

**Zeitschrift:** Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
**Herausgeber:** Schweizerische Astronomische Gesellschaft  
**Band:** 49 (1991)  
**Heft:** 242

**Artikel:** Aspekte der Ulysses-Mission : Teil I  
**Autor:** Mall, U.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-898915>

#### 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:** 29.01.2026

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

Viele Planetenforscher sind der Ansicht, dass es sich bei diesen hellen Wolken um starke Vertikalbewegungen in der Saturnatmosphäre handeln muss, ähnlich unseren Cumulonimbuswolken (Gewitterwolken), welche durch aufsteigende warme Luftmassen entstehen. Sie tauchen aus tiefern Regionen auf und durchdringen die Dunstschicht, womit sie für einen Beobachter auf der Erde sichtbar werden. Man ist sich jedoch nicht einig über den Antriebsmechanismus für solche Aufwärtsbewegungen in den Atmosphärenschichten

des Planeten Saturn. Auffallend ist jedoch die zeitliche Regelmässigkeit, mit der sich solche Vorgänge in der Saturnatmosphäre abspielen: sie scheinen sich nach etwa 30 Jahren zu wiederholen, also nach einer Umlaufzeit des Planeten um die Sonne, und treten in der Mitte des Sommers auf der nördlichen Saturnhemisphäre ein. Man darf gespannt sein auf Saturn, wenn er nach der Konjunktion mit der Sonne im Frühjahr wieder sichtbar wird!

CH. TREFZGER

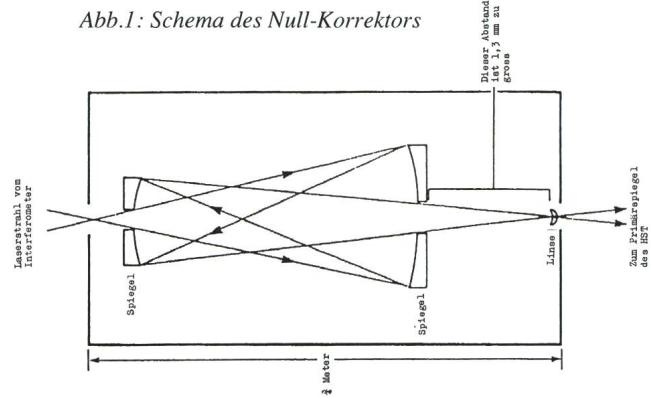
## Nachtrag zum Artikel «Hubble's Hauptspiegel hat eine falsche Form»

(ORION 241, S. 246)

Dort war gesagt worden, der Fehler dieses Spiegels sei durch einen Abstandsfehler der beiden Spiegel des bei der Herstellung benutzten Null-Korrektors entstanden (Abb. 1). Unterdessen hat sich herausgestellt, dass nicht dieser Abstand falsch war, sondern derjenige zwischen dem einen der Spiegel und einer ebenfalls zum System gehörigen kleinen Linse (Artikel in «Sky & Telescope», Nov. 1990, S. 470). Die Differenz beträgt 1,3 mm und erklärt vollkommen den Betrag der sphärischen Aberration des HST. Der Artikel schliesst mit dem tröstlichen Satz: «Damit hat sich für das mit dem Projekt beschäftigte Personal die Diagnostizierung, wie schlecht das Teleskop ist, in die Feststellung, wie gut es ist, verwandelt.»

W. LOTMAR

Abb.1: Schema des Null-Korrektors



## Aspekte der Ulysses-Mission – Teil I

U. MALL

Die Sonne zeigt eine Reihe von Aktivitäten, von denen einige schematisch auf Bild [1] zu sehen sind. Neben all den Erscheinungen, die von blossem Auge beobachtbar sind, wie z.B. Veränderungen von Sonnenflecken, entfaltet die Sonne Aktivitäten, zu deren Erforschung wir aufwendige Instrumente benötigen. Der Sonnenwind, die Emission von Röntgen- und energiereicher Teilchenstrahlung, die Emission von Radiowellen sowie das plötzliche Auftreten von sog.  $\gamma$ -Strahl-bursts sind nur einige Vertreter dieser von der Sonne gezeigten Aktivitäten. Daneben befindet sich die Sonne nicht in einem vollständig leeren Raum, sondern sie wird umströmt von einem Medium, bestehend aus Gas und Staub, das wiederum sie selber beeinflusst. Einige dieser Aktivitäten konnten von der Erde aus direkt erforscht werden, andere mussten von Ballonen und Satelliten aus untersucht werden, weil diese Strahlung infolge von Absorption in den Luftsichten unserer Atmosphäre die Erdoberfläche gar nicht erreichen kann. Was das Wissen angeht, das wir mit Hilfe von Satelliten gewonnen haben, so waren diese Beobachtungen bisher immer aus der Bahnebene der Planeten erfolgt, so dass wir nun mit der Ulysses-Mission zum ersten Mal all diese Phänomene im wahren Sinne des Wortes aus einer neuen Perspektive betrachten werden [Bild 2].

[Bild 3] zeigt in schematischer Darstellung die Raumsonde mit ihren neun wissenschaftlichen Experimenten auf ihrer Plattform. Folgende Experimente befinden sich an Bord der Sonde: ein amerikanisches Experiment, das Radiowellen nachweisen wird, ein britisches, das Magnetfeldmessungen

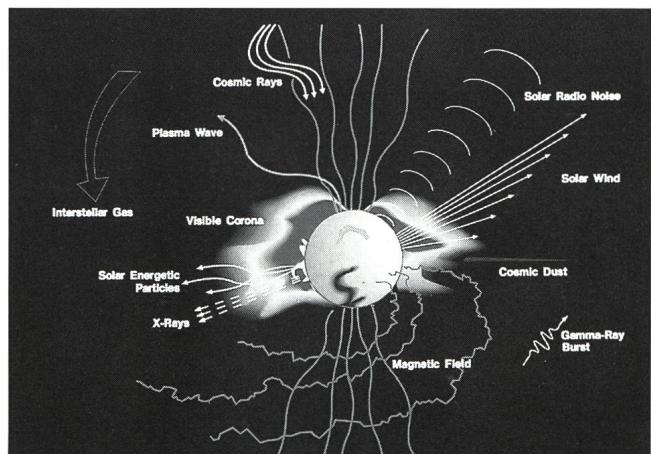


Abb. 1

durchführen wird, ein deutsch-französisches Experiment zur Messung von Röntgenstrahlung und von kosmischen  $\gamma$ -ray-bursts, ein Experiment, das den kosmischen Staub untersuchen wird, und ein amerikanisches, das der Messung von kosmischer Strahlung dient. Ein Experiment zur Messung von Ionen und Elektronen (Lanzerotti), ein Experiment zur Messung energiereicher Ionen und neutralen Heliums (Kepler MPI Lindau) sowie ein Experiment zur Messung des Sonnenwindes (GLG).

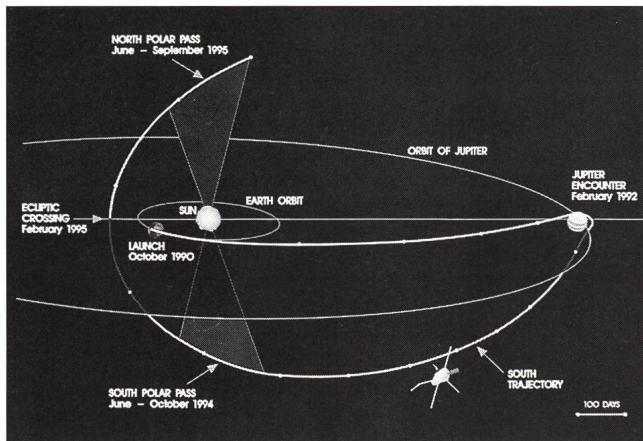


Abb. 2

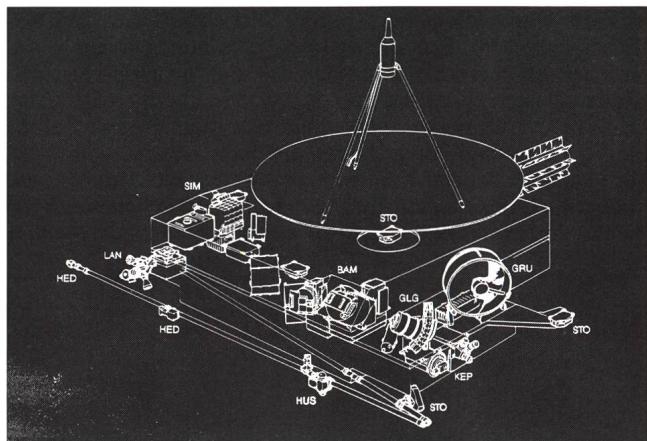


Abb. 3

### Was verstehen wir nun unter dem Begriff Sonnenwind?

Als Sonnenwind bezeichnen wir ein ständig von der Sonne mit einer Geschwindigkeit von etwa 350 - 800 km/s radial abströmendes Gas aus Ionen und Elektronen. In einer Entfernung von 1 AU - der Distanz zwischen Sonne und Erde - enthält dieses Gas, das wir im folgenden auch als Plasma bezeichnen, pro Kubikzentimeter etwa 10 Elektronen und 10 positive Ionen, meist Wasserstoffionen.

Lange Zeit wurde angenommen, dass die starke Anziehungskraft der Sonne das Entweichen von Teilchen in den interplanetaren Raum unterbinden sollte. Es zeigte sich jedoch, dass diese Betrachtung nur in unmittelbarer Nähe der Sonne richtig ist.

In grösserer Entfernung von der Sonne übertrifft die Energie der Teilchen, die sie auf Grund der dort herrschenden hohen Temperaturen besitzen, die Anziehungskraft der Sonne, so dass ein Entweichen in den interplanetaren Raum möglich wird.

Damit stellt sich die Frage nach der Größenordnung dieses durch den Sonnenwind verursachten Masseverlustes der Sonne; mit anderen Worten, wie lange kann die Sonne einen solchen Verlust an Masse überhaupt verkraften?

Da die Anzahl Teilchen, die wir im Durchschnitt pro  $cm^{-2} s^{-1}$  in einer Entfernung von 1 AU von der Sonne nachweisen, etwa  $3 \times 10^8 p cm^{-2} s^{-1}$  beträgt, ergibt sich ein Masseverlust von  $1.4 \times 10^9 kg s^{-1}$ , was bei einer Lebensdauer von 4.7 Milliarden Jahren nur etwa den 0.0001 Anteil der Sonnenmasse ausmacht, also ein verschwindend kleiner Bruchteil.

### Sonnenwindforschung im All

Als nächstes wird man sich fragen, wo sich der Sonnenwind am besten erforschen lässt. Sonnenwindforschung von der Erde aus ist nicht möglich, da der Sonnenwind die Erde gar nicht erreichen kann. Verantwortlich dafür ist das Magnetfeld der Erde, das auf die Ionen des Sonnenwindes als elektrisch geladene Teilchen eine Kraft ausübt und sie dadurch ablenkt.

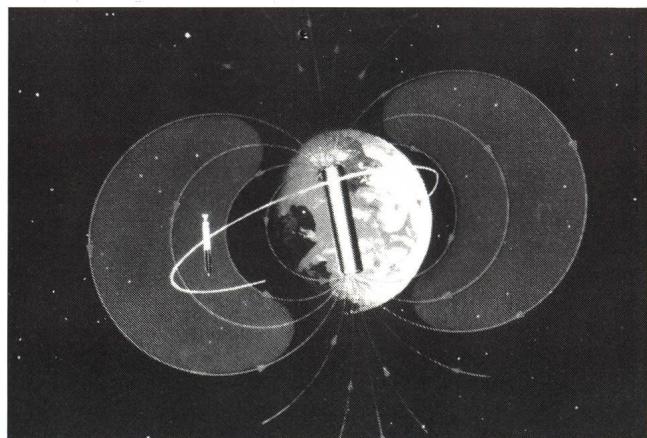
Wie müssen wir uns das vorstellen? [Bild 4] Betrachtet man das Magnetfeld der Erde, so gleicht es dem Magnetfeld eines Stabmagneten, wir sagen, das Magnetfeld sei in guter Näherung ein Dipolfeld. Damit ist die Vorstellung verbunden, dass sich das terrestrische Magnetfeld in den interplanetaren Raum erstreckt und mit zunehmendem Abstand von der Erde immer schwächer wird - genauso wie sich das Magnetfeld eines Stabmagneten mit zunehmendem Abstand verrin-

gert, bis es sich schlussendlich gar nicht mehr nachweisen lässt. Diese Vorstellung wäre auch gar nicht so falsch, wäre da nicht dieser von uns als Sonnenwind bezeichnete Ionenstrom, der, wie der britische Geophysiker Chapman 1931 in Zusammenarbeit mit V. Ferraro in einer theoretischen Untersuchung zeigte, das Magnetfeld der Erde verformt und in eine Region einschliesst, die wir als Magnetosphäre bezeichnen. Dieser Umstand ist für das Leben auf der Erde von zentraler Bedeutung, schützt die Magnetosphäre doch die Erde vor dem dauernden Beschuss energiereicher Teilchen, ähnlich wie die Atmosphäre uns vor der gefährlichen elektromagnetischen Strahlung, wie z.B. der UV-Strahlung, schützt.

Wie sieht nun dieser Magnetosphärenbereich aus, wie weit erstreckt er sich, und werden alle Planeten durch einen solchen Bereich vom Sonnenwind abgeschirmt?

Die Reichweite der Magnetosphäre wird dadurch bestimmt, dass es einen Punkt gibt, an dem der Sonnenwind genau die Kraft, die durch das Magnetfeld auf ihn wirkt, ausbalanciert. Man nennt diesen Punkt Stagnationspunkt. Hier darf nicht der Eindruck einer sphärischen Magnetosphäre entstehen, vielmehr weist die Magnetosphäre eine kometartige Form auf, in der die Erde den Kern darstellt. [Bild 5] Auf der der Sonne zugewandten Seite hat die Magnetosphäre eine Ausdehnung von etwa 10 Erdradien, wogegen sich das geomagnetische Feld auf der der Sonne abgewandten Seite auf über 1000 Erdradien erstreckt. Die Schicht, die die Magnetosphäre vom

Abb. 4



Sonnenwind trennt, bezeichnet man als Magnetopause. Die Magnetopause trennt nicht einfach den Magnetosphärenbereich vom Gebiet, wo der Sonnenwind strömt, sondern es existieren komplizierte dynamische Transportmechanismen, bei welchen Ionen die Magnetopause durchqueren und so für die Populierung der Magnetosphäre mit Ionen sorgen. Die Tatsache, dass die Erde nicht der einzige Planet ist, der über eine Magnetosphäre verfügt, zeigt, dass die Erforschung solcher Zonen von grundlegendem Interesse ist.

Wenn hier der Eindruck entstehen sollte, dass wir nur dank modernster Technologie etwas von der Existenz des Sonnenwindes wissen, so sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass es eine Reihe von direkt beobachtbaren Erscheinungen gibt, die ihre Existenz direkt dem Sonnenwind verdanken. Zu den für uns Menschen wohl spektakulärsten Erscheinungen zähle ich die Polarlichter. Verantwortlich für ihr Zustandekommen ist das Zusammenwirken des Sonnenwindes mit der Magnetosphäre zu einer Art elektrischem Generator, der die Energie, die in der Bewegung dieser Teilchen steckt, in elektrische Energie umwandelt. Einen grossen Teil von dem, was wir über die Magnetosphäre wissen, verdanken wir direkt den Bemühungen, diese Leuchterscheinungen zu verstehen.

### **Das interplanetare Magnetfeld**

Wie die Erde besitzt auch die Sonne ein Magnetfeld, das an der Sonnenoberfläche eine Grösse von ungefähr 1.5 Gauss hat, also etwa 3 mal stärker ist als das terrestrische Feld an der

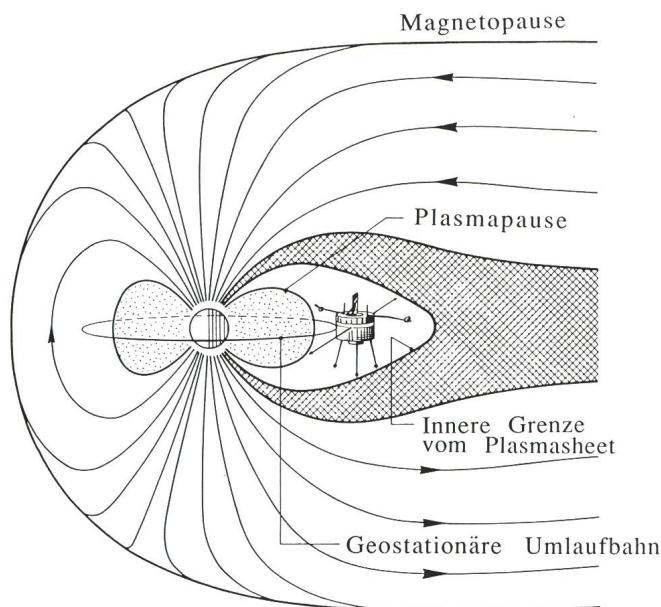


Abb. 5

Erdoberfläche. Man kann nun zeigen, dass das von der Sonne wegströmende Plasma dieses Magnetfeld mit sich führt, man sagt, das Feld sei im Sonnenwind eingefroren. Dass sich die Sonne dreht, hat zur Folge, dass sich der radial nach aussen strömende Sonnenwind in einer Spirale [Bild 6] von der Sonne weg bewegt und gleichzeitig das an ihn gekoppelte Magnetfeld mitführt. Bei einer Rotationsdauer von ca. 27 Tagen für eine Sonnenumdrehung ergibt sich zwischen der Strömungsrichtung des Sonnenwindes und einem radial von der Sonne wegzeigenden Vektor ein sogenannter Strömungs-

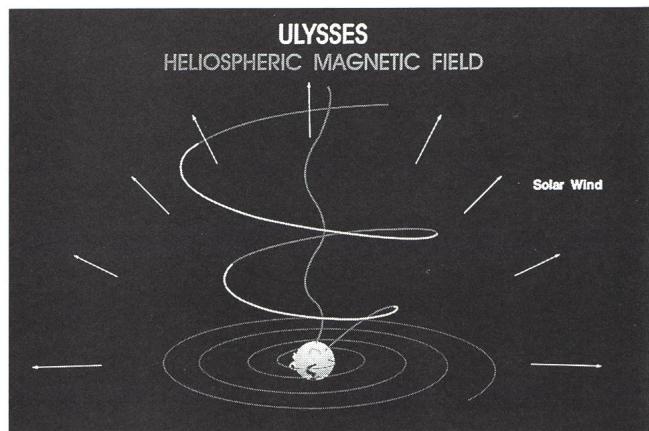


Abb. 6

winkel von ungefähr 45 Grad. Gleichzeitig nimmt die Magnetfeldstärke, die an der Oberfläche der Sonne rund 2 Gauss beträgt, mit zunehmendem Abstand von der Sonne ab, so dass sie auf der Höhe der Erde noch etwa 6 Zehntausendstel beträgt. Eine ganze Reihe von Satelliten, beginnend mit den russischen Sonden Lunik I und Lunik II, hat die Existenz des Sonnenwindes nachgewiesen, so dass man sich fragt, warum die Ulysses-Mission im Hinblick auf die Erforschung des Sonnenwindes so etwas Aussergewöhnliches sei. Nach wie vor ungelöst ist das Problem, und dies ist eine der Hauptfragestellungen, die durch die Ulysses-Mission untersucht werden sollen, wie der Sonnenwind eigentlich von der Sonne beschleunigt wird.

Wieso glaubt man, diese Fragestellungen mit einer Raumsonde, die sich außerhalb der Bahnebene der Planeten bewegt, besser verstehen zu können? Die Antwort ist im Zusammenhang mit der vorhin gezeigten Parkerschen Spirale zu finden [Bild 6].

Die einzelnen Ionen des Sonnenwindes strömen nicht alle gleich schnell von der Sonne weg. Es gibt schnellere und langsamere Sonnenwindströmungen. Auf dem Weg von der Sonne weg kommt es zu komplizierten Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Sonnenwindströmungen, deren Interpretation im allgemeinen nicht einfach ist. Ein viel einfacheres Bild erhält man direkt über den Polen der Sonne. Da sich die Polregionen weniger drehen, entsteht hier eine wesentlich einfachere Magnetfeldstruktur, da sich die Magnetfeldlinien in den polaren Regionen fast radial in den Raum erstrecken.

Dem Studium der Zusammensetzung des Sonnenwindes kommt eine besondere Bedeutung zu, weil verschiedene Theorien, die das Phänomen der Beschleunigung und des Transports des Sonnenwindes durch die Sonnen-Korona zu beschreiben versuchen, zu verschiedenen Aussagen gelangen. Messungen der Ionenhäufigkeiten können hier Klarheit schaffen, indem sie falsche von richtigen Theorien unterscheiden helfen.

Wie wird nun der Sonnenwind in einem modernen Experiment an Bord der Raumsonde Ulysses gemessen?

Das vom Physikalischen Institut der Universität Bern in Zusammenarbeit mit der Universität von Maryland, dem Max-Planck-Institut für Aeronomie in Lindau sowie der Technischen Universität Braunschweig entwickelte Instrument trägt den Namen SWICS (Solar Wind Ion Composition Spectrometer). SWICS ist ein Präzisions-Massenspektrome-

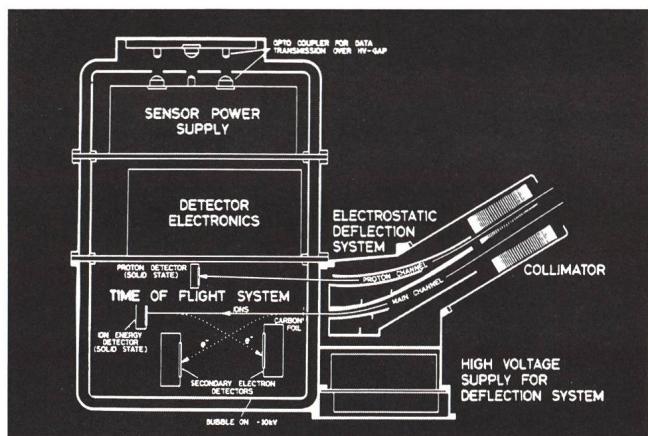


Abb. 7

ter. Wie funktioniert SWICS? [Bild 7] SWICS besteht aus drei Teilen: einem Kollimator und Energieanalysator, einem Flugzeit-Spektrometer und einem Detektorsystem zur Messung der Energie der Sonnenwindionen. Das Kollimator-Energieanalysator-System hat die Aufgabe, Ionen zu selektieren, deren Energie/Ladungsverhältnis  $E/Q$  in einem vorgegebenen Bereich liegt und aus einer vom Kollimator bestimmten Richtung stammt.

Ionen, die diese Bedingung erfüllen, können dieses System passieren und erreichen den zweiten Teil des Instruments, das Flugzeit-Spektrometer. Dieser Teil, seinem Prinzip nach ein miniaturisierter Teilchenbeschleuniger, beschleunigt Ionen mit Hilfe einer Spannungsdifferenz von 30 000 Volt auf eine Endenergie, die so gross ist, dass die Energie der Ionen mit Halbleiterzählern direkt nachweisbar wird. Die Ionen durchlaufen dann eine 8 cm lange Wegstrecke, an deren Anfang sie eine C-Folie durchdringen. Die hierbei aus der Folie herausgeschlagenen Elektronen werden nachgewiesen und liefern ein zeitliches Startsignal. Am Ende der Wegstrecke treffen die Ionen auf Halbleiterdetektoren, aus denen sie wiederum Elektronen herauslösen, die diesmal als Stoppsignal das Erreichen des Streckenendes signalisieren. Aus der Zeitdauer, die zwischen dem Start- und Stoppsignal verstrichen ist, wird dann die Geschwindigkeit der Ionen berechnet. Die Halbleiterzähler, auf die die Ionen treffen, messen gleichzeitig die Ionenenergie. Kombiniert man die gemessenen Größen - und dies wird in Echtzeit mit Hilfe eines Mikroprozessors von SWICS direkt an Bord der Raumsonde getan - so erhält man separat die Masse, die Ladung und die Energie eines jeden Ions.

Der Verfasser dankt Prof. H. Balsiger für die Zurverfügungstellung von Dias.

U. MALL  
Physikalisches Institut  
Universität Bern

## An- und Verkauf / Achat et vente

### Zu Verkaufen

**Teleskop Celestron, Typ C5**, Stativ mit Polhöhenwiege, Sucherfernrohr, Rektaszensions-Motor, Zenitprisma, 6 Okulare und Filtersatz (6 Stück). Alles in sehr gutem Zustand. In stabilem Koffer. Preis Fr. 1800.– Tel 028/46 27 93.

### Zur Verkaufen

Neuwertige **Badener-Präzisions-Montierung** mit solidem 3-Bein Stativ, Speisegerät, Frequenzwandler, Photomultiplier mit Strahlenteiler und Track-Control. Fr. 2700.–

Ernst Lips, Bergholzweg 24,  
8123 Ebmatingen, Tel. 01/ 980 08 13.

### Zu Verkaufen

**Taxco-Telescop** komplett, Spiegeldurchmesser 6 cm, Brennweite 80 cm, 2 Okulare 12,5/4 mm, 2 Barlowlinsen. Wenig gebraucht.

Neupreis Fr. 350.–, Occasionspreis ca. Fr. 300.–  
M. Schicker Rotkreuz, Tel. 042/64 11 38.

### Zu Verkaufen

Umständehalter ausserordentlich günstig **Meade 10" LX 6 f/6,3**, 11 Monate alt, absolut neuwertig und originalverpackt (Neupreis Fr. 11'700.–), ungewöhnlich komplett ausgerüstet: Superwiege mit Stativ, Digitalanzeige, Fokussiermotor, 10" Sonnenfilter, Nebelfilter, Erect Prisma, Meade 4000 Barlow & Meade 4000 Okulare 4,7/6,7/8,8/14/24,5 und 40 mm UWA resp. SWA, Taukappe, etc.

H.P. Mettler, Herisau.  
Tel. G 071/51 31 32, P 071/52 29 39.

Kultur  
Astronomie &  
Reisen

Die kulturellen Zusammenhänge zwischen der Gesellschaft eines Volkes und der Astronomie gehören zu den interessanten Eindrücken, die ein Reisender mitnehmen kann. Alle Reisen sind darauf abgestimmt, kulturelle Sehenswürdigkeiten, gesellschaftliche Lebensgewohnheiten und astronomische Besichtigungen in das Erlebnis einer Reise einzubeziehen.

### Reise zur totalen Sonnenfinsternis nach Mexico und zu den Kulturen der Azteken und Mayas

vom 6.-27.7.1991; Beobachtung der Sonnenfinsternis an der mexikanischen Westküste; die astronomischen und archäologischen Stätten in Mexico-City und Cancun.

Das Programm der Sonnenfinsternisreise und weiterer astronomischer Reisen erhalten Sie bei ECKEHARD SCHMIDT, Dallingerstr. 1, Postfach 4616, D-8500 Nürnberg 1, Tel. 0911/43 87 74 oder 45 32 78.