

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 58 (2000)
Heft: 298

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: 09.08.2025

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

298



3 2000

Zeitschrift für
Amateur-Astronomie
Revue des
astronomes amateurs
Rivista degli
astronomi amatori
ISSN 0030-557 X

ORION

MEADE

8" LX10

Das neu entwickelte LX10 Schmidt-Cassegrain Teleskop hat viele herausragende Merkmale, das auffälligste ist: **Großartige Optik zum kleinen Preis!**

8" LX10: Für den ambitionierten Amateur-Astronomen mit kleinem Geldbeutel ist dieses hochwertige Instrument die optimale Lösung. Durch das sensationelle Preis-Leistungsverhältnis und die hervorragende Ausbaufähigkeit erfüllt das LX10 alle Ansprüche der modernen Astronomie.

Super-Hartvergütete Schmidt-Cassegrain Optik: Dieses Teleskop hat exakt die gleiche EMC-Hartvergütung wie die teureren Meade 8" LX50 und LX200 Modelle. **Serie 4000 SP-26mm Okular:** Komplettiert die exzellente Optik des Meade 8" SC. **Äquatoriale Montierung:** Relativ leicht, aber dennoch sehr stabil, die LX10 Montierung schafft die Voraussetzungen für leichtgängigen und exakten Betrieb des Teleskops, auch für Astrofotografie und CCD-Applikationen. **Kabelloses elektronisches Antriebssystem:** Mit elektronisch geregelter Nachführsystem durch Gleichstrom-Motor; internes Batteriefach für vier AA-Batterien (nicht im Lieferumfang); die Batterien betreiben das Teleskop über 50 Stunden lang. **Schneckengetriebe:** Das 5,75" große Schneckengetriebe im LX10 sorgt für hohe Laufruhe und exakten Betrieb in RA, nahezu ohne periodische Fehler — dies empfiehlt das LX10 besonders für Anwendungen zur Fotografie oder anderen CCD-Systemen. **Handsteuerung:** Die elektronische Handsteuerung ermöglicht eine präzise Nachführung z.B. bei Langzeitbelichtungen in RA bei 2-facher Geschwindigkeit. Mit dem optional erhältlichen Deklinationsmotor können Sie diese Anwendungen problemlos an beiden Achsen durchführen.

AUSSTATTUNG: 8" LX10 — Inklusive 8" Schmidt-Cassegrain Optik mit EMC Super Hartvergütung (D = 203mm; F = 2000mm, f/10); Montierung mit Teilkreisen, manuell justierbar an beiden Achsen; 5,75" LX Schneckengetriebe; Elektronisch reguliertes Antriebssystem durch Gleichstrom-Motor; Elektronische Handsteuerung für 2-fache Geschwindigkeit und automatischer Nachführung in RA; Batteriefach für 4 AA Batterien (nicht im Lieferumfang); 7,5m langes Anschlußkabel 12V (PKW); 6 x 30mm Sucherfernrohr; Zenitprima (1 1/4"); SP 26mm multivergütetes Okular; äquatoriale Montierung mit 360° Teilkreisen, Feineinstellung und 360° Azimut-Kontrolle; Komplette deutsche Anleitung.

Meade 8" LX10
Schmidt-Cassegrain
Teleskop

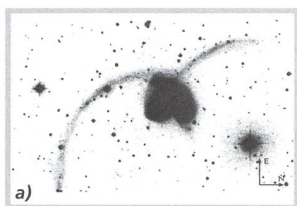
NEU!
Jetzt mit einem
26mm Super Plössl
Okular schon in
der Grundausstatt-
ung!



Meade Instruments Europe

D-46325 Borken, Siemensstraße 6 ■ Tel.: 0049 (28 61) 93 17 0
Fax: 0049 (28 61) 22 94 ■ www.meade.de

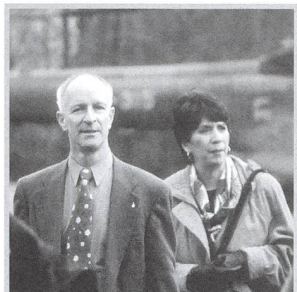
D-82166 Gräfelfing, Lochhamer Schlag 5 ■
Tel.: 0049 (89) 898 896 00, Fax: 0049 (89) 898 896 01



L'Univers, dis-moi ce que c'est?
 Episode 20: Les galaxies - 10



Öffentliche Beleuchtung und
 Energieverschwendung - 20



The mission was very successful... - 23



Un rayon vert surprenant - 27

Grundlagen - Notions fondamentales

- Supernovae Typ Ia im expandierenden Universum** - BERNHARD PARODI 4
L'Univers, dis-moi ce que c'est? - Episode 20: Les galaxies - FABIO BARBLAN 10

Instrumententechnik - Techniques instrumentales

- Astrophotographie - 7. La photographie en projectif** - DANIEL CEVEY 15
Original BAADER AstroSolar™ Sonnenfilter-Folie - ARNOLD VON ROTZ 16

Geschichte der Astronomie - Histoire de l'astronomie

- Le géocentrisme de Ptolémée et l'héliocentrisme de Copernic** - GASTON FISCHER 17

Diversa - Divers

- Des observatoires virtuels?** - ANDRÉ HECK 19
Im Rahmen der Lichtverschmutzung:
Öffentliche Beleuchtung und Energieverschwendung - FERNAND ZUBER 20
En marge de la pollution lumineuse:
Eclairage public et gaspillage d'énergie - FERNAND ZUBER 21
Les Potins d'Uranie - La piste du maïs - AL NATH 22
«The mission was very successful...» - JOHN ALLAN COHAN 23

Beobachtungen - Observations

- Un rayon vert surprenant** - GERT BEHREND, BERNARD NICOLET 27
Double Amas de Persée - GILLES MATHIVET 28
Photographie CCD de galaxies - GRÉGORIO GIULIANI 29

Der aktuelle Sternenhimmel - Le ciel actuel

- Mondlicht und mässige Maximal-helligkeit dürften die Kometen-
 beobachtung schwierig machen** - THOMAS BAER 31
Hyakutake und Hale-Bopp - zwei der ganz hellen Kometen - THOMAS BAER 32
Rekordverdächtige Mondfinsternis - THOMAS BAER 34
«Rendez-vous» in der Morgendämmerung - THOMAS BAER 34
«Grosse Konjunktion» ohne Publikum - THOMAS BAER 35
Sonnenfinsternis über Nordosteuropa - THOMAS BAER 36
Eine «Aurora Borealis» über Mitteleuropa - THOMAS BAER 37
Lange Totalität in Angola und Sambia - THOMAS BAER 38

Weitere Rubriken - Autres rubriques

- An- und Verkauf / Achat et vente** 16
Swiss Wolf Numbers 2000 - MARCEL BISSEGER 29
Veranstaltungskalender / Calendrier des activités 30
Buchbesprechungen / Bibliographies 44
Impressum Orion 47
Inserenten / Annonceurs 47

Abonnemente / Abonnements

Zentralsekretariat SAG
 Secrétariat central SAS
SUE KERNEN, Gristenbühl 13,
 CH-9315 Neukirch (Egnach)
 Tel. 071/477 17 43
 E-mail: sue.kernen@bluewin.ch

Titelbild / Photo couverture

Passage d'un satellite Iridium (Magn. -6)
 près de la constellation du Corbeau. Photo prise le 4 janvier 2000 depuis le Col de la Faucille.
 Objectif 85 mm à f:2. Film Kodak Elite 4000.
 (Photo: OLIVIER STAIGER, 115 Rte. du Mandement, CH-1242 Satigny)

Redaktionsschluss / Délai rédactionnel N° 299 - 9.6.2000 • N° 300 - 11.8.2000

Supernovae Typ Ia im expandierenden Universum¹

BERNHARD PARODI

Inhalt: Weisse Zwerge in engen Doppelsternsystemen können unter geeigneten Bedingungen mit einer Leuchtkraft von mehr als einer Milliarde Sonnen explodieren. Solch ein Ereignis wird als Supernova Typ Ia (kurz SN Ia) bezeichnet. Die weit- hin sichtbaren SNe Ia sind von grösster Bedeutung als Mittel zur intergalaktischen Distanzbestimmung. Im Artikel wird skizziert, warum sich SNe Ia eignen als sogenannte Standardkerzen und welchen Beitrag zum Weltbild sie zu leisten vermö- gen. Sie erlauben aufgrund der kosmologischen Zeitdehnung den Nachweis kos- mischer Expansion. Sie haben in den letzten Jahren aber auch entscheidend dabei geholfen, sowohl die aktuelle Expansionsrate des Universums genau zu messen (d.h. die Hubble-Konstante zu bestimmen) als auch starke Indizien für deren künf- tiges Anwachsen (d.h. für die Existenz einer kosmologischen Konstante) zu liefern.

Einleitung

Schätzungen zufolge explodiert im sichtbaren Universum jede Sekunde ein Stern. In unserer Heimatgalaxie, der Milchstrasse, explodiert etwa alle 20-30 Jahre ein Stern. Mit blossen Augen ist am irdischen Himmel allerdings nur etwa alle 200 Jahre ein entsprechendes Aufblitzen zu sehen: In den letzten 2000 Jahren wurden weltweit neun dieser kurzzeitigen und daher von den chinesi- schen Chronisten als «Gaststerne» be- zeichneten Ereignisse registriert. Die übrigen 9/10 dieser heute Supernova ge- nannten Explosionen blieben unbe- merkt, einerseits weil sie sich in sonnen- fernen Gebieten der Milchstrasse ereig- neten und daher zu schwach für das nackte Auge waren, andererseits ver- schluckten die zahlreichen dunklen Staubwolken, die die galaktische Ebene durchziehen, deren Licht. Heute sind mit geeigneten Instrumenten nurmehr deren Überreste erkennbar. Da die letz- te direkte Sichtung einer Supernova in unserer Galaxis aus dem Jahre 1604 da- tiert, wäre statistisch gesehen eine wei- tere längst fällig.

Bis es soweit ist, lohnt es sich, Super- novae (kurz SNe) in anderen Galaxien zu entdecken und zu studieren. Inse- gesamt wurden bis heute etwas weniger als 2000 Supernovae beobachtet. Die Zahl der jährlich entdeckten SNe nahm im Laufe der letzten hundert Jahre rapi- de zu und liegt derzeit bei etwa 200. Da-

bei ist hervorzuheben, dass gerade auch die Amateurastronomie mit etwa 10 Prozent der Entdeckungen einen we- sentlichen Beitrag leistet. Typischerwei- se erfolgt eine SN-Entdeckung durch den Vergleich einer aktuellen Galaxien- aufnahme, die die Supernova als Licht- fleck enthält, mit einer früheren Aufnah- me noch ohne Supernova. Heutige CCD- Aufnahmetechniken machen es auch dem Laien einfach, astronomische Bil- der rasch auf SN-Kandidaten auswerten zu können. Eine Sequenz von Aufnah- men der letztjährigen SN 1999by in NGC 2841 ist in Fig. 1 abgebildet. Diese im Vi- suellen eine scheinbare Helligkeit von 13 Magnituden erreichende Supernova war schon mit mittelgrossen Kleintele- skopen beobachtbar.²

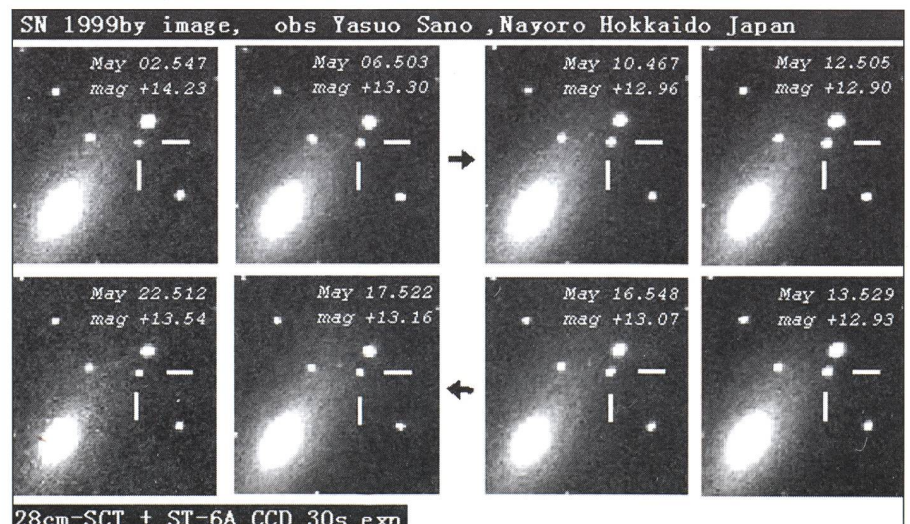
Spektrale Klassifikation der Supernovae

Die Unterscheidung der beobachte- ten SNe in Klassen und Unterklassen er- folgt mittels spektraler Kriterien. Haupt-

kriterium ist die Absenz von Wasser- stofflinien (SN Typ I) beziehungsweise deren Präsenz (SN Typ II) im Spektrum. Da Typ-II-SNe durch kollabierende Kerne schwerer Sterne mit einer Lebensdauer von weniger als 100 Millionen Jahre er- zeugt werden, sind SNe dieses Typs in Galaxien mit effizienter, aktiver Stern- bildung zu finden, d.h. vor allem in Irre- gulären und Spiralgalaxien. SNe der Ty- pen Ib und Ic sind nur in Spiralgalaxien zu beobachten und entstammen eben- falls jungen, jedoch masseärmeren Vor- läufersternen. Hingegen explodieren SNe vom Typ Ia in allen Galaxientypen, inklusive der elliptischen Galaxien, wel- che durch alte Sternpopulationen ge- kennzeichnet sind. Im Gegensatz zu al- len anderen SNe strahlen SNe Ia kaum im UV und gar nicht im Radiobereich. SNe Ia, die in etwa einem Zehntel aller beobachteten SN-Ausbrüche vorliegen, haben offenbar alte Vorläufersterne. Von den beiden anderen Typ-I-Unter- klassen unterscheiden sich SNe Ia durch eine deutliche Silizium-Absorpti- onslinie bei 6150 Å im frühen Spektrum (Fig. 2a).

Während eine SN aufleuchtet und ihr Licht sich danach wieder abschwächt, wechselt auch das Spektrum: die dem Kontinuum überlagerten Spektrallinien sind Ausdruck derjenigen Elemente, die die Photosphäre der expandierenden Atmosphäre zur jeweiligen Zeit passie- ren. In Fig. 2a ist ersichtlich, wie sich die anfänglich prominente Si ($\lambda 6150$)-Ab- sorptionslinie innerhalb einiger Wochen nach dem Maximum zurückbildet. Hin- gegen zeigen die Eisenlinien um 5000 Angstrom, die auf Grund der im näch- sten Abschnitt erwähnten radioaktiven Zerfallskette entstehen, eine deutlicher werdende spektrale Signatur. Die SN-Ia-

Fig. 1: Eine Serie von Aufnahmen der SN 1999by in NGC 2841 in der Woche vor und nach dem Helligkeitsmaximum. Diese Typ Ia Supernova war bereits mit grösseren Amateuerteleskopen visuell beobachtbar.



¹ Dieser Artikel ist die revidierte Fassung zweier vor der Astronomischen Gesellschaft Bern und dem Astronomischen Verein Basel gehaltener Vorträge.

² Unter HREF = «www.supernovae.net/isn.htm» des International Supernova Networks, beispielsweise, sind Informationen zum Thema der Supernovae zu finden. Insbesondere sind auch Links zu Bildern und Daten aktueller SNe angegeben.

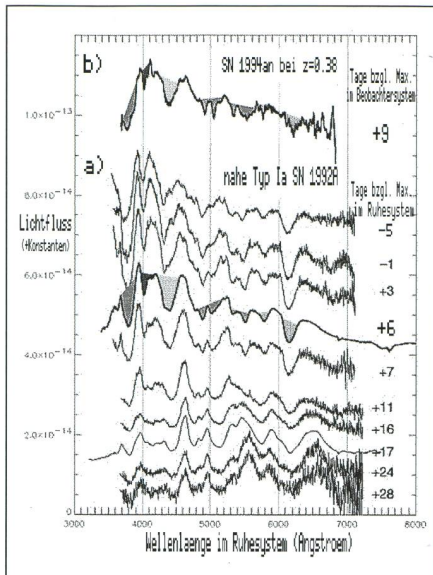


Fig. 2: a) Die spektrale Biographie eines nahen SN-Ia-Ausbruchs. SNe Ia sind erkennbar am Fehlen von Wasserstofflinien und dem Auftreten einer deutlichen Siliziumlinie bei 6150 Angstromen. b) Das Spektrum einer stark rotverschobenen SN Ia lässt sich durch Vergleich mit dem Spektrum einer nahen SN Ia datieren, wobei der Effekt der Zeitdilatation zu berücksichtigen ist.

Ausbrüche sind derart homogen, dass die Spektren unterschiedlicher SNe Ia nach derselben Anzahl Tage dieselben Eigenschaften zeigen. Dies trifft sowohl für nahe wie für entfernte SNe Ia zu. Daher lässt sich beispielsweise für das in Fig. 2b gezeigte Spektrum der SN 1994an durch Vergleich mit dem typischen, darunter abgebildeten Spektrum abschätzen, dass es sechs Tage nach dem Maximum aufgenommen wurde. Weshalb dieses sechs Tage alte Spektrum in Tat und Wahrheit erst am neunten Tag beobachtet wurde und wie dies mit der Lichtkurvenverbreiterung entfernter SNe Ia zusammenhängt, soll nach dem nächsten Abschnitt erklärt werden.

SN-Ia-Lichtkurven und ihre Standardisierung

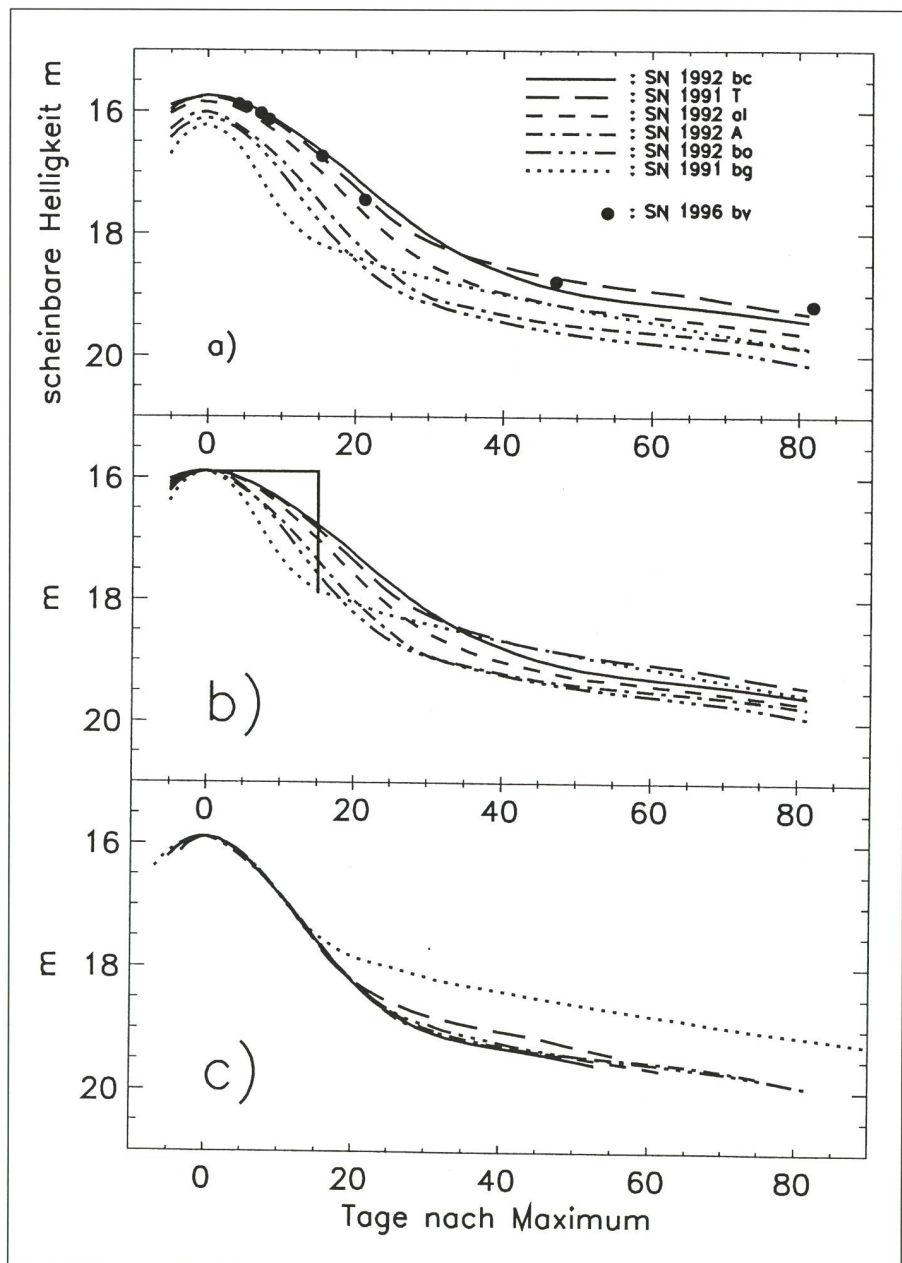
Den Lichtkurven aller SN-Typen ist ein rascher Anstieg bis zum Erreichen einer Maximalhelligkeit und ein langsames Abklingen innerhalb einiger Wochen, gefolgt von einem mehrmonatigen Ausklingen, gemeinsam. Genauerer Hinsehen offenbart allerdings Unterschiede im Betrag der An- und Abstiegsgeschwinden sowie in der Lichtkurve. Die grössten Maximalhelligkeiten erreichen die SNe Ia. Physikalisch aussagekräftig sind die gebrochen-linearen Kurvenverläufe nach dem Maximum: da die scheinbare Helligkeit eine logarithmische Grösse der Intensität ist, bedeutet eine lineare

Helligkeitsabnahme einen exponentiellen Intensitätsabfall. In der Tat ist das Licht einer Supernova durch den radioaktiven Zerfall charakteristischer, bei der Explosion in unverhältnismässigen Mengen gebildeten Elemente bestimmt. Für die Lichtkurve der SNe Ia ist die Zerfallskette Nickel⁵⁶ → Kobalt⁵⁶ → Eisen⁵⁶ verantwortlich.

Aus einer Beobachtungsreihe von SN-Helligkeiten lässt sich eine Lichtkurve interpolieren (Fig. 3a). Heutige CCD-Aufnahmetechniken unter Einsatz von Standardfiltern erlauben genaue Helligkeitsmessungen und entsprechend ein-

deutige Lichtkurvenbestimmungen. Erfolgen die ersten Beobachtungen einer Supernova erst nachdem diese ihr Helligkeitsmaximum überschritten hat, so lässt sich dieses gleichwohl mit grosser Genauigkeit bestimmen. Dazu genügt die Anpassung der Lichtkurve einer vollständig beobachteten SN Ia an die Datenpunkte der weniger gut beobachteten SN, möglichst in mehreren Filterbändern gleichzeitig. Die gesuchte Maximalhelligkeit ist dann einfach ablesbar. Einer Komplikation ist allerdings Rechnung zu tragen: Die Lichtkurven der SNe Ia sind einander zwar ähnlich,

Fig. 3: a) SNe Ia zeigen nur leichte Unterschiede im Verlauf ihrer Lichtkurven. Gut beobachtete SNe Ia dienen als Vorlage (Standardlichtkurven oder Templates), um die Maximalhelligkeit der SNe mit nur wenigen Beobachtungsdaten bestimmen zu können. b) Hellere SNe haben breitere Lichtkurven und klingen langsamer ab. Dies lässt sich zur Definition einer Standardhelligkeit benutzen. c) Eine einheitliche Standardlichtkurve kann durch Streckung der Lichtkurven konstruiert werden.



zeigen bei genauerem Hinsehen aber dennoch eine Bandbreite an Variationen. Einzelne SNe Ia sind im Maximum heller als andere. Die Abweichungen von der mittleren Helligkeit können bis zu 0.8 mag betragen. Ursache dieser individuellen Maximalhelligkeiten sind leicht unterschiedliche Nickel⁵⁶-Massen: Je mehr davon vorhanden ist, desto intensiver und heller ist die Explosion. Zudem sind in den ersten Wochen die Lichtkurven der helleren SNe breiter als diejenigen der schwächeren. Einige Lichtkurven genau beobachteter SNe Ia (sogenannte Templates) sind in Fig. 3a gegeneinander aufgetragen; die beste Anpassung an die Datenpunkte der SN 1996bv ergibt das Template der SN 1991 T. Tatsächlich korrelieren die Lichtkurvenbreite oder, alternativ, die sogenannte Abklingrate Δm_{15} (d.i. die Veränderung der Helligkeit innerhalb der ersten 15 Tage nach dem Maximum) mit der absoluten Helligkeit im Maximum. Die hellsten SNe Ia mit den breiten Kurven erleiden in den ersten beiden Wochen nach dem Maximum einen Helligkeitsrückgang von ungefähr einer Magnitude, während es bei den schwächsten SNe Ia mehr als das Doppelte ist. Dieser empirische Zusammenhang lässt sich zur Definition einer Standardmaximalhelligkeit beziehungsweise einer Standardlichtkurve ausnutzen (Fig. 3b und c). Anstelle der aus der Beobachtung ermittelten Maximalhelligkeit wird dann eine daraus berechnete, effektive Helligkeit adoptiert. Die Bandbreite an Lichtkurven lässt sich demnach sauber auf eine Referenzlichtkurve reduzieren. Es ist dabei allerdings noch ein weiterer Effekt zu berücksichtigen, der die Lichtkurven weit entfernter SNe im Vergleich zu den nahegelegenen systematisch breiter erscheinen lässt und der, wie Ende des vorherigen Abschnitts angedeutet, auch die spektrale Entwicklung verlangsamt: die kosmische Zeitdilatation.

Hubble-Effekt und Zeitdilatation

SNe explodieren in nahen und fernen Galaxien. Mass für die Entfernung einer Galaxie ist deren spektrale Rotverschiebung, d.h. die Verschiebung der aus Labormessungen erwarteten Wellenlängen der Spektrallinien hin zu beobachteten grösseren Wellenlängen z^3 . Für nahe Galaxien und unabhängig von ihrer Position am Himmel gilt, dass – ab-

gesehen von weiter unten noch zu diskutierenden Störfaktoren – ihre Entfernung d proportional zu deren gemessener Rotverschiebung z ist:

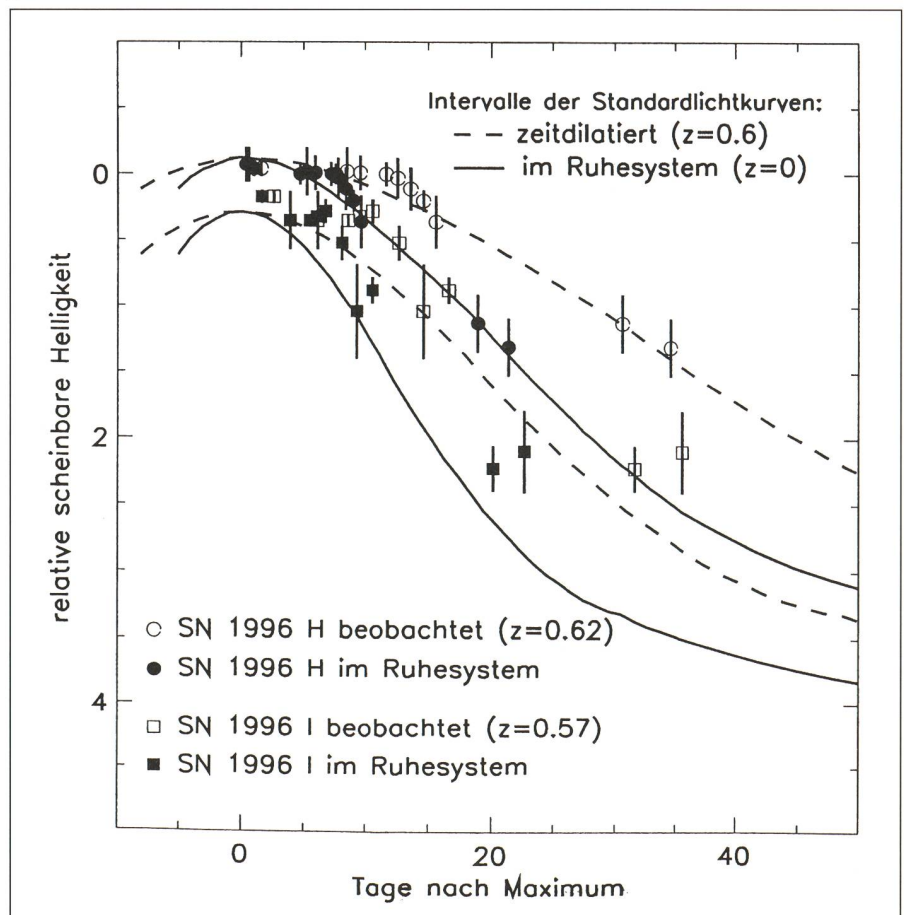
$$z = (H_0/c) \cdot d.$$

Dieses von Edwin Hubble 1929 publizierte und nach ihm benannte Gesetz enthält zwei Konstanten, einerseits die sogenannte Hubble-Konstante H_0 , deren genauer Wert aus den SN Ia Beobachtungsdaten zu bestimmen sein wird, und andererseits die Lichtgeschwindigkeit c im Vakuum. Letztere wurde von Hubble in die reine Rotverschiebungs-Entfernungsbeziehung eingeführt, um formal eine Rotverschiebungs-Geschwindigkeitsbeziehung analog zum bekannten Doppler-Effekt zu erhalten. Den Galaxien wird dadurch eine sogenannte Fluchtgeschwindigkeit $v = c \cdot z$ zugeordnet. Anschaulich gesprochen bedeutet damit das Hubblesche Gesetz, dass sich alle Galaxien von der unserigen entfernen, und zwar umso schneller, je weiter entfernt sie sind. Dabei können formal durchaus «Fluchtgeschwindigkeiten» auftreten, die grösser als c sind. Die relativistische Verallgemeinerung der gewöhnlichen

Dopplerformel, $z = \sqrt{(c+v)/(c-v)} - 1$, greift hier nicht, denn die Spezielle Relativitätstheorie ist nur auf Bewegungen *im* Raum (und zudem im euklidischen Raum) anwendbar. Hingegen implizieren die obige Interpretation des Hubbleschen Gesetzes sowie das Kosmologische Prinzip (nach dem die Gültigkeit des Hubbleschen Gesetzes in jeder Galaxie, nicht nur in der unserigen, angenommen wird), dass sich der Raum zwischen den Galaxien ausdehnt, die Relativbewegungen der Galaxien demnach *mit* dem Raum (unter Umständen gekrümmten Raum) erfolgen! Für die mathematische Beschreibung der Expansion des Universums ist die Allgemeine Relativitätstheorie zuständig. Sie beschreibt die Ausdehnung des Raums oder, anders gesagt, die Streckung des Koordinatennetzes mittels eines zeitabhängigen Skalenfaktors $S(t)$, einer Art Massstabsfunktion: War der Skalenfaktor zum Zeitpunkt t der Lichtemission $S(t)$, so ist er zum heutigen Zeitpunkt t_0 auf $S(t_0)$ angewachsen. Die Theorie liefert für die expansionsbedingte Streckung der Photonenwellenlängen einen Faktor

$$1 + z = S(t_0) / S(t).$$

Fig. 4: Die expansionsbedingte Zeitdilatation sorgt dafür, dass die beobachteten Lichtkurven rotverschobener SNe Ia um einen Faktor $(1+z)$ gegenüber den Lichtkurven naher SNe Ia gestreckt sind.



³ Die Rotverschiebung z ist definiert als die Differenz von beobachteter Wellenlänge λ_0 einer Spektrallinie und ihrer im Labor emittierten Wellenlänge λ , dividiert durch diese Laborwellenlänge: $z = (\lambda_0 - \lambda) / \lambda$ oder $1 + z = \lambda_0 / \lambda$.

Die kosmische Rotverschiebung ist demnach ein Mass für die Zunahme des Skalenfaktors des Universums seit der Lichtemission bei der Quelle. In Abgrenzung zum Doppler-Effekt lässt sich diese Gesetzmässigkeit als Hubble-Effekt bezeichnen [1]. Ein Objekt mit $z=2$ hat also sein Licht ausgesandt, als alle Entfernungen im Universum 3 mal kleiner waren als heute. Für genügend kleine Zeitintervalle (t_0-t), während denen sich der Skalenfaktor nur wenig ändert, geht die obige Formel in

$z = [S'(t_0)/S(t_0)] \cdot (t_0-t) = H_0 \cdot d/c$ über⁴, wobei die Hubble-Konstante $H_0 = S'(t_0)/S(t_0)$ als die momentane zeitliche Änderung des Skalenfaktors, normiert mit dessen Wert, identifiziert wird. Dies ist genau das Hubblesche Gesetz. Für grössere Zeitintervalle lässt sich z nur im unphysikalischen Spezialfall eines materiellen Universums in die relativistische Doppler-Formel entwickeln, ansonsten ist diese nicht sinnvollerweise zur Beschreibung der «Fluchtgeschwindigkeiten» verwendbar. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das Hubblesche Gesetz linearer Expansion nur in der lokalen Näherung gültig ist, d.h. für nahe Galaxien mit Rotverschiebungen kleiner als $z \approx 0.1$, und dass die Hubble-Konstante die aktuelle Expansionsrate des Universums beschreibt.

Die radikale Interpretation der Rotverschiebung als Folge kosmischer Expansion hat mehrere Tests erfolgreich überstanden, darunter

- den Energieunabhängigkeits-Test: Die gemessene Rotverschiebung ist über das ganze Spektrum eines Objekts ermittelt immer dieselbe, d.h. sie ist unabhängig von der Photonenenergie und nicht das Resultat offensichtlicher Absorptionseffekte.
- Den Existenznachweis einer kosmischen Mikrowellenhintergrundstrahlung: Die uns hier und jetzt aus allen Himmelsrichtungen hochgradig gleichmässig erreichende Reliktstrahlung aus der Frühphase des Universums wurde Ende der 40er Jahre vorausgesagt und Mitte der 60er Jahre tatsächlich detektiert. Dieses Nachglühen des Urknalls zeigt, in Übereinstimmung mit einer

prognostizierten Abkühlung um den Faktor $(1+z) \approx 1000$ seit dem Übergang vom undurchsichtigen Plasmauniversum ins transparente Materieuniversum, das Spektrum einer Schwarzkörperstrahlung der Temperatur 2.7° Kelvin und hat daher ein Intensitätsmaximum bei etwa 1 mm.

– Die Beobachtung kosmischer Zeitdilatation: Im expandierenden Universum werden nicht nur die Lichtwellen um $(1+z)$ gestreckt, sondern ebenso alle Zeitintervalle. Das Ticken einer Uhr bei der Rotverschiebung z wird hier beobachtet, als tickte die Uhr $(1+z)$ -mal langsamer. Man nennt diesen an sich einfachen Effekt die «Zeitdilatation». Als verlässliche kosmische Uhren können die standardisierten Lichtkurven der SNe Ia (oder deren spektrale Entwicklung, vgl. Fig. 2) dienen. Schon 1939 hat O. WILSON darauf hingewiesen, dass sich im expandierenden Raum die Explosionen entfernter SNe zeitlich gestreckt ereignen müssten, die beobachteten Lichtkurven gegenüber denjenigen naher SNe um einen Faktor $(1+z)$ gedehnt sein müssten. Da sowohl die zur Detektion entfernter und daher schwacher SNe notwendige Messgenauigkeit als vor allem auch die Standardlichtkurven der SNe Ia erst seit relativ kurzer Zeit zur Verfügung stehen, konnte dieser Test erst vor wenigen Jahren durchgeführt werden. In Fig. 4 ist sein Ausgang zu Gunsten der Expansionsrotverschiebung illustriert. Offene Symbole repräsentieren die beobachteten Helligkeiten zweier beliebiger, weit entfernter SN Ia als Funktion der Zeit. Den Rotverschiebungen um $z=0.6$ korrespondiert eine Lichtreisezeit von ungefähr 5 Milliarden Jahren. Die durchgezogenen Linien geben die bereits in Fig. 3a besprochene Bandbreite der Lichtkurven naher SNe Ia wieder. Da die gemessenen Datenpunkte ausserhalb des kanonischen Bereichs normaler SNe Ia liegen, scheinen sie im ersten Moment atypische Ereignisse zu sein. Werden jedoch unter der Annahme, dass die expansionsbedingte Zeitdilatation eine Rolle spielt, die Beobachtungszeitpunkte der SNe Ia in deren Ruhesystem transformiert, d.h. um den Faktor $(1+z)$ verkürzt, so liegen die resultierenden geschlossenen Symbole innerhalb der erwarteten Schranken. Bis heute haben sich unter der Annahme zeitdilatierte Beobachtungen ausnahmslos alle entfernten SNe Ia, die immerhin schon bis zu ei-

ner Rotverschiebung von knapp $z=1$ gemessen wurden, bezüglich ihrer Lichtkurven als typische Vertreter ihrer Klasse erwiesen.

SNe Ia als kosmische Standardkerzen

Die Korrektur der Beobachtungszeitpunkte um den Effekt kosmischer Zeitdilatation wird heute routinemässig angebracht. Die Konstruktion einer wie schon in den Figuren 3.b und c gezeigten vereinheitlichten Standardhelligkeit bzw. Standardlichtkurve ist somit entfernungsunabhängig durchführbar. Damit erfüllen SNe Ia die grundsätzliche Bedingung an eine sogenannte Einheits- oder Standardkerze: ihre absoluten Maximalhelligkeiten streuen nur geringfügig um einen Mittelwert. SNe Ia eignen sich somit vorzüglich als Entfernungssindikatoren: Aus der Differenz zwischen beobachteter, scheinbarer Maximalhelligkeit (m) und absoluter Helligkeit (M) im Maximum (das ist definitionsgemäss die scheinbare Helligkeit, die das Objekt aus einer Entfernung von 10 pc betrachtet hätte), kann im Prinzip die Distanz (d) zur SN beziehungsweise ihrer Muttergalaxie errechnet werden: Das sogenannte Entfernungsmodul verknüpft diese Grössen in der einfachen Beziehung

$$(m-A)-M = 5 \cdot \log(d)+25 \\ \Leftrightarrow d=10^{(m-A-M-25)/5},$$

wo A zusätzlich eine eventuelle Absorptionskorrektur repräsentiert und d in Megaparsec (=3.3 Millionen Lichtjahre) angegeben ist. Eine Unsicherheit in der scheinbaren Maximalhelligkeit von bloss 0.1 Magnituden wirkt sich bereits als 5%-Unsicherheit in der Distanzbestimmung aus. Je kleiner also die Streuung der gemessenen Helligkeiten ist, desto akurater ist die Entfernungsangabe. Einen in der Regel bloss geringen und einigermassen kontrollierbaren Einfluss hat die Lichtabschwächung, welche durch Absorption in der Muttergalaxie und/oder in unserer Galaxis verursacht ist: Erstere lässt sich aus dem Farbindex der SN abschätzen, letzterer kann mittels bestehender Absorptionskarten⁵ korrigiert werden. Neben der Homogenität ihrer Helligkeit warten SN Ia mit einem weiteren Vorteil als Entfernungssindikatoren auf: mit ihrer Absolut-helligkeit. Da diese im Visuellen bei etwa -19.4 Magnituden liegt (standardisiert, wie oben beschrieben), sind SNe Ia über 100 000-mal heller als ihre Hauptkonkurrenten, die hellsten Cepheiden. Somit lassen sie sich bis in gut 300-mal grössere (Leuchtkraft-) Entfernungen erkennen. Sind Cepheiden in-

⁴ Für mathematisch Interessierte: der Skalenfaktor $S(t)$ wird einfach durch seine Taylorreihenentwicklung erster Ordnung um t_0 ersetzt und z als sehr klein angenommen.

⁵ Abrufbar etwa in der NASA/IPAC Extragalactic Database (NED): <http://www.ipac.caltech.edu>

nerhalb der Lokalen Gruppe und mit dem Hubble Space Telescope (HST) immerhin bis gut zu Distanzen etwa des Virgo-Haufens ($z=0.003$ oder 70 Millionen Lichtjahre) als Einheitskerzen geeignet, so erreichen SNe Ia als Entfernungsindikatoren wahrlich kosmische Raumzeittiefen ($z \approx 1$ oder ca. 7 Milliarden Lichtjahre). Mit dem projektierten Nachfolgeteleskop für das HST, dem Next Generation Space Telescope (NGST), werden schon bald Objekte bis zu Rotverschiebungen von $z \approx 5$, was der Epoche der Galaxienbildung vor etwa 12 Milliarden Jahren entspricht, im Bereich des Beobachtbaren liegen!

Kalibrierung der absoluten SN Ia Helligkeiten

Die Bestimmung der SN Ia Absolut-helligkeit M erfolgte in mehreren Schritten: (i) Aus diversen Methoden der Entfernungsbestimmung wurde eine Distanz von knapp 170 000 Lichtjahren bis zu der irregulären Scheibengalaxie Grosse Magellansche Wolke (LMC), sichtbar auf der Südhemisphäre, erschlossen. Dabei spielte auch eine rein geometrische und daher verlässliche Ermittlung der Distanz mit Hilfe des Ausbruchs der Typ-II-SN 1987A eine wichtige Rolle. (ii) Neben der Distanz ist auch die Helligkeits-Periodenbeziehung der Cepheiden in der LMC bekannt. Der lineare Zusammenhang zwischen Helligkeit und Periode der Cepheiden wird bis auf kleinere (und vernachlässigbare?) Metallizitätseffekte in allen nahen Spiralgalaxien als derselbe angenommen. (iii) Dank den hochauflösenden Bildqualitäten des HST konnte die Helligkeits-Periodenbeziehung auch in einigen vergleichsweise nahen Galaxien (wie beispielsweise M66), die zudem Hört gut beobachteter SN-Ia-Ausbrüche waren, erstellt werden. (iv) Cepheiden gleicher Periode einerseits in der LMC und andererseits in Muttergalaxien von SNe Ia weisen zwar dieselben Absolut-helligkeiten auf, werden aber auf Grund der unterschiedlichen Distanzen mit einem entsprechenden Unterschied in den scheinbaren Helligkeiten gemessen. Die Differenz zwischen dem Entfernungsmodul der LMC und demjenigen einer SN-Ia-Muttergalaxie lässt sich formal nach der einzigen unbekannten Grösse auflösen: der Distanz zur SN-Ia-Muttergalaxie. (v) Ist diese endlich bestimmt, so ist wiederum mit dem Entfernungsmodul der SN-Ia auch ihre absolute Helligkeit schnell berechnet. Aus bislang acht derart mittels Cepheiden kalibrierter (und standardisierter) SN-Ia-Absolut-helligkeiten ergab sich der oben genannte Mittelwert von gut -19.4 Magnituden im Visuellen. Dies entspricht mehr als einer Milliarde Mal der Leuchtkraft der Sonne!

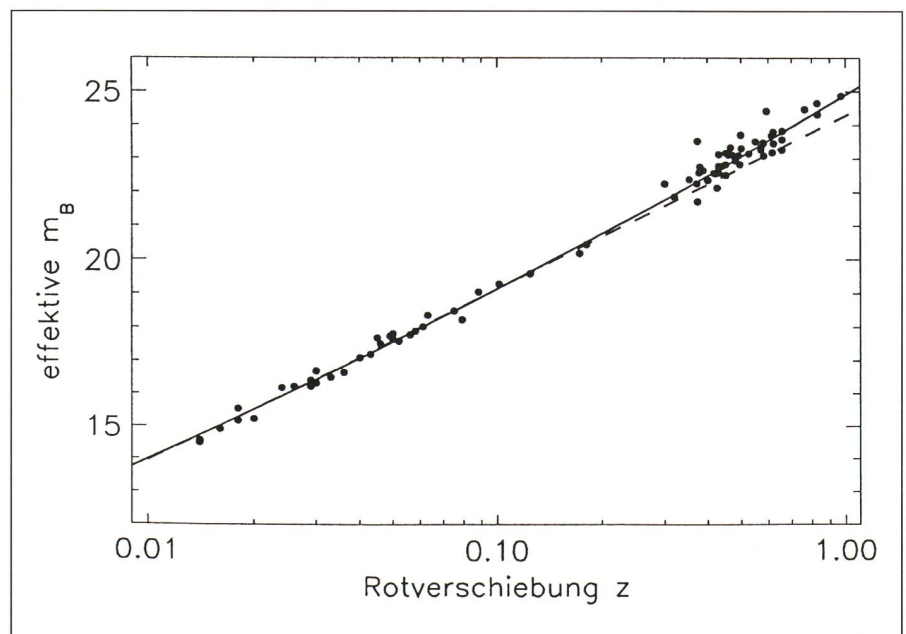
Die aktuelle Expansionsrate des Universums

Eingebettet in ihre Muttergalaxien treiben die SNe mit im Hubble-Fluss auseinanderstrebender Galaxien. Als weit her aus der Vergangenheit scheinende Leuchtfeuer markieren sie frühere kosmodynamische Verhältnisse. Die Zunahme der Ausdehnung des Raums seit der Explosion ist durch die messbare Rotverschiebung der heute bei uns ankommenden Photonen quantifiziert. Aus der ebenfalls messbaren scheinbaren Helligkeit kann auf Grund der bekannten wahren Helligkeit mittels des Entfernungsmoduls ihre Distanz ermittelt werden. Das Hubblesche Gesetz besagt, dass Rotverschiebung und Distanz proportional zueinander sind. SNe Ia erlauben daher, die Proportionalitätskonstante genau zu bestimmen. Ist diese ein für alle Mal festgelegt, so verrät einem die Rotverschiebung irgend eines kosmischen Objekts dessen Distanz! Die Kenntnis exakter Entfernungen und damit der linearen Dimensionen kosmischer Phänomene ist zu deren physikalischen Verständnis fundamental wichtig. Im Prinzip genügt zur Bestimmung der Proportionalitätskonstanten bereits eine präzise vermessene SN Ia. Nun liegen jedoch Galaxien in Gruppen und Haufen und unterliegen dementsprechend gravitativen Kräften: Daher ist die gemessene Rotverschiebung der Galaxien in Tat und Wahrheit eine Überlagerung einerseits des Hubble-Flusses und ande-

rerseits lokal störender, sogenannter Pekuliarbewegungen. Beispielsweise bewegt sich die Lokale Gruppe, deren dominante Mitglieder die Milchstrasse und die Andromeda-Galaxie M31 sind, mit einer Geschwindigkeit von 220 km/s auf das Zentrum des unseren Lokalen Superhaufen dominierenden Virgo-Haufens zu! Um die Hubble-Konstante mittels naher Galaxien genau bestimmen zu können, müssen die gemessenen Rotverschiebungen um den Anteil, der aus den Störbewegungen resultiert, korrigiert werden: Ein delikates Unterfangen. Restunsicherheiten in den Messungen einzelner SN-Rotverschiebungen und SN-Helligkeiten lassen sich im Einzelfall zwar nicht eliminieren, doch sind statistisch robuste Aussagen für eine genügend grosse Anzahl Einzelobjekte möglich. Im Hubble-Diagramm, der graphischen Entsprechung des Hubble-Gesetzes, werden daher Rotverschiebung und Entfernung möglichst vieler SNe Ia gegeneinander aufgetragen (Fig. 5). Üblicherweise wird nicht die berechnete Entfernung, sondern äquivalent dazu die tatsächlich gemessene scheinbare Helligkeit gegen den Logarithmus der linearen Fluchtgeschwindigkeit aufgetragen. Die nahen SNe Ia ($z < 0.1$) nageln dank ihrer kleinen Streuung – welche den Einsatz der SNe Ia als Standardkerzen eindrücklich rechtfertigt – den Wert der Hubble-Konstanten mit bisher unerreichter Genauigkeit fest:

$$H_0 = 60 \pm 6 \text{ km/s/Mpc}$$

Fig. 5: Das Hubble-Diagramm für 87 nahe und entfernte SNe Ia. Mittels den nahen SNe wird die Hubble-Konstante bestimmt, d.h. die aktuelle Expansionsrate des Universums. Die entfernten SNe erscheinen bei einer gegebenen Rotverschiebung gegenüber einer linearen Expansion (gestrichelte Linie) als zu schwach, was als Zeichen einer beschleunigten Expansion angesehen wird. Die durchgezogene Linie ist für ein Universum mit $(\Omega_M, \Omega_\Lambda) = (0.3, 0.7)$.



Dies bedeutet, dass eine Raumstrecke von einem Mpc (=3.3 Millionen Lichtjahre) jede Sekunde um 60 km wächst (sofern nicht, wie in unserer Umgebung, gravitative Kräfte entgegenwirken). Der Raum zwischen den Galaxienhaufen wird kontinuierlich gestreckt und ebenso die Wellenlängen der darin propagierenden Photonen. Der obige Wert von H_0 zusammen mit den im nächsten Kapitel beschriebenen Ergebnissen ergibt, dass der Urknall vor 15 Milliarden Jahren stattgefunden hat. Dieses Alter stimmt sehr gut mit heutigen Altersbestimmungen von Kugelsternhaufen überein, für die sich 12-13 Milliarden Jahre ergeben.

Eine beschleunigte Expansion?

Um herauszufinden, welches der vielen, mit einem Urknall als Anfangssingularität startenden Weltmodelle der Wirklichkeit am nächsten kommt, muss die Änderung der Expansion bestimmt werden. Aus heutiger Sicht entspricht dies einer messbaren Abweichung vom linearen Hubble-Gesetz bei genügend grossen Rotverschiebungen. Bereits die bisherigen Erkenntnisse zur Verteilung und Menge sowohl der sichtbaren wie auch der etwa zehnmal häufigeren dunklen Materie wiesen auf ein Universum, dessen Materiegehalt zu gering ist, um die Expansion je wieder vollständig abbremsen oder gar in eine Kontraktion umkehren zu können. Doch die Ergebnisse des Supernova Cosmology Projects und des High- z Supernovae Search Teams waren dennoch überraschend bis schockierend. Sie fielen vom Baum der Erkenntnis als Frucht einer cleveren Suchstrategie: Jeweils vor Neumond wurden mittels eines 4m-Teleskops besonders galaxienreiche Himmelsgebiete weitwinklig fotografiert und mit den Aufnahmen der vergangenen Serie verglichen. Derart liessen sich jeden Monat um die 100 000 Galaxien auf Supernovausbrüche untersuchen. Bei einer angenommenen Ausbruchsfrequenz von 1/5 SNe pro Galaxie und Jahrhundert konnten daher monatlich etwa ein Dutzend SN-Entdeckungen prognostiziert werden. Dadurch war auch die Zeit für die notwendigen Folgebeobachtungen unter anderem mit dem 10m-Keck-Teleskop schon im voraus beantragbar. Da das Aufleuchten einer SN etwa drei Wochen in Anspruch nimmt, wurden viele SNe vor Erreichen ihrer Maximalhelligkeit gefunden, was die Aufnahme einer um das Maximum vollständigen Lichtkurve erlaubte. Die meisten der bis 1999 gefundenen, hochrotverschobenen SNe Ia ($0.3 < z < 1$) sind ebenfalls in Fig. 5 eingetragen. Die erwartete Nichtlinearität

der Expansion ist offensichtlich. Doch die Überraschung war, dass bei gegebener Rotverschiebung die SNe Ia *schwächer* erscheinen, als bei einer gleichmässig linear erfolgten Expansion erwartet würde. Das bedeutet, dass die Distanzen bzw. gemäss Hubbleschem Gesetz die «Fluchtgeschwindigkeiten» überproportional zugenommen haben: Die Expansion des Universums erfolgt beschleunigt!

Grosse Behauptungen verdienen eine besonders kritische Prüfung. Einige der systematischen Unsicherheiten seien hier angeführt:

- Absorption: Die galaktische Absorption, die nahe wie ferne SNe betrifft, wurde berücksichtigt, und da etwa 100 verschiedene Himmelsfelder zur Beobachtung herangezogen wurden, würden sich eventuelle Unterschätzungen der Absorption in einzelnen Richtungen nicht als systematischer Trend niederschlagen. Der intergalaktischen Absorption ist durch den im fernen Infrarot (FIR) beobachteten Hintergrund eine Limite bezüglich lichtscluckendem Staub (herkömmlicher Art) gesetzt; diese kann die Lichtschwächung nicht zur Gänze erklären. Die interne Absorption in den Muttergalaxien der SNe Ia ist insofern vernachlässigbar, als kein systematischer Unterschied im Farbzess der nahen und entfernten SNe Ia beobachtet wird.
- Homogenisierungskorrektur: Der Verdacht, dass das Standardisierungsverfahren einen unentdeckten Haken hat, kann dadurch entkräftet werden, dass die kosmologischen Resultate ohne Korrektur dieselben bleiben (wenn auch mit einer geringeren statistischen Gewissheit).
- Evolution: Dies ist die grosse Unbekannte. War beispielsweise die chemische Zusammensetzung der Weissen Zwerge im jüngeren Universum

anders, metallärmer, als heute, so verliefen die SN-Explosionen entsprechend schwächer. Allerdings sind sich die beobachteten Lichtkurven und Spektralentwicklungen der SNe Ia bis $z \approx 1$ doch sehr ähnlich, zumindest nach dem Helligkeitsmaximum. Ein möglicher Hinweis auf eine Evolution ist gegeben durch den anscheinend rascheren Anstieg der Lichtkurven hochrotverschobener SNe Ia in den ersten beiden der drei Wochen bis zum Maximum.

Ein fast schon berauschend guter Grund, die deduzierten Resultate als tatsächlich zu akzeptieren, kommt von Seiten der instrumentellen Präzisionskosmologie: jüngste Messungen der Anisotropie in der Kosmischen Mikrowellenhintergrundstrahlung (MWH) bestätigen die Voraussagen derjenigen theoretischen Kosmologen, die im frühesten Universum eine Phase sogenannt inflationären Wachstums (d.h. extremem Anwachsen der Grösse des Universums innert kürzester Zeit) annehmen (Fig. 6, nach [2]). Die Theorie kosmischer Inflation verlangt, dass das Universum heute praktisch flach, d.h. quasi euklidisch ist. Sie postuliert zudem die Existenz einer den Raum überall durchsetzenden Energie, der sogenannten Vakuumenergie (oder allgemeiner einer sogenannten «Quintessenz»). Die Vakuumenergie ist, wie die Teilchenphysiker längst nachgewiesen haben, eine mikrokosmische Realität. Ein flaches Universum impliziert, dass die Summe der Dichte dieser Vakuumenergie (formal, und in eine dimensionslose Grösse gebracht, mit Ω_Λ abgekürzt) und der Dichte des Energieäquivalents aller Materie im Universum (kurz und einheitenlos Ω_M) eins betragen muss: $\Omega_M + \Omega_\Lambda = 1$. In Fig. 6 ist diese nun auch empirisch als ziemlich wahrscheinlich erkannte Relation als die mit «flach» bezeichnete Linie eingetragen. Diese Vakuumenergie, im astronomischen Zusammenhang auch als Kosmologische Konstante bekannt, wird verantwortlich gemacht für eine allfällige *Beschleunigung* der kosmischen Expansion. Genau dies legen die hochrotverschobenen SNe Ia tatsäch-

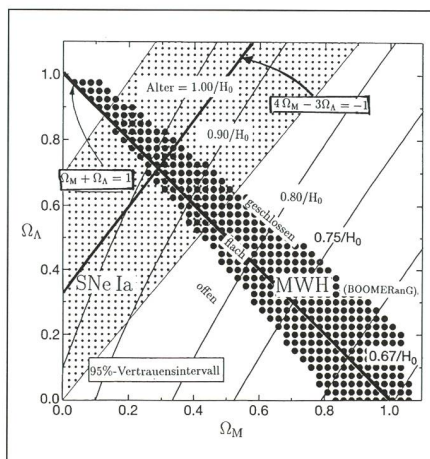


Fig. 6: Kosmische Komplementarität: Messungen der Anisotropie in der kosmischen Mikrowellenhintergrundstrahlung deuten auf ein Universum mit sogenannt flacher Raumzeitstruktur hin. Dieser empirische Befund unterstützt das durch die SNe Ia gefundene Resultat einer beschleunigten Expansion. Erklärung der Achsen im Text.

lich nahe. Die SNe Ia liefern als wahrscheinlichsten Zusammenhang zwischen Ω_M und Ω_Λ ihrerseits die Bedingung $4\Omega_M - 3\Omega_\Lambda = -1$ (Fig. 6). Der Umstand, dass sich die beiden genannten formalen Bedingungen, die Phänome des Makro- wie des Mikrokosmos repräsentieren, im Ω_M - Ω_Λ -Diagramm ziemlich genau rechtwinklig schneiden und dadurch ein Schnittgebiet als hochwahrscheinlich auszeichnen, wird manchmal als Kosmische Komplementarität bezeichnet. Die wahrscheinlichste Lösung liegt bei $(\Omega_M, \Omega_\Lambda) \approx (0.3, 0.7)$. Die Übereinstimmung des derart bestimmten Werts von Ω_M mit dem unabhängig beobachte-

ten Wert von $\Omega_M \approx 0.2-0.3$ liefert noch das Tüpfelchen auf dem i. Wir scheinen also in einem sich beschleunigt expandierenden Universum zu leben, dessen Energiegehalt zu etwa 70% bestimmt ist durch Quantenvakuumenergie und/oder Quintessenz und zu etwa 30% durch vor allem Dunkle Materie.

Dies alles ist etwas mysteriös. Deshalb der langen Rede kurzer Sinn: Wie letztlich nicht nur die Arbeit mit den SNe Ia zeigt, ist die heutige Kosmologie eine empirische Wissenschaft. Ontologisch betrachtet, leben wir in einer wundervollen Zeit; wir dürfen auf weitere

Revolutionen in der Evolution kosmischer Weltwahrnehmung gespannt sein.

BERNHARD PARODI

Astron. Institut der Univ. Basel
Venusstr. 7, CH-4102 Binningen
E-mail: parodi@astro.unibas.ch

Bibliographie

- [1] K.-H. LOTZE, *Hubble-Effekt versus Doppler Effekt*, Praxis der Naturwissenschaften: Physik, Köln 1999; J.A. PEACOCK, *Cosmological Physics*, Cambridge 1999
- [2] P. DE BERNARDIS ET AL., *Nature* 404, 955 (2000)

L'Univers, dis-moi ce que c'est?

Episode 20: Les galaxies, cinquième partie

FABIO BARBLAN

8.2 Les galaxies barrées

Préambule: Un rapide coup d'œil à la bibliographie montre que nous sommes, avec le sujet de cet épisode, au cœur de la recherche actuelle. Il est difficile, lorsque le recul manque, d'exprimer clairement et de façon simple, des concepts complexes qui sont en voie de clarification au niveau de la recherche. L'auteur sollicite l'indulgence du lecteur pour les passages qui seraient particulièrement «obscur».

Un bon tiers des galaxies à disque possède une barre, c'est-à-dire une structure centrale allongée, souvent triaxiale et pratiquement en rotation solide (figures 1 et 2 a-f). Cela signifie que l'ensemble de la matière constituant la barre se comporte, du point de vue de la rotation, comme un corps rigide. La structure triaxiale est fortement accentuée dans le plan de la galaxie, le rapport

des axes est en moyenne de 2.5 à 5. Par contre, dans la direction perpendiculaire au plan, le système reste très aplati, les deux petits axes ayant approximativement les mêmes dimensions. Dans un autre tiers de galaxies à disque, il existe une barre d'extension plus réduite. Mais la mise en évidence dans l'infrarouge de barres dans des galaxies ne montrant, dans le visible, aucune trace d'une telle structure, fait surgir la question: existe-t-il vraiment des galaxies à disque n'ayant pas de barre? La pertinence de cette interrogation est confirmée par la découverte de galaxies à disque dont le bulbe est triaxial.

La compréhension des galaxies barrées n'est pas simple. Il s'agit de systèmes complexes dont tous les mystères ne sont pas encore élucidés. La dynamique stellaire y joue un grand rôle et les simulations numériques sont un outil indispensable à une plus large maîtrise du phénomène¹.

Il est pratiquement certain, maintenant, que la grande majorité des galaxies barrées est le siège d'ondes de

densité. Comme expliqué dans l'épisode précédent, l'onde de densité possède une vitesse angulaire constante de l'ordre de trente kilomètres par seconde en moyenne. La vitesse angulaire des étoiles est variable; elle croît, linéairement, du centre vers l'extérieur jusqu'à une valeur maximale et reste ensuite pratiquement constante sur de grandes distances (voir épisode N° 18, **ORION** 292, «La courbe de rotation d'une galaxie»). On peut donc facilement imaginer qu'à une certaine distance R_c du centre de la galaxie, la vitesse angulaire de la perturbation et celle des étoiles de cette région soient identiques. Ces étoiles ont donc la particularité d'accompagner l'onde de densité dans son mouvement de rotation. Le rayon R_c est dit rayon de corotation. Concernant le mouvement des étoiles, il existe d'autres zones particulières dans la galaxie. Nous avons vu, dans l'épisode 19, que le mouvement réel des étoiles est un mouvement épicyclique. Les zones où les trajectoires épicycliques se referment sur elles-mêmes, c'est-à-dire celles qui contiennent un nombre entier d'épicycles, sont dites «zones de résonance de Lindblad». Il en existe une, voire deux, à l'intérieur du rayon de corotation et une à l'extérieur de ce rayon. La zone de corotation et les zones de résonance de Lindblad, si elles existent, jouent un rôle important dans la dynamique du système.

Le calcul des orbites stellaires dans le cadre d'un potentiel bisymétrique, effectué pour la première fois par Contopoulos et Papayannopoulos en 1980, met en évidence l'existence de classes de trajectoire:

¹ A l'Observatoire de Genève a été réalisé, pour les besoins des simulations numériques, le quatrième plus puissant ordinateur au monde, GRAVITATOR, constitué d'un couplage de 64 micro-ordinateurs qui exécutent simultanément en parallèle des calculs de dynamique galactique au rythme de 80 milliard d'opérations à la seconde.

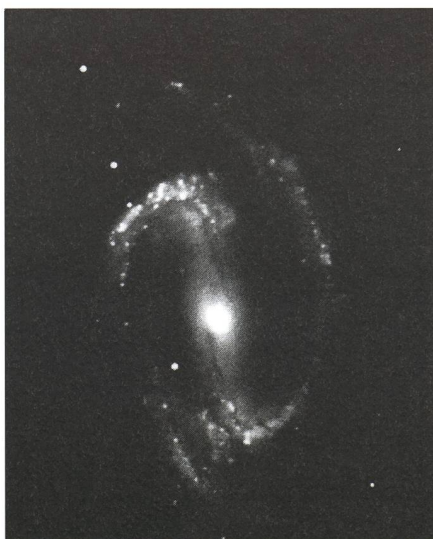


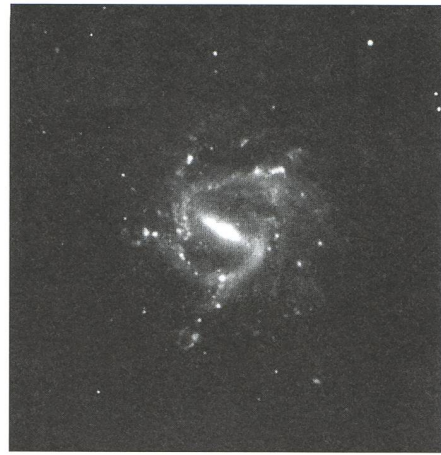
Figure 1: La galaxie barrée NGC 1300 de type SBb(s) (source [4])

Figure 2: Différents types de galaxies barrées (source [4]):

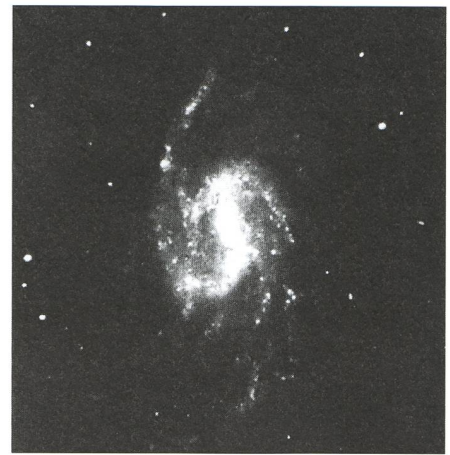
- près du centre, la famille d'orbites dite X1, de forme allongée dans le sens de la barre;
- entre les deux résonances internes de Lindblad, on trouve la famille X2, d'orbites allongées perpendiculairement à la barre (figure 3);
- on retrouve la famille X1 entre la deuxième résonance interne et la corotation. Ces orbites présentent des déformations aux extrémités d'autant plus grandes que l'on se rapproche de la corotation;
- loin de la corotation les trajectoires sont presque circulaires.

La plupart des étoiles évoluent au voisinage d'orbites fermées et stables. Si le potentiel présente des asymétries prononcées, il existe des trajectoires irrégulières distribuées d'une façon aléatoire, concernant surtout les régions externes à la corotation. Les trajectoires de la famille X2, perpendiculaires à la direction de la barre, ont une influence néfaste sur cette dernière. En effet, selon l'importance de la région touchée par les orbites de la famille X2, la barre peut être complètement détruite. À l'extérieur de la corotation, les orbites stables sont elles aussi perpendiculaires à la barre. C'est pour cette raison que la barre ne peut pas s'étendre au-delà de sa propre corotation.

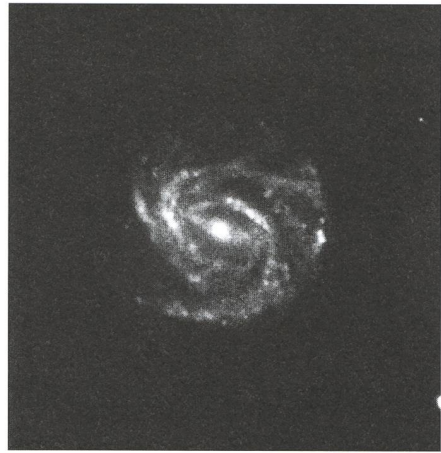
Selon les modifications que peut subir le potentiel gravitationnel d'une galaxie à disque, en fonction du changement de la répartition des étoiles sous l'effet de leur propre rotation et de celle



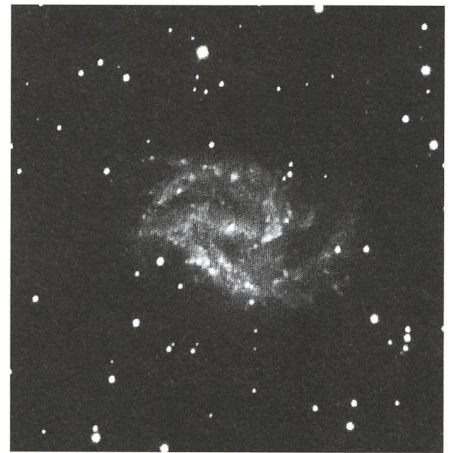
a) NGC 1073, SBc(sr)



b) NGC 3359, SBc(rs)



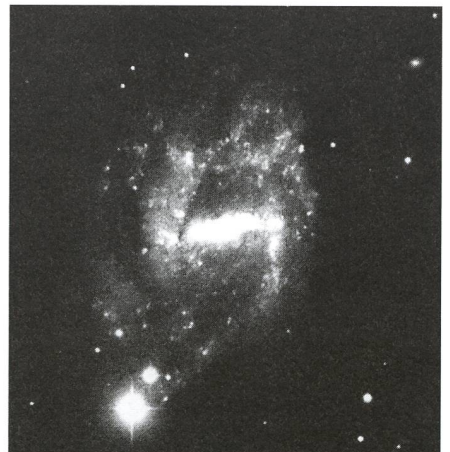
c) NGC 3367, SBc(sr)



d) NGC 2525, SBc(s)

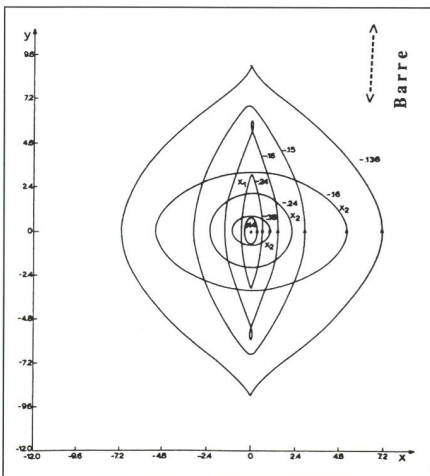


e) NGC 7640, SBc(s)



f) NGC 7741, SBc(s)

Figure 3: Famille d'orbites X1 et X2 dans une barre. Les orbites de la famille X1 sont alignées dans le sens de la barre, par contre celles de la famille X2 sont perpendiculaires à la barre. La barre est parallèle à la direction y . (source [1])



de l'onde de densité, il peut y avoir amplification des zones d'instabilité avec un remodelage complet de la configuration du système. Donc la persistance à long terme d'une barre est une question de stabilité de tout le complexe. C'est Toomre, en 1964, qui le premier, a introduit un critère de stabilité. Il montre que la rotation est un facteur de stabilisation à grande échelle. Par contre, une dispersion minimale des vitesses est nécessaire pour obtenir une stabilité à toute échelle. Si la dispersion des vitesses est

trop faible, le système devient instable. Il existe donc une valeur critique de la dispersion des vitesses au-dessous de laquelle il ne faut pas descendre autrement le système devient instable. Le critère de stabilité de Toomre exprime le fait que le quotient de la dispersion réelle à la dispersion critique doit être plus grand que un.

Une des premières simulations d'un système à N corps, à deux dimensions, fut faite par Hohl en 1971 avec un disque plat contenant 10^5 particules (figure 4).

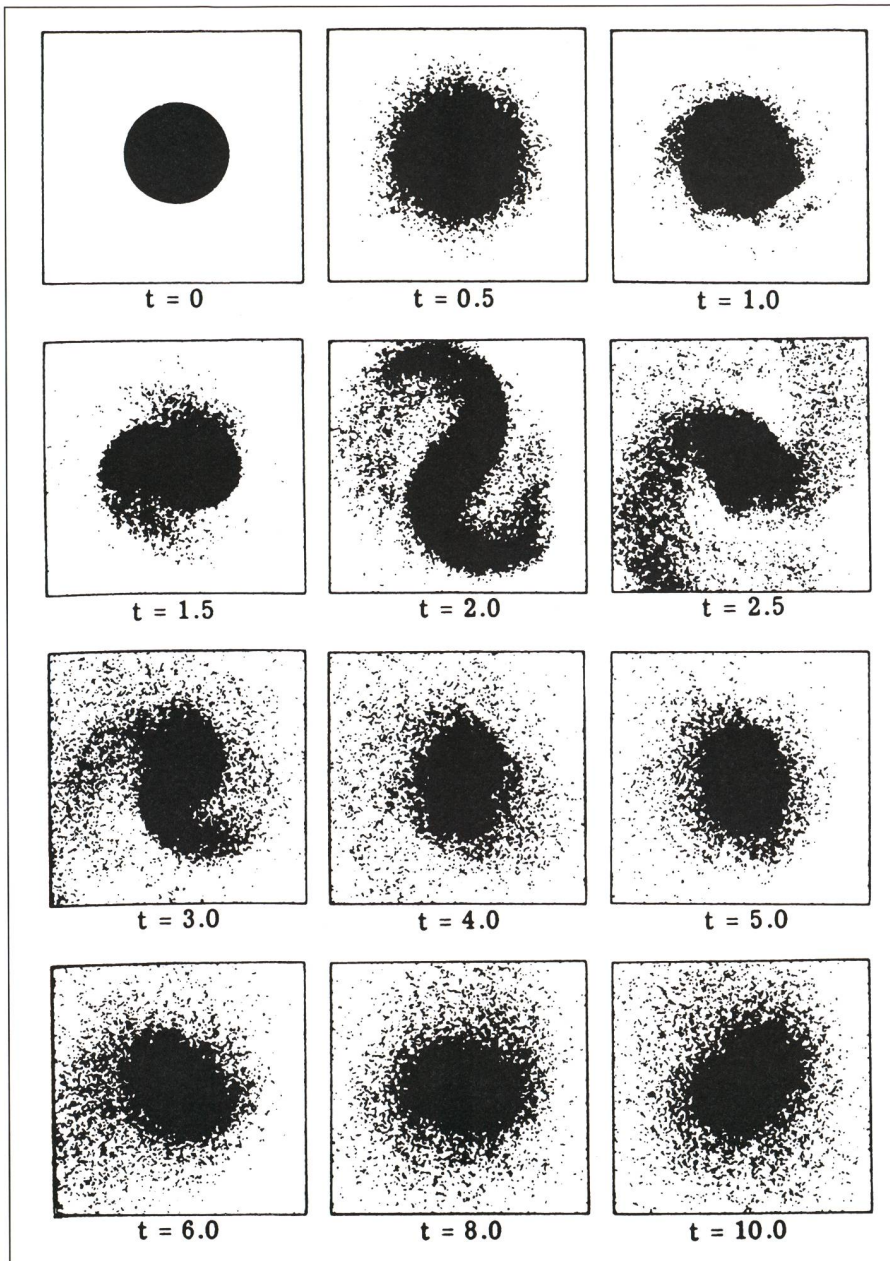


Figure 4: Simulation numérique d'un système à N-corps (Hohl 1971). Evolution d'un disque où on prend en considération l'existence de forces tangentielles. Le nombre de particules est de 100000 et le temps est mesuré en nombre de rotations du disque. On voit apparaître une structure spirale transitoire et une barre qui persiste encore après dix rotations complètes du disque. (source [1])

Un résultat important de cette simulation est le fait que le critère de Toomre n'est pas suffisant pour assurer la stabilité du système de départ. On voit, en effet, se développer d'abord une structure en spirale et ensuite une barre. La spirale est transitoire, elle disparaît au bout d'une rotation galactique, par contre la barre subsiste plus longtemps. La barre semble être une structure plus robuste face aux perturbations. Ostriker et Peebles (1973) introduisent l'idée qu'une galaxie devient instable si la part d'énergie cinétique due au mouvement de rotation ordonnée devient trop grande. Par simulation numérique, ils déterminent que les systèmes stables par rapport à la formation d'une barre sont ceux où la part d'énergie cinétique des mouvements ordonnés ne dépasse pas les 14/100 de l'énergie totale du système.

A l'Observatoire de Genève l'équipe de dynamiciens (MM, D. Friedli, L. Martinet, D. Pfenniger et al.) ont mis au point un code de simulation numérique à trois dimensions basé sur la résolution des équations de l'hydrodynamique (figure 6). Les enseignements tirés de ces simulations, qui portent sur des systèmes contenant plus de 200 000 particules (figure 7), peuvent se résumer ainsi:

- a) Les disques autogravitants sont des objets instables; ils sont donc capables de former une barre. L'évolution d'une galaxie de type S vers une galaxie de type SB est donc possible.
- b) L'accumulation de matière gazeuse au centre de la galaxie, sous l'influence d'un potentiel asymétrique, peut détruire la barre. En tenant

compte du point précédent, on peut alors avoir la chaîne évolutive suivante:

$S \rightarrow SB \rightarrow S$.

- c) La mise en évidence de l'existence de résonances verticales qui peuvent donner naissance à des larges zones de trajectoires chaotiques et amener une quantité importante de matière à quitter la plan galactique. Avec comme conséquence directe la formation d'un bulbe important souvent en forme de cacahuète (figure 5). Ceci implique l'évolution d'une galaxie de type SBc vers une galaxie de type SBb. Si on tient compte des points a) et b) la séquence suivante est envisageable:

$Sc \rightarrow SBc \rightarrow SBb \rightarrow Sb$.

Cette séquence est compatible avec la formation stellaire qui appauvrit la galaxie en gaz.

- d) L'interaction entre galaxies (voir plus loin) peut apporter des modifications profondes dans leur morphologie et produire une évolution vers une galaxie de type E.
- e) La compréhension du rôle du halo massif, existant en principe dans toutes les galaxies, comme facteur de modifications morphologiques n'est pas encore très clair.

Ces travaux mettent en évidence qu'une galaxie peut changer de type au cours de son existence. La séquence évolutive

$Sc \rightarrow SBc \rightarrow SBb \rightarrow E$

peut exister, et on constate qu'elle reproduit la classification que Hubble a établie dans les années vingt, mais elle est simplement parcourue en sens inverse.

Les galaxies étant regroupées en amas et dans les amas par petits groupes, il arrive assez souvent que deux galaxies soient suffisamment proches pour que l'interaction gravitationnelle réciproque produise des effets de marées géantes qui peuvent substantiellement changer la morphologie des galaxies en interaction. Dans les cas extrêmes, le freinage induit par ces marées est si violent, que les deux composantes finissent par fusionner en un seul objet, généralement une galaxie elliptique.

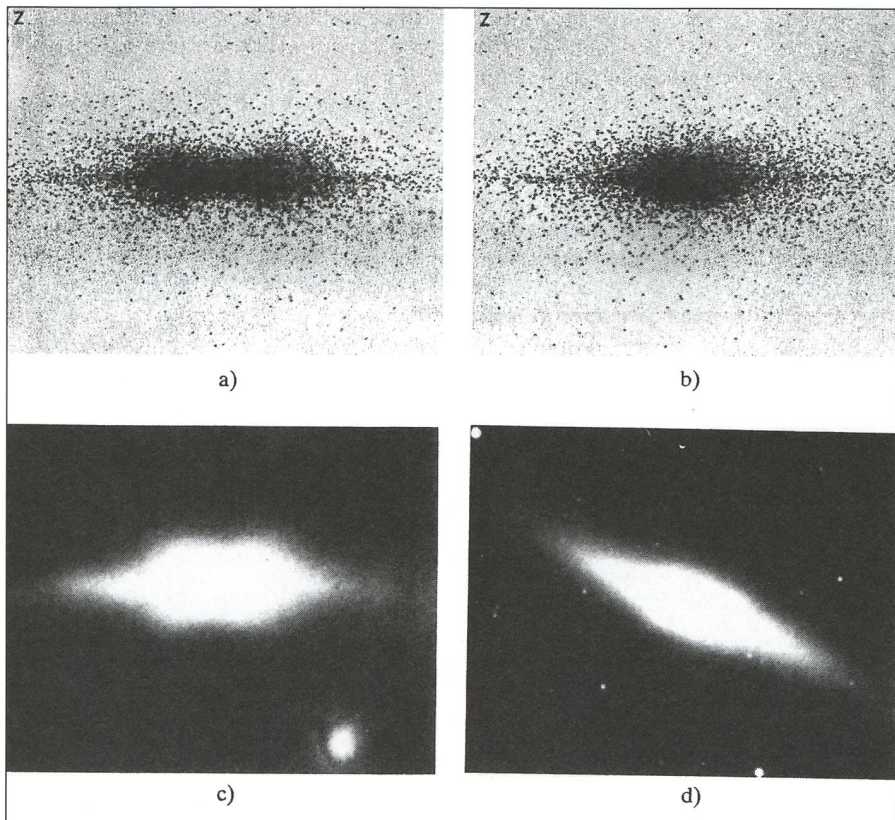


Figure 5: Des régions de trajectoires cahotiques peuvent produire des structures perpendiculaires au plan galactique. Un épaississement de la barre sous forme de cacahuète (a) lorsqu'on regarde dans la direction perpendiculaire à la barre, ou sous forme de boîte (b) lorsqu'on regarde dans l'axe de la barre. Ces deux configurations sont effectivement observées dans la nature ((c) et (d)). (source [1]).

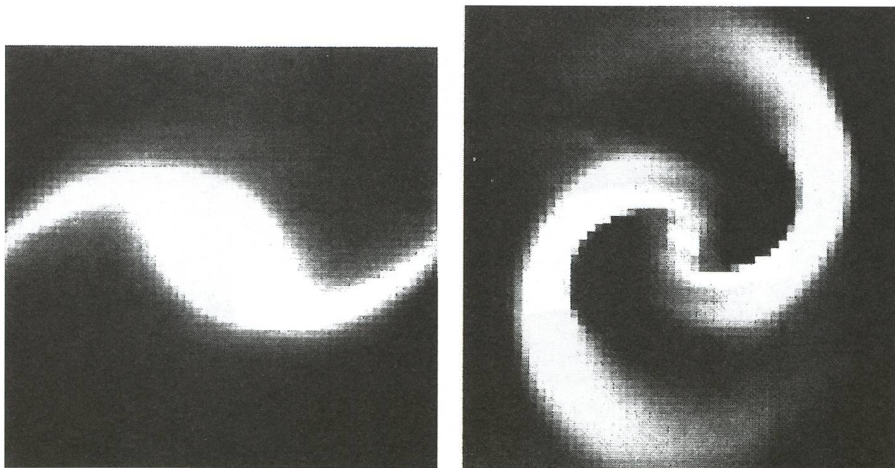


Figure 6: Cette image montre une simulation hydrodynamique de l'écoulement du gaz dans un potentiel correspondant à une barre tournante. Les deux figures correspondent à des vitesses angulaires différentes de la barre. En a) la vitesse angulaire est faible, la spirale est très ouverte; il n'existe que les résonances de corotation et externe de Lindblad. Par contre, dans la figure b) la vitesse angulaire est plus grande et il existe des résonances internes, d'où un flux gazeux perpendiculaire à la barre. (source [1]).

L'idée que certains faits observés, comme les longs «filaments» constitués d'étoiles reliant deux galaxies ou les bras spiraux eux-mêmes et d'autres déformations, pouvaient provenir de ces effets de marée se trouve dans le travail de pionnier de HOLMBERG (1940), mais il ne fut, malheureusement, jamais pris au sérieux² et il a fallu attendre la publica-

tion des frères TOOMRE en 1972 pour que la communauté des astrophysiciens accepte finalement ce point de vue. C'est à l'aide de simulations numériques reproduisant les structures observées qu'ils ont pu convaincre que ces phénomènes étaient essentiellement imputables à l'interaction gravitationnelle entre deux galaxies (figures 8a, b et 9 a, b).

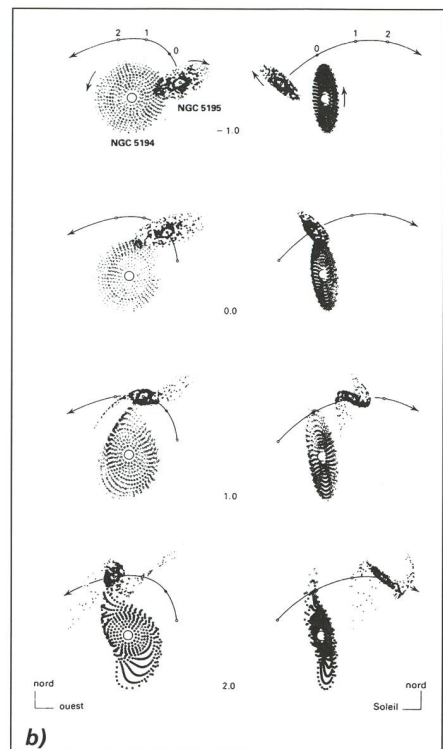
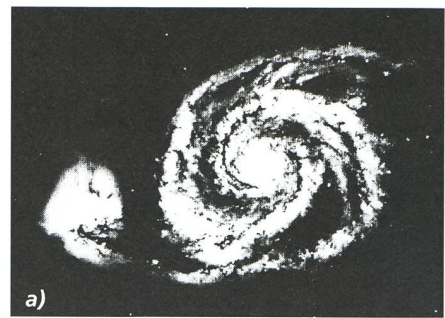


Figure 8:

a) La galaxie Messier 51 en interaction avec son compagnon.

b) Simulation numérique de cette situation réalisée par TOOMRE et AL. A partir de deux disques homogènes, l'interaction gravitationnelle développe progressivement des bras spiraux dans les deux systèmes. L'unité de temps est 10^8 ans. (source [3])

En 1990 GERIN et AL. ont fait un travail très complet de simulations 2-D et 3-D de la rencontre de deux galaxies. Des travaux semblables ont aussi été entrepris par PFENNIGER et FRIEDLI en 1991. Actuellement, ils se poursuivent avec des moyens de calculs encore plus puissants comme le système Gravitator. Ces simulations nous apprennent que:

² On était convaincu par exemple que les structures en filaments étaient produites par des effets magnétiques ou par des explosions géantes au sein du noyau galactique.

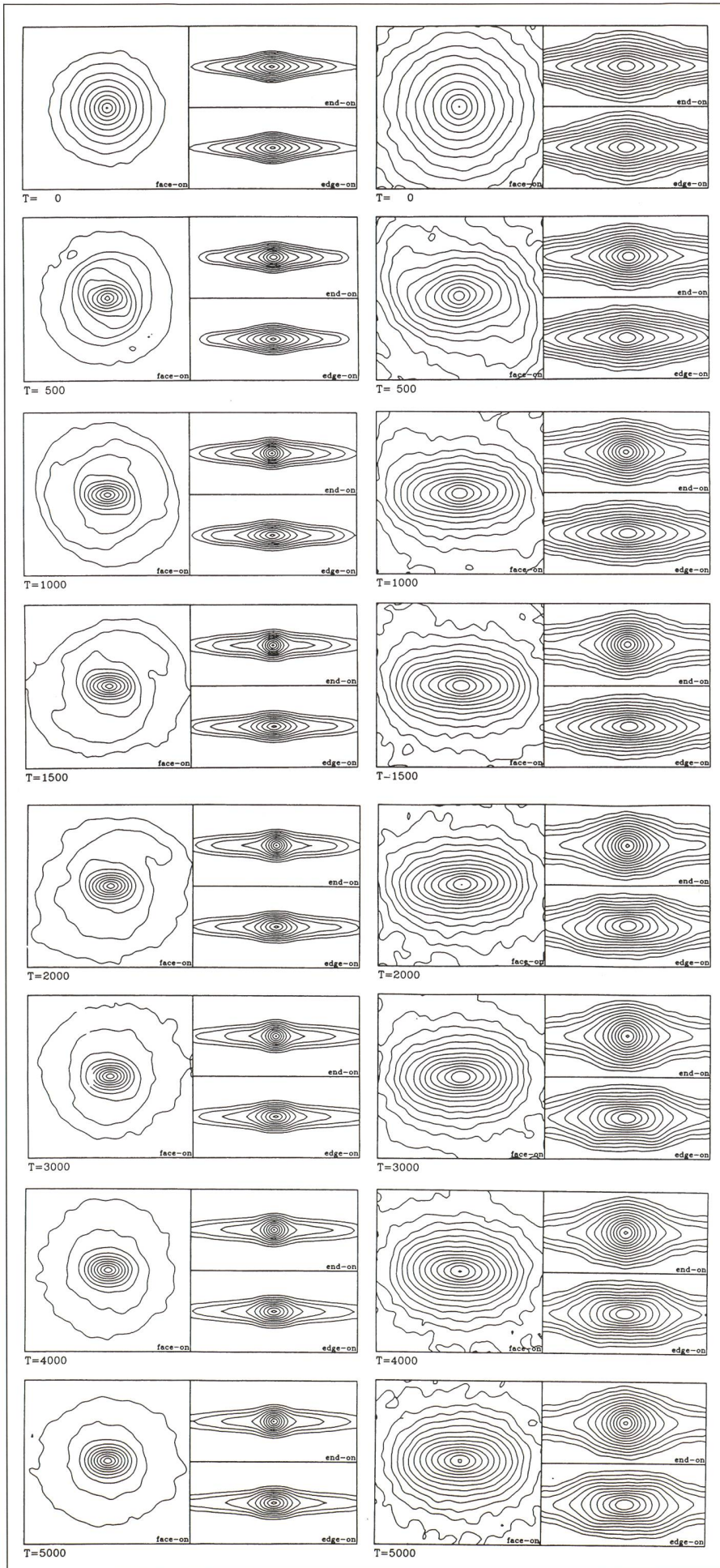


Figure 7: Evolution d'un disque de 200 000 particules correspondant à une masse de 2×10^{11} masses solaires. Dans la colonne de gauche, le champ de vision correspond à 60 kpc; dans la colonne de droite, il est réduit à 20 kpc. L'unité de temps est de 1,05 million d'années. On observe la formation d'une barre et de bras spiraux. Ces derniers disparaissent progressivement et la barre développe une structure en cacahuète. (source [3])

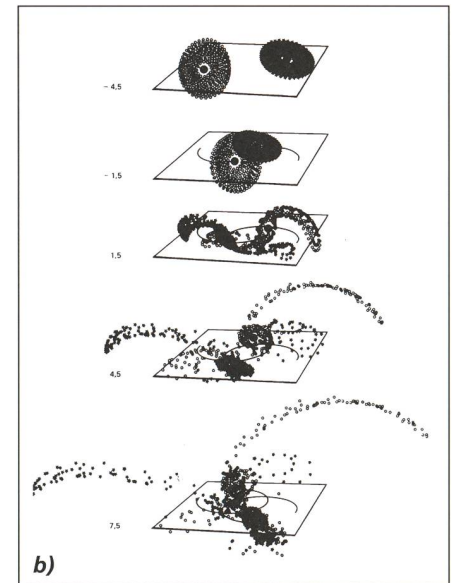
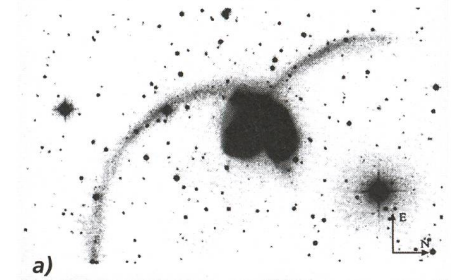


Figure 9:
a) Photographie (selon l'atlas Arp) du système en interaction constitué des deux galaxies NGC 4039 et NGC 4039.
b) Simulation numérique de cette situation réalisée par TOOMRE et AL. (source [3])

- l'interaction de marée déstabilise un disque galactique et réduit le temps de formation d'une barre;
- l'interaction de marée induit la formation d'une onde de densité dans la partie extérieure du disque; cette onde se propage vers le centre du disque et renforce le processus de formation d'une barre;

- dans une galaxie, initialement déjà barrée, l'interaction de marée renforce la barre et change la distribution des vitesses à l'intérieur de celle-ci;
- la fusion avec un compagnon accroît la masse centrale du disque et produit la destruction de la barre; un accroissement de seulement 1 à 2% de la masse totale du disque est suffisant pour produire cet effet.

Des simulations (PFENNIGER 1991) ont aussi montré l'effet contraire. L'effet gravitationnel d'un satellite compact

ayant une masse correspondante à 10% de la masse totale du disque, induit sur ce dernier d'abord l'apparition d'une barre et d'une structure spirale dans un temps d'environ cent millions d'années et ensuite la destruction de la barre en environ la moitié du temps précédent pour aboutir à une structure finale de noyau sphéroïdal.

FABIO BARBLAN
Route de l'Etraz 6a
CH-1239 Collex/GE

Bibliographie

- [1] FRANÇOISE COMBE et AL, *Astrophysique, Galaxies et cosmologie*; InterEditions 1991
- [2] LOUIS MARTINET, *Evidences of secular dynamical evolution in disk galaxies*, Fundamentals of Cosmic Physics. Vol 15 N° 4, 1995
- [3] DANIEL FRIEDLI, *Evolution dynamique des galaxies barrées par simulation numérique 3D*, Thèse Genève, 1992
Barred Galaxies, IUA Colloquium 157, Astronomical Society of Pacific, 1996
- [4] *The Hubble Atlas of Galaxies*, ALLAN SANDAGE, Publication 618 Carnegie Institution of Washington, 1961

INSTRUMENTENTECHNIK TECHNIQUES INSTRUMENTALES

Astrophotographie

DANIEL CEVEY

7. La photographie en projectif

7.1. Matériel

Comme son nom l'indique, la photographie en projectif consiste à projeter sur le film l'image donnée par un oculaire placé sur le télescope ou la lunette. Pour cela on utilise un tube, le télé-convertisseur, se fixant sur le porte oculaire du télescope. L'effet du dispositif est d'allonger la focale résultante (cf. § 3.6.) donc de diminuer le champ et la luminosité.

Tous les oculaires ne conviennent pas nécessairement au montage en projectif. Il est donc prudent de s'assurer que les oculaires dont vous disposez sont adaptés à ce montage. D'autre part, certains télé-convertisseurs que l'on trouve dans le commerce sont mal conçus, car, en cas de mauvaise manipulation, l'oculaire peut tomber sur le miroir de l'appareil photo et l'endommager. Il faut donc vérifier que le tube convertisseur possède un petit arrêt qui stoppera l'oculaire. Si ce n'est pas le cas, il suffit de percer le tube en son milieu et d'insérer une vis qui ressorte légèrement à l'intérieur, empêchant ainsi que l'oculaire ne tombe sur l'appareil photo.

Donnons un exemple de calcul de la focale résultante en système projectif:

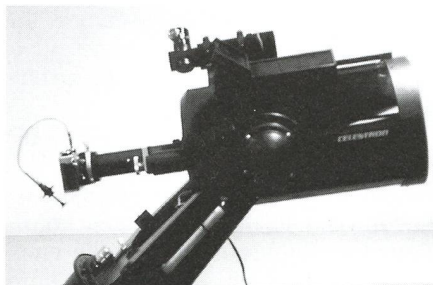
- On utilise un télé-convertisseur de tirage $T = 125 \text{ mm.}$ et un oculaire de focale 25 mm. sur un télescope de focale principale égale à 2 m ouvert à $F/10$:

Avec la relation: $T = f_{oc}(G + 1)$ on obtient un grandissement:

$$G = \frac{T}{f_{oc}} = \frac{125 \text{ mm}}{25 \text{ mm}} = 4$$

La focale résultante $f_{résultante} = G \times f_{principale} = 4 \times 2 \text{ m.} = 8 \text{ m}$ pour une ouverture à **F/40**. L'image sur le film correspond à celle obtenue au foyer d'un télescope de 8 m de focale ouvert à **F/40**.

Pour la même configuration, mais en utilisant un oculaire de focale **12 mm**, le grandissement sera égal à **9.5**, la focale résultante de **19 m** et l'ouverture **F/95**. L'image sur le film correspond à celle obtenue au foyer d'un télescope de 19 m de focale ouvert à **F/95**.



Télescope C8 muni d'un système projectif. Le boîtier est muni d'un déclencheur souple. Devant le télé-convertisseur on distingue le compteur digital de focalisation. Sur le télescope, le système de visée Telrad et derrière la lunette de visée 8x50.

Ce dispositif ne permet pas de placer un oculaire hors axe. Les poses seront obligatoirement courtes, le suivi étant

assuré par le seul moteur en A.D. La mise au point sera faite sur une étoile à l'aide de la loupe.

7.2. Prises de vue

Le système en projectif permet de photographier les taches solaires, les cratères lunaires, les planètes, ou encore les systèmes doubles.

Mais il faut savoir que cette méthode est délicate, et nécessitera de nombreuses tentatives. Si l'on désire des clichés de qualité, outre une mise au point irréprochable, on s'assurera de bonnes conditions de turbulences, et on veillera à minimiser les risques de vibrations. Pour cela, il faut impérativement utiliser un déclencheur souple. Si le résultat n'est malgré tout pas satisfaisant, on peut, après la mise au point, relever le miroir manuellement, et procéder à une obturation manuelle à l'aide de la palette noire.



La Lune est à son 6^e jour.

On distingue dans ce quadrant Nord-Est, la mer de la Sérénité, avec, au N-E, les cratères Eudoxus (diamètre de 67km; hauteur de 3700m) et Aristoteles (diamètre de 87km; hauteur de 3700m).

Photographie en projectif avec un oculaire de 25mm. Focale résultante de 8m. Ouverture **F/40**. Pose de 1/15s. sur film Ektar 1000. Arzier (VD) le 29 mars 1993 à 23h.



Croissant de Vénus.

La planète est alors distante de 0,35UA et son diamètre angulaire est de 48,8". Photographie en projectif avec un oculaire de 25mm. Focale résultante de 8m. Ouverture F/40. Pose de 1/15s. sur film Ektar 1000. Arzier (VD) le 9 mars 1993 à 17h15.



La planète Mars. Distance de 0,71UA. Diamètre angulaire de 13,2". Photographie en projectif avec un oculaire de 12mm. Focale résultante de 19m. Ouverture F/95. Pose de 1/4s. sur film Ektar 1000. Arnex (VD), le 28 février 1995 à 19h15.

Voici, à titre d'exemple, un tableau donnant les ordres de grandeur des temps de pose pour la photographie planétaire en projectif sur un film de **400 ISO**. On l'adaptera aisément pour

d'autres sensibilités, et on procédera à plusieurs poses avec des temps compris entre la moitié et le double du temps proposé.

Rapport F/D	Vénus	Mars	Jupiter	Saturne
40	1/125	1/30	1/4	1
60	1/60	1/15	1/2	2
80	1/30	1/8	1	4
120	1/15	1/2	2	8

Exemples de temps de pose (en seconde) sur film 400 ISO

DANIEL CEVEY

13, ch. du Tirage, CH-1299 Crans (VD)
(à suivre...)

■ Ce cours est disponible (avec les illustrations en couleurs) au prix de **Frs. 25.-** en quantité limitée à la réception de l'Observatoire de Genève, ou auprès de l'auteur. Tél. 022/776 13 97.

Original BAADER AstroSolar™ Sonnenfilter-Folie

ARNOLD VON ROTZ

Folie zum Bau hochwertiger Filter für die Sonnenbeobachtung mit Feldstecher, Teleskop und Fotoapparat.

Bisher war für mich klar: Die Beeinträchtigung der Qualität der Sonnenbilder hat ihre Ursache in den schlechten Beobachtungsbedingungen städtischer Umgebungen. So war ich der Meinung, dass in meinem schlechten Umfeld beispielsweise die Anschaffung eines hochwertigen und daher teuren optischen Glasfilters für die Sonnenbeobachtung kaum eine Verbesserung der Bildqualität bringen würde und sich deshalb nicht lohnt.

Die «AstroSolar™ Sonnenfilter-Folie» von Baader hat mich eines anderen belehrt. Bei entsprechend optimalen atmosphärischen Bedingungen erhielt ich mit diesem Sonnenfilter derart gestochen scharfe und kontrastreiche Sonnenbilder, dass ich mehrmals mein altes Filter mit dem neuen Baader-Filter vergleichen musste, um mich davon zu überzeugen, dass der Kontrast und die Schärfe der Sonnenbilder in erster Linie am verwendeten Schutzfilter liegt. Und die Tage mit guten oder sogar idealen Sichtbedingungen, die auch in städtischen Verhältnissen gegeben sein können, sind gar nicht so selten, wie ich geglaubt hatte.

Dank intensiver Entwicklungsarbeit, mehrfachen Qualitätskontrollen, laserinterferometrischen Wellenfrontmessungen, durchgeführt von unabhängigen Prüflabors, und praxisbezogenen Anwendungen hat die Firma Baader mit diesem Sonnenschutzfilter einen Volltreffer gelandet. Diese Sonnen-Folie hat die Qualität eines hochwertigen optischen Planglases und braucht den Vergleich mit Glasfilter und Herschelkeil nicht zu scheuen. Voraussetzung für eine ungestörte Transparenz ist allerdings: «Die Folie muss absolut plan eingebaut werden»!

Die Baader-Folie ist in drei Ausführungen erhältlich. Die «Astrosolar 5.0» ist für visuelle Beobachtungen konzipiert. Für fotografische Zwecke empfiehlt sich die Verwendung der «Photo 3.8», und der «Turbo Film™» kann als Abschluss für offene Fernrohrtypen eingesetzt werden. Dank der hohen Qualität und der verschwindend kleinen Kosten verdienen die Baader-Folien eine grosse Verbreitung unter den Liebhabern der Sonnenbeobachtung und solchen, die es noch werden möchten.

ARNOLD VON ROTZ

Seefeldstrasse 247, CH-8008 Zürich

ICSO 2000

Colloque International sur l'Optique Spatiale

Centre de Congrès Diagora
Toulouse Labège - France

5-6-7 décembre 2000

l'Annonce et Appel à Communications

Une mise à jour des informations
concernant le colloque est accessible
sur Internet à l'adresse suivante:

<http://www.cnes.fr/colloque>

AN- UND VERKAUF ACHAT ET VENTE

• Zu verkaufen

Miyauchi Feldstecher 26 + 37 x 100/
45° Apochromat, neuwertig, wenig
gebraucht.
Tel. 062/926 38 07.

Le géocentrisme de Ptolémée et l'héliocentrisme de Copernic

GASTON FISCHER

Dans un récent article d'ORION ANDREAS VERDUN [1] fait l'historique des événements qui ont culminé avec la publication de *De revolutionibus orbium coelestium* et il présente une biographie de son auteur COPERNIC. On trouvera une biographie beaucoup plus détaillée mais bien moins flatteuse dans le livre *Les somnambules* d'ARTHUR KOESTLER [2].

Il est bien connu que plusieurs savants grecs avaient déjà proposé un système héliocentrique, en particulier ARISTARQUE DE SAMOS (~310 - ~230 av. J.-C.) et SELEUCUS (II^e s. av. J.-C.). ARISTARQUE avait eu un grand renom d'astronome, mais il fut suivi par HIPPARQUE de Nicée (~190 - ~120 av. J.-C.), dont la réputation fut plus grande encore. On doit par exemple à HIPPARQUE le premier traité systématique de trigonométrie et le premier catalogue de 850 étoiles. Ses observations étaient connues pour leur précision et en les combinant avec les archives d'observations faites par des prédécesseurs à Babylone et Alexandrie, il découvrit la précession des équinoxes et put déterminer la longueur du mois lunaire à la seconde près. A cause de l'absence d'une parallaxe observable il rejeta l'idée d'un monde héliocentrique.

On admet généralement que c'est à cause du renom d'HIPPARQUE que la conception géocentrique du monde s'imposa avec autorité et qu'elle perdura pendant plus de 1600 ans [c.f. p.ex. 3]. Mais une deuxième raison, plus importante encore, pourrait bien avoir engendré cette remarquable pérennité: c'est la qualité du système proposé par PTOLÉMÉE (~100 - ~165 ap. J.-C.). Le système de PTOLÉMÉE est bien connu, spécialement celui concernant les planètes extérieures, reproduit à la Fig. 1. Pour les planètes intérieures PTOLÉMÉE eut besoin d'un système nettement plus compliqué [c.f. p.ex. 4] qui ne sera pas considéré ici.

Dans le diagramme de la Fig. 1 le rôle de l'épicycle est de reproduire la rétrogradation observée pour les planètes, rétrogradation causée par la rotation de la Terre autour du Soleil: la planète fait un tour d'épicycle à vitesse constante chaque fois que la Terre parcourt une fois sa propre orbite. Si, à ce stade, PTOLÉMÉE était passé à un système héliocentrique, il aurait placé le Soleil à la position marquée «Terre» dans la figure et la planète au point M; il n'aurait plus, alors, eu besoin d'un épicycle. D'autre part, en

décentrant la position du Soleil, PTOLÉMÉE s'était rapproché d'un système képlerien et le seul pas qu'il aurait encore eu à franchir était le passage du cercle à l'ellipse.

Il est bien connu que PTOLÉMÉE n'a pas fait ce pas, mais l'a remplacé par un autre dont nous allons étudier les mérites. Comme indiqué à la Fig. 1, le point M se déplace sur le cercle déférent; mais sa vitesse n'y est pas uniforme. Au contraire, cette vitesse semble être uniforme lorsqu'elle est vue depuis le *Punctus Equans*, un point introduit par Ptolémée en position symétrique du point «Terre» par rapport au centre du cercle déférent. Exprimé de façon plus simple, on dit que la vitesse angulaire du point M est uniforme par rapport au *Punctus Equans*. Ici on pourrait faire la remarque qu'en se limitant à des distances symétriques par rapport au centre, PTOLÉMÉE se privait d'un degré de liberté supplémentaire. Mais nous allons voir que son choix est en fait le meilleur possible.

Dans la théorie képlerienne des orbites planétaires, la deuxième loi est celle des aires. Selon cette loi, les aires des secteurs orbitaux balayés par le rayon entre Soleil et planète sont proportionnelles aux intervalles de temps correspondants. Cela signifie que, vue depuis le Soleil la planète se déplace plus vite si sa distance au Soleil est plus courte. Au périhélie de son orbite la planète a donc sa plus grande vitesse et à l'apogée la vitesse la plus petite. Par la loi des aires on trouve facilement les vitesses orbitales $\dot{\phi}_p$ et $\dot{\phi}_a$ au périhélie et à l'apogée:

$$\dot{\phi}_p = \frac{\alpha}{(a-c)^2} \text{ et } \dot{\phi}_a = \frac{\alpha}{(a+c)^2} \quad (1)$$

a est le demi grand-axe et c la distance focale, cette distance étant généralement exprimée au moyen de l'excentricité ε , soit $c = \varepsilon \cdot a$ (selon la Fig. 2).

La constante α des équations (1) se déduit aisément de la troisième loi de Képler ($T^2/a^3 = 4\pi^2/GM$) qui met en relation le carré de la période orbitale T et le cube du demi grand-axe a :

$$\alpha = \frac{b}{2} \cdot \sqrt{\frac{GM}{a}} \quad (2)$$

où b est le demi petit-axe, G la constante de la gravitation et M la masse du Soleil.

En général on n'attribue pas de signification particulière au second foyer; mais si on se place à cet endroit pour

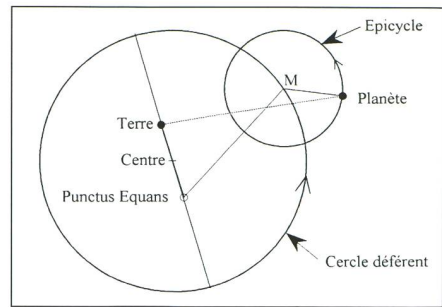
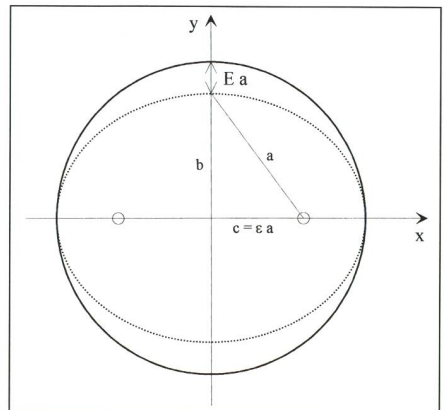


Figure 1. Construction de PTOLÉMÉE, entièrement basée sur des cercles, pour les orbites des planètes supérieures, Mars, Jupiter et Saturne. La planète tourne à vitesse angulaire constante dans le sens indiqué sur le cercle de l'épicycle, dont le centre M est en orbite sur le cercle déférent. La vitesse de M n'est pas uniforme sur le cercle déférent; par contre, la **vitesse angulaire** de ce point est uniforme par rapport au *Punctus Equans*, décentré d'un segment appelé équant. L'équant est symétrique au décentrage de la Terre par rapport au centre. La rotation de la planète sur l'épicycle est nécessaire pour compenser la rotation de la Terre autour du Soleil et se fait donc exactement sur un an. La parallèle au segment MP par le centre du cercle déférent est dirigé vers le Soleil. Les points décentrés, «Terre» et «Punctus Equans», correspondent manifestement aux foyers des ellipses képlériennes. Le passage à un système héliocentrique verrait la planète au point M et le Soleil à la place de la Terre.

suivre le mouvement orbital de la planète, il est évident que la vitesse angulaire que l'on observe depuis ce point sera plus uniforme que celle qu'on voit depuis le Soleil. Cette observation est facile à confirmer; il suffit de multiplier les vitesses orbitales données en (1) par le rapport des rayons, $(a-c)/(a+c)$ au pé-

Figure 2. Cercle et ellipse inscrite de demi grand-axe a . L'excentricité $\varepsilon = [(a^2 - b^2)/a^2]^{1/2}$ donne la position des foyers, $c = \varepsilon \cdot a$, mais l'ellipticité $E = (a-b)/a$ fournit une meilleure description de la déformation elliptique du cercle.



rigée et $(a + c)/(a - c)$ à l'apogée. On trouve alors le résultat un peu surprenant que ces deux vitesses orbitales, $\dot{\psi}_p$ et $\dot{\psi}_a$, sont identiques:

$$\dot{\psi}_p = \dot{\psi}_a = \frac{\alpha}{a^2 - c^2} = \frac{1}{b^2} \quad (3)$$

Par un calcul similaire on montre qu'aux extrémités des petits axes les vitesses angulaires vues depuis les deux foyers sont toujours égales à

$$\dot{\phi}_b = \frac{\alpha}{a^2} \quad (4)$$

La symétrie (ou l'antisymétrie!) de ces résultats est remarquable et on note que les vitesses orbitales observées depuis le second foyer sont un peu plus petites aux extrémités des petits axes qu'à celles des grands axes. Mais dans le cas le plus défavorable des 5 planètes connues du temps de PTOLÉMÉE, celui de Mercure dont l'excentricité $\varepsilon = 0.206$, on trouve

$$a^2 - c^2 \cong 0.958 \cdot a^2 \quad (5)$$

Même pour Pluton, avec $\varepsilon = 0.249$, on a

$$a^2 - c^2 \cong 0.938 \cdot a^2 \quad (6)$$

alors que pour Mars, la planète extérieure de plus grande excentricité connue de PTOLÉMÉE avec $\varepsilon = 0.093$, il vient

$$a^2 - c^2 \cong 0.991 \cdot a^2 \quad (7)$$

Ces résultats apportent la confirmation que la propriété attribuée par PTOLÉMÉE au *Punctus Equans*, selon laquelle depuis ce point le rayon orbital du point M se déplace de façon uniforme sur le cercle déférent, est presque parfaitement réalisée.

On pourrait maintenant reprocher à PTOLÉMÉE d'avoir choisi pour ses épicycles et ses déférents des cercles et non pas des ellipses. Cela est certainement vrai; mais les déformations requises pour l'épicycle ne serviraient qu'à compenser la déformation elliptique de l'orbite de la Terre, dont l'excentricité n'est que de $\varepsilon = 0.017$. Quant aux cercles déférents, nous venons de voir que parmi les planètes connues de PTOLÉMÉE, à l'exception de Mercure elles avaient toutes de très petites excentricités. D'autre part, il est bien connu que l'excentricité ne décrit pas bien l'écart qu'il y a entre un cercle et une ellipse. Comme le montre la Fig. 2, l'excentricité ε est une mesure de la distance qu'il y a entre le centre de l'ellipse et les foyers. Exprimée au moyen des demi axes a et b de l'ellipse, ε s'écrit:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}} \quad (8)$$

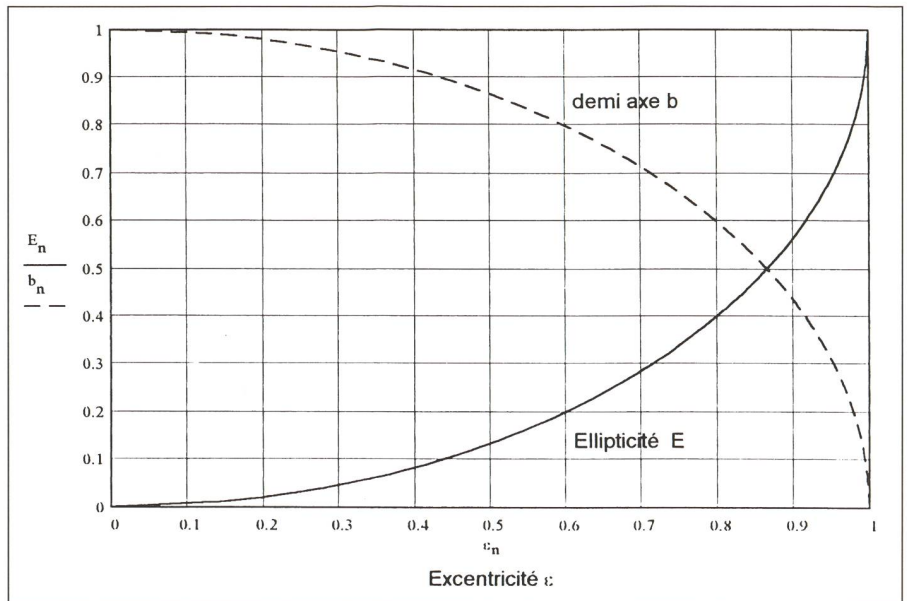


Figure 3. Représentation de l'ellipticité E et de la longueur réduite du demi petit-axe b/a en fonction de l'excentricité ε . On voit clairement que dans le domaine des petites excentricités les déformations elliptiques sont très petites. Ainsi, pour $\varepsilon = 0.3$ on a seulement $E \cong 0.046$.

Comme suggéré à la Fig. 2 et confirmé par la Fig. 3, la valeur de l'excentricité ε donne une image exagérée de la déformation elliptique. En effet, si on considère l'ellipse comme un cercle aplati, un bien meilleur paramètre pour décrire cette déformation est le raccourcissement du petit-axe par rapport au grand-axe, ce que nous décrirons par un paramètre que nous appelons ellipticité E :

$$E = \frac{a - b}{a} \quad (9)$$

Dans l'exemple de la Fig. 2 on voit qu'à une excentricité $\varepsilon = 0.6$ ne correspond qu'une ellipticité $E = 0.2$. La Fig. 3, qui est une représentation de l'ellipticité E en fonction de l'excentricité ε , illustre notre argument: pour des excentricités ε inférieures à 0.1, l'ellipticité est toujours inférieure à $E \cong 0.005$ et dans ces conditions il sera difficile de voir qu'une ellipse d'excentricité $\varepsilon \leq 0.1$ est vraiment une ellipse et non pas un cercle. Pour la Terre, avec $\varepsilon = 0.017$ on obtient $E = 0.0001445$, et la déformation requise pour l'épicycle serait donc vraiment négligeable. On sait cependant que l'excentricité des planètes évolue avec le temps; mais les périodes typiques de ces variations sont de l'ordre de dizaines à centaines de milliers d'années.

Les arguments présentés démontrent que le système imaginé par PTOLÉMÉE pour décrire les orbites des planètes est finalement très proche de la représentation képlérienne. Comme nous l'avons dit au début, ce système est si bien adapté à la réalité qu'il a sûrement contribué à sa pérennité pendant 1300 ans. De fait, il est bien connu que le sys-

tème tel que l'a proposé COPERNIC était moins élégant que celui de PTOLÉMÉE, ceci pour différentes raisons:

- 1) Le passage du système géocentrique à l'héliocentrique a certes permis à COPERNIC de se débarrasser de l'épicycle. Comme on le sait, les philosophes grecs avaient choisi d'expliquer le ciel en se limitant à l'utilisation de cercles et de sphères; à leurs yeux ces figures géométriques étaient les plus parfaites, celles de plus haute symétrie, sans début et sans fin. Il était inadmissible de penser que les divinités responsables de la genèse du monde aient pu le construire avec des éléments de perfection inférieure. Même s'il ne partageait peut-être pas les mêmes raisons de se limiter à l'emploi de cercles pour décrire le mouvement des planètes, COPERNIC n'eût pas l'imagination de se débarrasser de cette tradition arbitraire. Mais l'héliocentrisme le plus primitif ignore le décentrage des orbites; pour remédier à l'absence de décentrage Copernic fut obligé d'introduire des petits cercles correcteurs et cela compliquait son système.
- 2) COPERNIC fit une deuxième erreur de jugement. Ayant admis que le Soleil était l'astre majeur gouvernant la marche des planètes, il n'en fit pourtant pas le centre de son système. Une fois encore il témoigna d'un grand manque d'imagination, choisissant pour point d'ancrage le centre de l'orbite de la Terre. Il se vit alors une nouvelle fois obligé de compenser cette inconsistance par l'introduction de petits cercles correcteurs.

En définitive, le système proposé par COPERNIC, s'il n'avait plus besoin d'un grand épicycle pour compenser la rotation de la Terre autour du Soleil, nécessitait davantage de petits cercles correcteurs que celui de PTOLÉMÉE [4,2]! On en trouve une confirmation indirecte dans le manuscrit de COPERNIC, dont une page, tirée de l'article de ANDREAS VERDUN [1], est reproduite à la Fig. 4.

A bien des égards, l'ensemble des lois de KÉPLER constituent une révolution plus importante que l'héliocentrisme de COPERNIC. Avec KÉPLER on a non seulement la vraie géométrie des orbites, mais encore la cinématique correcte des planètes.

PTOLÉMÉE a plusieurs fois été accusé de fraude. Il aurait manipulé des données mesurées afin d'améliorer la correspondance avec sa théorie. Cette question vient d'être revue par HETHERINGTON [5] qui ne pense pas que ce reproche soit justifié. Selon HETHERINGTON on ne peut pas juger PTOLÉMÉE selon les critères acceptés aujourd'hui pour ce qu'on considère comme l'éthique scientifique. Du temps de PTOLÉMÉE on n'avait

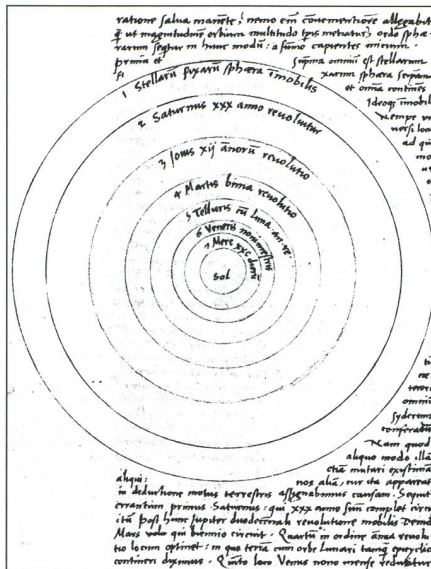


Figure 4. Reproduction d'une page du manuscrit de COPERNIC, dans lequel il décrit son système héliocentrique. Le Soleil est au centre autour duquel gravitent les planètes. Mais les cercles n'en sont pas les orbites, ils délimitent seulement les zones attribuées à ces orbites, dont la forme exacte est beaucoup plus compliquée.

pas encore développé les notions de répartition statistique des données. Au lieu de traiter l'ensemble des mesures par des techniques statistiques, il est probable que PTOLÉMÉE choisit celles qui illustraient le mieux sa théorie, cela d'autant plus que son ouvrage avait un but éminemment didactique.

GASTON FISCHER
Rue de Rugin 1A, CH-2034 Peseux,
gfischer@vtx.ch

Bibliographies

- [1] VERDUN ANDREAS: *Eine astronomische Revolution vor 500 Jahren?* ORION, No. 297, avril 2000, pp. 4-9.
- [2] KOESTLER ARTHUR: *Les somnambules*, traduction de *The Sleepwalkers*. Penguin, 1959, first published by Hutchinson, London, 1954.
- [3] LOVELL BERNARD: *Emerging Cosmology*. Praeger, New York, 1985. ISBN 0-03-001009-8.
- [4] NORTH JOHN: *Astronomy and Cosmology*. Fontana, London, 1994. ISBN 000686177 6.
- [5] HETHERINGTON NORISS S.: *Ptolemy: on trial for fraud*, *Astronomy & Geophysics*, 38/2, 1997, pp. 2427.

DIVERSA DIVERS

Des observatoires virtuels?

ANDRÉ HECK

L'apparition dans la littérature professionnelle, tant aux Etats-Unis qu'en Europe, de projets faisant intervenir dans leurs intitulés l'expression d'*observatoire virtuel* nous pousse à prendre la plume et à attirer l'attention sur un abus de langage qui risque de perturber plus d'un amateur d'astronomie qui risquerait d'entendre parler de ces propositions.

Si la virtualité est un concept bien appréhendé en cette époque d'informatique et de réseaux à tout crin, les structures proposées sont en effet fortement éloignées de l'acception commune d'un observatoire astronomique ou météorologique dédié à la collecte de données nouvelles.

De quoi s'agit-il? Le projet américain vise à connecter différentes cartographies du ciel (ce qu'on appelle en anglais des *surveys*) effectuées dans différentes longueurs d'onde depuis le sol et l'espace. Les auteurs semblent ignorer le principe de la variabilité dans le temps de la plupart des objets cosmiques et ne s'en tenir qu'à des levés en différentes couleurs, faisant abstraction de la spectrométrie, de la polarimétrie et de toute autre technique analysant en détail des objets spécifiques.

En somme, il y est fait abstraction de ce qui est réalisé le plus souvent dans un observatoire astronomique digne de ce nom.

Quant au projet européen, il est ouvertement centré sur des méthodes modernes de gestion de l'information à partir des grands dépôts de données astronomiques de par le monde. Certes très louable en soi, cette approche ne mérite pas non plus le nom d'*observatoire* puisque s'attaquant à des données déjà acquises et réduites.

Il faut aussi être conscient que, comme Monsieur Jourdain faisant de la prose, nous pratiquons la virtualité chaque fois que nous observons puisque, du fait de leur distance et de la vitesse finie de la lumière, les images et données que nous obtenons sont des fictions exprimant l'état des objets correspondants plus ou moins longtemps avant la collecte de leurs photons: une seconde pour la Lune, huit minutes pour le Soleil, environ 4,3 années pour l'étoile la plus proche Proxima du Centaure, environ 8,7 années pour Sirius, de l'ordre de deux millions d'années pour la Galaxie d'Andromède M31, etc.

L'univers cosmique tel nous le représentons est donc en soi une gigantesque virtualité complexe d'états réels anté-

rieurs, différenciée en fonction du recul dans le temps et dans l'espace auquel on s'arrête. Cette vision spatio-temporelle risque d'ailleurs de se remettre en question au fur et à mesure des avancées cosmologiques et en particulier si la théorie dudit big bang est abandonnée ou fortement révisée dans un avenir peut-être pas si lointain.

Quoiqu'il en soit, cette mosaïque virtuelle est l'univers bien réel que nous tentons de comprendre aussi exhaustivement que possible dans toutes ses variables à partir de données tout aussi réelles collectées session d'observation après session d'observation à l'aide d'un parc instrumental de plus en plus diversifié et de plus en plus performant.

Au vu des vastes quantités de données astronomiques inexploitées à ce jour de par justement cette excellence instrumentale atteinte, nos méthodologues de l'information astronomique et nos gestionnaires de centres de données sont certainement très bien inspirés de développer les moyens appropriés pour attaquer ces masses dormantes de façon aussi globale et aussi efficace que possible. Mais ces projets devraient être désignés par des noms appropriés et non par des appellations abusives faites de termes à la mode risquant de détourner des crédits dont les observatoires dignes de ce nom ont un réel besoin.

ANDRÉ HECK, Observatoire de Strasbourg

Im Rahmen der Lichtverschmutzung:

Öffentliche Beleuchtung und Energieverschwendung

FERNAND ZUBER

Die Astronomen kennen das Problem der Lichtverschmutzung und haben die Gewohnheit, sich darüber zu beklagen ...im kleinen, unwirksamen Kreis, ähnlich wie am Stammtisch. Wenn durch grossen Zufall die Klage ans Ohr der Öffentlichkeit gelangt, wird sie als Gespinnst einiger erwachter Träumer abgetan und wird normalerweise nicht ernst genommen. Doch hinter der Lichtverschmutzung verbirgt sich ein viel schlimmer Zusammenhang, nämlich die Verschwendung von elektrischer Energie, insbesondere für die öffentliche Beleuchtung.

Die schweizerische Energiepolitik glänzt durch Zusammenhangslosigkeit. Auf der einen Seite predigen die eidgenössischen und die kantonalen Behörden Energie zu sparen, bereiten eine CO₂-Abgabe vor und verteilen Broschüren an alle Haushalte, in denen Energie sparen gepredigt wird, auf der anderen Seite sieht der Bürger vielerorts neue Strassenlampen auftauchen, die während der ganzen Nacht ein starkes Licht in Strassen werfen, in denen kaum jemand geht. Zudem will man modern sein und wählt oft die Beleuchtungskörper, die vom energetischen Wirkungsgrad her die schlechtesten sind: die weisse Kugel. Nach dem Schattenkegel beurteilt man fest, dass diese mehr als die Hälfte des Lichtes dorthin projizieren, wo es nichts nützt, nämlich gegen den Himmel! Zudem wird der Passant durch das grelle, direkte Licht geblendet. Seine Pupille verkleinert sich und er sieht dadurch nicht besser als mit einer schwächeren, aber rationelleren Beleuchtung.

Erneuerung im Jahr 2000.
Dreifache Anzahl Lampen, dreifacher
Stromverbrauch. Veyras



Um diese groteske Verschwendung zu verharmlosen, greifen die Behörden oft zur Entschuldigung, die öffentliche Beleuchtung mache ohnehin nur einen winzigen Prozentsatz des gesamten elektrischen Verbrauchs der Schweiz aus.

Um die Albernheit dieser Argumentation zu verdeutlichen, zeigen wir als Beispiel einen anderen Fall von Verschwendung, ähnlich gelagert, doch betrifft er den Verbrauch von Trinkwasser.

Meine Wohngemeinde verteilte in früheren Zeiten das Wasser ab einem Reservoir, das von einer Quelle mit qualitativ bestem Wasser gespeist wurde. Jedermann war zufrieden, das Dorf vergrösserte sich und alles ging gut bis zum Moment, wo der Verbrauch die Fähigkeiten der Quelle überstieg: Wasserknappheit und Lieferunterbrüche waren die Folge. Die Gemeinde musste deshalb aus einer neuen, weniger günstigen Quelle schöpfen, und das Wasser wies zeitweise einen Chlorgeschmack auf.

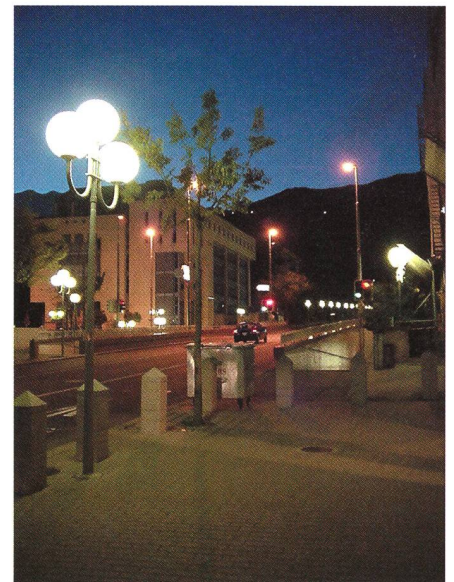
Nach einiger Zeit folgte eine neue Knappheit. Es war im Sommer während der grossen Hitze. Im oberen Dorfteil war der Wasserfluss schon zeitweise unterbrochen, während im unteren Teil die Verbraucher noch rücksichtslos ihre Gärten mit Trinkwasser spritzten, allen Verboten zum Trotz. Neues Suchen, neue Quelle, noch weniger zuverlässig. Nach geraumer Zeit musste die Gemeinde einsehen, dass die neuen Quellen durch Viehexkreme verunreinigt waren. Man musste sie abstellen. Der übermässige Verbrauch und die Verschwendung provozierten die Knappheit und die Verschmutzung.

Mit unserer Elektrizität ist es ähnlich: in einem integrierten Netz wie in der Schweiz oder in Europa ist die Produktion aus erneuerbaren Quellen beschränkt und deckt nur einen kleinen Teil des totalen Verbrauchs ab. In der Schweiz decken die Hydrokraftwerke nur etwa die Hälfte des Bedarfs. Der Rest kommt unerbittlich aus thermischen Kraftwerken, beheizt entweder durch Atomenergie oder, im europäischen Netz, Erdgas, Schweröl oder Kohle. Es ist logisch, dass jede Steigerung des Elektrizitätsverbrauchs unsere Abhängigkeit von diesen Energieträgern erhöht.

Schweröl und besonders Kohle und Braunkohle produzieren enorme Mengen von Kohlendioxid und anderen Schadstoffen. Der Fall der Atomenergie ist sehr komplex: Kurzfristig sind die Kernkraftwerke in Westeuropa vielleicht vorteilhaft im Vergleich zu Kohle und Braunkohle. Langfristig aber sieht es anders aus: Der Abbau und die Entsorgung der Kernkraftwerke am Ende ihres nützlichen Lebens wird ungeheure Gelder verschlingen (Milliarden) und uns während Jahrzehnten sehr gefährliche Arbeiten bescheren. Das Problem der Zwischenlagerung der radioaktiven Abfälle ist bei Weitem nicht gelöst. Man muss bedenken, dass diese Abfälle während tausenden von Jahren schwer giftig und krebserregend sein können. Mit der Kernenergie hinterlassen wir unseren Nachfolgenerationen eine schwere Hypothek. Was würden wir sagen, wenn wir eines Tages feststellen müssten, dass uns die Neanderthaler radioaktive Höhlen hinterlassen haben, versehen mit Zutrittsverboten, geschrieben in einer längst verschwundenen Sprache und in völlig unentzifferbaren Zeichen?

Sitten, Bahnhofstrasse.

Die öffentliche Beleuchtung ist einer der grössten Lichtverschmutzer.



Wenn also jede Erhöhung des Elektrizitätsverbrauches letztlich eine Produktionserhöhung aus einer der schädlichsten Quellen nach sich zieht, heisst das ebenso, dass jede Verbrauchseinsparung die Gefahren vermindert, gegenwärtige wie zukünftige. Die häufig geäusserten Argumente für die kommende Solarenergie schießen meist am Ziel vorbei: Wenn die Sonnenenergie dereinst wirtschaftlich wird, wäre es weise, sie zum Ver-



Ein recht verbreiteter Lampentyp, aber in wenig begangener Strasse mit einem Bewegungsschalter ausgerüstet.

Une lampe assez commune, mais munie d'un interrupteur avec senseur de mouvement dans une rue peu fréquentée. Veyras.

drängen der schädlichen Kraftwerke einzusetzen und nicht, um weiterhin Energie zu verschwenden.

Der Verbraucher steht somit vor einem Dilemma: entweder durch weitere Stromverschleuderung wissentlich die atomare Belastung und die Treibhausgase zu fördern oder dort Strom sparen, wo er kann.

Ein Sektor, auf dem Stromsparen leicht zu bewerkstelligen wäre, ist die öffentliche Beleuchtung. Mit geringen Mitteln wäre es möglich, die Ausbeute merklich zu steigern. Strom sparen will gar nicht heissen, schlecht zu beleuchten. Die Beispiele gut durchdachter und effizienter Beleuchtung mangeln in der Schweiz nicht.

Es wäre empfehlenswert, die öffentliche Beleuchtung auf eidgenössischer wie auch kantonaler Ebene kritisch unter die Lupe zu nehmen und entsprechende Richtlinien zu erlassen. Hoffen wir, dass sich weitsichtige und verantwortungsbewusste Politiker dieser Problematik annehmen.

Übers. ERNST MAEDER, Mollens.

En marge de la pollution lumineuse:

Eclairage public et gaspillage d'énergie

FERNAND ZUBER

Les astronomes connaissent le problème de la pollution lumineuse et ont coutume de se plaindre ... en cercles fermés et inefficaces, genre Café du Commerce. Si par le plus grand des hasards le problème parvient aux oreilles du grand public, il est considéré comme une manie de quelques insomniaques, et n'est, en général pas pris au sérieux. Derrière la pollution lumineuse se cache cependant un problème beaucoup plus lancinant, celui du gaspillage de l'électricité, en particulier dans l'éclairage public.

La politique énergétique en Suisse est pleine d'incohérences. D'un côté, les autorités fédérales et cantonales pré-

chent les économies d'énergie, projettent une taxe sur le CO₂ et distribuent à tous les ménages des brochures prônant les économies d'électricité. D'autre part, le citoyen voit surgir un peu partout de nouveaux lampadaires qui projettent toute la nuit une lumière violente dans des rues où il ne passe personne ou presque.

La mode actuelle veut que l'on choisisse souvent le modèle le plus misérable qui soit du point de vue l'efficacité de l'éclairage: le globe blanc. Compte tenu du cône d'ombre projeté par sa base, celui-ci projette plus de la moitié de la lumière là où elle ne sert à rien: vers le ciel. De plus, le passant est ébloui par la lumière directe. Conséquemment sa pupille se rétracte et il n'y voit pas mieux que si l'éclairage était moins fort mais plus rationnel. (images)

Pour bagatelliser ce grotesque gaspillage, les autorités rétorquent généralement que l'éclairage public ne représente qu'un infime pourcentage de la consommation totale d'électricité en Suisse.

Pour montrer l'ineptie de ce raisonnement, nous prendrons en exemple un autre cas de gaspillage, similaire bien qu'il se rapporte à l'utilisation de l'eau potable.

Rénovation en 2000.

Trois fois plus de lampes: consommation d'électricité triplée. Veyras.



Sion, Avenue de la Gare.

L'éclairage public est un des facteurs majeurs de la pollution lumineuse.

La municipalité de mon village distribuait jadis son eau à partir d'un réservoir alimenté par une source d'eau très pure. Tout le monde était content, le village s'agrandissait et tout alla bien jusqu'au moment où la consommation dépassa le débit de la source. Pénurie d'eau et interruptions dans la livraison. La municipalité dut alors puiser de l'eau dans une source moins propice et dont l'eau avait parfois un goût...de chlore.

Après quelques temps: nouvelle pénurie. C'était en été, lors de grandes chaleurs. Dans le haut du village, l'arrivée d'eau était interrompue par moments, tandis que dans le bas, des usagers inciviques arrosaient leur jardin avec de l'eau potable en dépit des interdictions. Nouvelle recherche, nouvelle source, encore moins fiable. Après un certain temps la municipalité dut se rendre à l'évidence: les nouvelles sources étaient contaminées par des excréments de vaches. On dut donc les déconnecter. La surconsommation et le gaspillage provoquent la disette et la pollution.

Il en est de même pour notre électricité: dans un réseau intégré comme en Suisse ou en Europe: la production d'électricité provenant de sources re-

nouvelables est limitée et ne représente qu'une faible partie de la consommation totale. En Suisse, les centrales hydrauliques ne fournissent que la moitié environ de la consommation. Le reste provient inexorablement de centrales thermiques chauffées par l'énergie atomique ou, à travers les réseaux européens, par la combustion de gaz naturel, d'huile lourde ou de charbon. Il est évident que toute augmentation de la consommation d'électricité renforce notre dépendance de ces ressources.

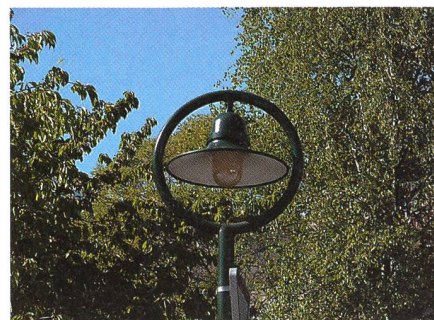
L'huile lourde, et surtout le charbon et la lignite produisent des quantités massives de gaz carbonique et autres polluants. Le cas de l'énergie atomique est complexe: à court terme, les centrales nucléaires de l'Europe de l'Ouest sont peut-être plus sûres que les centrales à charbon et à lignite. A long terme, la situation est différente: le démantèlement des centrales en fin de vie coûtera des sommes gigantesques (des milliards) et des dizaines d'années de travaux très dangereux. Le problème de l'entreposage des résidus radioactifs est loin d'être résolu. Il faut penser que ces résidus restent hautement toxiques et cancérogènes pendant des milliers d'années. Avec l'énergie atomique, nous léguons une

très lourde hypothèque aux générations futures. Que dirions nous si nous nous apercevions un jour que les hommes du Neanderthal nous ont légué des cavernes radioactives, agrémentées d'interdictions d'entrée écrites dans une langue disparue et complètement indéchiffrable?

Si toute augmentation de consommation d'électricité augmente en fin de compte la production de la source la plus nocive, toute économie réduit le danger, présent ou futur. L'alibi courant de l'énergie solaire à venir est fallacieux. Si le solaire devient économique, il serait avisé de l'utiliser pour arrêter les centrales nocives et non pour continuer notre gaspillage.

L'utilisateur est donc placé devant un dilemme: ou bien il augmente sciemment la pollution atomique et la production de gaz de serre en gaspillant l'électricité ou bien il essaie d'économiser, là où il le peut.

Un des secteurs où l'économie serait aisée est celui de l'éclairage public. Avec des moyens très modiques, il serait possible d'augmenter sensiblement son efficacité. Economiser l'électricité ne veut pas dire mal éclairer. Les exemples d'éclairage bien étudié et rationnel ne manquent pas en Suisse..



Comme l'éclairage vers le bas est amélioré, ces lampadaires peuvent être plus espacés, d'où économie d'électricité.

Eine mit Reflektor versehene Lampe. Da die Lichtausbeute nach unten besser ist, können die Lampen in grösserem Abstand aufgestellt werden, dadurch Strom einsparung.

Il serait donc bon que l'éclairage public soit examiné de manière critique au niveau des cantons et de la Confédération et que de nouvelles directives à son égard soient publiées. Espérons qu'il se trouvera des politiciens clairvoyants et responsables pour porter le sujet en haut lieu.

FERNAND ZUBER

Chemin des Vendanges, CH-3968 Veyras

Les Potins d'Uranie

La piste du maïs

AL NATH



Voici une autre légende indienne d'Amérique du Nord dont il existe d'ailleurs de multiples variantes.

Il y a très longtemps, dans un village où se trouvait un moulin à maïs prospère, des choses étranges se passèrent. Les femmes se rendaient chaque matin au moulin pour concasser du maïs et rentraient le soir chez elles.

Mais elles commencèrent à remarquer que, de plus en plus souvent, du maïs manquait le matin dans les réserves. De toute évidence quelqu'un venait durant la nuit voler leur nourriture.

Les villageois se rassemblèrent, effectuèrent des recherches et finirent par remarquer, dans les environs du moulin, les traces d'un énorme chien, beaucoup plus grand que ce qu'ils avaient jamais vu. Bizarre. Bizarre.

(Photo Noël CRAMER)

Résolus à en avoir le coeur net et, de toutes façons, à mettre fin à ces vols, ils décidèrent de s'embusquer durant la nuit et vérifier si cet animal était bien le responsable de la disparition du maïs.

Et, en effet, vers le milieu de la nuit, un très, très grand chien arriva du nord et se dirigea sans hésiter vers l'un des récipients dont il se mit à avaler goulûment le maïs. Les villageois surgirent de derrière les buissons et se mirent à faire le plus de bruit possible pour effrayer le larron.

Le chien sursauta en hurlant et s'enfuit tellement terrorisé que ses bonds le portèrent jusqu'au ciel, le maïs qu'il n'avait pu avaler s'échappant de sa gueule et se répandant un peu partout. A la grande satisfaction des paysans, l'énorme animal courrut tellement vite et tellement loin qu'il fut rapidement hors de vue.

Lorsqu'il eut disparu, les villageois remarquèrent que le maïs qu'il avait abandonné derrière lui laissait une traînée de part en part du ciel. Si, de nos jours, certains appellent cette trace la Voie Lactée, pour ces villageois et leurs descendants elle est restée jusqu'aujourd'hui la Piste du Maïs ou encore le Chemin Là-où-le-Chien-Courrut.

AL NATH

■ Il est particulièrement inhabituel (pour ne pas dire inédit...) de voir soumettre des textes d'outre-Atlantique pour une publication dans notre revue. A fortiori lorsqu'il s'agit d'honorer un de nos compatriotes. C'est pour cette raison que nous reproduisons cet interview de CLAUDE NICOLLIER fait aux USA dans sa langue d'origine (Réd.)

■ Es ist sehr ungewöhnlich, um nicht zu sagen einmalig, jemals einen «Transatlantischen Beitrag» zur Veröffentlichung in unserer Zeitschrift zu erhalten. Dies gilt umso mehr, wenn einer unserer Landsleute uns damit beehrt. Aus diesem Grund geben wir dieses in den USA gemachte Interview mit CLAUDE NICOLLIER in der Originalsprache wieder. (Die Redaktion)

CLAUDE NICOLLIER interviewed by John ALLAN COHAN after the STS-103 mission.

«The mission was very successful...»

JOHN ALLAN COHAN

Astronaut CLAUDE NICOLLIER, born in Vevey, Switzerland, is the first European to become a NASA astronaut. A veteran of four Space Shuttle flights, DR. NICOLLIER granted us this exclusive interview in January, just two weeks after returning from the dramatic servicing mission to repair the disabled Hubble Space Telescope (HST), in which he installed new gyroscopes and a new computer. The HST was disabled in November, 1999, because four of its gyroscopes went on the blink.

DR. NICOLLIER was a member of the first group of European astronauts selected by the European Space Agency

(ESA) in 1978. Two years later, NASA hired him to train as a Space Shuttle mission specialist.

An astrophysicist in his own right, DR. NICOLLIER received a B.S. degree in physics from the University of Lausanne, and an M.S. degree in astrophysics from the University of Geneva. DR. NICOLLIER served as a captain in the Swiss Air Force. He flew in squadrons of hawk hunter.

DR. NICOLLIER, trim and modest in demeanor, with a shock of silver hair and a quick smile, is easygoing yet intense. Speaking in the French accent of his native Lausanne, Switzerland, he started by filling in his background:

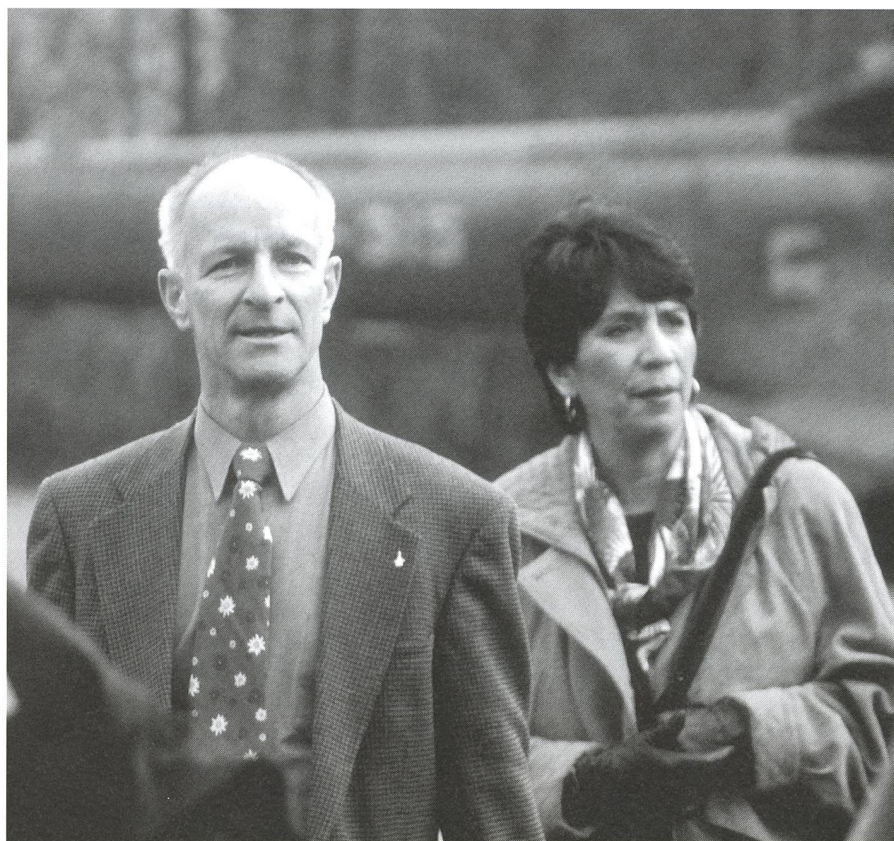
«I divided my time between flying with my squadron for the Air Force and doing research. My research was in stellar photometry, and I spent time on mountaintop observatories like Gornegrat and Jungfrauoch. I also went to Chile as part of the first group of Swiss astronomers to continue our work in the southern hemisphere.

«I temporarily interrupted my research at Lausanne University to train as an airline pilot in Zurich, and flew for Swissair from 1973-76. In '76 I wanted to go back to science and accepted a position with the European Space Agency as an infrared astronomy research scientist, did that for one year, and then I was selected by ESA as a member of the first group of European astronauts. That was the beginning of my astronaut career.»

How did you get hired by NASA as an astronaut?

«I trained in Europe for 3 years as an astronaut. The plan was to fly the Shuttle on the Space Lab mission, which was the contribution of ESA to that mission. Then NASA accepted me to train as a mission specialist at Johnson Space Center, with responsibilities for science, robotic work, and space walks. I was NASA's first non-American specialist trainee.

«It was quite a step for Europe to get its first astronaut to train as a mission specialist for NASA. Soon I was assigned to a mission called EOM (Earth Observation Mission), but it was canceled because of the Challenger accident. There were a few years of wait, and eventually I flew in 1992 on the 46th Shuttle mission. This was to deploy European research (EURECA) to test tethered satellites, and to conduct experiments to generate electric power without using solar arrays. That mission was a partial success. The deployment worked fine but the satellite test was shortened by a jam in the cable.



CLAUDE NICOLLIER and his wife SUSANNA arriving at the Geneva Observatory after the STS - 103 Hubble Space Telescope repair mission of December 1999.

«I flew in '93 on the first Hubble Space Telescope servicing mission [STS-61], where we achieved correction of faults in the primary mirror by installing correcting devices that gave it good sight again. I was a mission specialist again in 1996 [STS-75] on a tethered satellite mission.»

What do you think the study of astronomy contributes to the world? Many people think it's of intellectual interest, but that it falls short of concrete benefits to society.

«Astronomy gives us a perception of where we are going and where we are from. It helps address a fundamental question for humans about our place in the universe. Astronomy is a significant extension of our understanding of the universe in general. Planetary astronomy is important to understand the future of Earth; if we understand Mars we can understand what might happen to Earth in the future.

«There is the intellectual question of where we come from, where we are going, but also the survival question of how we can best manage Earth, to keep it a decent habitat for people in the next millennium. Astronomy can help us find out how life arose on Earth, whether life came from the interplanetary medium, for instance.

«Astronomy isn't just satisfaction of intellectual curiosity but links to the survival of the human species. Also, it's a tremendous motivation for young people to understand math and science. It fascinates the public; it's an extremely popular field of science, and it's becoming more so with time.

«Also, we get science from the Space Shuttle itself. We make our own water and electricity on the Shuttle. Robotic applications are being developed for human use based on Shuttle technology. The Shuttle has a few dedicated science flight with experiments to do with medicine, biology, earth science and atmospheric science. Some missions have studied biological samples to see how they behave in zero gravity; or biological samples are exposed to the outer environment to see how life responds to ultraviolet radiation. And there have been physiological studies of astronauts to see how the body reacts to zero gravity; and experiments have studied the behavior of animals in the absence of gravity.»

What were your specific tasks on last month's Hubble service mission?

«The primary purpose of the mission was to replace gyroscopes inside the telescope that allow it to maintain an attitude in space in order to do science. Gyroscopes, or gyros, are needed for pointing the telescope. They measure altitude when Hubble is changing its pointing from one target – a star or planet, for example – to another, and they help control the telescope's pointing while scientists are observing targets.

«Originally there were 6 gyros, 3 of which were backups. Three are needed in order for the HST to work, and we had lost four – the fourth went out in November, just a month before our mission. The telescope was no longer able to operate. In a way it was a rescue mission because the telescope was not functional. We installed a whole complement of gyros, which were upgraded as well.

«Also, we were to replace the Hubble's onboard computer, which had been upgraded in the previous servicing mission, but which we now replaced with a completely new computer 20 times faster and with six times as much memory. The new computer was previously tested in the Space Shuttle for 10 days in 1998, to insure it could withstand bombardment by cosmic and solar radiation and work flawlessly in the extreme temperatures of space for the rest of Hubble's life.

«We replaced one of the fine guidance sensors – these are in the attitude control loop of Hubble – in order to in-

sure fine pointing (.007 of an arc second) and very precise maintenance of attitude. We also replaced the transmitter and the solid state recorder, which is essential for efficiently handling the high volumes of data from Hubble's instruments. All the rest, like installation of a new thermal blanket layer and replacement of latches on Hubble's bay door – we couldn't accomplish fully because we could only perform 3 out of the 4 planned space walks. As you know, our launch was delayed quite a bit, and we had to be back by December 27th. NASA wanted the Shuttle back before Y2K with enough time for post landing processing of the orbiter, and to get the whole orbiter shut down during the transition to 2000 with a few days of margin – just in case there might be any Y2K problems.

«The mission was very successful within a somewhat reduced objective; 95% of the objectives were accomplished. The new thermal blanket layer was sort of a get-ahead task, to be done in the next servicing mission, but that doesn't impair the ability of the telescope to work perfectly now.»

As an astronaut in a dramatic servicing mission, how do you approach teamwork with your fellow astronauts and ground support?

«Teamwork works very well in a program like this one. In my four missions so far there hasn't been anything more than slight disagreement that was solved rapidly. It's an ingredient of success to have team work, not only with the team in the Shuttle, but teamwork shared with ground support. There has to be good communication. I



From the left: CLAUDE NICOLLIER, JOHN GRUNSFELD, MICHAEL FOALE, SCOTT KELLY (Pilot) and JEAN-FRANCOIS CLERVOY are greeted by MICHEL MAYOR (lower right).

personally have never had any problems. In this last mission we were particularly under pressure to work together to accomplish the mission objective. Each astronaut has the same primary purpose – to have the mission be a success, and this binds the crew. I knew from my colleagues that minor friction can occur but never anything major. I have lived something similar with a squadron, a small group of pilots, with tasks that are difficult and dangerous. Inner conflicts with a tight group like this are rare.»

This was your first space walk. Actually, it isn't a «walk,» you are busily working, not walking. What was it like?

«Yes, this was my first space walk, and also the first space walk by a European astronaut. This space walk was for me an 8-hour excursion outside, together with Mike Foale; we had trained together for about seven months including about ten times as much water time – time in a pool where we do most of our training – as we were going to spend on our space walk. For me the space walk was very packed with a lot of tasks to perform. I started to work just like I had in training; I knew there was very little time to take a break to look at the Earth or look at the stars. Each minute of the space walk was so packed with important work to do. It was very rigorous, but also very exciting. The eight hours seemed like only two hours.

«This sensation of being suspended between space and the Earth was really amazing; you are just floating free in formation with the Shuttle, being attached by a thin wire.

«The training in the large water tank was such that I felt very well prepared. It was like another water exercise, but no bubbles around me.»

What would happen if an astronaut broke loose and started floating away from the Shuttle? What's the emergency protocol for that?

If you get loose from the tether you need to be recovered by the crew; we were extremely careful with the tethers. Every tool is tethered and every piece of equipment is tethered; we were extremely careful to follow a very strict protocol so as to not get detached from the orbiter or lose anything.

«The Shuttle has lots of maneuvering capabilities. We always work in pairs. In case of an emergency of getting detached, the Commander was to maneuver the orbiter to the astronaut floating away, even if this meant dam-

age to Hubble, and the other astronaut would grab his colleague. Priority would be to recover the astronaut.»

What sort of tools and crew aids do you use on the space walk to service the Hubble?

«A lot of them were power tools to tighten or loosen bolts. Our main power tools are the Power Ratchet Tool and the Pistol Grip Tool. They could be adjusted to a certain torque. We used power tools because there were a lot of bolts to undo in order to open doors – to save time and to better control the torque for each tightening or loosening of screws. Some tools were just normal tools modified for space usage.

«When you work in weightlessness either your body is floating free, with one hand secured on handrails built into the Hubble to position your body, with the other hand free to do some work. If you want to use both hands we stow our feet on a small platform of the robotic arm, which gives us good positioning capability for the body.

«We always had one astronaut on the platform and another maneuvering freely outside the telescope on hand rails. We also could install portable foot restraints on the go, if needed. There are anchor points on the Hubble to install foot restraints so that you can put your feet there and have both hands free.»

How do you manipulate tools with those thick space gloves?

«These gloves are inflated at 4.3 pounds of oxygen pressure, so the gloves are quite rigid. We are impaired in our ability to do work, so for many tasks we need tools. We trained for fine work with tools using the gloves. On the Hubble there are small connectors too fine to be tightened or loosened with gloves, so we had wrenches and other tools which were aids in performing these tasks.»

What is your impression of the view of space from the Shuttle, when you had breaks to take it in?

«Views of the earth and the universe were stunning. We spent some time, the only time we could relax, looking out the window. We darkened the cabin so we could see better, and for instance the passes over South America were spectacular. And the Magellanic Clouds, the Southern Cross, Alpha Beta Centauri and a totally unobscured view of the Milky Way were extremely beautiful. We could see city lights on Earth [the Hubble is on a low earth orbit, 330 nautical miles]. The beauty was really the sky, particularly the Milky Way.»

What is the environment like when you are in one of those space suits?

«The Shuttle travels 18000 mph or one revolution in 1-1/2 hours, or 5 miles per second. In space there we are close to limit of the ionosphere; it's nearly a vacuum. The space suit has a temperature control system with water circulating in small plastic tubes; it cools you down – metabolic heat is cooled. We also have drinking water we can have with a straw inside the helmet. If you didn't have a space suit, your body would nearly explode because outside the pressure is zero. There would be a huge rush of air out of your lungs. Your body would be ripped apart by a rapid swelling.»

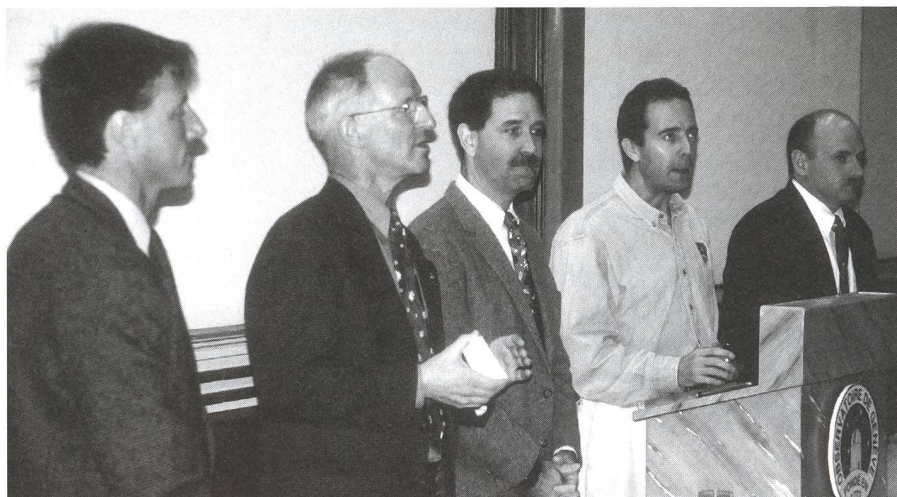
What was the most dramatic incident of this mission?

«We always expect snags. There were valves on the Hubble's NICMOS [Near Infrared Camera] that we needed to undo – they were cryogenic fluid valves – the cryo cooler had run out. It was Steve Smith's task to open the valves. The fluid valves are inside the telescope, hard to reach, and were much tighter than anticipated, possibly due to exposure to extreme temperature changes, and engineers anticipated we would have difficulty.

«The problem was that we knew the break value for each bolt we were working on. If a bolt didn't work we had to use a higher torque; to release a number of fasteners we sometimes have to increase the torque, but these valves required a certain torque much higher than expected, which means the fasteners could end up breaking. So it was very tense undoing the cryo valves and took more time than anticipated. We didn't break any bolts, but that possibility made for tense moments. If we ended up breaking any bolts it's not a disaster because we could still fasten devices shut with less than the full panoply of bolts.»

What was it like sleeping on the Shuttle? Did you sleep well?

«We sleep in sleeping bags. All seven of us sleep at the same time. Each of us had found a spot on the flight deck or mid-deck. They are pretty ordinary sleeping bags, with a cushion for your head with a velcro band to put on your forehead to keep your head on the cushion – or else your head will be floating. But some people like to sleep free floating in the cabin, and every so often they might softly bump into the wall – a soft bump that



From the left: MICHAEL FOALE, CLAUDE NICOLIER, JOHN GRUNSFELD, JEAN-FRANCOIS CLERVOY and SCOTT KELLY describing their mission (photos: NOËL CRAMER)

won't wake you up. I slept really well. I seemed to get by with less sleep than on the ground.»

How do you shave and shower on the Shuttle?

«There's no shower! We have soapy wet towels; we wet them with a water gun; and we have dry towels; we use wet and dry towels. And we use electric shavers. Brushing our teeth, we just expel the toothpaste into a paper towel. There's trash receptacles for wet things. Toilets have an engineering system that helps to flush down waste.»

What's the food like?

«It's mainly dehydrated, and we re-hydrate it with water. We generate water on the Shuttle by the fuel cells. The fuel cells produce electric power and water, so we have a lot of water on board. Dehydrated food doesn't spoil and takes much less room and mass. Most of the food is pretty good. You can compose your own menu a few months before launching.

It must have been very unusual spending Christmas working in space!

During Christmas we had taken with us Santa hats, and had a short voice communication with our families; essentially Christmas was deferred until post landing. For us it was a normal day of work. We really spent Christmas with our families after landing. There's no quarantine period after landing, but there is prior to lift-off so we are not exposed to potential sources of getting a cold or the flu.»

On this mission the Shuttle landed at night. What danger does that pose?

«About five minutes before landing the Pilot, Scott Kelly, takes manual control of the Shuttle and lands it. The entry is essentially automatic until that last five minutes before landing. The pilot takes over right after the Shuttle slows to subsonic speed. During re-entry it slows down by high drag; the whole entry is an exercise in the management of drag. This crew was trained to land at night.

Why is the Shuttle launch always postponed if there is rain or if there are clouds? Ordinary aircraft aren't usually delayed unless there are severe weather conditions.

«The Shuttle can't go through rain on ascent because rain can be damaging like bullets on the relatively fragile tile surface. And in case you have early problems on ascent you have the ability to come around and land the Shuttle, so you need to have good enough weather to land.»

How do you exercise on board the Shuttle?

«Mainly I do cardiovascular exercise and muscle toning exercise because in weightlessness muscles aren't being used naturally. You need force so muscles don't sustain too much atrophy. To maintain physical fitness in space we had an exercise machine – a bicycle ergometer; it's a bicycle which gives you a certain torque on the pedals, or you can exercise the upper part of your body on it. For this mission we didn't use it much because we were so busy, and our space walks gave us lots of exercise.

What are your hobbies?

«I love photography, flying aircraft, and spending time with my family. We like to travel to South America and Asia.

What are your duties now, after having completed this recent mission?

«Right after the flight we are recycled into a new job assignment. We have debriefings and public affairs work, lectures and such. Then I'll probably be assigned to the EVA (extra vehicular activities) where they think we can be of help. The EVA is where new technology is developed to improve efficiency of the Space Shuttle. As an astronaut they want input and recommendations from the experience I gained on this servicing mission. This is of interest in planning future flights. Astronauts help develop more efficient tools. For instance, astronauts from Hubble's first servicing mission in 1993, of which I was a part, helped develop a smaller, more efficient Pistol Grip Tool, which has since been used successfully on several missions for the International Space Station. Also we are consultants to scientists who want to design space experiments: As astronauts we advise these people how to design their experiments to function in the peculiar environment of space. We give advice to the engineers and scientists on all the user interfaces, even regarding control knobs.»

JOHN ALAN COHAN

Attorney at Law

LAW OFFICES OF JOHN ALAN COHAN

2049 Century Park East, Suite 1100

Los Angeles, California 90067

TELEPHONE (310) 557-9900

FAX (310) 785-0016

ASTRO-LESEMAPPE DER SAG

Die Lesemappe der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft ist die ideale Ergänzung zum ORION. Sie finden darin die bedeutendsten international anerkannten Fachzeitschriften:

Sterne und Weltraum
Sonne
Ciel et Espace
Galaxie
Sky and Telescope
Astronomy

Kosten: nur 30 Franken im Jahr!

Rufen Sie an: 071/841 84 41

HANS WITTWER, Seeblick 6, 9327 Tübach

Un rayon vert surprenant

GERT BEHREND, BERNARD NICOLET

Tout le monde n'a pas l'occasion d'observer le phénomène du **rayon vert**.

Habituellement lorsque le Soleil se couche il prend une teinte rouge bien connue, car les molécules de l'air diffusent plus efficacement les courtes longueurs d'onde λ (violet et bleu pour notre vision) que les grandes λ (rouge).

diffusion $\propto \lambda^{-4}$ Loi de RAYLEIGH

Cette lumière diffusée donne la teinte bleue du ciel qui est presque violette en haute montagne. Le Soleil (et les autres astres) sont d'autant plus rouges que l'épaisseur d'atmosphère traversée est grande. Les habitants de vallées qui sont la plupart des Suisses sont émerveillés par les levers et couchers de Soleil et de Lune qu'ils observent lorsqu'ils sont en bord de mer ou en mer.

Le spectacle est encore plus surprenant lorsque l'on se trouve en altitude et que ces astres sont en dépression, ou à une **hauteur** (angle avec l'horizon astronomique) h négative ou, ce qui revient au même, à une **distance zénithale** $z > 90^\circ$.

Lorsque certains témoins prétendent qu'à l'ultime instant qui précède son coucher, le Soleil émet parfois une lueur bleue-verte, ils suscitent le scepticisme, car cette observation semble contredire la loi de RAYLEIGH. Les sceptiques changent d'avis lorsqu'ils sont témoins à leur tour du fameux rayon vert.

L'explication tient à la **réfraction atmosphérique**. L'indice de réfraction n du vide vaut 1, celui de l'air au niveau de la mer vaut $n_{\text{air}} \approx 1,000293$ dans le jaune. Lorsque z croît en s'approchant de 90° , voire dépasse cette valeur, les rayons des astres sont incurvés et, lorsque l'on observe $z = 90^\circ$, z_{vrai} , c'est-à-dire sans réfraction, vaut $90^\circ 36'$.

On a ainsi une réfraction $A = 36'$ pour $z = 90^\circ$.

Mais il y a plus: l'air réfracte davantage les courtes longueurs d'onde que les longues.

$n_{\text{bleu}} - 1$ est de 2% supérieur à $n_{\text{rouge}} - 1$. De même A_{bleu} excède A_{rouge} de 2%. C'est d'ailleurs ce type de phénomène: **dispersion** qui explique pourquoi un prisme de verre permet d'obtenir un spectre approximatif d'une source lumineuse.

La partie bleue-verte du bord supérieur du Soleil est à $0,7'$ au-dessus de la partie rouge et se couche ainsi 2 à 5 secondes après celle-ci.

C'est cette ultime fin de coucher que l'on peut voir par conditions exceptionnelles. Il faut, en particulier que le bord de l'horizon soit très net et peu brumeux. Le soir semble ainsi préférable au matin. Signalons tout de même pour la petite histoire que l'explorateur BYRD qui se trouvait au pôle Sud lors du lever polaire du Soleil a observé le rayon vert pendant 35 minutes.

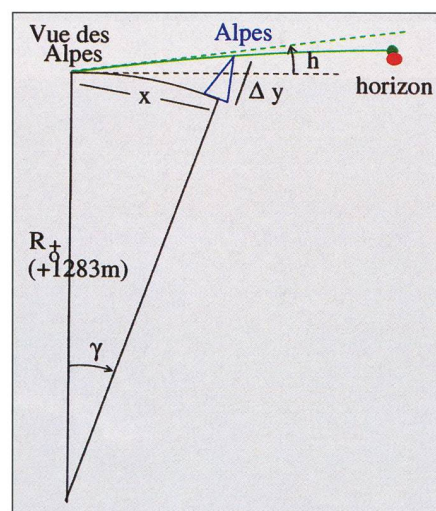
Dans la règle donc on observe le rayon vert:

- 1) **au coucher** du Soleil
- 2) Avec le Soleil **en dépression**
- 3) Le rayon vert est **au-dessus** du centre apparent du Soleil.

Or lorsque l'un de nous (GERT BEHREND) qui s'était rendu à plusieurs reprises à la Vue-des-Alpes, col neuchâtois situé à 1283 m d'altitude pour y observer le Soleil observait par conditions favorables: atmosphère calme et claire, température très basse un «rayon vert» atypique, puisqu'il ne répondait à aucun des trois critères ci-dessus, en effet:

- 1) Il avait lieu au **lever** du Soleil
- 2) Le Soleil apparaissait à gauche du Gletscherhorn en direction d'un col situé à plus de 3600 m d'altitude, donc 2350 m plus haut que la Vue-des-Alpes,
- 3) Le premier rayon, vert donc, était décalé par rapport à la verticale du centre du disque solaire.

En décembre 1999, GERT a pris les clichés qui accompagnent cet article à raison de 5 images par seconde afin de ne pas manquer le moment fatidique.



La hauteur h (angle!) peut être calculée en radians

$$h = \frac{\Delta y}{x} - \frac{x}{R_0}$$

valable si l'angle au centre γ est assez petit pour que

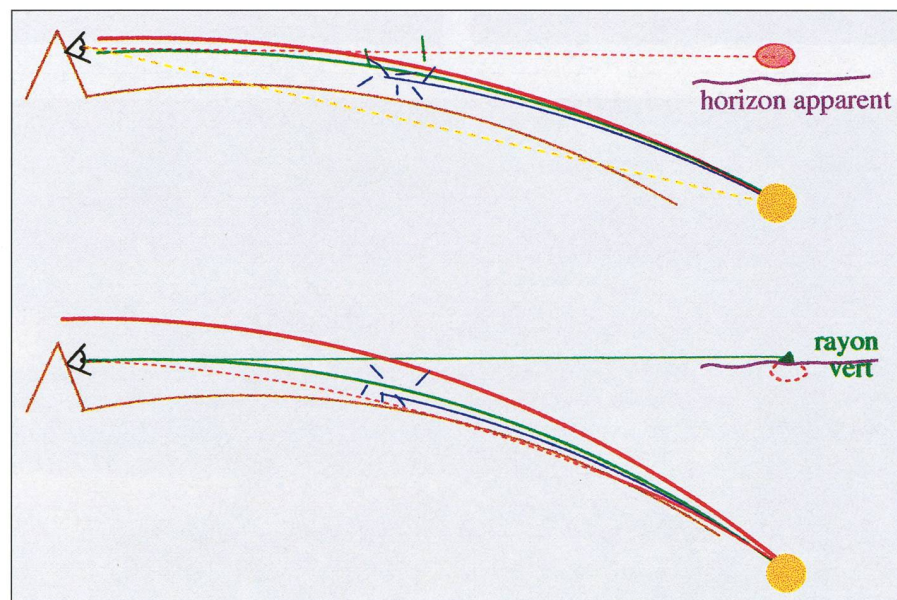
$$\cos \gamma \approx 1 - \frac{1}{2} \gamma^2 \approx 1 - \frac{1}{2} \left(\frac{x}{R_0} \right)^2$$

Avec $x = 120$ km et $\Delta y = 2,35$ km on obtient

$$h = 0,0102 \text{ rad} = 0,582^\circ = 35' \\ \Leftrightarrow z = 89^\circ 25'$$

D'après les tables de LANDOLT et BRÖNSTEIN

$$A - 28,3' \Rightarrow A_{\text{bleu}} - A_{\text{rouge}} \approx 0,5'$$



Le bord du relief alpin est très net, l'air pur: aérosols diffuseurs 10 fois plus rares que dans la campagne du Moyen-Pays et le rayon vert parfaitement observable quoique plus fugace qu'avec le Soleil en dépression. Le décalage vertical du rayon vert s'explique par les irrégularités du relief alpin; un cliché montre même deux rayons verts près du Schreckhorn!

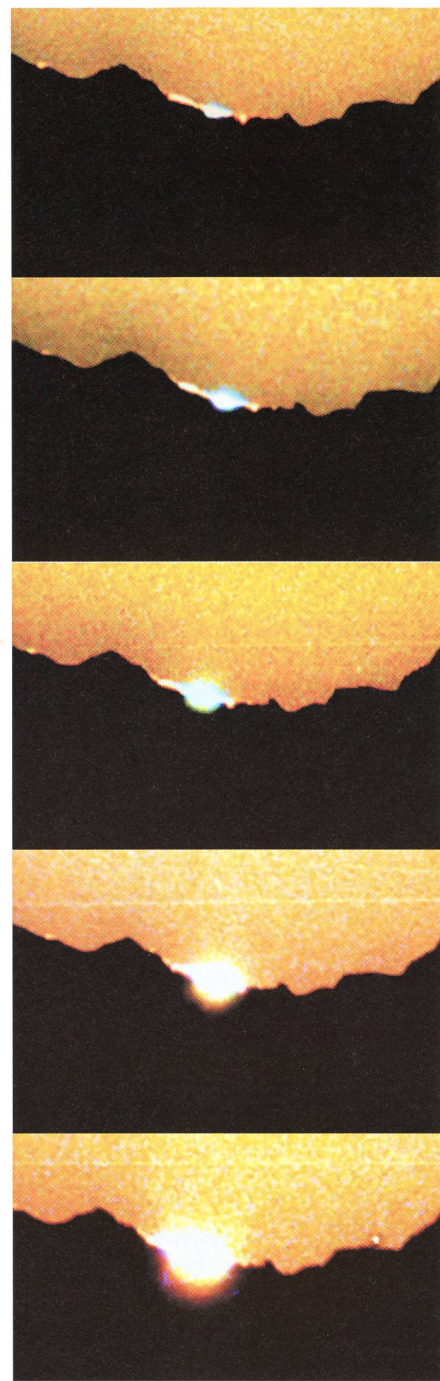
C'est donc bien un rayon vert que GERT BEHREND a vu et photographié et ce phénomène est observable même dans un pays non maritime même si cela bouscule quelques idées reçues.

GERT BEHREND

6, Passage de Bonne-Fontaine,
CH-2300 La Chaux-de-Fonds

BERNARD NICOLET

Observatoire de Genève, CH-1290 Sauverny
bernard.nicolet@obs.unige.ch



Double Amas de Persée

Double Amas de Persée avec un CG11
à $F/D = 6$; pose 45 mm sur film FUJI 400 ASA
à 1000 m d'altitude. (Photo: GILLES MATHIVET)

GILLES MATHIVET
Gr Bérain, F-43300 Langeac



Photographie CCD de galaxies

GRÉGORIO GIULIANI



M66

Pose: 315s; Télescope: C8 Ultima PEC f/3.3;
Caméra CCD: Starlight Xpress HX516; Site:
Vernier Village (Genève, Suisse); Date:
25.4.2000; Traitement: Stretch non-linéaire



M104

Pose: 270s; Télescope: C8 Ultima PEC f/3.3;
Caméra CCD: Starlight Xpress HX516; Site:
Vernier Village (Genève, Suisse); Date:
25.4.2000; Traitement: Stretch non-linéaire



M51

Pose: 270s; Télescope: C8 Ultima PEC f/3.3;
Caméra CCD: Starlight Xpress HX516; Site:
Vernier Village (Genève, Suisse); Date:
25.4.2000; Traitement: Stretch non-linéaire



M64

Pose: 270s; Télescope: C8 Ultima PEC f/3.3;
Caméra CCD: Starlight Xpress HX516; Site:
Vernier Village (Genève, Suisse); Date:
25.4.2000; Traitement: Stretch non-linéaire

NGC4565

Pose: 270s; Télescope: C8 Ultima PEC f/3.3;
Caméra CCD: Starlight Xpress HX516; Site:
Vernier Village (Genève, Suisse); Date:
25.4.2000; Traitement: Stretch non-linéaire



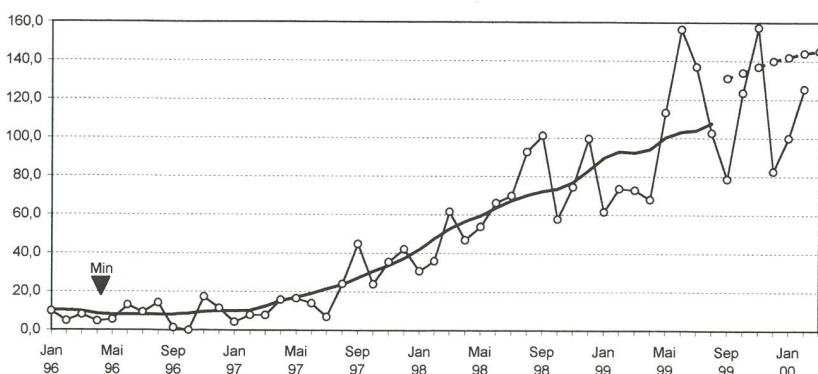
GRÉGORIO GIULIANI
Société Astronomique de Genève

<http://www.astrosurf.com/sag>

<http://www.astrosurf.com/atsroimage>

Swiss Wolf Numbers 2000

MARCEL BISSEGGER, Gasse 52, CH-2553 Safnern



Januar 2000

Mittel: 101,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
62	73	69	89	76	71	89	77	79	65	
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
116	140	163	162	177	195	141	142	115	114	
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
107	119	90	85	79	78	57	61	85	64	62

Februar 2000

Mittel: 124,0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
75	63	79	125	121	144	161	116	137	121
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
142	121	147	113	134	115	113	111	84	107
21	22	23	24	25	26	27	28	29	
104	117	113	149	137	189	171	159	172	

Juni 2000

- 3. Juni 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Die äusseren Planeten Uranus, Neptun, Pluto. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.
- 10. Juni 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Wie Sonne, Mond und Sterne sich bewegen. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.
- 17. Juni 2000
13 bis 18 Uhr: Astrofloh 2000. Ort: Kirchgemeindehaus Johanneskirche, beim Limmplatz, Zürich. Info: David Perels (david.perels@swisscom.com), Philipp Heck (philipp@darksy.ch), <http://www.astroinfo.org/events/af/>
- 17. Juni 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Sommer-Sonnenwende. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.
- 19. Juni 2000
19.30 Uhr: Prüfung und Kollimation optischer Instrumente. Vortrag mit Vorführung von Alois Ortner. Ort: Universität Bern, Physikalisches Institut, Sidlerstr. 4, 3012 Bern, Hörsaal B7. Veranstalter: Astronomische Gesellschaft Bern.
- 24./25. Juni 2000
Kolloquium. Leitung: Hugo Jost. Info und Anmeldung: Hans Bodmer, Schlottenbühlstr. 9b, 8625 Gossau/ZH, Tel. 01/936 18 30. Ort: Feriensternwarte Calina, 6914 Carona/TI.
- 24. Juni 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Weisse Nächte - Sonnenflecken. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.

Juli 2000

- 1. Juli 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Die Erde fern der Sonne. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.
- 8. Juli 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Venus. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.
- 15. Juli 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Sonnenuntergang am Meer. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.
- 22. Juli 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Hundstage und Treibhauseffekt. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.
- 29. Juli 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Das Sonnensystem in der Milchstrasse. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.

August 2000

- 5. August 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Das erste Foto vom Raumschiff Erde. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.
- 12. August 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Die Folge der Sternschnuppen. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.

- 19. August 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Jupiter und seine Begleiter. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.
- 25. bis 27. August 2000
12. Starparty. Info: <http://www.starparty.ch/2000/> Ort: Berghaus Gurnigel.
- 26. August 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Wir messen die Zeit. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.

September 2000

- 2. September 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Sonnenfinsternis - Besuch der Planeten. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.
- 9. September 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Planetarische Rundreise mit dem Mond. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.
- 9./10. September 2000
16. Sonnenbeobachtertagung. Info und Anmeldung: Hans Bodmer, Schlottenbühlstr. 9b, 8625 Gossau/ZH, Tel. 01/936 18 30. Ort: Feriensternwarte Calina, 6914 Carona/TI.
- 16. September 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Mondfinsternis - Bald ist Herbstbeginn. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.
- 23. September 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Herbstbeginn und Springflut. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.
- 23. September 2000
ab 18 Uhr: 8. Zumsteins Teleskoptreffen. Info und Anmeldung: Zumstein Foto Video, Herrn M. Figli, Casinoplatz 8, 3011 Bern, Tel. 031/311 21 13, Fax 031/312 27 14, <http://www.zumstein-foto.ch/zumstein-foto/Veranst.htm>. Ort: Berghaus Gurnigel.
- 30. September 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Bewegung und Gravitation. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.

Oktober 2000

- 2. bis 7. Oktober 2000
Elementarer Einführungskurs in die Astronomie. Leitung: Hans Bodmer, Gossau/ZH. Info und Anmeldung: Hans Bodmer, Schlottenbühlstr. 9b, 8625 Gossau/ZH, Tel. 01/936 18 30. Ort: Feriensternwarte Calina, 6914 Carona/TI.
- 7. Oktober 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Wie uns der Mond umkreist. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.
- 9. bis 14. Oktober 2000
Aufbaukurs: Die Sonne und ihre Planeten. Teil 2 des Elementaren Einführungskurses in die Astronomie. Leitung: Hans Bodmer, Gossau/ZH. Info und Anmeldung: Hans Bodmer, Schlottenbühlstr. 9b, 8625 Gossau/ZH, Tel. 01/936 18 30. Ort: Feriensternwarte Calina, 6914 Carona/TI.
- 14. Oktober 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Orion für Frühaufsteher. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.

- 16. bis 20. Oktober 2000
Woche des offenen Daches. der Sternwarte Bülach. Ort: Eschenmosen bei Bülach. Veranstalter: Astronomische Gesellschaft Zürcher Unterland (AGZU).
- 16. bis 21. Oktober 2000
Sonnenuhren kennen- und verstehen lernen. Leitung: Herbert Schmucki, Wattwil. Info und Anmeldung: Hans Bodmer, Schlottenbühlstr. 9b, 8625 Gossau/ZH, Tel. 01/936 18 30. Ort: Feriensternwarte Calina, 6914 Carona/TI.
- 21. Oktober 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Jupiter - Ende der Sommerzeit. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.
- 28. Oktober 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Verfälschte Zeit - Venus trifft Mars. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.

November 2000

- 4. November 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Wie sieht man die Bewegung der Gestirne?. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.
- 11. November 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Saturn. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.
- 18. November 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Gibt's Leben nur auf der Erde?. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.
- 25. November 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Nahe Planeten - ferne Sterne. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.

Dezember 2000

- 2. Dezember 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Gestirne, die zusammengehören. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.
- 9. Dezember 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Flug der Erde - Flug der Zeit. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.
- 16. Dezember 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Winter-Sonnenwende. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.
- 23. Dezember 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Weihnachts-«Stern» - Wo sind wir?. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.
- 30. Dezember 2000
11.50 bis 12.00 Uhr: Sonnensystem = Gegenwart - Sterne = Vergangenheit. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.

Januar 2001

- 6. Januar 2001
11.50 bis 12.00 Uhr: Der Mond begleitet uns. Serie Raumschiff Erde von SFDRS. Kanal: SF1.
- astro!info-Veranstaltungskalender
HANS MARTIN SENN - Tel. 01/312 37 75
<http://www.astroinfo.ch/>
E-Mail: senn@astroinfo.ch



TYCHO

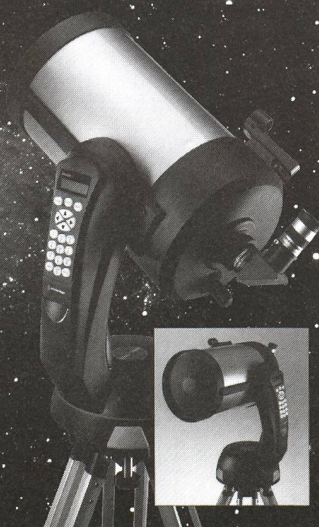
GET MORE TELESCOPE FOR LESS MONEY

Celestron NexStar 5 SFr. 2990.- statt / au lieu de SFr. 3890.-
Celestron NexStar 8 SFr. 4390.- statt / au lieu de SFr. 5590.-

Hunderte von weiteren solch ausserordentlichen Angeboten auf
Des centaines d'autres offres exceptionnelles sur

www.tycho.ch

TYCHO GmbH, Case postale 1469, 1001 Lausanne

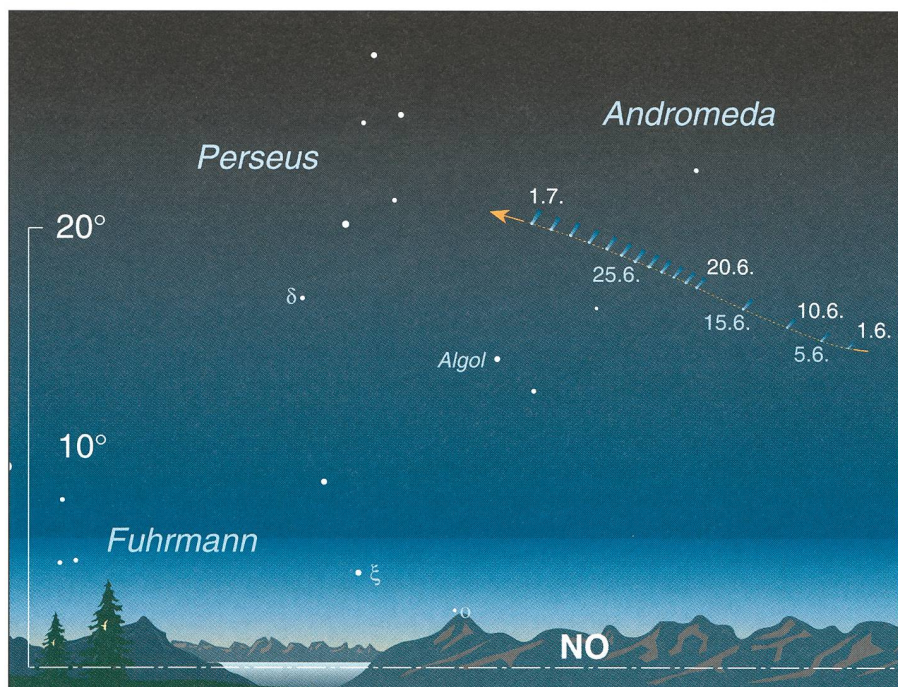


Komet C/1999 S4 (LINEAR) bietet nur ein kurzes Gastspiel

Mondlicht und mässige Maximalhelligkeit dürften die Kometenbeobachtung schwierig machen

THOMAS BAER

Die Chancen, den Kometen LINEAR (C/1999 S4) im Juli 2000 optimal beobachten zu können, sind auf zwei extrem kurze Beobachtungsfenster beschränkt. Da ausgerechnet zum Periheldurchgang des Kometen die hellen Vollmondnächte stören, lässt der kurze Helligkeitsanstieg die Beobachtungsbedingungen nur bedingt verbessern. So versprechen vor allem die Nächte nach Vollmond, also etwa ab dem 20. Juli 2000 günstigere Verhältnisse, da sich die Mondaufgänge täglich um rund 20 bis 30 Minuten verspäten.



Komet LINEAR C/1999 S4 am Morgenhimmel

Horizontansicht vom 1. Juni bis 1. Juli 2000 gegen 3:00 Uhr MESZ. Wie stark der Kometenschweif ausgeprägt sein wird, ist noch ungewiss. (Die Horizonthöhenangaben gelten für den 10. Juni 2000, 50° Nord, 11° Ost)

Fig. 1: Komet C/1999 S4 (LINEAR) ist im Juni 2000 am Morgenhimmel zu sehen. Seine Helligkeit von 7 mag erfordert allerdings ein Fernglas oder kleines Teleskop. Die Grafiken sind aufgrund der neuesten Bahnelemente gezeichnet. Bis zum Erscheinen dieses Artikels könnte sich die genaue Flugbahn vor den Sternen noch minimal verschieben. (Grafik: THOMAS BAER)

Nach den Berechnungen BRIAN G. MARSDENS erreicht der Komet voraussichtlich am 26. Juli 2000 sein Perihel. Dabei befindet sich C/1999 S4 (LINEAR) nur 0.76 Astronomische Einheiten oder umgerechnet 114 Millionen km von der Sonne entfernt. Weil der Komet im Juni und Juli 2000 hohe nördliche ekliptikale Breiten aufweist, steht er für mittlere geografische Breiten auf der Nordhalbkugel so weit nördlich der Sonne, dass

er über die erste Julihälfte hinaus sogar zirkumpolar bleibt. Einzig für die Gebiete nördlich des Polarkreises, etwa in Skandinavien, Nord-Kanada und Sibirien, gibt es eine Einschränkung. Hier macht die Mitternachtssonne die Kometenbeobachtung zunichte.

Zwei Beobachtungsfenster vor und nach Vollmond

Doch auch wenn für Mitteleuropa diese Kometenerscheinung wenigstens ein kleines Highlight in den ohnehin kurzen Sommernächten darstellt, ganz so grossartig wie etwa ein Hyakutake oder ein Hale-Bopp wird LINEAR keinesfalls. Dafür ist seine Maximalhelligkeit von prognostizierten 3.7 mag einfach zu «schwach». Ausserdem überstrahlt der zunehmende Mond ab dem 10. Juli 2000 den Himmel immer stärker, so dass sich eigentlich nur zwei günstige Beobachtungsfenster vor und nach dem Juli-Vollmond ergeben. Vorsichtig würde ich einmal davon ausgehen, dass C/1999 S4 etwa im Bereich eines Kometen Austin (1989 c1) eingestuft werden muss.

Ende Juni 2000 zeigt sich der 7 mag helle Komet am Morgenhimmel. Seine Bahn führt ihn südlich an der Andromeda vorbei Richtung Perseus (vgl. Fig. 1). Ab dem 28. Juli 2000 wird er dann für unsere Breitengrade zirkumpolar. Obwohl seine Helligkeit nun langsam ansteigt, wird er wegen des zunehmend störenden Mondscheins nicht unbedingt auffälliger.

Die neueren Bahnelemente zeigen auch, dass die einst berechnete Periheldistanz etwas grösser ausfällt, was sich auf die Aktivität des Kometen negativ auswirken könnte. Die geringste Distanz zur Erde wird voraussichtlich am 22. Juli 2000 gegen 18:00 Uhr MESZ erreicht. Dann sollte – falls die Bahndaten nur noch minimal korrigiert werden müssen – der Komet der Erde bis auf 55.8 Millionen Kilometer nahe kommen, was ziemlich genau der minimalsten Distanz Erde – Mars entspricht.

Die Bahndaten basieren auf 366 Beobachtungen vom 27. September 1999 bis 10. Dezember 1999.

Ephemeriden des Kometen C/1999 S4 (LINEAR)

Am 10. Dezember 1999 wurden von Marsden folgende Elemente publiziert:

Periheldurchgang:	2000 Juli 26. 1053
q (Periheldistanz):	0.763984
Perihelwinkel:	151.0719
Aufst. Bahnknoten:	83.1520
Bahnneigung:	149.3583
Exzentrizität:	1
Aequinoktium der Bahnelemente:	2000.0

Fig. 2: Diese Abbildung zeigt die Flugbahn des Kometen C/1999 S4 (LINEAR) vom 1. bis 17. Juli 2000 um Mitternacht. Auch bei dieser Grafik könnte sich die Flugbahn des Kometen noch leicht gegenüber den Sternbildern verschieben.
(Grafik: THOMAS BAER)

Eine günstige Gelegenheit, den Kometen bei optimalen Bedingungen zu sehen, wäre das Datum der langen totalen Mondfinsternis (separater Artikel). Hierfür müsste man sich jedoch nach Westen absetzen!

Nach dem 16. Juli 2000 geht der Mond für Zürich täglich später auf: Am 17. Juli 2000 erscheint er um 22:00 Uhr MESZ, am 18. um 22:33 Uhr MESZ, am 19. kurz nach 23:00 Uhr MESZ, am 20. gegen 23:30 Uhr MESZ und am 21. knapp vor Mitternacht. Erst nach dem 21. Juli 2000 verlagern sich die Mondaufgänge langsam in die frühen Morgenstunden hinein, womit sich ein zweites Beobachtungsfenster für den Kometen öffnet (Fig. 2 und 3). Zwar ist die Helligkeit des kosmischen Vagabunden bereits wieder am Sinken, doch mit knapp über 4 mag immer noch höher als im Juni.

So sollte wenigstens im letzten Juli-Drittel mit Aussicht auf Erfolg nach dem geschweiften Stern gefahndet werden können. Mindestens in einem leistungsstarken Fernglas sollte der diffuse Fleck mit eventuell sichtbarem Schweifansatz nach Einbruch der Dunkelheit abseits von störendem Fremdlicht über dem nordwestlichen Horizont gesichtet werden können. Die Flugbahn des Kometen kreuzt in dieser Zeit den Grossen Bären.

THOMAS BAER
Astronomische Gesellschaft
Zürcher Unterland
CH-8424 Embrach

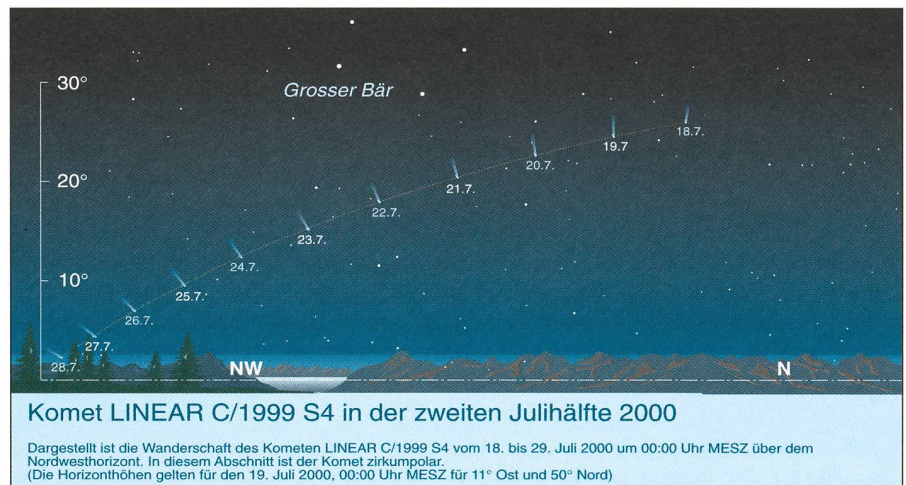
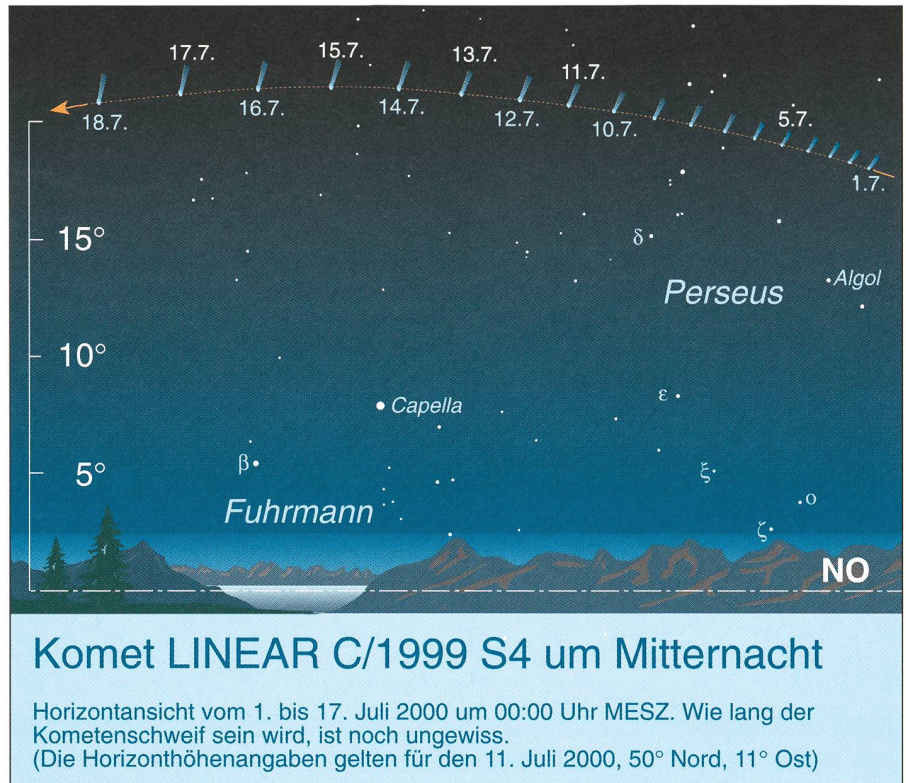


Fig. 3: In der zweiten Juli-Hälfte sinkt der Komet wieder gegen den Horizont ab, ausgerechnet jetzt, wo das Mondlicht eine Beobachtung immer weniger stört. (Grafik: THOMAS BAER)

Rückblick auf die Kometenjahre 1996/97

Hyakutake und Hale-Bopp – zwei der ganz hellen Kometen

THOMAS BAER

Kaum war die Euphorie eines möglichen Spitzenkometen mit der sensationellen Entdeckung Hale-Bopps im Hochsommer 1995 etwas verflogen, erreichte uns am 30. Januar 1996 die Nachricht der Sichtung eines Kometen durch den Japaner Juji Hyakutake. Innerhalb eines halben Monats entwickelte sich Hyakutakes «Stern» zu einem prächtigen Schweifestern, den sogar Laien nicht übersehen konnten.

Ich erinnere mich noch ganz genau an jenen 23. März 1996. Es war ein Samstag, ein Frühlingstag wie aus dem Bilderbuche. Die wärmende Sonne lockte Heerscharen von Spaziergängern und Radfahrern ins Freie; ein Frühlingserwachen im wörtlichen Sinne. In der Schul- und Volkssternwarte Bülach war an diesem Nachmittag reger Betrieb. Das Telefon klingelte fast ununterbrochen; Leute wollten wissen, ob man den vorausgesagten Kometen denn auch wirklich sehen könnte und ob die Sternwarte geöffnet sei. Bis dahin hatte ich den Kometen noch nicht mit eigenen

Augen beobachtet, womit meine Antwort betreffend seiner Sichtbarkeit vorsichtig ausfiel.

Im Laufe des späteren Nachmittags trübten Zirruswolken den westlichen Himmelssektor ein. Bange Momente und ungute Erinnerungen an frühere astronomische Highlights, die den Wolken zum Opfer fielen, kamen auf. Doch die Sorge war nicht gerechtfertigt. Schon ab 18 Uhr, als sich die Sternwarte allmählich mit Besuchern füllte, klarte der Himmel gänzlich auf.

Ich war gerade mit einem kurzen Diavortrag fertig, als ein Kollege stürmisch in den Schulungsraum platzte und voller Begeisterung in die Runde schrie, man könne den Kometen jetzt mit freiem Auge sehen! Alles strömte auf die Beobachtungsplattform hinaus, und siehe da; über dem Osthorizont, mitten im Sternbild Bärenhüter schimmerte ein diffuses Objekt. Es war Komet Hyakutake. Noch nie zuvor hatte ich einen derart hellen Schweifstern in Natura gesehen. Die Schilderungen von früheren Kometenerscheinungen, etwa jene von 1910 (Halley) oder West (1976) hielt ich bis zu diesem Zeitpunkt für übertrieben. Jetzt aber, da ich ihn wirklich mit unbewaffnetem Auge sah, mit einem Schweif von fast 30° Länge, kam ich aus dem Staunen nicht heraus (vgl. Fig. 1).

Unsere Sternwarte wurde von Besuchern geradezu überschwemmt. Alle wollten den Überraschungskometen durch das Fernrohr sehen. Trotz des Gedränges konnten wir ein paar Fotos belichten. Die Nacht auf den 24. März 1996 wurde lange. Nach 1 Uhr erloschen viele Lichter, womit sich ein atemberaubender Frühlingshimmel über unseren Köpfen wölbte. Noch deutlicher hob sich jetzt der leicht grünlich gefärbte Kometenschweif vom Dunkel des Himmels ab. Hyakutake stand jetzt in zenitaler Position.

Noch bis etwa Mitte April 1996 konnte man den Schweifstern mit freiem Auge sehen. Nur das Wetter spielte nicht mehr so ganz mit. So beschränkte sich die Sichtbarkeit letztlich auf wenige Abende oder zufällig vorbeiziehende Wolkenlücken.

Im Februar 1997 kam Hale-Bopp

Ausgesprochen nebelarm zeigte sich der Februar 1997. Morgen für Morgen hielt ich nach dem Kometen Hale-Bopp Ausschau. Er durchflog gerade den Adler und steuerte das unscheinbare Sternbild des Pfeils an. Die Sterne Wega und Deneb des Sommerdreiecks waren längst aufgegangen, doch den Kometen sah ich nicht. Dicht über dem Horizont, wo sich bereits



Fig. 1: Komet Hyakutake am 24. März 1996 um 03:00 Uhr MEZ. Der rötliche Stern in der Bildmitte unten ist Arktur im Bärenhüter. Die Aufnahme wurde mit einem 55 mm-Normalobjektiv (Blende 1.8) 5 min lang auf Ektachrome Elite 400 ASA belichtet. (Aufnahme: THOMAS BAER)



Fig. 2: Am Karfreitag-Abend, 28. März 1997 herrschten exzellente Sichtverhältnisse. Komet Hale-Bopp stand in prächtiger Manier über dem Nordwesthorizont unweit südlich der Cassiopeia und den offenen Sternhaufen η und χ . Die Aufnahme wurde mit einem 55 mm-Normalobjektiv (Blende 1.8) 10 min lang auf Ektachrome Elite 100 ASA belichtet. (Aufnahme: THOMAS BAER)

die erste Erhellung der Morgendämmerung schwach bemerkbar machte, funkelte Atair. Irgendetwas war seltsam, denn der Komet hätte eigentlich längst mit freiem Auge oder mindestens im Fernglas sichtbar sein müssen!

Etwa eine Woche später sah ich wiederum Atair über dem östlichen Horizont aufgehen und knapp nordwestlich von ihm ein zweiter, nicht minder heller Stern! Als ich durch das Fernglas blickte, erkannte ich ein diffuses, aber helles

Fleckchen; es war Komet Hale-Bopp! Offensichtlich hatte ich Atair mit dem Kometen verwechselt, denn durch die refraktionsbedingte Verzerrung des Sommerdreiecks war Atair erst tief am Horizont gestanden und für meinen Standort noch gar nicht aufgegangen.

Die langanhaltende Schönwetterperiode lockte mich in den nächsten Tagen früh aus den Federn. Dick verpackt schwang ich mich auf das Fahrrad, radelte den Dettenberg hoch und fotografierte den Kometen von der Sternwarte aus zu verschiedenen Zeiten (Fig. 2).

Schon jetzt zeichnete sich ab, dass Hale-Bopp zu den ganz grossen Kometenerscheinungen zählen wird. Schliesslich hatte er bereits Mitte Februar 1997 – anderthalb Monate vor seinem Periheldurchgang – erste Grössenklasse erreicht!

Anfang März 1997 setzte sich der Komet erstmals am Abendhimmel, tief über dem Nordwesthorizont, durch. Für die Öffentlichkeit wurden ab Mitte März und über die Ostertage Beobachtungsabende ausser Programm angeboten. Was in diesen zwei, drei Wochen die Sternwarte Bülach erlebte, brach sämtliche Rekorde. Zu hunderten strömte die Unterländer Bevölkerung auf den Eschenmoser. Nicht selten reichte die Warteschlange vor den Fernrohren bis auf das Strässchen vor die Sternwarte hinaus. Geduld war das oberste Gebot, denn in Spitzenzeiten musste man für einen kurzen Blick durchs Okular eine

geschlagene Stunde anstehen. Allein am Ostermontag mögen zwischen 500 und 700 Personen das Observatorium aufgesucht haben.

Mitverantwortlich für das riesige Interesse waren die Medien. Überall las,

sah und hörte man vom Jahrhundertkometen Hale-Bopp. Und wenn eine kosmische Himmelserscheinung den Sprung auf die Titelseite der Journale schafft, muss es wirklich etwas Spektakuläres sein.

Für einmal wurden die Besucherinnen und Besucher nicht enttäuscht. Das Wetter zeigte sich von seiner prächtigsten Seite und der Komet hielt sich brav an die Prognosen der Astronomen.

THOMAS BAER

Lange totale Mondfinsternis bleibt in Europa unbeobachtbar

Rekordverdächtige Mondfinsternis

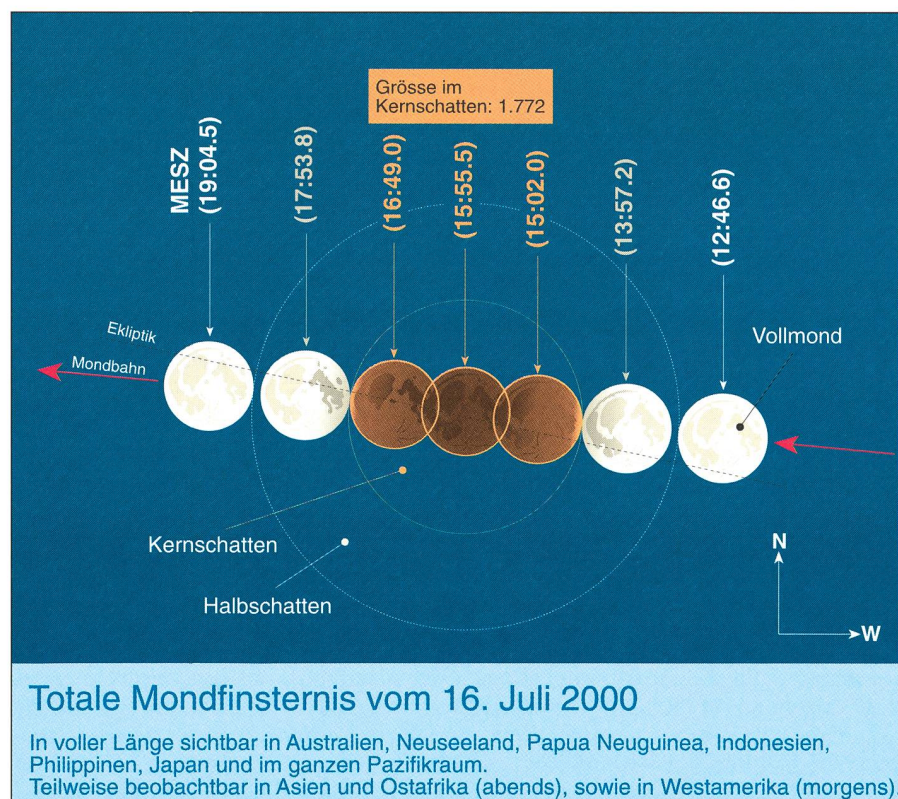
THOMAS BAER

Die totale Mondfinsternis vom 16. Juli 2000 ist in jeglicher Hinsicht rekordverdächtig, handelt es sich doch um eine der längsten Mondfinsternisse überhaupt. Der Vollmond läuft mitten durch den Erdschatten und wird entsprechend wenig Restlicht erhalten. Leider kann die Mondfinsternis nur von einer auf den Pazifik zentrierten Erdhalbkugel aus beobachtet werden.

Vollmond tritt am 16. Juli 2000 nur 36 Minuten vor dem Durchgang des Mondes durch den absteigenden Knoten ein. Damit wandert der Trabant zentral durch den Kernschattenbereich unseres Planeten und wird während 107 Minuten total verfinstert. Nur die Mondfinsternis am 26. Juli 1953 war noch um eine Minute länger und erreichte damit das absolut mögliche Finsternismaxi-

mum. Geometrisch gesehen bilden Sonne, Erde und Mond am 16. Juli 2000 eine (fast) perfekte Gerade. Wir erleben gewissermassen den vollkommendsten aller Vollmonde, denn normalerweise steht der Trabant zu anderen Vollmondterminen entweder zuweit südlich oder nördlich der Ekliptik, sodass streng betrachtet ein Hauch der Nord- oder Südhalbkugel nie ganz beleuchtet erscheint.

Fig. 1: Mit einer Grösse von 1.772 im Kernschatten zählt die totale Mondfinsternis vom 16. Juli 2000 zu den tiefsten in diesem Jahrhundert. (Grafik: THOMAS BAER)



Im ganzen Pazifikraum zu sehen

Die Mondfinsternis kann in Asien und Ostafrika teilweise bei Mondaufgang erlebt werden, während im Westen Amerikas der Vollmond untergeht, wenn die Finsternis beginnt. Optimal kann man das lunare Schattenspiel in Australien und Neuseeland sowie im ganzen Pazifikraum sehen. In Europa hingegen steht der Mond unter dem Horizont, wenn er den Erdschatten durchläuft. Um 12:46.6 Uhr MESZ beginnt der Trabant in den Halbschatten der Erde einzutauchen. Bereits um 13:57.2 Uhr MESZ beginnt dann die partielle Finsternis. Total verfinstert erscheint der Vollmond in der Zeit von 15:02.0 Uhr und 16:49.0 Uhr MESZ. Die zweite partielle Phase endet um 17:53.8 Uhr MESZ, die anschliessende Halbschattenphase um 19:04.5 Uhr MESZ.

Die nächste bei uns beobachtbare totale Mondfinsternis ereignet sich in einem knappen halben Jahr am 9. Januar 2001. Ihre Totalität dauert eine gute Stunde und wird bequem am Abendhimmel zu sehen sein.

THOMAS BAER

Astronomische Gesellschaft
Zürcher Unterland
CH-8424 Embrach

«Rendez-vous» in der Morgendämmerung

Vier Tage vor Neumond wandert die abnehmende Mondsichel am 27. Juli 2000 wieder durch die Hyaden-Sterngruppe. Am Morgenhimmel kann die reizvolle Begegnung ab etwa 01:00 Uhr MESZ beobachtet werden. Auch die Planeten Jupiter und Saturn halten sich derzeit in dieser Sterngegend auf. Zu bedeutenden Sternbedeckungen durch den Mond kommt es an diesem Morgen nicht.

THOMAS BAER

Jupiter und Saturn begegnen sich im Sonnenschein

«Grosse Konjunktion» ohne Publikum

THOMAS BAER

Die legendäre «grosse Konjunktion» zwischen Jupiter und Saturn fand am 31. Mai 2000 statt. Dabei näherten sich die beiden Riesenplaneten bis auf $1^\circ 12'$. Dies alles spielte sich allerdings in nicht einmal 17° westlichem Abstand von der Sonne ab, womit die enge Begegnung praktisch unbeobachtet blieb. Erst Ende Juni 2000 erscheint das Planetenpaar wieder am Morgenhimmel, während Venus eine Pause einschaltet und sich erst im August zögerlich am Abendhimmel zeigt.

Jupiter bewegt sich nach wie vor rechtläufig durch den Widder, wo er am 8. Mai 2000 von der Sonne ein- und überholt wurde. Sein westlicher Elongationswinkel nimmt in der Folge zwar zu, doch die morgendliche Ekliptik verläuft vorerst recht flach über den Horizont, was die Sichtbarkeitschancen verringert. So blieb denn auch die einfache Konjunktion mit seinem äusseren Nachbarn **Saturn** am 31. Mai 2000 am Taghimmel unbeobachtbar. Erst Ende Juni 2000 treten die beiden Planeten langsam aus der hellen Morgendämmerung heraus. Ein reizvoller Anblick ergibt sich am 29. Juni 2000, wenn die schlanke abnehmende Mondsichel südlich an den Planeten vorbeiwandert (Fig. 1).

Zu grossen Konjunktionen kommt es nur etwa alle 20 Jahre. Die letzte – übrigens eine der seltenen Dreifachkonjunktionen – fand 1981 statt. Damals zeichneten beide Planeten im gleichen

Längenabschnitt ihre Oppositionsschleifen an den Himmel. Die nächste enge Begegnung zwischen Jupiter und Saturn erwarten wir im Dezember 2020. Dann steht das Königsgestirn nur gut ein halbes Grad voneinander entfernt!

Bis Anfang August eilt Jupiter seinem lichtschwächeren Nachbarn davon und baut seine Morgensichtbarkeit weiter aus. Ende Juli 2000 geht Jupiter bereits kurz nach Mitternacht auf, Saturn geraume Zeit vorher. Synchron durchschreitet das Planetenduo das Goldene Tor der Ekliptik zwischen den beiden offenen Sternhaufen der Hyaden und Plejaden.

Fig. 1: Nach ihrer Konjunktion tauchen Jupiter und Saturn im Juni 2000 erstmals am Morgenhimmel auf. (Grafik: THOMAS BAER)

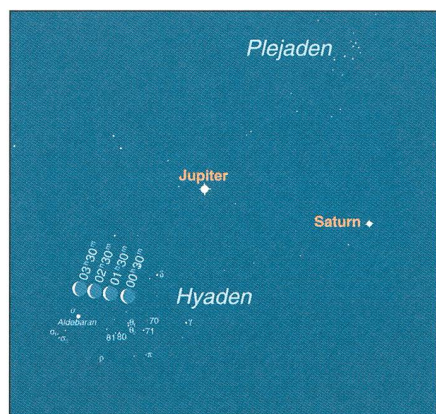
Bescheidene Morgensichtbarkeit Merkurs

Während **Venus** am 11. Juni 2000 in oberer Konjunktion mit der Sonne steht und sich damit bis im August vom Himmel zurückzieht, bietet der flinke **Merkur** in den letzten Juli-Tagen ein kurzes Gastspiel am Morgenhimmel. Am 27. Juli 2000 erreicht er mit $19^\circ 48'$ seine grösste westliche Elongation. Eine Stunde vor Sonnenaufgang kann man den 0.1 mag hellen Lichtpunkt knapp 5° hoch über dem Ostnordosthorizont erspähen. Doch bereits wenige Tage später sinkt Merkur wieder in den hellen Strahlenbereich der Sonne ab.

Uranus und **Neptun** gelangen kurz nacheinander in Opposition mit der Sonne, Uranus in der Nacht vom 27. auf den 28. Juli 2000, Neptun am frühen Morgen des 11. August 2000. Damit sind beide Planeten im Sternbild Steinbock die ganze Nacht hindurch teleskopisch beobachtbar. Wolkenstrukturen oder andere Details sind selbst in leistungsstarken Fernrohren keine auszumachen. Hingegen wird man unschwer die leicht bläulichen Färbungen feststellen. Neptun passiert zur Oppositionszeit in nur 0.2° südlichem Abstand den Stern α Capricorni.

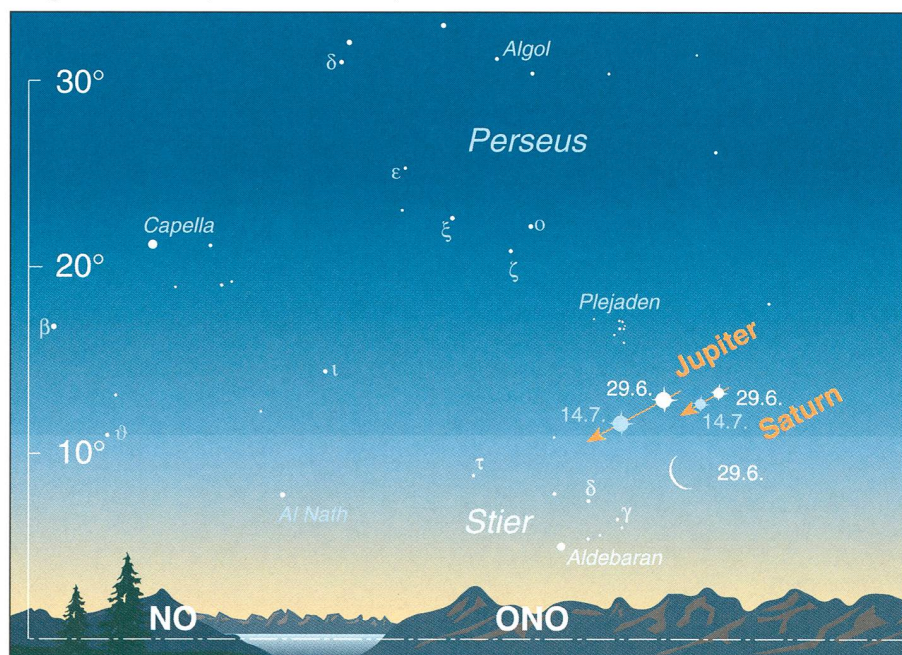
THOMAS BAER

Astronomische Gesellschaft Zürcher Unterland
CH-8424 Embrach



Planetentreffen im Goldenen Tor der Ekliptik

Gezeichnet ist die Situation für den 27. Juli 2000. An diesem Tag wandert der Sichelmond nördlich an Aldebaran vorbei. Zeiten in MESZ.



Jupiter und Saturn am Morgenhimmel

Horizontansicht Ende Juni 2000 gegen 4:30 Uhr MESZ. Die Planetenpositionen sind bis zum 14. Juli 2000 eingezeichnet. Die Dämmerung ist stark fortgeschritten. (Die Horizonthöhenangaben gelten für den 29. Juni 2000, 50° Nord, 11° Ost)

Zwei partielle Sonnenfinsternisse im Juli 2000

Sonnenfinsternis über Nordosteuropa

THOMAS BAER

Zwei Sonnenfinsternisse im selben Monat gibt es äusserst selten. Letztmals fand dies im Dezember des Jahres 1880 statt, das nächste Mal tritt die Rarität erst im Dezember 2206 ein! Während die erste partielle Sonnenfinsternis vom 1. Juli 2000 über Feuerland zu beobachten ist, streift der Mondhalbschatten am 31. Juli 2000 noch knapp über den Norden Skandinaviens hinweg.

Gleich mit dem Einsetzen der Finsternisperiode ereignet sich am 1. Juli 2000 der erste von zwei Juli-Neumonden. Da das Intervall zum Knotendurchgang mit 22 Stunden und 44 Minuten recht gross ist, wird nur noch ein relativ kleines Stück des Mondhalbschattenkegels durch die Erde angeschnitten. Das Finsternisgebiet umfasst praktisch nur Gebiete des südlichen Pazifiks. Kurz vor Sonnenuntergang streift der Halbschatten dann doch noch über Festland. Es betrifft den südlichsten Zipfel Lateinamerikas (Chile und Argentinien). Die

Maximalphase der Finsternis ist allerdings bereits vorüber, womit die Sonne nur wenig über 20 Radianprozente durch den Mond verdeckt wird. Dies reicht niemals aus, um eine finsternisbedingte Dämmerung zu erzeugen (Fig. 1).

Zweite Sonnenfinsternis auf der Nordhalbkugel

Ein synodischer Monat später, am 31. Juli 2000, kommt es wieder zu einer Sonnenfinsternis, diesmal 21 Stunden 33 Minuten nachdem der Neumond den aufsteigenden Bahnknoten durchlaufen

Tabelle 1: Finsterniszeiten für einige Städte in Finnland, Schweden und Norwegen. Die Zeiten sind in Osteuropäischer Sommerzeit OESZ angegeben.

Finnland

Ort	Sonnen-aufgang	Beginn	Maximum	Ende
Lahti	04:54	—	—	04:58
Saimaa	04:46	—	—	04:58
Joensuu	04:25	—	04:25 (21%)	04:59
Kuopio	04:34	—	04:26 (20%)	05:01
Jyväskylä	04:46	—	—	05:01
Nurmes	04:22	—	04:27 (23%)	05:02
Oulujärvi	04:20	—	04:28 (25%)	05:04
Oulu	04:21	—	04:28 (26%)	05:04
Kemi	04:07	—	04:29 (28%)	05:08

Schweden

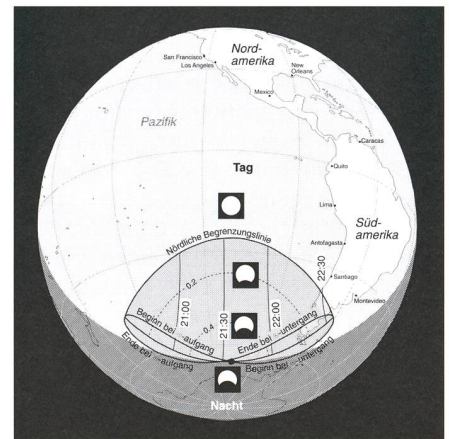
Ort	Sonnen-aufgang	Beginn	Maximum	Ende
Kiruna	04:03	—	04:30 (31%)	05:12
Karesuando	03:46	03:51	04:30 (31%)	05:12
Gällivare	04:15	—	04:29 (30%)	05:11
Porjus	04:19	—	04:29 (29%)	05:11
Luleå	04:30	—	04:30 (25%)	05:08

Norwegen

Ort	Sonnen-aufgang	Beginn	Maximum	Ende
Narvik	04:02	—	04:32 (33%)	05:14
Tromsø	03:32	03:53	04:32 (33%)	05:15
Hammerfest	02:40	03:52	04:31 (32%)	05:15
Nordkap	02:12	03:52	04:31 (31%)	05:15
Vardö	02:24	03:49	04:30 (30%)	05:11

Augenschutz trotz tiefem Sonnenstand!

■ Über geeignete Schutzmassnahmen bei der Beobachtung einer Sonnenfinsternis verweise ich auf **ORION** Nr. 290, S. 14/15 und S. 17. Doch sei an dieser Stelle noch einmal dringend davor gewarnt, ohne geeignete Schutzfilter direkt in die Sonne zu schauen! Ein tiefer Sonnenstand verleitet einen vielleicht, es doch ohne Finsternisbrille zu versuchen. Das allerdings kann, vor allem mit lichtstarker Optik, ins «Auge gehen»!

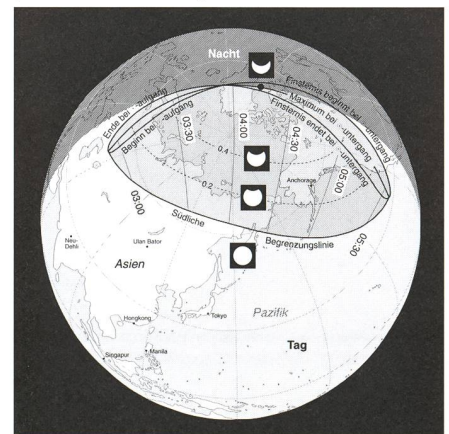


Partielle Sonnenfinsternis vom 1. Juli 2000

sichtbar in Feuerland (abends bei Sonnenuntergang) und Teilen des Südpazifiks. Die grösste Phase wird vor der Küste Mary Byrd-Lands, Antarktis erreicht.

Fig. 1: Partielle Sonnenfinsternis am 1. Juli 2000 über dem südlichen Pazifik. (Grafik: THOMAS BAER)

Fig. 2: Partielle Sonnenfinsternis am 31. Juli 2000 auf der nördlichen Erd-Hemisphäre. (Grafik: THOMAS BAER)



Partielle Sonnenfinsternis vom 31. Juli 2000

sichtbar in Kanada, Alaska, Nordsibirien, Teilen Skandinaviens und der Arktis. Die grösste Phase wird zwischen Baffinland und Grönland erreicht.

hat. Auch diese Finsternis verläuft global gesehen durchgehend partiell, weil sie praktisch am Ende der Finsternisperiode stattfindet und der Mond damit schon relativ weit von der Ekliptik entfernt steht. Dennoch fällt die zweite Juli-Finsternis dank des etwas kürzeren Zeitraums zwischen Knotendurchgang und Neumondstellung mit einer Grösse von 0.604 stärker aus als die erste.

Ihr Sichtbarkeitsgebiet erstreckt sich von Nordosteuropa über Nordasien nach Nordamerika und bedeckt das gesamte Nordmeer, wo die Mitternachtssonne verfinstert wird. Da wir Mitteleuropäer dieses Jahr von Finsternissen nicht gerade verwöhnt werden, dürfte sich ein Sommerurlaub in Norwegen, Schweden oder Finnland lohnen. Vom Nordosten dieser Länder aus kann nämlich ein spezieller Sonnenaufgang beobachtet werden. Je nach Standort geht die mehr oder minder partiell verfinsterte Sonne über dem Nordosthorizont auf. Am nördlichen Teil des Bottnischen Meerbusens werden immerhin noch etwa 30% des scheinbaren Sonnendurchmessers abgedeckt. Die Begrenzungslinie «Ende der Finsternis bei Sonnenaufgang» verläuft entlang einer ungefähren Linie Mosjöen (Norwegen) - Vilhelmina (Schweden) - Umeå (Schweden) - Tampere (Finnland) - nördlich Helsinki.

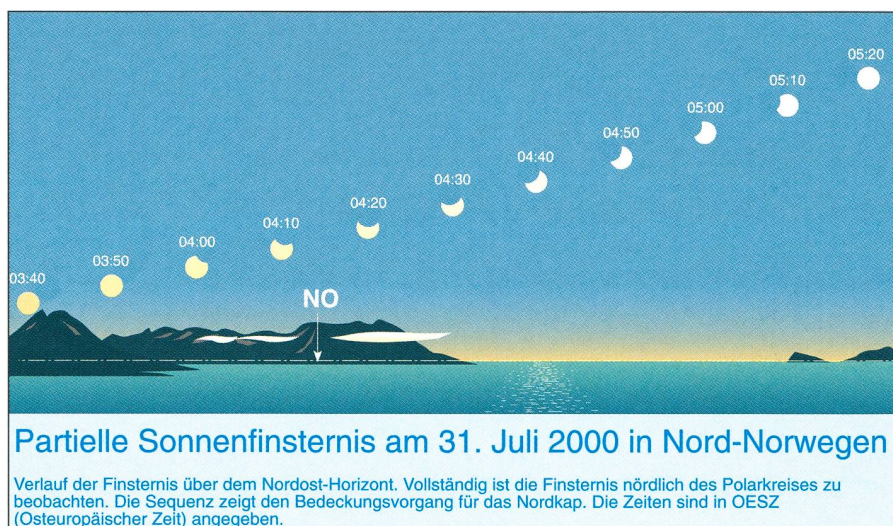


Fig. 3: Verlauf der partiellen Sonnenfinsternis am 31. Juli 2000 für das Nordkap.
(Grafik: THOMAS BAER)

Nördlich dieser Linie ist das Finsternismaximum bereits vorüber, wenn das Tagesgestirn sichtbar wird. Die Maximums-Linie, von der aus die Sonne zwischen 04:15 OESZ (Südost-Finnland) und 04:35 OESZ (Nord-Norwegen) maximal verfinstert aufgeht, verläuft von Bodö (Norwegen) über Oulu (Finnland), Joensuu (Finnland) nach Russland.

Am Nordkap findet die Sonnenfinsternis nur einen Tag nach dem Ende der Mitternachtssonne statt. Dank des flach über den Horizont verlaufenden Tagbogens der Sonne kann die Finsternis nördlich des Polarkreises in voller Länge miterlebt werden (vgl. dazu Fig. 3)

THOMAS BAER
Astronomische Gesellschaft Zürcher Unterland
CH-8424 Embrach

Eine «Aurora Borealis» über Mitteleuropa

THOMAS BAER

■ In der Nacht vom 6. auf den 7. April 2000 konnten nach einem heftigen solaren Ausbruch Polarlichter bis in unsere Breitengrade beobachtet werden. Die ersten Meldungen gingen

kurz nach 21:00 Uhr MESZ in Deutschland ein, als besorgte Gemüter die Polizei anriefen, weil sie an eine gefährliche Giftgaswolke dachten. In der Schweiz hingegen, wo die Erschei-

nung einige Stunden später zu sehen war, verschliefen die meisten Leute das seltene Naturschauspiel.

Ab 01:30 Uhr MESZ färbte sich der nördliche Himmel über Bülach feuerrot. Zuerst stieg ein diffuser roter Bereich östlich der Cassiopeia empor, von dem sich senkrechte, zum Himmelspol gerichtete weisslich-grünliche Säulen erstreckten. Das Phänomen erinnerte an die Strahlen von Skybeamern. Die Lichterscheinung driftete langsam nach Osten, während sich ein zweites, deutlich schwächeres Gebilde tief am Horizont in der Auriga bemerkbar machte.

THOMAS BAER
CH-8424 Embrach



STEFAN MEISTER fotografierte die Polarlichterscheinung gegen 01:10 Uhr MESZ von Bülach aus. Deutlich sind die gardinenartigen Strukturen erkennbar.

Am 21. Juni 2001 ist totale Sonnenfinsternis über Afrika

Lange Totalität in Angola und Sambia

THOMAS BAER

Gleich zweimal im neuen Jahrtausend ist das südliche Afrika Schauplatz totaler Sonnenfinsternisse. Die erste findet am 21. Juni 2001, die zweite nur knapp anderthalb Jahre später, am 4. Dezember 2002 statt. Erstere zählt mit einer maximalen Totalitätsdauer von knapp 5 Minuten zu den längeren Sonnenfinsternissen ihrer Art. Beste Sichtbarkeitschancen auf das faszinierende Naturschauspiel wird man in Angola, Westsambia und an der Westküste Madagaskars vorfinden.

Die totale Sonnenfinsternis vom 21. Juni 2001 ist die direkte Nachfolgerin der Finsternis am 11. Juni 1983 über Java und Sulawesi. Sie gehört der Saros-Reihe 127 an, die gleich vier totale Sonnenfinsternisse mit einer Totalitätsdauer von knapp über 5 Minuten hervorbrachte. Rechnerisch betrachtet, liegt dieser Wert immer noch rund zweieinhalb Minuten unter dem absolut mögli-

chen Maximum von 7 Minuten 31 Sekunden. Dennoch zählen 4- und 5-Minuten-Finsternisse schon zu den selteneren Ereignissen.

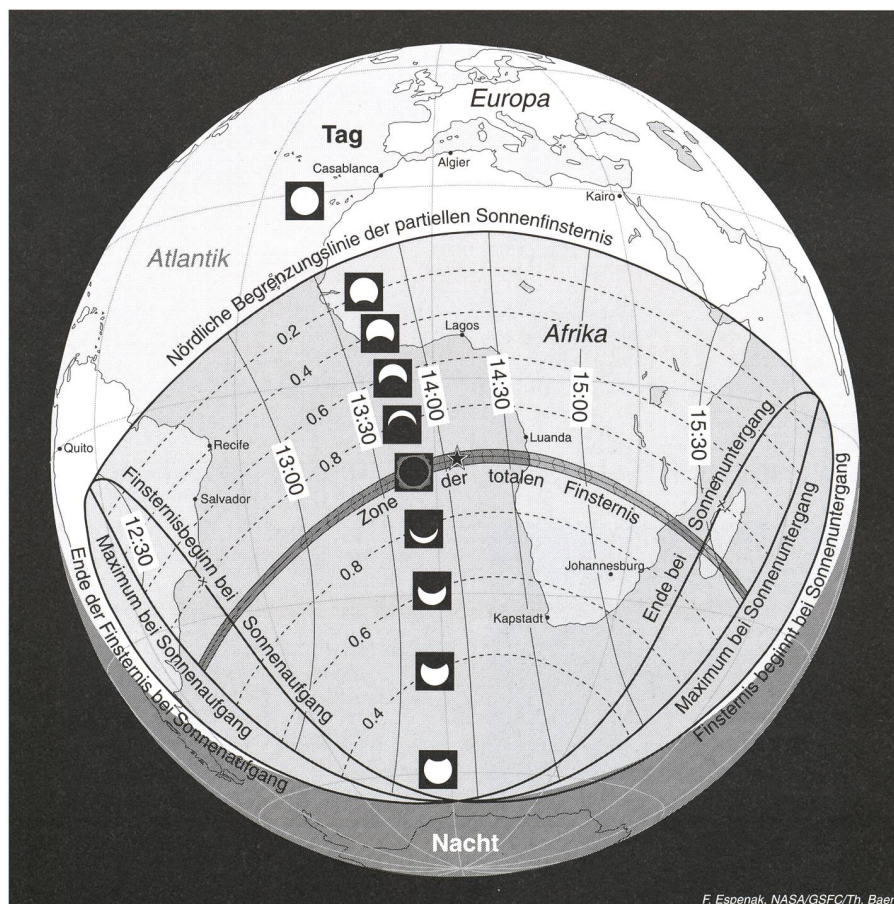
Mit einer Maximaldauer von 4 Minuten 56 Sekunden bleibt die Sonnenfinsternis vom 21. Juni 2001 knapp unter der 5-Minuten-Marke. Der Punkt der längsten Finsternis befindet sich rund 1000 km westlich von Angola auf offener See.

Globaler Verlauf der Finsternis

Die Finsternis beginnt vorerst in partieller Gestalt um 9:33 Uhr UT vor der brasilianischen Küste (östlich Rio de Janeiro). Hier weitet sich der Halbschattenkegel nach Nordosten über den Südatlantik aus. Von Südamerika aus gesehen, wird die Sonne bei oder unmittelbar nach Sonnenaufgang teilweise verfinstert. In Recife schiebt sich der Mond knapp 40 Radienprozente vor die Sonne. Der Halbschatten fällt während der ganzen Dauer der Finsternis nie vollständig auf den Erdglobus. Daher ist die Halbschattenzone südlich der Totalitätszone wesentlich breiter als nördlich derselben (Fig. 1).

Eine gute Stunde später (um 10:36 Uhr UT) tritt die Totalität erstmals im südlichen Atlantik vor der Küste des Staates Uruguay (Bucht des Rio de la Plata) ein. Der zentrale Finsternisstreifen verläuft 127 km bis 200 km breit in einem weit geschwungenen Bogen nach Nordosten und wechselt seinen Richtungskurs erst kurz vor Erreichen des afrikanischen Kontinents. Wenn die Kernschattenellipse um 12:37 Uhr UT Angola erreicht, misst ihre Breite stolze 193 km. Zum Vergleich: Der Totalitätsstreifen am 11. August 1999 war maximal nur 112 km breit! Die Totalitätsdauer auf der Zentrallinie ist bereits wieder am Abnehmen, erreicht aber im Küstenort Ngunza immerhin noch 4 Minuten 36 Sekunden bei einem Sonnenstand von 49°. Die grossen Städte Lobito, Benguela und Huambo werden vom Kernschatten knapp verfehlt. Dafür sind viele kleinere Orte wie Cela, Gumba oder Branco im Schattenstreifen angesiedelt. Schon zehn Kilometer innerhalb der Totalitätszone verschwindet die Sonne für 2 Minuten hinter den Mond, in 30 km Abstand vom Schatterrand bereits für 3 Minuten. Der zeitliche Gewinn ist mit jedem weiteren Kilometer gegen die Zentrallinie hin recht gross (Fig. 2).

Nach der Überquerung Angolas erreicht die zunehmend verzerrte Schattenellipse die Grenze zu Sambia. Auch hier sind zahlreiche kleinere Ortschaften in der Finsterniszone angesiedelt. Erst gegen 13:10 Uhr UT erfasst der Kernschatten mit Lusaka und Kabwe zwei Grossstädte. Lusaka liegt unweit südlich der Zentrallinie und wird 3 Minuten und 14 s lang an der totalen Fin-

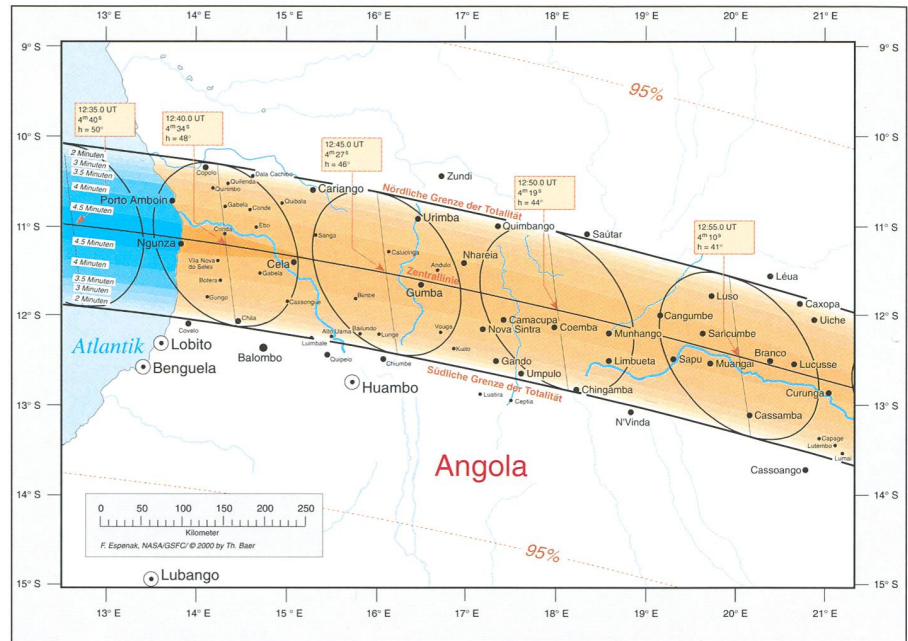


Totale Sonnenfinsternis vom 21. Juni 2001

sichtbar als totale Finsternis im südlichen Atlantik, Teilen Südafrikas und auf Madagaskar. Partiiell kann sie in fast ganz Afrika und Teilen Südamerikas gesehen werden.

Fig. 1: Globaler Verlauf der totalen Sonnenfinsternis am 21. Juni 2001. Kurz nach ihrer maximalen Phase trifft die Totalitätszone auf das südliche Afrika. (Grafik: THOMAS BAER)

Fig. 2: Verlauf der Totalitätszone über Angola. Viele kleine Orte werden vom Kernschatten erfasst, während die grossen Städte Lobito, Benguela und Huambo knapp verfehlt werden. Hier verfinstert sich die Sonne zu 98% und 99% partiell. (Grafik: THOMAS BAER)



sternis teilhaben, während Kabwe wegen seiner Randlage nur noch 1 Minute 59 Sekunden lang die schwarze Sonne erblickt (Fig. 3).

Die Geschwindigkeit des Schattens nimmt in der Folge weiter zu und legt in gleichen Zeitabständen immer grössere Strecken zurück. Auf seinem weiteren Weg nach Südosten überquert der Schatten den Sambesi-Fluss und streift mit seinem Südrand den Norden Simbabwe und im Norden den westlichen Ausläufer Mosambiques. Die einzige grössere Stadt, welche im Finsternisstreifen zu liegen kommt, ist Quelimane, wo eine Totalitätsdauer von 1 Minute 33 Sekunden erreicht wird. Auf der Zentrallinie geht die Dauer vollkommener Finsternis auf gut 3 Minuten zurück (Fig. 4).

Bereits über Madagaskar dauert die Finsternis auf der Mittellinie nur noch zwischen 2 Minuten 40 Sekunden und 2 Minuten 29 Sekunden. Dies ist immer noch länger als das Tagesmaximum der totalen Sonnenfinsternis am 11. August 1999 (2 Minuten 22 Sekunden). Ausserdem steht die Sonne über der Insel Madagaskar nur noch wenige Grade über dem Horizont, was besonders stimmungsvolle Fotos ergeben könnte.

Kurze Zeit später hebt der Kernschatten im Indischen Ozean von der Erde ab. An der Westküste Madagaskars

kann die endende partielle Finsternis noch bis zum Sonnenuntergang verfolgt werden, während im Osten der Insel das Tagesgestirn bereits vor Eintritt des 4. Kontaktes am Horizont verschwindet (Fig. 5).

Partiell im südlichen Afrika

Praktisch in allen an die Totalitätszone angrenzenden Staaten ist die Finsternis als partielle Finsternis zu sehen. In Kapstadt werden gegen 12:37 Uhr UT 51% (Radienprozente) der Sonne durch die Mondscheibe abgedeckt. Ähnlich sind die Bedingungen in Nairobi (Kenia) und in Port Elisabeth (Rep. Südafrika). In Kinshasa (Dem. Rep. Kongo) und in Maputo (Mosambik) wird die Sonne immerhin noch um 80%, in Luanda (Ango-

la) und Lubumbashi (Dem. Rep. Kongo) über 90% verfinstert. In Johannesburg (Rep. Südafrika) scheint um 13:03 Uhr UT eine 74%-ige Sonnensichel vom Himmel herab.

Zu erwartende Wetterbedingungen

Die klimatologischen Wetterbedingungen im Juni sehen für das südliche Afrika wesentlich erfolgversprechender aus als seinerzeit für Europa und die Finsternis vom 11. August 1999. Die innertropische Konvergenzzone (ITC) hat sich weit nach Norden verschoben, womit der landberührende Finsternispfad auf mehrheitlich wolkenfreie Gebiete treffen dürfte. Lokal gibt es dennoch Unterschiede, wobei vorweggenommen sei, dass die Chancen, klaren Himmel vorzufinden, einzig auf Madagaskar bei 50% steht. In Afrika liegt der mittlere zu erwartende Bewölkungsgrad zwischen 40% und 5%, was eine fast sichere Garantie auf eine wolkenfreie Finsternis gibt (Fig. 6).

Die besten Bedingungen bietet die Hochebene in Angola, wo im Juni Trockenzeit herrscht. Doch sei wegen des schwelenden Bürgerkrieges vom Besuch dieses Landes abgeraten. Nicht schlechter stehen die Chancen im Westen Sambias, wo die Wintermonate vor-

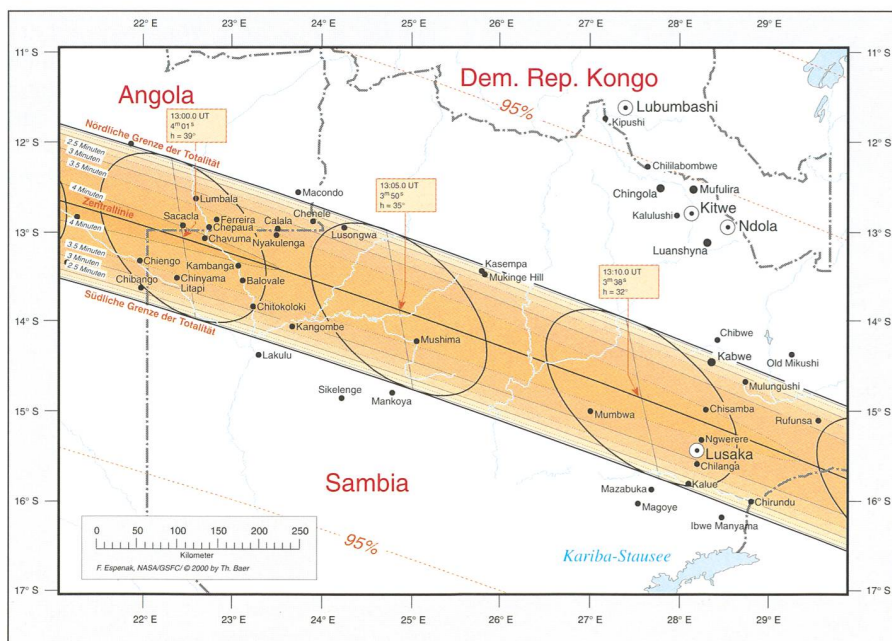


Fig. 3: Westsambia bietet nach Angola die besten Beobachtungsbedingungen. Während die Gebiete nahe der angolanischen Grenze eher dünn besiedelt sind, trifft die Kernschattenellipse um 13:10 Uhr UT auf die Millionenmetropolen Lusaka und Kabwe. (Grafik: THOMAS BAER)

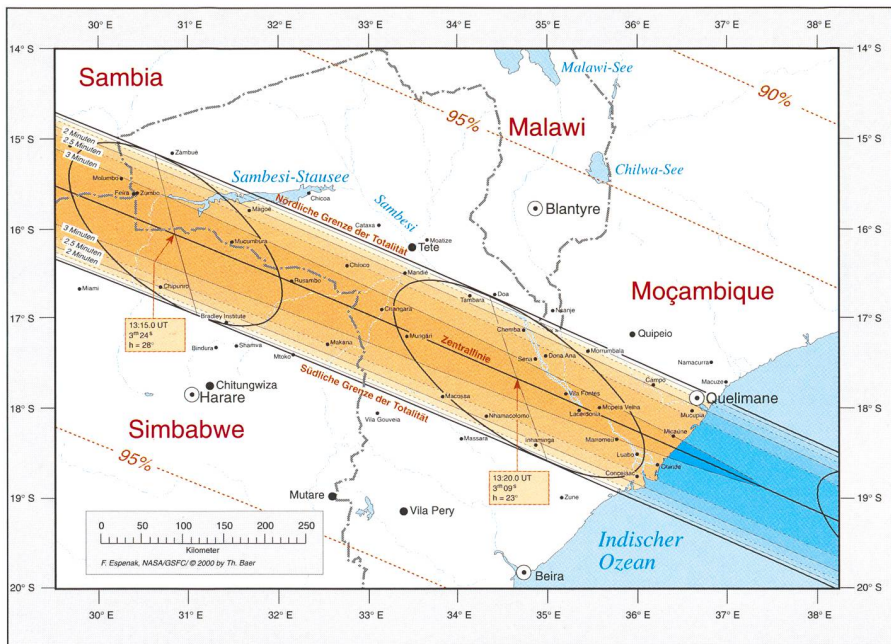


Fig. 4: Über Mosambique beschleunigt der Schatten immer stärker. Durch den flacher werdenden Sonnenstand wird er immer mehr in die Länge gezogen. Die Totalitätsdauer nimmt auf rund 3 Minuten ab. (Grafik: THOMAS BAER)

wiegend regenarm ausfallen. Der Südostpassat trägt im Juni nur geringfügig Feuchtigkeit in die Kontinentenmitte hinein, und die Wolken werden durch die im Osten des Landes liegenden Hochebenen am Weiterziehen gehindert, womit die Wahrscheinlichkeit recht klein ist, dass Wolken an den Finsternispfad herankommen. So erklärt sich die Sonnenwahrscheinlichkeit von 88% für die Stadt Mongu südlich der Totalitätszone. Selbst Lusaka bietet noch 79% Sonnenwahrscheinlichkeit.

Der Tagesgang der Wolken spielt sich zu dieser Jahreszeit nach einem bestimmten Rhythmus ab. So ist der Himmel morgens meist bewölkt bis bedeckt, klart dann am Vormittag auf, gefolgt von mittäglicher Bewölkung. Es handelt

sich aber meist um dünne Wolken, womit die hellen Bereiche der Sonnenkorona trotz starker Bewölkung uneingeschränkt beobachtet werden sollten. Mit der zunehmenden, finsternisbedingten Abkühlung darf sogar ein gänzlich Aufklaren während der langen Totalität erwartet werden.

Hingegen trüben oft Rauchscheiden von in Brand gelegten Buschlandschaften die Sicht. Nicht selten steigen die dunklen Rauchwolken auf die Hochebenen und lassen die Sichtweite auf unter 5 km sinken!

In Nordsimbabwe und dem westlichen Ausläufer Mosambiques ist das Wetter mit dem Ostsambias vergleichbar. Die Bewölkung ist unwesentlich stärker und die prozentuale Sonnen-

scheindauer nimmt nur geringfügig ab. Der in Simbabwe gelegene Teil des Totalitätsstreifens verläuft auf einer höhergelegenen, von Wolken wenig betroffenen Ebene. Wolkenfelder, die dem Sambesi-Fluss entlangziehen und auch die tieferen Regionen Mosambiques bedecken, werden meist zurückgehalten (Fig. 7). So weist der Mount Darwin immer noch 74% der maximal möglichen Sonnenscheindauer auf, während Tete in Mosambique nur noch 58% vorzuweisen hat. Im Landesinneren endet die Regenzeit mit der nach Norden wandernden ITC im April, während in manchen Küstengegenden die Niederschläge erst im Juni nachlassen (Sambesi-Delta).

Dennoch liegt die Sonnenscheindauer an der Küste mit 8.4 Stunden höher als im Landesinneren (6.5 Stunden). Häufig bilden sich in den Nächten Nebelbänke, die sich nicht immer bis am Nachmittag aufzulösen vermögen.

Spektakuläre Sonnenfinsternis auch auf Madagaskar

So wie sich das Wetter über Afrika von Westen nach Osten geringfügig verschlechtert, so ist auch Madagaskar zweigeteilt. Im Schutze des Hauptgebirges, das von Norden nach Süden verläuft, bietet die Westküste der Insel nach Angola die optimalsten Sichtbarkeitschancen. Der feuchte Luftstrom wird durch die rund 1500 bis 2800 m hohen Berge blockiert, womit sich auf der Südwestseite der Insel eine Art Föhnneffekt einstellt (trockene Luft). Die Landschaft ist hier denn auch halbwüstenartig. Idealer Ausgangspunkt für Finsternisexpeditionen ist die wegen ihres Flughafens im Finsternispfad gelegene Stadt Morombe.

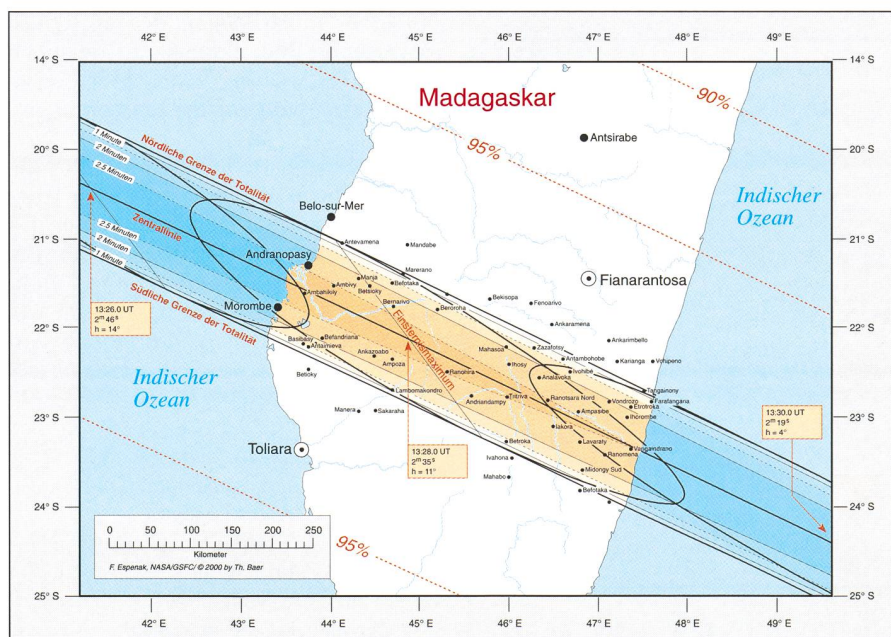


Fig. 5: Die letzte Festlandberührung erfolgt über Madagaskar. Die nunmehr 11° tief stehende Sonne wird hier kurz vor Sonnenuntergang vom Mond total verdunkelt. Kurze Zeit später hebt der Kernschatten im Indischen Ozean von der Erde ab. (Grafik: THOMAS BAER)

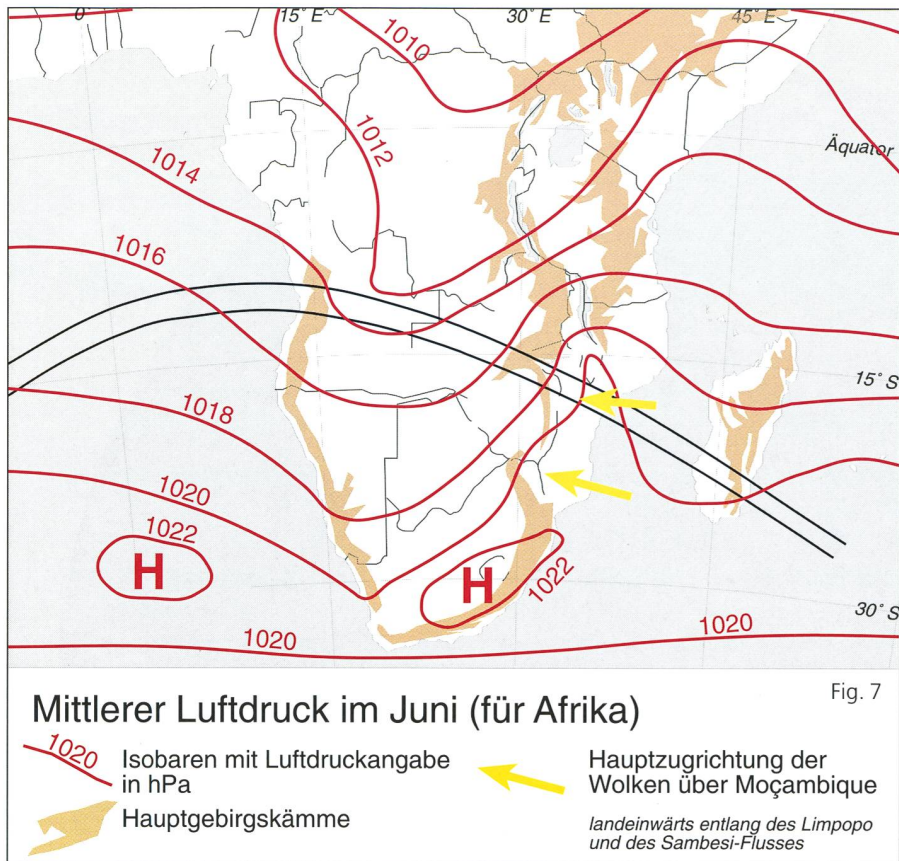


Fig. 7: Die ITC (Innertropische Konvergenzzone) hat sich im Juni weit nach Norden zurückgezogen und macht den subtropischen Hochdruckgebieten gerade im richtigen Moment platz. (Grafik: THOMAS BAER)

Fig. 6: Entlang der Totalitätszone gibt es einige gute Beobachtungsorte, wenn man die Karte des mittleren, im Juni zu erwartenden Bewölkungsgrads studiert. Der Westen des afrikanischen Kontinents – wo auch die totale Finsternis am längsten dauert – ist mit 5 bis 10% Bewölkung (einer Sonnenwahrscheinlichkeit von 90 bis 95%) eine fast sichere Garantie auf eine wolkenfreie Finsternis. Nicht viel schlechtere Werte weist der Südwesten der Insel Madagaskar auf. (Grafik: THOMAS BAER)

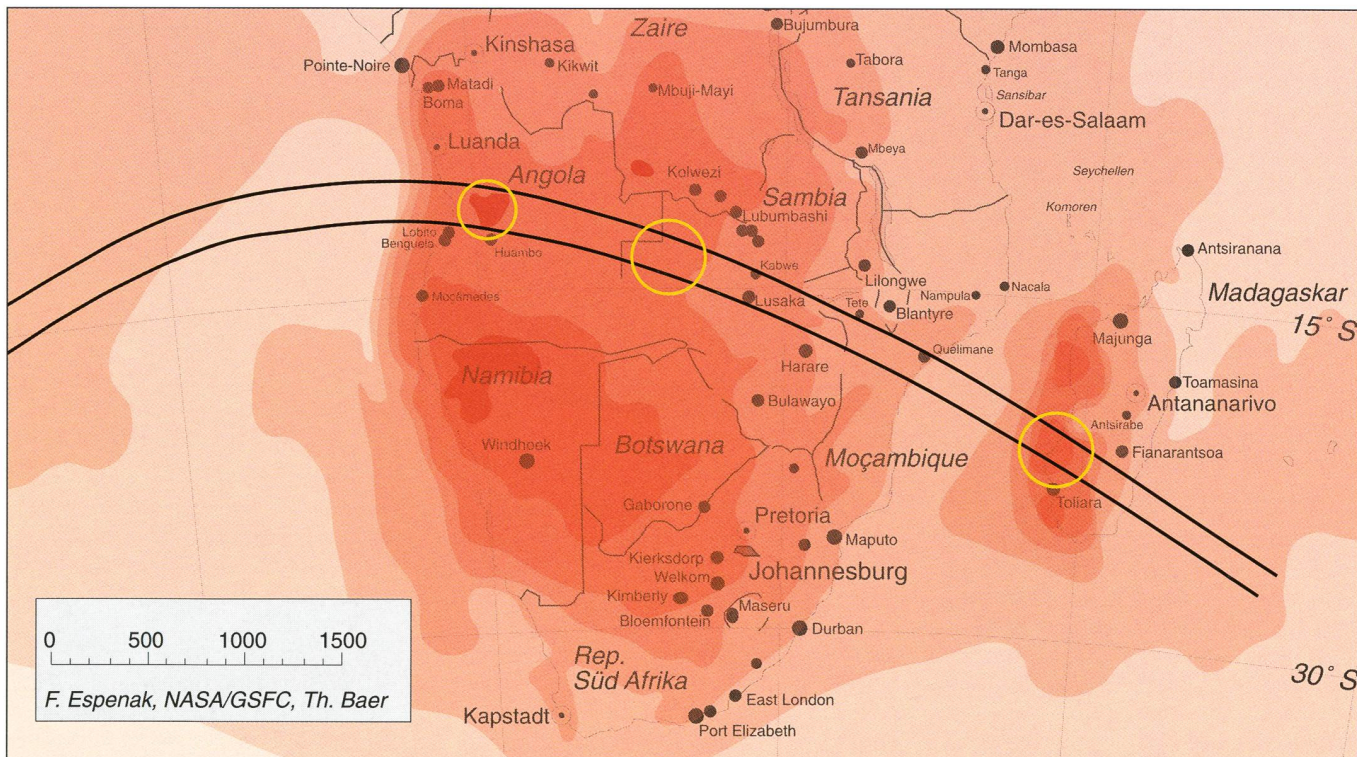


Fig. 6

Mittlerer Bewölkungsgrad im Juni für Südafrika

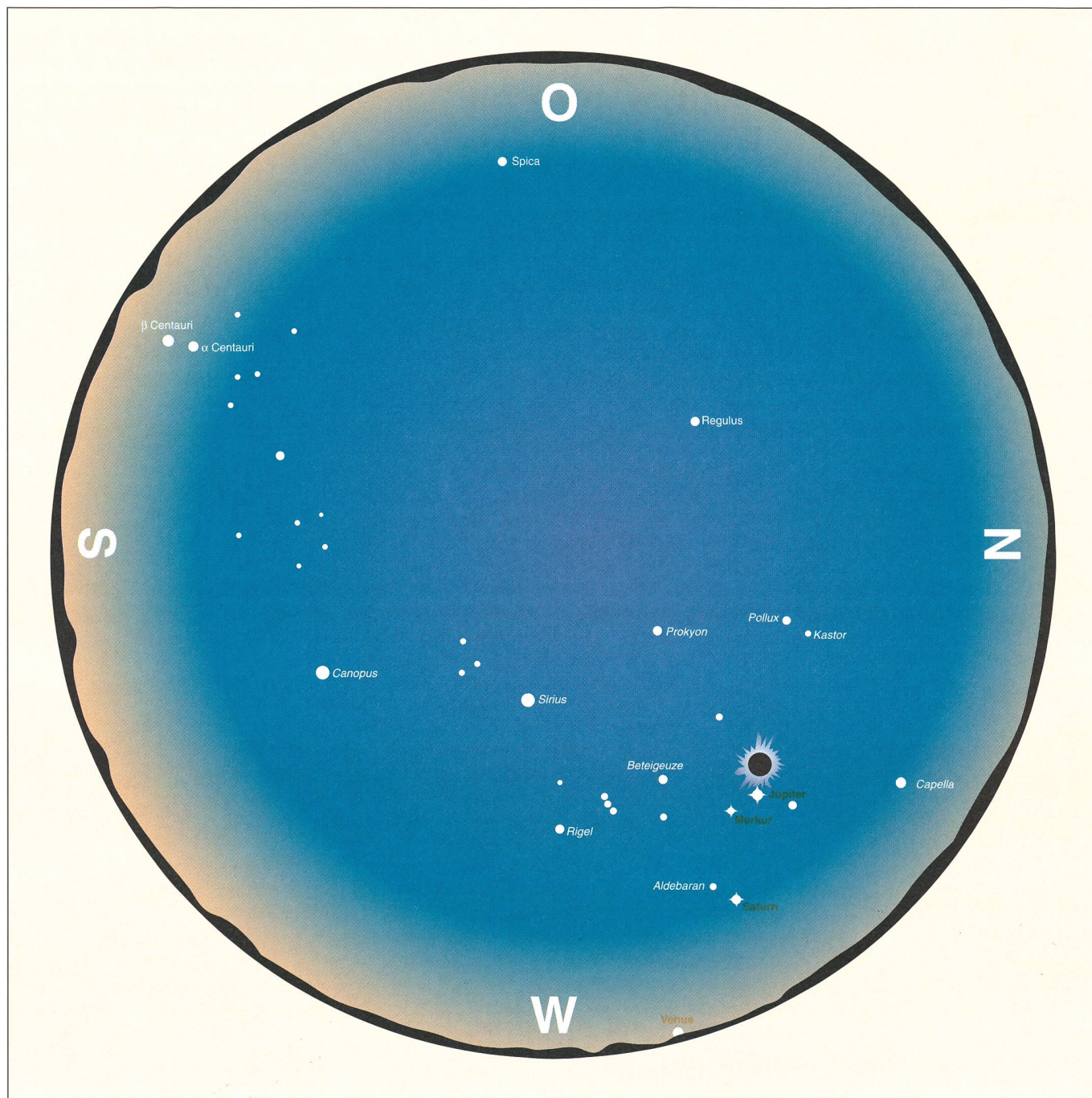
>10 %
20 %
30 %

40 %
50 %
60 %



Beste Beobachtungsgebiete

Angola ist wegen seiner unsicheren politischen Lage eher zu meiden



Toliara, das rund 100 km südlich der Totalitätszone liegt, bietet im Juni 86% Sonnenscheinwahrscheinlichkeit. Für Orte nördlich des Finsternisstreifens sind die Prognosen noch besser.

Abgesehen von den deutlich schlechteren Wetterchancen im Osten der Insel, sollte man schon wegen des geringen Sonnenstandes die Westküste bevorzugen. Hier bietet sich zweifellos ein grandioser Anblick, wenn nur 11° hoch über dem glitzernden Ozean die Sonnenkorona aufleuchtet.

Der Sternenhimmel während der Totalität

Während der totalen Finsternis sind eine Reihe heller Planeten und Sterne sichtbar. Durch die grosse Schattenbrei-

te wird der Himmel auch wesentlich dunkler werden als bei der Sonnenfinsternis am 11. August 1999.

Von allen Planeten ist Jupiter mit +1.5 mag am hellsten. Er steht nur 5° westlich der Sonne. Auch Saturn sollte 22.6° westlich der Sonnenkorona sichtbar sein. Seine Helligkeit beträgt zum Finsterniszeitpunkt +0.3 mag. Etwas schwieriger dürfte die Suche nach dem +2.7 mag lichtschwachen Merkur sein. Der flinke Planet steht nur 8.6° westlich des Tagesgestirns. Venus ist nur von Angola aus dicht über dem Horizont bei Beginn der totalen Finsternis zu sehen (Fig. 8).

Von den Fixsternen dürfte Capella (0.08 mag) 24° nördlich der Sonne sichtbar werden, während die beiden Zwillingsterne Kastor und Pollux 22° bzw.

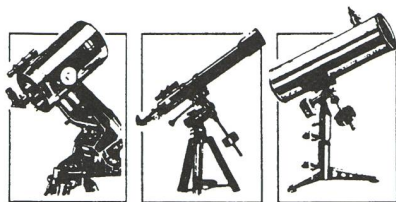
Fig. 8: Der Himmel während der Totalität lässt viele helle Sterne und Planeten erscheinen. Dargestellt ist die Situation um 13:00 Uhr UT für Sambia. (Grafik: THOMAS BAER)

24° östlich davon zu finden sind. Weiter tauchen Prokyon (+0.38 mag) und Sirius (-1.46 mag) 30° respektive 42° südöstlich der finsternen Sonne auf, Beteigeuze (+0.5 mag) und Rigel (+0.12 mag) befinden sich 16° und 34° südlich. Rund 76° hoch im finsternen Himmel funkelt ausserdem der -0.72 mag helle Canopus. Um alle diese Fixsterne beobachten zu können, muss der Himmel sehr klar sein.

THOMAS BAER

Astronomische Gesellschaft Zürcher Unterland
CH-8424 Embrach

Ihr Partner für Teleskope und Zubehör



Grosse Auswahl
Zubehör, Okulare, Filter

Telrad-Sucher
Astro-CCD-Kameras
Astro-Software

Sternatlanten
Sternkarten
Astronomische Literatur

Beratung, Service
Günstige Preise

Ausstellungsraum

CELESTRON®

Tele Vue

 **Meade**

AOK

 **LEICA**

Kowa

 **FUJINON**

STARLIGHT EXPRESS
ASTRONOMICAL AND INDUSTRIAL CCD CAMERAS

FOTO VIDEO
Zumstein
Casinoplatz 8, 3001 Bern

Tel. 031/311 21 13 Fax 031/312 27 14

Alleinvertrieb für die Schweiz: PENTAX®

Internet <http://www.zumstein-foto.ch>

e-mail: zumstein-foto@datacomm.ch

Sternstunden mit den Spezialgläsern von Fujinon



Ferngläser von Fujinon überzeugen durch die Verbindung von aufwendiger Spitzentechnik und einer äusserst robusten Konstruktion. Das macht sie zu idealen Begleitern für die Himmelsbeobachtung. Entfernungen im Bereich der Astronomie, die bis ins Unendliche reichen, stellen an die Optiken der verwendeten Ferngläser allerhöchste Ansprüche. Da sie im Freien eingesetzt werden, müssen die Ferngläser zuverlässig gegen äussere Einflüsse, wie beispielsweise Feuchtigkeit durch Taubeschlag oder Nässe durch Regen, unempfindlich sein. Diesen Anforderungen entsprechen Fujinon Astronomiegläser durch spezielle Herstellungsverfahren und Vergütungsprozesse. Unabhängig davon, ob Sie einen Kometen entdecken wollen oder nur gezielt den Sternenhimmel beobachten möchten: Die Spezial-Ferngläser von Fujinon lassen keine Wünsche offen. Alle Modelle beeindruckten durch ihre hervorragende Optik, deren extrem dauerhafte Justierung und ihre Hartvergütungen, die eine ausserordentlich hohe Lichtdurchlässigkeit gewährleisten.

Fujinon 7x50 FMT-SX

Kompakte Bauweise und ausgesprochene Handlichkeit zeichnen dieses Fernglas aus. Auch Beobachtungen aus freier Hand sind hiermit sehr gut möglich.

Fr. 990.-

Fujinon 10x70 FMT-SX

Ein sehr guter Kompromiss zwischen grosser Vergrösserung und maximaler Mobilität und sogar noch gut ohne Stativ verwendbar.

Fr. 1290.-

Fujinon 16x70 FMT-SX

Dieses Glas bietet mit seiner starken Vergrösserung «tiefere» Einblicke in den Sternenhimmel. Die hervorragenden, stabilen Fujinon Fotostativ-Adapter ermöglichen ermüdungsfreies Sehen.

Fr. 1550.-

Fujinon 25x150 MT-SX

Ein Hochleistungsglas mit hervorragenden Dämmerungs- undachteigenschaften. In drei Ausführungen für unterschiedliche Ansprüche erhältlich - als EM-Version auch mit 45°-Einblickwinkel.

Fr. 9990.-

Stützpunkthändler für die Schweiz

FOTO VIDEO
Zumstein
Casinoplatz 8, 3001 Bern

Tel. 031/311 21 13 Fax 031/312 27 14

Bei uns erhältlich!



FUJINON

We discuss here five new books edited by Springer-Verlag. They are all intended for the general public and the amateur astronomer, and are presented in the order of increasing specialisation.

MOORE, PATRICK; CHAPMAN, ALLAN: *Patrick Moore's Millennium Yearbook*, The view from AD 1001, Springer-Verlag, 2000, 31 ill., 100 pp., Softbound, ISBN 1-85233-619-6, DM 32.00, sFR 29.50.

MAUNDER, MICHAEL; MOORE, PATRICK: *Transit, When Planets Cross the Sun*, Springer-Verlag, 2000, 35 ill., 164 pp., Softbound, ISBN 1-85233-621-8, Dm 59.00, sFR 54.–

ABRAMS, BERNARD; STECKER, MICHAEL: *Structures in Space, Hidden Secrets of the Deep Sky*, Springer-Verlag, 2000, 42 ill., 116 pp., +1 CD-ROM, Softbound, ISBN 1-85233-165-8, DM 59.00, sFR 54.–

CLARK, STUART: *Life on Other Worlds and How to Find It*, Springer-Verlag, 2000, 41 ill., 179 pp, Hardbound, ISBN 1-85233-097-X, DM 54.00, sFR 49.50

CLARK, STUART: *Towards the Edge of the Universe*, A Review of Modern Cosmology, Springer-Verlag, 2000, 43 ill., 275 pp, Softbound, ISBN 1-85233-098-8, DM 64.00, sFR 58.50

PATRICK MOORE has incontestably dominated the popularisation of astronomy in Great Britain during the last 50 years. His writings and popular lectures have awakened innumerable minds – young, or «less young» – to the joys of astronomy, and sparked the initial motivation of many careers in that science. He, and the historian Allan Chapman, are thus eminently suited to review the astronomical state of the art at the end of the millennium. However, as noted by the editor, the authors mistakenly chose the millennium ending with the year 1000 AD with the dire consequence that the entire book had to be set in the gothic script of the epoch. Barring that slight inconvenience, this book gives valuable insight into the way astronomy was perceived at that time, and is delightful to read.

Transits have historically played an important role in astronomy. By providing precise timing of the orbital motions of Jupiter's and Saturn's satellites, or those of the inner planets Mercury and Venus, or also by enabling a direct measurement of the Astronomical Unit (the mean Sun – Earth distance) to be made by the transit of the latter in front of the Sun. Nowadays, transits are most assiduously observed by amateurs for the unusual circumstance and beauty of the phenomenon. The first part of this book gives a thorough account of the historical – sometimes highly adventurous – observations of transits. The second part describes in a very practical manner the forthcoming transits, and how to observe them, be they also of a less predictable nature such as comets, birds or aeroplanes. The observational hints are particularly well developed and of lasting value for the amateur. Only one type of transit is not

mentioned: that of giant extra-solar planets in front of their star; but such an event had not yet been observed as the book went to press. A difficult observation with a photometric effect of 1% to 2% – though not quite beyond the capability of an amateur equipped with a CCD camera and a good telescope. This book is an excellent introduction to a little discussed subject, well written, informative and a pleasure to read.

The book «Structures in Space» is, on the one hand, a description of the stellar and nebular content of our Galaxy and of our nearby intergalactic neighbourhood as seen by amateur astro-photography. On the other hand, it is a compilation of over 100 fine photographs taken by the American amateur MICHAEL STECKER using various equipment, notably an Astro Physics 155 f:7 apochromatic refractor. Some of the photographs are reproduced and commented in detail in the book. The majority, however, are recorded in .jpeg format on the CD-ROM. This is an effective way of providing more information than can be included in a book of manageable size. The scanned images are of good quality and can be printed via a photo-quality printer. They have preview images which make their choice easy with software such as Adobe Photoshop. Indeed, this reviewer has found that Photoshop enables the images to be considerably improved by acting on the colour-level histograms and contrast. The photographs are individually documented in the book which also has a useful glossary and index. This book is of excellent value for the amateur astro-photographer.

STUART CLARK is a noted astronomer whose speciality is popularisation of that science as Director of Public Astronomy Education at the University of Hertfordshire, UK. This new book on the subject of extraterrestrial life has the virtue of being short but nevertheless complete in its coverage of the subject. A good idea of the text is given by the titles of the 11 chapters: Test for echo (is anyone out there?..), The universal stage, Celestial power stations, Life? Don't talk to me about life, The origin of life, Sites for life, Looking for life in the solar system, Searching for inhabited planets, ET IQ, Tuning-in to ET FM, The odds of receiving a visit. The text is supported by a glossary, bibliography and index. All in all, a concise but nevertheless complete and intelligent treatment of the subject.

The second book by STUART CLARK, and the last of the five cited above, might at first hand give the impression of being «yet another» introductory book on cosmology. One must, however, point out the author's ability to present concepts which are often counter-intuitive in a clear manner. Difficulties are not eluded, but explained. Alternative viewpoints are critically examined. The reader who is endowed with a basic knowledge of mathematics and with some knowledge of physics will profit most

from this text. As for the former book, a glossary and index effectively assist the reader. This up to date and lucid work is an excellent first approach to the subject of cosmology.

SIRIUS – Sternkarte / Carte céleste / Star chart / Carta celeste. Rotating star chart, small model (215 x 215 mm), Equinox 2000.0 Fr. 36.–, DM 44.0, ÖS 290.–, EUR 22.–. Freemediav Verlag, HANS und IVO FRIEDEN, Holligenstrasse 33, Postfach, CH-3000 Bern 21. Tel 0041 31 382 47 39, Fax 0041 31 382 51 54, e-Mail: ivo.frieden@dplanet.ch

Some years ago, amateur- as well as many professional astronomers heard with regret that the production of the popular SIRIUS rotating star chart was to be terminated by the editor. In fact, many similar charts are still widely produced throughout the World in all languages. The SIRIUS chart, however, stands out by far as the best that has ever been made available. Its versatility and precision regarding its use by the observer of the night sky may be truly compared to those of the slide-rule in the hands of the engineer. The slide-rule has in the meantime been brutally relegated to the shelves of specialised museums by the apparition of simple hand-held calculators. Any recent basically configured PC can likewise accept software that will accurately emulate a planetarium, manage a stellar and planetary data base and offer many other options that an analogue rotating chart cannot provide. One could therefore have feared that such star charts would then irretrievably follow the slide-rule in its demise and become a footnote in recorded history. Indeed, that was probably the opinion held by the former editor of the SIRIUS chart.

A computer, however, is not easily carried around in rough terrain by an amateur astronomer seeking a nice dark emplacement for his observations. Even a small portable is relatively heavy, fragile, sensitive to moisture and temperature extremes, expensive, has a limited power supply, a small screen and must be booted up before it can be used thus rendering «on the spur of the moment» consultation tedious. Though less accurate, a well conceived rotating star chart is much easier to consult at any time and quite sufficient for normal fieldwork. It is also much nicer to look at!

All those reasons move us to congratulate Freemediav Verlag for having taken the initiative to bring back to life the SIRIUS star chart with all its traditionally high standards, and by even improving on them. The general presentation is somewhat modernised, and the red markings on the graduations of the star chart have been printed with a special ink which doesn't become invisible when examined under red light!

This very reasonably priced chart is accompanied by a comprehensive users manual with examples of applications, a list of constellation names and brightest stars, a Moon map and a planetary table for the current year (yearly

updates can be subscribed to). All these documents are produced in four languages (German, French, Italian, English) and make the traditional SIRIUS chart a truly international modern observational tool.

The only comment we have concerning the otherwise fine execution of the chart is the rather small head of the pin fixing the transparent rotating foil. A wider head, or the use of a washer, would make the foil much more durable.

Finally, a new version of the greatly sought after large SIRIUS chart (430 x 430 mm, with both hemispheres recto-verso) is announced for this autumn at CHF 82.– (minus 10% by subscription till June 30, 2000) by the editors. At least one person impatiently awaits that event: the present reviewer!...

LADA, CHARLES J., KYLAIS, NIKOLAOS D. (Eds.): *The Origin of Stars and Planetary Systems*, Nato Science Series, Series C: *Mathematical and Physical Sciences* - Vol. 540, Kluwer Academic Publishers, 1999, 718 pp., Softbound, ISBN 0-7923-5909-7, NLG 175.–, \$ 95.–, £ 59.–.

This book contains the proceedings of the NATO Advanced Study Institute conference on The Physics of Star Formation and Early Evolution II, held on the island of Crete in May-June 1998. That conference was motivated by the need to update the proceedings of the one held in the same circumstances in 1990, and that have been widely used by teachers and students of astrophysics.

The main character of this new compendium is, as in its earlier version, the presentation of concise reviews of the various topics relevant to the formation and early evolution of stars in the light of our present knowledge. The field is, indeed, evolving more rapidly than the stars themselves! The theory of the formation of related planetary systems has also been subjected to a virtual revolution since 1995. Instead of being a collection of short and highly specialised papers that appear more or less simultaneously in the main journals, as published conference proceedings usually turn out to be, this volume may truly be regarded as a basic reference work with long «staying power» in an astronomical library.

The four sections of this book: - The Nature of Molecular Clouds and Their Relation to Star Formation - The Origin and Early Evolution of Low Mass Stars - The Role of Clustering in Star Formation and the Origin of Massive Stars - The Physics of Circumstellar Disks and Planet Formation - are subdivided into a total of twenty chapters, each written by a noted specialist in the subject. An index at the end of the book is a great help in searching for specific topics. That is particularly useful in a collective work such as this one.

Needless to say, the book is not an introductory text, but aims the student who already has a good basic grounding in astrophysics, or the specialist who wants to refresh his

knowledge of the state of the art in closely related fields. It does, however, possess the rare quality of gathering in one single volume an authoritative overview of the entire subject. For that reason alone, we may highly recommend it.

NOËL CRAMER

***Astrophysics with the NOT*, Eds. H. KARTTUNEN & V. PIROLA, Univ. Turku (1999) 284pp. (ISBN 951-29-1615-0)**

Voici un ouvrage comme on aimerait en voir plus souvent. Tout d'abord, il nous vient de Scandinavie, pardon des Pays Nordiques (car le Danemark est aussi impliqué), à qui l'on ne pense pas immédiatement lorsque l'on parle d'astronomie de pointe. En second lieu, il offre une synthèse de la recherche astronomique effectuée avec un télescope spécifique, le Nordic Optical Telescope ou NOT, de taille relativement modeste (2m56), mais offrant une qualité d'image reconnue comme exceptionnellement bonne. L'instrument est installé sur le site du Roque de los Muchachos sur l'île de La Palma dans l'archipel des Canaries à une latitude d'environ +29° (voir par exemple <http://www.not.iac.es/>).

La bonne soixantaine de participants consacreront leurs quatre jours à aussi une soixantaine d'exposés répartis en une dizaine de sessions allant du système solaire à la cosmologie en passant par les différents thèmes du jour (blazars, galaxies de Seyfert, groupe local de galaxies, matière interstellaire, formation d'étoiles, binaires en interaction, surfaces stellaires, dernières étapes de l'évolution, etc.), sans oublier de faire le point sur les capacités techniques du télescope et sur ses potentialités.

Dans son résumé de fin de colloque, Johannes Andersen (l'actuel Secrétaire Général de l'Union Astronomique Internationale) souligne que, si le télescope était très compétitif et ses images excellentes fortement appréciées, une évolution allait être inévitable pour le maintien de ses performances face aux multiples optiques adaptatives qui équipent de plus en plus les grands instruments. D'une façon plus générale, il exprima aussi sa satisfaction de voir le NOT remplir les trois tâches qui lui avaient été assignées par ses pères fondateurs:

permettre aux astronomes nordiques de faire de l'astronomie de premier plan; stimuler la coopération en astronomie dans les pays nordiques; former une nouvelle génération d'observateurs dans ces pays.

ANDRÉ HECK

WOLFGANG PAECH / THOMAS BAADER: *Tips & Tricks für Sternfreunde*; ca. 250 Seiten mit zahlreichen, sw-Abbildungen, Einzeldarstellungen, Graphiken und Tabellen. Sterne und Weltraum, Hüthig Fachverlage GmbH, Heidelberg 1999. Paperback sFr. 35.–, 38.– DM, 277.– öS, ISBN 3-87973-923-4.

Immer wieder möchten Sternfreunde astronomischen Geräte auf ihre Leistungsfähigkeit prüfen, ihre verschiedenen Einsatzmöglichkeiten kennen lernen und sie periodisch einer Wartung unterziehen. Dabei stellen sich Fragen bezüglich Öffnungsverhältnis, Vergrößerung, Lichtstärke, Grösse des Gesichtsfeldes, Lichtsammelvermögen, optischen Fehlern, Justierung von optischen Systemen und Montierungen nach der Wartung, Einsatz von Foto, Film und CCD's, Ausbau des Fernrohrs mit Zusatzgeräten für spezielle Anwendungen usw. Die Beantwortung dieser Fragen erfordert meist die längere Suche in der eigenen Bibliothek. Oft wird in einschlägigen Büchern auf solche Fragen nicht eingegangen.

Aufgrund ihres eigenen Erfahrungsschatzes geben die Autoren in diesem Werk auf eine Vielzahl solcher und ähnlicher Fragen die sich daraus ergebenden Antworten, die in ihrer Logik nicht immer selbstverständlich, in ihrer Anwendung jedoch oft verblüffend leicht zu handhaben sind. Erklärtes Ziel der Autoren ist dem Anfänger und versierten Amateur bei seinen individuellen Problemen, die sich ihm stellen, mit diversen Tips und Tricks behilflich zu sein. In den 17 Hauptkapitel werden optische Abbildungsfehler, Berechnungsgrundlagen für die Bewegung eines Sterns in einer Zeitsekunde, die Belichtungszeiten für die Aufnahme von Planeten, Getriebeübersetzungen und eine Vielzahl anderer Problembereiche behandelt. Man erfährt auch Details über den Kauf von astronomischen Instrumenten, die verschiedenen Fernrohrtypen, die Reinigung, den Wiedereinbau und die Justierung von Objektiven, Montierungen und Zubehör, erhält Tips für die Wahl der verschiedenen Okulare, die Anwendung von Filtern usw. Oft sind es nur Kleinigkeiten, auf die man als Freizeitastrophotom hingewiesen werden muss, um das erhoffte «Aha-Erlebnis» zu haben. Der Anhang enthält einige wichtige Internetadressen, ein Tabellen- und Sternkartenverzeichnis, diverse Abkürzungen und ein Stichwortverzeichnis. «Tips und Tricks für Sternfreunde» ist eine Anschaffung, die sich für jeden aktiven Sternfreund lohnt.

ARNOLD VON ROTZ

ELI MAOR, *Trigonometric Delights*, Princeton University Press, 1998, 236 pp., ISBN 0-691-05754-0, USD 18.00.

Up until the sixteenth century trigonometry was developed mainly by astronomers, justifying the reason for reviewing this book in an astronomical journal. Trigonometry has remained an indispensable tool largely used not only in all fields of astronomy, but also in physics, cartography, surveying and geodetics.

It is not a textbook, however, anyone who has learned trigonometry in the school will read this book with pleasure and profit. It deals with plane trigonometry, from its very beginning, i.e., from the Rhind Papyrus, or Ptolemy's

table of chords, to Imaginary Trigonometry ($\sin x = 2$) or Fourier's Theorem. Among many interesting subjects, the origin of the name of the functions is not missing, e.g. Umbra Recta (straight shadow) and Umbra Versa (turned shadow), which can be found in the astrolabes, are our today's cotangent, resp. tangent, or that the word *radian* is of modern vintage; it was coined in 1871 by James Thomson, brother of the famous physicist Lord Kelvin, or the proof given by Landau's Theorem 258 that $\sin^2 x + \cos^2 x = 1$ as follows,

$$1 = \cos 0 = \cos(x - x) = \cos x \cos(-x) - \sin x \sin(-x) = \cos^2 x + \sin^2 x!$$

It constitutes a surprising, amazing, intriguing but *delightful*, as the title says, Trigonometry. There are fifteen chapters, one of them has the title «Measuring Heaven and Earth». The first nine requires only basic algebra and trigonometry; the remaining rely on some knowledge of calculus. Every chapter is complemented by «Notes and Sources». Historical and biographical sketches marked by side bars, that can be read independently of the main chapters, relate about episodes on the life of famous mathematicians like JOHANNES MÜLLER alias Regiomontanus, FRANÇOIS VIÈTE

who solved an equation of the 45th. degree over night, DE MOIVRE, MARIA AGNESI and her «Witch» (Versiera), LISSAJOUS and his figures, LANDAU and FOURIER.

This excellent book is complemented by drawings, illustrations, four appendices, a general bibliography and a register. The author teaches the history of mathematics at the Loyola University in Chicago.

RENY O. MONTANDON

HUBERT, ANNE MARIE, JASCHEK, CARLOS (Eds.): B[e] Stars, Astrophysics and Space Science Library, Kluwer Academic Publishers, 1998, 290 pp., Hardbound, ISBN 0-7923-5208-4, NLG 240.-, \$ 130.-, £ 82.-.

This book contains the proceedings of the Paris workshop held from 9-12 June 1997. The conference was held with the object of reviewing the present state of the art regarding our understanding of the peculiar Be-type stars presenting hydrogen emission as well as forbidden [Fe II] and [O I] emission lines in their spectrum and possessing unusually dusty envelopes. That particular subclass of Be stars

(annotated with square brackets) has been much less studied because of the strong selective extinction by circumstellar dust that greatly reduces the information available in the UV spectrum.

Some 28 papers are presented in 8 sections covering the topics: Current Definition of B[e] stars - Distances, Kinematics and Distribution of B[e] Stars in our Galaxy - Spectroscopy of B[e] Stars - Infrared Properties of B[e] Stars - Photometry, Polarimetry and Interferometry of B[e] Stars - Models for the Winds and Disks around B[e] Stars - B[e] Supergiants: What is Their Evolutionary Status? - A Revised Classification Scheme for B[e] Stars.

The 68 authors discuss the subject from the observational point of view as well as from the theoretical. The book is a timely and broad overview of that poorly studied stellar population.

NOËL CRAMER

HELMUT ZIMMERMANN / ALFRED WEIGERT: Lexikon der Astronomie, 536 Seiten mit zahlreichen Tabellen, sw-Fotos, Graphiken und sonstigen Illustrationen. Als Neubearbeitung in 8. Auflage erschienen im «Spektrum Aka-

Sonnenfinsternis 21. Juni 2001

- Möchten Sie das faszinierende Naturschauspiel verbunden mit einer Camping-Tour miterleben? **Zambia** ab 4 Teilnehmer oder **Zimbabwe** ab 10 Teilnehmer

Das Detailprogramm erhalten Sie bei:

HANSJÜRG BREFIN, Kirchbergstrasse 5, 3421 Lyssach. Tel. 034/445 16 69 - Fax 034/445 91 02

Feriensternwarte – Osservatorio – CALINA Programm 2000

24./25. Juni	<i>Kolloquium.</i> Leitung: HUGO JOST, Technischer Leiter SAG
9.-10. September	<i>16. Sonnenbeobachtertagung der SAG.</i>
2.-7. Oktober	<i>Elementarer Einführungskurs in die Astronomie.</i> Mit praktischen Übungen am Instrument in der Sternwarte. Leitung: HANS BODMER, Gossau / ZH
9.-14. Oktober	<i>Aufbaukurs; 2. Teil des Elementaren Einführungskurses in die Astronomie.</i> (Die Sonne und ihre Planeten) mit praktischen Übungen am Instrument in der Sternwarte. Leitung: HANS BODMER, Gossau / ZH
16.-21. Oktober	<i>Sonnenuhren kennen- und verstehen lernen.</i> Leitung: HERBERT SCHMUCKI, Wattwil

Anmeldungen für alle Kurse und Veranstaltungen bei der Kursadministration:

Hans Bodmer, Schlottenbüelstrasse 9b, CH-8625 Gossau / ZH, Tel. 01/936 18 30 abends. Für alle Kurse kann ein Stoffprogramm bei obiger Adresse angefordert werden.

Unterkunft:

Im zur Sternwarte gehörenden Ferienhaus stehen Ein- und Mehrbettzimmer mit Küchenanteil oder eigener Küche zur Verfügung. In Carona sind gute Gaststätten und Einkaufsmöglichkeiten vorhanden.

Hausverwalterin und Zimmerbestellung Calina:

Ferien-Sternwarte Calina - Osservatorio Calina, Frau Brigitte Nicoli, Postfach 8, CH-6914 Carona TI, Tel. 091/649 52 22 oder Feriensternwarte Calina: Tel. 091/649 83 47

Alle Kurse und Veranstaltungen finden unter dem Patronat der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft SAG statt.

BUCHBESPRECHUNGEN BIBLIOGRAPHIES

demischer Verlag» 98.00 sFr. Heidelberg Berlin 1999; Sonderausgabe im Weltbild Verlag, broschiert 39.80 sFr. ISBN 3-8274-0575-0.

Im Zeitalter grosser Entdeckungen und neuer Erkenntnisse in der Astronomie ist für interessierte Laien der Besitz eines Lexikons der Astronomie unentbehrlich. Leider sind solche Werke meist sehr teuer. Im Weltbild Verlag, wo auch andere astronomische Werke oft zum halben der üblichen Buchhändlerpreise zu haben sind, ist kürzlich aus dem *Spektrum Akademischer Verlag* das Lexikon der Astronomie als Sonderausgabe erschienen, das hinsichtlich Umfang, Aktualität und Preis das Interesse von Sternfreunden verdient. Diese ausführliche, allgemein verständliche und umfassende Darstellung mit rund 6000 Stichworten aus den verschiedensten Bereichen der Astronomischen Wissenschaft, seien es Einzelbegriffe wie Gammablitz oder Gesamtübersichten wie Kosmogonie und Kosmologie, ist eines der preiswertesten Lexikas, das zur Zeit auf dem deutschsprachigen Büchermarkt erhältlich ist. In den Einzeldarstellungen werden neben der Beschreibung der Stichworte auch die damit zusammenhängenden physikalischen Phänomene ausführlich erklärt und mit Bildmaterial und Graphiken illustriert. Bewusst wird auf farbiges Bildmaterial verzichtet, was in einschlägigen Bildbänden ohnehin genügend zur Verfügung steht, um dem Text mehr Platz einzuräumen und den Preis möglichst tief zu halten. Diese umfassende Sonderausgabe aus dem Weltbild Verlag kann Laien und fortgeschrittenen Sternfreunden wärmstens empfohlen werden.

ARNOLD VON ROTZ

FRASER, GORDON / LILLESTOL, EGIL / SELLEVAG, INGE:
Auf der Suche nach dem Unendlichen. Mit einer Einleitung von Stephen Hawking. Übersetzt von C. Ascheron und J. Urbahn. 1999. 144 S., 175 z.T. farb. Abb., Index. Gebunden ISBN 3-540-64660-4, DEM 79.00, ATS 577.00, CHF 72.00, GBP 30.50, USD 45.15.

Das Universum umfasst Strukturen, die etwa 10^{30} mal grösser oder kleiner sind als der Mensch. Dieses Buch schildert die Geschichte um die Entdeckung und Erforschung dieser Strukturen. In einem ersten Teil wird der Blick nach Innen gewandt. Dieser enthält folgende Kapitel: Die Entdeckung der Materie, Die Geburt der Teilchenphysik, Die Welt der Quarks, Die Vereinheitlichung der Kräfte, Teilchenphysik heute. Der zweite Teil widmet sich dem Blick nach Aussen. Darin wird erzählt, wie die Menschen das Universum verstehen und erforschen, und welche Vorstellungen sie vom heutigen Universum haben. Das Buch ist allgemeinverständlich geschrieben und kann mit seinen zahlreichen farbigen Illustrationen die gewaltigen Dimensionen, von den Quarks bis zu den Quasaren, anschaulich darstellen.

ANDREAS VERDUN

Impressum Orion

Leitende Redaktoren/Rédacteurs en chef:

DR. NOËL CRAMER, Observatoire de Genève, Ch. des Maillettes 51, CH-1290 Sauverny
Tél. 022/755 26 11
e-mail: noel.cramer@obs.unige.ch

DR. ANDREAS VERDUN, Astronomisches Institut, Universität Bern, Sidlerstrasse 5, CH-3012 Bern
Tél. 031/631 85 95
e-mail: verdun@aiub.unibe.ch

Manuskripte, Illustrationen und Berichte sind an obenstehende Adressen zu senden. Die Verantwortung für die in dieser Zeitschrift publizierten Artikel tragen die Autoren.
Les manuscrits, illustrations et rapports doivent être envoyés aux adresses ci-dessus. Les auteurs sont responsables des articles publiés dans cette revue.

Auflage/Tirage:

2800 Exemplare, 2800 exemplaires.
Erscheint 6 x im Jahr in den Monaten Februar, April, Juni, August, Oktober und Dezember.
Paraît 6 fois par année, en février, avril, juin, août, octobre et décembre.

Copyright/Copyright:

SAG. Alle Rechte vorbehalten.
SAS. Tous droits réservés.

Druck/Impression:

Imprimerie Glasson SA, CP352, CH-1630 Bulle 1
e-mail: michel.sessa@lagruyere.ch

Anfragen, Anmeldungen, Adressänderungen sowie Austritte und Kündigungen des Abonnements auf ORION (letzteres nur auf Jahresende) sind zu richten an: Für Sektionsmitglieder an die Sektionen. Für Einzelmitglieder an das Zentralsekretariat der SAG:

Informations, demandes d'admission, changements d'adresse et démissions (ces dernières seulement pour la fin de l'année) sont à adresser: à leur section, pour les membres des sections; au secrétariat central, pour les membres individuels.

SUE KERNEN, Gristenbühl 13, CH-9315 Neukirch.
Tél. 071/477 1743, E-mail: sue.kernen@bluewin.ch

Mitgliederbeitrag SAG (inkl. Abonnement ORION) Schweiz: SFr. 52.–, Ausland: SFr. 60.–, Jungmitglieder (nur in der Schweiz): SFr. 25.– Mitgliederbeiträge sind erst nach Rechnungsstellung zu begleichen.

Cotisation annuelle SAS

(y compris l'abonnement à ORION)

Suisse: Frs. 52.–, étranger: Frs. 60.–.

Membres juniors (uniquement en Suisse): Frs. 25.–.
Le versement de la cotisation n'est à effectuer qu'après réception de la facture.

Zentralkassier/Trésorier central:

URS STAMPFLI, Dälewiedweg 11, (Bramberg)
CH-3176 Neuenegg,

Postcheck-Konto SAG: 82-158 Schaffhausen.

Einzelhefte sind für SFr.10.– zuzüglich Porto und Verpackung beim Zentralsekretär erhältlich.

Des numéros isolés peuvent être obtenus auprès du secrétariat central pour le prix de Frs.10.– plus port et emballage.

Aktivitäten der SAG/Activités de la SAS:

<http://www.astroinfo.ch>

ISSN 0030-557 X

Ständige Redaktionsmitarbeiter/ Collaborateurs permanents de la rédaction

THOMAS BAER, Bankstrasse 22,
CH-8424 Embrach

DR. FABIO BARBLAN, 6A, route de l'Etraz,
CH-1239 Collex/GE
e-mail: fabio.barblan@obs.unige.ch

ARMIN BEHREND, Les Parcs,
CH-2127 Les Bayards /NE

JEAN-GABRIEL BOSCH,
90, allée des Résidences du Salève,
F-74160 Collonges S/Salève

HUGO JOST-HEDIGER, Lingeriz 89,
CH-2540 Grenchen
e-mail: hugo.jost@infrasy.com.ch

STEFAN MEISTER, Vogelsangstrasse 9,
CH-8180 Bülach
e-mail: stefan.meister@astroinfo.ch

HANS MARTIN SENN, Friedheimstrasse 33,
CH-8057 Zürich
e-Mail: senn@astroinfo.ch

Übersetzungen/Traductions:

DR. H. R. MÜLLER,
Oescherstrasse 12,
CH-8702 Zollikon

Korrektor/Correcteur:

DR. ANDREAS VERDUN,
Astronomisches Institut, Universität Bern,
Sidlerstrasse 5, CH-3012 Bern
e-mail: verdun@aiub.unibe.ch

Inserate/Annonces:

DR. FABIO BARBLAN,
Observatoire de Genève,
CH-1290 Sauverny/GE
Tél. 022/755 26 11
Fax 022/755 39 83
Tél. 022/774 11 87 (privé/privat)
e-mail: fabio.barblan@obs.unige.ch

Redaktion ORION-Zirkular/ Rédaction de la circulaire ORION

MICHAEL KOHL,
Im Brand 8, CH-8637 Laupen
e-mail: mkohl@webshuttle.ch

Astro-Lesemappe der SAG:

HANS WITTWER,
Seeblick 6,
CH-9372 Tübach

Inserenten / Annonceurs

• **AN- UND VERKAUF/ACHAT ET VENTE**, Seite/page 16; • **ASTROCOM GMBH**, D-Gräfelfing, Seite/page 2;
• **ASTRO-LESEMAPPE**, Seite/page 26; • **CALINA-FERIENSTERNWARTE**, Seite/page 46; • **ICSO 2000**,
Toulouse/France, Seite/page 16; • **SONNENFINSTERNIS 2001**, Seite/page 46; • **TYCHO GMBH**, Lau-
sanne, Seite/page 30; • **WYSS FOTO**, Zürich, Seite/page 48; • **ZUMSTEIN FOTO-VIDEO**, Bern, Seite/
page 43.

NexStar[™]

5&8

DIE TELESKOP-GENERATION DES NEUEN JAHRTAUSEND.

Die jüngsten Fortschritte in der Elektronik und CNC-Steuerungstechnik ermöglichen es erstmals vollautomatische Fernrohre anzubieten, die sich selbst einnorden und Ihnen alles was es am Himmel zu entdecken gibt „vor Augen führen“ – und das zu sagenhaft günstigen Preisen!

5" & 8" Schmidt-Cassegrain (SC) Optik: Weltraumgetestet und von überragender Qualität (siehe Interferometer Optiktast S.u.W. 4/2000)

Auto-Align-Funktion: Das Teleskop nordet sich selbst ein, mittels einprogrammiertem Leitstern-Katalog.

18.473 Objekte im Festspeicher: Die riesige Datenbank enthält die Position und genaue Einzelinformation zu Objekten aus allen wichtigen Sternkatalogen: NGC/Messier/Caldwell, alle Planeten, ausgewählte SAO-Sterne und 25 benutzerdefinierbare Objekte (z.B. Kleinplaneten/Kometen o.ä.).

Tour-Funktion: Für jede Nacht des Jahres werden Ihnen die eindrucksvollsten Objekte des Nachthimmels zur Beobachtung vorgeschlagen und auf Wunsch automatisch angefahren. Selbstverständlich können Sie auch eigene Touren programmieren!

Robotic-Telescope: Mit eingebauter RS 232 Schnittstelle. Mit geeigneter Software (TheSky/Guide) erhalten Sie ein unschlagbares preiswertes „Arbeitsfeld“ für automatisierte Beobachtungsprogramme: Veränderlichen-Beobachtung, Kleinplaneten-Durchmusterung, Supernova-Suche, Spektroskopie u.v.m.

Vielseitigkeit: Alles nur erdenkliche Zubehör ist an NexStar[™] SC-Teleskope anschließbar – nicht zuletzt wegen des durchdachten neuartigen Montierungskonzepts und des riesengroßen Schärfereichs durch den beweglichen Hauptspiegel.

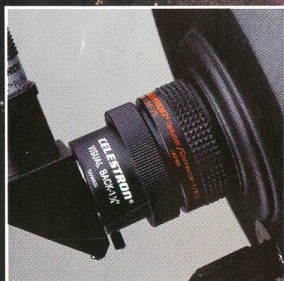
Mechanik: Die Celestron NexStar[™] Technologie bietet hochwertige Antriebstechnik aus modernstem Maschinenbau. Gabelarm und Stundenantriebsblock sind extrem massiv gefertigt. Die Getriebe bei allen Servomotoren und Encodern bestehen ausschließlich aus Stahl und Sinterbronze – im ganzen Antrieb werden nirgendwo Kunststoffzahnräder o.ä. Verschleißteile verwendet.

NexStar[™] 5

Das NexStar[™] 5-Steuergerät läßt sich bequem in der Hand halten oder im Gabelarm verstauen. Tasten und Anzeigefeld leuchten angenehm rot, um die Dunkeladaption des Auges nicht zu behindern.



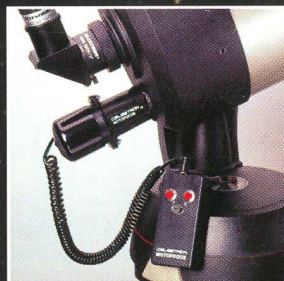
NEU: Celestron Axiom-Weitwinkel-Okulare mit 70° Eigengesichtsfeld



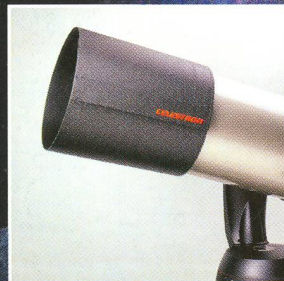
f 6.3 Telekompressor – verwandelt das Celestron in ein Rich-Field-Teleskop mit riesigem Gesichtsfeld



BAADER AstroSolar[™] Sonnenfilter – fertig gefaßt, direkt von Celestron!



Fokussiermotor mit variabler Geschwindigkeit – macht Scharfstellen zum Kinderspiel.



NEU: Celestron Lens-Shade, platzsparende, zusammenlegbare Taukappe.

NexStar[™] 8

proastro

Celestron-
Generalimporteur:

P. WYSS PHOTO-VIDEO EN GROS

Dufourstrasse 124 · 8034 Zürich · Tel.: 01 383 01 08 · Fax: 01 383 00 94

Deutschland: BAADER PLANETARIUM GmbH · Zur Sternwarte · 82291 Mammendorf · Tel.: 0049 8145 88 02 · Fax: 0049 8145 88 05