

Zeitschrift: astro sapiens : die Zeitschrift von und für Amateur-Astronomen
Band: 3 (1993)
Heft: 4

Artikel: Schweizer Astronaut repariert das Weltraumteleskop : Nicollier ein zweites mal im All
Autor: Schmidt, Men J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-896864>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 30.06.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Schweizer Astronaut repariert das Weltraumteleskop

Nicollier ein zweites mal im All

Men J. Schmidt

Das von der NASA und der ESA gemeinsam entwickelte Hubble-Weltraumteleskop (HST) erzielt nach einhelliger Auffassung der Astronomen bessere Ergebnisse, als es je mit anderen Teleskopen möglich war. Dennoch wird ein siebenköpfiges Astronautenteam – darunter der Schweizer ESA-Astronaut Claude Nicollier – auf eine Wartungsmission zum Hubble-Teleskop entsandt. Wozu ein solches Unterfangen? Warum ein Instrument verbessern, das weltweit schon als bestes Gerät seiner Art gilt?

«Dies ist ein weiteres Beispiel der guten Zusammenarbeit zwischen der amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA und der Europäischen Weltraumorganisation ESA», freute sich der ESA Generaldirektor Jean Marie Luton anlässlich der Bekanntgabe der NASA, dass Claude Nicollier für einen zweiten Weltraumflug ausgewählt wurde.

Claude Nicollier ist als Missionspezialist auf dem Flug STS-61 verantwortlicher Flugingenieur für den Aufstieg, Wiedereintritt, Annäherung am Teleskop sowie für den Einsatz des Greifarms zuständig. Nicollier hat in den vergangenen Jahren am NASA Johnson Space Center in Houston bereits erheblich an der Verfeinerung der Programme zur besseren Bedienung des Greifarms gearbeitet und hat bei seinem ersten Flug im August 1992 die wiederver-

wendbare ESA-Plattform EURECA erfolgreich mit dem Greifarm aus der Shuttle-Ladebucht gehoben.

Mission mit schwierigsten Aussenbordeinsätzen

Der Flug der Astronauten zum HST wird vielfach als Rettungsmission zur Behebung des optischen Fehlers des Hauptspiegels dargestellt, was aber den Tatsachen nicht gerecht wird. Denn *«das Weltraumteleskop wurde bei seiner Planung in den 70er Jahren von Anfang an für einen fünfzehnjährigen Betrieb auf der Umlaufbahn ausgelegt»*, sagt der HST-Projektleiter der ESA, Derek Eaton. *«Das ist recht lang. Die regelmässige Wartung durch die Astronauten war daher immer eines der Hauptmerkmale dieser Mission. Die Wartungsflüge sollten mit einem durchschnittlichen Abstand von drei Jahren erfolgen. Der diesjährige Flug*

ist der erste in der Serie, dem 1996/97, 2000, usw. weitere folgen werden.» Das Hubble-Teleskop ist infolgedessen so aufgebaut, dass es von Astronauten bei Aussenbordeinsätzen gewartet werden kann. Es besteht aus 49 genormten Bausteinen, die sich leicht instandsetzen oder auswechseln lassen. Ausserdem ist es mit einer Vielzahl von Halterungen und Führungen versehen, die die Arbeit der Weltraummechaniker erleichtern.

Wartungsflüge waren für das HST also immer schon eingeplant, um defekte Komponenten instandzusetzen oder auszutauschen, aber auch um die wissenschaftliche Instrumentierung zu modernisieren.

Beim ersten Flug sollte ursprünglich die (1975 konzipierte) amerikanische Weitwinkelkamera durch eine Ausführung höherer Leistung (nach dem technischen Stand von 1990) ersetzt werden. Nach der Entdeckung des «Sehfehlers» des Teleskops und des Vibrationsproblems beim europäischen Solargenerator wurde beschlossen, beim Flug 1993 auch diese beiden Defekte zu beheben, d.h. eine Korrekturoptik einzubauen und den Solargenerator früher als geplant zu ersetzen.

Zweitens ist eine Instandsetzung tatsächlich notwendig geworden. In den drei bisherigen Betriebsjahren hat das Teleskop einen beträchtli-

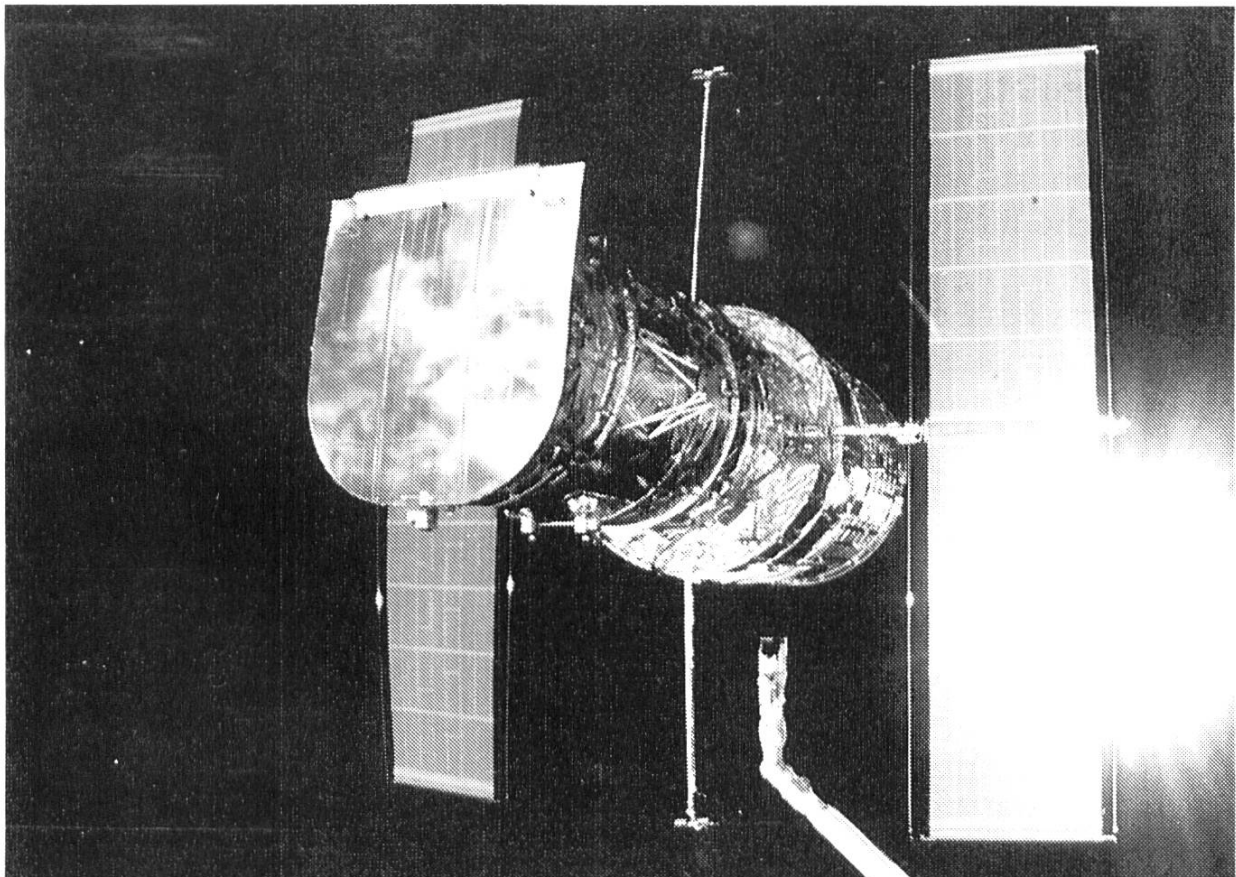


Abb. 1: Aussetzen des Hubble-Weltraumteleskops (HST) in die Umlaufbahn um die Erde im April 1990. Bild NASA-ESA / Archiv Schmidt.

chen Verschleiss erfahren, mit dem man allerdings gerechnet hat. Es hat drei von insgesamt sechs Lageregelungskreiseln verloren, so dass keine Redundanz mehr gegeben ist. Auch ein Sternsensor ist ausgefallen; für die Feinausrichtung auf die Sterne sind nur noch zwei verfügbar. Eines der beiden Elektroniksysteme für die Nachführung der Sonnenzellenausleger zeigte ebenfalls Zeichen der Schwäche. Alle diese Ausfälle und Funktionsstörungen haben die Gesamtleistung des Teleskops bisher nur wenig beeinträchtigt. Die kritischen Elemente des Satelliten sind alle zweifach vorhanden. Aber für die Kreisel zum Beispiel sind keine funktionsfähigen Reserveeinheiten mehr verfügbar. Dies bedeutet, dass dringend für Ersatz gesorgt werden muss, damit die Mission mit der grösstmöglichen Ausfallsicherheit fortgesetzt werden kann.

Drittens wird der Wartungsflug im Dezember auch in wissenschaftlicher Hinsicht von grossem Nutzen sein. *«Das Teleskop leidet zwar an einer 'Sehschwäche'. Es sieht nicht so gut und vor allem nicht so weit wie geplant. Aber es hat dennoch eine aussergewöhnliche Leistungsfähigkeit bewiesen, denn jeden Tag stellt es, wenn auch in einem begrenzten Teil des Universums, erstklassige Beobachtungen an. Jede Leistungssteigerung ist daher willkommen, und der Einbau der Korrekturoptik wird sich bezahlt machen»*, sagt Duccio Macchetto, der Leiter des ESA-

Teams in dem für den wissenschaftlichen Betrieb des Teleskops verantwortlichen Institut STScI in Baltimore. *«Zudem wird die von europäischen Wissenschaftlern entwickelte und gebaute Kamera für lichtschwache, d.h. für sehr weit entfernte Objekte, am meisten von der Korrektur profitieren»*, fügt Dr. Macchetto hinzu, der 15 Jahre lang das mit der Entwicklung dieser Kamera (FOC) betraute europäische Team geleitet hat.

Einsatz von Menschen unumgänglich

Der Gang der Dinge hat gezeigt, dass die Auslegung des HST als ein auf der Umlaufbahn wartbares Gerät richtig war, denn die nach dem Start entdeckten Fertigungsfehler hätten sonst nicht behoben werden können, und beim normalen Verschleiss des Satelliten wäre die Mission bald auf grosse Schwierigkeiten gestossen. Dank der von vornherein geplanten Wartung durch Astronauten erhält eines der kühnsten wissenschaftlichen Weltraumvorhaben der Jahrhundertwende die nötige Flexibilität und kann sogar dem technischen Fortschritt angepasst werden. Zu den vordringlichen Aufgaben gehören:

- Austausch des Solargenerators
- Ersetzen der Weitwinkelkamera (WFPC2)
- Einbau der Korrekturoptik (COSTAR)
- Auswechseln von Lageregelungskreiseln

Aussergewöhnliche Beobachtungserfolge

APQ heissen unsere Fluorid-Objektive mit höchster apochromatischer Qualität.

Für Beobachtungserlebnisse von unbeschreiblicher Schönheit.

Refraktor APQ 130/1000

Durchmustern Sie den Himmel mit dem neuen APQ-Refraktor und Sie entdecken eine neue Welt: eine unbekannte Detailfülle auf dem Mond, die Venus glasklar und ohne Farbsaum, Jupiters Atmosphäre in den schönsten Pastelltönen, den Orionnebel in ungewöhnlicher Pracht. Feinste lichtschwache Details jetzt auch bei hohen Vergrösserungen.



Carl Zeiss AG

Grubenstrasse 54
Postfach
8021 Zürich
Telefon 021 320 62 84
Telefax 021 320 63 14

Av. Juste-Olivier 25
1006 Lausanne
Telefon 021 20 62 84
Telefax 021 20 63 14

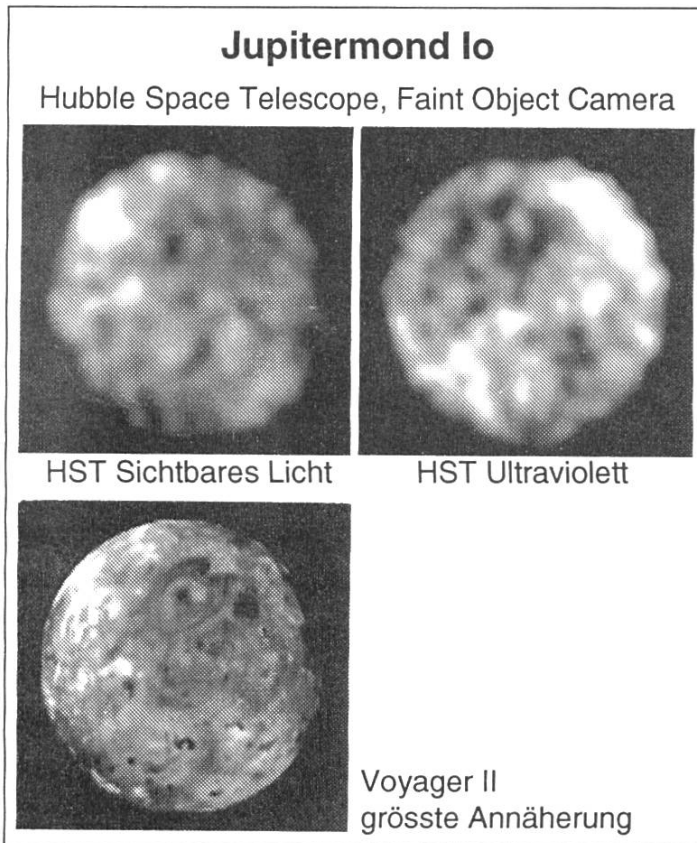


Abb. 2: Trotz eines Fehlers im Hauptspiegel ist das HST sehr leistungsstark, wie diese Bilder des Jupitermondes Io im Vergleich zu einer Voyager-Aufnahme zeigen. Bild NASA-ESA / Archiv Schmidt.

Folgende Aufgaben werden nur ausgeführt, wenn noch genügend Zeit verbleibt:

- Instandsetzung des hochauflösenden Spektrometers (HRS)
- Erhöhung der Kapazität des Bordrechners
- Sonstige kleine Reparaturen (Magnetometer, usw.)

Um die defekten Teile auszuwechseln und eine «Kontaktlinse» für das «kurzsichtige» Teleskop zu installieren, sind fünf, eventuell sogar sechs «Weltraumspaziergänge» mit je zwei Astronauten erforderlich.

Mit dem geschilderten Arbeitsprogramm dürfte die Mission STS-61 der komplexeste Einsatz in der Geschichte des amerikanischen Raumtransporters sein. Sie ist für 11 Tage geplant und sieht fünf Aussenbordeinsätze vor, was einen Rekord darstellt. Selbst die so spektakuläre Rettung des Intelsat-Satelliten im Mai 1992 erforderte nur vier Aussenbordeinsätze.

Die ersten beiden Tage nach dem Start werden für die notwendigen Funktionsprüfungen auf der Umlaufbahn vorbehalten sein. Am dritten Tag fängt Claude Nicollier das Teleskop mit dem Manipulatorarm ein, und in den darauffolgenden fünf Tagen werden der Solargenerator, die Weitwinkelkamera und die Lageregelungskreise

ausgetauscht und die Korrekturoptik montiert. Am neunten Tag wird das Teleskop wieder im Weltraum ausgesetzt. Am zehnten schliesslich werden die vor der Rückkehr notwendigen Funktionsprüfungen an der Raumfähre vorgenommen, und am elften Tag kehrt die Raumfähre zur Erde zurück.

Die gesamte Reparaturmission ist nicht einfach. Die empfindlichen Geräte müssen mit grösster Genauigkeit in das Teleskop eingebaut werden. Die Aussenbordarbeit der Astronauten kann mit einer Herz-

operation in Boxhandschuhen verglichen werden. Trotzdem gibt es keine andere Möglichkeit als den Einsatz von Astronauten, um das technische Wunderwerk wieder in stand zu stellen. An der Wartungs- und Reparaturmission für das Hubbleteleskop wird deutlich, dass in bestimmten Bereichen der Raumfahrt trotz der starken automatisierung der Einsatz von Menschen unerlässlich ist.

«Kontaktlinse» COSTAR erhöht die Sehschärfe

Die wichtigsten ausgetauschten oder reparierten Komponenten sollen nun im einzelnen vorgestellt werden.

COSTAR ist eine komplexe Anordnung, die sich von einer normalen Brille insofern unterscheidet, als die optische Korrektur durch Spiegel und nicht mittels durchsichtiger Glaslinsen bewirkt wird. Es handelt sich um acht fingernagelgrosse asphärische Spiegel, deren Oberfläche auf einen Millionstel Millimeter genau geschliffen ist, also nur noch einige Atomdurchmesser hohe Unebenheiten aufweist. Die Spiegel sind an entfaltbaren Metallarmen montiert, die sie mit höchster Präzision vor den zu korrigierenden Instrumenten in Stellung bringen.

Das Optiksistem COSTAR soll die sphärische Aberration des HST-Hauptspiegels ausgleichen. Sein Funktionsprinzip wurde von einer Gruppe amerikanischer und europäischer Wissenschaftler erarbeitet;

die konstruktive Ausführung wurde aus 28 Lösungsvorschlägen ausgewählt. Es hat die Grösse einer Telefonzelle und soll anstelle des am wenigsten benutzten wissenschaftlichen Instruments, nämlich des Hochgeschwindigkeits-Photometers (HSP), eingebaut werden. Es soll den Strahlengang für die drei übrigen Axialinstrumente, nämlich die europäische FOC und die beiden Spektrometer für hohe Auflösung bzw. lichtschwache Objekte, HRS und FOS, korrigieren. Die neue radiale Weitwinkelkamera WFPC 2 enthält eine eigene Kompensationsvorrichtung.

Starke europäische Beteiligung

Auch Europa ist an dieser Mission stark interessiert. *«Schon allein deswegen, weil wir von Anfang an mit 15% am HST-Programm beteiligt sind, was für uns einen signifikanten wissenschaftlichen und auch finanziellen Aufwand bedeutet. Die Verbesserung der Leistungsfähigkeit dieses auf der Welt einzigartigen Geräts ist somit auch für uns von Bedeutung»*, so der Wissenschaftsdirektor der ESA, Roger Bonnet. *«Zu unserem Beitrag gehört die Kamera für lichtschwache Objekte, die vom optischen Fehler des Teleskops sehr stark betroffen ist. Daher liegt uns sehr daran, dass dieser Defekt behoben wird. Wir sind auch insofern betroffen, als die von uns entwickelten Sonnenzellenausleger, die vibrationsanfällig sind und daher die Feinausrichtung des Teleskops beeinträchtigen, ausgetauscht werden*

DIE HIGHLIGHTS 1994 !!!

Artikel	Lieferbar/Lieferzeit	Preis
TAKAHASHI		
- Mewlon 210 f12, Optik m. Tubus, 7x50 Sucher	sofort	4.600,- DM
BORG OASIS		
- Borg 12,5 f6,4 halbapo, Alutubus m. 2" Microfokussierung, 3,1kg	sofort	2.990,- DM
- Borg 12,5 f6,4 ED-Apo , Alutubus m. 2" Microfokussierung, 3,1kg	Frühjahr 94	Anfrage
- Borg 150 f6,4 halbapo, Alutubus m. 2" Microfokussierung, 6,5kg	Sommer 94	Anfrage
- Borg 150 f6,4 ED-Apo , Alutubus m. 2" Microfokussierung, 6,5kg	Herbst 94	Anfrage
P. CERAVOLO		
- HD 145 f6 Maksutov-Newton, APO-Qualität da 17% Obstruktion	3 Monate	3.998,- DM
- HD 216 f6 Maksutov-Newton, APO-Qualität da 17% Obstruktion	6 Monate	8.700,- DM
- HD 216 f4 Maksutov-Newton, komafrei, da asphärisiert	6 Monate	9.500,- DM
OPTICAL ENG. INC.		
- MAK 208 f4000, Maksutov-Cassegrain mit 20% Obstr., Hauptspiegelfok.	sofort	5.900,- DM
- MAK 208 f2300, Maksutov-Cassegrain mit Hauptspiegelfokussierung	4 Wochen	Anfrage
- Maksutov-Kamera 10" f2, eine Alternative zur Schmidtamera	8 Wochen	7.500,- DM
INTES		
- MK 63 (6"f10) komplett mit Gabelmont., Stativ, Leitrohr	sofort	2.900,- DM
- MK 65 (6"f10) opt. Tubus, Koffer, 6x30 Sucher, 1,25" Zenitspiegel	sofort	1.590,- DM
- MK 66 (6"f10) wie oben, jedoch m. Hauptspiegelfokuss. 2"	sofort	2.190,- DM
- MK 9 (9"f12) Maksutov-Cass. mit nur 27% Obstruktion, 3"- Auszug	3 Monate	5.900,- DM
- MK 12 (12"f12) Maksutov Cass. mit 50mm Bildfeld, 3"- Auszug	3 Monate	9.900,- DM
- MK 16 (16"f12) Maksutov-Cass. mit 60mm Bildfeld, 3"- Auszug	9 Monate	18.800,- DM
- CC 300 (12"f10) Class. Cassegrain mit nur 25% Obstruktion	4 Monate	6.500,- DM
- Newton und Cass. Spiegelsets für Selbstbauer, bis 1/32 P.t.v./ 550nm	3- 5 Monate	Anfrage
- spottbillig, ϕ 100 bis 1000mm, auf Wunsch Sonderanfertigungen	3-12 Monate	Anfrage
- Triplet - Apochromate ϕ 4" f8 bis 12" f8, m. Spezialgläsern	2 Monate	3.900,- DM
- Großfeldstecher 20x110 - 90 Grad Okulare, incl. Montierung u. Stativ		
SIGNATURE SERIE		
- MAK 150 (6"f10), Allroundkönner mit shiftingfreier Hauptspiegelfok.	sofort	2.900,- DM
- MAK 230 (9"f13,5), shiftingfreie Hauptspiegelfok.	3 Wochen	6.500,- DM
- MAK 300 (12"f10), wie vor jedoch mit Flatfield-Reducer f6,4	5 Monate	13.500,- DM
- DK 280 (11" f12), Dall-Kirkham, Spiegelfokussierung	3 Wochen	7.900,- DM
- RFT 130 (5,1" f5), Doublett, Richest Field Refraktor,	3 Wochen	1.990,- DM
- CENTAURUS-Montierung m. 2-Achsen Steuersatz u. Stativ	4 Wochen	4.900,- DM
AOK Swiss		
- "GOLIATH", rampengesteuerte Montierung für unseren schweren Geräte,		
2-Achsen Steuersatz, incl. Polsucher, Stativ, Gegengewichte, Gewicht		
Achsenkreuz: 22kg, für C 14 u. 7" Refrakt., Schweizer Präzision	4 Wochen	6.500,- DM
LOSMANDY		
- GM 8, der kleine Bruder der G 11, für 8" SCT und 5" Refraktoren	4 Wochen	3.990,- DM

Alle Optiken sind absolut beugungsbegrenzt und werden von professionell arbeitenden Optikbetrieben gefertigt. Auf Wunsch und gegen Aufpreis liefern wir Ihnen ein Interferogramm. Detaillierte Informationen zu den einzelnen Teleskopserien gegen 5,- DM in Briefmarken.

Amateur- und Präzisionsoptik, Mechanik - Markus Ludes

Kapellenstr. 1, 66507 Reifenberg, Telefon (06375) 6345 Fax (06375) 6397

müssen. Schliesslich wird Europa in der Person des ESA-Astronauten Claude Nicollier, der für diese Mission sowohl als Astronom als auch wegen seiner Fertigkeit in der Bedienung des Manipulatorarms besonders qualifiziert ist, mit an Bord sein.»

Die Vereinbarung über die Zusammenarbeit zwischen ESA und NASA beim Hubble-Weltraumteleskop wurde im Oktober 1977 unterzeichnet und sieht folgende Beiträge der ESA vor:

1. den Solargenerator

2. die Kamera für lichtschwache Objekte (FOC)
3. die Abstellung von 15 Mitarbeitern zu dem für den wissenschaftlichen Betrieb des Teleskops verantwortlichen Institut in Baltimore (STScI).

Damals entsprach dieser Beitrag 15% der Gesamtkosten des Programms (und einem gesamten Jahresbudget des Wissenschaftsprogramms der ESA). Als Gegenleistung sollte Europa 15% der Beobachtungszeit an sämtlichen wissenschaftlichen In-

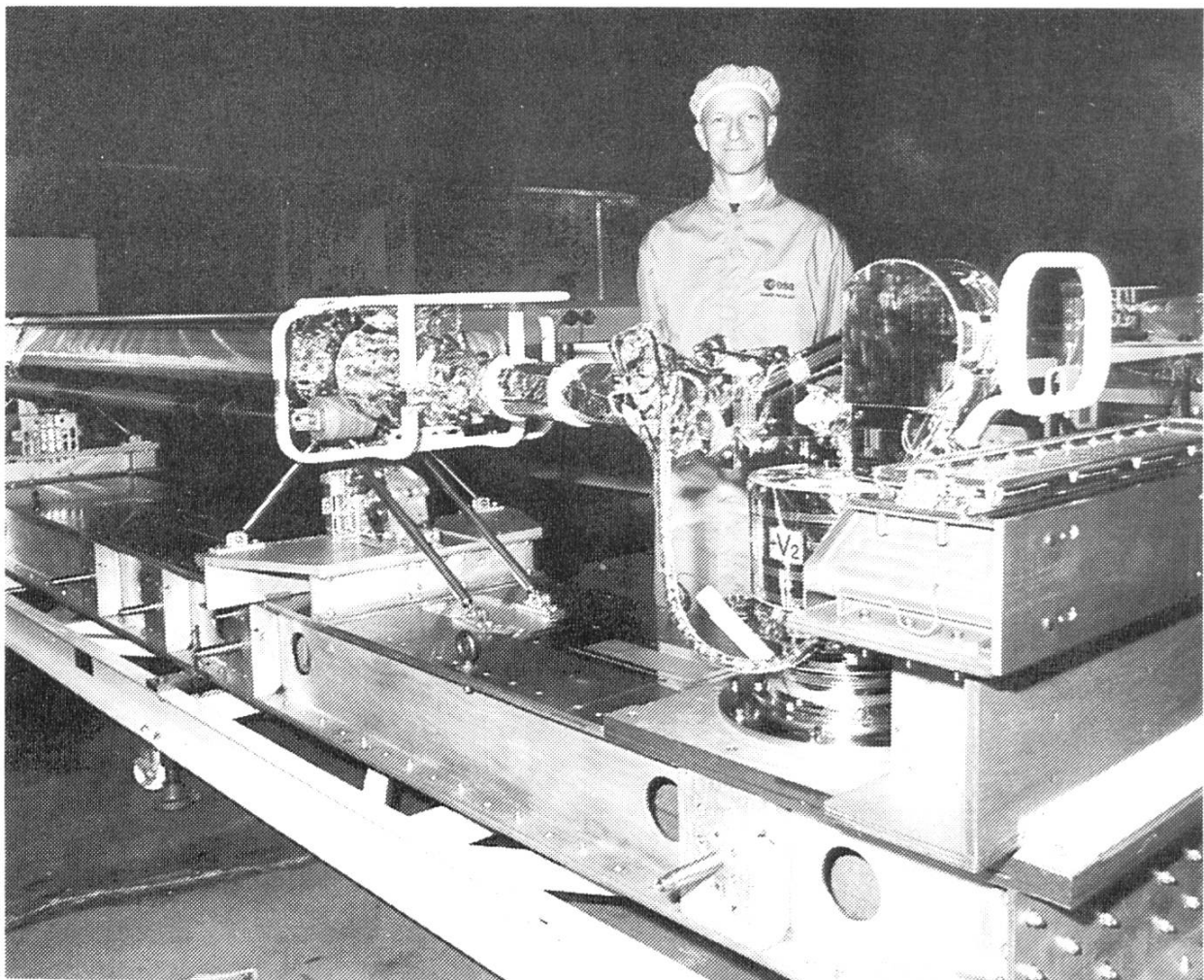


Abb. 3: Claude Nicollier hinter dem von der ESA entwickelten Solargenerator. Auf dem Bild ist der Generator zusammengerollt mit der Montagevorrichtung am Teleskop zu sehen. Bild ESA / Archiv Schmidt.

strumenten erhalten. In Wirklichkeit ist dieser Anteil grösser, denn seit drei Jahren stammen 20% der nach Ausschreibungen angenommenen Beobachtungsvorschläge von europäischen Forschern, was ein Beweis für den hohen Leistungsstand der europäischen Astronomie ist.

Der Solargenerator, dessen beide Flügel auf insgesamt 70 m^2 ($2 \times 12 \times 2.8 \text{ m}$) 50'000 photoelektrische Zellen tragen, lieferte zu Beginn seiner Lebensdauer 5 kW Leistung. Die aus- und einrollbaren Sonnenzellenmatten aus glasfaserverstärktem Teflon werden durch zwei ausfahrbare Stahlarme gespannt. Jeder Flügel wiegt rund 160 kg.

Nach der Inbetriebnahme des Teleskops im Jahr 1990 hat sich gezeigt, dass bei den Tag/Nacht- und Nacht/Tag-Übergängen infolge der Dehnung bzw. Kontraktion der Auslegerarme Schwingungen auftraten, die die Ausrichtung des Teleskops beeinträchtigten. Die Temperatursprünge bei den Übergängen betragen bis zu 200°C und verursachen rund 30 cm grosse ruckartige Ausschläge an den Flügelspitzen. Dieses Problem wurde vorübergehend dadurch gelöst, dass man vor jedem Übergang die Teleskopausrichtung um einen entsprechenden Betrag korrigiert hat. Aber so ein schwerfälliges Verfahren beansprucht einen grossen Teil der Kapazität des Bordrechners. Als endgültige Lösung kam daher nur der Austausch des Solargenerators in Betracht.

Bei den neuen Sonnenzellenflügeln sind die Spannarme mit einer auf 900 Kunststoffscheibchen befestigten, ziehharmonikaartigen Aluminiumabdeckung versehen. Dadurch werden die Temperatursprünge um das Zwanzigfache abgeschwächt. Ausserdem wurde das komplizierte Dehnungsausgleichssystem an den Flügelspitzen durch einfache reibungslose Federn ersetzt. Daher soll die Trommel, auf der die Sonnenzellenmatte aufgerollt ist, nach dem Ausfahren durch eine elektrische Bremse arretiert werden.

Wie kam es zu diesem Konstruktionsfehler? Um die für das Teleskop vorgegebene Ausrichtungsgenauigkeit zu gewährleisten, darf das vom Solargenerator auf den Satellitenkörper ausgeübte Störmoment höchstens 0.002 Nm betragen, was etwa dem Gewicht einer halben Büroklammer am ausgestreckten Arm entspricht! Dieser Betrag ist so gering, dass sich seinerzeit niemand der konstruktiven Auswirkungen dieser Anforderung voll bewusst war. Die Sonnenzellenausleger wurden von der NASA und der ESA gemeinsam konzipiert, und keine von beiden hat damals den Fehler erkannt. Hierbei spielten auch die riesigen Abmessungen der Flügel eine Rolle, denn es gibt nirgendwo auf der Welt eine Erprobungsanlage, wo man ein Gerät dieser Grösse unter Schwerelosigkeit und simulierter Sonneneinstrahlung testen könnte.

Ausserdem ist in einem der beiden elektronischen Steuereinheiten für die Nachführung der Sonnenzellenausleger ein anderes Problem aufgetreten. Nach Aussage des Leiters der ESA-Vertretung im STScI in Baltimore, Duccio Macchetto, ist diese Störung nicht so gravierend, dass der wissenschaftliche Betrieb des Teleskops beeinträchtigt würde. Ein Austausch der schadhaften Einheit bei der ersten Wartungsmission dürfte wegen der starken Auslastung der Astronauten schwierig sein, wird aber für alle Fälle vorbereitet.

«Die Sonnenzellenausleger wurden von Anfang an für einen Austausch auf der Umlaufbahn ausgelegt. Da sie ständig der kosmischen Strahlung, Mikrometeoroiden und dem natürlichen Verschleiss ausgesetzt sind, war vorgesehen, sie alle fünf Jahre auszutauschen», so der Hubble-Projektleiter der ESA, Derek Eaton. Daher wurde bereits 1988 mit dem Bau des zweiten Solargenerators begonnen. *«Nach der Entdeckung des Schwingungsproblems wurde beschlossen, die erste Wartungsmission vorzuziehen und den Solargenerator schon 1993 auszutauschen».* Das neue Modell hat 10% mehr Leistung, ist mechanisch stabiler und mit zusätzlichen Handgriffen ausgestattet, die seine Handhabung im Weltraum erleichtern.

Als zweiten Beitrag Europas zum Hubble-Programm hat die ESA ei-

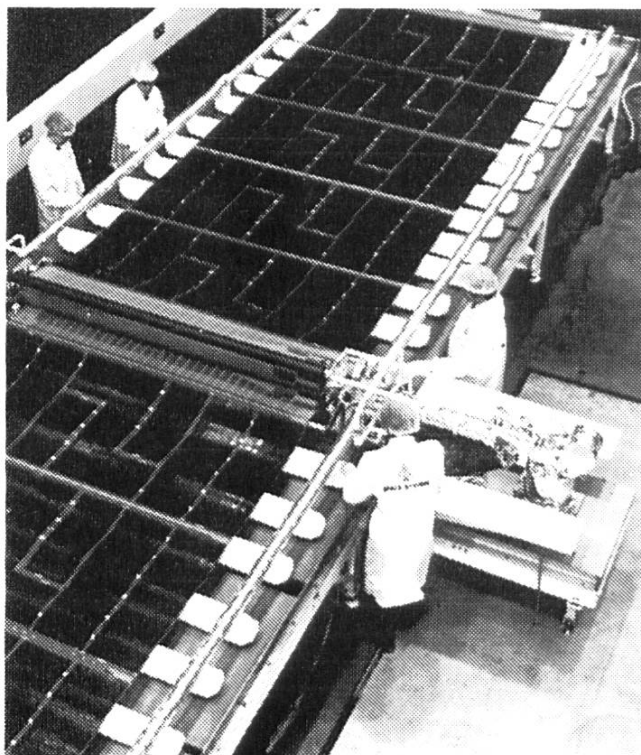


Abb. 4: Der neue Solargenerator des HST. Um die Schwingungen zu dämpfen wurden die Führungsschienen zur Entfaltung der Solarzellen isoliert. Bild BAE-ESA/Archiv Schmidt.

nes der Hauptinstrumente, die Kamera für lichtschwache Objekte (FOC) beigestellt, die Beobachtungen mit besonders hoher Auflösung ermöglicht. Ihre Leistungsfähigkeit im optischen Bereich wird zwar durch die sphärische Aberration des Hauptspiegels gemindert, aber die Wissenschaftler sind mit den Beobachtungen in dem von der Erde aus unzugänglichen UV-Bereich durchaus zufrieden.

Die FOC besteht aus einer elektronischen Kamera mit Abtastvorrichtung, der eine Bildverstärkerröhre hoher Leistung vorgeschaltet ist. Jedes auf einen der über 250'000 Bild-

punkte (512 x 512) einfallende Photon wird durch das Verstärkersystem in eine Million Elektronen umgewandelt, die durch 40'000 Volt Spannung beschleunigt werden und auf einem Leuchtstoffschirm einen Lichtpunkt erzeugen. Die Lichtpunkte werden von der Fernsehkamera aufgenommen und mittels eines Mikroprozessors zu Bildern verarbeitet. Die Detektoren der FOC sind so empfindlich, dass das Hubble-Teleskop ohne den «Sehfehler» Sterne der Grössenordnung 29 ausmachen, d.h. eine Kerze auf dem Mond sehen könnte! Um das Auflösungsvermögen der FOC und des Teleskops zu veranschaulichen, kann man sagen, dass sie das Kleingedruckte einer Zeitung aus 2 km Entfernung lesen, ein Markstück (2 cm Durchmesser) auf 200 km sehen und die beiden Rücklichter eines 20'000 km entfernten Fahrzeugs unterscheiden könnten.

Einer der beiden Detektoren lässt nun Zeichen von Schwäche erkennen, die sich aber nur auf eine sekundäre Betriebsart der Kamera auswirkt. Wegen des fehlerhaften Schliffs des Hauptspiegels erreicht die Kamera gegenwärtig nur 20% ihrer Empfindlichkeit und 30% ihrer Auflösung. Bei der Vorbereitung der Wartungsmission hat die ESA darauf gedrungen, dass die Korrekturoptik (COSTAR) vorrangig eingebaut wird und deren Leistung an einem Modell der FOC eingehend getestet.

Ausser seinen Sachbeiträgen stellt Europa auch Personal für den Betrieb des Hubble-Teleskops. Die ESA hat 15 Wissenschaftler und Informatiker zum STScI in Baltimore entsandt, in dem insgesamt 300 Personen tätig sind. Das renommierte Institut stand 11 Jahre lang unter der Leitung des Italieners Riccardo Giacconi, der vor kurzem an die Spitze der Europäischen Südsternwarte (ESO) in Garching bei München berufen wurde. Auch jetzt liegt die Aufstellung und Durchführung des wissenschaftlichen Beobachtungsprogramms in den Händen eines Europäers, Duccio Macchetto, der damit eine der schwierigsten Aufgaben zu bewältigen hat.

Die europäischen Angehörigen des STScI beteiligen sich auch aktiv an der Planung eines neuen wissenschaftlichen Instruments, nämlich einer Kamera, die noch leistungsfähiger sein wird, als die beiden jetzigen.

In Europa hat die ESA gemeinsam mit der ESO eine wissenschaftliche Koordinierungsstelle eingerichtet, um

1. die europäischen Astronomen bei der Nutzung des Hubble-Weltraumteleskops zu beraten,
2. ihnen geeignete Datenverarbeitungswerkzeuge zur Verfügung zu stellen und
3. die Beobachtungsdaten zu archivieren.

Die Europäische Koordinierungsstelle für das Weltraumteleskop (ST-

47 Tucanae

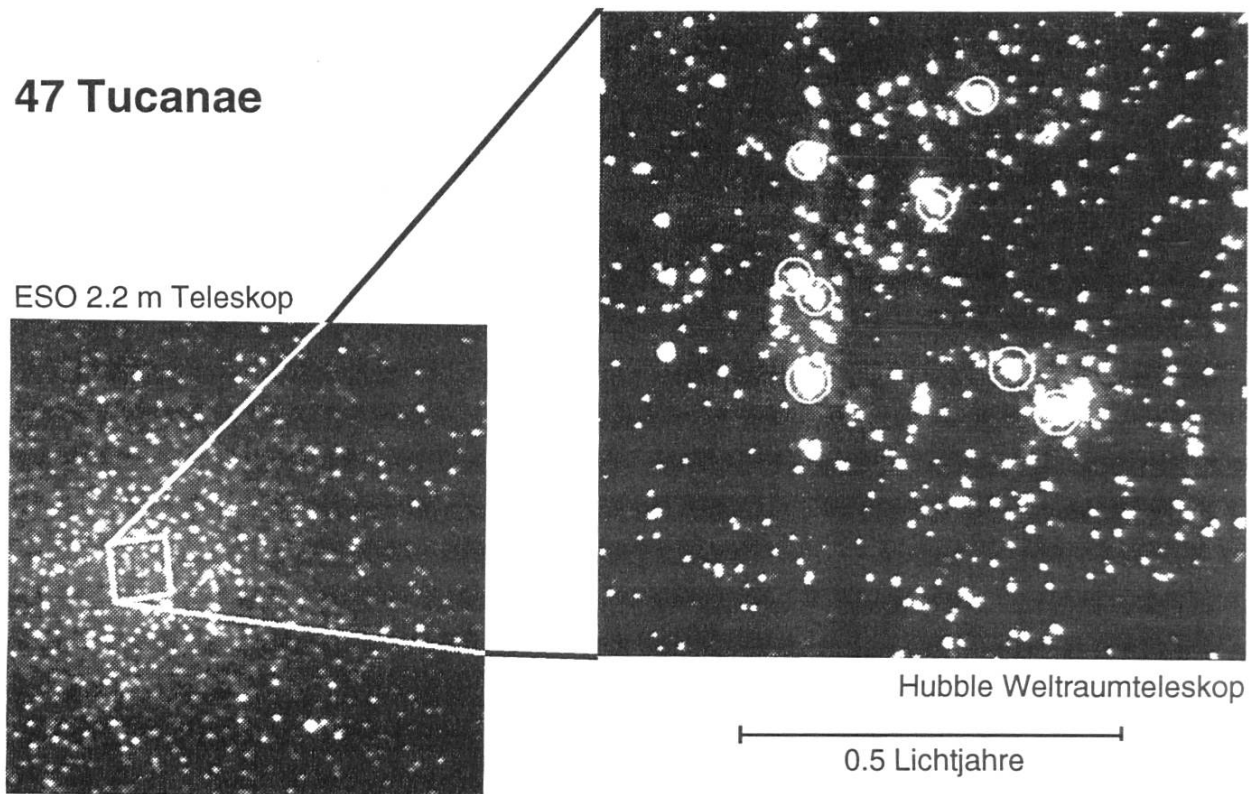


Abb. 5: Vergleich zwischen einer erdgebundenen und einer HST Aufnahme des Kugelsternhaufens 47 Tucanae. In der Hubble-Aufnahme sind einige hundert Einzelsterne zu sehen, die Erdgebundene zeigt nur ein gutes Dutzend. Im weiteren ist es gelungen, die verstreuten blauen Riesensterne (mit Kreis markiert) von den dominierenden roten Riesen zu unterscheiden. Bild ESA-NASA / Archiv Schimdt.

ECF) ist bei der ESO in Garching untergebracht und beschäftigt 14 Personen, die je zur Hälfte von der ESA und der ESO bezahlt werden. Ausserdem arbeiten 8 Wissenschaftler und Ingenieure der ESA in ihrer holländischen Niederlassung ESTEC in Noordwijk ständig für das Hubble-Programm.

Das Hubble-Weltraumteleskop führt heute bis zu 150 Beobachtungsprogramme pro Jahr durch. Seit seiner Inbetriebnahme waren insgesamt 500 europäische Astronomen an den Beobachtungen beteiligt. «Bis Anfang 1993 waren in der europäischen

Koordinierungsstelle rund 25'000 Datensätze eingetragen, die auf 400 optischen Platten zu je 2 Gigabyte gespeichert sind», berichtet der Leiter der Koordinierungsstelle, Piero Benvenuti. «Dieser Archivbestand entspricht dem Informationsgehalt von 200 Millionen maschinengeschriebenen DIN-A4-Seiten, die zusammen einen 20 km hohen Stapel bilden würden.» Eine beachtliche Ausbeute. Die Ernte hat aber erst begonnen. Wenn alles gut geht, wird das Hubble-Teleskop nächstes Jahr noch leistungsfähiger sein und einen noch grösseren Erfolg darstellen! ☆