

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft

Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft

Band: 28 (1970)

Heft: 120

Artikel: Vom Observatorium im Weltraum

Autor: Müller, Helmut

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-899881>

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: 21.01.2026

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

genaue Zeit konnten wir uns in Abwesenheit einer zuverlässigen Quelle nicht stützen, was für unsere Aufgaben auch von keiner Bedeutung war). Unmittelbar danach wurden die Spiegel von ihrer zehntägigen Staubschicht befreit, und zwischen 10.15 und 10.30 Uhr führten wir die Eichaufnahmen an der 150cm-Kamera und am Spektrographen durch. Zehn Minuten vor der Totalität wurden die am Vorabend geladenen Kassetten hervorgeholt. In diesem Augenblick hatte schon die richtige Spätdämmerungsbeleuchtung (allerdings mit viel härterem Licht, da die rötliche Komponente fehlt) eingesetzt. Fünfzehn Sekunden vor der Totalität wurde die Kinokamera ausgelöst, deren Uhrwerk noch eine Minute zu laufen hatte. Nun wickelten sich die ewig wiederholten Programme zum letzten Male reibungslos ab.

Die während der längeren Expositionszeiten flüchtig ausgeführte visuelle Beobachtung erlaubte es, zwei deutliche Merkmale festzustellen. Im Nordostquadrant stand ein etwas asymmetrischer Strahl, der in einem Abstand von gut zwei Sonnendurchmessern noch recht hell erschien, und im Süden unterbrach eine sehr dunkle und scharf begrenzte Schneise den sonst hellen Koronakranz. Somit entstand ein recht asymmetrischer Eindruck, obwohl man es mit einer Maximumskorona zu tun hatte.

Die während der partiellen Phasen beobachtete Bildqualität taxierten wir mit 3 (1 ist die beste, 5 die schlech-

teste). Die Unruhe des Bildes war von hoher Frequenz aber kleiner Amplitude, so dass die Schärfe des Mondrandes auf unseren Aufnahmen gut ist.

Sofort nach dem 3. Kontakt wurden die Kassetten wieder versorgt, um am Abend entladen zu werden. Sehr eindrucksvoll waren auch die ersten Minuten nach der Totalität, während welcher sich die Natur und die Beobachter von ihrer Spannung erholten. Rasch aber vergaß man immer mehr, was sich noch am Himmel abspielte, so dass der vierte Kontakt praktisch übersehen wurde.

Nun galt es, die Instrumente wieder auseinanderzunehmen und zu verpacken. Diese Aufgabe wurde schon am selben Nachmittag in Angriff genommen, und am 10. März waren unsere 12 Kisten wieder in Oaxaca, von wo aus sie, zusammen mit dem Material aus Miahuatlan, weiter nach Mexico D. F. befördert wurden.

Dieser Bericht darf nicht abgeschlossen werden, ohne hervorzuheben, wie gross der Einsatz der mexikanischen Behörden war, dank dem die Expeditionen mit den besten Voraussetzungen ihre Arbeit ausführen konnten.

Finanziert wurde das Unternehmen vom Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der Wissenschaftlichen Forschung.

Adresse des Verfassers: Dipl. Physiker ETH ANTOINE ZELENKA Rankstrasse 15, 8302 Kloten.

Vom Observatorium im Weltraum

von HELMUT MÜLLER, Zürich

Au sujet d'un observatoire dans l'espace

Grâce aux engins spatiaux, il est devenu possible d'observer et de mesurer le rayonnement d'étoiles inaccessibles depuis la surface de la Terre, en raison de l'absorption atmosphérique.

A ce point de vue, on a construit un observatoire non habité, OAO II, qui orbite autour de la Terre depuis le 9 décembre 1968, à 770 km d'altitude, et qui observe dans l'ultraviolet avec des instruments adéquats, en transmettant les données aux stations du sol.

De nombreux renseignements sont donnés sur la construction, l'équipement, les instruments d'observation et le fonctionnement d'OAO II, auxquels sont ajoutés quelques résultats provisoires tirés de l'énorme matériel d'observation accumulé.

Mit der Möglichkeit, ausserhalb unserer Erdatmosphäre astronomische Beobachtungen anstellen zu können, ist eine neue Phase in der Entwicklung der Astronomie eingeleitet worden, es ist ein Schritt, den manche mit dem vergleichen, der durch die Erfahrung des Fernrohres getan wurde. Vom ganzen Spektrum der elektromagnetischen Schwingungen lässt der schützende Mantel unserer Erdatmosphäre nur zwei Teilbereiche hindurch, die Wellen, die wir als sichtbares Licht empfinden, unter Einschluss des nahen Ultravioletten und des nahen Infrarots und Radiowellen, ange-

fangen von Mikrowellen der Länge von Millimetern bis zu Kurzwellen von 30 bis 50 Metern. Wenn auch die meisten Gestirne den Hauptbeitrag ihrer Strahlung im uns zugänglichen Bereich des Lichtes liefern, so wird doch auch eine mehr oder weniger intensive Strahlung in allen anderen Abschnitten des elektromagnetischen Wellenbandes ausgesandt; bei sehr heißen Sternen übertrifft der Beitrag der kurzweligen Strahlung den der sichtbaren, bei sehr kühlen Sternen liegt der Hauptanteil der Strahlung im Infraroten. Hat schon die Entdeckung der Radiostrahlung der Gestirne, die 1931 ganz zufällig beim Suchen nach der Ursache von Störungen im Kurzwellenempfang als ungeahntes Beiproduct erfolgte, einen neuen Zweig der Astronomie, die Radioastronomie erschlossen, die uns in mannigfacher Weise sehr wichtige und oft auch völlig unerwartete Ergebnisse geliefert hat, so können wir vom Zugänglichwerden der anderen Wellenbereiche, der Infrarot-, der Ultravioletten-, der Röntgen-, der Gammastrahlung noch viel mehr erhoffen.

Die ersten Versuche, diese uns verriegelten Bereiche zu öffnen, gehen auf Raketen zurück, die man so hoch emporsteigen liess, dass durch die nun nur noch sehr

dünnen Atmosphärenschichten fast keine elektromagnetischen Wellen mehr absorbiert wurden. Die Raketen trugen Instrumente mit sich, die Strahlung von Gestirnen empfingen und registrierten. Schwierig ist das Richten der Instrumente nach den Gestirnen, und kurz war vor allem die jeweilige Beobachtungszeit. In 15 Jahren wurden etwa 40 solcher Raketenaufstiege durchgeführt, mit denen Daten über die ultraviolette Strahlung von rund 150 Sternen in einer effektiven Gesamtbeobachtungszeit von annähernd 3 Stunden gewonnen wurden. Das ist nicht viel für diesen Aufwand, aber es war immerhin ein Anfang.

Ein aussichtsreicher Weg eröffnete sich, als es gelang, künstliche Satelliten, Raumfahrzeuge, um die Erde kreisen zu lassen. Nun entstand sehr bald der Plan, in einem solchen Satelliten ein astronomisches Observatorium einzurichten, dessen Instrumente automatisch beobachten und ihre Ergebnisse zur Erde senden. Die Ideen vom Bau eines solchen unbemannten, in grosser Höhe kreisenden Observatoriums (Orbiting Astronomical Observatory – OAO) wurden seit 1958 von F. WHIPPLE, Smithsonian Astrophysical Observatory, L. SPITZER, Princeton University, A. CODE, Wisconsin University, L. GOLDBERG, Harvard Observatory, entwickelt und vom Goddard Space Flight Center der NASA koordiniert und verwirklicht.

Es ist klar, dass ein solches Unterfangen eine ganz gewaltige, sorgfältig durchdachte, technisch zweckmässig und sehr exakt ausgeführte Arbeit erfordert, wofür ungezählte, eng zusammenschaffende Gruppen nötig sind, dass alles äusserst sorgfältig erprobt werden muss, dass dies viel Zeit braucht, denn unvorstellbar viel muss gleichzeitig funktionieren und dazu noch unter ganz anderen Bedingungen, als wir sie üblicherweise hier auf der Erdoberfläche haben. So ist es auch wirklich nicht zu verwundern, dass OAO I leider ein Misserfolg wurde, aber schon mit dem prinzipiell gleichen OAO II ist es gelungen, er hat uns eine Fülle von wertvollem Beobachtungsmaterial geliefert, dessen erschöpfende Auswertung noch in den Anfängen steht.

Auf technische Einzelheiten soll nicht allzu gründlich eingegangen werden, das ist ein sehr spezielles und viel zu umfangreiches Problem für sich, wir wollen hier nur einige Daten anführen, einige wichtige und wohl besonders interessierende Dinge erwähnen. Das ganze Observatorium mit allem Zubehör hat das für ein Raumfahrzeug beachtliche Gewicht von 2000 kg. Der Querschnitt des Hauptkörpers des Satelliten ist ein regelmässiges Achteck mit einem Durchmesser von 2.1 m, die Höhe des ganzen Objektes beträgt 3.0 m. Die eigentlichen Beobachtungsinstrumente sind sämtlich im inneren, zylindrischen Hohlraum von 1.2 m Durchmesser untergebracht, an dem einen Ende schauen die Instrumente vom Smithsonian Observatory hinaus, an dem anderen die der Wisconsin Gruppe. An beiden Seiten des Hauptkörpers strecken sich $1\frac{1}{2}$ m, zum Teil sogar über 2 m weit Paddeln aus, die auf einer nutzbaren Fläche von mehr als 10 Quadratmetern

80000 Silizium-Bor-Sonnenzellen tragen, die bei günstiger Beleuchtung insgesamt 1000 Watt bei einer Spannung von 28 Volt liefern, bei ungünstigem Einfall des Sonnenlichtes etwa zwei Drittel davon. Drei Nickel-Kadmium-Batterien speichern die elektrische Kraft und sorgen für den nötigen Strom, wenn der Satellit im Erdschatten weilt. Verstellbare Klappen an den Enden des Zylinders schützen die Beobachtungsinstrumente nach Bedarf gegen die direkte Sonnenbeleuchtung. Aussen am Hauptkörper sind ferner noch mehrere Empfangs- und Sende-Antennen angebracht, sowie Grob- und Fein-Sonnen-Sensoren und die 6 Sternsensoren, Teleskope von 9 cm Öffnung, für bestimmte, ausgewählte Leitsterne zum Richten der Satellitenachse und zum Stabilisieren seiner Position auf 1' genau. Die Satellitenachse kann auf Befehl damit auf jeden beliebigen Punkt am Himmel gerichtet werden, und die Feineinstellung erfolgt dann mit den Beobachtungsinstrumenten selber mit noch höherer Präzision. Dirigiert und kontrolliert wird das Observatorium von Bodenstationen aus, es sind mehrere in verschiedenen Breiten, damit man bei jedem Umlauf stets eine Zeitlang direkt Kontakt mit dem OAO hat. Von den Bodenstationen werden Kommandos gegeben, sie werden vom Observatorium bestätigt und je nach der Anweisung sofort ausgeführt oder nach der vorgeschriebenen Zeit; Uhren, die kontrolliert werden, sind dort natürlich vorhanden. Angaben über den Zustand an Bord vom OAO wie Temperatur, Druck, Stromspannung, Verhalten der Instrumente usw. werden in gewissen zeitlichen Abständen oder auf Abruf gemeldet, die Beobachtungsdaten werden gespeichert und nach Aufforderung der Bodenstation übermittelt. Vier Radiofrequenzverbindungen, Speicher grosser Kapazität, mannigfache automatische Kontrollsysteme garantieren, dass die Übermittlung von Befehlen und Daten einwandfrei funktioniert, dass nichts verloren gehen kann. All das ist sehr sorgsam überlegt worden, und es hat sich zufriedenstellend bewährt.

Besonders interessieren nun natürlich noch die im Observatorium installierten Beobachtungsinstrumente, es sind beim OAO II die der Smithsonian und die der Wisconsin Gruppe, die der anderen Gruppen sind für weitere, ähnliche Satelliten vorgesehen. Das sogenannte Celeskop vom Smithsonian Astrophysical Observatory besteht aus 4 Schwarzschild-Kameras von jeweils 32 cm Öffnung, die in der einen Hälfte des erwähnten zylindrischen Hohlraums im Satelliten parallel zueinander und parallel zur Zylinderachse montiert sind. Sie bilden einen Ausschnitt von $2\frac{1}{2}$ ° Durchmesser am Himmel auf die für ultraviolettes Licht empfindliche Oberfläche einer speziellen Fernsehröhre, die Uvicon genannt wird, ab. Die spektralen Empfindlichkeiten sind dabei so gewählt, dass die wirksamen Wellenlängenbereiche bei den 4 Empfängern etwa von 1150–2000 Å, von 1230–1500 Å, von 1500–2000 Å, von 2000–3000 Å gehen. Man erhält also gleichzeitig von den gleichen Objekten Abbildungen in verschiedenen ultravioletten Spektralbereichen. Am Anfang

der Messreihen, der Satellit startete am 7. Dezember 1968 und umkreist seither die Erde in einer Höhe von 770 km, konnten mässig heisse Sterne bis etwa 8.–9. visueller Grösse registriert werden, von den sehr heissen Sternen sogar noch schwächere. Nach knapp einem Jahr oder rund 8000 Betriebsstunden ist die Empfindlichkeit um den Faktor 6 bis 40, also um 2 bis 4 Gröszenklassen heruntergegangen. Das ist nicht verwunderlich, wenn man bedenkt, dass die üblichen Fernseh-kameraröhren gewöhnlich nach 1000 Betriebsstunden ersetzt werden. Im übrigen ist eine der 4 Kameras schon im März infolge irgendeines Defektes ausgefallen.

Die 7 Instrumente der Wisconsin-Gruppe schauen am anderen Ende des Zylinders aus dem Satelliten. Es sind 4 Sternphotometer mit Teleskopen von 20 cm Öffnung, mit Photomultipliern und auswechselbaren Filtern, ein Photometer mit einem Teleskop von 40 cm Öffnung und Filtern zur Anwendung auf Nebel oder andere Objekte grösserer Fläche und zwei registrierende Spektrometer mit einem Auflösungsvermögen von 10 Å.

Die Instrumente und das Programm für den OAO II sind auf die Erforschung der am Erdboden unzugänglichen Ultravioletstrahlung der Gestirne zugeschnitten. Im Rahmen dieses Programms sind bis zum 9. November 1969 laut NASA-News vom 7. Dezember 1969 vom Celeskop in 169 Tagen 2265 Felder von 2° Durchmesser mit 5884 Registrierungen aufgenommen und damit Helligkeiten von mehr als 17000 Sternen in drei Spektralbereichen des UV gemessen worden. Man vergleiche mit dieser Leistung das vorhin erwähnte Ergebnis der Raketenauftiege. Im vierten vorgesehenen Spektralbereich überlagert sich der Sternstrahlung weitgehend eine ziemlich starke Strahlung vom Wasserstoff der höchsten Schichten der Erdatmosphäre, so dass hier nur die hellsten Sterne erfasst werden können. Andererseits ermöglicht dieser doch etwas unerwartete Befund das detaillierte Studium ebendieser hohen Atmosphärenschichten und zeigt zugleich, dass die Geokorona viel ausgedehnter und vor allem reicher an Wasserstoff ist, als man früher geglaubt hatte. Die Instrumente der Wisconsin Gruppe vollführten in 165 Tagen 1995 Beobachtungen von 568 besonderen Objekten: Sternen, Galaxien, Planeten, Zodiakallicht, allgemeine diffuse galaktische und extragalaktische Strahlung im Blau und im Ultraviolet.

Einige vorläufige Ergebnisse aus dem gesamten ungeheuren Beobachtungsmaterial sollen noch hervorgehoben werden. Die UV-Strahlung vieler Galaxien erweist sich als weit intensiver als erwartet, ihre absolute Leuchtkraft ist offenbar grösser, als man bisher angenommen hatte. Vielleicht werden manche von ihnen ferner sein, als man bislang geglaubt hatte. – Die UV-Strahlung der Sterne lehrt, dass die heissten von ihnen noch etwas heisser sind, als man nach den Beobachtungen von der Erdoberfläche aus geschlossen hatte, einige etwas kühlere hingegen ein bisschen weniger heiss. Das mag einen Einfluss auf unsere Vorstel-

lungen vom Alter der Sterne, von ihrem Entwicklungs weg, von ihrer Energieproduktion haben. – Im Bereich der Lichtwellen unsichtbare Materie, die gemäss der Forderung mancher Weltmodelle in beträchtlichen Mengen vorhanden sein sollte, verrät sich auch nicht durch UV-Strahlung, was wiederum die Gültigkeit dieser Weltmodelle in Frage stellt. – Diffuse Reflexionsnebel, Wolken aus Gas und Staub, Geburtsstätten von Sternen, senden hingegen mehr UV-Strahlung aus, als von den sie beleuchtenden Sternen zu erwarten ist. – Von den Planeten konnten detaillierte Spektren gewonnen und Helligkeitsmessungen in breiten Spektralbereichen durchgeführt werden; unter anderem bestätigte sich hiermit die Existenz von Ozon in der Marsatmosphäre, was auch die Raumsonden Mariner 6 und 7 im Sommer 1969 bei ihrem Vorbeiflug am Mars feststellten. – Während das Rückstrahlvermögen des Mondes, seine Albedo, im sichtbaren Licht etwa 7% beträgt, sinkt dieser Wert im äussersten UV auf 0.2% herab, der Mond ist dann praktisch «schwarz». – Umgekehrt ist das Zodiakallicht im fernen UV heller, als man bisher angenommen hatte, woraus man wichtige Schlüsse auf die Natur und die Zusammensetzung des interplanetaren Staubes ziehen wird. Messungen der Himmelshelligkeit im Blau und Ultraviolet lieferten im übrigen wertvolle Daten über die relativen Beiträge dieser Strahlung, die vom Zodiakallicht, von unserem Milchstrassensystem, von extragalaktischen Quellen stammt. – Die Extinktion des Sternlichtes im UV durch den interstellaren galaktischen Staub wird wiederum in Verbindung mit den Messungen in den bisher zugänglichen Spektralbereichen unser Wissen über die Beschaffenheit dieser Materie bereichern. – Auch die Kenntnisse über die Zustände in hohen Atmosphärenschichten werden durch Messungen des Nachthimmelsleuchtens und, wie erwähnt, durch Sternhelligkeitsmessungen in verschiedenen Spektralbereichen gefördert, ebenso konnte das Anwachsen der Strahlungszonen der Erde, der van Allen-Gürtel, nach Sonneneruptionen recht genau festgestellt werden.

Die Fülle des von OAO II gelieferten Materials ist so gross, dass es noch ein Weilchen dauern wird, bis man es erschöpfend ausgewertet hat. Andere, ähnliche Observatorien sind in Vorbereitung und werden dies Beobachtungsmaterial mehren, werden uns mit anderen Instrumenten auch wieder andersartiges Material bringen. Wir können hoffen und erwarten, dass die erst vor kurzem begonnene Ära der Raumfahrt unsren Blick ins All ständig weiten, unsere Vorstellung vom Aufbau der Welt bestätigen, fördern und sicherlich in manchen Punkten auch ändern wird. Wir leben in einer Zeit, in der die Entwicklung in Technik und Wissenschaft ungeheuer rasch vorangeht, ganz unvergleichlich schneller als je in der Geschichte der Menschheit. Wird der Mensch das auch wirklich meistern können?

Adresse des Verfassers: Prof. Dr. HELMUT MÜLLER, Herzogenmühlestrasse 4, 8051 Zürich.