

Astronomische Forschung auf Skylab



Skylab ist die Abkürzung für Sky Laboratory, das heißt auf Deutsch einfach Himmelslabor. Diesen Namen hat die erste amerikanische Raumstation in der Erdumlaufbahn auch nicht zu Unrecht bekommen, da sie in erster Linie für die wissenschaftliche Forschung gedacht war. Als diese Raumstation Anfang der 70er-Jahre aus den Resten des Apollo-Programmes entstand, begann sich gerade das aus dem Mondflugprogramm gewonnene Wissen zu etablieren. Die Weltraummedizin war nun den Kinderschuhen entwachsen

und die Astronomen entdeckten die Vorzüge von Teleskopen außerhalb der irdischen Atmosphäre. Selbst die Chemiker und Physiker begannen zu ahnen, welche Vorzüge ihnen die Mikrogravitation bei Experimenten bieten würde. Nicht zu vergessen technologische Forschungen oder das neue Gebiet der Erdbeobachtung aus dem All. In diesem Bericht soll aber in erster Linie über die astronomischen Forschungen berichtet werden, die den Weg für so viele unterschiedliche Astronomiesatelliten geebnet haben.

Die Astronomie war auch einer der wirklichen Schwerpunkte im Forschungsprogramm des ersten amerikanischen Weltraumlabors. Nicht nur dadurch, daß das Aussehen der Raumstation durch das außen angeflanschte Sonnenteleskop maßgeblich geprägt wurde, sondern auch durch den Anteil der zur Verfügung gestellten Zeit. Nicht weniger als 31% der Experimentalzeit wurde astronomischen Fragestellungen gewidmet.

Für diese erste wirklich wissenschaftliche Mission nach den eher abenteuerlichen Mondmissionen wurde nun eine neue Art von Astronauten benötigt: Die Missionsspezialisten, die nun im Shuttle-Programm zum Alltag gehören. Wegen dieser ersten Gelegen-

heit, wissenschaftliche Forschung auf breiter Basis im Weltraum betreiben zu können, war das Interesse der Wissenschaftler sehr groß. Schon lange vor dem Start fand ein Auswahlprogramm für die Experimente statt. Längst nicht alle Vorschläge, die es Wert gewesen wären, sind letztendlich durchgeführt worden. Und trotz dieser Auswahl war der Zeitplan der Astronauten extrem eng.



Die Raumstation Skylab vor dem Start mit der umgebauten Saturn V-Rakete. Foto: NASA.

Folgende Sparten wurden auf Skylab untersucht:

- Erdbeobachtung
- Astronomie
- Materialverarbeitung unter Schwerelosigkeit
- Biologie/Medizin

Der größte Teil der damaligen Problemstellungen ist auch noch heute aktuell. Um die große Zahl der Experimente unterscheiden zu können, wurde folgender Buchstabencode eingeführt:

- M001-M199: Medizinische Experimente
- M500-M599: Materialforschung
- S000-S999: Naturwissenschaftliche Experimente
- T000-T999: Technische Experimente
- ED: Experimente, an denen Schüler und Studenten beteiligt waren (Educational)
- D: Experimente des US-Verteidigungsmininsteriums (Department of Defense)

Der größte Teil der Experimente kam von Instituten aus den USA, wobei nur ein kleiner Teil direkt von NASA-Zentren initiiert wurde. Lediglich die Hardware eines einzigen Experimentes wurde maßgeblich von einem Institut aus Europa beeinflußt. Es handelte sich hier um S183, ein UV-Spektrometer, dessen hauptverantwortlicher Wissenschaftler aus Frankreich kam.

In der Astronomie stand die Sonne im Brennpunkt. Die Prozesse auf der Oberfläche und in der unmittelbaren Umgebung sollten besser verstanden werden. Durch diese Beobachtungen erhoffte man sich damals sogar die Erschließung neuer Energiequellen für die Menschheit. Zudem standen die Phänomene rund um Sonneneruptionen im Vordergrund des Interesses, da man ihre Auswirkungen auf die Erde und ihre Umgebung genauer



Skylab über dem Amazonas-Fluß in Südamerika während der Mission Skylab 3.

Foto: NASA.

studieren wollte. Damals wußte man schon, daß während starker Sonneneruptionen verstärkt geladene Teilchen von der Sonne weggeschleudert werden und hier auf der Erde für Nordlichter und Störungen im Rundfunk, vor allem in höheren Breitengraden, verantwortlich sind. Diese Wechselwirkungen wollte man durch die ungestörte Beobachtung besser verstehen.

Die einzigartige Möglichkeit, Teleskope außerhalb der Erdatmosphäre plazieren zu können, wurde auch von Forschern aus dem Bereich der stellaren Astronomie genutzt. Hier wollte man vor allem im UV-Bereich die Sterne erforschen. Dieser Bereich wird von der Erdatmosphäre größtenteils weggefiltert.

Inzwischen werden diese Forschungsgebiete durch eine Vielzahl von astronomischen Satelliten und Sonden abgedeckt, der Anteil an astronomischen Fragestellungen an den Experimenten der ISS ist relativ klein. Automatische Einheiten, weit weg von der Beeinflussung durch

Menschen oder andere Experimente haben sich inzwischen als die bessere Wahl erwiesen. Zur Zeit von Skylab war die Automation noch nicht so weit fortgeschritten und auch die CCD-Technik noch in den Anfängen. Die meisten nomischen Aufnahmen auf Skylab wurden noch auf Film gebannt. Für das Wechseln der Filmkassetten im Sonnenteleskop mußten EVA's (EVA = Extra Vehicular Activity d.h. Außenbordaktivität) durchgeführt werden. Auch die Speichertechnik war noch nicht so weit entwickelt. Wie das Beispiel Hubble-Weltraumteleskopes zeigt, kommen auch heutige Sonden nicht unbedingt ohne Wartungsmissionen aus, dazu reicht es aber, wenn der Forschungssatellit zu diesem Zweck mit dem Shuttle besucht wird. Eine permantente Präsenz von Astronauten ist unnötig bzw. wäre sogar störend.

Die Instrumente von Skylab:

Sonnenphysik

S020 (OWS): Ultraviolet and X-Ray Solar Photography - Sonnenfotografie im Röntgen- und UV-Bereich

S052 (ATM): White-light Coronograph - Beobachtung d. weißen Korona S054 (ATM): X-ray Spectrographic

Telescope - Solarer Röntgenspektrograph

S055 (ATM): Ultraviolet Scanning Spectroheliometer - UV-Spektroheliometer

S056 (ATM): X-ray Telescope - Röntgenteleskop in Doppelausführung

S082A (ATM): Extreme Ultraviolet Spectroheliograph - Beobachtung der Korona im kurzwelligen UV-Licht

S082B (ATM): Ultraviolet Spectrograph - UV-Spektrograph zur Erkundung der Chromosphäre

Astronomie

S019 (OWS): Ultraviolet Stellar Astronomy - Untersuchung des Sternenhimmels im UV-Licht

S0150 (IU): Galactic X-Ray Mapping -Durchsuchung und Kartierung des Sternenhimmels nach galaktischen Röntgenquellen

S183 (OWS): Ultraviolett Panorama Telescope - Bestimmung der Helligkeit und Intensität der UV-Strahlung von ausgewählten Fixsternen

Astrophysik

S009 (MIDA): Nuclear Emulsion Package - Detektor für kosmische Strahlung

S063 (OWS): Ultraviolet Airglow Horizon Photography - Aufnahme des
UV-"Wetterleuchtens" innerhalb der
Erdatmosphäre

S073 (OWS): Gegenschein and Zodiacal Light - Untersuchung des
Gegenschein- und Zodiakallichtes

S149 (OWS): Micrometeorid Particle Cellection - Messung des interstellaren Staubes

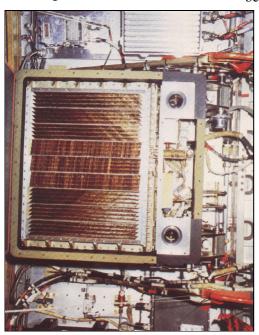
S228 (OWS): Transuranic Cosmic Rays - Partikelsammlung innerhalb der kosmischen Strahlung in Bezug auf transuranischen Elemente

S230 (ATM): Magnetospheric Particle Compsition - Untersuchung von
schweren Ionen und deren Häufigkeit
innerhalb des Erd-Magnetfeldes

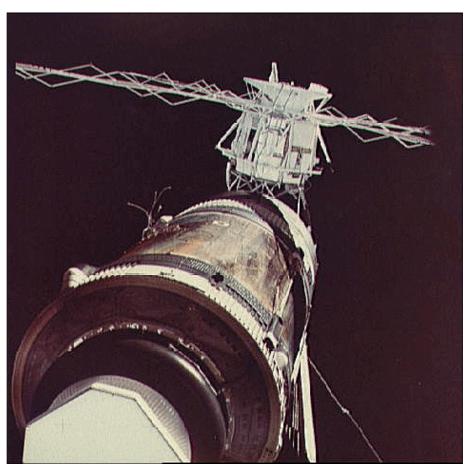
Sonnenphysik

Hauptaugenmerk der Sonnenforschung auf Skylab waren Strukturen in der Chromosphäre, Supergranulation, die Entwicklung und
Morphologie von aktiven Regionen
auf der Sonne, Flares und Filamente.
Zudem wurden auch sich langsam
verändernde Phänomene auf der
Sonnenoberfläche selbst über Tage
hinweg beobachtet. Auch die
Sonnenkorona wurde beobachtet.

Insgesamt standen acht ver-Teleskope schiedene im ATM (Apollo telescope mount) für die Sonnenbeobachtung zur Verfügung. Sämtliche Instrumente waren in einem Kanister im ATM starr montiert. Der Kanister selbst war beweglich, um Roll- oder Nickbewegungen von bis zu zwei Grad von Skylab auszugleichen. Alle Instrumente konnten von der Kontrollkonsole im MDA aus gesteuert und Beobachtungen auf Bildschirmen direkt verfolgt werden. Somit war eine große Flexibilität gegeben. Die Einstellung von unvorhergesehenen Ereignissen auf der Sonne war deswegen leicht möglich. Insgesamt waren mehrere Spektrographen für ultraviolettes Licht und Röntgenstrahlung (S020, S054, S082A und



S150 - Galactic X-Ray Mapping - Ein Instrument zur Durchsuchung und Kartierung des Sternenhimmels nach galaktischen Röntgenquellen Foto:



Skylab mit dem ATM (Apollo Telescope Mount) , gesehen von der ankommenden Besatzung von Skylab 2. Foto: NASA.

Teleskop vorhanden. Mit dem Spektroheliometer kann man kleine Ausschnitte der Sonnenoberfläche in bestimmten Wellenlängen sichtbar machen, um so relative Stärken der Spektrallinien vergleichen zu können. Das H-Alpha-Teleskop arbeitet auf einer ganz speziellen Wellenlänge, der des angeregten Wasserstoffes. Dieses Instrument, bestehend aus zwei unabhängigen Spiegelsystemen, diente als Überwachungs- und Zielvorrichtung für S055 und S082B und wurde daher nicht als **Experiment** gezählt. Durch die Überwachung der Sonnenscheibe im H-Alpha-Licht konnten die Astronauten die Regionen auswählen, die sie beobachten wollten. Frühstadien von Ereignissen, wie z.B. Flares durch diese Überkonnten

S082B), ein Spektroheliometer, ein

Röntgenteleskop und ein H-Alpha-

Im ATM gab es auch einen Koronographen mit drei Meter Baulänge. Mit Hilfe eines derartigen Instrumentes kann man die Korona der Sonne sichtbar machen, wobei die eigentliche Sonnenscheibe abgedeckt wird. Die Bilder wurden auf einem Film aufgenommen. Der Film wurde samt Kamera während der EVA's ausgetauscht. An Tagen geringer Sonnenaktivität wurde zweimal täglich ein Foto der Sonnenkorona gemacht, an Tagen hoher Aktivität bis zu vier Bilder pro Minute. Die Bilder sollten Aufschluß geben über schnelle Plasmaströme in der Korona, um den Aufheizmechanismus besser verstehen zu können.

Die auf Skylab durchgeführten Beobachtungen wurden von einem komplementären Programm begleitet. Dieses erstreckte sich über erdgestützte Teleskope, Höhenforschungsraketen und andere Satelliten.

wachung erkannt werden.

Die Skylab-Missionen: Skylab 1 (AS-513)

Der Start der unbemannten Raumstation erfolgte am 14. Mai 1973 von Cape Canaveral, um 12:30 EST (18:30 MEZ) mittels einer umgebauten Saturn-V-Rakete. Beim Start stellte sich der Meteoritenschutzschild irrtümlich auf, dadurch wurde ein Sonnensegel abgerissen und eines beschädigt. Absturz nach drei bemannten Missionen (Skylab 2 bis 4) am 11. Juli 1979 über dem pazifischen Ozean.

Astronomie/Weltraumphysik

Die astrophysikalische Forschung auf Skylab spielte sich ebenfalls hauptsächlich im UV- und Röntgenbereich ab. Neben diesen beiden Bereichen ist auch der Infrarotbereich stark durch die Erdatmosphäre abgeblockt. Für entsprechende IR-Instrumente wäre aber ein wesentlich höherer Aufwand notwendig gewesen, im besonderen für die unverzichtbare Kühlung der Infrarot-Sensoren.

Forschungsschwerpunkte waren Aufnahmen der Milchstraße im UVund Röntgenbereich, die Beobachtung von interstellaren Staub und die Suche nach schwereren Elementen als das schwerste in der Natur vorkommende Element Uran.

Für die Beobachtungen befanden sich zwei UV-Spektrographen an Bord (S019 und S183). S019 hatte die höhere Auflösung und konnte nahe beinander liegende Objekte auflösen, während S183 ein größeres Gesichtsfeld hatte. Beide Instrumente wurden während der jeweiligen Beobachtungsphase in der antisolaren Luftschleuse montiert. Messungen wurden nur während der Zeit durchgeführt, wenn sich Skylab im Erdschatten befand, um eine Überlastung der Instrumente durch die Sonnenstrahlung zu verhindern. Um verschiedene Bereiche des Himmels abdecken zu können, wurde ein spezieller Spiegel verwendet. Die Aufnahmen wurden auf gebannt, der zum Entwicklen zur Erde transportiert wurde.

Für den Nachweis von Röntgenstrahlung stand ein Proportionalzähler zur Verfügung (S150), der sich in der Instrument Unit befand. Neun mit Gas gefüllte Zellen bildeten die Haupteinheit, die von 13 gleichartigen Zellen umgeben waren. Mit Hilfe von Kollimatoren, das sind Öffnungen, die das Gesichtsfeld gezielt einschränken, konnte eine Auflösung des Detektors von 20 erreicht Bogenminuten werden. Dieses System ist natürlich wesentlich einfacher und ungenauer als

Das Innere der geräumigen US-Raumstation Skylab. Foto: NASA.

Die Skylab-Missionen: Skylab 2 (AS-206)



Diese erste bemannte Mission dauerte von 25. Mai 1973 bis zum 22. Juni 1973. Die Crew bestand aus Charles C. Conrad (Kommandant), Paul J. Weitz (Pilot) und Joseph Kerwin (Wissenschaftler). Nach Durchführung der nötigsten Reparaturen, inklusive des Spannens eines Sonnensegels, um die Temperatur im Inneren der Station auf 23,8°C zu senken, war Skylab ab 4. Juni im Vollbetrieb. Die Besatzung führte astronomische-, medizinische- und 5 von Studenten entwickelte Experimente durch.

Skylab 3 (AS-207)



Dauer von 28. Juli 1973 bis 25. September 1973, das sind über 59 Tage im Weltraum. Crew: Alan L. Bean (Kommandant), Jack R. Lousma (Pilot), Owen K. Gariott (Wissenschafter). 3 Mal wurde die Raumstation Skylab für Außenarbeiten für die Gesamtdauer von 13 Stunden und 43 Minuten verlassen. Bei einem der Ausstiege wurde ein neues, doppelt so starkes Sonnensegel montiert.

Skylab 4 (AS-208)

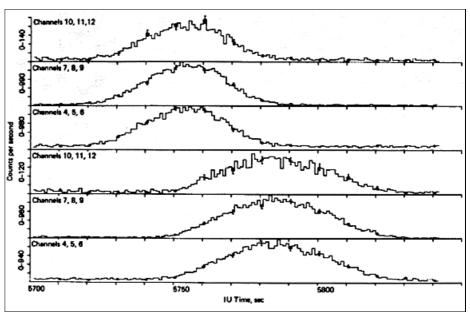


Dauer von 16. November 1973 bis 8. Februar 1974, damit die längste Missionsdauer mit 84 Tagen. Crew: Gerald P. Carr (Kommandant), William R. Pogue (Pilot), Edward G. Gibson (Wissenschafter). Bei dieser Mission wurden wieder zahlreiche wissenschaftliche und medizinische Experiment durchgeführt. Beobachtung des Kometen Kohoutek. Die 4 Außenarbeiten dauerten insgesamt 22 Stunden und 13 Minuten.

Weltraumfacts 1/2001

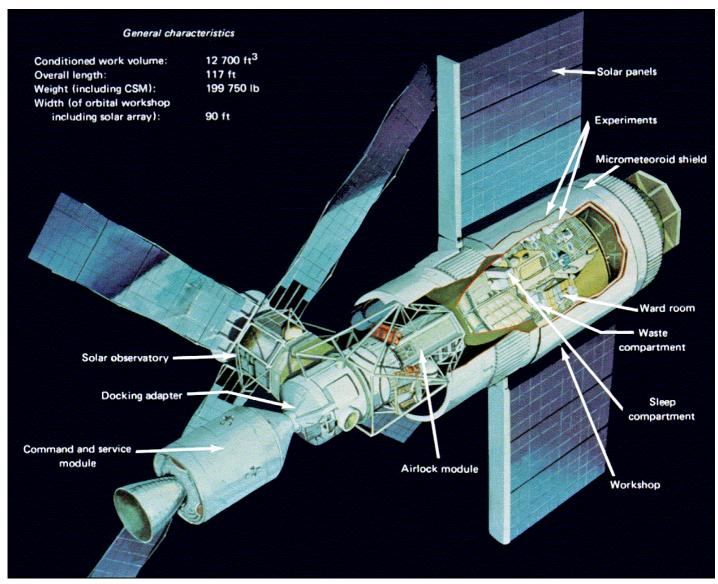
heutige Systeme auf ROSAT oder XMM, wo Spiegeln die Röntgenstrahlung bündeln. Durch Drehung der gesamten Raumstation konnten verschiedene Himmelsbereiche anvisiert werden. Die Richtungsinformation wurde dann durch einen Sternsensor geliefert. Die Stärke der Röntgenstrahlung wurde durch die Proportionalzähler gemessen, die eine Stromstärke proportional zur einfallenden Röntgenstrahlung lieferten.

Die kosmische Strahlung in Form von energiereichen Teilchen wurde durch einen weiteren Sensor gemessen. Der Detektor bestand aus mehreren Schichten fotoempfindlichen Materials, das auf den Einschlag eines energiereichen Teilchens ähnlich wie eine Belichtung reagiert. Nach der Entwicklung



Emissionen des Crab-Nebels im Röntgenspektrum. Grafik: NASA.

konnte man daher die Einschläge erkennen. Durch die übereinander liegenden Schichten konnte auch die Richtung der Einschläge bestimmt werden. Dieser Detektor wurde nur während der ersten bemannten



Grafik: NASA.

Periode von Skylab für 240 Stunden belichtet und dann nicht wieder aktiviert.

Die Erdatmosphäre wurde mit dem Instrument S063 im UV aufgenommen, hauptsächlich in den Dämmerungszonen. Auch erste Versuche zur Untersuchung des in der Atmosphäre vorkommenden Ozons wurden durchgeführt. Die irdische Magnetosphäre wurde ebenfalls untersucht. Dazu wurde von Alaska aus eine Höhenforschungsrakete gestartet, die am höchsten Punkt Bariumdampf freisetzte. Durch Wechselwirkung mit hochenergetischen Teilchen wird das Barium ionisiert und oriertiert sich entlang der Magnetfeldlinien. Dieser Prozeß wurde von Bord aus fotografiert.

Der Komet Kohoutek

Das Erscheinen dieses Kometen war, wie es nun mal bei Kometen so in der Natur der Sache liegt, nicht geplant. Dieser Schweifstern wurde erst kurz vor dem Start von Skylab am 7.März 1973 von L.Kohoutek entdeckt. Er wurde als der große Weihnachtskomet angekündigt, blieb aber mit seiner Helligkeit weit hinter den Erwartungen



Wissenschafts-Astronaut Edward G. Gibson, Mitglied der Skylab 4 Mission, vor der Konsole für das "Apollo Telescope Mount" (ATM) im sogenannten "Multiple Docking Adapter" (MDA). Foto: NASA.

zurück. Von Bord der Raumstation aus konnten aber zahlreiche Messungen vorgenommen werden.

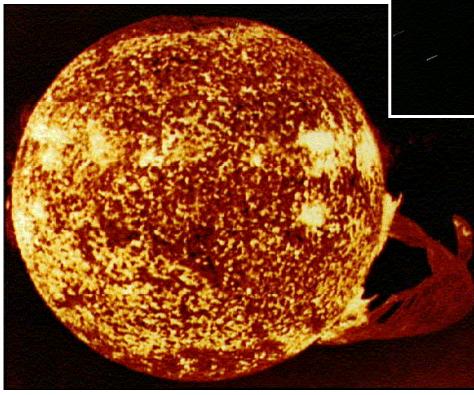
Diese Messungen galten vor allem der großen Wasserstoffwolke, die von der Erde aus schlecht zu beobachten ist. Durch die frühe Entdeckung konnte ein gutgeplantes und koordiniertes Beobach-



Der Komet Kohoutek, aufgenommen von der Skylab 4-Crew am 21.12.1973. Foto: NASA.

tungsprogramm zusammengestellt werden. Etwa 10% der Forschungszeit der Mission Skylab 4 wurde für die Untersuchung dieses Gastes aus der Tiefe des Raumes aufgewendet. Die Beobachtungen fanden im Bereich, aber auch im optischen Bereich statt. Insgesamt wurden etwa 2.600 Aufnahmen des Kometen gemacht. Unter anderem wurde dadurch in späteren Analysen das Vorhandensein von Methylcyanid und Wasserstoffcyanid im Schweif des Kometen nachgewiesen.

EF, Quellen: NASA-Internetseiten, RID-Edition "Skylab", diverse sonstige Literatur.



Dieses Foto der Sonne vom 19.12.1973, aufgenommen während der Skylab 4-Mission, zeigt eines der spektakulärsten jemals auf der Sonne registrierten Flares, mit einer Ausdehnung von mehr als 588,000 Kilometern. Foto: NASA.