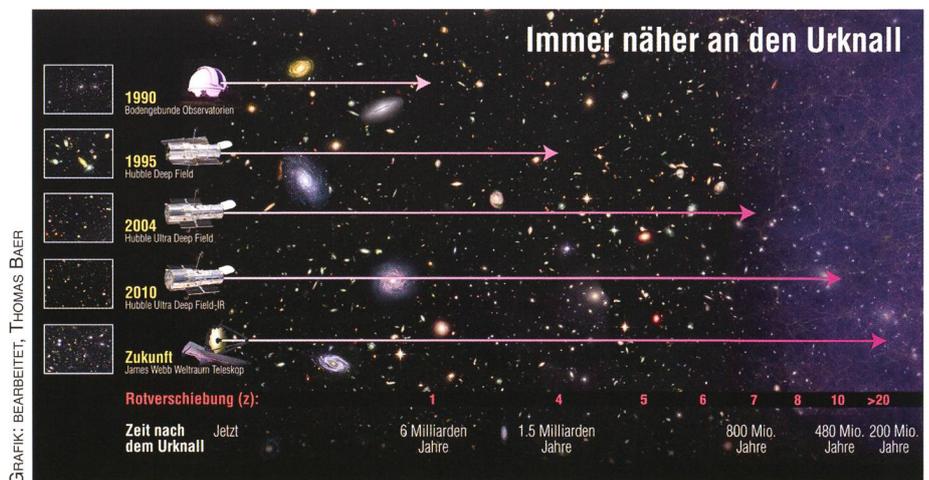
BILD: NASA/WMAP

Abbildung 3: Die Geschichte des Universums grafisch dargestellt. JWST wird dabei bis zu den ersten Sternen nach der dunklen Epoche («Dark Ages») sehen können

ersten Exoplaneten stattfand, befinden sich an Bord des Teleskopes zahlreiche Möglichkeiten zu deren Beobachtung. Drei der vier Instrumente sind mit Koronographen ausgestattet, die es ermöglichen, Bilder von Jupiter-ähnlichen Planeten um fremde Sterne aufzunehmen, wobei das viel hellere Licht des Sterns stark unterdrückt werden kann. Mit Hilfe des Infrarotlichts kann die Wärmestrahlung dieser Planeten direkt gesehen werden und dank des Fehlens der Erdatmosphäre werden Planeten sichtbar, die wir vom Boden aus nie entdecken könnten. Aber auch Beobachtungen von proto-planetaren Scheiben, die Ent-

stehungsorte der Planeten, geben Rückschlüsse über die chemische Zusammensetzung der Planetensysteme in deren Anfänge. Auf diese Weise wird man die Voraussetzungen für lebensfreundliche Bedingungen auf Planeten besser verstehen können.

Eine weitere Möglichkeit, Exoplaneten mit JWST zu untersuchen, ist die der Transit-Spektroskopie. Dabei werden Planeten untersucht, die sich von uns aus gesehen vor und hinter den Stern schieben, diesen oder sich selbst damit zwischenzeitlich bedecken und so eine Abschwächung des Lichts der gemein-



GRAFIK: BEARBEITET, THOMAS BAER

Abbildung 4: Mit der neuen Generation von Weltraumteleskopen können wir künftig immer noch näher an den Urknall «blicken».

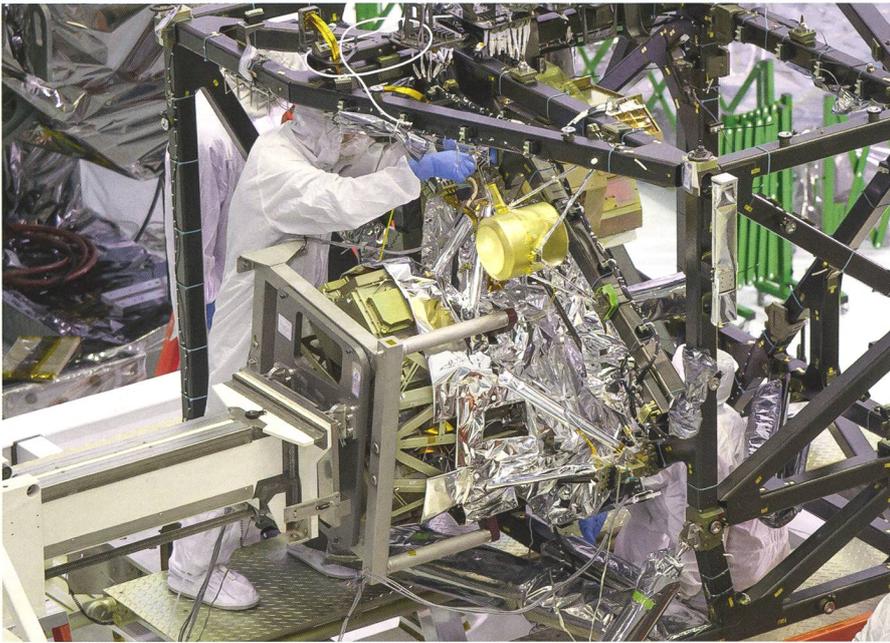


BILD: NASA/CHRIS GUINN

Abbildung 5: Das Mid-Infrared Instrument wird in die Teleskopstruktur integriert.

sam gemessenen Objekte verursachen. Diese Abschwächung kann auch spektral untersucht werden, um so Rückschlüsse auf die Atmosphärenzusammensetzung der Exoplaneten zu gewinnen. Dabei handelt es sich jedoch um extrem kleine Effekte. Entsprechend stabil muss die Messung sein und dies ist mit Erd-Teleskopen grundsätzlich sehr schwierig. JWST wird sehr stabil und zudem sehr sensitiv sein, was ideal ist für die Transit-Spektroskopie. Insofern erwarten wir von diesem Satelliten Einblick in die Atmosphären von Exoplaneten, wie wir sie noch nie zuvor erlangen konnten.

Das Mid-Infrared Instrument

Allen diesen enorm potentiellen Eigenschaften von JWST gehen eine sorgfältige und langwierige Instrumentierung voraus. Mit Weltraumprojekten gehen auch immer die schwierigen Optimierungsprozesse mit ein, um zwischen wissenschaftlichen Möglichkeiten und technologischen Realitäten abwägen zu können. Aus astronomischer Sicht sollte ein Instrument immer möglichst gut auflösend, sensitiv, optisch qualitativ und multifunktional sein. Die daraus resultierende Masse des Geräts sowie sein Volumen ergeben jedoch einfache ökonomische Grenzen. Auch möchte man die neusten und besten Detekto-

ren und andere Technologien einsetzen, doch erlaubt es das Prinzip nicht: Nur bewährte und qualifizierte Gerätschaften dürfen an Bord. Bei einer so teuren Mission müssen auch die unwahrscheinlichsten Fehlfunktionen ausgeschlossen werden, daher ist es nicht tolerierbar, dass man neue Technologie einsetzt, über die zu wenige Erfahrungswerte unter Weltraum-

bedingungen bestehen. Da die Komponenten viele Jahre vor deren Einsatz im All ausgewählt werden, ist es praktisch unmöglich, auf die neuesten technologischen Entwicklungen kurzfristig zu reagieren. Die bodengebundene Astronomie ist hier klar im Vorteil.

Die Schweiz unter früherer Führung des Paul Scherrer Instituts und nun der ETH Zürich hat sich zusammen mit industriellen Partnern an der Entwicklung eines dieser vier Instrumente, dem Mid-Infrared Instrument MIRI, massgeblich beteiligt. MIRI ist das einzige Instrument, welches das Infrarotlicht ab einer Wellenlänge von $5 \mu\text{m}$ detektieren kann und dies dank der Tatsache, dass MIRI noch weiter auf -266°C runtergekühlt wird, gerade mal 7 Grad über dem absoluten Nullpunkt. Die daraus entstehenden technologischen Anforderungen sind sehr komplex und verlangen ein sorgfältiges Testen aller Eigenschaften unter diesen speziellen Weltraumbedingungen.

Die Komponenten, die in der Schweiz hergestellt wurden, sind seit 2008 fertig und im Instrument eingebaut, welches von einem europäisch-amerikanischen Team, bestehend aus 16 Forschungsinstituten, zusammengebaut, getestet und 2012 durch die Europäische Weltraumorganisation ESA an die NASA abgeliefert wurde. Seither wurde



BILD: NASA/CHRIS GUINN

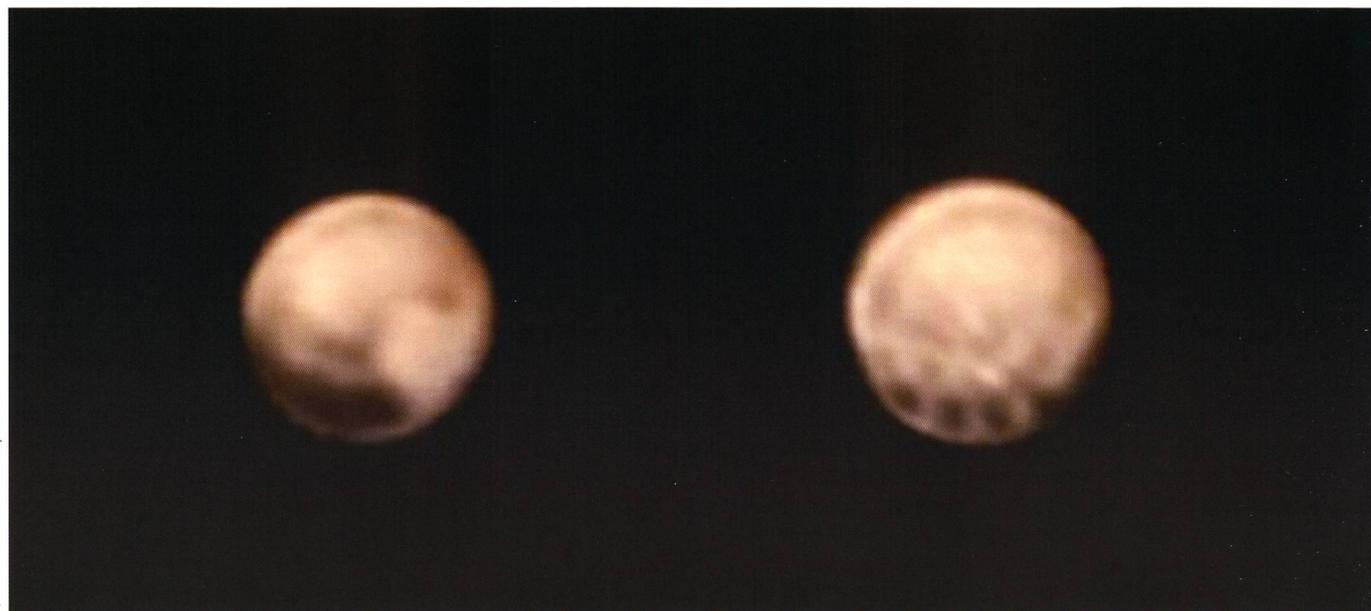
Abbildung 6: Die grösste Vakuumkammer der Welt beim NASA Johnson Space Center wurde für die Apollomission konstruiert. Nun wird sie für JWST umgebaut, um die Tieftemperatur von unter -220°C zu ermöglichen. Das Teleskop wird darin monatelang auf Sehschärfe und andere Eigenschaften getestet.

das Instrument zusammen mit seinen drei Mitstreitern in das Teleskop eingebaut und gründlich getestet. Der aktuelle Stand der Arbeiten bei NASA Goddard kann mittels zweier Webcams permanent beobachtet werden unter <http://www.jwst.nasa.gov/>. Es wird erwartet, dass im Jahr 2016 das Teleskop fertig gebaut wird. Im Anschluss soll es dann in der grössten Kältekammer der Welt – der umgebauten Vakuum-

kammer für die Tests der Apollo-missionen – auf Sehschärfe und andere Eigenschaften getestet werden (siehe Abbildung 6). Erst dann wird das Teleskop zusammen mit dem Sonnensegel und den restlichen Komponenten vereinigt, um so zum fertigen Satelliten zu werden. Mit dem geplanten Start im 2018 endet somit eine lange Episode beispielsweise Ingenieurskunst und gleichzeitig beginnt damit eine neue Epo-

che: Die Ära JWST, in welcher revolutionäre Entdeckungen dank des tiefen Blicks in den Kosmos an der Tagesordnung sein werden.

■ **Dr. Adrian Glauser**
ETH Zürich, Astronomie
Institut für Astronomie
Wolfgang-Pauli Strasse 27
CH-8093 Zürich



BILDER: NEW HORIZONS, NASA

Unerwartet rötlich: Pluto sieht aus wie ein «Zwerg-Mars»

Mit Erscheinen dieser ORION-Ausgabe wird die NASA-Sonde «New Horizons» bereits am Zwergplaneten Pluto vorbeigekostet sein. Noch nie hat ein menschgemachtes Flugobjekt diesen fernen Körper angefliegen. Schon die Tage vor dem Rendez-vous offenbarten den Astronomen mysteriöse Bilder. In Plutos Äquatorregion zeigen sich eine Reihe seltsamer dunkler Flecken. Auch die rötliche Färbung des Zwergplaneten lässt vermuten, dass die bisherigen Vorstellungen des Objektes ziemlich revidiert werden müssen. Haben wir gewissermassen einen zweiten «Mars» da draussen? Doch die Ursachen für das Rot sind bei beiden Gestirnen verschiedener Natur. Während es sich bei Mars um oxidiertes Eisen handelt, muss man bei Pluto von speziellen Kohlewasserstoffen ausgehen. (red)

Das Gucki, der Weitfeld-Feldstecher



Astro Optik Kohler

www.aokswiss.ch 041 534 5116

Eine geniale Umsetzung eines altbekannten Gerätes: der oft abschätzig als Operngucker benannte kleine Feldstecher mit Galileischer Optik entpuppt sich mit einer Vergrösserung von nur 2.3fach und wegen der fehlenden optischen Umkehrprismen mit sehr kontrastreicher Optik und real fast 30° Gesichtsfeld am Himmel als die grossartige Übersichtsoptik am Nachthimmel

