

Solar Orbiter, ATST und noch mehr Einblicke in die Zukunft der Sonnenbeobachtung (Teil 4)

Ulrich v. Kusserow

Die in den Olbers-Nachrichten vom April und Oktober 2007 in Teil 2 beziehungsweise Teil 3 dieser Artikelserie beschriebenen solaren Teleskop- und Satelliten-Projekte machen fast durchweg große Fortschritte. Allein das First Light des GREGOR-Teleskops wird noch länger auf sich warten lassen. Bei der Herstellung des Teleskopspiegels von 1,5 m Durchmesser hat es größere Probleme gegeben. Sicherheitshalber wird ein weiterer Spiegel aus Cesium, einem leichten und mit hoher Wärmeleitfähigkeit ausgestatteten Baustoff, mit einer Bearbeitungsdauer von einem 3/4 Jahr und Kosten in Millionenhöhe gefertigt. Die Mechanik und drei weitere Spiegel des großen Sonnentelekops sind schon längst fertiggestellt, müssen auf ihren Einsatz bei der hochauflösenden Sonnenbeobachtung aber in jedem Fall wohl bis zum Jahre 2009 warten.

Der 1,6m-Spiegel des New Solar Telescope (NST) im Big Bear Solar Observatory (BBSO) wurde wie geplant im Juli 2007 im Steward Observatory Mirror Lab getestet (siehe Abb. 33). First Light für dieses dann größte arbeitende Sonnentelekop der Welt wird es wohl noch im Frühling dieses Jahres geben.



Abb. 33: Test des 1,6m-Spiegels des NST
© Juli 2007, Steward Observatory Mirror Lab; BBSO

Im September beziehungsweise November 2007 sind zwei der drei Instrumente für das Solar Dynamics Observatory (SDO) fertiggestellt und an das Goddard Space Flight Center übersandt worden. Das an der University of Colorado in Boulder, USA, gebaute Extreme Ultraviolet Variability Experiment (EVE) soll die Schwankungen der ultravioletten Ausstrahlung der Sonne messen (zur Lage dieses Instruments am Satelliten siehe Abb. 34) .

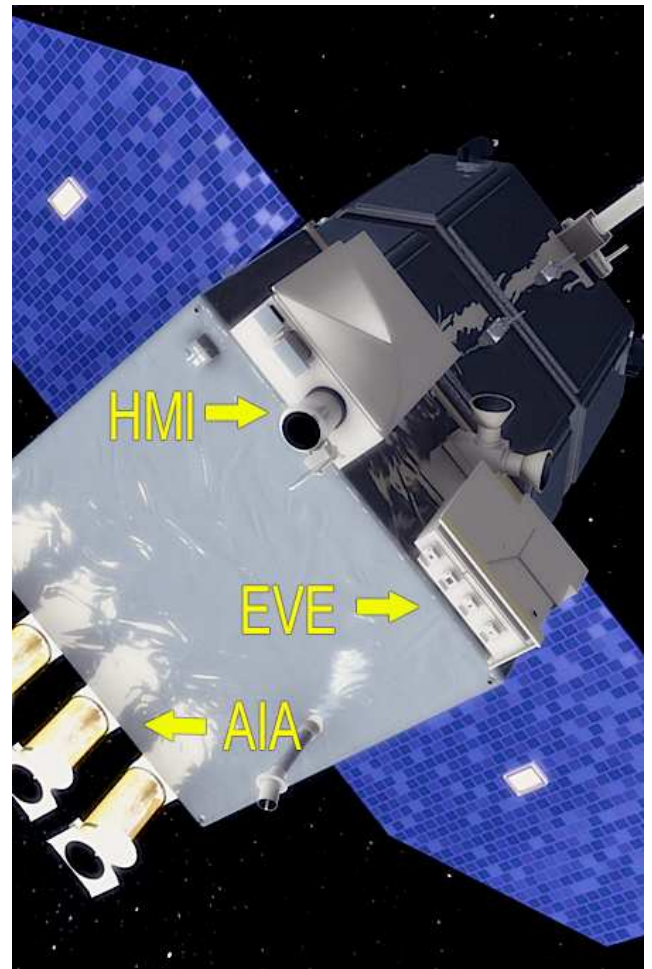


Abb. 34: Lage der Instrumente EVE, HMI und Atmospheric Imaging Assembly (AIA) am Satelliten SDO
© SDO, Ryan Zuber, NASA GSFC

Der von der Stanford University und dem Lockheed Martin Solar Astrophysics Laboratory entwickelte Helioseismic and Magnetic Imager (HMI) (siehe Abb. 35) wird die Technik der Helioseismologie ausnutzen, um das Innere der Sonne zu erforschen. Der Start des Satelliten-Projekts der NASA (ausführlichere Informationen hierzu siehe Olbers-Nachrichten 219, Seite 19-22) wird frühestens im August 2008 erfolgen.



Abb. 35: Ankunft des Helioseismic and Magnetic Imager im Goddard Space Flight Center der NASA
© NASA

Wie geplant wurde am 3. Okt. 2007 ein Testflug des ballongetragenen Sonnenobservatoriums SUNRISE durchgeführt (ausführlichere Infos zu diesem Projekt siehe Olbers-Nachrichten 219, Seite 22-24). Nach dem Start von Fort Sumner in New Mexico, USA, erreichte der Ballon mit der an ihm hängenden, etwa 2 Tonnen schweren, mit Instrumenten bestückten Gondel (siehe Abb. 36) innerhalb von zweieinhalb Stunden seine Zielflughöhe von 37 km in der Stratosphäre. Der während des Starts noch recht „schlaffe“, heliumgefüllte Ballon dehnte sich dort auf Grund des geringen Außendrucks auf mehr als 100 m aus. Während des anschließenden sechseinhalb Stunden dauernden Fluges wurden wichtige Tests durchgeführt. Das Lösen der Gondel vom Ballon leitete die Landungsphase ein. An einem geöffneten Fallschirm hängend, setzte das Gerät sicher wieder auf dem Erdboden auf.



Abb. 36: Das SUNRISE-Team vor der etwa 7 m hohen, noch am Startfahrzeug hängenden Ballongondel
© MPS

Aufgabe dieses erfolgreichen Testfluges war es, die in der Gondel installierten Instrumente, Systeme zur Teleskopausrichtung auf die Sonne, die Instrumentensteuerung, die Datenspeicherung sowie die Kommunikation mit der Bodenstation zu erproben. Anstelle des noch in der Fertigung befindlichen 1 m - Teleskops wurde ein kleineres Teleskop eingesetzt, das schon einige Bildserien der Sonnenoberfläche bei verschiedenen Wellenlängen des ultravioletten Spektrums aufnahm. Anhand dieser Daten soll zum einen die Ausrichtungsstabilität der Ballongondel überprüft, zum anderen die in der Stratosphäre zu erwartende Helligkeit der Sonne in verschiedenen Bereichen des ultravioletten Spektrums ermittelt werden.

Für den Sommer 2009 wird der erste mehrtätige Flug der Ballongondel mit einem 1 m - Teleskop vom Raketen- und Ballon-Startplatz in Kiruna, Schweden, aus vorbereitet. Ziel des SUNRISE-Projektes ist es, besonders kleinskalige Strukturen des Magnetfeldes der Sonne aufzulösen, deren Wechselwirkung mit den Konvektionsströmungen des solaren Plasmas zu studieren und zu analysieren. Mit diesem Teleskop sollen von der Stratosphäre aus im ultravioletten Wellenlängenbereich Beobachtungen der Sonnenatmosphäre durchgeführt werden, die sonst nur mit wesentlich höherem finanziellen Aufwand vom Weltraum aus gemacht werden könnten.

Nähere Informationen zum Testflug des Ballonexperimentes SUNRISE können im Internet unter http://www.mps.mpg.de/en/aktuelles/presenotizen/presenotiz_20071016.html einer Pressemitteilung des Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung (MPS) entnommen werden.

Im Folgenden werden mit dem Solar Orbiter der ESA sowie dem von insgesamt 22 amerikanischen Institutionen unter Leitung des National Solar Observatory geplanten Advanced Technology Solar Telescope zwei besonders herausragende Projekte der Sonnenforschung des kommenden Jahrzehntes vorgestellt.

Solar Orbiter, der europäische Sonnensatellit der Zukunft

Für das Jahr 2015 hat die Europäische Weltraumagentur ESA den Start eines Nachfolgers mit dem Namen „Solar Orbiter“ für den so erfolgreichen Sonnensatelliten SOHO (Solar and Heliospheric Observatory) geplant. Diese noch in einer frühen Vorbereitungsphase befindliche Mission wurde kürzlich neu definiert, jetzt als Teil eines gemeinsamen ESA/NASA-Programms mit dem Titel „Helio-physical Explorers“. Von Seiten der NASA sollen mehrere so genannte „Solar Sentinels“-Satelliten zum Erfolg dieses Projektes beitragen (nähere Informationen dazu in einem Artikel in einer der folgenden Ausgaben der Olbers-Nachrichten).

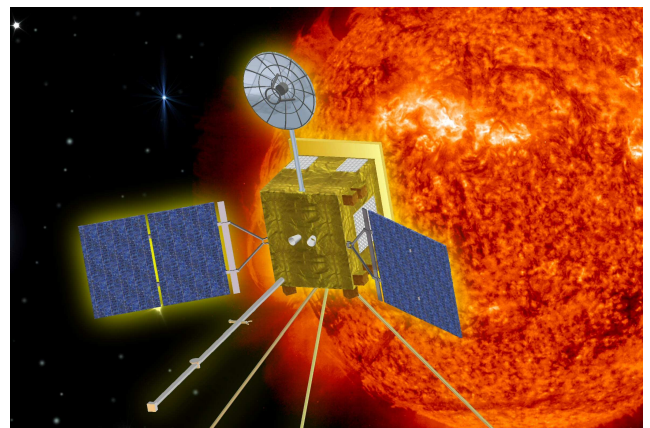


Abb. 37: Modell des Solar Orbiters vor der Sonne (SOHO)
© ESA

Vor den Starts bemannter Raumflüge zum Mond beziehungsweise Mars möchten die Amerikaner im Rahmen ihres „Living with a Star“-Programms vor allem wohl auch im Interesse der Gesundheit der Astronauten sehr gerne das Verhalten der solaren Eruptionen im Verlaufe des nächsten solaren Aktivitätszyklus genauer studieren.

Das Maximum der Sonnenfleckenzahl des kommenden 24. Aktivitätszyklus wird allerdings schon für die Jahre 2012 oder 2013 erwartet. Da müssen sich die Hersteller der Satelliten und Instrumente für beide Missionen doch sehr beeilen!

Aufgabe des Solar Orbiters soll die Beobachtung der Sonne und der sie direkt umgebenden Heliosphäre sein, wobei die folgenden Fakten die Besonderheit dieser Mission verdeutlichen:

- Der Satellit wird die Sonne auf einem elliptischen Orbit umkreisen und sich im sonnennächsten Punkt, dem Perihel, unserem Heimatstern auf 48 Sonnenradien nähern. Dieser geringe Abstand entspricht etwas mehr als einem Fünftel der Entfernung Sonne-Erde. Noch nie war ein Satellit so dicht an die Sonne herangeflogen. Schon mit nicht so großen Instrumenten können dabei Sonnenphänomene mit bisher unerreichter räumlicher Auflösung beobachtet werden. Erstmals werden vor Ort Messungen der Zusammensetzung und physikalischen Eigenschaften der inneren Heliosphäre durchgeführt. Die Intensität der Sonnenstrahlung wird dort dabei etwa 25-mal stärker als auf der Erde sein.
- Die Umlaufzeit von Solar Probe wird in etwa 150 Tage betragen. Die Geschwindigkeit des Satelliten im Bereich des Perihels, den der Satellit ungefähr nach jeweils 5 Monaten erreicht, entspricht dabei ziemlich genau der Rotationsgeschwindigkeit der Sonne. Über einige Tage hinweg können die Instrumente deshalb stationär, das heißt ohne dass sich ihre Position relativ zum beobachteten Phänomen groß verändert, über einem Aktivitätsgebiet die dort ablaufenden Prozesse im Detail beobachten.
- Ziel dieser Mission ist unter anderem auch die Untersuchung der Vorgänge in den polaren Bereichen unserer Sonne, was mit Ausnahme von Ulysses bisher keinem der anderen Sonnensatelliten (Helios, Yohkoh, SOHO und TRACE) möglich war. Nach mehreren Swing-by-Manövern am Planeten Venus soll die Umlaufebene des Satelliten zunächst eine Neigung von 30° , nach fünf Jahren Beobachtungszeit sogar von 38° gegenüber dem Sonnenäquator erreichen. Endlich können dann auf einer Umlaufbahn außerhalb der Ekliptik auch die schwachen Magnetfelder am Pol der Sonne genauer vermessen werden.

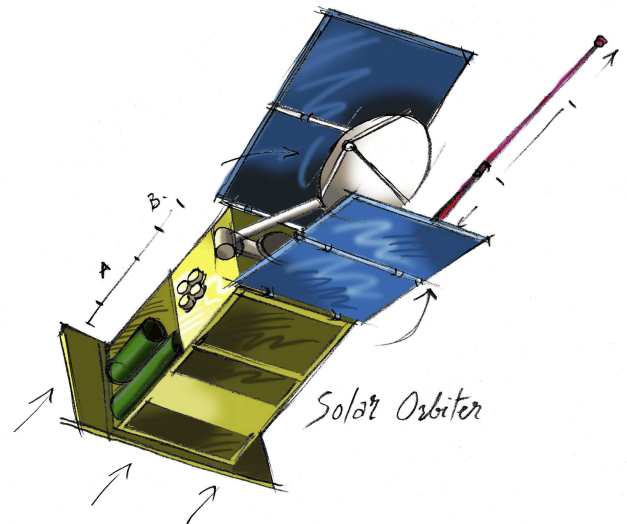


Abb. 38: Zeichnerische Darstellung des Solar Orbiters
© ESA, C.Vijoux

Zu den wesentlichen wissenschaftlichen Zielen von Solar Orbiter gehören:

- Die in situ, das heißt Vor-Ort-Bestimmung der Eigenschaften und Dynamik des Plasmas, der magnetischen Felder sowie der Teilchen in der sonnennahen Heliosphäre.
- Die Untersuchung der feinskaligen Struktur und Dynamik der magnetisierten Sonnenatmosphäre mit Hilfe von hochauflösenden Teleskopen.
- Die Identifizierung der Verbindung zwischen den auf der Sonnenoberfläche ablaufenden Prozessen und den daraus resultierenden Entwicklungen in der wesentlich höher in der Atmosphäre gelegenen Sonnenkorona sowie in der sonnennahen Heliosphäre.
- Die Beobachtung und Charakterisierung der polaren Regionen sowie der äquatornahen Korona der Sonne von einem Beobachtungsort in höheren heliographischen Breiten aus.

Die zugrundeliegenden zentralen Fragestellungen betreffen Begründungen für die Variationen der solaren Prozesse, für die Wirkungsweise der die solaren Magnetfelder erzeugenden Dynamos. Welche wesentlichen physikalischen Prozesse bestimmen die Vorgänge im Sonneninneren und in der Sonnenatmosphäre? Man möchte die magnetischen Topologien nahe der Sonnenpole kennenlernen, die Rotations- und meridionalen Zirkulationsmuster identifizieren, die turbulenten Strömungen im Sonnenplasma, die Teilchenbeschleunigung in der Atmosphäre sowie die Welle-Teilchen-Wechselwirkungen im Sonnenwind verstehen.

Solar Orbiter will die hochgesteckten Ziele mit einer Fülle von hochentwickelten, in zwei Paketen gebündelten Instrumenten erreichen:

- Zu den die Heliosphäre vermessenden in-situ-Instrumenten gehören Analysatoren des Sonnenwindes, der Radio- und Plasma-Wellen, ein Magnetometer zur Messung der Magnetfeldstärke in der Nähe des Satelliten, je ein Detektor für hochenergetische Teilchen, für interplanetare Staubkörner, für neutrale Teilchen sowie solare Neutronen.
- Für die Fernerkundung der Sonne stehen ein im extremen ultravioletten Licht hochauflösend arbeitender Imager, ein in diesem Wellenlängenbereich ebenfalls hochauflösendes Spektrometer, ein im sichtbaren Licht arbeitendes hochauflösendes Teleskop sowie ein Magnetograph zur Verfügung. Im extremen ultravioletten Licht können mit einem Koronagraphen durch Verdeckung der Sonnenscheibe mithilfe einer Blende gezielt auch Aufnahmen der äußeren Sonnenatmosphäre gemacht werden. Ein Radiometer wird die Intensität der solaren Strahlung vermessen.

Der Start von Solar Orbiter soll 2015 vorzugsweise mit einer Atlas V-401 Rakete von Cape Canaveral aus erfolgen. Ersatzweise kommt auch eine Soyuz-ST Fregat 2-1B Rakete in Frage. In diesem Fall würde aber das Centre Spatial Guyanais bei Kourou in Französisch-Guyana als Startplatz gewählt werden. Geplant ist die Durchführung der wissenschaftlichen Mission bis zur Mitte des Jahres 2021. Gewünscht wird aber auch deren Verlängerung bis zum Beginn des Jahres 2024. Die Gesamtmasse des Satelliten wird ca. 1.300 kg betragen, die Nutzlast der Instrumente nur etwa ein Zehntel davon. Auf Grund der sonnennahen Umlaufbahn müssen zum Schutz gegen die verstärkte elektromagnetische Strahlung und den Beschuss durch hochenergetische Teilchen schon in der Planungsphase besondere technische Vorkehrungen entwickelt werden.

Weitere Informationen über den Fortgang des Satellitenprojektes Solar Orbiter der ESA können den Internetseiten mit den Adressen http://www.esa.int/esaSC/120384_index_0_m.html und <http://sci.esa.int/science-e/ww/area/index.cfm?fareaid=45> entnommen werden.

Das Advanced Technology Solar Telescope (ATST)

Im Internet, unter der Adresse <http://atst.nso.edu/partners.shtml>, ist die große Fülle der Institutionen aufgelistet, die sehr wahrscheinlich im Observatorium auf dem Gipfel des 3040 m hohen Haleakala auf der hawaiianischen Insel Maui ihr solares Großteleskop mit einem Durchmesser des Primärspiegels von 4,25 m errichten wollen. First Light soll das technisch besonders hoch entwickelte Teleskop mit der Bezeichnung Advanced Technology Solar Telescope (ATST) im Oktober 2012 haben. Alle für die

Beobachtung der komplexen Sonnenphänomene erwünschten Beobachtungs- und Mess-Instrumente „der ersten Stunde“ werden wohl aber erst 2014 vollständig installiert sein.

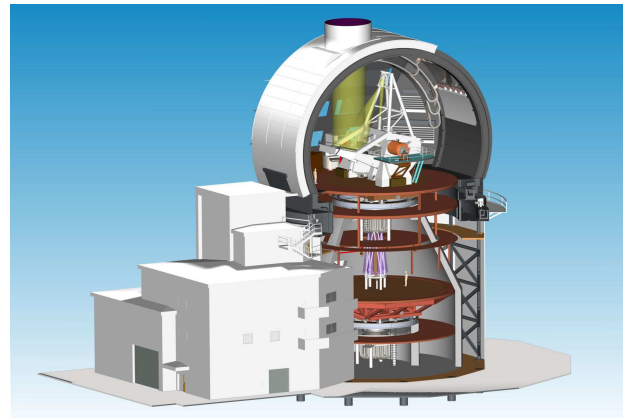


Abb. 39: Querschnitt durch das ATST Observatorium
© ATST, National Solar Observatory

ATST wird das mit Abstand größte und leistungsfähigste Sonnenteleskop der Welt sein. Mit seinem großen Hauptspiegel, mit seiner die Luftunruhe „beseitigenden“, technisch ausgereiften adaptiven Optik, mit der den Einfall von störendem Streulicht minimierenden so genannten Off-Axis-Lage des Sekundärspiegels, durch die Möglichkeit der Beobachtung auch im infraroten Wellenlängenbereich und auf Grund seiner hochmodernen Post-Fokus-Instrumente soll das Teleskop mit seinem hohen räumlichen, zeitlichen und spektralen Auflösungsvermögen neue tiefe Einblicke in die in der Sonne und ihrer Atmosphäre ablaufenden physikalischen Prozesse ermöglichen. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse sollen aber auch Anwendung in vielen anderen Bereichen der Astronomie sowie in der Plasmaphysik finden. Die folgenden zentralen Fragestellungen der Wissenschaftler können dann in einem Jahrzehnt hoffentlich besser als bisher beantwortet werden:

- Welches sind die grundlegenden Mechanismen, die für die große Variabilität der solaren Phänomene (Sonnenflecken, Protuberanzen, Flares, Koronale Massenauswürfe usw.) verantwortlich sind, die auf Technologien der Menschen (Satelliten, Flugzeuge, Kraftwerke), auf menschliche Aktionen im Weltraum und auf das Klima der Erde einwirken?
- Wie werden solare Magnetfelder, aber auch Magnetfelder in Planeten, in anderen Sternen, in Galaxien erzeugt, im interplanetaren, interstellaren und intergalaktischen Raum?
- Welche Rolle spielen magnetische Felder in Plasmastrukturen, nicht nur im fernen Universum, bei der explosiven Freisetzung von Energie in solaren Flares, in vielen anderen hochenergetischen Prozessen, überall im Weltraum?

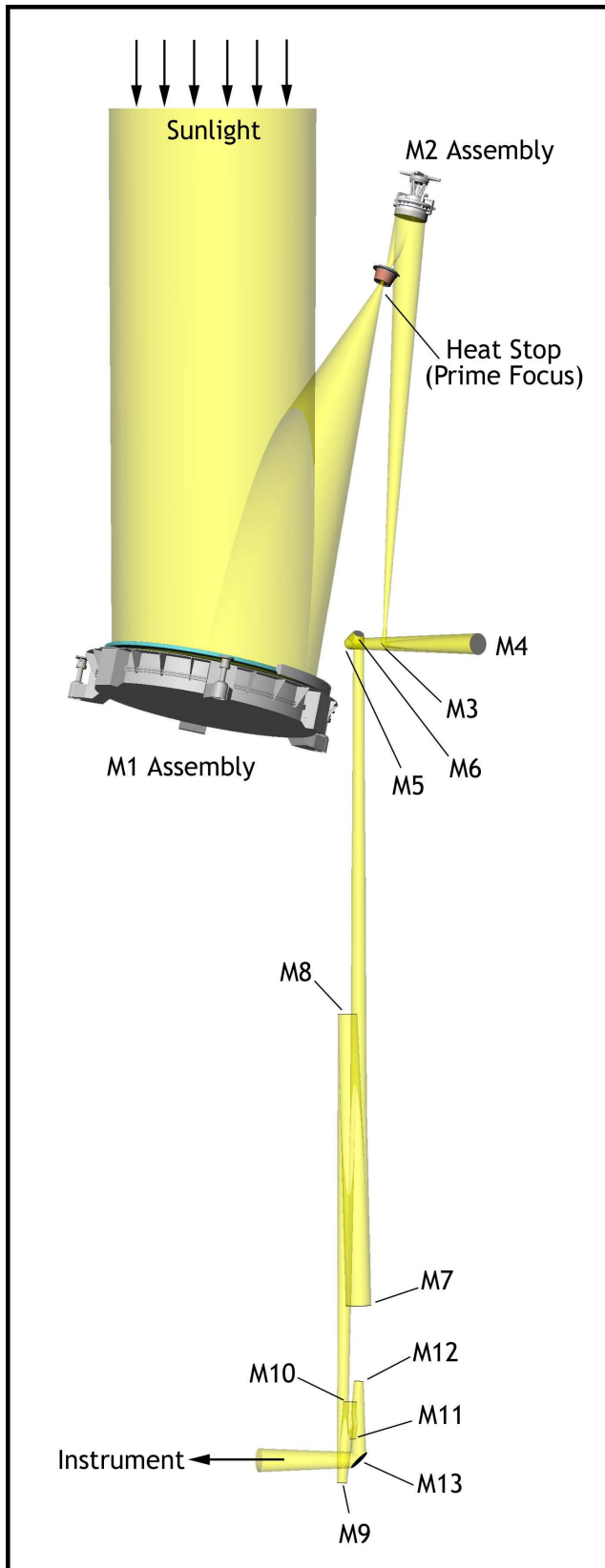


Abb. 40: Spiegel und Lichtwege im ATST
 © ATST, National Solar Observatory

Abbildung 40 veranschaulicht die große Fülle unterschiedlicher Spiegel im Strahlengang des ATST. In dem typischen Strahlengang eines Schiefspiegler-

Systems, durch dessen Bauweise sich die Lichtstreuung begrenzen lässt, wird das von der Sonne näherungsweise parallel einfallende Licht vom schräg gestellten parabolischen Primärspiegel M1 (Dicke nur 75 mm!) reflektiert und in den Primär-Fokus vor dem elliptischen Spiegel M2 gebündelt. Durch eine hier installierte Blende soll der weit überwiegende Teil des einfallenden Sonnenlicht ausgeblendet werden („Heat Stop“). Nur ein bestimmter Ausschnitt des Sonnenbildes lässt sich hierdurch im Folgenden abbilden (Bildfeldbegrenzung). Die Form des Sekundärspiegels M2 ist sehr schnell steuerbar und ermöglicht die durch adaptive Optik vermittelte Korrektur der durch Luftunruhe entstandenen Abbildungsfehler.

Die weiteren Spiegel im komplexen Strahlengang des ATST sind teilweise flach (M3, M5, M6, M8, M13), konkav elliptisch (M4, M10, M11), konkav hyperbolisch (M7), teilweise deformierbar (M9) oder schnell beweglich (M5, M13). Die spezielle Anordnung und Steuerung dieser Spiegel ermöglicht das Umlenken des Lichtweges in die Stundenachse des Teleskops und die dadurch raumfeste Lage des Fokus (Coudé-System), eine Vermeidung der Rotation des Sonnenbildes während der Beobachtung sowie die Weiterleitung des Lichts in die Räume mit den Post-Fokus-Instrumenten, unterstützt letztlich auch die Behebung von Bildfehlern.

Die beiden jeweils konkav gewölbten Spiegel M1 und M2 bilden in der beschriebenen Konstellation ein so genanntes Gregory-System (siehe auch Abbildung 20 auf Seite 12 in Heft 217 der Olbers-Nachrichten). Man beachte dabei die große Ähnlichkeit des Strahlengangs im ATST mit dem im NST im Big Bear Solar Observatory (siehe Abbildung 21 auf Seite 13 in Heft 217 der Olbers-Nachrichten)! Tatsächlich sollen die mit dem NST gemachten Erfahrungen positiv beim Bau des ATST einfließen.

Nähere Informationen zum Advanced Technology Solar Telescope findet man im Internet unter der Adresse <http://atst.nso.edu/>.

(Fortsetzung folgt)



Astromarkt

Suche Refraktor ab 100 mm Durchmesser.

Martin Groothuis
 28125 Bremen
 Utbremer Ring 142
 Tel. 357923

