

James Webb erblickt das

Von Alois Regl

„Eine Milliarde US\$ und zehn Jahre Entwicklungszeit“ - so ein erster Entwurf der NASA in den späten 1990er Jahren für einen Nachfolger des Hubble Teleskops. Zehn Jahre später, beim endgültigen Baubeschluss 2008, war die Milliarde bereits ausgegeben worden - für Planung und Design der Mission. Es existierte noch nicht einmal eine Schraube für das geplante Teleskop. Geworden sind es dann an die zehn Milliarden und gut zehn Terminverschiebungen auf letztlich fast ein Vierteljahrhundert Projektlaufzeit bis zur Inbetriebnahme. Das James Webb Space Telescope (JWST) teilt damit irgendwie das Schicksal der Hamburger Elbphilharmonie, des Berliner Flughafens und - vor langer Zeit - des Wiener AKH. Aber es teilt auch eine weitere Gemeinsamkeit: Trotz der grob danebenliegenden ersten Schätzungen kann sich das Ergebnis mehr als sehen lassen. Die in al-

len genannten Fällen sehr hoch gesteckten Erwartungen wurden alle erfüllt und deutlich übertroffen.

Schwere Geburt...

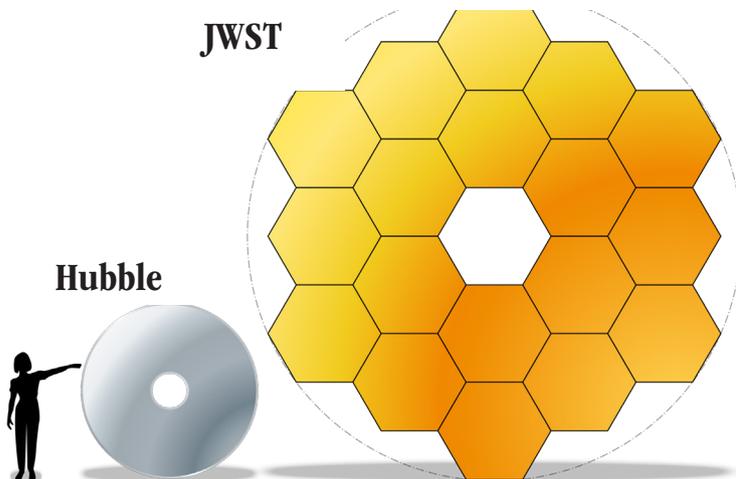
Schon 1996 (Hubble war gerade im Vollbetrieb) gab es Pläne für einen Nachfolger, der hauptsächlich weit entfernte Galaxien aus der Frühzeit des Universums abbilden sollte. Eine lange Serie von Terminverschiebungen, Mismanagement und heftige Budgetüberschreitungen führten dazu, dass 2011 die Einstellung des Projekts empfohlen wurde. Ein Aufschrei ging durch die Presse, sodass der Vorschlag wieder fallen gelassen wurde. Mit den Projektpartnern aus Europa (ESA) und Kanada sowie kleineren Beiträgen aus 20 Nationen (darunter Österreich) konnte das JWST schließlich Ende 2021 auf einer europäischen Ariane Rakete seine Reise ins Weltall antreten.

Webb und L2

Je weiter entfernt von der Sonne ein Himmelskörper liegt, desto langsamer umkreist er sie. Der Merkur benötigt 88 Tage für eine Umrundung, die Venus schon 224 und die Erde bekanntermaßen 365,25 Tage. Wie lange braucht ein Körper, der noch eineinhalb Millionen Kilometer (etwa viermal so weit wie die Entfernung zum Mond) weiter „draußen“ ist als die Erde? Hier kommt eine interessante Eigenschaft der Himmelsphysik zum Tragen: Die Schwerkraft von Sonne und Erde ergänzen sich so, dass dieser Körper *genau gleich lange* für eine Sonnenumrundung braucht wie die Erde. Dieser Punkt hat einen Namen: Lagrange-Punkt Nummer 2, oder L2. Warum die Nummerierung? Weil es für jedes Zweikörpersystem (also beispielsweise Sonne-Erde) genau fünf solcher Punkte gibt, an denen sich die Schwerkraft neutralisieren.

Der L2 ist sehr interessant für die Astronomie, weil ein Teleskop dort immer auf der Nachtseite der Erde im Blickfeld ist, und weil es weit genug von den störenden Einflüssen der Erde (Magnetfelder, elektromagnetische Strahlung, Wärme etc.) ist. Aus diesen Gründen wurde das JWST genau dort platziert. Die Sache hat nur zwei Haken: zum Einen ist ein Service (wie er mehrfach beim Hubble Teleskop gemacht wurde) nicht mehr möglich. Der Aktionsradius bemannter Raumkapseln ist auf ein paar Hundert km beschränkt. Zum Anderen liegt der L2 permanent im Schatten der Erde - kein guter Ort für Solarpanels. Das JWST beschreibt daher eine elliptische Bahn rund um den L2, gerade außerhalb des Erdschattens, sodass die Panels dauernd von der Sonne beschienen werden können.

Vergleich der Spiegeldurchmesser zwischen dem bislang größten Weltraumteleskop Hubble und dem JWST. Es gibt keine Rakete, die einen Spiegel dieser Dimension als Nutzlast aufnehmen könnte. Daher wurde er in 18 Segmente zerlegt, die zusammengeklappt transportiert wurden (Bilder rechts: Schemazeichnung und Bild kurz dem Verpacken in die Rakete) und auf dem Weg zum Bestimmungsort in einer komplexen Prozedur aufgeklappt und dann ausgerichtet werden mussten. Wenn alles gut geht, könnte in einigen Jahren allerdings eine solche Rakete zur Verfügung stehen: das „Starship“ der Firma SpaceX (Elon Musk). Ein erster Test endete kürzlich in einer Explosion, aber SpaceX gibt da sicher nicht auf.



Licht ... des Universums

Rechts: Nehmen Sie ein Sandkorn (!) und halten Sie es mit ausgestrecktem Arm Richtung Himmel. Was befindet sich dahinter? Das JWST liefert mit diesem Bild (Ausschnitt rechts) die Antwort: es sind unvorstellbare 10.000 Galaxien. Jede davon im Schnitt mit rund 200 Milliarden Sternen. Einen kräftigeren Eindruck von der Größe des Universums hat es noch nie gegeben.

Der helle Fleck in Bildmitte ist Teil eines Galaxienhaufens, einer dichten Ansammlung Hunderter oder Tausender Galaxien. Die länglichen Flecken, die annähernd kreisförmig rund um den Haufen angeordnet sind, sind verzerrte Bilder von Galaxien, die hinter dem Haufen liegen. Dieser wirkt wie eine Linse auf das Licht der Hintergrundgalaxien. Dieser Effekt ist eine direkte Folge der Relativitätstheorie und wurde von Einstein bereits vorausgesagt. Mit damaligen Mitteln (1905!) war es noch nicht möglich, ihn direkt zu beobachten. Der Effekt wird daher auch „Einstein-Ring“ genannt.

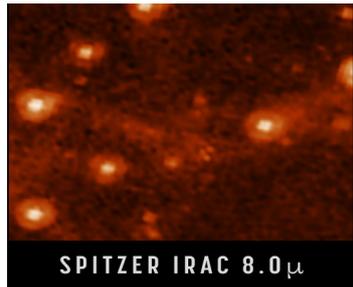
Webb ist cool!

Im Gegensatz zum Hubble Teleskop sind die Instrumente des JWST hauptsächlich auf Infrarotstrahlung ausgelegt. Will man Wärme messen, muß das Instrument so kalt wie möglich sein, damit es nicht seine eigene Wärme abbildet. Daher ist der Instrumentenblock von mehreren Schichten einer Folie gegen die Sonneneinstrahlung geschützt. Die Folien sind etwas größer als

ein Tennisplatz, dabei aber dünner als ein menschliches Haar. Eines der Instrumente wird zusätzlich noch durch einen „Cryocooler“ (eine Art Kühlschrank) auf fast den absoluten Nullpunkt (-273°) heruntergekühlt. Die technischen Herausforderungen allein für den „Kühlschrank“ waren enorm: Eines der Probleme waren die Vibrationen, die durch die Kühlmittelpumpe ausgelöst werden.



Unten: das JWST in betriebsbereitem Zustand. Im unteren Bildteil die fünf Lagen der Sonnenschutzfolie. Am rechten Bildrand der Sekundärspiegel, auf den die 18 Segmente des golden schimmernden Primärspiegels fokussiert sind. Der Sekundärspiegel wirft das Licht zurück, auf eine kleine Öffnung in der Mitte. Dahinter befinden sich mehrere Instrumente für verschiedene Wellenlängen, vom sichtbaren Licht bis hin zur Wärmestrahlung (Infrarot).



SPITZER IRAC 8.0 μ

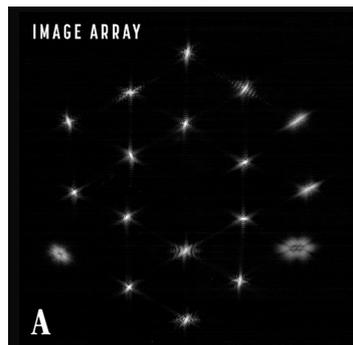
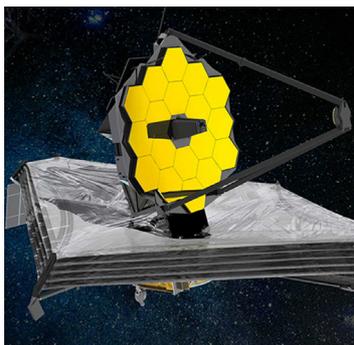


WEBB MIRI 7.7 μ

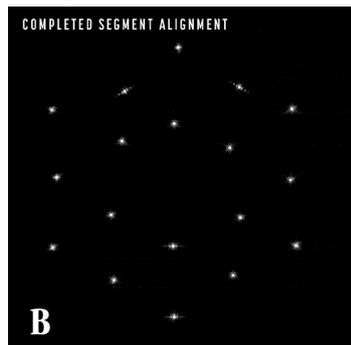
Links: Dieser Vergleich eines JWST Bildes (rechts) mit einer Aufnahme des Spitzer Röntgenteleskops macht den Fortschritt in der Detailtreue sichtbar.

Alle Bilder:
NASA/Webb Telescope

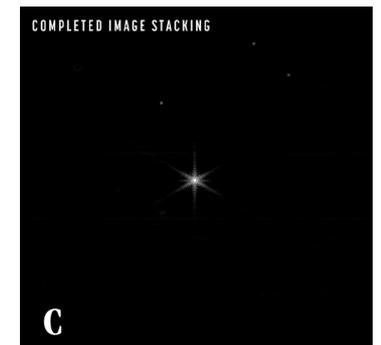
Unten: Der Spiegel des JWST besteht aus 18 hexagonalen Teilsiegeln, die nach dem Entfalten noch zueinander ausgerichtet werden müssen, um wie ein einziger Spiegel zu arbeiten. Dazu wird das Teleskop in Richtung eines mittelhellen Sterns gerichtet. Zunächst sind die Spiegel weder scharf gestellt noch haben sie dieselbe Sichtlinie. Wir erhalten daher 18 getrennte und unscharfe Bilder (Bild A). Der nächste Schritt ist das Scharfstellen (Bild B) und schließlich das Ausrichten, bis die Teilbilder auf ein einziges, scharfes Bild zusammenfallen (Bild C). Der gesamte Vorgang dauert mehrere Tage.



A



B



C