

Wissen

Der Hubble-Nachfolger hebt ab

Astronomie Das Beobachtungsspektrum des James-Webb-Teleskops reicht von den tiefsten Tiefen des Weltalls bis zu potenziell lebensfreundlichen Planeten. Morgen soll es mit einer Rakete von der Erde abheben – mit Schweizer Technologie an Bord.

Unser neues Auge im All

Das James Webb ist das grösste bisher gebaute Weltraumteleskop. Während Hubble sichtbares Licht detektiert, empfängt das Webb Infrarotlicht.

Die Entfaltung
Das sechs Tonnen schwere Webb ist zu gross für jede heute existierende Rakete, auch für die Ariane 5 von der ESA. Daher werden der Sonnenschirm, 6 der 18 Spiegelemente und der Sekundärspiegel erst im All sukzessive entfaltet. Sollte etwas schiefgehen, wäre das Teleskop unbrauchbar.

Schritt 1
Schritt 2
Schritt 3
Schritt 4
Schritt 5

Ariane 5
Höhe: 53 m
Durchmesser: 5,4 m
Gewicht: 780 t

Die Temperatur
Da das Webb Infrarotlicht (Wärmestrahlung) misst, darf das Teleskop selbst nicht warm sein, denn das würde die Messung stören. Direkte Wärmestrahlung der Sonne wird daher von einem Sonnenschirm aus fünf dünnen Folien abgeblockt.

Die Position
Das Webb umkreist nicht wie Hubble und die Raumstation ISS die Erde, sondern synchron mit der Erde die Sonne, und zwar am 1,5 Millionen Kilometer von der Erde entfernten sogenannten Lagrange-Punkt 2.

Der Grössenvergleich
Der Spiegel des Webb-Teleskops hat einen fast dreimal so grossen Durchmesser wie der Spiegel von Hubble. Das bedeutet, dass die Spiegelfläche des Webb rund neunmal so gross und dieser damit deutlich sensibler ist.

Das Teleskop
Das sensitive Infrarotauge des Webb kann tiefer ins All und damit weiter in die Vergangenheit blicken als Hubble. Die mit Gold beschichteten Spiegel aus Beryllium sind äusserst präzise poliert und nehmen erst in der Kälte des Alls ihre finale Form an. Mit Motoren lassen sie sich auf wenige Nanometer genau justieren.

Die Aussicht
Das Webb-Teleskop kann ins junge Universum zurückblicken, als die ersten Sterne und Galaxien aufleuchteten. Das ursprünglich sichtbare Licht der Sterne wurde durch die Expansion des Universums zu Infrarotlicht gestreckt.

Die Temperatur
Die Schattenseite des Teleskops ist auf -235°C abgekühlt, während die Sonnenseite auf $+125^{\circ}\text{C}$ erwärmt ist.

Die Aussicht
Gegenwart
Galaxienentwicklung
12 Mrd. Jahre
Erste Sterne und Galaxien
13,5 Mrd. Jahre
Urknall
13,8 Mrd. Jahre

Quelle: ESA, NASA

Joachim Laukenmann (Text),
Michael Treuthart
und **Daniel Barben** (Infografik)

Ein Fehlschlag ist beim James-Webb-Weltraumteleskop eigentlich keine Option. Zu abgrundtief wäre das schwarze Loch, in dem die Träume und wissenschaftlichen Ziele einer ganzen Generation von Astronominen und Astronomen verschwinden würden.

Die ersten Planungen für einen Nachfolger des Weltraumteleskops Hubble begannen bereits vor mehr als 30 Jahren. 1996 mündeten sie im Next Generation Space Telescope, wie das Webb ursprünglich hiess. Dessen Start war zunächst zwischen 2007 und 2011 angesetzt, die geschätzten Kosten lagen unter 1 Milliarde Franken. Kostensteigerungen auf letztlich rund 10 Milliarden, Umlanungen und technische Probleme haben das Projekt um rund zehn Jahre verzögert.

In einem Aufsatz im Fachmagazin «Nature» hiess es, das Webb hätte die Astronomie aufgefrischt. Die enorme Kostenexplosion hätte die Planung für andere wichtige Teleskope ausgebremst, wenn nicht gar zunichtegemacht.

Aber die drei beteiligten Weltraumagenturen Nasa (USA), ESA (Europa) und CSA (Kanada)

erachteten das Webb für so wichtig, dass alles dem neuen Teleskop der Superlative untergeordnet wurde.

Nun ist es so weit. Voraussichtlich am Samstag zwischen 13.20 und 13.52 Uhr Schweizer Zeit soll das grösste Weltraumteleskop aller Zeiten mit einer Ariane-5-Rakete der ESA vom Raumfahrtzentrum in Französisch-Guyana aus starten. Es soll die Astronomie ebenso revolutionieren, wie es das immer noch aktive Weltraumteleskop Hubble getan hat. Wenn alles klappt, wäre das nach dem früheren Nasa-Administrator James Edwin Webb benannte Weltraumteleskop die kosmische Instanz des kommenden Jahrzehnts.

Biene auf Mond erkennen

Die Sehschärfe des neuen Teleskops ist in etwa vergleichbar mit derjenigen von Hubble. Nur sieht das Webb im Gegensatz zum Vorgänger nicht im sichtbaren Bereich des Lichts, sondern im Infrarotlicht. Vor allem aber ist die Sensitivität des Teleskops enorm: Es könnte theoretisch die Wärmestrahlung einer Biene auf dem Mond nachweisen, wie die Nasa schreibt. Das ist 10- bis 100-mal sensibler als Hubble und erlaubt es, noch weiter in die Tiefe des Alls und damit in dessen Vergangenheit zu schauen.

Das Webb soll die ersten Sterne und Galaxien untersuchen, die sich wenige Hundert Millionen Jahre nach dem Urknall gebildet haben, also vor mehr als 13 Milliarden Jahren. Als Infrarotauge kann das Webb im Gegensatz zu Hubble auch in Regionen blicken, wo Staub und Gas sichtbares Licht blockierten. Ein Beispiel ist die Staubscheibe, die einen jungen Stern umgibt und in der Planeten entstehen.

Zudem soll das Webb die Atmosphäre von potenziell lebens-

Schweiz an Instrument beteiligt

Bei einem von vier Instrumenten des Webb ist die Schweiz beteiligt: Beim Mid-Infrared Instrument (Miri). Es kann längerwelliges Infrarotlicht empfangen als die anderen Geräte und ist daher besonders dafür geeignet, weit entfernte Galaxien, neu entstehende Sterne und kaum sichtbare Kometen zu beobachten.

Die Leitung des Schweizer Beitrags lag zunächst beim Paul-Scherrer-Institut. 2008 wurde das Projekt an die ETH Zürich zugewiesen. Auch zwei Industriepartner sind mit von der Partie. Die Ruag hat eine Abdeckung entwickelt, die das Miri während der Abkühlphase vor Kontamination und den Detektor später vor Licht schützt. «Das

freundlichen Exoplaneten untersuchen. Dazu wird das eingefangene Licht in seine farblichen Bestandteile zerlegt, in ein sogenanntes Spektrum. Strichcode-artige Lücken im Spektrum geben Auskunft über potenziell auf Leben hindeutende Moleküle in der Atmosphäre eines Planeten.

Erfolgversprechend für die Suche nach Leben auf Exoplaneten ist zum Beispiel das etwa 40 Lichtjahre von der Erde entfernte Planetensystem Trappist-1. Sieben Planeten wurden

ist eine kritische Komponente», sagt Adrian Glauser von der ETH, der die Schweizer Beiträge koordiniert. «Wenn der Deckel klemmen würde, wäre das Instrument verloren. Entsprechend aufwendig war die Entwicklung.» Auch die thermische Isolierung des Miri stammt von der Ruag.

Den zweiten Beitrag zum Miri hat die Firma Syderal geliefert. «Man musste für die Steuerung der Instrumente Kabel entwickeln, die dünner sind als ein Haar und die möglichst keine Wärme leiten», sagt Glauser. Die Kabel verbinden die warme Elektronik mit den kalten Bauteilen. «Es war viel Aufwand nötig, um das weltraumtauglich zu entwickeln.» (jol)

dort entdeckt, mehrere umkreisen den Mutterstern in der habitablen Zone, wo flüssiges Wasser vorhanden sein sollte. Aber ein eindeutiger Nachweis für die Existenz von Leben auf Exoplaneten dürfte selbst mit Webb schwierig werden.

Das auffälligste Merkmal ist sein aus 18 Sechsecken aufgebauter, golden schimmernder Hauptspiegel mit einem Durchmesser von 6,5 Metern. Da keine Rakete ein so grosses Teleskop aufnehmen kann, ist es nach Origami-Manier zusammengefaltet. Nach dem Entfalten müssen die 18 Spiegelsegmente ausgerichtet werden: auf ein Zehntausendstel des Durchmessers eines menschlichen Haars genau.

Origami mit Sonnenschirm

Als ebenso heikel gilt das Spannen des aus fünf hauchdünnen Folien bestehenden und fast tennisplatzgrossen Sonnenschirms. Er wird benötigt, um das Teleskop auf einer Betriebstemperatur von Minus 235 Grad Celsius zu halten. Die Sonne würde das Teleskop ansonsten auf bis zu 125 Grad Celsius aufheizen.

Die goldene Beschichtung der Spiegel aus Beryllium hat einen guten Grund: Gold reflektiert Infrarotlicht zu 99 Prozent und damit weit besser als Aluminium oder Silber. Infrarotlicht aus den

Tiefen des Weltalls wird somit fast vollständig zum Sekundärspiegel und von dort über zwei weitere Spiegel zu den Instrumenten gelenkt.

Beim Start des Webb muss alles auf Anhieb klappen. Eine Reparaturmission wie bei Hubble ist unmöglich: Während Hubble die Erde knapp oberhalb der Internationalen Raumstation in rund 550 Kilometer Höhe umkreist, soll Webb in 1,5 Millionen Kilometer Entfernung von der Erde parkiert werden. An diesem Ort, genannt Lagrange-Punkt 2, bewegt sich das Teleskop synchron mit der Erde um die Sonne, als wären beide Objekte an einem Uhrzeiger befestigt, der sich um die Sonne dreht. Die permanente relative Nähe zur Erde erleichtert die Kommunikation. Zudem ist das Teleskop dort keinen grossen thermischen Schwankungen ausgesetzt.

Nun blickt die Fachwelt gespannt auf den Start und noch mehr auf das in den Wochen danach folgende komplexe Origami unter Schwerelosigkeit im eisigen Weltraum. Insgesamt soll die Inbetriebnahme des Teleskops rund ein halbes Jahr benötigen. Wenn alles klappt, beginnt dann die Phase, von der eine ganze Generation von Astronominen und Astronomen seit Jahren träumt.