

**Zeitschrift:** Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
**Herausgeber:** Schweizerische Astronomische Gesellschaft  
**Band:** 36 (1978)  
**Heft:** 166

## Heft

### 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:** 21.08.2025

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

# ORION

Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
Bulletin de la Société Astronomique de Suisse



36. Jahrgang  
36<sup>e</sup> année

Juni  
Juin  
1978

166

# Schweizerische Astronomische Gesellschaft Société Astronomique de Suisse

SAG

SAS

**Adresse des Zentralsekretärs:** Zentralsekretariat der SAG, Andreas Tarnutzer, Hirtenhofstrasse 9, CH-6005 Luzern.  
Anfragen, Anmeldungen sind an diese Adresse zu richten.

**Adressänderungen, Austritte** (nur auf Jahresende) sind zu richten an:  
Zentralkassier, Fritz Hefti, Segantinistrasse 114, 8049 Zürich.

**Mitgliederbeitrag SAG** (inklusive Bezugspreis ORION und ORION Zirkular)  
Schweiz: sFr. 47.—, Ausland: sFr. 53.—.  
Jungmitglieder (nur in der Schweiz) sFr. 25.—.

Einzelhefte sind beim Zentralsekretär für sFr. 6.— zuzüglich Porto und Verpackung erhältlich.

Mitgliederbeiträge und Zahlungen sind erst nach Rechnungsstellung zu begleichen.

**Adresse du secrétaire central:** Secrétariat central de la SAS, Andreas Tarnutzer, Hirtenhofstrasse 9, 6005 Lucerne.  
Informations et demandes d'admission sont à envoyer à cette adresse.

**Changements d'adresse et démissions** sont à envoyer à: Caisier central, Fritz Hefti, Segantinistrasse 114, 8049 Zürich.

**Cotisation annuelle SAS** (y compris l'abonnement à ORION et Circulaire ORION).  
Suisse sfrs 47.—, Etranger: sfrs 53.—.  
Membres juniors (seulement en Suisse): sfrs 25.—.

Des numéros isolés peuvent être obtenus auprès du secrétaire central au prix de sfrs. 6.— plus frais de port.

Le versement des cotisations et autres paiements sont à effectuer après réception de la facture seulement.

## CALINA Ferienhaus und Sternwarte CARONA idealer Ferientreffpunkt aller Amateur-Astronomen



### Programm 1978

3.—8. April

**Elementarer Einführungskurs** in die Astronomie  
Leitung: Herr Dr. Mario Howald, Basel

27.—28. Mai

**Wochenend-Kolloquium** Thema: Elektrische Einrichtungen und Apparate für Astro-Amateure  
Leitung: Herr Prof. Dr. Max Schürer, Bern

9.—14. Oktober

**Elementarer Einführungskurs** in die Astronomie  
Leitung: Herr Dr. Mario Howald, Basel

23.—28. Oktober

**Astrophotokurs** Leitung: Herr Erwin Greuter, Herisau

Auskünfte und Anmeldungen:  
Herr Andreas Künzler, Postfach 331  
CH-9004 St. Gallen  
Telefon 071/23 32 52

Technischer und wissenschaftlicher Berater:  
Herr Erwin Greuter, Haldenweg 18, CH-9100 Herisau

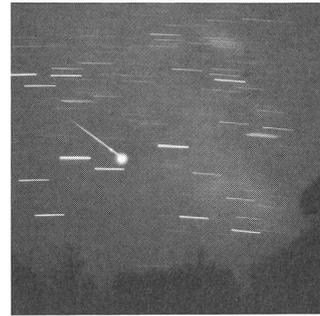
# ORION

Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
Bulletin de la Société Astronomique de Suisse

## Inhaltsverzeichnis

Brief der ORION Redaktion . . . . .	100
Neue Adressen des Zentralsekretärs und des Kassiers . . . . .	100
Dr. C.M. HUMPHRIES und Prof. V.C REDDISH: Neues Infrarot-Teleskop mit ungeahnten Möglichkeiten . . . . .	101
ROMAN A. GUBSER: Die Berechnung der Ephemeriden von Planeten und Kometen mit dem programmierbaren Taschenrechner. . . . .	103
J. DUBOIS: Le problème cosmologique et ses hypothèses VI . . . . .	110
A. TARNUTZER: Als «Astro-Tourist» durch den Goldenen Westen Amerikas . . . . .	114
Exposition astronomique . . . . .	118
F. JETZER: Jupiter: Präsentation 1976 . . . . .	119
F. JETZER: Saturn Präsentation 1976/77 . . . . .	123
In Winterthur entsteht eine Volkssternwarte . . . . .	124
Das Instrument . . . . .	126
Frequenzwandler für die Astrofotographie . . . . .	128

## Titelbild/Couverture



### Helle Feuerkugel

Diese eindruckliche Aufnahme einer hellen Feuerkugel gelang am 29. Juli 1971 dem bekannten SAG-Mitglied ROBERT PHIL—DIUS aus Grand-Lancy, Genf. Aufnahmeort war Gstaad im Berner Oberland. Die feststehende Kleinbildkamera wurde gegen 23 Uhr Ortszeit in Richtung Süd (Sternbild Schütz) aufgestellt. Belichtet wurde 5—6 Minuten auf Ektachrome High Speed mit einem extrem lichtstarken (Öffnungsverhältnis 1:0,95!) Objektiv von 50 mm Brennweite. Die ORION-Redaktion möchte mit diesem Titelbild viele Amateure anregen, während den kommenden Ferienwochen auch eigene photographische Versuche am Sternenhimmel zu unternehmen. Hoffentlich stellen sich dabei auch so eindruckliche Glückstreffer ein.

**Auflage:** 2700 Exemplare. Erscheint 6x im Jahr in den Monaten Februar, April, Juni, August, Oktober und Dezember.

**Redaktions-Zentrale:** Peter Gerber, Dr. phil., Juravorstadt 57, CH-2502 Biel.

### Ständige Redaktionsmitarbeiter

#### Astrofotografie:

Werner Maeder, 18, rue du Grand Pré, CH-1202 Genève

#### Astrovorschau / Fragecke:

Erich Laager, Schlüchtern, CH-3150 Schwarzenburg.

#### Instrumentenbau:

Herwin Ziegler, Hertensteinstrasse 23, CH-5415 Nussbaumen.

#### SAG/Sektionen:

Werner Lüthi, Lorraine 12 D/16, CH-3400 Burgdorf.

Manuskripte, Illustrationen und Berichte sind direkt an die zuständigen Redaktoren zu senden. Die Verantwortung für die in dieser Zeitschrift publizierten Artikel tragen die Autoren.

Redaktionsschluss: 8 Wochen vor Erscheinen der betreffenden Nummer.

**Technische Redaktion:** Werner Lüthi, Lorraine 12 D/16, CH-3400 Burgdorf.

**Inserate:** Kurt Märki, Fabrikstrasse 10, CH-3414 Oberburg.

**Redaktion ORION-Zirkular:** Kurt Locher, Dipl. phys., Rebrain 39, CH-8624 Grüt.

**Bezugspreis, Abonnements und Adressänderungen:** siehe SAG.

**Copyright:** SAG-SAS. Alle Rechte vorbehalten.

**Druck:** A. Schudel & Co. AG, CH-4125 Riehen.

**Tirage:** 2700 exemplaires. Paraît six fois par année en février, avril, juin, août, octobre et décembre.

**Rédaction-centrale:** Peter Gerber, Dr. phil., Juravorstadt 57, CH-2502 Bienne.

### Collaborateurs permanents de la rédaction:

#### Astrofotographie:

Werner Maeder, 18 rue du Grand-Pré, CH-1202 Genève.

#### Le ciel étoilé / Le coin du lecteur:

Erich Laager, Schlüchtern, CH-3150 Schwarzenburg.

#### Construction d'instruments:

Herwin Ziegler, Hertensteinstrasse 23, CH-5415 Nussbaumen.

#### Section SAS:

Werner Lüthi, Lorraine 12 D/16, CH-3400 Burgdorf.

Manuscrits, illustrations et rapports sont à envoyer directement aux rédacteurs respectifs. La responsabilité des articles publiés dans ce bulletin incombe aux auteurs.

Dernier délai pour l'envoi des articles: 8 semaines avant la parution du numéro correspondant.

**Rédaction technique:** Werner Lüthi, Lorraine 12 D/16, CH-3400 Burgdorf.

**Annonces:** Kurt Märki, Fabrikstrasse 10, CH-3414 Oberburg.

**Rédaction de la Circulaire ORION:** Kurt Locher, phys. dipl., Rebrain 39, CH-8624 Grüt.

**Prix, abonnements et changements d'adresse:** voir sous SAS.

**Copyright:** SAG-SAS. Tous droits réservés.

**Impression:** A. Schudel & Co. SA, CH-4125 Riehen.

Liebe ORION-Leserin,  
Lieber ORION-Leser,

in meinem letzten Brief (Dezember 77) versuchte ich, Ihnen meine Ansichten über Aufgabe und Gestaltung unseres ORION darzulegen. Gleichzeitig machte ich Sie — zumindest andeutungsweise — mit den Sorgen und Problemen des ORION-Redaktors bekannt. Aufmunternde und anspornende Antworten sind seither bei mir eingegangen. Angeregt durch diesen letzten Brief haben auch einige SAG-Mitglieder zur Feder gegriffen und der Redaktion sehr gute Beiträge zukommen lassen. Dafür danke ich herzlich.

Heute darf ich Ihnen, verehrte Leser, gleich zwei erfreuliche Mitteilungen machen. Einmal möchte ich Sie knapp über den Stand der viel diskutierten ORION-Finanzlage orientieren. Dann kann ich Ihnen — und dies freut mich ganz besonders — fünf neue und ständige ORION-Mitarbeiter vorstellen.

Vorerst also einige Angaben über die ORION-Finanz: Trotz mehreren ORION-Zirkular-Ausgaben pro Jahr (eine Zirkular-Ausgabe kostet inklusive Versand Fr. 1 400.—) werden wir den Bezugspreis des ORION auch in Zukunft kaum erhöhen müssen. Im Gegenteil, ein günstigeres Druckverfahren und eine gut gehende Inseratacquisition werden es uns sogar erlauben, in Zukunft je nach Bedarf Sondernummern herauszugeben. Das Verhältnis zwischen angebotener Leistung und Preis dürfte sich somit beim ORION verbessern.

Vor einiger Zeit zusätzlich übernommene berufliche Verpflichtungen verunmöglichten mir ein alleiniges Weiterführen der ORION-Redaktion. So machte ich mich auf die Suche nach ständigen Redaktionsmitarbeitern. Ein grösseres Redaktionskollegium bietet der SAG wesentliche Vorteile. Einmal wären so in der Redaktion mehrere Meinungen vertreten und dann würde das Ausscheiden und Ersetzen eines Redaktors künftig nicht mehr die Grundfesten des ORION erschüttern. Die Suche nach tatkräftigen ORION-Mitarbeitern verlief sehr erfreulich. Anlässlich der Redaktionssitzung vom 14. April 78 in Bern erklärten sich folgende Herren zur Übernahme von ständigen Ressorts im Rahmen der ORION-Redaktion bereit:

ERICH LAAGER, Schwarzenburg. Herr LAAGER wird sich besonders um die *Probleme des aktiven Astro-Amateurs* kümmern. Und als Neuheit wird er im ORION eine *Astro-Vorschau* und eine *Frageecke* betreuen.

WERNER LÜTHI, Burgdorf. Neben der Betreuung der *Technischen Redaktion* und der *Terminplanung* wird Herr LÜTHI in Zukunft die ORION-Leser über die Aktivitäten in der SAG, im Zentralvorstand der SAG und in den lokalen Astronomischen Gesellschaften orientieren.

WERNER MAEDER, Genf. Als Bilingue wird Herr MAEDER die Redaktion aller Beiträge in französischer Sprache betreuen. Zusätzlich gilt sein besonderes Interesse den *Sternwarten der Schweiz* und den Problemen der *Astrofotografie*.

KURT MÄRKI, Oberburg. Als versierter Fachmann wird Herr MÄRKI die ORION-Kasse führen. Er übernimmt ebenfalls die *Inseratacquisition*.

HERWIN ZIEGLER, Nussbaumen. Als bestens bekannter Spezialist auf dem Gebiet des Instrumentenbaues wird Herr ZIEGLER weiterhin seine Spalte *Das Instrument* betreuen und je nach Bedarf auch weiter ausbauen.

Der Schreibende schliesslich wird als *Koordinator* der ORION-Redaktion amten und diejenigen Themen betreuen, die in kein bereits erwähntes Ressort passen wollen, insbesondere Themen aus der *allgemeinen Astronomie, der Geschichte der Astronomie und der Astrophysik*.

Das erweiterte Redaktorenteam wird erstmals die kommende August-Nummer des ORION (Nr. 167) gemeinsam herausgeben. In dieser Nummer werden die neuen Redaktoren den ORION-Lesern ihre Ressorts und Absichten auch näher vorstellen. Sie, liebe Leser, möchte ich schon jetzt bitten, alle ORION-Redaktoren mit vielen Anregungen und Beiträgen zu unterstützen.

Abschliessend habe ich noch einen herzlichen Dank auszusprechen. Dieser Dank gilt dem aus beruflichen Gründen scheidenden Technischen Redaktoren ROLAND A. HOLZGANG aus Urtenen. In den 2½ Jahren seiner Amtszeit hat Herr HOLZGANG viele hundert Arbeitsstunden für den ORION aufgewendet, und es war stets sehr gute Arbeit.

Ihnen, liebe ORION-Leser, wünsche ich schöne Sommer- und Ferienmonate mit möglichst vielen klaren Beobachtungsnächten.

Mit freundlichen Grüssen  
Ihr ORION-Redaktor: Dr. P. GERBER

### Neue Adressen des Zentralsekretariates und des Kassiers

An der Generalversammlung in Basel wurden die vom Vorstand vorgeschlagenen Herren Erich Laager, 2ter Vizepräsident, Andreas Tarnutzer, Zentralsekretär, und Fritz Hefti, Zentralkassier, einstimmig gewählt.

Ab sofort gelten deshalb folgende Adressen:

Zentralsekretariat SAG  
Andreas Tarnutzer  
Hirtenhofstrasse 9  
CH-6005 Luzern

Zentralkassier SAG  
Fritz Hefti  
Segantinistrasse 114  
CH-8049 Zürich

Anfragen und Anmeldungen sind an das Zentralsekretariat, Adressänderungen und Austritte dagegen direkt an den Zentralkassier zu richten.

# Neues Infrarot-Teleskop mit ungeahnten Möglichkeiten

von Dr. C. M. HUMPHRIES und Prof. V. C. REDDISH \*)



Blick auf das in Grossbritannien im Bau befindliche Infrarot-Teleskop, das im Lauf des Jahres 1978 auf dem über 4000 m hohen Gipfel des erloschenen Vulkans Mauna Kea in Hawaii in Betrieb genommen wird. (BFF)

## \*Autoren:

Dr. HUMPHRIES ist Projektleiter für den Bau des britischen Infrarot-Teleskops und wird als erster Astronom des Royal Observatory in Edinburgh mit dem Einsatz des neuen Instruments betraut. Professor REDDISH ist Direktor des Edinburgher Royal Observatory und für das Teleskop-Projekt als Ganzes verantwortlich.

In den letzten Jahren hat man festgestellt, dass es viele astronomische Objekte gibt, die wahrnehmbare Infrarotstrahlungsmengen aussenden. Manche von Ihnen sind relativ kühle Sterne — weit grösser als die Sonne und mit Oberflächen, die in einer matten Rotglut leuchten. Dies war aufgrund der bisherigen Erkenntnisse nicht überraschend.

Andere sind grosse, aus Gas und winzigen Staubteilchen bestehende interstellare Wolken mit Temperaturen, die von einigen Grad über dem absoluten Nullpunkt (=  $-273^{\circ}\text{C}$ ) bis zu zehntausend Grad reichen. Auch sie gehören nicht zu den überraschenden, wohl aber zu den besonders interessanten Objekten, weil sie die Wolken sind, in denen sich Sterne und Moleküle bilden, und die vielleicht sogar manchen Aufschluss über den Ursprung des Lebens und die Entwicklung des Universums geben werden.

Völlig unerwartet dagegen waren die beträchtlichen Mengen infraroter Energie, die aus den Kernen von Galaxien strömen; unsere eigene Milchstrasse ist ein beachtenswertes Beispiel dafür.

Das Messen der Infrarotstrahlung, die uns von diesen Objekten her erreicht, ist aus zweierlei Gründen schwierig. Erstens sind die ausgesendeten Energiemengen zwar oft sehr gross, aber die Objekte, von denen sie kommen, derart weit entfernt, dass nur ein winziger Teil davon zu uns gelangt. Die Entfernung interstellarer Wolken von der Erde variiert von einigen Lichtjahren bis zu Tausenden von Lichtjahren und, wenn es sich um andere Galaxien handelt, von Millionen bis zu tausenden Millionen von Lichtjahren.

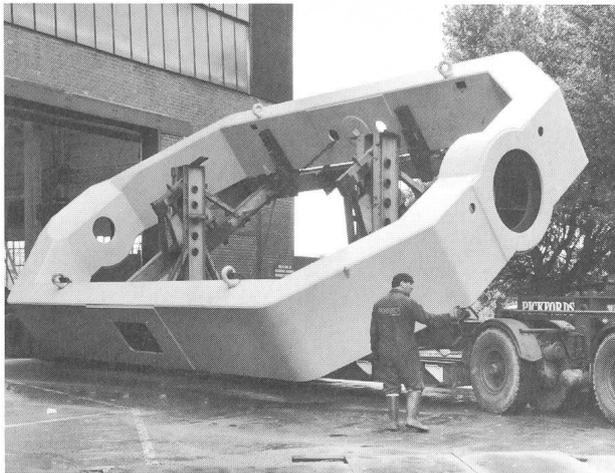
Zweitens wird von der Erdatmosphäre selbst, durch die hindurch die Objekte beobachtet werden müssen, Infrarotstrahlung emittiert, und auch das Teleskop sendet Infrarotstrahlung aus, weil es im Vergleich zu der tiefsten möglichen Temperatur (dem absoluten Nullpunkt) warm ist. So müssen diese sehr schwachen astronomischen Quellen vor einem Hintergrund, der viel heller ist als sie, aufgespürt werden.

Daher braucht man zum Sammeln ausreichender von solchen Quellen kommender Strahlungsmengen sehr grosse Teleskope, die ausserdem so konstruiert sein müssen, dass ihre eigene Infrarotstrahlung auf ein Minimum beschränkt bleibt. Es ist ferner notwendig, sie in grosser Höhe aufzustellen, damit sie so weit wie es sich ermöglichen lässt, über unsere Erdatmosphäre hinausragen.

Bei dem Infrarot-Teleskop mit 3,8 m  $\emptyset$ , das zur Zeit in Grossbritannien im Bau ist, wird man all diesen Erfordernissen Rechnung tragen, und wenn es im Lauf des Jahres 1978 in Betrieb genommen worden ist, wird es das grösste speziell für den Infrarotbereich gebaute Teleskop der Welt sein. Hervorzuheben ist ferner, dass für das Teleskop ein ungewöhnlich dünner Spiegel verwendet wurde, was zu erheblichen Einsparungen im Vergleich zu den Kosten herkömmlicher Reflektoren geführt und es zu einer einzigartigen Konzeption auf dem Gebiet der Herstellung grosser Teleskope gemacht hat.

Die traditionelle Methode, grosse Teleskop-Spiegel von guter optischer Qualität herzustellen, besteht darin, einen Spiegelscheiben-Rohling zu verwenden, dessen Dicke ungefähr ein Sechstel des Spiegeldurchmessers beträgt, damit die nötige Festigkeit gewährleistet ist, um eine bis zum Bruchteil eines  $\mu\text{m}$  reichende Genauigkeit des Oberflächenprofils zu erreichen. Das hätte für das neue britische Infrarot-Teleskop (kurz UKIRT genannt) mit seinem Durchmesser von 3,8 m theoretisch einen Hauptspiegel von 0,63 m Dicke erfordert, was eine Masse von etwa 16 t gleichgekommen wäre.

Doch schon früh beim Konstruktionsentwurf des UKIRT entschied man sich dafür, von der traditionellen Methode abzugehen — in der Meinung, selbst wenn dies zu einer gewissen Erweiterung der optischen Toleranzgrenzen führen sollte, werde die Leistung immer noch gut genug für astronomische Beobachtungen im Infrarotbereich sein.



Dieses präzise gefertigte Stahlelement — Gewicht 25 t — wird sorgfältig in eine britische Fabrik eingefahren, in der das riesige Infrarot-Fernrohr des britischen Science Research Council zusammgebaut werden wird. Dieses Element wird den Spiegel und dessen Antrieb abstützen.

Das Fernrohr, dessen Wert sich auf 12 Millionen beläuft, hat einen 8 t schweren Spiegel mit einem Durchmesser von 3,8 m. Nachdem er etwa 3 Jahre gefräst, geschliffen und poliert wurde, bietet er eine der besten optischen Oberflächen, die jemals erzielt wurden.

Das fertige Fernrohr wird im Dienste der britischen Forschungsanstalt auf Mauna Kea, einem 4 300 m hohen Berg in Hawaii, errichtet werden, wo die Bedingungen für Infrarotastronomie besonders günstig sind.

Der für das UKIRT verwendete Hauptspiegel hat eine Dicke von 0,29 m, was eine Masse von nur 7 t ergibt. Bei einer solchen Verringerung der Masse dürfen Festigkeit und Masse der zur Aufstellung des Teleskops erforderlichen Konstruktion entsprechend geringer sein, und dies ist der Grund für die erhebliche Reduzierung der Gesamtherstellungskosten gegenüber denen herkömmlicher Instrumente.

Dieser Gewinn wird jedoch ohne nennenswerten Verlust an optischer Leistung erzielt. Der Hauptspiegel ist bereits fertiggestellt, seine Oberfläche hat ihre endgültige konkave Paraboloid-Form ( $f/2,5$ ) erhalten, und Tests haben inzwischen erwiesen, dass er 95 Prozent des Lichts, das er empfängt, zu einem Bild in einem Winkel von weniger als einer Bogensekunde konzentriert, was wohl als eine bemerkenswerte Leistung betrachtet werden kann.

Die Herstellung der Optik übernahm die Firma Sir Howard Grubb Parsons and Company Ltd., Newcastle upon Tyne, Nordengland, während die tragende Konstruktion und die Hardware für die Steuerung des Teleskops von der Firma Dunford Hadfields Ltd., Sheffield, hergestellt werden.

Das Teleskop wird von einem Gestell gestützt, das um die Polarachse rotiert. Innerhalb des Gestells kann das Teleskop um eine senkrecht zur Polarachse verlaufende Achse rotieren. Alle Bewegungen und Funktionen des Teleskops (dessen Gesamtmasse annähernd 100 t beträgt) werden von einem Computer automatisch gesteuert und überwacht.

Die erforderliche Computer-Software wurde gemeinsam vom Royal Observatory, Edinburgh, und vom Imperial College, London, entwickelt, und der für dieses Projekt verantwortliche Professor J. Ring vom Imperial College ist Vorsitzender des beratenden UKIRT-Lenkungsausschusses.

Das Teleskop wird in Hawaii aufgestellt. Es ist ein vom Staat für britische Astronomen bereitgestelltes Forschungsinstrument, dessen Betrieb in den Händen des Edinburgher Royal Observatory liegen wird. Die Wahl des richtigen Standorts ist für Infrarot-Messungen von wesentlicher Bedeutung. Das Teleskop wird auf dem Gipfel des erloschenen Vulkans Mauna Kea in einer Höhe von 4200 m stationiert. In dieser Höhe ist ein grosser Teil der Infrarot-Absorption (vornehmlich der durch Wasserdampf erfolgenden) stark reduziert.

Die zuständigen Astronomen und ihre Hilfskräfte müssen natürlich auch in dieser verdünnten Atmosphäre arbeiten. In solchen Höhen hat der Luftdruck im Durchschnitt nur etwa 60 Prozent der Stärke des Druckes in Meeresniveau (NN) und dementsprechend ist auch die Menge des für den menschlichen Körper zur Verfügung stehenden Sauerstoffes geringer. Wer dort auf dem Gipfel arbeiten will, muss daher erst in geringeren Höhen lernen, sich zu akklimatisieren.

Das Royal Observatory stellt auch eine hochentwickelte, für den allgemeinen Gebrauch geeignete zum Teleskop gehörende Instrumentation zur Verfügung. Das für Hawaii vorgesehene britische Personal wird im gesamten erforderlichen technischen Fachwissen aufs beste geschult sein und unter anderem mehrere ständig am Ort ansässige Astronomen umfassen. Es wird sich in einer internationalen wissenschaftlichen Gemeinschaft befinden, denn noch einige andere Gruppen — vornehmlich die Canadian-French-Hawaiian Telescope

Corporation, die IRTF-Gruppe der NASA, die Universität Hawaii und das National Radio Astronomy Observatory von Green Bank, Virginia, USA — haben den Mauna Kea ebenfalls als Standort für Teleskope gewählt. Ausgezeichnete Arbeitsbeziehungen zu diesen Gruppen bestehen bereits.

Dieses grosse neue Infrarot-Teleskop wird britischen Astronomen die Möglichkeit bieten, zahlreiche Objekte sehr viel genauer zu erforschen. Messungen der von den Kernen von Galaxien ausgesendeten Strahlung, insbesondere der Art und Weise, wie die Intensität der Emission je nach der Wellenlänge innerhalb eines weiten Bereichs variiert, werden, so hofft man, dazu verhelfen, einiges über die Energiequellen in diesen Kernen in Erfahrung zu bringen.

In näherer Nachbarschaft der Erde wird man die «Geburtsstätten» von Sternen unseres eigenen galaktischen Systems beobachten und versuchen zu erforschen, wie sich aus den grossen, Moleküle enthaltenden interstellaren Wolken Sterne bilden. Es gibt mehrere Theorien darüber, doch keine konnte bislang endgültig als richtig bewiesen werden.

Ausserdem wird von den winzigen Staubteilchen der

interstellaren Wolken Infrarotstrahlung absorbiert und ausgesendet, und Messungen dieser Absorptionen und Emissionen können manchen Aufschluss über deren physikalische und chemische Eigenschaften geben. Obwohl die Grösse dieser Staubteilchen nur einen Bruchteil eines  $\mu\text{m}$  beträgt, und wenn sie insgesamt auch weniger als ein Prozent der Materiemasse in interstellaren Wolken ausmachen, sind sie doch besonders wichtig, weil sich auf ihrer Oberfläche Wasserstoff- und andere Moleküle bilden. Manche Wissenschaftler vermuten, dass es diese Bildung von Wasserstoffmolekülen ist, die das Zerfallen der Wolken in Fragmente verursacht, die sich dann zu Sternen verdichten, ohne die es kein Licht, keine Wärme, kein Leben geben würde — und dass sich vielleicht auch die Moleküle, in denen das Leben seinen Ursprung hat, auf diesen winzigen Partikeln bilden und daher weit über das gesamte Universum verbreitet sind.

Die Energiequellen in den Kernen von Galaxien, die Entstehung der Sterne, der Ursprung des Lebens — mit Hilfe des neuen Infrarot-Teleskops einen bedeutenden Beitrag zur Erforschung dieser Dinge leisten zu können, ist für die britische Wissenschaft eine faszinierende Zukunftsaussicht. (BF)

## Die Berechnung der Ephemeriden von Planeten und Kometen mit dem programmierbaren Taschenrechner.

VON ROMAN A. GUBSER, Urania Sternwarte Zürich

Die Entwicklung des Benjamins der Kleinkomputerfamilie — des programmierbaren, durch Mikroprozessoren gesteuerten Taschenrechners, hat inzwischen einen beachtlichen Stand erreicht. Trotz oder vielleicht wegen des technologischen Fortschritts sind die Preise soweit gesunken, dass der Erwerb solcher Geräte beinahe jedem Astro-Amateur möglich geworden ist. Diese Rechner werden wohl bald einmal zur Ausrüstung einer noch so bescheidenen Sternwarte gehören, sind doch ihre Einsatzmöglichkeiten noch kaum absehbar: etwa als Sternzeituhersatz oder z.B. für die Berechnung der Präzession, Parallaxe, Refraktion, für Koordinatentransformationen etc. Eine dieser Möglichkeiten mit den neueren Rechnermodellen, die relativ komplexe Berechnung (ungestörter) Ortsephemeriden von Planeten und Kometen, soll hier erörtert werden. Es liegt nicht im Rahmen eines solchen Aufsatzes, eine komplette Programmier-technik mit fertigen Programmen zu vermitteln. Mit Ausnahme eines besonders interessanten Programmausschnittes soll lediglich der Rechnungsablauf mit einsetzbaren mathematischen Formeln beschrieben werden.

Die im Folgenden beschriebenen Programme und Rechenbeispiele sind mit einem Rechner des Typs Ti-59 (Texas Instruments) verwirklicht worden. Dieser Rechner hat einige für uns relevante Eigenschaften wie z.B.

- grosse Rechengenauigkeit (10 Anzeige plus 3 Schutzstellen, wichtig, um Rundungsfehler bei der Vielzahl arithmetischer Operationen klein zu halten),
- relativ grossen, auf Datenregister und Programm-schritte flexibel aufteilbaren Speicherbereich,
- auswechselbare festverdrahtete Einheiten (Software Module) mit ca. 25 Programmen, die nicht nur über

die Tastatur, sondern auch als Unterprogramme aufrufbar sind (für astronomische Berechnungen ist das Programm Kalenderrechnung sehr nützlich),

— an den Rechner anschliessbares alphanumerisches Druckwerk, womit ein automatischer Betrieb mit alphabetisch gekennzeichneten Resultatenausdruck möglich wird. Programme und Daten können auf Magnetkarten aufgezeichnet werden, so dass der Rechner beliebig oft geladen werden kann.

Die Bestimmung des geozentrischen Ortes eines um die Sonne laufenden Himmelskörpers gliedert sich im Wesentlichen in zwei Teile:

1. Berechnung der heliozentrischen Koordinaten sowohl dieses Körpers, als auch der Erde und
2. Umwandlung dieser Positionen in geozentrische.

### 1. Die Berechnung der heliozentrischen Polarkoordinaten $v$ und $r$ .

#### 1.1 Die elliptische Bahn.

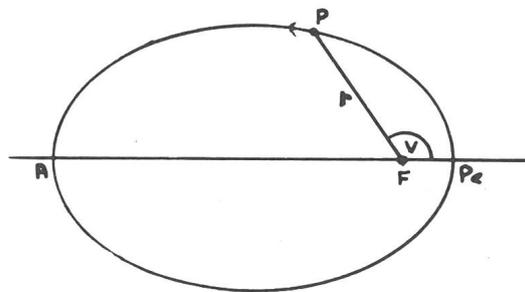


Fig. 1 Die Polarkoordination  $r$  und  $v$  in der Ellipse.

Fig. 1 zeigt die Verhältnisse eines auf elliptischer Bahn um die in dem einen Ellipsenbrennpunkt F stehenden Sonne laufenden Himmelskörpers. Die Winkelgeschwindigkeit des Körpers oder die Änderung von  $v$ , der wahren Anomalie, ist entsprechend dem zweiten Keplerschen Gesetz im Perihel  $Pe$  am grössten und im Aphel  $A$  am geringsten.

Da es nicht streng gelingt, unmittelbar aus der seit dem Periheldurchgang  $T$  verflossenen Zeit die wahre Anomalie  $v$  zu berechnen, muss man sich hierzu einer Hilfskonstruktion bedienen. Wir denken uns einen Körper mit gleichförmiger Winkelgeschwindigkeit. Seinen Winkelabstand vom Perihel bezeichnet man als die mittlere Anomalie  $M$ . Es ist dann

$$M = \frac{2\pi}{U} (t-T) \quad (1)$$

worin  $U$  die siderische Umlaufzeit und  $t-T$  die seit dem Periheldurchgang verflossene Zeit in Tagen (Ephemeridentage) ist. Der Ausdruck

$$\frac{2\pi}{U}$$

wird oft mit  $n$  bezeichnet und gibt die mittlere tägliche Bewegung des Körpers wieder. Vielfach wird für die Berechnung von  $M$  nicht von  $T$  ausgegangen, sondern es wird die Grösse  $M_0$  zur Zeit  $t_0$  (genannt die Epoche) benützt.

$$M = M_0 + n(t-t_0) \quad (2)$$

Um nun aus der mittleren die wahre Anomalie zu berechnen, hat schon Kepler einen Hilfswinkel, die exzentrische Anomalie  $E$ , eingeführt. Fig. 2 zeigt ihre Bedeutung. Ihr Zusammenhang mit  $v$  hat Kepler auf geometrischem Wege gefunden. Die nach ihm benannte Gleichung lautet

$$M = E - e \sin E \quad (3)$$

Die Grösse  $e$  wird Exzentrizität genannt und ist ein Mass für die Elliptizität. Definiert ist  $e$  durch  $e = OF/OPe$ , wobei  $OPe$  der grossen halben Bahnachse  $a$  entspricht. Ganz allgemein ist in der Ellipse  $e < 1$ , in der Parabel  $e = 1$  und in der Hyperbel  $e > 1$ . In der Gleichung (3) sind  $E$  und  $M$  im Bogenmass (Radian) ausgedrückt. Da es

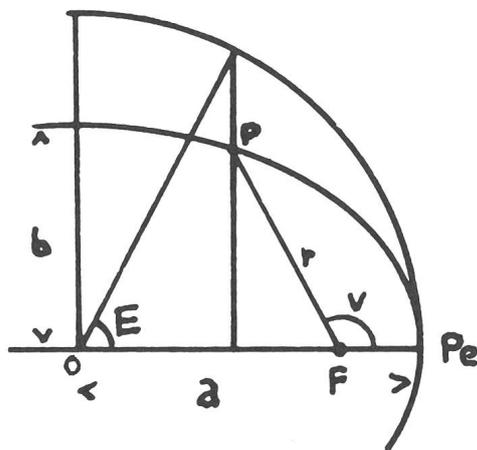


Fig. 2 Zur Ableitung der exzentrischen Anomalie  $E$ .

meistens bequemer ist, mit Altgrad zu rechnen, muss dann  $e$  mit  $180/\pi$  multipliziert werden, was mit  $e^0$  bezeichnet wird.

Diese Keplersche Gleichung (3) ist transzendent, weil auf der rechten Seite sowohl  $E$  als auch  $\sin E$  vorkommen. Ihre Auflösung gelingt daher nur durch Versuche. Mit Hilfe des Rechners ist es naheliegend, die Lösung iterativ d.h. durch stetige Annäherung an den exakten Wert zu finden. Die Iterationsgleichung zur Berechnung von  $E$  lautet dann

$$E_{n+1} = M + e^0 \sin E_n \quad (4)$$

Der Index  $n$  gibt die Iterationsstufe an. Für  $E_0$  setzen wir  $M$  ein, es wird dann

$$E_1 = M + e^0 \sin E_0$$

Dieses Verfahren wird solange fortgesetzt, bis  $E_n$  sich nicht mehr ändert. Für kleine Exzentrizitäten, wie etwa für die Erdbahn, genügen 4 Stufen. Für grössere Exzentrizitäten konvergiert diese Form allerdings nur langsam. Macht man sich aber den Umstand zu Nutze, dass

$$\frac{dE}{dM} = \frac{1}{1 - e \cos E} \quad (5)$$

ist, so kann die Iteration (4) folgendermassen modifiziert werden:

$$E_{n+1} = \frac{M - E_n + e^0 \sin E_n}{1 - e \cos E_n} + E_n \quad (6)$$

Dieses Verfahren konvergiert sehr rasch. Die Iteration kann abgebrochen werden, wenn der absolute Betrag des ersten linken Terms kleiner als eine vorgegebene Genauigkeitsgrenze z.B.  $1 \times 10^{-8}$  ist.

Leider versagt diese Methode, wenn sich  $e$  der Einheit nähert, d.h. bei Bahnen mit sehr grossen Exzentrizitäten, indem dann die Iteration divergieren kann.

Methode (4) kennt diesen Nachteil nicht, konvergiert aber, wie erwähnt, bei solch grossen Exzentrizitäten äusserst langsam (Rechenzeiten bis zu  $\frac{1}{2}$  Stunde). Diese Situation lässt sich mit einer Methode nach J. Hartmann d), c) wesentlich verbessern. Bildet man aus drei nach Formel (4) gewonnenen  $E_0, E_1, E_2$  eine Derivative

$$d = \frac{E_2 - E_1}{E_1 - E_0} \quad (7)$$

so hat Hartmann zeigen können, dass ein besserer Näherungswert von  $E$  berechnet werden kann aus

$$E_3 = E_0 + \frac{E_1 - E_0}{1 - d} \quad (8)$$

Die entsprechende Iterationsgleichung lautet

$$E_{n+3} = M + e^0 \sin \left( E_n + \frac{E_{n+1} - E_n}{1 - \left( \frac{E_{n+2} - E_{n+1}}{E_{n+1} - E_n} \right)} \right) \quad (9)$$

in den Algorithmus des Ti-59 übersetzt, kann das etwa folgendermassen aussehen:

Ausschnitt aus Programm ELLIPT-EPHEM.

Prog. Adresse	Tasten Kode	Funktion	
⋮	⋮	⋮	
063	06	6	Speichern der Genauigkeitsgrenze $1 \times 10^{-6}$ in das t-Register.
064	94	+ / -	
065	22	INV	
066	28	log	
067	32	X-t	
068	43	RCL	Aufruf von M als
069	13	13	Anfangswert von E.
→ 070	42	STO	
071	05	05	Speichern in
072	42	STO	Register 05 und 03.
073	03	03	
074	02	2	
075	42	STO	2 in Reg. 00 (Laufindex).
076	00	00	
→ 077	43	RCL	
078	05	05	$\left. \begin{array}{l} \sin e \\ \times \\ e^0 \\ + \\ M \end{array} \right\} \text{Kepler}$
079	38	sin	
080	65	×	
081	43	RCL	
082	07	07	
083	85	+	
084	43	RCL	
085	13	13	M
086	75	-	
087	48	EXC	Austausch des Anzeigeregisters
088	05	05	mit Register 05 und Bildung der
089	95	=	Differenz $E_{n+1} - E_n$ .
090	68	NOP	(No Operation).
091	72	STO IND	Indirektes Abspeichern von
092	00	00	$E_1 - E_0$ in Reg. 02 im 1. Durchgang und
093	97	DSZ	$E_2 - E_1$ in Reg. 01 im 2. Durchgang.
094	00	00	Vermindert Reg. 00 um 1, wenn
095	00	00	Reg. 00 $\neq 0$ Sprung nach
→ 096	77	077	Adresse 077.
097	50	×	Absolutbetrag,
098	22	INV	ist er $< 1 \times 10^{-6}$ Sprung
099	77	X $\geq$ t	nach Adresse 120
100	01		damit ist die Iteration beendet.
→ 101	20	120	
102	43	RCL	$\left. \begin{array}{l} E_0 \\ E_1 - E_0 \\ E_2 - E_1 \end{array} \right\} \text{Hartmann}$
103	03	03	
104	85	+	
105	43	RCL	
106	02	02	
107	55	:	
108	53	(	
109	01	1	
110	75	-	
111	43	RCL	
112	01	01	
113	55	:	
114	43	RCL	
115	02	02	
116	95	=	
117	61	GTO	
118	00		Sprung nach Adresse 070.
→ 119	70	070	
→ 120	43	RCL	
⋮	⋮	⋮	

Wird bei Adresse 090 das NOP durch einen Print- oder Pausebefehl ersetzt, so kann das Konvergieren gut verfolgt werden.

Die Berechnung der Polarkoordinaten  $v$  und  $r$  (Radiusvektor) erfolgt nun durch

$$\frac{r}{a} \cos v = \cos E - e = x$$

$$\frac{r}{a} \sin v = \cos \varphi \sin E = y$$

( $\varphi = \arcsin e$ ) (10)

und

$$r = a(1 - e \cos E) \quad (11)$$

Einfacher als die Berechnung von  $\operatorname{tg} v$  aus dem Quotienten von  $y/x$  mitsamt der Bestimmung des Quadranten von  $v$ , ist die Benutzung der rechnerereigenen Funktionen  $P \rightarrow R$  (Polar  $\rightarrow$  Rechtwinklig, und umgekehrt). Werden  $x$  und  $y$  in der vorgeschriebenen Reihenfolge eingegeben, liefert diese Funktion direkt den Winkel  $v$  und als zweites Ergebnis  $r/a$ . Gleichung (11) wird dann nicht gebraucht.

### 1.2 Die Parabel-Bahn

Diese Bahnform kommt ausschliesslich und recht häufig bei Kometen vor. Da bei der Parabel mit  $e=1$ ,  $a$  und  $U$  unendlich sind, ist es wenig sinnvoll, eine mittlere Bewegung zu definieren. Vielmehr ist die Parabel eindeutig definiert durch die Periheldistanz  $q$  (in AE). Entsprechend vereinfacht sich die Berechnung von  $v$  und  $r$ . Unter Vernachlässigung der Masse des Kometen kann  $v$  direkt durch Auflösen der kubischen Gleichung

$$\operatorname{tg} \frac{v}{2} + \frac{1}{3} \operatorname{tg}^3 \frac{v}{2} = \frac{k}{\sqrt{2}q^3} (t - T) \quad (12)$$

mit Hilfe der Cardanischen Formel berechnet werden. Die Gaussche Gravitationskonstante  $k$  hat den Wert 0.017202099. Nach Einsetzen in die Cardanische Formel erhalten wir

$$\operatorname{tg} \frac{v}{2} = \sqrt[3]{c + \sqrt{c^2 + 1}} - \sqrt[3]{|c - \sqrt{c^2 + 1}|} \quad (13)$$

worin

$$c = \frac{3}{2} \frac{k(t-T)}{\sqrt{2}q^3}$$

ist. Nach der Polargleichung der Parabel ist dann

$$r = q \sec^2 \frac{v}{2} \quad (14)$$

### 1.3 Die hyperbolische Bahn

Diese Bahnform ist auch bei Kometen recht selten und, wenn sie gefunden wird, so ist es fast immer eine parabelnahe Hyperbel. Trotzdem sei hier der Vollständigkeit halber die Berechnung der heliozentrischen Polarkoordinaten erwähnt. Die der Keplerschen in der Ellipse entsprechende Gleichung für die Hyperbel ist

$$e \operatorname{tg} H + \ln \operatorname{tg} \left( \frac{\pi}{4} - \frac{H}{2} \right) = \frac{k(t-T)}{\alpha^{3/2}} = M \quad (15)$$

$H$  ist das hyperbolische Analogon zur exzentrischen Anomalie  $E$  und  $\alpha$  ist der Absolutbetrag der in der Hyperbel immer negativen grossen halben Bahnachse  $a$

$$\alpha = |a| = \frac{q}{e-1} \quad (16)$$

Auch Gleichung (15) ist transzendent und muss ähnlich wie die Keplersche Gleichung aufgelöst werden. Zu iterieren ist dann in der Form

$$\operatorname{tg} H_{n+1} = \frac{M - \ln \operatorname{tg} \left( \frac{\pi}{4} - \frac{H_n}{2} \right)}{e} \quad (17)$$

Winkleinheit ist hier das Bogenmass. Die uns interessierenden Bahnen sind wie gesagt parabelnahe,  $e$  ist somit nur wenig grösser als 1. Wir stossen damit wiederum auf dasselbe Problem des langsamen Konvergierens von  $H$  wie  $E$  in (4). Auch hier hilft uns die Hartmann-Iteration weiter, wenn sie wie in Gleichung (9) sinngemäss in (17) eingesetzt wird.

Aus  $H$  ergeben sich  $v$  und  $r$  aus den Beziehungen

$$\frac{r}{\alpha} \cos v = e - \sec H = x \quad (18)$$

$$\frac{r}{\alpha} \sin v = \sqrt{e^2 - 1} \operatorname{tg} H = y$$

$$r = \alpha \left( \frac{e}{\cos H} - 1 \right) \quad (19)$$

Was zu (10) und (11) gesagt wurde gilt auch hier.

## 2. Die Berechnung der geozentrischen Örter

### 2.1 Die Bahnelemente

Drei Elemente einer Bahn, diejenigen, welche sich auf Form, Grösse und Ort eines Himmelskörpers in seiner Bahn beziehen, haben wir bereits kennengelernt:

1. Die Bahnexzentrizität  $e$
2. Die grosse halbe Bahnachse  $a$   
oder die daraus abgeleitete mittlere

$$\text{Bewegung } n = \frac{k}{a^{3/2}}$$

respektive die Periheldistanz  $q$

3. Die mittlere Anomalie  $M$   
oder die Perihelzeit  $T$

Um nun diese Bahn im Raum eindeutig festlegen zu können, brauchen wir drei weitere Bahnelemente und ein geeignetes Bezugssystem. Es liegt auf der Hand, als Bezugssystem die Ebene der Erdbahn, die Ekliptik zu benutzen. Die ausgezeichnete Richtung auf der Ekliptik ist der Frühlingspunkt. Die notwendigen weiteren Bahnelemente sind:

4. Die Länge des aufsteigenden Knotens  $\Omega$  gezählt auf

- der Ekliptik vom Frühlingspunkt an von  $0-360^\circ$ ,
- Die Neigung der Bahnebene gegen die Ekliptik  $i$ , von  $0-180^\circ$ ,
  - Der Abstand des Perihels vom Knoten  $\omega$  oder auch die Länge des Perihels  $\bar{\omega}$  ( $=\Pi$ ) es ist  $\bar{\omega} = \omega + \delta\omega$ .

Die Bahnelemente der Planeten  $e, a, n, M, \delta\omega, i$  und  $\bar{\omega}$  sind z.B. in den astronomischen Jahrbüchern h) aufgeführt. Für die inneren Planeten Merkur bis Mars sind sogenannte mittlere Elemente und für die äusseren Planeten sogenannte oskulierende Elemente angegeben. Letztere bestimmen Ort und Geschwindigkeit für einen gegebenen Zeitpunkt, sie berücksichtigen demnach die momentan wirkenden Störungskräfte und ermöglichen eine genaue Ortsberechnung, sofern die Zeit nahe der Oskulationsepoche liegt. Für die Vorausberechnung über grössere Zeiträume eignen sich die mittleren Elemente besser, weil sie weitgehend frei von kurzperiodisch wirkenden Störungen sind. Solche mittleren Elemente finden sich z.B. in f) und g). Die oben erwähnten mittleren Elemente der inneren Planeten lassen sich auch leicht für beliebige Epochen mit einem gesonderten Programm berechnen. Die entsprechenden Polynome sind in g) zu finden. Provisorische und später verbesserte Elemente neuentdeckter Kometen werden, sobald genügend Beobachtungen vorliegen, vom Central Bureau for Astronomical Telegrams (IAU) in ihren abonnierten Zirkularen publiziert i). Nur ein kleiner Teil der Amateure werden Zugang zu diesen Zirkularen haben. Es wäre daher sicher wünschenswert, wenn der Informationsgehalt der ORION-Zirkulare unter anderem durch Hinzufügen dieser Elemente erhöht würde.

## 2.2 Umwandlung der heliozentrischen Koordinaten in geozentrische

Diese Umwandlung ist bereits einmal im ORION e) von R. Schneider erläutert worden. Wir können uns daher hier kurz fassen. Nebst den Elementen  $\delta\omega$  und  $i$  benötigen wir noch das Argument der Breite  $u$  (siehe Fig. 3),

das sich einfach ergibt aus

$$u = v + \omega = v + \bar{\omega} - \delta\omega, \quad (20)$$

ferner die Sonnenlänge  $L$ , die identisch ist mit der Länge der Erde  $+180^\circ$

$$L = \bar{\omega} + v + 180^\circ, \quad (20a)$$

und schliesslich die Radiusvektoren des Himmelskörpers  $r$  und der Sonne bzw. der Erde  $R$ .

Daraus errechnen sich die ekliptikalen Polarkoordinaten: die Länge  $\lambda$ , die Breite  $\beta$ , und die Distanz zur Erde  $\Delta$  aus

$$\Delta \cos \beta \cos (\lambda - \delta\omega) = r \cos u + R \cos (L - \delta\omega)$$

$$\Delta \cos \beta \sin (\lambda - \delta\omega) = r \sin u \cos i + R \sin (L - \delta\omega) \quad (21)$$

$$\Delta^2 = R^2 + r^2 + 2Rr (\cos u \cos (L - \delta\omega) + \sin u \sin (L - \delta\omega) \cos i) \quad (22)$$

$$\sin \beta = \frac{r \sin u \sin i}{\Delta} \quad (22a)$$

Hiermit haben wir die ekliptikalen Koordinaten bezogen auf Ekliptik und Äquator der Epoche  $t_0$  berechnet. Dies genügt für Kometen, weil deren Bahnelemente auf eine Nullepoche (z.B. 1950.0) bezogen werden und auch die zu rechnenden Orte für dieses Äquinoktium gewünscht werden (Vergleich mit Sternkarten). Planetenörter werden üblicherweise auf Ekliptik und Äquator des Datums bezogen. Wünschen wir das ebenfalls, haben wir unsere Koordinaten wegen der Präzession zu korrigieren. Im ekliptikalen System ist dies besonders einfach, weil bei der hier geforderten Genauigkeit lediglich zu  $\lambda_0$  die allgemeine Präzession in Länge  $p$  hinzuzufügen ist.

$$\lambda = \lambda_0 + p^d (t - t_0) \quad (23)$$

wobei  $p^d$  den Wert  $0.0000382^\circ$  hat.

Nachdem wir nun  $R, r$  und  $\Delta$  kennen sind wir auch in

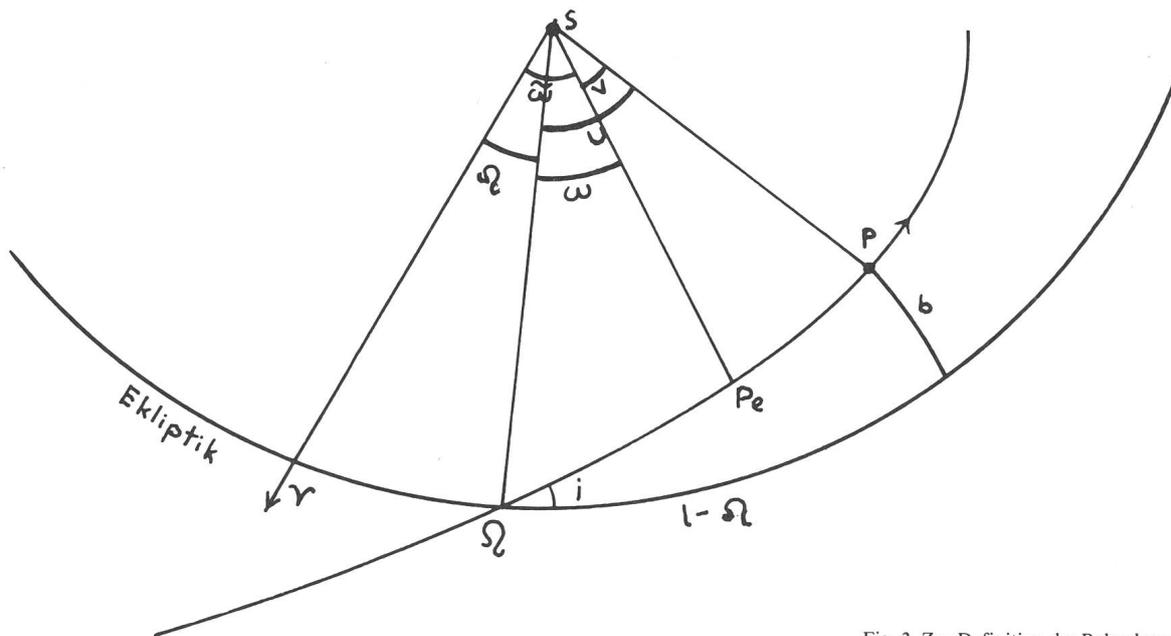


Fig. 3 Zur Definition der Bahnelemente.

der Lage, die scheinbaren Helligkeiten der Planeten und Kometen zu berechnen.

### 2.3 Die Berechnung der scheinbaren Helligkeit und des scheinbaren Durchmessers.

Für die Kometen wird sehr häufig die Formel

$$m = g + 5 \log \Delta + 10 \log r \quad (24)$$

verwendet. Die «Grundhelligkeit»  $g$  (für  $\Delta=1$ ,  $r=1$ ) ist aus den beobachteten Helligkeiten abzuleiten.

Für die Planeten ist die Berechnung der scheinbaren Helligkeit etwas komplizierter, weil nebst deren Eigenhelligkeit und Entfernung auch deren Phasen und das Beleuchtungsgesetz zu berücksichtigen sind. Ein Maß für die Phase ist der Winkel  $s$ , es ist der Winkel zwischen der Richtung zur Sonne und der zur Erde vom Planeten aus. Es ist

$$\cos s = \frac{\Delta^2 + r^2 - R^2}{2 r \Delta} \quad (25)$$

Die scheinbare Helligkeit rechnet sich nach  $g$ ) S. 314 z.B. für die Venus mit  $g = -4.0$ :

$$m = g + 5 \log r \Delta + 0.01322 s + 0.000000425 s^3 \quad (26)$$

Nehmen wir für  $g$  beim Mars  $-1.3$ , Jupiter  $-8.93$ , Saturn  $-8.68$  (die Ringstellung bleibt unberücksichtigt), Uranus  $-6.85$ , Neptun  $-7.05$  und Pluto  $-1.01$  (die hellen Planetoiden liegen bei 4.0), so erhalten wir auch für diese Planeten recht gute Werte für  $m$ . Für Merkur müsste der 3. und 4. Term von (26) anders aussehen. Es hat sich jedoch gezeigt, dass damit trotzdem befriedigende Helligkeiten ( $\sim \pm 0.1^m$ ) erhalten werden mit  $g = -0.04$  und, wenn der dritte Term mit 1.8 multipliziert wird.

Noch einfacher ist die Berechnung der scheinbaren Durchmesser der Planeten. Wir brauchen lediglich den scheinbaren Durchmesser in der Einheitsentfernung (meist in Bogensekunden) durch  $\Delta$  zu dividieren.

### 2.4 Berechnung der geozentrischen Äquatorkoordinaten $\alpha$ (AR), $\delta$ .

Bleibt als letzter Schritt unserer Ephemeridenrechnung die Transformation der ekliptikalen in die äquatorialen Koordinaten durch das Formelsystem:

$$\sin \delta = \cos \epsilon \sin \beta + \sin \epsilon \cos \beta \sin \lambda \quad (27)$$

$$\cos \delta \cos \alpha = \cos \beta \cos \lambda$$

$$\cos \delta \sin \alpha = \cos \epsilon \cos \beta \sin \lambda - \sin \epsilon \sin \beta \quad (28)$$

$\epsilon$  ist hier die Neigung der Ekliptik. Haben wir nach (23)  $\lambda$  für Präzession korrigiert, so müssen wir für  $\epsilon$  die mittlere Schiefe für das Datum einsetzen. Sie ist mit genügender Genauigkeit zu berechnen nach

$$\epsilon = \epsilon_0 - 3.56 \cdot 10^{-7} (t - t_0) \quad (29)$$

$\epsilon_0$  ist hier die mittlere Schiefe zum Datum der Epoche und  $t - t_0$  ist wiederum in Tagen ausgedrückt. Sind die Koordinaten auf eine Nullepoche bezogen, so muss auch die mittlere Schiefe für diesen Zeitpunkt eingesetzt werden (z.B. für 1950.0  $\epsilon = 23.445788^\circ$ ).

Zum Schluss eine Zusammenfassung der wichtigsten Schritte bei der Ephemeridenrechnung für die verschiedenen Bahnformen. Sorgfältig ist darauf zu achten, dass die Bahnelemente von Erde und Planet bzw. Komet auf das gleiche Äquinoktium bezogen sind. Die elliptischen

Bahnelemente von Kometen, bei denen ihre Masse vernachlässigt wird, enthalten oft an Stelle von  $a$ ,  $n$ ,  $M_0$  nur die Periheldistanz  $q$ . Die fehlenden Parameter können dann aus

$$a = \frac{q}{1-e} \quad \text{und} \quad n = \frac{k^0}{a^{3/2}} \quad (30)$$

berechnet werden.  $k^0$  ist die Gausskonstante in Grad ausgedrückt, sie kann bei meist tolerierbarer Genauigkeit einbusse durch die mittlere Erdgeschwindigkeit  $n$  ersetzt werden.

### Schema der wichtigsten Rechenschritte

Schritt	Berechnung von	nach Formel
<i>Planeten:</i>		
1	$t - t_0$	
2	$M$ (Erde)	(2)
3	$E$ (Erde) Iter.	(6)
4	$v, R$	(10)
5	$L$	(20a)
6—8	Wiederholung der Schritte 2—4 für den Planeten.	
9	$u$	(20)
10	$\lambda_0, \beta, \Delta$	(21), (22), (22a)
11	$\lambda$	(23)
12	$\epsilon$	(29)
13	$\delta, \alpha$	(27), (28)
14	$t + \text{Inkrement}$ , mit neuem $t$ zurück zu Schritt 1	

### Kometen mit elliptischer Bahn:

1	$t - t_0$	
2	$M$ (Erde)	(2)
3	$E$ (Erde) Iter.	(9)
4	$v, R$	(10)
5	$L$	(20a)
6	$t - T$	
7—9	Wiederholung der Schritte 2—4 für den Kometen.	
10	$u$	(20)
11	$\lambda_0, \beta_0, \Delta_0$	(21), (22), (22a)
12	$\delta_0, \alpha_0$	(27), (28)
13	$t + \text{Inkrement}$ , zurück zu Schritt 1	

### mit parabolischer Bahn:

1—2	wie bei der elliptischen Bahn	
3	$E$ (Erde) einfache Iter.	(4)
sonst gleich wie bei der elliptischen Bahn nur Schritte 7—9 ersetzen durch die Berechnung von $v, r$ mit (13), (14).		

### mit hyperbolischer Bahn:

gleiches Vorgehen wie bei der Parabel, nur  $v, r$  des Kometen werden durch iteratives Berechnen von  $H$  und durch Formeln (18), (19) bestimmt.

Fig. 4a zeigt als Beispiel einen Ausdruck einer Ephemeridenrechnung für den Halley'schen Kometen bei seinem nächsten Periheldurchgang im Jahre 1986, gerechnet mit den Bahnelementen von D.K. Yeomas J.P.L.

ELLIPT-EPHEM					
INC ?	409.1986			0.984	R
	1.298	R		119.365	LP
MEZ ?	100.	0.421	^	1.633	R
		4.8	M	0.654	^
T ?	1.	-47.2530	D50	-1.1	M
	209.1986	15.5120	AR50	14.4	DM
TB ?				23.3357	D
	0.6613			8.2812	AR
D ?		BAHN-EL. ERDE			
	111.8534	122.1978		122.1978	
↑K ?		102.5630648	π	121.613	LE
	58.1531	18.43215265	M	0.984	R
I ?		.9856091667	N	121.630	LP
	162.2378	.0167183362	e	1.637	R
Q ?		23.44213609	E	0.654	^
	0.587096			-1.1	M
e ?		BAHN-EL. MARS		14.4	DM
	0.967267	122.1978		24.0552	D
DAT ?		1.5236915	A	8.1948	AR
	109.1986	139.6236019	M		
	0.889	1.849814129	I	127.1978	
	1.306	49.38825506	↑K	126.698	LE
	5.6	335.6551312	π	0.985	R
	-4.1240	.5240329503	N	123.885	LP
	21.5840	.0933847159	e	1.641	R
				0.660	^
	209.1986			-1.1	M
	0.587	5.		14.2	DM
	1.550	MARS		24.3327	D
	4.1	112.1978		8.1123	AR
	-10.2040	111.431	LE		
	21.0250	0.983	R	201.1978	
		117.090	LP	131.776	LE
		1.629	R	0.985	R
	309.1986	0.659	^	126.131	LP
	0.827	-1.0	M	1.644	R
	1.088	14.3	DM	0.672	^
	4.9	22.5918	D	-1.0	M
	-19.2330	8.3609	AR	14.0	DM
	20.1240	117.1978		24.5533	D
		116.524	LE	8.0321	AR

Fig. 4: Beispiele gerechneter Ephemeriden.

a b c

publiziert in «Sky and Teleskopes» (Nov. 1977). Als erstes nach dem Programmstart folgt hier die interaktiv gestaltete Eingabe der verschiedenen Parameter: Das Programm bleibt stehen mit der Frage INC?, worauf das Ephemerideninkrement in Datumeinheiten einzutasten ist (z.B. 100=1 Monat), dann folgen MEZ? — die Tageszeit für die jeweils zu rechnen ist, T? — das Datum des Periheldurchgangs (Datumeingabe nach amerikanischer Manier 209.1986 entspricht Feb. 09. 1986), TB? — der Tagesbruchteil von T und schliesslich die Bahnelemente  $\omega$ ,  $\Omega$ ,  $i$ ,  $q$  und  $e$ . Auf DAT? wird das erste Datum eingetastet und der Rechnungsablauf beginnt. Alle diese

Daten können nach erstmaliger Eingabe auf einer Magnetkartenseite aufgezeichnet werden und stehen im Wiederholungsfalle sofort zur Verfügung. Im anschliessenden Ausdruck der Resultate bedeuten R (für  $r$ ) die Distanz Komet—Sonne in AE,  $\Delta$  die Distanz Komet—Erde, M die Helligkeit und D50, AR50 Deklination und Rektaszension bezogen auf 1950.0. Diese beiden Zahlen sind «sexagesimal» zu lesen, —10.1910 ist als —10°19'10" und die Rektaszension 21.0300 als 21<sup>h</sup>03<sup>m</sup>00<sup>s</sup> zu lesen. Diese Werte sind jeweils auf 10" resp. 10<sup>s</sup> gerundet. Zwei weitere Programme PARAB-EPHEM und HYP-EPHEM, zu Verwenden für die ent-

sprechende Bahnform, unterscheiden sich im Ausdruck nur unwesentlich vom hier beschriebenen ELLIPT-EPHEM.

Fig. 4b zeigt das Resultat einer Berechnung der mittleren Bahnelemente von Erde und Mars für den 22. Jan. 1978 (Opposition), berechnet nach g) wie unter 2.1 erwähnt. E bedeutet hier die Schiefe der Ekliptik  $\epsilon$ .

Fig. 4C zeigt eine mit diesen Elementen gerechnete 5 Tages-Ephemeride von Mars. Es sind LE, LP die orbitalen Längen von Erde und Planet, R die Radiusvektoren,  $\Delta$  die Distanz Erde—Planet, M seine Helligkeit, DM sein Durchmesser in Bogensekunden und D bzw. AR die wiederum «sexagesimal» zu interpretierenden Äquatorkoordinaten bezogen auf das Datum.

Ausser den erwähnten Programmen gehört zu diesem «Ephemeridenpaket» noch ein Programm das die Berechnung der Präzession der Bahnelemente gestattet.

#### Literatur:

- a) BAUSCHINGER J. Die Bahnbestimmung der Himmelskörper, Leipzig 1928.

- b) STRACKE G. Bahnbestimmung der Planeten und Kometen, Berlin 1929.  
 c) STUMPF K. Himmelsmechanik, Band I, Berlin 1959.  
 d) HARTMANN J. Zur Auflösung der Keplerschen Gleichung, Astronomische Nachrichten 248, 277 (1918).  
 e) SCHNEIDER R. Die Vorausberechnung eines Planeten Ortes, ORION 144, 190—195 (1974).  
 f) SMART W. M. Textbook on Spherical Astronomy, sixth edition, Cambridge University Press, London 1977  
 g) «Explanatory Supplement to the Astronomical Ephemeris and the American Ephemeris and Nautical Almanac» (1974) und  
 h) «The Astronomical Ephemeris», Her Majesty's Stationery Office, London.  
 i) IAU Circular, IAU Central Bureau for Astronomical Telegrams, Smithsonian Observatory, Cambridge, MA 02138 USA.

Für seine Liebesswürdigkeit, das Manuskript einer eingehenden Prüfung zu unterziehen, möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. H. MÜLLER herzlich bedanken.

#### Adresse des Autors:

ROMAN A. GUBSER, in Bruggen 20, CH-8907 Wettswil.

## Le problème cosmologique et ses hypothèses VI

J. DUBOIS

### Introduction

Dans cette dernière partie nous examinons brièvement quelques théories cosmologiques, puis nous tentons de formuler une conclusion toute provisoire à ce travail.

### Théorie de S. MALIN

C'est une théorie relativiste développée par MALIN<sup>1)</sup> et MALIN et MANSFIELD<sup>2)</sup>, mais elle est amputée en quelque sorte du principe de la conservation de l'énergie. Ce qui revient à faire l'hypothèse suivante:

*A l'échelle cosmologique l'énergie, donc en particulier la masse des particules au repos, n'est pas conservée.*

Cela a pour conséquence une simplification des équations d'Einstein. En particulier le terme contenant la constante cosmologique  $\Lambda$  disparaît (voir ORION no. 155).

Pour le reste on retrouve implicitement les hypothèses nos. 1 à 6 introduites pour les modèles relativistes classiques. Ainsi S. MALIN utilise la relation (7) pour exprimer l'intervalle  $ds$  de l'espace-temps. Cela introduit dans les modèles la fonction  $R(t)$  ou paramètre d'échelle. Enfin la pression du fluide est supposée nulle. S. MALIN obtient ainsi deux équations analogues aux équations (5) et (6) des modèles relativistes classiques (voir ORION no. 155).

Il en déduit trois modèles cosmologiques peu différents de ceux de Friedmann. A savoir un modèle à espace sphérique oscillant entre deux singularités de la fonction  $R(t)$  [ $R(t) = 0$ ] et deux modèles en expansion illimitée après avoir passé par une singularité de  $R(t)$ . L'un est à espace euclidien, l'autre à espace hyperbolique.

La conséquence la plus originale de cette théorie est la variation au cours du temps de la masse des particules à laquelle elle conduit et cela selon la relation:

$$m(t) = m_0[R(t)]^{-3} \quad (128)$$

où  $m_0$  est une constante de proportionnalité. Cette relation montre que la masse décroît si  $R(t)$  augmente. Tout se passe donc comme si la masse des particules décroît au fur et à mesure que la distance moyenne entre particules augmente. On retrouve là un aspect du principe de Mach qui veut que la masse d'une particule dépende de la répartition de la matière dans l'univers.

Il y a lieu de préciser que dans cette théorie la charge de l'électron, la vitesse de la lumière, la constante de PLANCK et la constante de la gravitation sont considérées comme de vraies constantes.

Lorsque l'on cherche à décrire dans l'un ou l'autre des modèles de S. MALIN le décalage spectral vers le rouge, on obtient un résultat inhabituel à savoir que ce décalage est la conséquence d'une contraction de l'univers. Il faut bien comprendre que deux effets se superposent pour produire ce décalage. D'une part la variation de la fonction  $R(t)$  comme dans tous les modèles relativistes et de l'autre la variation de la masse des particules (voir appendice).

Il y a apparemment une contradiction avec ce qui est devenu une habitude et qui consiste à affirmer que tout décalage vers le rouge observé dans le spectre d'un objet céleste présumé lointain ne peut être qu'un effet de l'expansion de l'univers\*. Néanmoins dans ce cas, cette contradiction disparaît en faisant la distinction, comme dans la théorie de Dirac (voir ORION no. 160) entre le temps cosmique  $t_E$  de la relativité générale et le temps atomique  $t_A$ . En fait le temps  $t$  utilisé est le temps cosmique  $t_E$ , le fait que l'énergie soit conservée ou pas ne jouant aucun rôle dans sa définition. Dans la théorie de MALIN et MANSFIELD la relation entre le temps  $t_A$  et le temps  $t_E$  dépend de la forme de la fonction  $R(t)$  donc du modèle considéré (voir appendice). Alors en utilisant  $t_A$  on obtient la formule:

$$z = \frac{R_0(t_A)}{R(t_A)} - 1 \quad (129)$$

et conformément à l'idée traditionnelle le décalage vers le rouge correspond à une expansion de l'univers.

Il y a lieu d'examiner aussi le comportement de la masse d'une particule en fonction du temps  $t_A$ . On trouve:

$$\frac{m'}{m} = \frac{3}{2} H_A \quad (130)$$

$m'$  : dérivée par rapport au temps  $t_A$  de la masse  $m$ .  
 $H_A$  : constante de HUBBLE évaluée en temps  $t_A$ .

\*) A ce sujet, il est intéressant de noter que HUBBLE lui-même dans son livre «The Realm of the Nebulae» p. 123, se montre très réservé quant à l'interprétation du décalage spectral par l'expansion de l'univers et parle de vitesse *apparente* de récession.

La valeur actuelle de la constante de HUBBLE est identifiée à  $H_A$  ce qui entraîne qu'actuellement la masse d'une particule augmente au cours du temps atomique. On trouve là un résultat analogue à ceux des théories de HOYLE et NARLIKAR et DIRAC (voir ORION nos. 157, 158 et 160). Les auteurs de cette théorie affirment qu'il n'existe pas de fait d'observation qui la contredise, encore que les mesures de l'accélération de la longitude moyenne de la lune par VAN FLANDERN<sup>3)</sup> donnent un résultat en net désaccord avec cette théorie. Mais ils estiment que ce résultat n'est pas définitif. Par ailleurs ils proposent plusieurs sujets d'observation pour tester leur théorie.

Par rapport aux hypothèses générales présentées au début du premier article (voir ORION no. 155) on constate:

- que cette théorie nous propose une nouvelle loi de la physique, difficilement décelable en laboratoire et en contradiction avec les idées habituelles.
- qu'elle ne conduit pas à un modèle unique mais qu'elle en propose trois.
- qu'elle satisfait au principe de Mach.
- qu'elle satisfait au principe cosmologique puisqu'elle repose sur les mêmes hypothèses que les modèles relativistes classiques à l'exception de la conservation de l'énergie.
- qu'elle suppose que l'univers observable est fait de matière (par opposition au concept d'anti-matière).

#### *Matière et antimatière.*

La physique nous enseigne qu'à chaque particule dite élémentaire (électron, proton, neutron, neutrino, etc.) correspond une antiparticule ayant la même masse. Si la particule est chargée électriquement, l'antiparticule possède une charge de signe opposé. Il existe encore d'autres caractéristiques propres à la physique corpusculaire et exprimées par des nombres dits quantiques, par exemple l'étrangeté, etc., et certains de ces nombres changent de signe lorsqu'on passe de la particule à l'antiparticule. L'existence des antiparticules a été totalement confirmée par l'expérience.

Avec des antiparticules on peut construire des anti-atomes et avec eux de l'antimatière. Ainsi nous nous trouvons en présence, théoriquement tout au moins, de deux espèces de matière: la matière proprement dite laquelle constitue d'ailleurs cette petite parcelle de l'uni-

vers avec laquelle nous sommes en contact direct, c'est-à-dire le système solaire et évidemment l'homme lui-même, et l'antimatière dont il est difficile de dire a priori s'il s'en trouve ou pas dans l'univers. Nous avons déjà remarqué (voir ORION no. 155 p. 85) que rien ne permet d'affirmer que telle étoile ou galaxie est faite de matière plutôt que d'antimatière. Ainsi il est tout à fait admissible qu'une étoile sur deux ou une galaxie sur deux soit faite d'antimatière plutôt que de matière. Ou encore que, dans une même galaxie, une partie soit de la matière et l'autre de l'antimatière. On voit donc que les possibilités d'imaginer la présence de l'antimatière dans l'univers sont multiples<sup>4, 8)</sup>.

Ainsi l'antimatière est inobservable, par contre les produits de l'annihilation éventuelle des particules et des antiparticules dans les régions frontières séparant les domaines de matière de ceux d'antimatière eux le sont. Ces produits sont diverses particules et du rayonnement, en particulier du rayonnement  $\gamma$ . Sur la base d'observations faites dans ce domaine, il semblerait que la quantité d'antimatière présente dans notre galaxie soit très faible, à supposé même qu'il y en ait<sup>5)</sup>. Ce dernier point est contesté par ALFVÉN qui précise qu'il y a lieu de ne pas considérer uniquement le rayonnement  $\gamma$  mais aussi les ondes radioélectriques et il montre qu'un mélange gazeux de matière et d'antimatière qu'il appelle ambiplasma est un émetteur de telles ondes<sup>6)</sup>. Mais cela n'exclut pas a priori l'existence de grandes régions de matière séparées de régions d'antimatière, et à ce sujet on trouve une étude de PUGET qui trouve que le flux observé du rayonnement est compatible avec l'existence de régions de matière ou d'antimatière d'un ordre de grandeur d'une galaxie ou même d'un amas de galaxies<sup>6)</sup>. Mais une autre étude de J. JONES et B. JONES montre que de telles régions ne peuvent pas exister dans un modèle cosmologique de FRIEDMANN; elles auraient une masse supérieure à celle de la partie observable de l'univers<sup>7)</sup>. Ainsi, il apparaît difficile de se prononcer sur la présence ou non de l'antimatière dans l'univers.

Les particules et antiparticules sont réparties en classes. Par exemple le proton, le neutron et d'autres particules plus lourdes avec les antiparticules correspondantes constituent la classe des baryons. De même l'électron, le neutrino et d'autres particules légères constituent celle des leptons. Et pour chacune de ces classes il existe un principe de conservation du nombre des particules qui implique que chaque fois qu'une particule est créée, l'antiparticule correspondante est créée simultanément. De même l'annihilation d'une particule ne peut se produire que lors de sa rencontre avec l'antiparticule correspondante et s'accompagne de la disparition de cette dernière. En d'autres termes et en comptant négativement les antiparticules, on peut dire que le nombre de particules et d'antiparticules demeure constant dans l'univers. On parle alors de la conservation du nombre des baryons ou des leptons. Ce principe est important car il nous assure de la stabilité de la matière dans la région où nous vivons soit le système solaire, lequel ne peut pas disparaître brusquement à moins d'une collision hautement improbable avec de l'antimatière en quantité équivalente. Remarquons encore que pour les particules telles que les mésons  $\pi$ , K, etc., il n'existe pas de principe de conservation analogue et certains, pour cette raison, hésitent à les considérer comme des particules au sens strict.

L'important du point de vue de la cosmologie est que les lois de la physique établies sur la base d'expériences faites essentiellement avec de la matière sont applicables sans aucune modification à l'antimatière. On dit que les lois de la physique sont symétriques par rapport à la matière et l'antimatière, et cette symétrie est fondamentale sur le plan de la théorie. Alors dans le mesure où l'on admet l'hypothèse (voir ORION no. 155, p. 84) que les lois de la physique dégagées des expériences de laboratoire sont vraies en tout temps et tout lieu, il en découle nécessairement que la symétrie matière-antimatière devient un aspect fondamental de l'univers et qu'il doit exister dans diverses régions de l'antimatière en quantité égale à celle de la matière, et que tout modèle cosmologique doit en tenir compte.

Il est intéressant de noter que les partisans des modèles cosmologiques relativistes supposent, en général implicitement, que l'univers ne contient que de la matière. C'est là une supposition en contradiction avec la symétrie matière — antimatière et avec l'hypothèse rappelée plus haut. Or il se trouve que ces mêmes cosmologistes admettent justement cette hypothèse en ajoutant qu'il n'y a pas lieu d'introduire d'autres lois pour décrire les phénomènes astrophysiques et l'utilisent, entre autres choses, pour écarter d'autres théories comme celle de la création continue. Il y a là une attitude nettement contradictoire.

D'autres, pour ne pas exclure a priori l'antimatière, imaginent qu'à l'instant «initial» dans un modèle de Friedmann, il y a un mélange matière — antimatière mais avec une prépondérance de matière de sorte qu'après annihilation il ne subsiste que de la matière. Mais cette hypothèse ne rétablit pas la symétrie matière — antimatière, au contraire elle propose une dissymétrie dont la raison nous échappe totalement.

Il existe une étude de Steigman<sup>5)</sup> sur l'éventuelle possibilité d'inclure l'antimatière de façon symétrique dans les modèles de Friedmann et dans celui de la création continue de HOYLE (c'est l'ancienne théorie de HOYLE dite stationnaire que nous n'avons pas abordée) et il montre que dans les deux cas on est conduit à des difficultés. Par exemple un univers de Friedmann symétrique serait envahi par un rayonnement  $10^8$  à  $10^{10}$  fois plus intense que celui qui est actuellement observé (rayonnement thermique à  $3^\circ$  K.). Cet article contient aussi une critique de la cosmologie de KLEIN et ALFVÉN, que nous abordons maintenant. C'est une théorie intéressante et originale en ce sens qu'elle postule a priori l'existence de l'antimatière comme de la matière<sup>4, 8)</sup>.

#### *Hypothèses de la cosmologie de KLEIN et ALFVEN.*

##### *Hypothèse no. 1*

*Dans un état «initial» l'univers est composé d'un mélange homogène de matière et d'antimatière, de densité beaucoup plus faible que la densité actuelle de la matière dans la partie observable de l'univers de sorte que l'annihilation particule-antiparticule soit négligeable.*

##### *Hypothèse no. 2*

*La partie actuellement observable de l'univers résulte d'une instabilité gravitationnelle dans le fluide matériel initial.*

Cette partie est désignée parfois métagalaxie de Klein. L'évolution de la métagalaxie est étudiée en utilisant

les lois connues de la physique, y compris celles de la relativité générale.

L'hypothèse no. 2 entraîne donc qu'une partie du mélange matière et antimatière se condense sous l'action des forces de gravitation jusqu'à atteindre une densité telle que la pression de la radiation émise lors de l'annihilation toujours plus fréquente des protons et des antiprotons bloque le processus de condensation de la métagalaxie puis provoque son expansion. Au moment de la condensation maximum le diamètre de la métagalaxie serait de l'ordre de  $10^9$  années-lumière<sup>9)</sup>. A ce sujet, il est intéressant de remarquer qu'un modèle d'univers (ou de métagalaxie) en expansion selon la loi de HUBBLE n'implique pas nécessairement que l'univers réel (ou la métagalaxie réelle), par opposition à l'idée de modèle, ait connu dans le passé un état d'extrême condensation. En effet, on peut imaginer que les trajectoires des galaxies ne se coupent pas en un point mais passent simplement au voisinage les unes des autres et comme les vitesses de récession des galaxies ne sont pas rigoureusement proportionnelles à leur distance, elles ne se trouveraient pas toutes rassemblées au même moment dans cette région<sup>9)</sup>. Dans le même ordre d'idées A.D. ALLEN montre que toute distribution au hasard de galaxies conduit après un temps suffisamment long à un modèle d'univers en expansion selon la loi de HUBBLE et que, par conséquent, il n'est pas nécessaire de faire appel aux modèles de FRIEDMANN ou à des modèles présentant comme eux une singularité à un instant donné de leur histoire pour décrire le mouvement de récession des galaxies<sup>10)</sup>. Mais revenons à la théorie de ALFVÉN.

Ainsi dans cette théorie il est fait une très nette distinction entre le concept d'univers et celui de métagalaxie. ALFVÉN s'attache essentiellement à décrire l'évolution de la métagalaxie et c'est à elle uniquement que les lois de la physique sont appliquées. En ce qui concerne l'univers, il admet l'idée que celui-ci est infini dans le temps et dans l'espace et qu'il pourrait parfaitement contenir d'autres métagalaxies. En dehors d'elles l'espace serait tout simplement euclidien. Malheureusement il semble qu'il soit assez difficile d'observer d'autres métagalaxies.

Un problème majeur de cette théorie est de donner un mécanisme susceptible de provoquer la séparation de la matière et de l'antimatière. Alfvén montre que la chose est possible comme conséquence d'effets électromagnétiques et gravifiques tout en soulignant que l'on ne doit pas sous-estimer les difficultés de ce problème, d'autant plus que le processus de séparation doit s'accompagner de la formation des galaxies et des étoiles.

L'une des critiques essentielles qui est faite à cette théorie est qu'elle n'offre pas un cadre dans lequel il est possible de décrire de façon satisfaisante l'existence du rayonnement thermique à  $3^\circ$  K<sup>11)</sup>.

Il est difficile de situer la position de cette théorie par rapport aux hypothèses générales de la cosmologie (voir ORION no. 155) étant donné qu'elle concerne la métagalaxie plutôt que l'univers. Bien que la chose ne soit pas explicitement mentionnée, il semble que, au cours de son expansion, la métagalaxie se comporte comme un modèle d'univers relativiste classique. On peut donc penser que cette théorie vérifie l'hypothèse d'isotropie et d'homogénéité. On remarque encore, et ALFVÉN insiste beaucoup sur ce point, qu'elle n'introduit pas de nouvelles lois physiques, mais au contraire qu'elle constitue

une tentative de faire le meilleur usage possible de celles qui sont connues.

Pour terminer il y a lieu de mentionner le travail de R. OMNÈS pour concilier les modèles de FRIEDMANN et la symétrie matière-antimatière. Les difficultés de ce problème non totalement résolu, dans la mesure où je suis bien informé, sont très simplement et très clairement exposées dans un livre où les problèmes de la cosmologie sont rendus accessibles à tout lecteur curieux <sup>12</sup>).

### Conclusion

Parvenu au terme, d'ailleurs fixé arbitrairement, de cet exposé, il est possible de se livrer à quelques réflexions.

Tout d'abord il faut mentionner que le sujet n'est pas épuisé et il s'en faut même de beaucoup. Il existe d'autres théories ou variantes de théories existantes. Mais il m'est apparu qu'il fallait se limiter dans un exposé de cette nature aux théories qui paraissent les plus importantes à l'heure actuelle en ce sens qu'elles peuvent être éventuellement testées par des observations telles que la variation de G. J'admets d'ailleurs volontiers que mon choix peut être discuté.

Cela étant on voit bien, me semble-t-il, combien toutes les affirmations qui sont énoncées au sujet de l'univers doivent être accueillies avec prudence. Par exemple lorsqu'on entend dire que l'univers est en expansion, il y a lieu de considérer d'une part un fait d'observation, le décalage spectral vers le rouge, et de l'autre l'interprétation que l'on peut en donner dans un modèle d'univers particulier. Modèle qui est issu d'une théorie et repose par conséquent sur toutes les hypothèses qui sont à la base de la théorie en question. D'autres affirmations du genre «l'univers est fermé (ou ouvert)» ne sont qu'une manière d'exprimer une propriété mathématique d'un modèle bien déterminé. Et des expressions telles que «l'âge de l'univers» ou «le rayon de l'univers» ne doivent pas être interprétées trop littéralement, mais considérées elles aussi dans le cadre d'un modèle et par rapport à des définitions précises. Cela pour ne rien dire de l'idée de l'origine de l'univers qui, à mon humble avis, est du domaine de la philosophie plutôt que de la cosmologie.

Finalement, et quel que soit le modèle envisagé, on peut se demander dans quelle mesure ses propriétés (en supposant qu'il n'y ait pas une contradiction flagrante entre les résultats de l'observation et le modèle) sont exactement celles de l'univers. Car, nous l'avons vu, tous ces modèles résultent en particulier d'hypothèses simplificatrices, et peut-être d'une connaissance incomplète des lois physiques qui régissent l'univers. Et c'est là toute la différence entre le modèle et la réalité.

### Remerciements

Je remercie le Prof. Y. P. VARSHNI auquel je suis redevable de plusieurs communications très intéressantes. Je remercie aussi MM. P. GUIGNARD et E. PILLARD pour avoir encouragé et commenté ce travail avec intérêt.

### Appendice

#### Décalage spectral et temps atomique dans la théorie de S. MALIN

L'effet de l'expansion sur la longueur d'onde d'une ra-

diation est donné comme dans tous les modèles relativistes par la relation:

$$\frac{\lambda(t_0)}{\lambda(t)} = \frac{R(t_0)}{R(t)} \quad (131)$$

$\lambda(t_0)$ : longueur de l'onde telle qu'elle est observée actuellement.

$\lambda(t)$ : longueur de l'onde émise à l'instant t antérieur à l'instant  $t_0$ . Elle ne peut pas être observée en laboratoire puisque la masse des particules a varié durant la période  $t_0-t$ .

La formule de Balmer entraîne que la longueur d'onde est inversement proportionnelle à la masse de l'électron, alors en utilisant la relation (128) on obtient:

$$\frac{\lambda^*(t_0)}{\lambda^*(t)} = \frac{R^3(t_0)}{R^3(t)} \quad (132)$$

$\lambda^*(t_0)$ : longueur de l'onde observée en laboratoire à l'instant  $t_0$ .

Éliminons  $\lambda(t)$  entre (131) et (132). On trouve:

$$\frac{\lambda^*(t_0)}{\lambda(t_0)} = \frac{R^2(t_0)}{R^2(t)} \quad (133)$$

posons: 
$$z = \frac{\lambda(t_0)}{\lambda^*(t)} - 1 \quad (134)$$

et par la relation (133) on obtient:

$$z = \frac{R^2(t)}{R^2(t_0)} - 1 \quad (135)$$

L'observation donnant un  $z > 0$ , la relation (135) entraîne que  $R(t) > R(t_0)$  et comme  $t < t_0$ , cela signifie que l'univers se contracte.

Nous avons déjà mentionné que toute grandeur physique est mesurée par comparaison avec un étalon et que les mesures se font dans l'espace-temps «A» (voir ORION no. 157 p. 28 et no. 160 p. 98).

Ainsi on introduit la fonction paramètre d'échelle  $R(t_A)$  en fonction du temps atomique en posant:

$$R(t_A) \sim \frac{R(t)}{a(t)} \quad (136)$$

$a(t)$ : diamètre de Bohr de l'atome d'hydrogène lequel est, dans cette théorie, fonction du temps cosmique puisque la masse de l'électron l'est.

$\sim$  signifie: proportionnel à.

Comme  $a(t)$  est inversement proportionnel à la masse de l'électron, il en résulte par la relation (128) que:

$$R(t_A) \sim [R(t)]^{-2} \quad (137)$$

Et en introduisant ce résultat dans la formule (129) on obtient:

$$z = \frac{R(t_{A0})}{R(t_A)} - 1 \quad (138)$$

et  $z$  étant positif, cela entraîne que  $R(t_{A0}) > R(t_A)$  et comme  $t_{A0}$  désigne le temps atomique actuel,  $t_{A0} > t_A$

cette théorie conduit bien à une dilatation de l'univers s'accordant ainsi avec les modèles relativistes classiques.

*Références:*

- 1) MALIN S., Phys. Rev. D, (1975), vol. 11, p. 707.
- 2) MALIN S. et MANSFIELS V. N., Ap. J., (1976), vol. 209, p. 335.
- 3) VAN FLANDERN T. C., M. N. R. A. S., (1975), vol. 170, p. 333.
- 4) ALFVÉN H., Rev. Mod. Phys., (1965), vol. 37, p. 652.
- 5) STEIGMAN G., Nature, (1969), vol. 244, p. 477.
- 6) PUGET J. L. L., Nature Phys. Sc., (1971), vol. 230, p. 173.
- 7) JONES J. et Jones B., Nature, (1970), vol. 227, p. 475.

- 8) ALFVÉN H., Physics Today, (1971), février, p. 28.
- 9) KILMISTER C., The Nature of the Universe, Thames and Hudson, London, 1971.
- 10) ALLEN A. D., Foundations of Physics, (1976), vol. 6, p. 59.
- 11) HUNTER J. H., M. N. R. A. S., (1976), vol. 137, p. 271.
- 12) OMNÈS R., L'univers et ses métamorphoses, Hermann, Paris, (1973).

*Adresse de l'auteur:*

JEAN DUBOIS, professeur à l'Ecole Technique Supérieure de l'Etat de Vaud (Ecole d'ingénieurs) à Yverdon, Pierrefleur 42, CH-1004 Lausanne.

## Als «Astro-Tourist» durch den Goldenen Westen Amerikas

von A. TARNUTZER

Bei der Vorbereitung eines Besuches von Verwandten in Kalifornien tauchte die Idee auf, diese Gelegenheit zu einer Autoreise durch Südkalifornien und Arizona zu benutzen und dabei verschiedene Sternwarten zu besuchen. Für die Planung dieser Rundreise leistete ein Buch von KIRBY-SMITH, ein wahrer Reiseführer zu den amerikanischen Sternwarten<sup>1)</sup>, wertvolle Hilfe.

*Mittwoch, 7. Dezember 1977*

Morgens 8 Uhr, eine Stunde nach der Landung in Los Angeles, fahren meine Frau, zwei Töchter und ich mit «unserm» Mietwagen los. Es dauert auf den Stadtautobahnen einige Zeit, bis wir aus dem grössten Stossverkehr heraus sind. Immerhin ist dieser Verkehr bei der erlaubten Höchstgeschwindigkeit von 88 km/h nicht so nervös wie bei uns.

Endlich verlassen wir die Agglomeration Los Angeles, dafür kommt etwas Nebel auf. Erst als wir in das Coachella-Valley fahren, hellt das Wetter auf. Es wird wärmer, wie wir in die Wüste kommen und bald haben wir den schönsten Sonnenschein. Dann eine grosse Oase: Palm Springs, der mondäne Winterkurort, wo

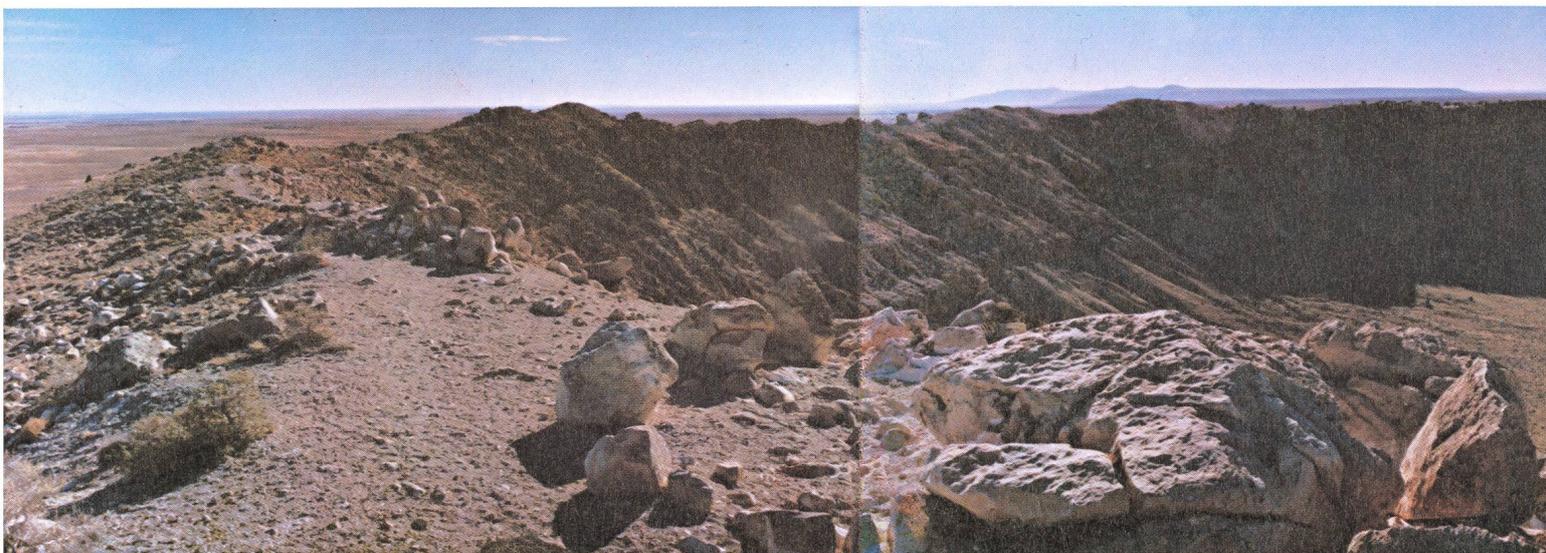
sich die Prominenz Amerikas und Canadas trifft, um dem nasskalten Norden zu entfliehen. Palm Springs liegt teilweise im Reservat der Agua Caliente Indianer, die so nach einer dortigen Heisswasserquelle genannt wurden. Man steht hier übrigens auf recht unsicherem Boden, denn die San Andreas-Verwerfung mit ihren gefürchteten Erdbeben führt nur wenige Kilometer entfernt vorbei.

Weiter geht die Reise talabwärts. Bald erscheinen die ersten Dattelpalmen-Wälder. Wir fahren bei Shields vorbei, in dessen Verkaufsladen ununterbrochen der lehrreiche Film «Die Romanze und das Liebesleben der Dattelpalmen» läuft. Wir sind in Indio angelangt, dem Ziel unserer heutigen Reise und befinden uns wieder auf Meereshöhe, allerdings weit von diesem entfernt.

*Donnerstag, 8. Dezember 1977*

Eigentlich gehörte hierher ein Besuch von Mount Palomar mit seinem jetzt zweitgrössten Teleskop der Welt. Wir haben ihn aber bereits vor einem Jahr besichtigt, und es war vor allem dieser Besuch, der uns zur jetzigen Reise angespornt hat.

Fig. 3: Arizona-Krater bei Winslow. Zusammengesetztes Panoramabild von über 180°.



Über Mount Palomar wurde erst kürzlich im ORION berichtet<sup>2)</sup>, so dass ich mich kurz fassen kann. Als gewöhnlicher Besucher kann man lediglich das 5m-Teleskop besichtigen, und zwar von einer verglasten Galerie aus. Das Instrument selber ist nur ganz schwach beleuchtet, um möglichst keine Wärme zuzuführen, die die Genauigkeit stören würde, denn der Instrumentenraum ist auf diejenige Temperatur gekühlt, die für die nächste Nacht erwartet wird. So kann das Instrument bei Einbruch der Nacht sofort voll arbeiten. Trotz der schwachen Beleuchtung ist das Teleskop mit seiner gigantischen Montierung sehr imposant und hinterlässt einen Eindruck, den keine Fotografie vermitteln kann. Das dazu gehörige Museum ist dagegen eher etwas rudimentär.

An Stelle des Palomar-Besuches schalten wir einen Ruhe- und Akklimatisationstag ein.

#### *Freitag, 9. Dezember*

Morgens starten wir zu unserer Rundreise. Nach zwei Stunden Fahrt durch Wüste überqueren wir den Colorado River und befinden uns im Bundesstaat Arizona (vom spanischen arida zona = trockenes Gebiet). Weiter geht es durch Wüste auf einer langen schnurgeraden Autobahn, bis wir endlich am Nachmittag Phoenix erreichen, die Hauptstadt Arizonas. Im Zentrum sind überall Weihnachtsdekorationen aufgehängt, lauter Santa Claus mit Sombrero! In diese Gegend passt dies aber ganz gut.

#### *Samstag, 10. Dezember*

Auf dem Weg südwärts in Richtung Tucson besuchen wir die Ruinen von Casa Grande. Es sind dies Ruinen eines indianischen Dorfes, das ungefähr im Jahre 1450 verlassen wurde, also noch vor der Entdeckung Amerikas durch Kolumbus. Es wird vermutet, dass das Grosse Haus, ein dreigeschossiges Gebäude und ungefähr zwischen dem 10. und 12. Jahrhundert erbaut, eine Sternwarte gewesen sein könnte. Es wurden bei Fenstern und Öffnungen im zweiten und dritten Stockwerk Ausrichtungen nach astronomischen Gesichtspunkten entdeckt. Die Beobachtungen wurden nach der antiken

Methode durch vorbeivisieren an den Türpfosten gemacht. So wurde zum Beispiel der Monduntergang bei der grössten nördlichen Deklination des Mondes durch ein rechteckiges Fenster beobachtet, indem man von der Innenkante des linken Fensterpfostens zur Aussenkante des rechten Fensterpfostens visierte. Untersuchungen haben eine gewisse Ähnlichkeit mit der Caracol Sternwarte in Chichen Itza auf Yucatan in Mexico gezeigt<sup>3)</sup>.

Auf der Weiterreise nach Tucson fahren wir noch durch den Saguaro-Park. Es sind dort riesige Mengen dieser grossen, geraden, manchmal wie Arme hochhaltenden Kakteen vereinigt, wie wenn eine Versammlung von dicken Stangen stattfinden würde.

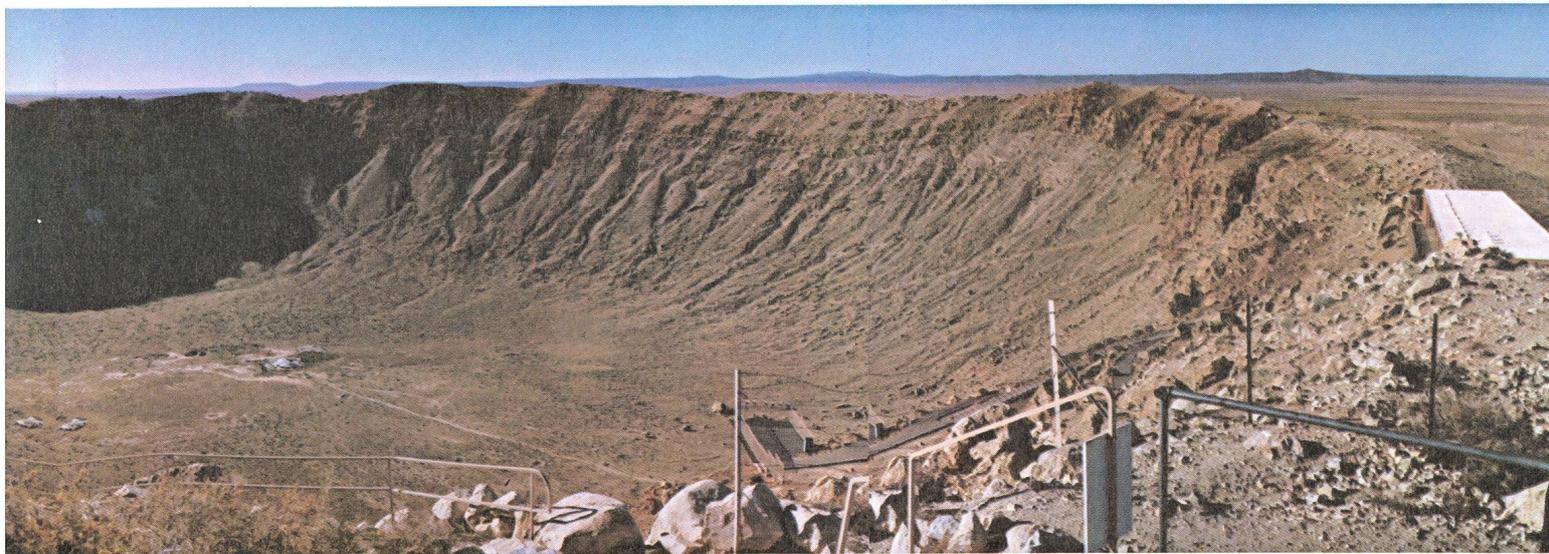
#### *Sonntag, 11. Dezember*

Wir fahren etwa 60 km südwestlich in die Sonora-Wüste bis zu einer gut markierten Abzweigung und hinauf weitere 20 km auf einer gut ausgebauten Strasse zum Kitt Peak.

Der Eindruck oben ist überwältigend! Man befindet sich auf einem 2100 m hohen Gipfel, etwa 1000 m höher als die umliegende Ebene. Die Luft ist so trocken und klar, dass 150 km entfernte Berge nahe erscheinen. Kitt Peak befindet sich im Reservat der Papago-Indianer und ist noch dazu einer der Sitze ihres Hauptgottes Ee-Ee-Toy. Es brauchte viel Überzeugungskunst, die Papagos zu einem Pachtvertrag zu bewegen. Überwältigend ist auch die Vielzahl von weissen Kuppen und Gebäuden: Kitt Peak ist die grösste Ansammlung astronomischer Instrumente auf der Welt, sind dort doch 14 Instrumente von 30 cm bis 4 m Öffnung aufgestellt (Bild 1).

Samstag und Sonntag findet jeweils vormittags und nachmittags eine Führung statt. Im Visitor Center, dem Empfangsgebäude für Besucher, befinden sich Modelle der dort aufgestellten grossen Fernrohre, mehrere sehr gut gemachte und leicht verständliche Erklärungstafeln (zum Beispiel Geburt und Tod eines Sternes) sowie ein kleines Sonnenfernrohr, das in Projektion die Sonne und ihr Spektrum zeigt.

Die 1 ½ Stunden dauernde Führung beginnt mit einem Film, der unter anderem die Herstellung des 4 m Spie-



gels zeigt. Da die verschiedenen Gebäude für meine gehbehinderte Tochter zu weit auseinander lagen, wurde das Programm der Führung geändert: alle Besucher wurden mit Autos zum 4 m Mayall Teleskop geführt. Per Aufzug fahren wir hinauf und durften ausnahmsweise den 30 m über dem Boden liegenden Beobachtungsraum betreten.

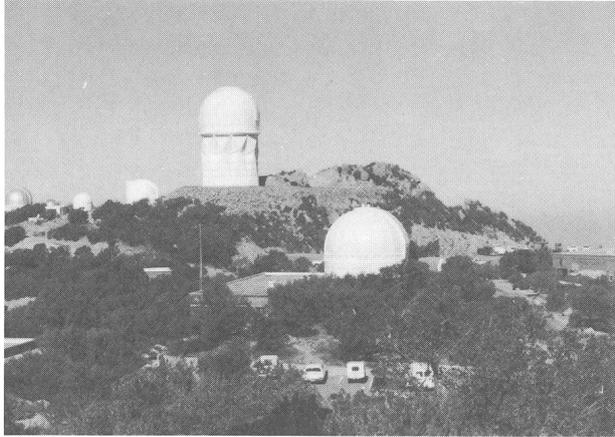


Fig. 1: Oben das Mayall 4 m-Teleskop. Im Vordergrund das 1,3 m-Infrarot-Teleskop. Rechts aussen das Visitor Center. Links am Horizont die Teleskope der University of Arizona.

Es ist wirklich eindrücklich, vor einem so grossen Instrument zu stehen<sup>4)</sup>. Dieses Instrument, obwohl mit «nur» 4 m Durchmesser, hat ein besseres Auflösungsvermögen als der 5 m Palomar und wahrscheinlich auch als das russische 6 m Teleskop im Kaukasus, denn der Spiegel ist aus Quarz gegossen im Gegensatz zu den beiden andern, deren Spiegel aus Pyrex hergestellt ist, und ist somit weniger empfindlich auf Temperaturschwankungen. Zudem ist die Luft hier noch klarer und ruhiger als auf Palomar. Das soeben vollendete Schwesterinstrument, aufgestellt in Chile in der Interamerikanischen Sternwarte in Cerro Tololo, soll noch besser sein. Sein Spiegel ist aus Cervit, einer Glaskeramik.

Wir erreichen die Aussichtsgalerie 23 m über Boden. Eine wunderbare und unbeschreibliche Aussicht erwartet uns von dieser extra für Besucher gebauten Galerie.

Ein weiteres markantes Instrument, praktisch das Erkennungszeichen von Kitt Peak, ist das Mac Math Sonnenteleskop (Bild 2). Wieder ein gigantisches Instrument, das grösste Sonnenteleskop der Welt! Oben auf dem senkrechten Turm, 31 m über Boden, sitzt der Heliostat, ein Planspiegel von 2 m Durchmesser, der das Sonnenlicht unter 32°, der geographischen Breite Kitt Peak's, durch den viereckigen Schacht nach unten wirft. Dadurch, dass der Lichtschacht genau nach dem Himmelspol ausgerichtet ist, kann die Sonne durch drehen dieses Spiegels um eine einzige Achse nachgeführt werden. Der Schacht ist 150 m lang, nur der kleinere Teil ist oberhalb des Felsens sichtbar. Unten sitzt auf einem Wagen ein 1,5 m grosser Parabolspiegel mit 90 m Brennweite und wirft das Licht in den Schacht zurück, wo es durch einen 90 cm Planspiegel in den Beobachtungsraum gelenkt wird. Dort hat das Bild der Sonne im Primärfokus einen Durchmesser von rund 86 cm. Um der Verschlechterung des Bildes durch die Sonnenwärme entgegen zu arbeiten, ist der ganze geneigte Schacht mit kalter Luft gefüllt. Damit werden die schädlichen Luft-

strömungen eliminiert. Die beiden Spiegel im Schacht sind auf ihren Wagen auf Schienen fahrbar. Der Einblick in diesen Schacht von einer verglasten Besuchergalerie aus gibt einem einen Begriff von der Grösse dieses Instrumentes. Das Sonnenlicht ist so stark, dass die Spiegel alle 6 Monate neu aluminert werden müssen. Dieses Instrument wird übrigens auch für Planetenbeob-

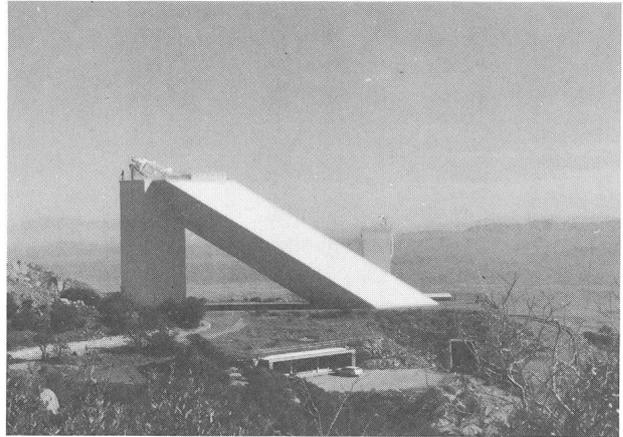


Fig. 2: Mac Math Sonnenteleskop. Im Hintergrund das Vakuum-Sonnteleskop.

achtungen eingesetzt. Weitere Angaben siehe <sup>5)</sup>.

Neben dem Mac Math Teleskop steht noch ein Vakuum-Sonnteleskop. Bei diesem wird das Problem der Luftströmungen im Instrument dadurch umgangen, dass man einfach die Luft entfernt, das heisst das Instrument in einen luftleeren Behälter baut.

Besucht werden kann noch das 2,1 m Teleskop, während alle andern Instrumente nicht zugänglich sind.

Das Hauptquartier der Kitt Peak Sternwarte befindet sich in Tucson, wo auch die Werkstätte für den Bau der Instrumente ist. Die Südsternearte in Cerro Tololo wird ebenfalls von hier aus geleitet. Nicht umsonst nennt man Tucson die astronomische Hauptstadt der Welt!

Am spätern Nachmittag besuchen wir das Grace H. Flandreau Planetarium. Vorgeführt wird «Der Stern von Bethlehem», eine sehr gut gemachte Vorführung, die die vorweihnächtliche Stimmung durch die Projektion von Weihnachtsbildern wundervoll zur Geltung bringt. Rund um den Projektionsraum herum sind Ausstellungsräume angeordnet, in denen leichtverständlich auf Tafeln und mit Demonstrationsmodellen optische und astronomische Themen behandelt werden. Viele Modelle können durch die Besucher selbst betätigt werden. So zeigen mehrere Versuche die Gesetze der optischen Abbildung.

Mit Hilfe eines auf dem Dach montierten Heliostaten, von Spiegeln und eines Beugungsgitters wird ein 2,4 m langes Sonnenspektrum auf ein Auffangschild projiziert <sup>6)</sup>. Die Breite des Spektroskop-Schlitzes kann durch die Besucher fernverstellt werden. Bei engstem Schlitz ist das Auflösungsvermögen besser als 0,5 Angström, so dass man sehr viele Absorptionslinien sehen kann. Die Haupthalle ist mit einem 2,7 mal 5 m grossem Wandgemälde geschmückt. Darin wird die Geschichte des astronomischen Gedankengutes und der wichtigsten daran beteiligten Persönlichkeiten von der Urzeit bis heute geschildert <sup>7)</sup>. Ein Druck dieses Bildes, in 15% der na-

türlichen Grösse, hängt jetzt in meinem Bureau. An das Planetarium angebaut ist noch eine kleine Sternwarte mit einem 40 cm Reflektor, die abends bis 22 Uhr dem Publikum frei zur Verfügung steht.

#### *Montag, 12. Dezember*

Wir verlassen Tucson nordwärts durch die Miracle Mile (ein Strassenname!), fahren durch Wüstengebiet nach Globe, überqueren den Salt River Canyon und treffen nachmittags am Petrified Forest National Park an. Eine 45 km lange Strasse führt durch diesen wunderschönen Naturschutz-Park. Gleich zu Anfang sieht man viele versteinerte Baumstämme am Boden liegen, zum Teil sind es recht grosse Dinger. Nachher erscheint eine Erosionslandschaft, an der man sich kaum satt sehen kann! Es wäre äusserst lehrreich, einmal mit einem Geologen durch diese Gegend zu ziehen und sich die Entstehung aller dieser bizarren Formen, den Hügeln, die Schichten in vielen für uns ungewohnten Farben aufweisen, aus kompetenter Quelle erklären zu lassen. Der Blick nach Norden, in die Painted Desert, die «gemalte Wüste», ist einmalig und unvergesslich.

#### *Dienstag, 13. Dezember*

Knapp 30 km nach Winslow verlassen wir den Freeway, die Autobahn, und biegen in eine Seitenstrasse ein. Vor uns liegt der bekannte Meteorkrater, der von der umliegenden Ebene aus wie ein harmloser knapp 50 m hoher Tafelberg aussieht. Steht man aber einmal am Kraterrand, bietet sich einem ein umwerfender Anblick! Man steht da und staunt über diesen riesigen Krater, dessen Durchmesser fast 1,3 km beträgt und der eine Tiefe von 175 m aufweist (Bild 3). Es muss hier eine ungeheure Katastrophe stattgefunden haben, als vor rund 20000 Jahren ein Haufen von Meteoriten mit einer Gesamtmasse von mindestens einer Million Tonnen mit einer Geschwindigkeit von mehreren km pro Sekunde einschlug. Die Wucht der Masse und der von dieser ausgelösten Schockwelle war so gross, dass jetzt noch, nach so langer Erosionsdauer, der aufgeworfene Kraterrand aus etwa 300 Millionen Tonnen Material besteht. Man vermutet, dass 100 Millionen Tonnen Sandstein förmlich zu Mehl pulverisiert und über den Kraterrand hinaus geblasen wurden.

Lange bestaunen wir dieses Naturwunder, besuchen noch das Museum, wo der Werdegang des Kraters sehr gut erklärt wird und Fragmente des Meteoriten ausgestellt sind. Es befindet sich dort auch ein Modell des Nördlinger Rieses<sup>®</sup>).

Nachmittags besuchen wir die Lowell Sternwarte in Flagstaff, 2200 m über Meer gelegen. Hier hat Percival Lowell am 1896 gebauten 61 cm Refraktor beobachtet und die umstrittenen Marskanäle entdeckt, die eher ein Resultat seiner überreizten Nerven waren. Die Aufnahmen der Viking-Raumsonden zeigen aber andererseits, dass er nicht ganz unrecht hatte.

Lowell war es auch, der ein Dutzend Mathematiker während 10 Jahren rechnen liess, um den Standort eines sich ausserhalb der Neptunbahn befindlichen Planeten zu finden. Erst 14 Jahre nach seinem Tode wurde Pluto (dessen Zeichen PL seine Initialen trägt) mit einem eigens dazu gebauten Fernrohr gefunden!

Die Sternwarte und das Fernrohr muten heute, im Zeitalter der modernen Riesenteleskope, recht altertümlich an. Die Kuppel ist nicht kugelförmig, sondern hat

die Form eines Kegelstumpfes. Sie drehte ursprünglich auf alten Kanonenkugeln; es wurden abends Knaben aus der Stadt angestellt, um die Kuppel zu drehen. Heute dreht sie auf Automobilrädern, welch ein Anblick! Einmal hatten sie sogar einen «Platten». Auch das Rohr selber mit seiner genieteten Konstruktion wirkt ehrwürdig alt. Aber Dank der Qualität der Optik und der günstigen Sichtverhältnisse wird damit heute noch mit grossem Erfolg gearbeitet.

Anschliessend fahren wir zur U. S. Naval Sternwarte, etwas ausserhalb von Flagstaff gelegen. Wir schneien ganz unangemeldet hinein, werden aber äusserst freundlich empfangen. Ein Astronom zeigt uns die Bureaux und das Erdgeschoss der Sternwarte, wo ein demontierter Refraktor von rund 60 cm Durchmesser liegt und führt uns dann in den Beobachtungsraum. Das Instrument ist ein 1,5 m Reflektor einer einmaligen Bauart. Da die Marine an genauen Positionsmessungen interessiert ist, wurde dieses Instrument gebaut, das wie ein Cassegrain aussieht, in Wirklichkeit aber ein Newton ist, dessen Primärfokus hinter dem Hauptspiegel liegt. Der Spiegel besteht aus einer Quarzscheibe von 155 cm Durchmesser, Gewicht 1,5 Tonnen, mit einer Brennweite von 12,5 m. Der plane Fangspiegel besteht ebenfalls aus Quarz mit einem Durchmesser von 88 cm und 15 cm Dicke. Einen guten Eindruck über die Stimmung beim nächtlichen Gebrauch dieses Instrumentes sowie eine mit diesem Instrument aufgenommene Foto des Spiralnebels M 101 zeigt<sup>®</sup>).

Während 5 Nächten werden Positionsaufnahmen gemacht, in den übrigen Nächten des Monats arbeiten 6 Astronomen unabhängig nach ihren eigenen Programmen. Unser Gastgeber bewegt das Fernrohr und dreht die Kuppel, so dass wir einen unvergesslichen Eindruck dieser Sternwarte erhalten. Doch mit der Zeit wird es kalt, denn Boden und Kuppelraum sind gekühlt. Und es ist fast Weihnachten und wir befinden uns auf 2300 m Höhe!

#### *Mittwoch, 14. Dezember*

Heute ist reiner Reisetag. Wir fahren westwärts aus den Kieferwäldern hinaus und lassen den Grand Canyon aus Zeitmangel rechts liegen. Wir haben ihn früher schon besucht. Die Landschaft wechselt langsam von Wald zu Steppe und wird anschliessend zur Mojave-Wüste. Wir überqueren wieder den Colorado River. Eine Tafel an der Strasse zeigt an, dass die nächste Tankstelle erst in 150 km zu finden sei! Die Autobahn führt an bizarren Bergen und Lavaflüssen vorbei, und am späten Nachmittag erreichen wir Barstow, das in eine grosse Staubwolke eingehüllt ist.

#### *Donnerstag, 15. Dezember*

Auf einer Nebenstrasse fahren wir 50 km in die Wüste hinaus in Richtung Death Valley. Gemäss der gestrigen telefonischen Anmeldung werden wir um 10 Uhr in der Goldstone Tracking Station erwartet, einer Anlage der NASA. Man zeigt uns zuerst die Echo-Station mit seiner 26 m Antenne und den Kommandoraum. Die ganze Anlage wurde weitab in unbewohntes Gebiet gebaut, damit die empfindlichen Apparate möglichst keine von Menschen erzeugten Störsignale empfangen. Verschiedene weit auseinander liegende Radioteleskope betreuen die amerikanischen Raumsonden, wie die früheren Echo-Ballone, die Apollo Raumschiffe und jetzt die Venus-

und Pioneer-Sonden. Dann werden wir weitere 20 km in die Wüste hinaus geführt zum grossen 64 m Radioteleskop, das unter anderem die Viking-Sonden auf dem Mars betreut (Bild 4). Der Kommandoraum mit seinen Steuergeräten, Computern, Druckern und Bildschirmen ist für einen Laien wahrlich verwirrend. Einmal in der Woche, wie heute, ist Instandhaltungstag. Überall sind die Schränke offen, Elektroniker stehen mit ihren Schemas davor, und man sieht förmlich wie ihre Köpfe heiss laufen.

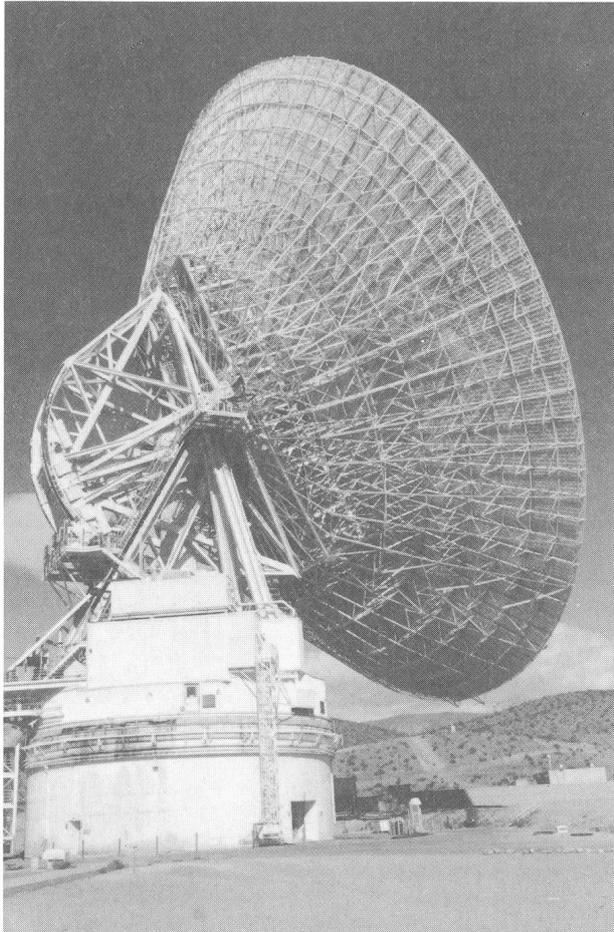


Fig. 4: Das 64 m-Radioteleskop in Goldstone.

Auf dem Rückweg, neben dem eingetrockneten Goldstone-See, der als Flugplatz dient, beginnt ein Sandsturm. Wir müssen, obwohl es Mittag ist, die Lichter einschalten und ganz langsam fahren. Der Sand bläst seitlich gegen den Wagen, es rauscht wie beim sandstrahlen. Nach kurzer Zeit sind auch wir im Wageninnern ganz staubig. Ich habe nicht gedacht, dass ein Wagen so undicht ist!

Anschliessend besuchen wir noch die Geisterstadt Calico, aber wir bleiben des Sandsturmes wegen nicht lange. Man hat Mühe, beim Fotografieren ruhig zu stehen.

#### Freitag, 16. Dezember

Von Barstow aus gehts südwärts über den eingetrockneten Lake Lucerne (Luzernersee) und über Lucerne Valley zum Big Bear Lake in den San Bernardino Bergen. In diesem See, auf 2000 m Höhe, liegt die Big Bear Son-

nen-Sternwarte. Sie wurde auf eine kleine Insel gebaut, da das kühle Wasser während des Tages die Turbulenzen der Luft vermindert und so zur Verbesserung der Sicht dient. Obwohl nach <sup>1)</sup> Freitag Nachmittag Besuchszeit ist, blitze ich diesmal ab: Dies gelte nur während des Sommers. So fahren wir halt, nachdem wir die Sternwarte von aussen und von der andern Seeseite aus betrachtet haben, weiter, zuerst auf einer wundervollen Strasse dem Bergkamm entlang, dann hinunter nach San Bernardino und weiter in die Agglomeration Los Angeles.

#### Samstag, 17. Dezember

Heute, als Dessert, sollte Mount Wilson dran kommen. Aber das Wetter hat umgeschlagen, und es beginnt zu regnen. Wir fahren trotzdem. Die Strasse ist zuerst gut, aber nach der Abzweigung zur Sternwarte sind die letzten 8 km eng und kurvenreich. Nicht vergebens schreibt <sup>1)</sup>, diese Fahrt sei mit einem Maulesel-Ritt im Grand Canyon zu vergleichen. Zudem macht uns der Nebel zu schaffen. Oben angekommen, die nächste Enttäuschung: Die Sternwarte ist für jeglichen Besuch geschlossen, da der Parkplatz umgebaut wird. Natürlich stand dies unten schon angeschrieben, aber ich glaubte, es trotzdem versuchen zu können. Ob Mount Wilson nächsten Sommer wieder besucht werden könne sei noch nicht sicher.

So kehren wir halt unverrichteter Dinge zurück, und da es unten immer noch regnet, fahren wir nach Indio zurück und schliessen unsere Rundreise ab. Wir haben in diesen wenigen Tagen sehr viele interessante und berühmte astronomische Anlagen gesehen, konnten aber auch unvergessliche Eindrücke von einzigartigen, uns fremd anmutenden Landschaften sammeln.

- 1) U. S. Observatories: A Directory and Travel Guide, von H. T. Kirby-Smith, Van Nostrand Rheinhold Company, 1976
- 2) ORION 35. Jg. (1977) Nr. 161 Seite 126-131
- 3) Sky and Telescope, Juni 1976, Seite 372
- 4) ORION 33. Jg. (1975) Nr. 149, Seiten 97, 99-102
- 5) ORION 33. Jg (1975) Nr 147 Seiten 33, 35—38
- 6) Sky and Teleskope, September 1977, Seite 176
- 7) Sky and Teleskope, März 1976, Seite 165
- 8) ORION 35. Jg. (1977) Nr. 163, Seite 198
- 9) ORION 32. Jg. (1974) Nr. 142, Seiten 93 und 103

Adresse des Berichterstatters:

ANDREAS TARNUTZER, Hirtenhofstrasse 9, CH-6005 Luzern.

## Exposition astronomique

L'Observatoire de Sauverny-Genève a réalisé une exposition fort intéressante consacrée à un exposé sur la situation de l'astronomie contemporaine. Composée de nombreuses maquettes et photographies, l'ensemble a été exposé dans les vitrines du Crédit Suisse à Genève et sera présenté à UNI II durant les mois de mai et juin 1978. Par la suite, quelques panneaux seront exposés dans différents succursales du Crédit Suisse pendant les périodes suivantes:

VEVEY	12 mai au 15 juin 1978
MARTIGNY	15 juin au 20 juillet 1978
CRANS-MONTANA	21 juillet à fin août 1978

W. M.

# Jupiter: Présentation 1976

Opposition: 18 novembre 1976  
Rapport No. 35 du Groupement planétaire SAS  
par F. JETZER, Bellinzona

## 1. Considérations générales:

Pendant cette opposition nous avons cherché de suivre le développement de la perturbation qui a pris naissance en 1975; malheureusement les conditions atmosphériques défavorables n'ont pas permis d'observer la planète d'une façon continue et régulière durant l'année 1976.

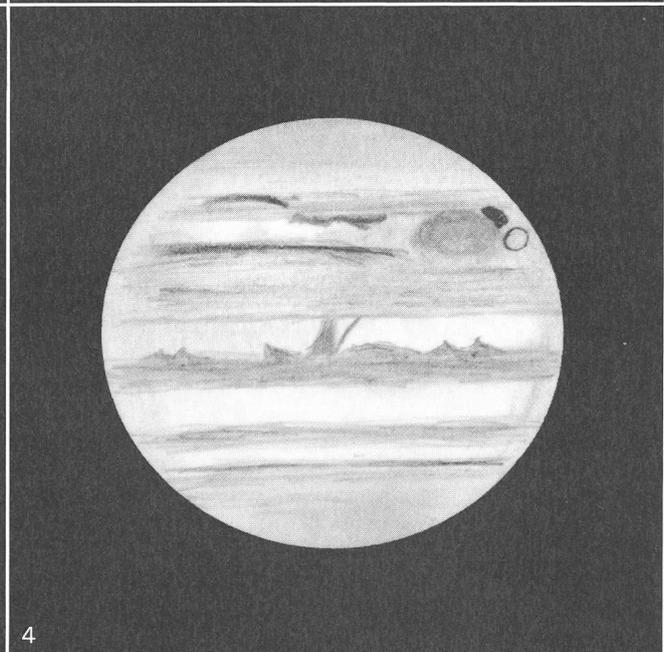
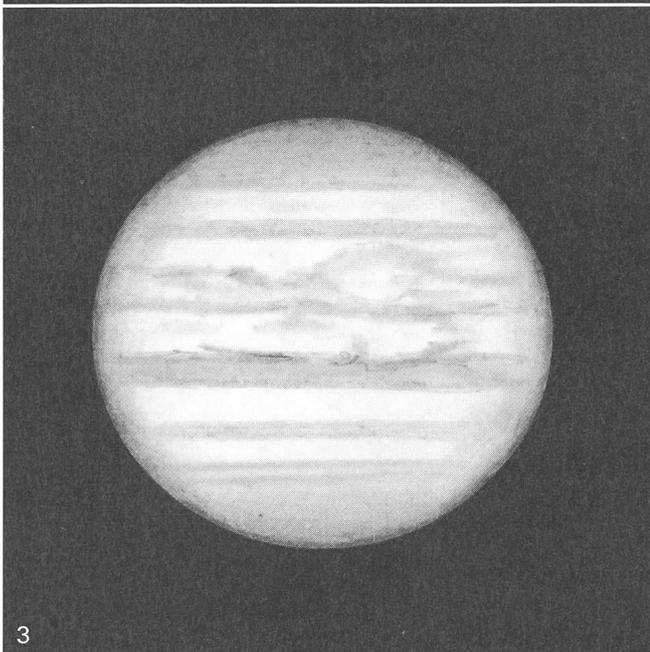
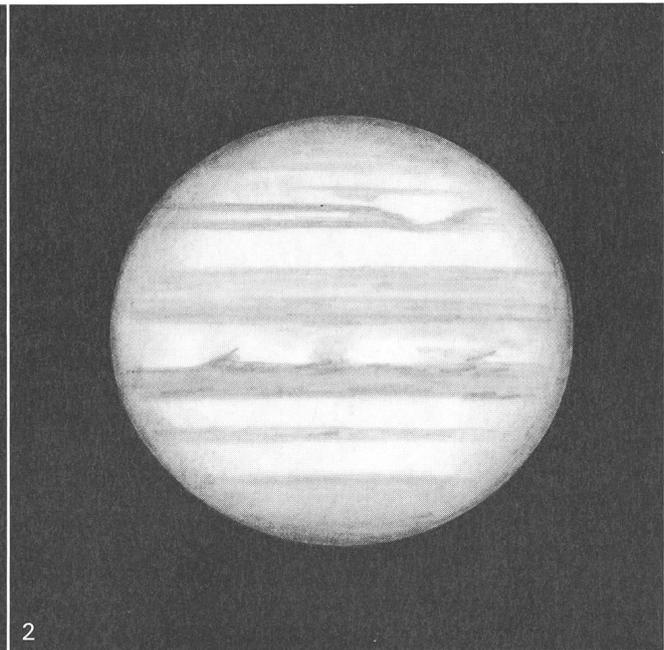
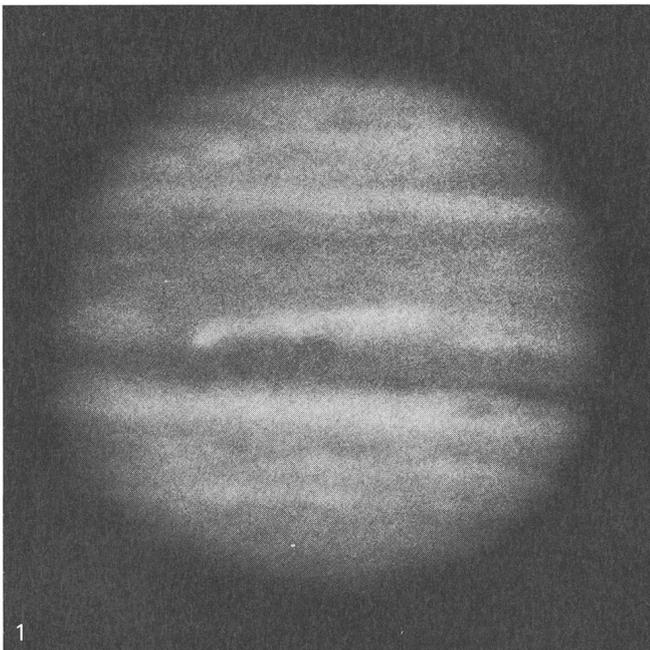
## 2. Description détaillée (Dénomination B.A.A.):

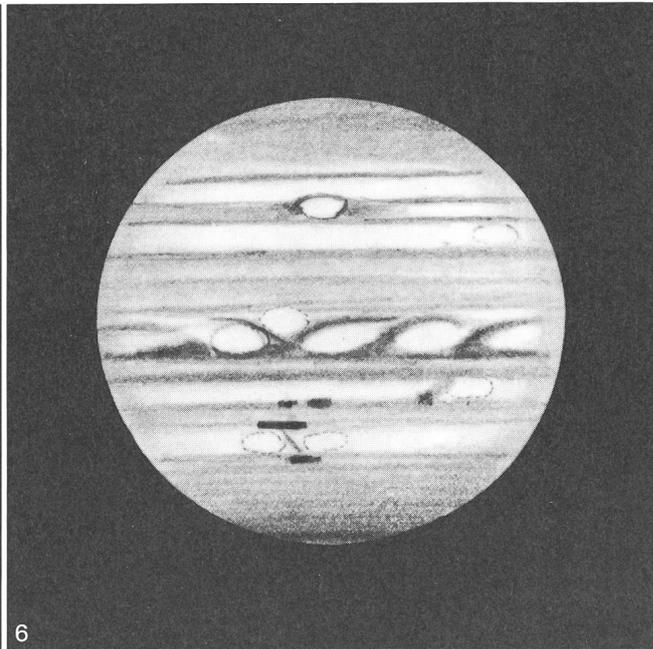
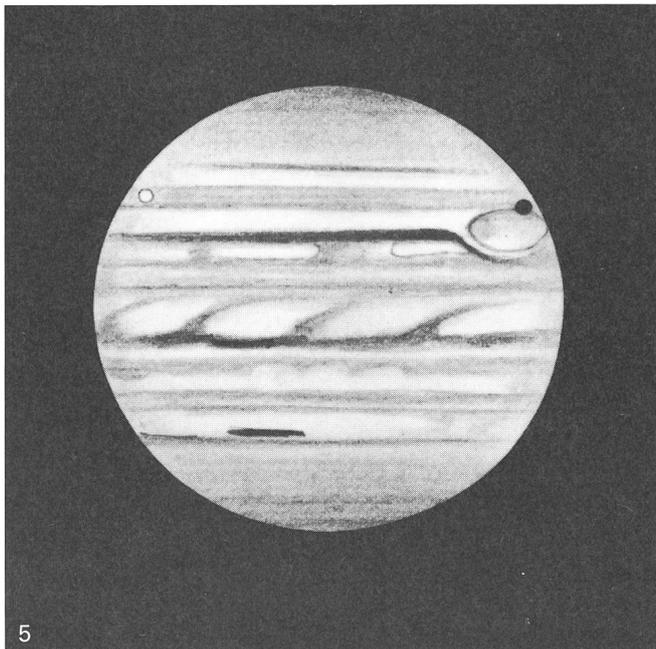
S.P.R. uniformes, sans aucun détail apparent.

S.S.T.B. cette bande était faiblement visible, souvent même pas du tout.

S.T.Z. toujours bien visible, sans détails apparents.  
S.T.B. clairement visible sur tout le pourtour de la planète; la partie entre la WOS F-A et la WOS B-C était formée de deux bandes. Les trois WOS étaient distinctement visibles.

Tache à la fin de la présentation passée, suite à la perturbation enregistrée en 1975, son inten-





sité avait faibli. Cet affaiblissement a continué. A cause des masses sombres de la perturbation en déplacement dans la STRZ, elle était difficilement visible, en particulier pour les petits télescopes, et ses contours n'étaient pas clairement définis, surtout au nord. On a déjà souvent observé ce phénomène après une perturbation de la SEB. Cortesi a noté le 17 novembre 1976 une coloration ocre claire de la tache.

- S.E.B.s cette bande s'est entièrement reconstituée après la perturbation de l'année passée. Plus sombre que la SEBn, elle ne formait cependant qu'une seule bande avec elle.
- S.E.B.n assez large sans beaucoup de détails.
- E.Z. généralement bien visible, bien que souvent envahie par des taches claires et sombres partant du bord sud de la NEB.
- N.E.B. large et sombre comme d'habitude; sans beaucoup de détails dans sa partie sud.
- N.T.B toujours bien visible; large et sombre, mais moins active que l'année passée.
- N.N.T.B. comme la SSTB: faiblement visible et souvent absente.
- N.P.R. uniformes, sans détails apparents.

### 3. Photographies:

Nous n'avons reçu que peu de photographies:

- de Viscardy, une excellente photo faite avec un télescope de 520 mm, distance focale résultante: 72 m, film employé: TRI X, pose 1 sec.;
- de Pletschke, 10 photos faites avec un télescope de 300 mm, distance focale résultante: 29 m, film employé: Pan F et FP4, pose 3—4 sec.

### 4. Périodes de rotation:

#### 4.1 Tache Rouge (graphique no. 1)

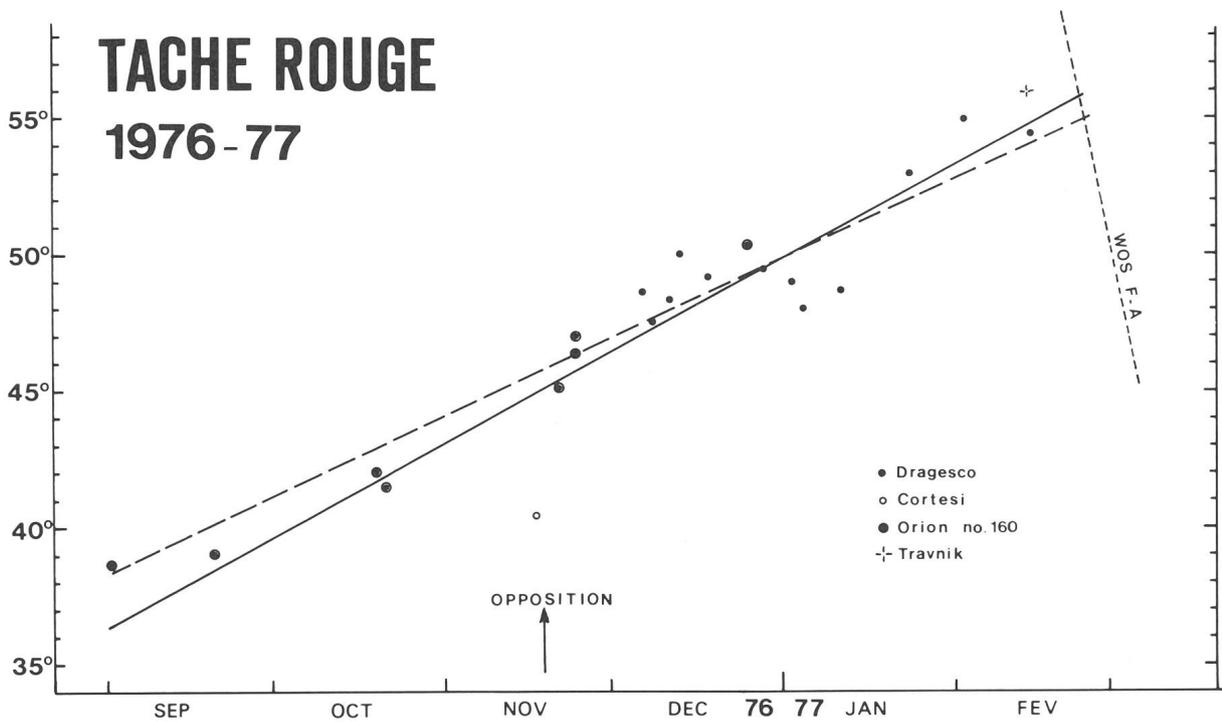
Positions de la tache rouge en 1976/77:

Date	Valeurs observées	Valeurs calculées compte tenu de l'effet Phillips
1 sept. 1976	36.4°	38.4°
18 nov. 1976	45.1°	45.7°
22 fév. 1977	55.7°	54.9°

#### Période de rotation

- durant la présentation 1976: 9h55m45.2s
- durant la présentation 1976 compte tenu de l'effet Phillips: 9h55m44.5s
- entre les opposition 1975 et 1976: 9h55m40.9s

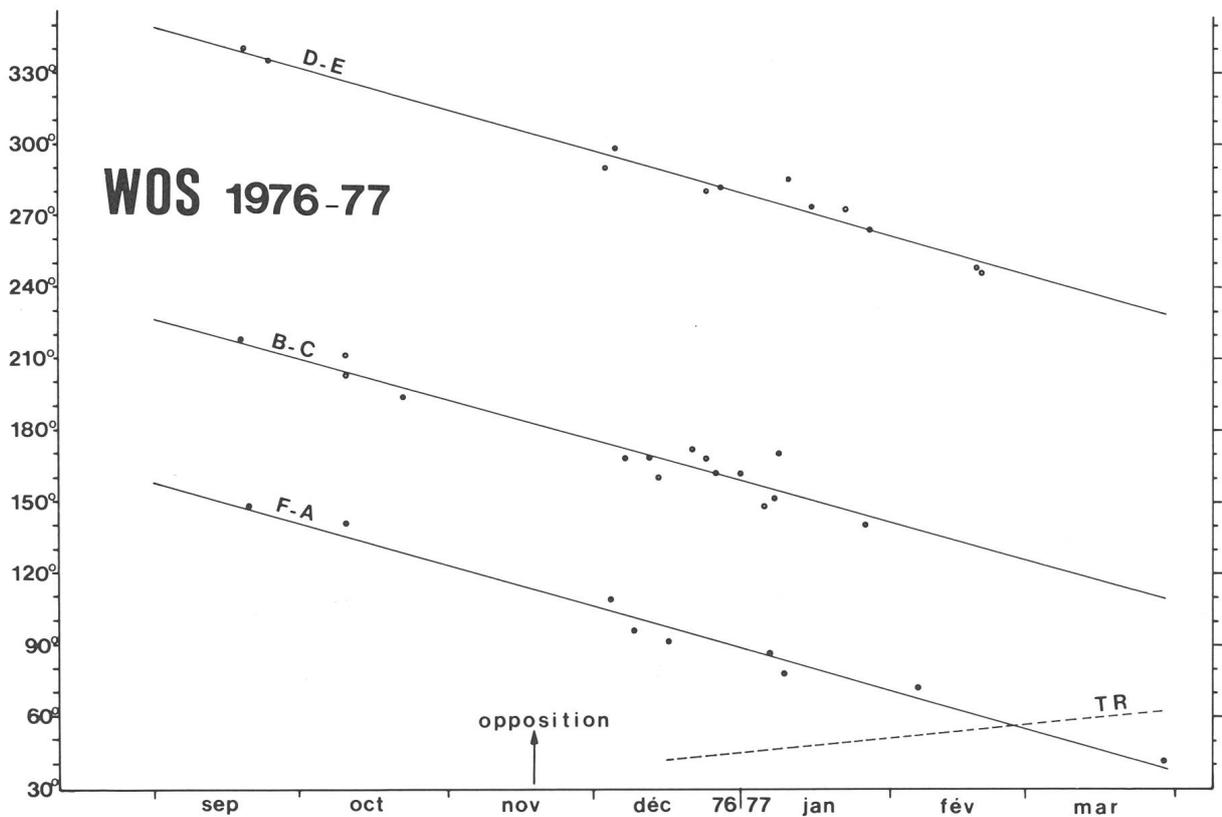
Nous n'avons reçu que très peu de passages au MC de la Tache Rouge, ce qui s'explique d'ailleurs facilement à cause de la difficulté d'observation due à sa faible intensité. Pour compléter nos données, nous avons utilisé également les observations faites par des amateurs finlandais et publiées sur ORION no. 160 page 90. Sur le graphique nous avons reporté 21 passages, ainsi qu'une droite représentant le mouvement moyen pendant la période d'observation. Cette droite a été calculée avec le système des moindres carrés. Les positions 1976 sont assez semblables à celle de 1975; entre février et septembre 1976 la Tache Rouge s'est déplacée vers des longitudes décroissantes (environ de 50° à 38°). Il est bien possible qu'elle a été entraînée dans son mouvement par les masses de la perturbation. L'erreur quadratique moyenne était cette année de  $\pm 1.6^\circ$ . Nous avons aussi calculé les positions de la TR compte tenu de l'effet Phillips, en utilisant pour ces corrections la formule proposée par S. Cortesi: (Jcarus 33, 410—413, 1978).



La période de rotation ainsi trouvée durant la présentation est de 9h55m44.5s. On a aussi reporté sur le graphique la droite représentant cette période de rotation corrigée.

37 observations nous ont permis de calculer les périodes de rotations des WOS. La période de rotation moyenne durant la présentation a été plus lente que celle de la présentation précédente, de même que la période de rotation moyenne entre oppositions. L'erreur quadratique moyenne est de  $\pm 5.7^\circ$ . Les périodes de rota-

4.2 W.O.S. (graphique no. 2)



#### 4.2 W.O.S. (graphique no. 2)

WOS	Position en 1976, le			Période de rotation moyennes	
	1.9	18.11	31.3.1977	pendant prés. 1976	entre opp. 1975/76
B-C	227°	183°	109°	9h55m17.9s	9h55m17.2s
D-E	350°	305°	228°	9h55m17.1s	9h55m15.8s
F-A	158°	114°	38°	9h55m17.4s	9h55m15.9s <sup>1)</sup>
Moyennes				9h55m17.5s	9h55m16.3s

1) entre oppositions 1974/1976.

tions pendant la présentation compte tenu de l'effet Phillips sont:

B-C 9h55m17.4s  
 D-E 9h55m16.6s  
 F-A 9h55m16.8s  
 Moyenne 9h55m16.9s

Seulement trois observateurs ont exécuté des observations de ce genre: M. Pfeil (135), G. Spinedi (20) et F. Jetzer (13). Par rapport à l'année passée on peut noter: STB plus claire, SEBs, NPR et STZ plus sombres.

La Tache Rouge à été estimée  $T = 4.0$  le 16.1.1977 par Pfeil.

Les latitudes de cette année se basent sur deux séries de mesures au micromètre filaire effectuées par Cortesi le 30 décembre 1976 avec le réfracteur de 150 mm de l'observatoire solaire de Locarno-Monti. La latitude du centre du disque était  $+3.1^\circ$ . Les valeurs des latitudes sont semblables aux moyennes 1961/73 du Groupement planétaire SAS et 1908-47 du BAA. Par rapport à l'année passée on peut constater que le bord nord de la SEBn s'est légèrement déplacé vers des latitudes plus proches des moyennes.

#### 5. Cotes d'intensité (T):

Objet	Observateurs			T Moyenne	
	F. JETZER	M. PFEIL	G. SPINEDI	1976	1962/75
SPR	3.0	3.0	1.5	2.5	2.8
STZ	2.0	2.3	—	2.2	1.4
STB	4.5	3.6	4.0	4.0	5.0
STrZ	1.0	2.3	1.0	1.4	1.0
SEBs	5.5	5.1	—	5.3	3.5
SEBn	4.5	4.0	4.8	4.4	5.0
EZ	2.0	3.0	2.0	2.3	2.1
NEB	5.5	5.6	6.0	5.7	5.3
NTrZ	1.0	2.2	1.0	1.4	1.3
NTB	4.5	3.6	3.3	3.8	3.4
NTZ	1.5	2.4	1.0	1.6	1.4
NNTB	4.5	3.1	2.5	3.4	3.2
NPR	3.5	3.6	2.3	3.1	2.8

#### 6. Latitudes des bandes:

Objet	Y = $\sin \beta'$ ''	Latitudes zénographiques $\beta''$		
		1976	1961/73	1908-47 BAA
SSTB	-0,690	-42.3°	-42.5°	-41.7°
centre STB	-0,485	-27.4°	-30.0°	-29.0°
bord sud SEBs	-0,345	-18.2°	-20.2°	-19.1°
bord nord SEBn	-0,090	- 2.2°	- 4.5°	- 7.3°
bord sud NEB	+0,055	+ 6.7°	+ 7.1°	+ 7.2°
bord nord NEB	+0,255	+19.1°	+19.0°	+17.5°
centre NTB	+0,410	+29.0°	+27.2°	+27.8°
NNTB	+0,550	+38.5°	+38.0°	+37.0°

#### 7. Conclusions:

La planète avait cette année un aspect tout à fait classique après une forte reprise d'activité. On a observé en particulier:

1) un affaiblissement de la Tache Rouge et une perturbation de son mouvement dus à la réanimation de la SEBs;

2) un renforcement de la SEBs.

Nous invitons tous les observateurs de la planète, et en premier lieu les membres de la SAS, à nous envoyer leurs observations pour les prochaines oppositions: seulement avec un très grand nombre d'observations on pourra établir un cadre précis des événements qui ont lieu sur Jupiter.

Observateur	Instrument	Qualité des images	Dessins	Photos	Passages au MC	Période d'observation
S. CORTESI Locarno-Monti	télescope 250 mm	5.4	8	—	2	8 septembre 1976 9 mars 1977
J. DRAGESCO Orcines	télescope 250 mm	—	49	—	45	18 septembre 1976 29 mars 1977
F. JETZER Bellinzona	télescope 200 mm	4.4	8	—	2	16 novembre 1976 3 avril 1977
F. MEYER Lausanne	lunette 162 mm	(7.5)	2	—	2	14 juillet 1976 10 octobre 1976
M. PFEIL Wetzlar/Lahn	télescope 150 mm	6.4	32	—	—	10 septembre 1976 16 avril 1977
F. PLETSCHKE Berlin	télescope 120 mm	—	138	10	—	30 juin 1976 29 mars 1977
G. SPINEDI Bellinzona	télescope 150 mm	(5.2)	2	—	—	18 novembre 1976 30 décembre 1976
N. TRAVNIK S. Paulo	télescope 600 mm	—	7	—	4	3 février 1977 19 mars 1977
G. VISCARDY St. Martin-de-Peille	télescope 520 mm	—	—	1	—	9 septembre 1976
Total			246	11	55	

Adresse de l'auteur:  
F. JETZER, via Lugano 11, CH-6500 Bellinzona.

## Saturne: Présentation 1976/77

Opposition: 2 février 1977  
Rapport No. 36 du Groupement planétaire SAS

par F. JETZER, Bellinzona

*par Jetzer* AGRUPACION ASTRONOMICA DE SABADELL

### SATURNO

PRESENTACION 1976-1977

DIBUJO Nº \_\_\_\_\_ Nº CLASIF. \_\_\_\_\_

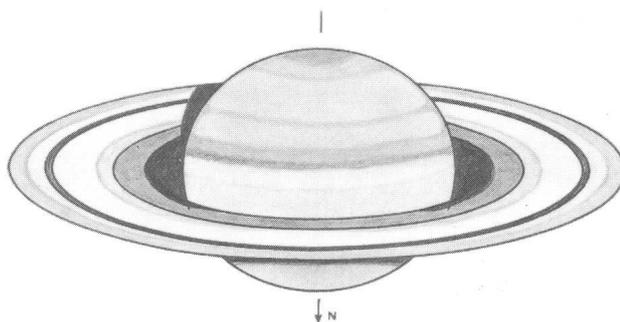
FECHA 1 - NOVIEMBRE - 1976

DÍA JULIANO \_\_\_\_\_

REGION-DETALLE	HORA T.U.	MERID. CEN.	COTAS	INTENSIDAD	FILTRO
TODO (TOUT)	3 <sup>h</sup> 50 <sup>mn</sup>				

NOTAS

• Reflecteur  $\phi$  258 mm.  
• 1-XL-1976



INSTRUMENTO T-258 mm. FOCAL 1520 mm. - AUMENTOS 338x 217x

IMAGENES 3,0 CALIDAD OBSERVACION 3,0 TRANSPARENCIA 4,0

VIENTO \_\_\_\_\_ FILTROS \_\_\_\_\_

OBSERVADOR AGUSTIN SANCHEZ LAVEGA  $\phi$  APARENTE 162'' (polar)

LOCALIDAD MOLLERUSA (LERIDA) - SPAIN ANGULO FASE \_\_\_\_\_

Observateur	Instrument	Dessins
F. JETZER Bellinzona	télescope 200 mm	2
A. LAVEGA Bilbao	télescope 200 mm	2
F. PLETSCHKE Berlin	télescope 110 mm	4

Nous n'avons reçu que très peu d'observations de Saturne. L'aspect de la planète était normal: SPR sombre comme d'habitude; SEB large, sombre et souvent divisée en deux composantes: la nord plus sombre que la sud; STB faiblement visible; EZ claire.

Les différents anneaux, de même que la division de Cassini, étaient nettement visibles: l'anneau A plus sombre vers l'extérieur; l'anneau B plus sombre vers l'intérieur.

Le soussigné a fait 23 observations d'intensité T:

SPR	4.0
STZ	3.0
SEBs	4.0
SEBn	4.5
EZ	1.5
Anneau A extérieur	3.0
Anneau A intérieur	2.0
Anneau B extérieur	1.0
Anneau B intérieur	1.0
Anneau C	7.3
Division de Cassini	9.5
Anneau C en projection devant le disque	5.8
Ombre du globe sur les anneaux	9.5

Comparées à celles des années passées, ces intensités sont tout à fait normales.

Adresse de l'auteur:

F. JETZER, via Lugano 11, CH-6500 Bellinzona.

## In Winterthur entsteht eine Volkssternwarte

Am 20. Mai erfolgte auf dem Eschenberg der erste Spatenstich zum Bau der Volkssternwarte Winterthur. Für die Mitglieder der lokalen «Astronomischen Gesellschaft Winterthur» (AGW) ist damit das langgehegte Bauprojekt in die entscheidende Phase getreten. Sofern alles planmässig verläuft, wird die neue Volkssternwarte ab Frühjahr 1979 der Bevölkerung offenstehen.

### Sorgfältig geplant

Der Wunsch, in Winterthur eine Volkssternwarte zu bauen, geht auf das Jahr 1971 zurück. Damals untersuchten einige Mitglieder der AGW die Beobachtungsverhältnisse rings um Winterthur. Das Ergebnis der recht aufwendigen Aktion war eindeutig: Einzig der Süden der Stadt, nämlich der Eschenberg, bietet einigermaßen akzeptable Bedingungen, und zudem ist der Eschenberg auch für nicht motorisierte Besucher noch zu erreichen.

Damit konnte mit der Grundkonzeption der Sternwarte begonnen werden. Ein «richtiges» Observatorium mit Kuppelbau und aufwendigen Einrichtungen stand aus finanziellen und anderen Gründen nie zur Diskussion. Ein einfaches, aber zweckmässig gebautes Gebäude mit einem verschiebbaren Giebeldach bot sich von Anfang als Lösung an, doch galt es bei der Detailplanung weiterhin, zentrale Einschränkungen zu beachten. Einschränkungen ergaben sich immer wieder durch die begrenzten finanziellen Mittel, die manchen Wunschtraum scheitern liessen. Die Pläne mussten so mehrmals geändert, ergänzt, vereinfacht und an neue Gegebenheiten angepasst werden.

Glücklicherweise durfte die AGW von Anfang an auf die kräftige Unterstützung der Stadtbehörden und zahlreicher Gönner zählen. Ein besonderes Glück war auch, dass sich mit N. Scheidegger, Dipl. Ing. ETH/SIA, ein kompetenter Fachmann fand, der mit viel Idealismus

und grossem Arbeitseinsatz die Planung der Sternwarte vorantrieb. Er wird auch die Bauarbeiten überwachen.

An der ausserordentlichen Generalversammlung der AGW im Herbst 1977 war es dann endlich soweit: Die neu gegründete Baukommission erhielt den endgültigen Auftrag, das Projekt «Volkssternwarte Winterthur» zu realisieren.

### Eine Sternwarte für jedermann

Aus der Bezeichnung «Volkssternwarte» geht bereits hervor, dass die künftige Sternwarte jedermann offenstehen wird. In einer ersten Betriebsphase wird sie jeweils an einem festen Wochentag der Öffentlichkeit zugänglich sein — natürlich nur bei guter Witterung. Geschlossene Gesellschaften (Vereine, Schulen etc.) werden ausserdem auf schriftliche Voranmeldung hin Gelegenheit erhalten, die Sternwarte ausserhalb der normalen Öffnungszeiten zu besuchen.

Natürlich ist die Besucherzahl, die die Sternwarte anlässlich einer Demonstration aufnehmen kann, begrenzt. Bei Aussenmassen von  $8,75 \times 8,75$  m sind im Gebäude drei Räume vorgesehen: Der Besucher tritt durch die Eingangstüre in den Vorraum und erreicht über einige Treppenstufen die beiden erhöhten Beobachtungsplattformen, die mit je einem Fernrohr bestückt sind. Das Dach wird für die Beobachtung auf zwei Stützpfählen im Norden des Gebäudes abgeschoben (siehe Skizze).

### Leistungsfähige Instrumente

Zwei Teleskope, die sich mit ihrer unterschiedlichen Konzeption sinnvoll ergänzen, bilden das Herz der neuen Sternwarte. Das erste, von Mitgliedern der AGW bereits fertiggestellte Fernrohr — ein 15 cm Newton-Reflektor — eignet sich vor allem für die Beobachtung grossflächiger Objekte (Sternhaufen, Gasnebel und Galaxien). Als zweites Instrument wird ein langbrennwei-

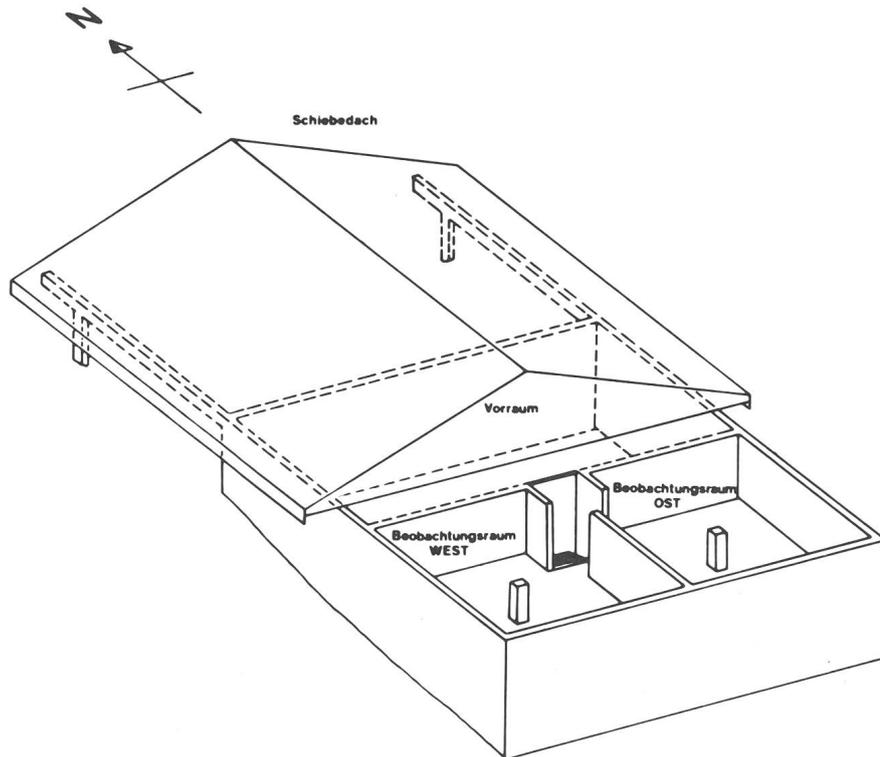
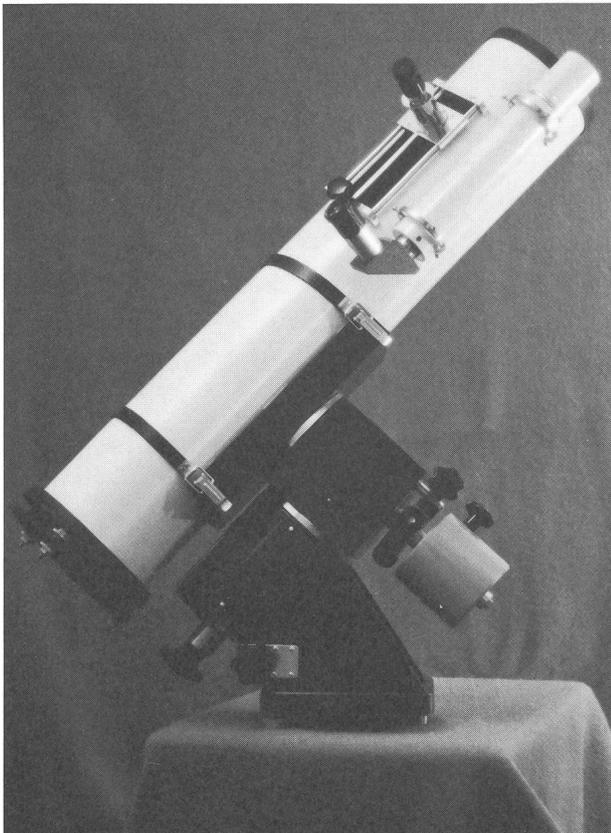


Abb. 1: Zeichnung der künftigen Volkssternwarte Winterthur. Das Projekt sieht drei Räumlichkeiten vor: Der Besucher erreicht die beiden Beobachtungsplattformen, auf denen je ein leistungsfähiges Fernrohr installiert ist, über die Treppe im Vorraum. Für die Beobachtung wird das Dach auf die hinten sichtbaren Stützen verschoben.



tiges Cassegrain-Teleskop vorgesehen, mit dem vor allem Planeten und enge Doppelsterne beobachtet werden können. Beide Instrumente werden mit einer Steuerelektronik automatisch dem Lauf der Sterne nachgeführt — damit sind auch fotografische Langzeit-Aufnahmen am Sternenhimmel möglich.

#### *Idealismus im Vordergrund*

Als Demonstratoren stellen sich einige Mitglieder der AGW ehrenamtlich zur Verfügung. Es sind erfahrene Amateur-Astronomen, die sich schon jahrelang mit astronomischen Beobachtungen befassen und ausserdem in einem gesellschaftsinternen Seminar speziell auf Laienfragen geschult werden.

Die bescheidene Volkssternwarte soll der Bevölkerung von Winterthur Gelegenheit geben, mit eigenen Augen einige faszinierende Objekte im Weltall zu sehen. Sie will auf ihre Art eine Stätte der Begegnung sein; sie möchte aber auch ein Schulungsinstrument im Kampf gegen Unwissen und Aberglauben bilden.

Astronomische Gesellschaft  
Winterthur

Abb. 2: Das bereits fertiggestellte Spiegelteleskop. Mit einem Spiegel-durchmesser von 15 cm und einer Brennweite von 900 mm eignet sich dieses Instrument besonders für die Beobachtung grossflächiger Objekte bei schwachen Vergrößerungen. Die Montierung — ein Holz-Metall-Mischbau — wurde von der AGW selbst entwickelt und gebaut. Eine ebenfalls selbst entwickelte elektronische Steuerung führt das leistungsstarke Gerät automatisch dem Lauf der Gestirne nach.

# DAS INSTRUMENT

## 4. Kapitel: «Die Messung der Steifigkeit» (Teil II)

### 4.3 Die Steifigkeitsminima als Qualitätskriterien von Teleskopmontierungen

Teleskopmontierungen sind bezüglich der Steifigkeit anisotrope Strukturen. Das besagt, dass sie in verschiedenen Richtungen und zudem in verschiedenen Rohrlagen eine unterschiedliche Steifigkeit aufweisen. Mit einer einzigen Messung kann daher die Steifigkeit einer Montierung nicht aussagekräftig erfasst werden. Dazu muss die Steifigkeit in verschiedenen Richtungen gemessen werden, denn an einer Montierung müssen in erster Linie die *Steifigkeitsminima* der Struktur erfasst werden, da diesen die grössten Auslenkungen zugeordnet sind, die nach dem *statischen Grundkriterium*<sup>1)</sup> einen vorgegebenen Wert  $\Delta_0$  nicht überschreiten dürfen. Demnach sind nicht die höchsten Steifigkeitswerte für eine Montierung charakteristisch, sondern die kleinsten. Mit anderen Worten:

*Die Steifigkeitsminima definieren die statische Qualität einer Montierung.*

Die Steifigkeit als Qualitätskriterium hat jedoch über die Statik hinaus eine viel umfassendere Bedeutung, da

sie auch bei den Teleskopschwingungen eine zentrale Rolle spielt.

Um die Steifigkeitsminima zu erfassen muss nach dem Gesagten der Vektor der Messkraft die ganze Messebene (Bildebene) überstreichen. Auf diese Weise erhält man für jede Rohrlage ein Polardiagramm der Auslenkungen wie es in der Abb. 4.2 dargestellt ist. Aus diesem Steifigkeitsdiagramm lassen sich die Richtungen mit den grössten Auslenkungen, bzw. mit den geringsten Steifigkeiten entnehmen. Es versteht sich, dass jedes Diagramm bezüglich der Montierung orientiert werden muss, denn nur so lassen sich später die Messwerte der Montierung zuordnen und Rückschlüsse auf jene Teile ziehen, die eine ungenügende Steifigkeit aufweisen. Man muss daher die Rohrlage und die Zählrichtung notieren. Als weitere Messkonvention wäre daher festzulegen:

*D. An Teleskopmontierungen hat die Steifigkeitsmessung die Steifigkeitsminima zu erfassen. Dazu muss die Steifigkeit in verschiedenen Rohrlagen und in jeder dieser Rohrlagen in verschiedenen Richtungen gemessen werden. Es ist dabei zweckmässig, die Messkraft in den Richtungen 1—12 anzusetzen. Gezählt wird im Uhrzeigersinn und Ausgangspunkt ist die Deklinationsebene (Schnittspur des Deklinationskreises in der Bildebene).*

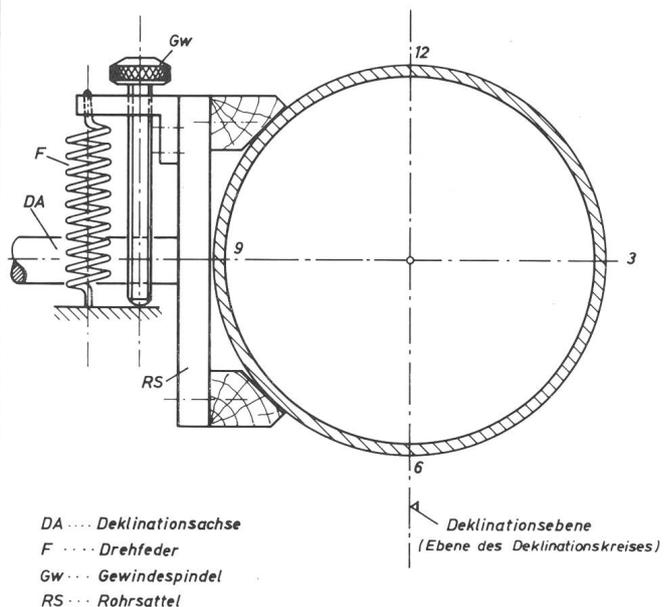
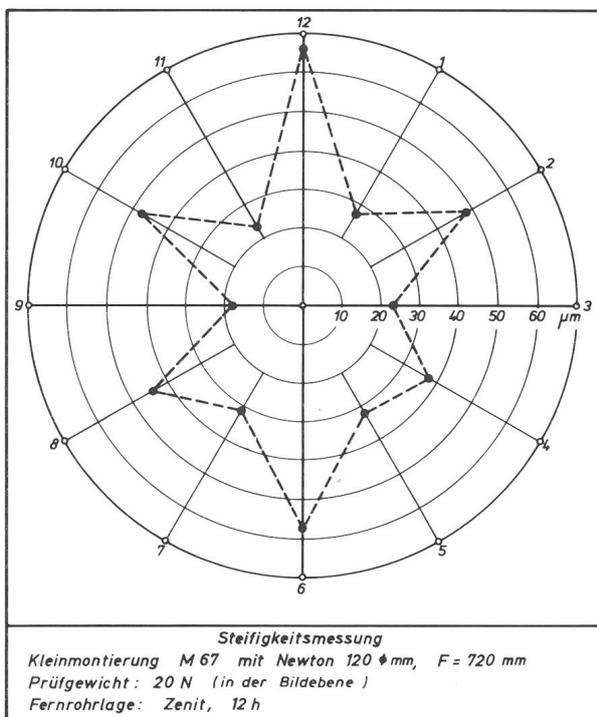


Abb. 4.2 Polardiagramm der Auslenkungen bei der Messung der Steifigkeit an einer Montierung

Das Diagramm zeigt die in Zenitlage an einer Montierung gemessenen Auslenkungen. Die Auslenkungen wurden in den Richtungen 1—12 gemessen. Die nebenstehende Skizze veranschaulicht die Orientierung des Diagrammes in Bezug auf die Montierung und stark vereinfacht den Deklinationsfeintrieb. Es ist ersichtlich, wie die grössten Auslenkungsspitzen (12 u. 6) in die Bewegungsrichtung des Triebes fallen. In den Richtungen 2, 6 und 10 waren die Justierschrauben am Säulenfuss angeordnet.

Aus diesem Abschnitt wird ersichtlich, dass ein einigermaßen umfassendes Bild von der Steifigkeit einer Montierung nur aus vielen Messpunkten abgeleitet werden kann. Es ist dies eine Folge des richtungsabhängigen Charakters des *Steifigkeitstensors* und daraus lässt sich der Schluss ziehen, dass die Messung der Steifigkeit zwar im Prinzip denkbar einfach ist und keine apparativen Hilfsmittel, hingegen einen grossen Zeitaufwand erfordert. Für den praxisbezogenen Hauptzweck der Steifigkeitsmessung, die *Schwachstellenanalyse*, lassen sich jedoch ausgeprägte Minima sehr rasch bestimmen. Mit *dosiertem* Druck des Fingers gegen das Rohr, bei gleichzeitigem Blick durch das Fadenkreuzokular, können recht schnell jene Richtungen grob bestimmt werden, in denen die Steifigkeit gering ist. In einem zweiten Schritt werden dann diese Richtungen nach der beschriebenen Methode genauer ausgemessen. Man sieht, dass hier ein wenig Fingerspitzengefühl sehr rasch zum Ziel führt. Hingegen ist der nächste Schritt, nämlich der Schluss von den Richtungen geringer Steifigkeit auf die Teile, die für die ungenügende Steifigkeit verantwortlich sind, nicht immer einfach und vielfach auch nicht eindeutig. Darüber wird in weiteren Kapiteln noch einiges zu sagen sein. Aber auch hier lassen sich in der Regel schwerwiegende Schwachstellen einfach aufspüren. So zeigt das Steifigkeitsdiagramm der Abb. 4.2 grosse asymmetrische Auslenkungen in der Deklinationsebene. Das Instrument hatte einen Deklinationsfeintrieb mit Tangentialspindel, bei dem das Rohr mit einer Schraubenfeder gegen die Gewindespindel gedrückt wurde. Ersichtlich ist die geringe Steifigkeit in Richtung der Feder und die etwas grössere, aber immer noch ungenügende Steifigkeit in Richtung der Spindel. Es ist evident, dass hier der Deklinationstrieb in bezug auf die Steifigkeit ungenügend ausgeführt wurde. Im Diagramm sind ferner zwei Auslenkungsspitzen unter  $120^\circ$  zu sehen. Von diesen kann auf die Justierschrauben an der Basis der Säule geschlossen werden, die bei diesem Instrument als ausgesprochene Schwachstellen einzustufen waren. Zweideutig in diesem Diagramm ist die Spitze in Richtung 6, die sowohl der Spindel mit Lagerung am Deklinationsfeintrieb, als auch der Süd-Justierschraube an der Säule zugeordnet werden kann und weitere Untersuchungen notwendig macht. Damit soll angedeutet werden, wie aus systematisch durchgeführten Steifigkeitsmessungen auf Schwachstellen geschlossen werden kann.

#### 4.4 Spiele in der Struktur

Eine Montierung vollständig spielfrei zu bauen ist für den Amateur ein grosses Problem. Besonders bei den Trieben ist ein spielfreier Lauf nur mit einigem Aufwand und mit grosser handwerklicher Geschicklichkeit zu erreichen. Bei der Steifigkeitsmessung täuschen Spiele eine kleinere Steifigkeit vor als der Struktur in Wirklichkeit zukommt, da sie ebenfalls einen Beitrag zur Auslenkung  $\Delta$  liefern. Die Auslenkung setzt sich demnach aus einem elastischen Anteil  $\Delta_e$  und aus einem Spielanteil  $\Delta_{sp}$  zusammen. Es ist wichtig diese beiden Anteile zu trennen, da mit Spiel behaftete Elemente ganz andere Massnahmen als Teile mit ungenügender Steifigkeit notwendig machen. Beide Komponenten können mit der *Vorlastmethode* sehr einfach getrennt werden. Durch ein genügend grosses *Vorlastgewicht*  $G_v$  werden die Teile an den Spielstellen miteinander in Kontakt gebracht. Wird nun

an das Vorlastgewicht ein zweites *Zusatzgewicht*, das eigentliche *Messgewicht*  $G_M$  angehängt, dann ist die durch dieses Gewicht verursachte Auslenkung rein elastischer Natur. Damit erhält man eine weitere wichtige Aussage über die Montierung, die gezielte Verbesserungen an den Schwachstellen und an den Spielstellen möglich macht.

#### 4.5 Zweck der Steifigkeitsmessung

Immer wenn in einem Gebiet oder in einer Disziplin eine *qualitative* Grösse (Stabilität) durch ein geeignetes Messverfahren in eine *quantitative* Grösse (Steifigkeit) übergeführt werden kann, muss dies als Fortschritt gewertet werden. Galileo Galilei fällt der grosse Verdienst zu dies als erster erkannt und konsequent auf die Physik angewandt zu haben. Der enorme Aufschwung der Naturwissenschaften seit Galilei ist in erster Linie auf das Prinzip, «*messen was messbar ist und messbar machen was noch nicht messbar ist*», zurückzuführen.

Mit der *Steifigkeit* hat der Amateur eine Grösse zur Hand, die denkbar einfach gemessen werden kann und den Montierungsbau auf eine neue Basis stellt. Sie liefert dem Konstrukteur die Gesetze um die Teile zu dimensionieren und die Messung dieser Grösse am fertigen Instrument zeigt ihm, was er am Reissbrett erreicht hat. Sie gestattet Montierungen objektiv zu bewerten und jeder Schritt der unternommen wird um ein gegebenes Instrument zu verbessern, kann gezielt durchgeführt werden. Gezielt lassen sich die zu verbessernden Schwachstellen eingrenzen und der Erfolg der ausgeführten Verbesserungen lässt sich erfassen.

Zuletzt wäre noch ein Punkt zu erwähnen, der mir schon lange am Herzen liegt; der kommerzielle Instrumentenbau. In den vergangenen Jahren haben eine ständig steigende Zahl halbprofessioneller und professioneller Teleskophersteller dem Amateur als interessanten Marktfaktor entdeckt. Der Amateur findet heute am Markt ein von Jahr zu Jahr wachsendes Angebot an Beobachtungsinstrumenten. Was hier allerdings unter dem nicht messbaren Werbeslogan: *sehr stabile Montierung*, dem Amateur angeboten wird, das entspricht in vielen Fällen nicht einmal den primitivsten Steifigkeitsanforderungen. Es wäre hoch an der Zeit, wenn auch in dieser kommerziellen Sparte durch klare und nachprüfbare Wertbegriffe Ordnung geschaffen würde. Der Begriff der Steifigkeit ist dazu wie geschaffen, da er ein messbares Qualitätskriterium für die statischen Eigenschaften einer Montierung und auch ein gutes Kriterium für ihr Schwingungsverhalten ist. Die in MN/m angegebene Systemsteifigkeit würde nicht nur jedem Amateur zeigen was er als Gegenwert für sein Geld erhält, sondern wäre auch für den seriösen Instrumentenhersteller ein zugkräftiges Werbeargument. Es sei daher hier die Frage aufgeworfen, welcher Hersteller von Amateurinstrumenten als erster die Steifigkeit in seine Prospekte und Werbeschriften aufnimmt? Auch der Amateur wird aufgerufen, an seinem Instrument die Steifigkeit zu messen und über seine Erfahrungen hier im Orion zu berichten.

<sup>1)</sup> Das statische Grundkriterium soll hier noch einmal in Erinnerung gerufen werden (siehe hierzu auch ORION 35 (1977) No. 163, S. 221):

Die durch statische und quasistatische Kräfte in der Bildebene verursachten Auslenkungen dürfen einen gegebenen Wert  $\Delta_e$  nicht überschreiten.

Zuschriften an den Verfasser:

Ing. H. ZIEGLER, Hertensteinstrasse 23, CH-5415 Nussbaumen.

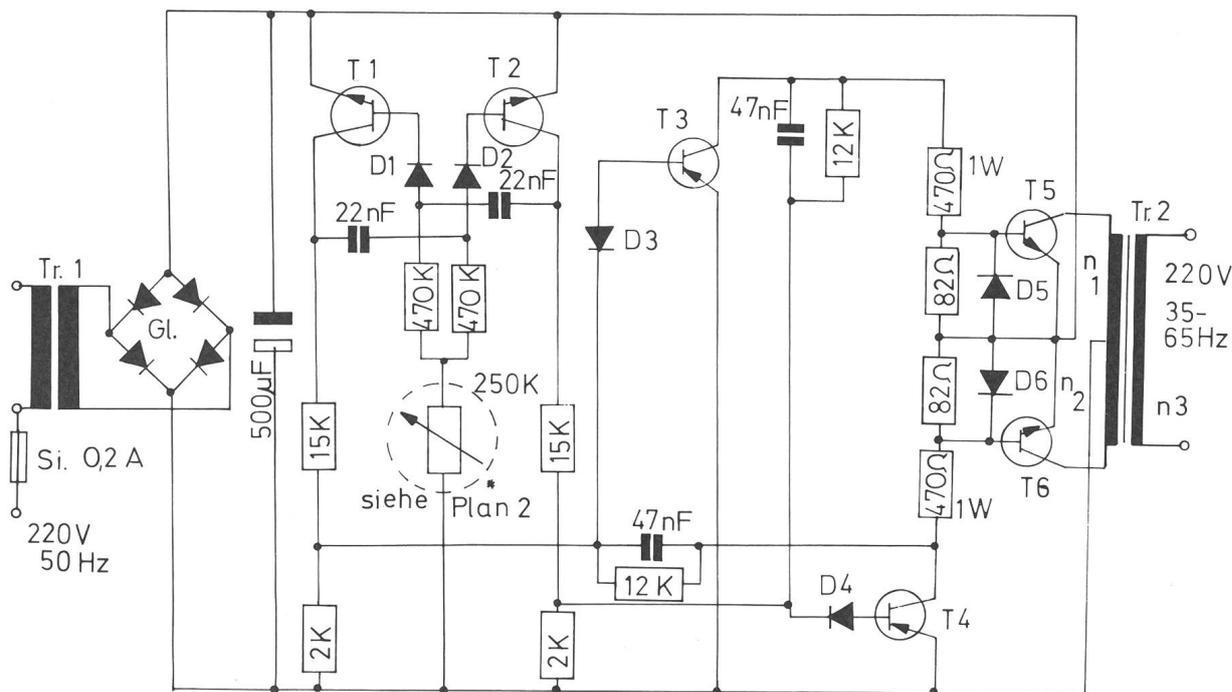
## Frequenzwandler für die Astrofotografie

Der Eingang des Frequenzwandlers beträgt 220 Volt, der Ausgang 220 Volt, 35 bis 65 Hz und 20 Watt. Die Baukosten betragen etwa 120.— DM. Der Wandler besteht aus drei Grundbausteinen: Das Netzgerät 220/24 Volt, dem eigentlichen Wandler und die Frequenzeinstellung. Das Netzgerät habe ich von einem Fernmeldezeugamt der Bundespost erworben. Jedes Fernmeldezeugamt hat einmal im Monat einen Schrottkauf. Dort kann man unter anderem, Netzgeräte für 0.50 DM

nochmals alle Verbindungen zu überprüfen, dass sich alle Teile am richtigen Platz befinden.

### Zur Frequenzeinstellung (Plan 2)

Diese Bauteile verlötet man nicht mit auf der Platine. Die drei Potis (Widerstandsregler) werden in der Gehäuseseite eingebaut und miteinander verbunden. Schalter 1 und 2 werden nicht im Gerät eingebaut, sondern an zwei Kabelverlängerungen angeschlossen.



das Kilo kaufen (siehe Foto). Mit einem solchen Kauf schlägt man zwei Fliegen mit einer Klappe, denn man hat nicht nur für 3.— DM ein Netzgerät sondern auch gleich das passende Gehäuse. Die Kosten für den Wandler betragen dann nur noch etwa 70.— DM. Der Wandler (Plan 1) kann auf eine Vero-Board Steckkarte oder auf eine selbst geätzte Platine verlötet werden. Für denjenigen, der schon öfters mit einem Lötkolben gearbeitet hat ist der Zusammenbau unkritisch, ansonsten müsste man es sich von einem Hobbyelektroniker zeigen lassen. Wenn alle Bauteile verlötet sind, ist es ratsam,

### Stückliste:

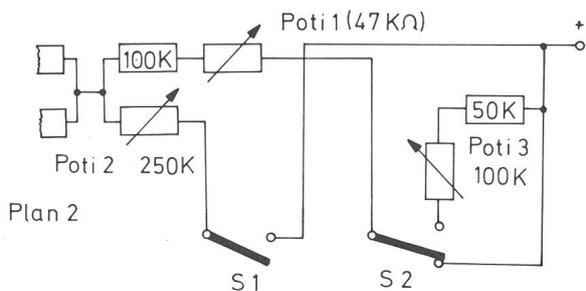
- T1 u. T2 BCY 59
- T3 u. T4 BCY 79
- T5 u. T6 2 N 3055
- D1—D6 BAY 44
- Gl. B 40 C 3200/2200
- T5 u. T6 müssen auf ein Kühlkörper, je 100 cm<sup>2</sup> Aluminium
- Trafo 1 220 V/24V 1,5 Ampere
- Trafo 2 muss man sich selbst wickeln oder wickeln lassen  $n_1 + n_2 =$  je 174 Wdg. 0,6 Cul,  $n_3 =$  1676 Wdg. 0.16 Cul

für alle Halbleiter kann man auch jeden anderen Vergleichstyp nehmen.

### Schalter 1 Ausschalter (schnell-lauf)

Schalter 2 Wechselschalter (langsam-lauf), er muss so schalten, dass er beim schalten erst alle drei Kontakte schliesst und dann wechselt.

Poti 1 47 Kiloohm Liniar (Feineinstellung 52—48 Hz). Er braucht normalerweise nur einmal auf 50 Hz





## Astro-Bilderdienst der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft

Seit dem April 1975 hat sich in unserem Verkaufsprogramm einiges geändert:

- 2.2. «Giants of Palomar» vergriffen
3. Alle schwarz-weissen Bilder sind auch ins Ausland lieferbar
4. Neu insgesamt 13 Poster
8. Farb-Dias: Serie 15 vergriffen
10. NASA-ZEISS-DIAS:  
Serie «Fotografie im Weltraum» mit 24 Dias ist vergriffen. Dafür sind die Serien 1—10 und 13—19 wieder lieferbar (je 12 Dias)
11. **Neu:** 22 Farb-Dias «AGAF»  
(Arbeitsgemeinschaft für Astrofotografie)

Bestellungen ab sofort nur noch mit Bestellschein/Preisliste 1977.

Kataloge, Nachträge und Bestellscheine/Preislisten 1977 bei Astro-Bilderdienst SAG, Walter Staub, Meieriedstrasse 28 B, CH-3400 Burgdorf.

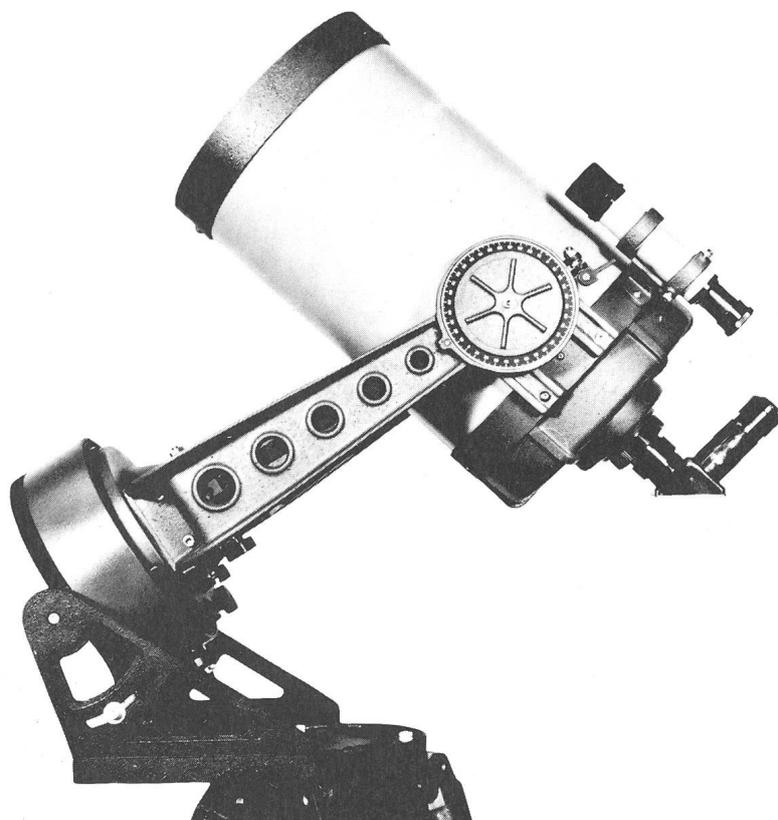
Les commandes de catalogues, suppléments et bulletins de commande/prix-courant 1977 sont à commander à: Astro-Bilderdienst SAG, Walter Staub, Meieriedstrasse 28 B, CH-3400 Burgdorf.

Depuis avril 1975, notre programme de vente a subi quelques changements:

- 2.2. Les «Giants of Palomar» sont épuisés
3. Toutes les photos en noir et blanc sont livrables aussi à l'étranger
4. 6 nouveaux posters (au total 13 posters livrables)
8. Diapositives en couleurs: la série no. 15 est épuisée
10. Diapositives «NASA-ZEISS»: la série «Photographies dans l'Univers» (24 diapositives) est épuisée. Par contre les séries 1 à 10 et 13 à 19 (chacune à 12 diapositives) sont à nouveau livrables.
11. Nouveau: 22 diapositives en couleurs «AGAF».

Veillez ne commander qu'avec le bulletin de commande/prix-courant 1977.

## Service de photographies de la Société Astronomique de Suisse



## Celestron

das moderne optische  
Schmidt-Cassegrain-System  
für Naturbeobachtungen  
und Astronomie

Lieferbare Modelle:

C.5 —12.7 cm Spiegel  
C.8 —20 cm Spiegel  
C.14—35 cm Spiegel

Prospekte durch:



Optik

Alleinvertretung für die Schweiz

Markt-gass-Passage 1, Bern  
Tel. 031 22 34 15

## Spiegel-Teleskope

für astronomische und terrestrische Beobachtungen

Typen:           \* Maksutow  
                  \* Newton  
                  \* Cassegrain  
                  \* Spezialausführungen

Spiegel- und  
Linsen- Ø:  
110/150/200/300/450/600 mm

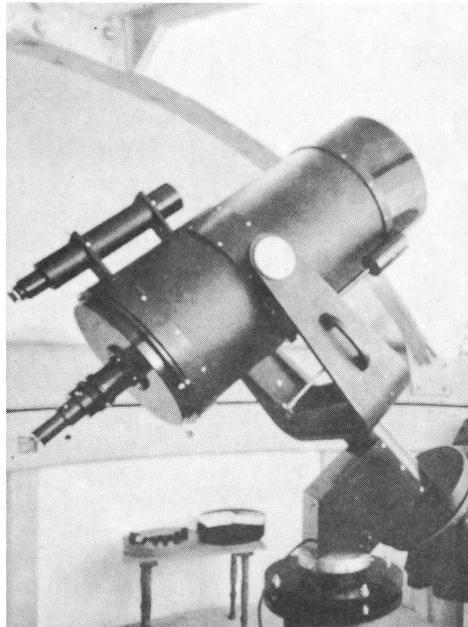
Günstige Preise, da direkt vom Hersteller:

**E. Popp**  
**TELE-OPTIK \* CH-8731 Ricken**

Haus Regula Tel. (055) 72 16 25

Beratung und Vorführung gerne und unverbindlich!

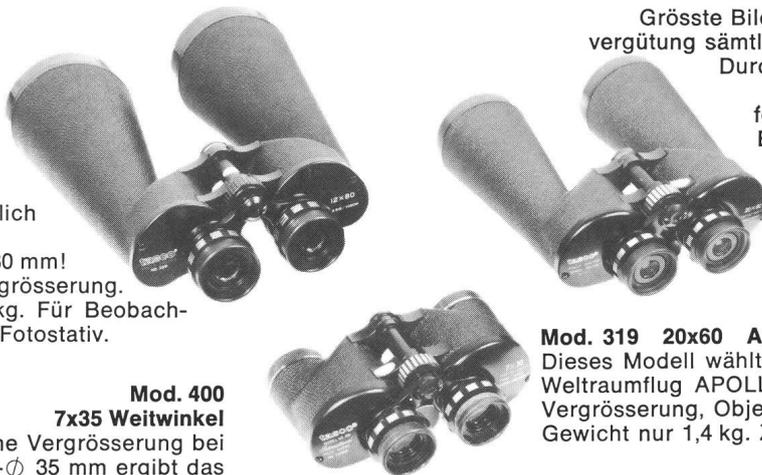
## Maksutow-Teleskop 300/4800



## Diese drei grossen Feldstecher von **tasco** eignen sich besonders für die Himmelsbeobachtung

### Mod. 329 12x80

ausserordentlich  
lichtstark:  
Objektiv-Ø 80 mm!  
12-fache Vergrösserung.  
Gewicht 2,4 kg. Für Beobach-  
tungen vom Fotostativ.



### Mod. 400 7x35 Weitwinkel

7-fache Vergrösserung bei  
Objektiv-Ø 35 mm ergibt das  
günstigste Lichtverhältnis.  
Enorm grosser Weitwinkel:  
Gesichtsfeld 193 m auf 1000 m.  
Zum freihändigen Absuchen  
eines grossen Himmelssektors.

Grösste Bildschärfe dank der Doppel-  
vergütung sämtlicher Linsen und Prismen.  
Durch das kompakte, einteilige  
Gehäuse weitestgehend  
feuchtigkeitsunempfindlich.  
Eingebautes Stativgewinde  
bei allen drei Modellen.

### Mod. 319 20x60 Apollo Feldstecher

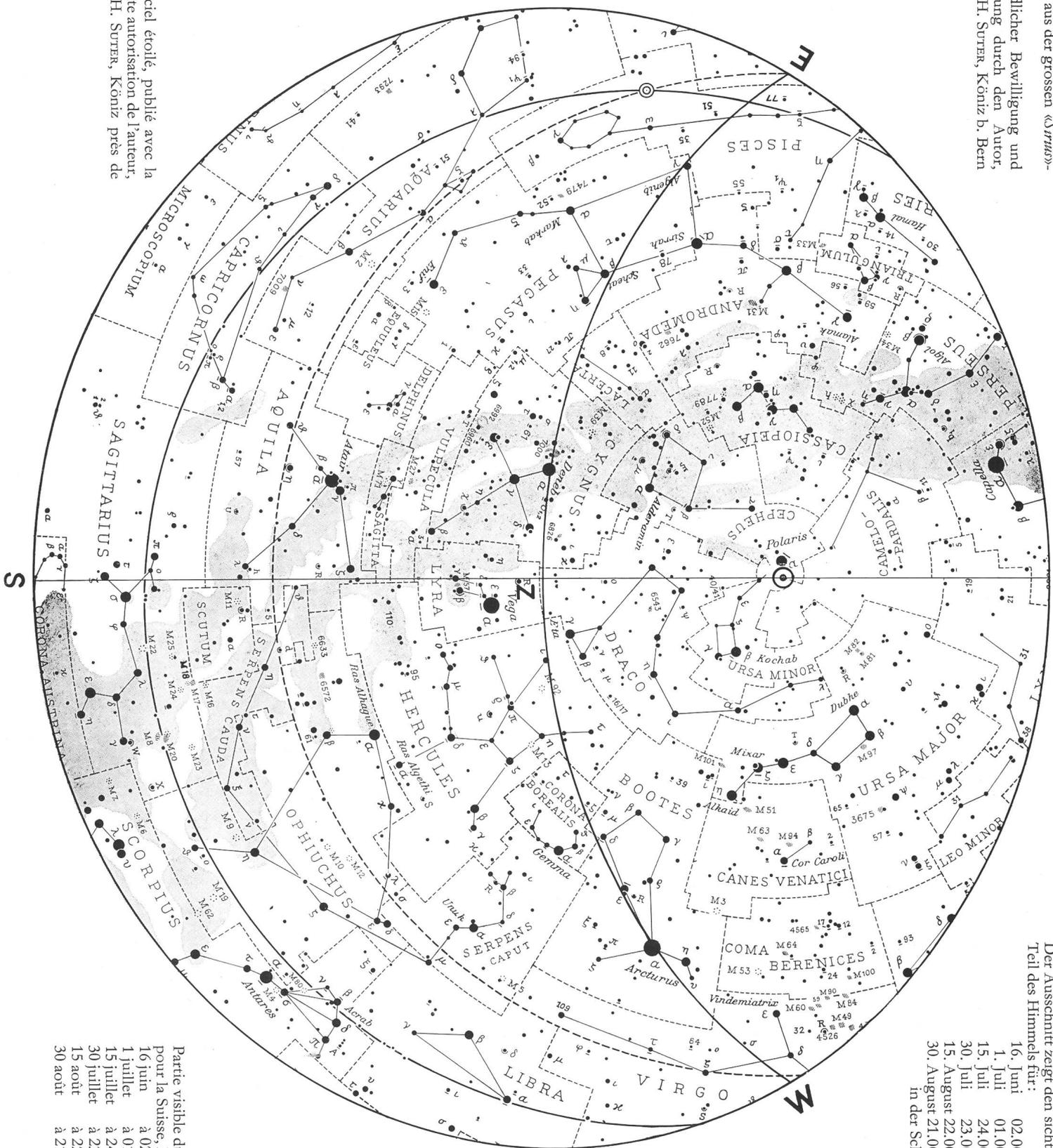
Dieses Modell wählte die NASA 1975 für den  
Weltraumflug APOLLO/SOYUZ. 20-fache  
Vergrösserung, Objektiv-Ø 60 mm.  
Gewicht nur 1,4 kg. Zur Beobachtung vom Stativ.

Verlangen Sie Bezugsquellennachweis, Prospekte und Preislisten bei:



Postfach, CH-4153 Reinach/Basel

Ausschnitt aus der grossen «Sivius»-Sternkarte.  
 Mit freundlicher Bewilligung und Unterstützung durch den Autor, Dipl.-Ing. H. SUTER, Köniz b. Bern



Der Ausschnitt zeigt den sichtbaren Teil des Himmels für:

16. Juni	02.00 Uhr
1. Juli	01.00 Uhr
15. Juli	24.00 Uhr
30. Juli	23.00 Uhr
15. August	22.00 Uhr
30. August	21.00 Uhr

In der Schweiz

Partie visible du ciel, pour la Suisse, le:

16 juin	à 02.00 h
1 juillet	à 01.00 h
15 juillet	à 24.00 h
30 juillet	à 23.00 h
15 août	à 22.00 h
30 août	à 21.00 h

Partie du ciel étoilé, publié avec la bienveillante autorisation de l'auteur, Ing. dipl. H. SUTER, Köniz près de Bern.