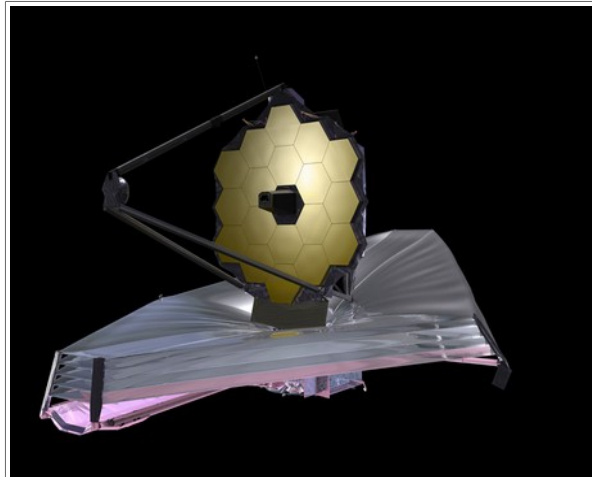


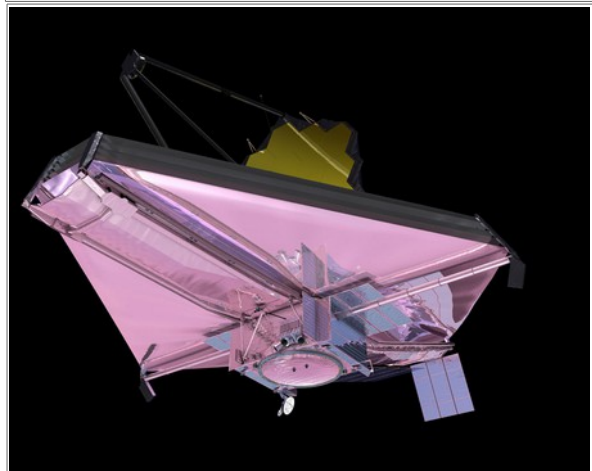
Das James Webb – Weltraumteleskop (JWST)

1. Das Projekt JWST

Seit dem Jahr 1996 arbeiten in Kooperation viele Staaten aus Europa sowie die USA und Kanada mit ihren Weltrauminstitutionen NASA, ESA und CSA gemeinsam an dem Projekt vom „James Webb Space Telescope“ (JWST) zusammen. Dieses neue Weltraumteleskop ist ein revolutionäres Projekt und soll im All einmal die Weltraumteleskope Hubble und Spitzer, welche in die Jahre gekommen sind, ablösen. In der Art der Technik ist es ein Infrarotteleskop. Das Weltraumteleskop wird die Aufgaben der Veteranen (Hubble und Spitzer) mit erweitertem Funktionsumfang übernehmen und den Weltraum mit der Prämisse erforschen, was geschah seit dem Urknall und der Entstehung der Galaxien, der Sterne und des gesamten Universums. Wie war es möglich, dass wir uns hier auf der Erde so entwickeln konnten, und sind wir wirklich allein existent in diesem Universum. Dieses „Space Telescope“ ist in der Entwicklung nach den neuesten technologischen Erkenntnissen gestaltet worden, ausgestattet mit speziellen Instrumenten zur Beobachtung von Infrarot-Quellen im All. Die Art und Weise der Konzeption soll dazu beitragen, die Belastungen während des Fluges und des laufenden Betriebes schadlos zu verkraften, als auch eine zuverlässige Funktion aller an Board befindlichen Instrumente zu ermöglichen. Es ist ein Projekt, was schon vor einigen Jahren bereits den Kostenrahmen von 3 Milliarden Dollar, bei einer 75%-Fertigstellung, gesprengt hat. Bereits im Jahr 2011 hat das Repräsentantenhaus der USA das Projekt gestoppt, weil seitens der USA eine maximal Garantie der Gesamtkosten von 3, 3 Milliarden Dollar gegeben war. So kam es zur Unterbrechung und einer Ein-



Das James Webb Space Telescope von oben



Das James Webb Space Telescope von unten

Unterbrechung und einer Ein-

schätzung der Gesamtkosten durch die NASA auf 8,7 Milliarden Dollar bei Fertigstellung. Durch diese Unterbrechung wird die Inbetriebnahme nicht wie geplant im Jahr 2014 erfolgen, sondern aller Voraussicht nach erst 2018 abgeschlossen werden können. Durch die Intervention der USA haben sich die beteiligten Ländern beraten und über die anteiligen Kosten einigen können. Die Finanzierung war somit gesichert und garantiert die Fertigstellung, einschließlich der Betriebskosten für fünf Jahre. Die Länder von Europa sind mit 0,3 Milliarden Dollar beteiligt, wobei das den Transport des Weltraumteleskops ins All mit einer Ariane 5 ECA einschließt.

Ursprünglich hieß das Weltraumteleskop von Beginn an „Next Generation Space Telescope“ (NGST). Eine neue Namensgebung geschah im Jahr 2002 nach dem ehemaligen Leiter der Luft- und Raumfahrtbehörde NASA James Webb und heißt von da an „James Webb Space Telescope“ (JWST).

2. Der Namensgeber James Webb

Der volle Name des Mannes, der für das neue Weltraumteleskop verwendet wird, ist James Edwin Webb. Es ist auch eine nachträgliche Würdigung seiner Arbeit bei der NASA, der er von 1961 bis 1968 als Direktor vorstand. Er verließ die amerikanische Weltraumbehörde kurz vor Beendigung der Apollo-Missionen, woran er maßgeblich im Auftrag vom ehemaligen Präsidenten Kennedy verantwortlich war.



James Edwin Webb

Er wurde am 7. Okt. 1906 geboren und starb am 27.

März 1992 in Washington D.C. Sein Studium als Erzieher hatte den Abschluss als Bachelor. Beim Marine Corps war er als aktiver Pilot in den Jahren 1930-1932. Zusätzlich studierte er Jura an der George Washington University. Aus seiner Ehe mit Patsy Aiken Douglas stammen zwei Kinder, nämlich Sarah und James Edwin junior.

Er vollzog eine lange Laufbahn als Regierungsbeamter. Nach seiner Kriegsbeteiligung im Zweiten Weltkrieg kehrte er zurück nach Washington und arbeitete als Direktor vom „Bureau of the Budget im Executive Office“ des US-Präsidenten Truman.

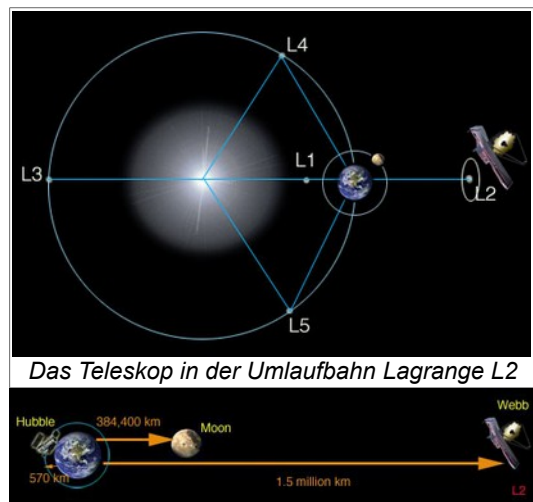
Wie schon beschrieben, begann seine Amtszeit als Direktor bei der NASA im Jahr 1961, wo er den Plan Kennedys, in einem bestimmten Zeitrahmen eine Landung auf dem Mond zu verwirklichen, voll unterstützte. Die Realisierung geschah im

vorgegebenen Zeitrahmen und zwar mit dem Apollo-Programm. Allerdings verließ er vor Abschluss dieser Mond-Odyssee mit Apollo die NASA.

3. Ziel der Realisierung

Ursprünglich sollte der Start vom JWST bereits im Jahr 2014 erfolgen, jedoch stoppte das Repräsentantenhaus der USA aus Kostengründen dieses Vorhaben im Jahr 2011, weil der finanzielle Rahmen überschritten wurde oder bereits überschritten war und zwar beim Stand einer 75%-igen Fertigstellung des Projekts. Allerdings gab es unter den teilnehmenden Ländern der EU, USA und Kanada im Jahr 2012 einen Konsens, der die Fertigstellung und den Betrieb des Weltraumteleskops finanziell sicherstellte. Die Nutzung wurde zunächst auf fünf Jahre festgelegt. Jedoch der gesetzte zeitliche Rahmen war nicht mehr realisierbar und als frühestmöglicher Starttermin das Jahr 2018 geplant. Nun haben sich in der Fertigstellung einzelner Komponenten Verzögerungen ergeben, die eventuell zu Zeitproblemen führen könnten. Auf der Zielseite vom [James Webb Weltraumteleskop](#), betrieben von der NASA, befinden sich Übersichten der Zielpunkte mit der Fertigstellung von integrierten Modulen und Tests dieser Bauteile. Auf der Informationsseite „What`s the next“ sind die nächsten Projektschritte erläutert und mit Bildern illustriert. Der stärkste von der NASA einbezogene Industriepartner ist die amerikanische Firma „[Norstthrop Grumman Corporation](#)“ mit dem Hauptfirmensitz in Virginia. Die Firma Norstthrop Grumman hat etliche [Unterlieferanten](#) einzelner Komponenten des Weltraumteleskops. In einer Zusammenarbeit zwischen 17 Ländern mit insgesamt 1000 Mitarbeitern wurde die Entwicklung und Konstruktion des JWST erst möglich, und das erforderte eine gehörige Portion Zusammenschluss und Abstimmungskompetenz der beteiligten Forschungs- und Entwicklungsabteilungen. Der Zusammenbau der Baugruppen erfolgt in dem Goddard Space Flight Center in Greenbelt, Maryland.

Der Anteil der Europäer an diesem Projekt bezieht sich auf die Herstellung der Komponente Mid Infrared Instrument (MIRI) und den Transport vom James Webb Weltraumteleskop mit der Ariane 5 ECA ins All, das heißt, auf die exakte Positionierung in der Umlaufbahn L2. Dieses bedeutet, dass sich die Beobachtungsstation ca. 1,5 Millionen km von der Erde entfernt im All bewegt, sozusagen im Schatten der Erde und so



von der Sonne abgewandt. In dieser Umlaufbahn ist die Station nicht der Sonnenstrahlung unmittelbar ausgesetzt und die erforderliche Kühlung der Komponenten ist dadurch einfacher zu bewerkstelligen. Hauptschutzschild ist ein Sonnensegel und eine spezielle, aktive Kühlung auf 15° Kelvin vom MIRI (Mid Infrared Instrument). Weiterhin hat diese Position draußen im All den immensen Vorteil, dass die aktive Nutzung des JWST mit längeren Belichtungs- und Beobachtungszeiten sich erheblich gegenüber dem Weltraumteleskop Hubble erhöht. Allerdings ist diese Position nicht so konstant und erfordert hin und wieder Korrekturen der Umlaufbahn mittels Raketentriebwerken. Der mitgeführte Treibstoff ist auf eine Nutzungszeit von fünf Jahren ausgelegt. Es gibt natürlich auch einen wesentlichen Nachteil dieser Lagrange-Umlaufbahn (L2) bei diesem Weltraumteleskop. Es kann nicht wie Hubble nachgebessert werden, weil es keine erdnahe Umlaufbahn hat und so nicht von einem Raumschiff nachträglich erreichbar ist. So ist die Realisierung vom JWST geplant und es ist noch nicht sicher, ob der Start im Jahr 2018 stattfinden kann. Natürlich darf es keine Pannen geben und deswegen ist beim Bau Sorgfalt vor Eile angesagt, denn letztendlich entstehen die hohen Endkosten von voraussichtlich 8,7 Milliarden Dollar, eine stattliche Summe wie ich finde. Nach einer Einrichtzeit von 6 Monaten sollen dann die eigentlichen Beobachtungen beginnen. Alle Astronomen und Physiker sind sicherlich schon voller Erwartung auf ihre Zeit mit dem James Webb Weltraumteleskop.

4. Technische Ausstattung

Dieses Hightech-Gerät hat bei Fertigstellung eine Masse von 6,2 t und der Hauptspiegel einen Durchmesser von 6,5 m. Die Baukomponenten sind so konzipiert, dass sie zusammen gefaltet von einer [Ariane 5 ECA-Rakete](#) in die vorgesehene Umlaufbahn transportiert werden. Diese spezielle Konstruktion ist so gestaltet, dass sich die Komponenten im Weltraum erst auf einen von der ESA auf der Erde gesendeten Befehl komplett entfalten und so das funktionstüchtige James Webb Weltraumteleskop entsteht. Weiterhin schließen sich Funktionstests und genaue Ausrichtmanöver durch die vorhandenen Steuerungsraketen an, wonach dann erst nach 6 Monaten der normale Betrieb und die Nutzung als Weltraumteleskop durch die Wissenschaftler beginnt.

So sind die wissenschaftlichen Instrumente das Herzstück dieses futuristischen Weltraumteleskops. Verschiedene [innovative Technologien](#) wurden für das JWST entwickelt. Dazu gehören ein entfaltbares Sonnensegel zum Schutz vor Strahlung als Hitzeschutz, ein segmentierter Hauptspiegel, angepasst an seine Funktionsform nach dem Start im All; Ultraleichte Beryllium-Optik; Detektoren, die extrem

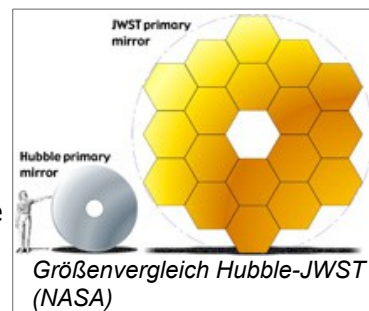
schwache Signale und Mikrobewegungen von Objekten aufzeichnen, die programmierbare Objektauswahl für das Spektrogramm zu ermöglichen; und ein Cryocooler zur Kühlung der Mittleren IR-Detektoren.

Es sind beim JWST insgesamt vier Module. Diese Module beinhalten wieder etliche Baugruppen für ganz spezielle Funktionen.

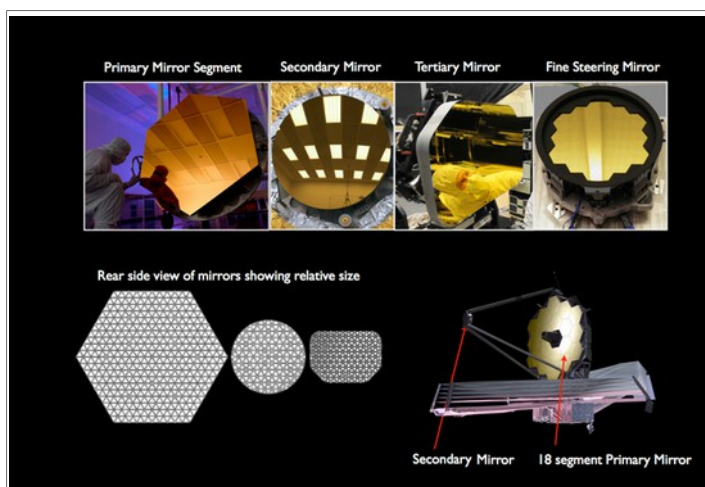
- Das Optische Teleskop Element – OTE
- Das Instrumentenmodul ISIS mit insgesamt vier Baugruppen
- Das Modul der Sonnensegel
- Der Spacecraft Bus ist das Steuerungsmodul für alle Funktionen vom JWST

4.1 Das Optische Teleskop Element – OTE

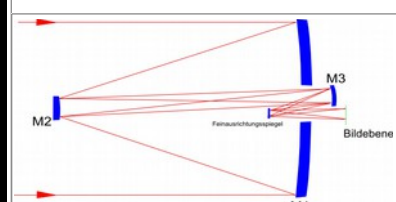
Dabei handelt sich um ein Infrarotteleskop, welches aus 18 sechseckigen Elementen besteht, die aus dem Werkstoff Beryllium bestehen und deswegen sehr leicht sind. Außerdem sind sie vergolddet und hochglanzpoliert. Jedoch ist die Geometrie der Fläche dieser 18 Teile unterschiedlich. Diese Elemente bildet den Primär-Spiegel (M1) und die-



ser hat dann in seiner Betriebsfunktion die Ausmaße von 6,5 m Durchmesser. Die Spiegelelemente sind an einem speziellen Tragegerüst (Backplane) befestigt, welches die erforderliche Stabilität für den Teleskopspiegel durch die Tragefunktion und Fixierung garantiert. Daran befestigt sind dann der M1-Spiegel (primär), der M2-Spiegel (sekundär) sowie der M3-Spiegel (tertiär) und ein Feinausrichtungsspiegel. Diese Spiegelanordnung lenkt das Licht auf die Bilde-



Darstellung der Spiegel M1 bis M3 mit Feinausrichtungsspiegel beim JWST



Stahlengang der Spiegel, Urheber: Chris Falter – 30.3.2012

bene. Die Spiegelemente sind klappbar mit dem Tragegerüst für den Transport mit der Ariane 5 ECA ins All verbunden. Erst im Weltall entsteht dann dieser große Spiegel, weil die Spiegelemente durch Klappfunktionen mechanisch in ihre Endlage gebracht und durch Aktuatoren justiert werden. So entsteht dieser große Spiegel von 6,5 m Durchmesser, welcher um ein Vielfaches größer als der Hubble-Spiegel ist.

Der Sekundärspiegel (M1) lässt sich in sechs Freiheitsgraden ausrichten. Mittels Tertiär-Spiegel (M3) und dem Feinausrichtungsspiegel wird das Licht auf die Instrumente in der Bildebene geleitet. Die Brennweite der Spiegeleinheiten beträgt 131,4 m mit einer optischen Auflösung von 0,1 Bogensekunden. Eine Wellenlängen-Abdeckung liegt im Bereich 0,6 bis 28 Mikron. Mit einer Betriebstemperatur von unter 50° Kelvin (-223.15° C) ist ein stabiler Betrieb garantiert und sorgt so mit für extrem genaue Messungen. Durch sehr geringe Werkstoffausdehnungen der Komponenten sind minimierte negative Einflüsse zu erreichen.

4.2 *Das Instrumentenmodul [ISIM](#) mit insgesamt vier Einzelkomponenten*

ISIM ist ein Rahmengestell, in welches insgesamt vier spezielle, wissenschaftliche Module eingebaut sind. Das ist die Nah-Infrarot-Kamera ([NIRCam](#)), für die die University of Arizona verantwortlich war. Dann den Nah-Infrarot-Spektrographen ([NIRSpec](#)), bereitgestellt von der ESA mit Komponenten von der NASA/GSFC. Weiterhin das Mittel-Infrarot-Instrument ([MIRI](#)), entwickelt in der Verantwortung durch das Europäische Konsortium mit der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) und von der NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL). Letztendlich noch die Instrumente [Fine Guidance Sensor / Near InfraRed Imager und Slitless Spektrogramm](#) oder FGS/NIRISS - bereitgestellt von der Canadian Space Agency. Nur das MIRI-Instrument wird aktiv gekühlt und so mit einer Temperatur von unter 15° Kelvin (-258.15° C) betrieben.

4.3 *Das Modul der [Sonnensegel](#)*

Die Instrumente vom James Webb Weltraumteleskop müssen unter 50° Kelvin betrieben werden, um schwache Infrarot-Quellen besser erkennen zu können. Damit diese Temperatur stabil zu erreichen und zu halten ist, verfügt das Weltraumteleskop über ein Sonnensegel, welches die Wärmestrahlen der Sonne und der Erde gezielt abhält und so die Module keine Wärme aufnehmen können. Das aus fünf Lagen bestehende Sonnensegel ist aus dem Material Kapton, welches mit Aluminium und Silizium beschichtet ist und deswegen die auftreffende Strahlung zurück ins All reflektieren soll.

4.4 Der Spacecraft-Bus

Diese Komponente ist die Schaltzentrale vom Weltraumteleskop und die Steuerungseinheit für alle Funktionen vom JWST. Dabei setzt sich das System aus sechs Einzelkomponenten zusammen. Es ist das elektrische Energieversorgungssystem, das Bahnkontrollsystem, das Kommunikations- und Datenaustauschsystem, das Befehls- und Datenkontrollsystem, das Antriebssteuersystem und das Temperaturkontrollsystem.

4.5 Weitere Bauelemente

- Das Antennensystem ist zum Datenaustausch mit der Erde eingerichtet und wird in der Hauptsache zum Senden der Beobachtungsinformationen gebraucht. Auch empfängt sie zur Steuerung die Befehle von der Erde. Bei dem JWST ist die Datenübertragungsrate recht hoch.
- Die Trim-Klappe gleicht den solaren Druck auf das Sonnensegel aus und stabilisiert das Weltraumteleskop. Sie ist ausschließlich nur bei der Montage einstellbar.
- Zur Energieversorgung befindet sich auf der Unterseite vom JWST ein Solarmodul.
- Weiterhin gibt es ein kleines Teleskop auf der Unterseite, welches Sternformationen aufspüren soll, um Ziele für das Weltraumteleskop zu finden.

5. **Aufgaben des neuen Weltraumteleskops**

Mit diesem Super-Satelliten JWST sind Beobachtungen möglich, die uns in den Erkenntnissen zum Universum, dem Urknall, der Entstehung von Galaxien, von Sternen, von Planeten und unserem eigenen Sonnensystem einen gewaltigen Schritt nach vorne bringen. Die einzelnen wissenschaftlichen Aufgaben sind:

- Das JWST soll die Wissenschaft grundsätzlich darüber aufklären, wann die ersten Sterne und Galaxien nach dem Urknall entstanden sind. Die Wissenschaftler haben festgestellt, dass 400 Millionen Jahre nach dem Urknall das Weltall ein Raum ohne Sterne und Galaxien war. Was geschah genau in dieser Phase im Universum? Das interessiert unsere Wissenschaftler.
- Wie sind Galaxien entstanden? Wie setzen sich Galaxien zusammen? Auch auf diese Fragen soll das JWST eine Antwort finden.
- Die Wissenschaftler versuchen im Detail zu verstehen, wie sich Sterne aus Wolken von Gas und Staub überhaupt bilden können. Dabei wusste die Wis-

senschaft vor etlichen Jahrzehnten noch nicht einmal, dass sich ständig neue Sterne bilden und eine Kernfusion in ihnen abläuft. Und wie verhalten sich Sterne in den Gruppen, in denen sie meistens gebildet werden? In einer wissenschaftlichen Abklärung von bestehenden Theorien und den durchgeführten Beobachtungen mit dem JWST soll eine Kombination zu neuen Erkenntnissen führen.

- Die Beobachtungen sollen zum grundsätzlichen Verständnis über die Entstehung von planetaren Systemen beitragen. Wie konnte unser Sonnensystem in der Milchstraße und dem Universum überhaupt entstehen? Wie konnte sich auf unserem Planeten Erde das Leben entwickeln und wie oder wo ist der Ursprung allen Lebens zu finden?

6. Beteiligte Länder bei diesem Projekt – mit [NASA](#), [ESA](#) und [CSA](#)

Es sind die folgenden Länder an dem Projekt beteiligt:

-  Belgien
-  Dänemark
-  Deutschland
-  Finnland
-  Frankreich
-  Griechenland
-  Irland
-  Italien
-  Kanada
-  Luxemburg
-  Niederlande
-  Norwegen
-  Österreich
-  Portugal
-  Spanien
-  Schweden
-  Schweiz
-  Tschechien
-  Vereinigtes Königreich
-  Vereinigte Staaten

7. Der Weg zum Start

Der Weg war vorgezeichnet seit dem Beginn der Planungen im Jahr 1996 unter der Namensgebung „Next Generation Space Telescope“ (NGST). Im Jahr 2002 hat man sich dazu entschlossen, das Projekt nach dem ehemaligen Leiter der NASA James Edwin Webb zu benennen, um diesen Mann für seine Leistungen zu ehren. Von da an hat dieses Projekt den Namen „James Webb Weltraumteleskop“. Jedoch liefen die Kosten etwas aus dem Ruder und sprengten den von den USA gesetzten Rahmen von 3,2 Milliarden Dollar, was dann zum Baustopp führte. In einer Einigung der beteiligten Staaten im Jahr 2011 ging es dann weiter, jedoch war der einstige Starttermin im Jahr 2014 natürlich nicht mehr zu halten. Nun will die Kooperation der Länder im Jahr 2018 das Weltraumteleskop JWST mit einer Ariane 5 ECA ins All bringen, um diesen Satelliten damit in der Umlaufbahn genannt L2, ca. 1,5 Millionen km von der Erde entfernt auf der sonnenabgewandten Seite abzusetzen.

Die Montage und die entsprechenden, vorbereitenden Tests werden nach dem festgelegten Milestone-Plan abgewickelt. Dennoch ist es teilweise schon zu Verzögerungen gekommen, obwohl im Moment der Starttermin noch nicht infrage gestellt ist.

Nun ist es wohl so, dass die Sorgfalt Vorrang vor dem Starttermin hat, denn wenn das Projekt einmal fertiggestellt ist, soll es letztendlich insgesamt 8,7 Milliarden Dollar gekostet haben. Die Kosten beinhalten eine geplante Betriebsdauer von 5 Jahren, welche jedoch auch auf 10 Jahre ausgedehnt werden könnte. Die Betriebszeit des Weltraumteleskops wird von Europa aus überwacht und gesteuert. Die europäische Weltraumbehörde ESA ist dafür verantwortlich und stellt dazu das Equipment und das Personal zur Verfügung.

8. Quellen der Informationen

Wikipedia: http://de.wikipedia.org/wiki/James_Webb_Weltraumteleskop

NASA: JWST http://www.nasa.gov/mission_pages/webb/main/index.html

Firma Northrop Grumman: JWST

<http://www.northropgrumman.com/Capabilities/JWST/Pages/default.aspx>

ESA: Ariane V <http://esamultimedia.esa.int/multimedia/publications/ariane5/>

ESA: JWST http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/JWST

9. Interessante Links zum Projekt

Wichtige Fakten vom JWST: <http://jwst.nasa.gov/facts.html>

Bilder und Videos vom JWST: <http://jwst.nasa.gov/multimedia.html>

Status der Bauphasen: <http://jwst.nasa.gov/recentaccomplish.html>

News vom JWST: http://jwst.nasa.gov/news_archive.html

Features vom JWST: <http://jwst.nasa.gov/public.html>

Team vom JWST: <http://jwst.nasa.gov/people.html>

Über den Start vom JWST: <http://jwst.nasa.gov/launch.html>

Präsentation Status und Planung: http://jwst.nasa.gov/resources/JWST_Status-Plan_111216.pdf

JWST bei der ESA: http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/JWST

Newsletter vom JWST: <http://jwst.nasa.gov/newsletters.html>

Publikationen vom JWST: <http://jwst.nasa.gov/publications.html>

Andere Veröffentlichungen: <http://jwst.nasa.gov/other.html>

10. Erstellung

Aachen - 06.07.2014

Wolfgang Müller