SOFIA IN THE SKY WITH DIAMONDS

Mit einem in Deutschland gebauten, fliegenden 2,7-Meter-Teleskop wollen Forscher in Zukunft den Geheimnissen des Infrarothimmels näher kommen. **>> Stephan Fichtner**

Die Geburt eines neuen Sterns zu beobachten oder dem Schwarzen Loch im Zentrum unserer Milchstraße beim Verschlingen von Materie zuzuschauen, war bisher nur Profiastronomen und dem Spitzer-Weltraumteleskop vorbehalten.

Ab diesem Jahr soll das anders werden, denn Sofia, das deutsch-amerikanische Stratosphären-Observatorium für Infrarot-Astronomie, soll im April 2005 endlich zu seinem Jungfernflug starten.

Verlaufen dieser und weitere Tests erfolgreich, so kann das Infrarotteleskop bereits im Jahr 2006 zu seinen ersten wissenschaftlichen Missionen abheben. Und dann wird sich auch Nichtprofis der Blick in die Tiefe des Alls öffnen. Denn mit Sofia sind unter anderem Flüge geplant, an denen Schüler, Studenten sowie ausgewählte Journalisten teilnehmen können.

Zweimal jährlich und das über zwanzig Jahre hinweg soll Sofia als »fliegendes Klassenzimmer« zu Wartungszwecken in Stuttgart sein und dann sowohl Nachwuchswissenschaftlern als auch der Öffentlichkeit zur Verfügung stehen.

Das deutsche Betriebszentrum der fliegenden Sternwarte ist offiziell am Institut für Raumfahrtsysteme (IRS) der Universität Stuttgart angesiedelt. Am IRS wird hierzu eigens eine Abteilung mit mehr als zwanzig Wissenschaftlern und Technikern sowie eine Professur für »Airborne Astronomy« (so viel wie Flugzeug-Astronomie) >

NASA / DLR

Wie Diamanten prangen die Sterne des Nachthimmels in dieser Computergrafik über der geöffneten Ladebucht des fliegenden Observatoriums.

STEFAN SEIP

Die »Väter« von Sofia bei der offiziellen Einweihung des Deutschen Sofia-Instituts in Stuttgart: David Black, Karsten Beneke, Dieter Fritsch, Hans-Peter Röser, Eric Becklin, Richard Howard, Hans-Jürgen Kärcher (v. l. n. r.).

> eingerichtet, um das Flugzeug mit dem 2,7-Meter-Spiegelteleskop im Heck bei seinen Aufenthalten in der Schwabenmetropole optimal betreuen zu können. »15 der deutschen Mitarbeiter werden allerdings ständig in den USA arbeiten, von wo ein Großteil des wissenschaftlichen Flugprogramms am nasaeigenen Ames Research Center betreut wird«, berichtet Professor Hans-Peter Röser, geschäftsführender Direktor des IRS und Leiter des gerade gegründeten Deutschen Sofia-Instituts (DSI).

Das fliegende Klassenzimmer

Als besonders erfreulich wertet er die Kooperation mit sieben Instituten der Universität, dem Flughafen in Stuttgart-Echterdingen, der Steinbeis-Stiftung sowie mehr als 15 mittelständischen Unternehmen aus der Region.

Auch im Bildungsbereich soll Sofia ein echtes Vorzeigeprojekt werden: Zurzeit kümmern sich bereits fünf Schulen aus dem Raum Stuttgart, das Planetarium Stuttgart und vier Schulen sowie das Landesinstitut für Schule und Medien in Brandenburg um die Realisierung eines Programms zur öffentlichkeitswirksamen Nutzung von Sofia und zu Ausbildungszwecken. Mit diesem Programm soll die Faszination technischer Disziplinen, der Astronomie und Luftfahrt in einem großen Publikum – insbesondere beim Nachwuchs – geweckt werden. Schrittweise soll das fliegende Klassenzimmer Sofia allen Schulen zugänglich gemacht werden und damit Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit bieten, sich aktiv an den Forschungsarbeiten der Astrophysiker zu beteiligen. Aber auch Studenten sollen genügend Zeit für ihre Studien-, Diplom- und Doktorarbeiten erhalten.

Seit Jahren schon laufen die Vorbereitungen für dieses ambitionierte Projekt. Erste Konzeptstudien für ein auf einem Flugzeug stationiertes Großteleskop stammen aus dem Jahr 1986. Damals startete bereits Sofias kleinerer Vorgänger, das »Kuiper Airborne Observatory« (KAO) etwa siebzigmal pro Jahr zu Forschungsflügen in die Stratosphäre.

Der niederländisch-amerikanische Astronom Gerard Kuiper, Namensgeber des nach ihm benannten Kuiper-Gürtels außerhalb der Neptunbahn, kam in den 1960er Jahren als Erster auf die Idee, ein Infrarotteleskop an Bord eines Forschungsflugzeugs der Nasa, das eigentlich zu Studien der Erdatmosphäre vorgesehen war, zu installieren. Obwohl der Jet für einen solchen Einsatz ursprünglich nicht vorgesehen war und die Fernrohre nur durch die Flugzeugfenster hindurch Aufnahmen machen konnten, gelangen doch schon bald erste bahnbrechende Entdeckungen: So konnten die Wissenschaftler die Existenz von Wassereis in den Saturnringen nachweisen, während sie im dichten Wolkenmeer der Venus entgegen allen Erwartungen keinen Wasserdampf fanden. »Galileo«, so der Name des ersten fliegenden Infrarotteleskops, stürzte jedoch 1973 nach einem Zusammenstoß mit einem anderen Flugzeug ab. Bei seinem Nachfolger gingen die Ingenieure bereits einen Schritt weiter. Beim 1967 in Dienst gestellten »Lear Jet Observatory« (LJO) ersetzten sie kurzerhand ein Kabinenfenster durch ein Dreißig-Zentimeter-Teleskop.

Primitive Bedingungen an Bord

Doch die Arbeitsbedingungen an Bord des LJO waren alles andere als komfortabel. Da der Lear Jet über keine Kabine mit Druckausgleich verfügte, mussten die Astronomen während des Flugs voluminöse Atemmasken tragen. Auch die Temperaturen an Bord schwankten sehr stark und es gab keine Sitze, sodass die Forscher damals noch mit dem Boden vorlieb nehmen mussten. Dennoch gelangen mit diesem Flugzeug spannende Entdeckungen: So fanden die Astrophysiker mit Hilfe von LJO heraus, dass die Riesenplaneten Jupiter und Saturn insgesamt mehr Energie abstrahlen, als sie von der Sonne erhalten. Sie mussten also über innere Energiequellen verfügen. Außerdem konnten die Forscher erstmals in

NASA, ARC

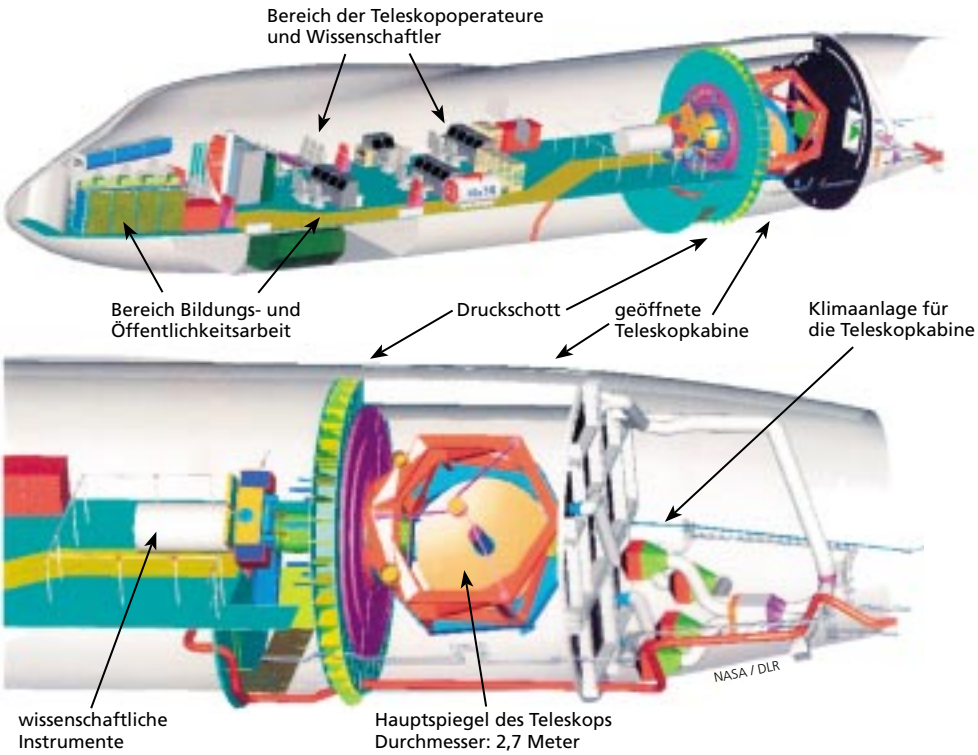
Über 10 000 Flugstunden im Dienst der Forschung absolvierte der Sofia-Vorgänger KAO. Hier befand sich die Teleskopöffnung im vorderen Teil des Rumpfs vor den Flügeln (siehe Pfeil).

das Innere interstellarer Wolken blicken, die im sichtbaren Licht bis dahin undurchdringlich waren. Der nächste logische Schritt war dann das gut dreimal größere Kuiper Airborne Observatory der Nasa mit seinem 91,5-Zentimeter-Teleskop an Bord einer umgebauten Lockheed C-141 Starlifter. Während des Starts und der Landung war das Teleskop durch ein Rolltor geschützt, das sich erst nach Erreichen der Betriebshöhe zwischen 12 und 14 Kilometer Höhe öffnete.

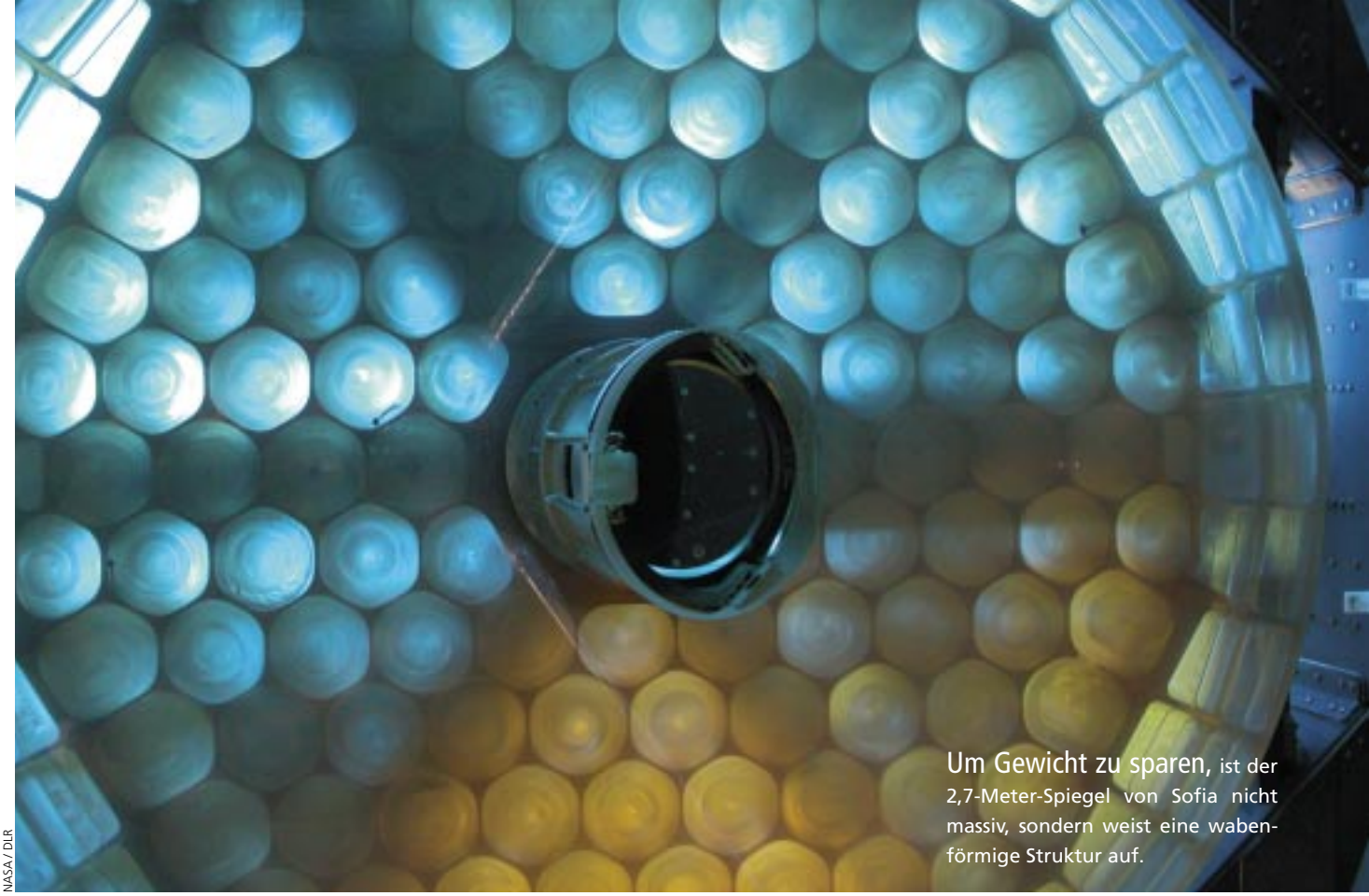
Trotz der ungleich größeren Öffnung und des gesteigerten Auflösungsvermögens von KAO waren die Arbeitsbedingungen an Bord immer noch nicht optimal. Anders als reine Passagiermaschinen besaß die Kabine des Starlifter eine unzureichende Wärmeisolierung, die der Mannschaft und den Wissenschaftlern nur wenig Schutz gegen die extrem niedrigen Außentemperaturen in großer Höhe bot. Außerdem waren die Triebwerke der C-141 sehr laut und vibrierten stark, was die Beobachtungen erschwerte. Dennoch sammelte das KAO von 1974 bis 1996 – also in mehr als zwanzig Jahren – erfolgreich Daten für die Forschung. Aus der langen Liste seiner wissenschaftlichen Erfolge seien nur die wichtigsten erwähnt: die Entdeckung der Uranusringe und der dünnen Methanatmosphäre auf Pluto. Auch die Bestätigung, dass Kometen zum großen Teil aus Wasser bestehen, sowie genaue Kenntnisse über die Verteilung von Wasser und organischen Molekülen im interstellaren Raum verdanken wir KAO.

Pläne für eine deutsche Flugzeugsternwarte vom Ende der 1980er Jahre wurden durch die Einflüsse der deutschen Wiedervereinigung auf den Haushalt des Forschungsministeriums dann allerdings erst einmal auf Eis gelegt. Die US-Seite verfolgte das ursprüngliche Gemeinschaftsprojekt dagegen in Eigenregie weiter, bis die Idee zehn Jahre später in Deutschland eine Renaissance erlebte. Schließlich kam man mit den amerikanischen Kollegen überein, dass Deutschland zwanzig und die Vereinigten Staaten achtzig Prozent der Kosten tragen sollten. Deutschland lieferte das Teleskop, von amerikanischer Seite wurde das Flugzeug gekauft: eine in den Jahren 1977 bis 1995 von den US-Fluggesellschaften PanAm und United Airlines im Linienverkehr eingesetzte Boeing 747 SP namens Clipper Lindbergh. Auch den notwendigen Umbau des Flugzeugs finanzierten die Vereinigten Staaten. Die Beobachtungszeit am Teleskop ist nach dem gleichen Schlüssel zwischen den beiden Staaten aufgeteilt.

Im Vergleich zu ihren Vorgängern ist Sofia geradezu luxuriös ausgestattet. Zwar gibt es in dieser verkürzten Version des Jumbojets keinen Cateringbereich. Das Flugzeug, das von der Nasa komplett zerlegt, wieder zusammengesetzt und frisch lackiert wurde, gleicht im Mo- >



Blick ins Innere Schemazeichnung der fliegenden Sternwarte Sofia



NASA / DLR

Um Gewicht zu sparen, ist der 2,7-Meter-Spiegel von Sofia nicht massiv, sondern weist eine wabenförmige Struktur auf.

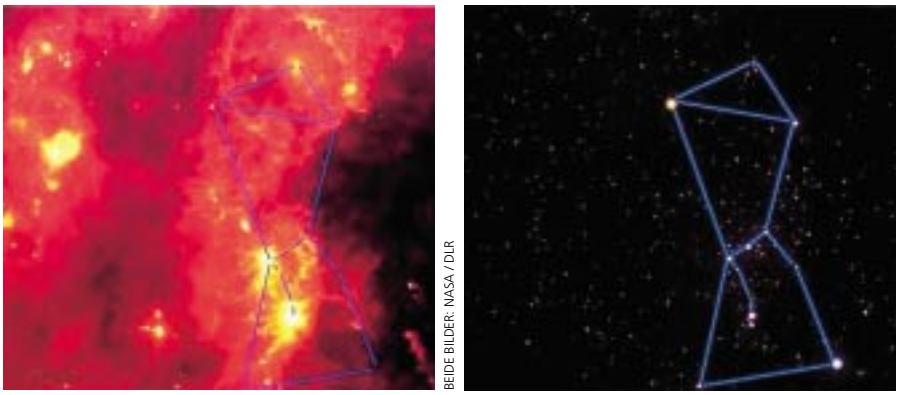
> ment noch einer riesigen, leeren Scheune. Dennoch wird die Kabine der ehemaligen Passagiermaschine den mitfliegenden Wissenschaftlern und Technikern ein sehr komfortables Arbeitsumfeld bieten. In der ehemaligen ersten Klasse stehen darüber hinaus zehn Plätze für Besucher zur Verfügung. Wichtiger noch als der Komfort ist jedoch die Langstreckentauglichkeit der Boeing 747, denn zur Erforschung des Südhimmels sind regelmäßige Flüge von Neuseeland aus vorgesehen. Doch auch beim Einsatz über der Nordhalbkugel soll Sofia bis zu sechs Stunden über zwölf Kilometer hoch fliegen. Dort – weit oberhalb des die Beobachtung störenden Wettergeschehens – wird das Teleskop einen nahezu ungehinderten Blick nach oben haben.

»Wasserdampf, Luftverschmutzung und das Wetter befinden sich dann größtenteils unter uns«, erklärt Röser. Gerade der Wasserdampf in der Atmosphäre ist es, der verhindert, dass die infrarote Strahlung aus dem Kosmos die irdischen Teleskope erreicht. Bisher standen den Astronomen hierfür lediglich die Observatorien auf Hawaii in 4200 Meter Höhe oder hoch fliegende Satellitenobservatorien zur Verfügung. Besonders Satelliten sind jedoch extrem teuer und unflexibel. »Die Stationierung eines Infrarotteleskops auf einem Flugzeug, das jederzeit landen und wieder starten kann, bietet den beteiligten Astronomen die Möglichkeit, ihre Instrumente stets mit der neuesten Technik auszurüsten«, lobt der Stuttgarter Projektleiter. Die Forscher können bei Sofia sogar noch im Flug ihre Experimente optimieren und Fehler beheben. Sofia wird also billiger und moderner als jedes Weltraumteleskop.

Ähnlich wie beim Vorgänger wird die Optik von Sofia bei Start und Landung sowie am Boden durch ein Rolltor geschützt. Der Passagierraum ist durch ein Druckschott vom Instrument getrennt und bietet Platz für zehn bis 15 Wissenschaftler und Teleskopbetreuer.

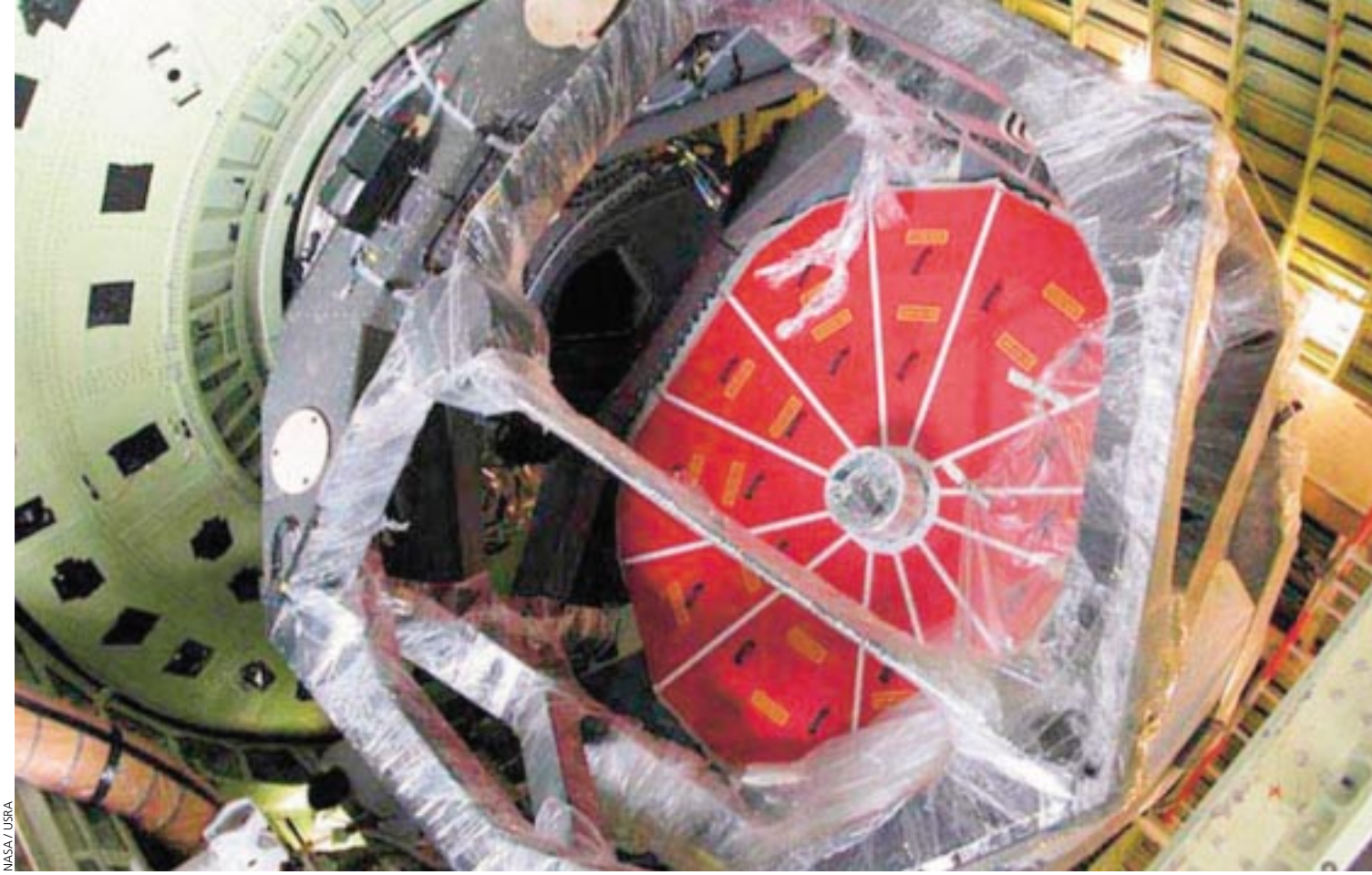
Wie über dem Schallloch einer Flöte

Das Herzstück von Sofia ist das in Deutschland gebaute, in zwei Achsen beweglich gelagerte 2,7-Meter-Teleskop. Seine Montage in den Flugzeugrumpf stellte die Ingenieure vor eine schwierige Aufgabe. Vor allem mussten umfangreiche Vorkehrungen getroffen werden, um Vibrationen beim Flugbetrieb so weit wie möglich zu minimieren. So ist die zentrale Achse des Teleskops durch zwölf luft-



BEIDE BILDER: NASA / DLR

Im Sternbild Orion sind die Materiewolken so kühl, dass sie nur im Infraroten strahlen (links). Erst wenn sie sich stark verdichtet haben und zu Sternen geworden sind, strahlen sie auch im sichtbaren Licht (rechts).



NASA / USRA

Eingeschweißt Blick auf das fertig montierte Teleskop in der Ladebucht von Sofia

gefüllte Stoßdämpfer vom Rest der Flugzeugstruktur entkoppelt. Das zweiteilige Rolltor wird immer nur so weit geöffnet, wie es für die Arbeit des Teleskops unbedingt notwendig ist. Sein hinterer Teil ist aerodynamisch so geformt, dass im Innern der Teleskopbucht möglichst wenig Turbulenzen entstehen – keine leichte Aufgabe, wie jeder weiß, der einmal bei Tempo 180 auf der Autobahn das Seitenfenster geöffnet hat. Und Sofia erreicht sogar 0,8fache Schallgeschwindigkeit! »Noch benimmt sich das Flugzeug wie eine fliegende Flöte«, beschreibt Röser. »Wie über dem Schallloch einer Flöte entstehen am rund zehn Quadratmeter großen Loch im Flugzeugrumpf starke Turbulenzen, sehr viel Akustik und vermutlich auch Störungen, die wir erst noch beherrschen lernen müssen.«

Die Informationen aus der Wärmestrahlung des Kosmos sind für die Astronomen deshalb von so unschätzbarem Wert, weil viele – vor allem sehr kalte – Himmelskörper überwiegend im infraroten Teil des Spektrums Strahlung aussenden. Dazu gehören die großen Gasplaneten in unmittelbarer Nachbarschaft der Erde, Kometen, Asteroiden sowie Pluto und die so genannten Transneptun-Objekte wie Sedna im Kuiper-Gürtel unseres Planetensystems. Von ihrer Erforschung erhoffen sich die Astrophysiker Antworten auf manche Fragen nach der Entstehung des Sonnensystems. Aber auch aus der Untersuchung protoplanetarer Scheiben, die als Vorstufe von Planetensystemen gelten, sowie durch die Entdeckung neuer Exoplaneten (siehe AH November 2004, S. 16) versprechen sich die Forscher mit Sofias Hilfe neue Erkenntnisse.

Alles durchdringende Wärmestrahlung

Da Wärmestrahlung problemlos durch dunkle Gas- und Staubwolken dringt, werden junge Sterne und Planetensysteme, ferne Galaxien, Staubnebel und das Zentrum unserer Milchstraße, in dem die Wissenschaftler ein Schwarzes Loch vermuten, mit einem Mal »sichtbar«. Die Geburt eines Sterns oder eines ganzen Sonnensystems zu beobachten wird zu den spannendsten Tätigkeiten an Bord von Sofia gehören. »Wir haben schon viele Sterne sterben sehen, doch wir haben keine Ahnung, ob die Geburt eines Sterns eine Sekunde, eine Stunde oder Jahrtausende dauert«, so Röser.

Aber auch extrem weit entfernte Objekte aus der Frühzeit des Universums sind für die Astronomen interessant. Da das Licht heißer, junger Sterne schon Millionen oder gar Milliarden Jahre unterwegs ist, sieht man sie heute von der Erde aus so, wie sie damals waren. Ihre Spektren sind dabei vom ultravioletten und optischen Bereich in den Infrarotbereich »rot-verschoben«. Und genau dort liegt die Stärke von Sofia.

Flugzeugobservatorien haben – ebenso wie Satelliten – ihren einzigartigen Anwendungsbereich und sollten daher als Ergänzung statt als Konkurrenz angesehen werden. Die Forscher nutzen heute die Vorteile beider Systeme, um den Geheimnissen des Weltalls auf die Spur zu kommen.

Sofia wird – so viel ist bereits heute klar – für lange Zeit das größte Instrument auf einem Flugzeug sein. Ihre Konstrukteure und Erbauer träumen angesichts des neu vorgestellten Airbus A380 allerdings schon jetzt von der nächsten Generation fliegender Großteleskope. <<

Stephan Fichtner ist Redakteuer bei ASTRONOMIE HEUTE und lebt in Stuttgart. Wenn das deutsche Infrarotteleskop das erste Mal in der Schwabenmetropole einschwebt, wird er sicherlich auch vor Ort sein.