

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Band: 60 (2002)
Heft: 310

Heft

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.10.2024

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

310



3 2002



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

ORION

MEADE®

NEU

LX200

7" • 8" • 10" • 12" GPS

LX200 GPS: Der bedeutendste Fortschritt in der Geschichte der Meade Schmidt-Cassegrains seit 10 Jahren!

DAS NEUE LX200 GPS

Präzisions-Ausrichtung durch GPS

Die Ausrichtung des Teleskops erfolgt durch das LX200 16-Kanal GPS-System samt „True-Level“- und „True-North“-Sensoren. Der Ausgleich der magnetischen Mißweisung erfolgt selbständig! Sie drücken einfach die ENTER-Taste auf dem AutoStar-II und das LX200 bewegt sich mit 8°/sec. zum ersten Referenzstern.

Neue Hauptspiegelzelle

Besonders interessant für Fotografen sowie bei vielen visuellen Anwendungen ist die neue Hauptspiegelzelle, die die Fokussierung und Zentrierung von Objekten erheblich vereinfacht

- Hauptspiegelfixierung: Durch einfaches Drehen eines „Schalters“ über dem Grobfokussierknopf wird der Hauptspiegel in seiner momentanen Position fixiert. Zusammen mit dem neuen „Zero-Image-Shift“-Fokussierer beseitigt dieses neue System wirkungsvoll jedes noch verbliebene Spiegelshifting. Hochempfindlichen Anwendungen sind somit keine Grenzen gesetzt.
- „Zero-Image-Shift“-Fokussierer: Mit diesem neuen Fokussierer, der als Standard-Ausrüstung allen LX200GPS mitgeliefert wird, ist eine sehr feinfühlig Fokussierung des Bildes möglich – egal ob bei visuellen Anwendungen mit hohen Vergrößerungen oder bei der CCD Fotografie. Auch die Zentrierung auf kleinen CCD-Chips ist jetzt kein Problem mehr! Der „Zero-Image-Shift“-Fokussierer ist motorisch betrieben und besitzt 4 Fokussier-Geschwindigkeiten.

AutoStar-II

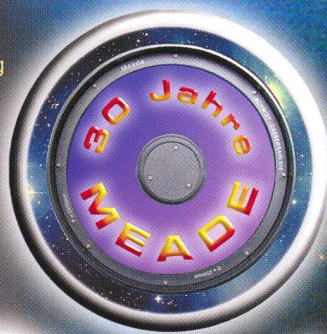
Die neue AutoStar-II Handbox der LX200GPS Geräte besitzt alle Eigenschaften der bisherigen LX200 Teleskope, plus einen erweiterten 3,5MB Speicher mit einer Datenbasis von über 125.000 Objekten, die innerhalb von Sekundenbruchteilen auf die Anzeige des AutoStar-II gebracht werden können. Ein Auszug aus der riesigen

Datenbasis:

| | | | |
|-------------------|-------|-----------------------------------|--------|
| NGC-Objekte | 7.840 | Abell Galaxien-Haufen | 2.712 |
| IC-Objekte | 5.386 | Arp Unregelmäßige Galaxien | 645 |
| Messier-Objekte | 110 | Uppsala Galaxy Catalog | 12.940 |
| Caldwell-Objekte | 109 | Morph. Catalog of Galaxies | 12.939 |
| Objekte mit Namen | 227 | General Catalog of Variable Stars | 28.484 |
| Herschel-Objekte | 400 | SAO und Hipparcos Sternkataloge | 31.090 |

Lieferumfang – 7", 8", 10" und 12" LX200 GPS:

Schmidt-Cassegrain Optik 8", 10" (f/6,3 oder f/10) oder 12" (f/10) bzw. Maksutov-Cassegrain Optik 7" (f/15) mit EMC-Hartvergütung und Hauptspiegelfixierung; motorischer „Zero-Image-Shift“-Fokussierer mit 4 verschiedenen Geschwindigkeiten; schwere LX200 Montierung mit einem 102mm Kegellager; 146mm LX-Schneckengetriebe in beiden Achsen; Multifunktions-Port mit zwei RS-232-Schnittstellen; manuelle und elektr. Kontrollfunktion in beiden Achsen; AutoStar-II Handbox mit 3,5MB Speicher (Flash-Memory) und digitalem Display; 9 Geschwindigkeiten und programmierbarer Smart Drive in beiden Achsen; GoTo-Funktion mit über 125.000 wählbaren Objekten; internes 12V-Batteriefach für 8 Batterien der Größe „C“ (Batterien nicht im Lieferumfang enthalten); 8x50mm Sucherfernrohr; 1 1/4" Zenitprisma (7", 8", 10") oder 2" Zenitspiegel mit 1 1/4" Adapter (12"); Super-Plössl-Okular der Serie 4000 f=26mm; stabiles Bodenstativ (7", 8", 10") oder schweres Bodenstativ (12"); deutsche Bedienungsanleitung.



MEADE feiert
30.
Geburtstag!



UHTC

ULTRA HIGH TRANSMISSION COATINGS

JETZT NEU MIT
UHTC
VERGÜTUNG*

LX200 GPS:

- 7" f/15 SFr. 7.950,-
- 8" f/6,3 SFr. 6.390,-
- 10" f/10 SFr. 7.550,-
- 12" f/10 SFr. 10.800,-

Alle Preise sind unverbindliche
Preiseempfehlungen

**Inkl. Stativ und
Autostar II,
wie abgebildet**



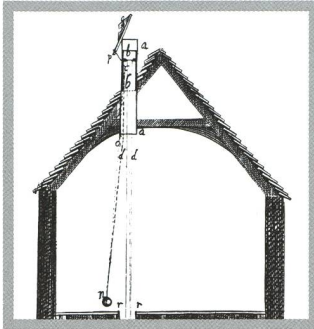
ADVANCED PRODUCTS DIVISION

Meade Instruments Europe

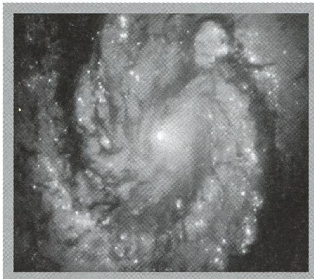
D-46325 Borken • Siemensstraße 6 • Tel. 0049 - 28 61 - 93 17 50 • Fax 0049 - 28 61 - 22 94

Internet: www.meade.de • E-mail: info.apd@meade.de

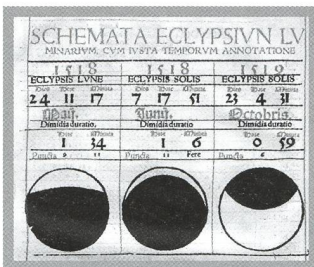
* Die „Ultra-High Transmission Coating™“ - Vergütung ergibt rund 20% mehr Lichtausbeute!



Wechselwirkung zwischen Theorie und Beobachtung - 10



Historians and Astronomers: Same Pursuits? - 23



Les Potins d'Uranie
 A la Stöffler - 27



La pollution lumineuse
 Un colloque très réussi - 29

Geschichte der Astronomie - Histoire de l'astronomie

- Jost Bürgis Beitrag zum Aufstieg Kassels als Zentrum der astronomischen Forschung** - JÜRGEN HAMEL **4**
- Wechselwirkung zwischen Theorie und Beobachtung: **Beispiele aus der Geschichte der klassischen Positions-Astronomie** - ANDREAS VERDUN **10**
- Historians and Astronomers: Same Pursuits?** - JOSHUA B. STEIN **23**
- Les Potins d'Uranie - A la Stöffler** - AL NATH **27**

Diversa - Divers

- La pollution lumineuse - Un colloque très réussi** - ANDRÉ HECK **29**
- Fabeln vom Himmel - Das neue Eldorado** - AL NATH **39**

Beobachtungen - Observations

- La comète 51P/Harrington** - STEFANO SPOSETTI **33**
- Comète Ikeya-Zhang (C/2002 C1)** - ALBERTO OSSOLA **33**
- La Comète 19P/Borrelly** - STEFANO SPOSETTI **33**
- Komet Ikeya-Zhang** - KARL OBERLI **33**
- Nahe Begegnung von Mond und Jupiter am 26. Januar 2002** - STEFAN SPAHR **34**
- Mercure** - NOËL CRAMER **34**
- Swiss Wolf Numbers 2002** - MARCEL BISSEGER **35**
- Evolution de la très grosse protubérance solaire** - ARMIN BEHREND **35**

Der aktuelle Sternenhimmel - Le ciel actuel

- Vom 10. auf den 11. Juni 2002 in der westlichen Hemisphäre
Ringförmige Sonnenfinsternis über dem Pazifik - THOMAS BAER **37**
- Die Planetenparade löst sich auf** - THOMAS BAER **38**
- Unbemerkte Halbschatten-Mondfinsternis** - THOMAS BAER **38**

Weitere Rubriken - Autres rubriques

- Veranstaltungskalender / Calendrier des activités** **40**
- Buchbesprechungen / Bibliographies** **41**
- Impressum Orion - Inserenten / Annonceurs** **42**

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

Peu avant la fin de son dernier quartier, un fin croissant de Lune élève dans l'aurore son «plein» de lumière cendrée par-dessus les Alpes valaisannes. Addition de 4 photos obtenues le 24 octobre 2000 depuis l'Observatoire François Xavier Bagnoud (St Luc) au foyer d'une lunette de 102mm. La superposition des images permet de réduire le grain prononcé de l'émulsion (Fuji 1600 ASA).
 Photo: SERGE RENFER, 27d, ch. de la Source-Saint-Jean, CH-1219 Aire.

Redaktionsschluss / Délai rédactionnel N° 311 - 7.6.2002 • N° 312 - 12.8.2002

Jost Bürgis Beitrag zum Aufstieg Kassels als Zentrum der astronomischen Forschung

JÜRGEN HAMEL

Astronomie ohne Beobachtung

Um die Mitte des 11. Jahrhunderts begannen sich in der Astronomie neue Entwicklungen abzuzeichnen. Gelehrte hinter Klostermauern waren vor allem auf Werke der Spätantike angewiesen, die Jahrhunderte zuvor für ein breites Publikum zur allgemeinen, «populären» Belehrung gedacht waren. Zu diesen gehörte die große Naturkunde des PLINIUS, eine Enzyklopädie des gesamten Naturwissens in rationaler Intention. Dazu gehörten auch Werke des MARTIANUS CAPELLA, des MANILIUS u.a.

Astronomische (und astrologische) Fachliteratur, wie man sie in der antike, aber auch in der geistig toleranten islamischen Welt besaß, blieb unbekannt. Das Wissen, die Bahnen der Planeten zu berechnen, blieb verborgen, die kirchlichen Festtage des Kalenders (Ostern) wurden nach zyklischen Regeln bestimmt, nicht nach den diesen zugrundeliegenden Gestirnsbewegungen. Nur so schien es gewährleistet, bis tief in die christliche Diaspora des römischen Weltreiches das hohe Osterfest einheitlich zu begehen; der Himmelsbeobachtung war nicht zu trauen. Mit dem Mangel an Berechnungen der Gestirnsörter blieb natürlich auch eine Horoskopastrologie ausgeschlossen. Man kannte die in altem Volksglauben wurzelnde, den Lehren des Christentums vom Jüngsten Gericht entsprechende negative Bewertung von Kometen und Finsternisse, den Mars und Saturn als Unglücksbringer, Venus als Liebesgöttin usw. Das viel kolportierte Bild vom astrologischen Mittelalter ist eine Fiktion der Aufklärung.

Doch für eine weitere, von tieferen Motiven geprägte Himmelsbeobachtung gab es kein gesellschaftliches Bedürfnis. Sicher beobachtete man den Himmel, den Lauf der Sonne und des Mondes, die Stellungen der Planeten, auch zur Zeitbestimmung bei Nacht. Doch war dies resultierend aus einem tiefen Gefühl der Verbundenheit zwischen Mensch und Umwelt, aus einem religiösen, poetischen Weltverständnis... Lange Beobachtungsreihen und ihre dauerhafte Aufzeichnung schienen keinen rechten Sinn zu haben, weil ja niemand in der Lage gewesen ist, mit diesen Reihen etwas anzufangen, sie durch mathematische Berechnung in ein System zu bringen und daraus Nutzen zu ziehen.

Noch etwas muß in Betracht gezogen werden: Die «Alten», die Autoren der Griechen und Römer, erwiesen sich in ihren Schriften als von einem völlig erdrückendem Wissen – was konnte Plinius nicht alles erzählen, von den Gestirnen, von Menschen ferner Länder, von wunderbaren Tieren... Welche beeindruckenden Bilder der Geometrie, der Arithmetik, der Musik und der Astronomie hatte Martianus Capella entworfen! Mußte nicht der Eindruck entstehen, alles, was ein Mensch zu wissen imstande ist, war von den «auctores» längst erforscht? Dieser Glauben, das Vertrauen auf die alten Autoritäten, verbunden mit der Gewöhnung an die geistige Übermacht der Väter der christlichen Kirche, kann, dies bedacht, eigentlich gar nicht verwundern, wenn wir uns den eingeschränkten Erfahrungsbereich der geistigen Elite jener Zeiten vor Augen führen.

Wissenszuwachs bedeutete nicht empirische Forschung, sondern das Nachlesen in Büchern, die äußerlich durch ihr Alter, vor allem inhaltlich durch die Fülle und Tiefe an Wissenschaft beeindruckten – und wenigstens teilweise noch nach heutigen Maßstäben beeindruckend sind! Was sollte dem gegenüber die eigene Naturbetrachtung Neues erbringen können?

In diesem Rahmen begann in der Astronomie im 10. Jahrhundert eine Renaissance mit dem Kennenlernen erster alter Schriften, mit tieferen Kenntnissen von der Himmelskunde, wesentlich vermittelt durch islamische Gelehrte des westlichen Kalifats. Im 10. Jahrhundert wurden im Norden der iberischen Halbinsel Schriften aus dem Arabischen ins Lateinische übersetzt; von Spanien drang bald die Kunde über Frankreich bis nach Süddeutschland.

Dennoch blieben Beobachtungen sporadisch. Soweit wir wissen, war JOHANNES REGIOMONTAN in Nürnberg der erste Astronom der Neuzeit, der längere Beobachtungsreihen ausführte, gefolgt von seinem Schüler BERNHARD WALTHER. Bekannt ist ebenso, daß COPERNICUS kein praktischer Astronom war, sondern sich als Theoretiker verstand. Die Bedeutung eines modernen Datenmassivs für die Reform der Sternkunde hatte er nicht erkannt. Differenzen zwischen Tafelwerten und wirklichen Gestirnspositionen konnten einem sorgfältigen Beob-

bachter nicht verborgen bleiben, und die auf mangelnden Kenntnissen beruhenden Probleme der Kalenderrechnung waren spätestens seit dem 12. Jahrhundert offenbar.

Ein Eidgenosse am Kasseler Hof

Wie dem auch sei, der erste Gelehrte, der – nach REGIOMONTAN – ein neues wissenschaftstheoretisches Programm aussprach und daraus grundsätzliche praktische (wissenschaftsorganisatorische) Schlußfolgerungen ableitete, war WILHELM IV. Landgraf von Hessen-Kassel seit 1567. WILHELM, mit dem ehrenvollen Beinamen «der Weise», war in der Tat ein sehr gebildeter Herrscher, auch in seinem staatspolitischen Denken weit fortgeschritten, zwar einer der führenden Kritiker der gregorianischen Kalenderreform aus theologischen Gründen, aber ein Verfechter religiöser Toleranz (z.B. gegenüber dem Calvinismus), ein Kritiker von Hexenverbrennungen, ein Fürst «auch unter den Astronomen», wie später BESSEL urteilte. Die von ihm in den Gewohnheiten der Zeit angelegten Sammlungen waren über den Stil der Zeit hinausgehend nicht nur Wunderkammern, sondern «Wissenschaftskammern», weit über die Funktion der Repräsentation und der geistigen Erbauung hinausgedacht.

Hier ist nun endlich JOST BÜRGI ins Spiel zu bringen. Über die Biographie des geborenen Schweizer Eidgenossen soll hier nicht generell gehandelt werden. Zum Thema gehört jedoch die Bemerkung, daß leider sein gesamter Weg zu einem der bedeutendsten Uhrmacher und Instrumentenbauer seiner Zeit, als bedeutender Mathematiker und Astronom, völlig im dunkeln liegen. Sicher mag BÜRGI viele seiner Fähigkeiten im Selbststudium erworben haben, aber wo begann sein glorreicher Lebensweg, wo erhielt er die ersten Anstöße, und wo erwarb er seine praktischen Fähigkeiten? Es ist mehr eine Hilfskonstruktion denn gesichertes Wissen, daß er beim Bau der 2. Straßburger Münsteruhr mitarbeitete. Doch immerhin: KONRAD DASYPOSIUS, der diese Uhr konzipierte, war mit WILHELM gut bekannt. Wurde WILHELM auf diesem Weg auf BÜRGI aufmerksam gemacht? Wir wissen es nicht!

Was wir wissen ist, daß BÜRGI am 25. Juli 1579 in hessisch-landgräflichen Dienst trat: «Wir Wilhelm von gotts gnaden landgrave zu Heßenn, grave zue Caccenelnpogen etc., thun kunth und bekennen hirann, das wir unsern lieben getreuen Joist Burgk von Liechtensteig aus Schweiz zu unserm auermacher und diehner auf- und angenommen haben, und thun daßelbig hirmitt und in craft disbrifs, derogestalt und also, das ehr und

unser auermacher und diener unser auerwerk klein und groß allesampt in gang erhalten, anrichten und keinswegs in abgang kommen laßen und, was daran zerbricht oder zu beßern ist, uff seinen coisten jederzeith wider machen, das darann durchaus kein Mangel seie, und sonsten in sachen, darzue wir ihnen seiner kunst nach zu geprachen wißen, sich jederzeith wilfärg, unverdroßen und vleißig befinden laßen, unser treu, holt, gehorsam und gewertig sein und alles dasjenige thun, so ein treuer auermacher und diener seinem hern schuldig und pflichtig ist, inmaßen er uns solchs gelobt und geschworen und deßen seinen reversbrief übergeben hatt. Darentgegen und von solchs seins diensts wegen sollen und wollen wir ihme jedes jars, so lang diße unsere bestallung wehret, handreichen und geben laßen dreißig gulden gelts durch unsern cammerschreiber, eine gewöhnliche hoifkleidung und die coist zue hoif bei andern unseren werkmeistern, darzu freie wohnung und herberg in unser munz oder sonsten unser gelegenheit nach und noitturftig holz und kohlen zue seiner befeuerung und behuef seines handwerks. Wenn ehr uns aber außer unser auerwerk ein neu werk macht, daßelbig soll ihme von uns in zimlichen pillichen [d.h. gerechten, angemessenen] werth bezahlet werden. In urkunth haben wir uns mit aigen handen unterschriben und unser secrett hiruff getruckt. Signatum. Caßell den 25ten julii anno etc. 1579.» So heißt es in der Anstellungsurkunde, und am selben Tag fertigte BÜRGI eigenhändig eine Treueverpflichtung aus (Bild 1).

BÜRGIS Aufgaben sind klar umrissen, es geht um Uhrmacherei. Tatsächlich hatten sich um die Zeit von BÜRGIS Eintritt in hessische Dienste in Kassel verschiedene Uhren und anderes wissenschaftliche Gerät befunden. Im Jahre 1561 hatte der Prinz WILHELM auf dem väterlichen Schloß die erste festeingerichtete Sternwarte der europäischen Neuzeit begründet. Anders als seine be-

obachtenden Astronomen-Kollegen vor ihm (und zum größten Teil noch lange nach ihm) hatte sich WILHELM Instrumente anfertigen lassen, mit denen man nicht abendlich ans Fenster oder auf eine Freifläche heraustreten konnte, um Messungen auszuführen. Seine Instrumente waren stabile Messinginstrumente mittlerer Größe, die eine genaueste Justierung und damit einen festen, dauerhaften Stand erforderten. Und der war eben nur durch eine permanente Beobachtungsstation zu gewährleisten. Der Vater, PHILIPP der Gutmütige, der Kassel in die Reformation geführt hatte und sich jahrelang in kaiserlicher Haft befand, unterstützte offenbar die Interessen seines Sohnes.

Als BÜRGI nach Kassel kam, hatte dort die Himmelsforschung bereits zu bedeutenden Ergebnissen geführt. WILHELM selbst hatte sich um die Bestimmung der Koordinaten seines Observatoriums bemüht und fand einen Wert, der später unter Mitwirkung von BÜRGI immer genauer wurde – BÜRGI fand $51^{\circ}19'20''$ (ZINNER gibt $51^{\circ}19'9''$). Neben anderen Beobachtungen hatte WILHELM seit 1559 systematisch Sonnenörter mit einem Quadranten und einem Torquetum gemessen (u.a. zur Bestimmung der Solstitien), in den Jahren 1558 beobachtete er den damals erschienen Kometen, 1572 die sog. Tychoische Supernova und 1577 wiederum einen Kometen. Besonders verdient hier eines hervorgehoben zu werden: Anhand eigener Beobachtungen der Supernova von 1572 kommt WILHELM zu dem Ergebnis, daß er habe «nicht befinden können, das er ... in elementarj regione constituit», sondern «er in aetherea regione comparirt, da dan die Physici keiner generation od[er] corruption stadt gegeben»; für diese, der aristotelischen Physik entgegenstehende Erkenntnis der Natur der Kometen als Himmelskörper und nicht der Erdatmosphäre, gebührt also nicht allein TYCHO BRAHE die Priorität, sondern gleichzeitig und unabhängig von diesem auch WILHELM. Was daran für BÜRGI so bedeutend ist, gründet in der Wertung, daß dieser in Kassel auf ein überaus anregendes Forschungsklima stieß, das sich nicht in den Bahnen der gewohnten Auffassungen bewegte, sondern daß hier Forschungen gelangen, die dazu beitragen, das Bild der Astronomie zu verändern.

BÜRGI fand bei seinem Eintritt in landgräfliche Dienste eine ganze Reihe von Beobachtungsinstrumenten und Uhren vor, denen er sich gemäß seiner

Stellung zu widmen hatte. Um 1561 hatte der Mechaniker und Uhrmacher EBERHARD BALDEWEIN, der auch als Beobachter auf der Sternwarte tätig war, die sog. große Planetenuhr (auch «Wilhelmsuhr» genannt) konstruiert, ein technisches Meisterwerk mit einer Vielzahl von Indikationen zur Zeit- und Kalenderbestimmung sowie zum Stand der Planeten und Sterne; in WILHELMS Besitz befanden sich verschiedene Beobachtungsinstrumente, Quadranten, Sextanten, ein großes Torquetum u.a. WILHELM stellte BÜRGI zunächst offenbar zwei Aufgaben: 1. die mechanische Darstellung der Bewegung der Himmelskörper zu vervollkommen und 2. die Genauigkeit der Zeitmessung zu verbessern. 3. Eigene Instrumente zu konstruieren bzw. vorhandene zu verbessern. Ersteres führte ab 1582 zur Konstruktion der Himmelsgloben mit Uhrwerksautomatik, die Meisterwerke der Uhrmacherkunst darstellen, im Zusammenhang mit ihrer Gestaltung Kunstwerke von Weltgeltung sowie zu BÜRGIS astronomischer Stutzuhr von 1590/91.

BÜRGIS Bemühungen um die Verbesserung der Zeitmessung führten zur Konstruktion der genauesten Zeitmesser des 16. Jahrhunderts. Leider sind unsere Kenntnisse in dieser Hinsicht fragmentarisch, weil ein Teil der Instrumente durch Kriegseinwirkungen vernichtet wurden. Darunter befanden sich auch einige der auf der Sternwarte verwendeten Beobachtungsuhr. Erhalten blieben jedoch eine Observationsuhr von etwa 1585-1590 sowie schließlich die Kreuzschlaguhr aus derselben Zeit, letztere bezeichnet als die vermutlich genaueste Uhr des 16. Jh. Die durch BÜRGIS Konstruktionen gegebenen neuen Möglichkeiten der Zeitmessung ließen neue Wege der astronomischen Beobachtung zu.

Ein neues Forschungsprogramm und neue Instrumente

Hier ist ein kurzer Einschub vonnöten: Vermutlich im Jahre 1584 gelang es WILHELM, den Betrieb auf seiner Sternwarte personell zu verstärken. Der neue Mitarbeiter war CHRISTOPH ROTHMANN aus Bernburg (südlich von Magdeburg) im Fürstentum Anhalt. Er hatte in Wittenberg studiert, wurde durch den Fürsten JOACHIM ERNST von Anhalt gefördert und kam, evtl. von diesem empfohlen, nach Kassel. ROTHMANN erwies sich, wie schon zuvor BÜRGI, für WILHELM als absoluter Glücksfall – er war ein fleißiger, ausdauernder und begabter Beobachter. WILHELM beauftragte seinen neuen Astronomen wohl sofort mit der Ausführung seines Lieblingsprogramms. Damit hat es folgendes auf sich:

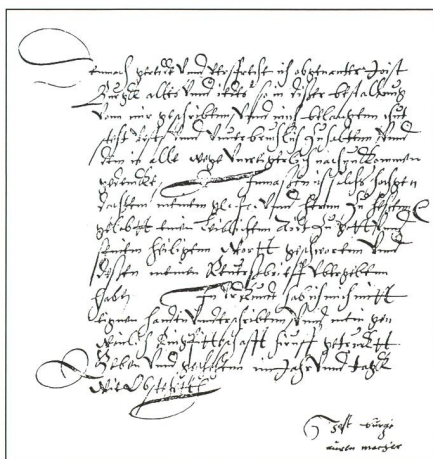


Bild 1: BÜRGIS Treueverpflichtung gegenüber Landgraf WILHELM IV. von Hessen, 25.7.1579 (nach MACKENSEN, S. 23)

Schon sehr früh, bei der Vorbereitung des kleinen Himmelsglobus für die genannte Wilhelmsuhr, bemerkte WILHELM, daß es zwischen den Sternpositionen am Himmel und den in den gängigen Tafelwerken (z.B. dem Sternkatalog von JOHANNES SCHÖNER) teilweise erhebliche Differenzen gab, die manchmal bis zu einem Betrag von mehreren Grad gingen. Nun ist jedoch eine sichere Kenntnis der Sternörter eine Voraussetzung für die sichere Bestimmung der Örter der Planeten, Kometen und des Mondes. Denn diese Ortsbestimmungen werden nicht absolut, sondern relativ zu nahestehenden Sternen ausgeführt. Die notwendige Folge ist, daß die Planetenörter falsch sein müssen, wenn es die Sternörter auch sind. Aus dieser Einsicht heraus wurde WILHELM zu einem der frühesten praktischen Astronomen der Neuzeit, und ROTHMANN folgte ihm darin, und schließlich war BÜRGI der dritte im Bunde. WILHELMS wissenschaftstheoretisches Programm bestand in der Erkenntnis, daß, will man den Himmel kennenlernen, man eben auch den Himmel beobachten müsse und nicht *nur* in die Schriften der Alten schauen dürfe, mithin überhaupt, daß die Natur durch wissenschaftliche Beobachtungen erforschbar ist.

Doch so, wie ein guter Beobachter an mittelmäßigen Geräten nicht zum Zuge kommt, so sind auch hervorragende Instrumente ohne geeignete Beobachter nicht viel wert. Hier spielt nun wieder BÜRGI eine beeindruckende Rolle. Wir wissen, daß er mehrfach Verbesserungen an verschiedenen Instrumenten vorgenommen hat. Dies ergänzte den sorgfältigen Umgang ROTHMANNS mit den Instrumenten (immer wieder ist von

einer «correctio» der Instrumente zu lesen) und die genaue Protokollierung der Beobachtungen, bei der nicht nur das verwendete Instrument, sondern auch äußere Beobachtungsbedingungen registriert wurden.

Durch die gemeinsamen Anstrengungen BÜRGIS und ROTHMANNS wurde es möglich, in Kassel mit dem Typ von Instrumenten zu arbeiten, denen die Zukunft gehörte, nämlich mittelgroße Metallinstrumente mit sorgfältig gearbeiteten Visier- und Ableseinrichtungen sowie genauester Aufstellung (vgl. Bild 2). Dagegen bevorzugte beispielsweise TYCHO BRAHE sehr groß dimensionierte Instrumente, an deren Teilkreisen zwar Bruchteile von Grad und Minute gut ablesbar waren, die jedoch Probleme der Herstellung, der Montierung und Handhabung boten, durch welche die Vorteile rasch aufgewogen oder gar zunichte gemacht wurden. Sein Mauerquadrant hatte einen Radius von 2,5 Metern, die Armillarsphäre von 3 Metern.

Mehrfach berichtet ROTHMANN von Verbesserungen, die BÜRGI an den Instrumenten in Kassel anbrachte, wobei er teilweise Anregungen aufgriff, die PAUL WITTICH, der Kassel 1584 nach einem Studienaufenthalt bei TYCHO BRAHE besuchte. Dazu gehört die transversale Teilung an Instrumenten, die ROTHMANN noch verbesserte. Doch geht es auch um die verbesserte Anbringung des Lotes sowie die Gestaltung der Schlitzabsehen am Quadranten und am Sextanten, alles wichtige Voraussetzungen für die genaue Ablesung der Skalenwerte bzw. die Erfassung eines Sterns in dunkler Nacht. ROTHMANN berichtet darüber 1586 in einem Brief an BRAHE sowie in seiner Arbeit «Observationum stellarum fixarum liber primus».

Und durch BÜRGIS sehr genau gehende Uhren war eine weitere Neuerung möglich: Sie ließen es zu, Gestirnhöhen unter Berücksichtigung des Azimuts auch außerhalb des Meridians zu messen und dabei genau die Zeit zu bestimmen. Mit dieser Methode wurde somit das Messen von Winkeln durch das Messen von Zeitdistanzen (die in Zeit verwandelte Entfernung zum nächsten Durchgang durch den Meridian) ersetzt. Das Problem besteht hierbei in besonderem Maße in einer genauesten Bestimmung der Beobachtungszeit. Die Ortsbestimmung von Sternen außerhalb des Meridians wurde erstmals in Kassel entwickelt und angewendet. BRAHE kritisierte sie heftig und verwarf sie als unbrauchbar, denn sie ist so gut, wie genau gehende Uhren verfügbar sind, und das war damals nur dank der praktischen Genialität BÜRGIS in Kassel der Fall. An BRAHE schreibt WILHELM hiervon am 14. April

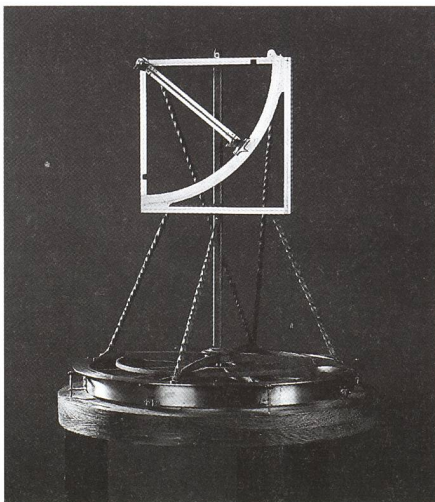
1586, man habe die Sterne nicht allein in ihren gegenseitigen Abständen und ihrer Meridianhöhe beobachtet, «nicht allein per distantiam inter se, & Latitudinem Meridianam lassen observiren, Sondern durch unser minuten und secunden Uhrein: welches gar gewisse stunden geben und a Meridie in Meridiem [von Mittag zu Mittag] oftmals nicht eine minuten variiren, jhr tempus oder culmination in Meridiano gar scharff zu etlich viel mahlen ... genommen».



Bild 3: Jost BÜRGI, Observationsuhr (Museum für Astronomie und Technikgeschichte Kassel)

Dieser Methode schien man in Kassel ein besonderes Vertrauen entgegengebracht zu haben, doch sie erforderte offenbar einen recht großen technischen wie rechnerischen Aufwand. Dieserart Beobachtungen erstreckten sich vor allem auf die Zeit vom 19. Januar bis zum 27. März 1585 und zwar fast ausschließlich auf die 68 Sterne des Kasseler Fundamentalsystems. Offenbar hielt man dieses, auf genauester Zeitmessung beruhende Verfahren für brauchbar, um den Himmel mit einem System von sicheren Bezugspunkten zu überziehen, an die man die anderen Sterne mittels Distanzmessungen anschließen konnte. Letztere «Massenarbeit» war natürlich mit einem geringeren Arbeitsaufwand verbunden. Es scheint sich im Laufe der drei Monate, während der diese Beobachtungen ausgeführt wurden, eine steigende Genauigkeit des Verfahrens anzudeuten, entweder durch Einübung oder durch generelle Verbesserung des Verfahrens. Dies wird durch eine Untersuchung der Ablesegenauigkeit der Zeit nahegelegt, die sich vom Januar bis Februar/März deutlich hin zu kleineren Minutenbruchteilen verschiebt, während die Ablesung der Höhenmessungen gleich bleibt. Die Zeit-Minuten werden sehr häufig bis auf Fünftel- und Sechs-

Bild 2: Azimutalquadrant, um 1560, vermutlich von EBERHARD BALDEWEIN, Azimutal- und Höhenkreis 40 cm Radius, Eisen, Messing (Museum für Astronomie und Technikgeschichte)



telteile, seltener auf Zehntel- und Zwölftelteile angegeben. Aus späterer Zeit sind dann Bestimmungen sogar auf einzelne Sekunden vorgenommen worden, so am 18. Januar 1587 bei einer Ortsbestimmung des Bezugssterns Aldebaran. Praktisch darf man sich diese Arbeit sicherlich so vorstellen, daß ROTHMANN am Beobachtungsinstrument arbeitete, während BÜRGI die Uhren ablas.

Bild 4: Beobachtungen von Sternhöhen am 18. März 1585, man beachte die präzise Zeitbestimmung.
(Gesamthochschulbibliothek Kassel)

18. März
Altitudo Solis meridiana $41^{\circ} 25'$ cui respondet $9^{\circ} 45'$ $26^{\circ} 30'$
Vnde Zenit Solis tempore observationis $8^{\circ} 5'$ $27'$
Horologium meridiana sequentem antea $2'$ min.

| NOMINA STELLA. RVM. | Altitudo | | Tempus | | Longitude | | Latitude | |
|---------------------------|----------|------|--------|------------------|-----------|------------------|----------|------|
| | Gra. | Min. | Hor. | Min. | Gra. | Min. | Gra. | Min. |
| Cos | 36 | 30 | 47 | 49 | 7 | 40 | | |
| R ² β | 36 | 0 | 47 | 57 $\frac{1}{2}$ | | 41 $\frac{1}{2}$ | | |
| R ² γ | 35 | 30 | 48 | 1 $\frac{1}{2}$ | | 42 $\frac{1}{2}$ | | |
| R ² δ | 34 | 30 | 48 | 2 $\frac{1}{2}$ | | 43 $\frac{1}{2}$ | | |
| R ² ϵ | 42 | 30 | 44 | 48 | | 48 $\frac{1}{2}$ | | |
| R ² ζ | 41 | 30 | 45 | 4 $\frac{1}{2}$ | | 51 $\frac{1}{2}$ | | |
| R ² η | 41 | 0 | 55 | 19 | | 53 $\frac{1}{2}$ | | |
| R ² θ | 82 | 0 | 26 | 20 | 8 | 11 $\frac{1}{2}$ | | |
| R ² ι | 82 | 30 | 25 | 1 | | 14 $\frac{1}{2}$ | | |

Ohne auf konstruktive Details der Bürgischen Uhren einzugehen, sei genannt, daß die Genauigkeit seiner Uhren u.a. auf einer sehr feinen Arbeit der Zahnräder, auf der Konstruktion von Langzeitfederwerken, eines mit stets gleicher Kraft wirkenden Antriebs und der Erfindung der Kreuzschlaghemmung beruht.

Sowohl einerseits durch die von BÜRGI vorgenommenen Verbesserungen an den Visiereinrichtungen der Instrumente, als auch andererseits durch die von ihm konstruierten Präzisionsuhren nahm BÜRGI einen großen Anteil an den Arbeiten zum Kasseler Sternkatalog. Eigene Beobachtungen sind zunächst nur wenige von ihm nachweisbar, doch dürfte es selbstverständlich sein, daß er ROTHMANN zeitweise assistierte und auch selbst an den Geräten arbeitete, um sich in die Aufgabenstellung der Instrumentenverbesserung hineindenken zu können. Das Resultat der Arbeit, der Kasseler Sternkatalog mit dem Äquinoktium 1586, kann hier ganz unverdientermaßen nur kurz erwähnt werden. Das Verzeichnis von 383 Sternen stellt im Resultat der Zusammenarbeit zwischen WILHELM IV., BÜRGI und ROTHMANN nichts weniger als den Durchbruch zu den Sternkatalogen der Neuzeit dar, und zwar sowohl hinsichtlich der Instrumententechnik als auch der erreichten Genauigkeit der Positionen. Insbeson-

dere die Standardabweichung der Sternörter ist erheblich besser als im Katalog von BRAHE (der natürlich bei Einzelmessungen, bes. auch bei Planetenörtern, eine teilweise wesentlich höhere Beobachtungsgenauigkeit erreichte; Berechnungen von E. ROTHENBERG, Berlin):

BÜRGI, WILHELM und ROTHMANN – ein geniales Dreigestirn mit Hindernissen

Nun könnte man also meinen, daß sich in Kassel ein ideales Dreigestirn zusammenfand: WILHELM als das wissenschaftliche Haupt und der Geldgeber des ganzen Unternehmens, BÜRGI als der Instrumententechniker und Uhrmacher sowie ROTHMANN als der geniale Beobachter – eigentlich war es so, aber im Detail sah es anders aus. Zunächst: WILHELM war sich über die Fähigkeiten BÜRGIS, eines «zweiten Archimedes» (Brief an BRAHE vom 14.4.1586) vollkommen im klaren. WILHELM war ihm gegenüber frei von Standesdünkeln, für ihn zählten Kenntnisse und Fähigkeiten. Daß BÜRGI keine formale Schulbildung genossen hatte, der lateinischen Gelehrtensprache nicht mächtig war, zählte nicht. Ganz anders ROTHMANN! Er ließ «seinen» Uhrmacher spüren, daß er die Universität Wittenberg besucht hatte, er ein Gelehrter war, mit der lateinischen Sprache und sicher auch der lutherischen Theologie vertraut. BÜRGI war der «hominus illiteratus», «ideota» (Brief an BRAHE vom 22.8.1589) als Handwerker automatisch tief unter dem gelehrten ROTHMANN stehend, dessen übersteigertes Selbstbewußtsein BÜRGI in Kassel manch trübe Stunde beschert haben muß; vielleicht tröstete er sich mit der tiefen Achtung seitens des Landgrafen und dem stillen Bewußtsein seiner eigenen Fähigkeiten. Nebenbei: selbst zwischen WILHELM als dem Dienstherrn und ROTHMANN scheint es zu manchen Spannungen gekommen zu sein, wie der Landgraf an TYCHO BRAHE berichtete, der nach ROTHMANN'S Besuch seiner Sternwarte zu einer ähnlichen Einschätzung gekommen ist.

Es mag der Wunsch des Landgrafen gewesen sein, BÜRGI und ROTHMANN gleichermaßen für die Beobachtungen tätig werden zu lassen. Im Titel eines Be-

obachtungsregisters vom Januar 1585 heißt es in ROTHMANN'S Schrift «Per me et Automatopaeum», wobei unter dem «Automatopaeus» BÜRGI gemeint ist; weiter werden Beobachtungen der Sonnenhöhe vom Juni jenes Jahres als von BÜRGI stammend bezeichnet («observationes Automatopaei»). Doch schon zu Beobachtungen vom September 1585 heißt es «Per me solum, quemadmodum et sequentes annos» – spürt man nicht die Spannungen zwischen beiden - «von mir alleine», denn wie soll dies über Jahre (gemeinsam mit BÜRGI) gehen?

Weitere Beobachtungen BÜRGIS sind vom Juni 1585, März und Mai 1586 sowie vom Februar und August 1588, Februar 1589 und März 1590 bekannt. Seit Dezember 1590 entfaltet er, fast plötzlich, eine rege Beobachtungstätigkeit, die sich vor allem auf Planetenörter relativ zu Sternen bezieht, gemessen mit einem Sextanten, und für die er offenbar jede sternklare Nacht nutzte, nur unterbrochen von längeren Reisen an den kaiserlichen Hof in Prag (z.B. 1592). SNELLIUS verzeichnet z.B. für 1591 (Jan., Feb., Juni-Dez.) 191, 1593 225, 1594 265, 1595 175, 1596 142, 1597 (März, Sept., Okt.) 141 Messungen, in der Mehrzahl von Mars, Jupiter und Saturn, aber auch der Venus und des Merkur.

BÜRGIS produktiver Einstieg in die beobachtende Astronomie Ende 1590 findet eine einleuchtende Begründung: Im Mai jenes Jahres trat ROTHMANN eine Reise zu TYCHO BRAHE an, von der er nicht mehr nach Kassel zurückkam. Nun mußte BÜRGI wenigstens teilweise an dessen Stelle treten. Doch als WILHELM 1592 starb (BÜRGI befand sich gerade auf einer Reise an den Prager Hof), erlosch das große Interesse an Astronomie in Kassel. WILHELMS Sohn, MORITZ der Gelehrte, hatte andere Schwerpunkte, wußte jedoch BÜRGIS Fähigkeiten genauso zu schätzen wie sein Vater. Dennoch arbeitete BÜRGI immer mehr in Prag, bis er, von MORITZ beurlaubt, ganz in die Kaiserstadt übersiedelte und dort u.a. mit KEPLER zusammenarbeitete.

BÜRGI und COPERNICUS

In der Tat bekam BÜRGI in seiner Jugend keine Gelegenheit, sich die lateinische Gelehrtensprache anzueignen. In

Vergleich der Fehler in den Sternkatalogen von PTOLEMÄUS, ULUGH BEG, TYCHO BRAHE und im Kasseler Sternkatalog (Angaben in Bogenminuten)

| | Ptolemäus | Ulugh Bek | Kassel | Brahe |
|-------------------------|--------------|----------------|--------|-------|
| Epoche | 137,5 | 1437 | 1586 | 1600 |
| mittl. syst. Fehler, RA | | -10.8 (Länge) | +0.22 | +0.33 |
| Dekl. | | +7.5 (Breite) | +0.82 | +0.82 |
| Standardabweichung, RA | ±20 (Länge) | ±17.7 | ±1.2 | ±2.3 |
| Dekl. | ±17 (Breite) | ±16.5 (Breite) | ±1.5 | ±2.4 |

Observationes insigniorū Stellarū
Altitudinū, quas tenent submi-
nantes in meridiano
Anno 1585. Per me et Jostum Burgi.

| NOMINA STELLARUM, RVAI. | ALTITUDO MERIDIANA | | | | | | | | | |
|--|--------------------|------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|----------------|------------------|-------------|------------------|
| | 9 Januarij | | 10 Januarij | | 18 Januarij | | 23 Januarij | | 24 Januarij | |
| | Grad. | Min. | Grad. | Min. | Grad. | Min. | Grad. | Min. | Grad. | Min. |
| Oculus γ | | | 54 | 15 $\frac{2}{3}$ | 54 | 16 | 54 | 17 | 54 | 17 $\frac{1}{2}$ |
| Hircus | | | 84 | 10 | | | 84 | 10 | 84 | 8 $\frac{1}{2}$ |
| Corui γ Septent. | | | 66 | 51 | | | 66 | 52 | 66 | 50 $\frac{1}{2}$ |
| Sinister pes Orionis | 29 | 55 $\frac{1}{2}$ | | | 29 | 55 $\frac{1}{2}$ | 29 | 56 $\frac{1}{4}$ | 29 | 55 |
| Sinister humerus Orionis | | | 44 | 34 $\frac{2}{3}$ | 44 | 35 | 44 | 34 $\frac{1}{2}$ | 44 | 35 |
| Prima Cinguli Ori | 37 | 57 $\frac{1}{2}$ | 37 | 58 | 37 | 59 | 38 | $\frac{1}{2}$ | 38 | 0 |
| Media Cinguli | 37 | 8 | 37 | 6 | 37 | 8 | 37 | 9 | 37 | 8 $\frac{2}{3}$ |
| Ultima Cinguli | 36 | 25 $\frac{1}{2}$ | 36 | 25 $\frac{1}{2}$ | 36 | 26 | 36 | 27 $\frac{1}{2}$ | 35 | 25 |
| Dextrum genu Ori. | 28 | 45 $\frac{1}{2}$ | | | 28 | 45 | | | 28 | 48 $\frac{1}{2}$ |
| Dext. humerus Orion | 45 | 55 $\frac{1}{2}$ | 45 | 54 $\frac{1}{2}$ | 45 | 55 $\frac{2}{3}$ | 45 | 56 | 45 | 57 |
| Canis maior | | | | | 22 | 29 $\frac{1}{2}$ | 22 | 30 | 22 | 29 |
| Canis minor | | | | | 44 | 52 $\frac{1}{3}$ | 44 | 52 $\frac{1}{2}$ | | |
| Caput III antecod. | | | | | 71 | 23 | | | | |
| Caput III seq. | | | | | 67 | 37 | | | | |
| Lucida Hydrae | | | | | 31 | 45 | | | | |
| Cor α | | | | | 52 | 38 | | | | |
| Corui α | | | | | 60 | 35 | | | | |
| Rota Vesp. maioris posterior. inferior | | | | | 82 | 41 | Septentrional. | | | |
| Rota posterior. Sr. prior. | | | | | 77 | 20 | Septentrional. | | | |
| Canida α | | | | | 55 | 29 | | | | |
| Spica μ | | | | | 29 | 43 | | | | |
| Arcturus | | | | | 60 | 5 | | | | |

Bild 5: Auszug aus dem Beobachtungsregister für Januar 1585 mit Sternhöhen im Meridian; die Kopfzeile in der Handschrift von WILHELM, die Beobachtungen von ROTHMANN und BÜRGI. (Gesamthochschulbibliothek Kassel)

seiner Schrift über die «Coss» beklagte er freimütig diesen Mangel und setzte hinzu, er hätte am Kasseler Hof «gelerte personen» gefunden, die «neben jrer verrichtung im observiren und calculiren, auch mir zu verfertigung etlicher werckhe mit vnderricht in astronomia vnd verdolmäschtung der authorum die Hand gereicht» hätten. Dies führte zu einer bemerkenswerten Arbeit, die 1586 in Kassel ausgeführt wurde: die Übersetzung des Hauptwerkes von COPERNICUS «De revolutionibus orbium coelesti-

um» in die deutsche Sprache. Diese auch bildungsgeschichtlich überaus interessante Übersetzung wurde 1586 durch den als Gast in Kassel weilenden NICOLAUS REIMARUS URSUS ausgeführt. REIMARUS, ein ähnliches Schicksal wie BÜRGI hinter sich, im Dithmarschen (heute Schleswig-Holstein) in seiner Kindheit mit dem Schweinehüten beschäftigt und erst später einflussreiche Förderer findend, trat mit BÜRGI in Kassel in einen engen Gedankenaustausch, in dessen Verlauf BÜRGI ihm so manches aus der

Mathematik zeigen konnte. Aus Dankbarkeit für seinen «vertrautesten Meister und Lehrer» führte er dann die Übersetzung aus, von der wir aus dem Entwurf des Briefes ROTHMANNs an BRAHE vom 22. August 1589 wissen. ROTHMANN schrieb, REIMARUS habe den COPERNICUS für JOST BÜRGI übersetzt «so gut es ging». Die darin enthaltene Einschränkung könnte sich darauf beziehen, daß REIMARUS, vermutlich wegen seiner Abreise, nur bis Kapitel 33 des 5. Buches kam. Zu unbekannter Zeit wurde die Übersetzung von einem unbekanntem, sachkundigen Gelehrten zu ende geführt. Die Handschrift (223 Bl. in Folio) gelangte in den Besitz des gelehrten Jesuitenpaters PAUL GULDIN und mit dessen Büchersammlung in die heutige Universitätsbibliothek Graz.

Offenbar hatte BÜRGI in Kassel an langen Diskussionen um das neue Welt-system des NICOLAUS COPERNICUS teilgenommen und sich ebenfalls zu ihm bekannt. Schließlich gehörten WILHELM IV. und ROTHMANN zu den frühesten Anhängern dieses kosmologischen Systems (im Unterschied etwa zu BRAHE). So formte sich in BÜRGI der Wunsch, dieses bedeutende Werk selbst studieren zu können und daraus vielleicht Nutzen für die Konstruktion von Instrumenten zu ziehen. Diese Chance bot sich ihm, wie gesagt, während des Aufenthaltes von REIMARUS in Kassel. Tatsächlich legte BÜRGI die Mondtheorie des COPERNICUS seiner technischen Umsetzung der Mondbewegung in der astronomischen Stutzuhr von 1590/91 zugrunde. Die Übersetzung des Hauptwerkes von Co-

Bild 6: Jost BÜRGI, Astronomischer Sextant, Rekonstruktion (Museum für Astronomie und Technikgeschichte Kassel)



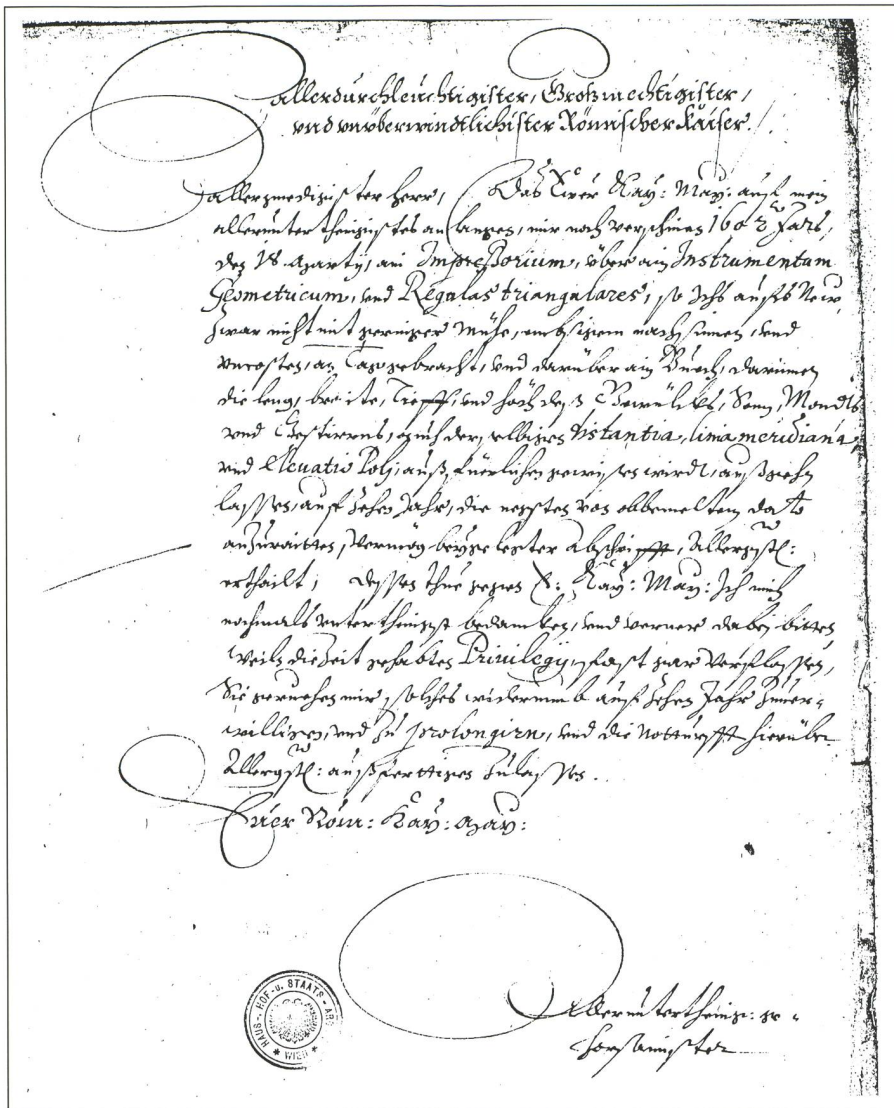


Bild 7: BÜRGI bittet Kaiser MATTHIAS um Verlängerung seines Privilegs für das auch zu astronomischen Bestimmungen geeignete Triangularinstrument, November 1611 (Österr. Staatsarchiv Wien)

Literatur

BÜRGI, JOST: Die Coss von Jost Bürgi in der Redaktion von Johannes Kepler. Ein Beitrag zur frühen Algebra. Bearb. von Martha List und Volker Bialis. München 1973 (Bayer. Akademie der Wissenschaften, Math.-naturwiss. Kl. / Abhandl. N.F.; 154 - Nova Kepleriana NF.; 5)

BRAHE, TYCHO: *Epistolarum astronomicarum libri*. Uranienburg 1596. In: Tycho Brahe, Opera omnia. Ed. I. L. e. Dreyer, Vol. VI. Kopenhagen 1919

HAMEL, JÜRGEN: *Astronomiegeschichte in Quellentexten*. Heidelberg [u.a.] 1996, bes. S. 175f.

HAMEL, JÜRGEN: *Die astronomischen Forschungen in Kassel unter Wilhelm IV.* Mit einer Teiledition der deutschen Übersetzung des Hauptwerkes von Copernicus um 1565. Thun; Frankfurt 1998 (Acta Historica Astronomiae; 2)

HAMEL, JÜRGEN: *Geschichte der Astronomie von den Anfängen bis zur Gegenwart*. Basel 1998

LEOPOLD, J. H.: *Astronomen, Sterne, Geräte*. Landgraf Wilhelm IV. und seine sich selbst bewegenden Globen. Luzern 1986

LEOPOLD, J. H.; PECHSTEIN, K.: *Der kleine Himmelsglobus 1594 von Jost Bürgi*. Luzern 1977

MACKENSEN, LUDOLF v.: *Die erste Sternwarte Europas mit ihren Instrumenten und Uhren*. 400 Jahre Jost Bürgi in Kassel. München 1988

OECHSLIN, LUDWIG: *Der Bürgi-Globus* [im Landesmuseum Zürich]. Zürich 2000 (Schweizerisches Landesmuseum Zürich / Bildband; 7)

RAIMARUS URUSUS, NICOLAUS: *Nicolai Copernici uon de revolutionibus*. Handschrift, Universitätsbibliothek Graz, Ms. 560. Teiledition in: Hamel, J., Die astronomischen Forschungen, a.a.O., S. 113-173 (eine wissenschaftliche Edition ist in Vorbereitung)

ROTHMANN, CHRISTOPH: *Observationum stellarum fixarum liber primus*. Gesamthochschulbibliothek Kassel 2^o astron. 5, Nr. 7 (die Edition der Handschrift befindet sich in Vorbereitung)

SNELLIUS, WILLEBRORD: *Coeli & siderum in eo errantium observationes Hassiacae, illustrabimi principis Wilhelmi Hassiae Langravii auspicijs quondam institutae*. Leiden 1618

PERNICUS ist zum einen ein interessantes Detail der Rezeption dieses Werkes, zum anderen das seltene Beispiel der Übertragung eines wissenschaftlichen Grundlagenwerkes jener Zeit ins Deutsche und schließlich eine hervorragende Illustration des produktiven wissenschaftlichen Klimas am hessischen Landgrafenhof und ein interessantes Faktum sozialgeschichtlicher Bezüge wissenschaftlichen Schaffens.

Am Prager Hof entfalten sich für BÜRGI weitere Möglichkeiten des Baus von Uhren und Instrumenten sowie der Tätigkeit als Mathematiker. Astronomisch wurde er, soweit wir wissen, nicht mehr tätig. Seinen Himmelsbeobachtungen legte man jedoch selbst nach BÜRGIS Tod eine große Bedeutung bei. Im Jahre 1618 veröffentlichte WILLEBRORD SNELLIUS in Leyden eine größere Zahl von ihnen, die BÜRGI in Kassel als Resultat einer intensiven Beobachtungstätigkeit gewann. Leider sind sie bis heute keiner wissenschaftlichen Bearbeitung unterzogen worden, was ohne Zweifel ein interessantes und an Ergebnissen aufschlussreiches Unternehmen

wäre. Mit dem Publizieren tat sich BÜRGI sehr schwer. Seine Schrift über die Coss blieb als Manuskript zurück, seine «Progress Tabulen» (Prag 1620) waren nur mit den Initialen «J B» gezeichnet, die Beschreibung seines Triangularinstrumentes wurde erst 1648 in Kassel von BÜRGIS Schwager BENJAMIN BRAMER herausgegeben – obwohl BÜRGI bereits 1602 über den Bruder des Kaisers, Erzherzog MAXIMILIAN, bei RUDOLF II. um ein Privileg für das Instrument und dessen Beschreibung nachgesucht und sich deswegen 1611 um Verlängerung nun direkt an den Kaiser gewandt hatte (beide Privilegien wurden ihm gewährt; Österr. Staatsarchiv Wien, Bestand Impressorien). Hemmte ihn infolge seines schwierigen Bildungsweges eine Scheu vor dem Herausreten an die Öffentlichkeit?

BÜRGI kehrte nach der altersgemäßen Entbindung von allen Pflichten nach Kassel zurück und starb dort Ende Januar 1632 (begraben am 31. dieses Monats).

DR. JÜRGEN HAMEL
c/o Archenhold-Sternwarte, Alt-Treptow 1,
D-12435 Berlin

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 WITTMER, Seeblick 6, 9327 Tübach

Wechselwirkung zwischen Theorie und Beobachtung:

Beispiele aus der Geschichte der klassischen Positions-Astronomie

ANDREAS VERDUN

Beweise und Beweisen in der Astronomie

Astronomie ist eine *exakte* Wissenschaft, weil sie mit mathematischen Methoden arbeitet und ihre Theorien und Modelle in der Sprache der Geometrie und Analysis formuliert. Sie ist eine physikalische Wissenschaft, die mit ihren Instrumenten den Himmel vermisst und die Strahlung der Himmelskörper analysiert. Die Beobachtung der physischen Welt und die Entdeckung neuer Phänomene und Himmelsobjekte spielen eine zentrale Rolle. Entdeckungen gelten als «*Existenzbeweise*», die bisherige Ansichten untermauern oder neue Tatsachen schaffen. Scheinentdeckungen sind zwar unvermeidbar, aber unproblematisch. *Beweise* gelten als erbracht, wenn Theorie und Beobachtung auf statistisch signifikante Weise in Einklang gebracht werden können.

Komplizierter wird die «*Beweisla-ge*» und das *Beweisen*, wenn mittels Positions-, Helligkeits- oder Zeit-Messungen gewisse Effekte nachgewiesen werden müssen oder wenn (an Stelle des mathematischen Beweises) der *eindeutige Nachweis* eines Phänomens bzw. die *signifikante Detektion* eines Signales des elektromagnetischen Spektrums tritt. Die Signale müssen nämlich als solche erkannt (*identifiziert*) und die Messungen erklärt (*interpretiert*) werden. Das *Identifizieren* erfordert genaue Kenntnisse der Messvorgänge und der Messgrößen. Das *Interpretieren* setzt Theorien und Modelle voraus, um Aussagen über die Qualität der Beobachtungen und der zu Grunde gelegten Theorien machen zu können. Beide Aspekte bedingen einander. *Beweisen* bedeutet *Modellieren der Phänomene durch «Vergleich» von Theorie und Beobachtung*.

Die zu untersuchenden Signale können gegenüber den störenden «*Nebeneffekten*» so schwach sein, dass sie nicht messbar wären, wenn die unerwünschten groben Effekte nicht modelliert würden. Mit genaueren Beobachtungen und/oder mit längeren Beobachtungsreihen können die Modelle verbessert werden. Der «*Preis*» für

die Verbesserung besteht darin, dass die Modelle komplizierter werden können. Verfeinerte Modelle erlauben dafür genauere Voraussagen über die Beobachtungen und die erforderliche Beobachtungs-Genauigkeit sowie schärfere Kriterien für geeignete Beobachtungsmethoden. Durch diesen Prozess können immer schwächere Signale gemessen und nachgewiesen werden. Das *Beweisen* ist somit geprägt durch die *Wechselwirkung* zwischen *Theorie* und *Beobachtung*. An diesem oft komplexen Prozess können verschiedene Faktoren beteiligt sein: mathematische, physikalische, technische, instrumentelle, methodologische, meteorologische, stochastische, psychologische und – bis vor wenigen Jahrhunderten – sogar philosophische und theologische.

Das Zusammenspiel von Theorie und Beobachtung läuft stets nach demselben Schema ab: Aus Beobachtungen astronomischer Phänomene leiten sich Vermutungen, Vorstellungen, mögliche Erklärungen und schliesslich astronomische bzw. physikalische Theorien ab. Auch die «*Störeffekte*», welche die Messungen beeinflussen, müssen in der Theorie berücksichtigt werden. Aus den Theorien lassen sich dann mathematische Modelle formulieren, die Vorausberechnungen (*Prädiktionen*) der Phänomene erlauben. Der Vergleich dieser Voraussagen mit neuen Beobachtungen kann entweder die Richtigkeit der Theorie bestätigen oder Korrekturen gemäss den festgestellten Abweichungen erfordern. Hat sich ein Modell als prinzipiell richtig erwiesen, geht es darum, es zu verbessern, indem die das Modell charakterisierenden Größen (die sog. *Parameter*) mit Hilfe neuer Beobachtungen genauer bestimmt werden. Je genauer und je umfangreicher die Beobachtungen sind, umso genauer können die Parameter mit Hilfe von mathematischen (statistischen) Methoden (sog. *Ausgleichsverfahren*) geschätzt werden. Systematische Abweichungen zwischen den theoretischen Voraussagen und den Beobachtungen weisen auf eine fehlerhafte oder ungenügende Modellierung hin. Nicht selten müssen völlig neue Theorien zur Erklärung der Phäno-

mene entwickelt werden. In fast allen Gebieten der Astronomie stellt diese *Parameterbestimmung* eine zentrale Methode zur Theorienbildung dar.

Obwohl diese Methode erst seit etwa zwei Jahrhunderten mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate statistisch einwandfrei durchgeführt wird, wurde sie im Prinzip schon viel früher angewandt. Massgebend ist die *Genauigkeit* der Beobachtungen sowie die *Länge* des Zeitraums, über den sich die Beobachtungs-Reihen erstrecken. JOHANNES KEPLER (1571-1630) hätte seine Gesetze der Planetenbewegung nie entdecken können, wenn er nicht *genaue* und *lange* Beobachtungsreihen zur Verfügung gehabt hätte. Die von TYCHO BRAHE (1546-1601) noch von blossem Auge durchgeführten Mars-Beobachtungen hatten eine Genauigkeit von 2 Bogenminuten und erstreckten sich über 20 Jahre (was etwa 10 Marsoppositionen entspricht). Diese Genauigkeit zwang KEPLER, die antiken Modelle der Planetenbewegungen aufzugeben und durch *elliptische Bewegungen* zu ersetzen, weil sein auf Kreisbahnen beruhendes Modell trotz Verbesserungen immer noch Abweichungen von den Beobachtungen von bis zu 8 Bogenminuten ergab. Nur wegen dieser winzigen Differenz verwarf KEPLER ein Modell, mit dem die antike Astronomie längst zufrieden gewesen wäre. KEPLERS Ringen um das Verständnis der Planetenbahnen gilt als Paradebeispiel für die Wechselwirkung zwischen Theorie und Beobachtung. Aber es gibt noch andere, ebenso prägnante Beispiele.

Beispiele aus der Geschichte der klassischen Positions-Astronomie

Die Beispiele, die wir im folgenden vorstellen, sind thematisch miteinander verknüpft. Es sind Beispiele aus der Geschichte der klassischen Positions-Astronomie, und es geht um die Messung immer kleinerer Winkel, von knapp einer Bogenminute ($1' = 60$ ster Teil eines Grades) bis hinunter zu Bruchteilen von Bogensekunden. Eine Bogensekunde ($1'' = 60$ ste Teil einer Bogenminute) ist jener Winkel, unter dem der Durchmesser eines Fünf-Franken-Stücks in der Entfernung von 6.4 km erscheint. Winkelmessungen sind deshalb so bedeutend, weil alle *Positionen* von, *Richtungen* zu und *Abstände* zwischen Himmelsobjekten als *Winkel* gemessen und registriert werden. Die Beispiele sollen zeigen, dass die durch sehr kleine Winkel charakterisierten Phänomene nur dank verbesserter Theorien messbar waren, mit denen die groben Effekte modelliert werden konnten.

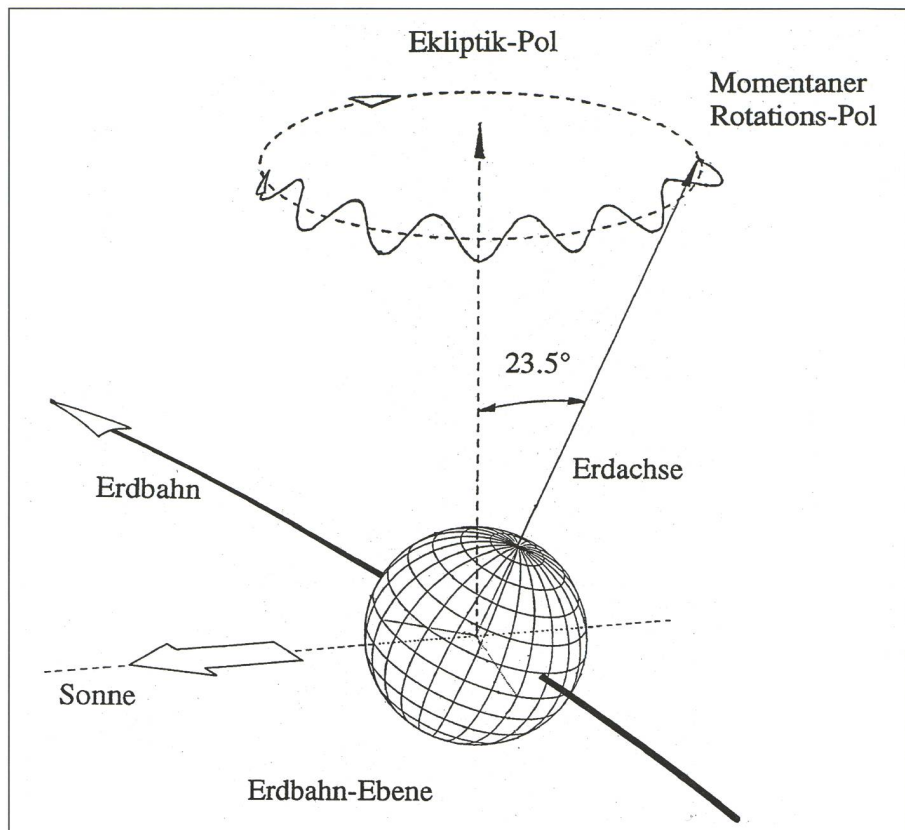
Wir beginnen mit dem Phänomen der Präzession (ca. $50''/\text{Jahr}$) und schildern die Entdeckungsgeschichte der jährlichen Aberration (ca. $20''$), der Nutation (ca. $9''$), der jährlichen Parallaxe (max. ca. $0.8''$) sowie der Polschwankung ($0.01'' - 0.4''$). Bei der Entdeckung dieser Phänomene spielten drei Sterne eine herausragende Rolle: der Polarstern (kurz Polaris genannt), der Stern Gamma im Sternbild des Drachens (γ Draconis) sowie der kleine unscheinbare 61. Stern im Sternbild Schwan (61 Cygni).

Präzession und Nutation

Die *Präzession*, das Fortschreiten der Tag- und Nachtgleichen oder die Drehung des Himmelspols um den sog. Ekliptikpol, war bereits Hipparch (ca. 190-125 vChr) bekannt. Aus dem Vergleich der beobachteten Sternpositionen mit sehr viel älteren Aufzeichnungen fand man eine deutliche Änderung (ein Anwachsen) ihrer ekliptikalischen Längen. Aufgrund der grossen Zeitdifferenz konnte man eine Zunahme von etwa $1'$ pro Jahr bestimmen. Dieses jährliche Anwachsen der ekliptikalischen Längen nennt man *Präzessionskonstante*. Zu ihrer Bestimmung benötigte es nicht besonders genaue Beobachtungen. Es genügte, dass sie Jahrhunderte auseinanderlagen, was einer sehr langen Messreihe gleichkommt.

Eine korrekte theoretische Begründung der Präzession war erst mit der Entdeckung der universellen Gravitation durch ISAAC NEWTON (1643-1727) möglich. Eine solche versuchte NEWTON in seinem vielzitierten Buch von 1687 zu liefern, den einwandfreien *analytischen Beweis* mit Hilfe des Gravitationsgesetzes erbrachten aber erst JEAN LE ROND D'ALEMBERT (1717-1783) und LEONHARD EULER (1707-1783) um 1749, nur ein Jahr nach Bekanntwerden einer weiteren periodischen Bewegung der Erdachse, der *Nutation*. Auch diesen Effekt konnten diese beiden Theoretiker mit der analytischen Mechanik herleiten.

Nach der Gravitationstheorie muss eine nicht ganz starre Erde nicht exakt kugelförmig, sondern an ihren Polen abgeplattet sein bzw. einen Wulst um ihren Äquator gebildet haben. Die Erdachse ist um etwa 23.5° gegen die Erdbahnebene geneigt. Die Anziehungskräfte von Sonne und Mond üben ein Drehmoment auf die abgeplattete Erde aus und versuchen, die Erdachse senkrecht zur Erdbahnebene aufzurichten. Diesem Zwang widersetzt sie sich, weicht aus und beschreibt eine Kreisbewegung, die sog. *Lunisolar-Präzession*, mit einer Periode von rund 26 000 Jahren und einer Amplitude von etwa 23.5° (Figur 1).



Figur 1: Die Rotationsachse der Erde ist um 23.5° gegen die Erdbahnebene geneigt. Die Anziehungskräfte von Sonne und Mond üben ein Drehmoment auf die abgeplattete Erde aus und versuchen, die Erdachse aufzurichten. Diese weicht aus, indem sie eine Kreis- oder Präzessionsbewegung mit Periode von 26 000 Jahren und Amplitude von 23.5° beschreibt. Zusätzlich verursacht der Mond eine kurzperiodische Schwankung der Erdachse, die sich der Präzession überlagert. Diese Nutation hat eine Periode von 18.6 Jahren und eine Amplitude von etwa $9''$ (in Schiefe).

Die tatsächliche Bewegung des Himmelspols um die Ekliptik ist nicht ganz regelmässig – infolge der sich ständig ändernden Geometrie der Himmelskörper Erde, Sonne und Mond. Der säkularen Präzession ist eine kurzperiodische Schwankung überlagert. Der Hauptteil dieser *Nutation* hängt mit der Mondbewegung zusammen. Die Erdbahnebene ist um 5.5° gegen die Erdbahnebene geneigt. Die Schnittgerade dieser beiden Ebenen (die sog. Knotenlinie) dreht sich einmal in 18.6 Jahren um 360° . Dadurch ändern sich auch die auf die abgeplattete Erde wirkenden Anziehungskräfte des Mondes. Sie erzeugen die der Präzession überlagerte Nutation der Erdachse mit eben dieser Periode von 18.6 Jahren und einer Amplitude von ca. $9''$ (in Schiefe).

Die empirische Entdeckung der Nutation ging aus der Suche nach einem ganz anderen Effekt hervor: aus dem Bemühen, die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne nachzuweisen. So einfach das scheinen mag, die Lösung dieses Problems und die Entdeckung der damit verbundenen Phänomene

war eine instrumentelle und beobachtungstechnische Meisterleistung ersten Ranges, die den besten Astronomen des 17. bis 19. Jhdts. alles abverlangte, sowohl theoretisches Wissen als auch praktisches Geschick im Umgang mit den vorzüglichsten Instrumenten ihrer Zeit.

Erfolgreiche Versuche zum Nachweis der jährlichen Parallaxe

Erste Vermutungen, dass die Erde sich um die Sonne bewegen könnte, reichen bereits in die Antike zurück. Im späten 15. Jhd. äusserte sich REGIOMONTANUS (1436-1476) über eine mögliche Bewegung der Erde. NICOLAUS COPERNICUS (1473-1543) zeigte, dass mit der von ihm postulierten Bewegung der Erde um die Sonne die scheinbaren Schleifenbewegungen der Planeten eine natürliche Erklärung finden. Man glaubte, ein empirischer Beweis für die jährliche Bewegung der Erde wäre erbracht, wenn es gelingen würde nachzuweisen, dass sich diese in den Positionen der Sterne widerspiegelt.

Diese scheinbare Bewegung ist für die meisten Sterne eine Ellipse. Nur Sterne, die *senkrecht* zur Erdbahnebene (der sog. Ekliptik) stehen, beschreiben einen Kreis. Für Sterne, die *in* der Ekliptik liegen, reduziert sich die Ellipse zu einer Strecke, auf der sich diese Sterne hin und her bewegen. Die jährliche Parallaxe oder Fixsternparallaxe ist jener Winkel, unter dem die grosse Halbachse der Erdbahn von einem Stern aus erscheint. Er ist die grosse Halbachse der elliptischen Bewegung des Sterns. Dieser parallaktische Winkel beträgt weniger als eine Bogensekunde.

Die im 16. Jhd. zur Verfügung stehenden Instrumente erlaubten es weder COPERNICUS noch TYCHO BRAHE, Sternpositionen mit einer Genauigkeit unter einer Bogenminute zu messen. Aus der Tatsache, dass keine Parallaxe festgestellt werden konnte, musste man schliessen, dass die Fixsterne entweder sehr weit entfernt sind, oder dass die Erde sich doch nicht bewegt. Die ersten Beobachtungen mit dem Fernrohr brachten zwar Phänomene zum Vorschein, die *für* das Copernicanische System sprachen: z.B. die Phasen der Venus, die mittels der Sonnenflecken bestimmte jahreszeitliche Stellung der Rotationsachse der Sonne sowie die Jupitermonde als kleines Abbild des Planetensystems. «Beweisen» konnte man die Bewegung der Erde *damit* aber nicht.

Obwohl man im 17. Jhd. wusste, dass die Parallaxe sehr klein sein musste, gab es Bestrebungen, diese nachzuweisen. Insbesondere wollte man die Behauptung der Gegner des Copernica-

nischen Systems widerlegen, dass die Unmöglichkeit eines Nachweises *für* eine ruhende Erde spreche. Das heliozentrische System hatte sich zwar schon aus anderen Gründen mittlerweile durchgesetzt, für viele Befürworter war die vermeintlich unbeobachtbare Parallaxe dennoch unbefriedigend. Einer von ihnen war ROBERT HOOKE (1635-1703).

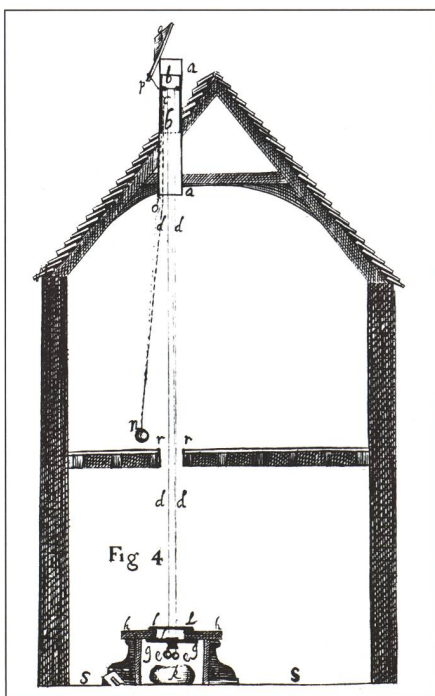
HOOKE konstruierte 1669 ein neues Teleskop, mit dem er Beobachtungen von bisher unerreichter Genauigkeit durchführen wollte. Er errichtete es in seinen Räumlichkeiten einzig und allein zum Zweck der Messung der jährlichen Parallaxe *eines* geeigneten Sterns. Die Beobachtungsmethode war ihrerseits eine Neuheit. Um das Problem der atmosphärischen Refraktion umgehen zu können, wählte HOOKE den Stern γ Draconis. Dieser kulminiert einmal täglich fast genau im Zenit von HOOKES Beobachtungsort. Bei einer Zenitdistanz von wenigen Bogenminuten glaubte HOOKE, die Refraktion vernachlässigen zu können. Er musste aber unbedingt verhindern, dass sich das Instrument unter dem Eigengewicht durchbog oder dass sich seine exakte Position durch tägliche und jahreszeitliche Temperatur- und Feuchtigkeits-Schwankungen veränderte. Das hätte Scheinbewegungen mit jährlicher Periode in den Positionen des Sterns verursacht. Die Schwierigkeiten hoffte er umgehen zu können, indem er die Richtung zum Stern relativ zu einer gut realisierbaren Lotrichtung mass. HOOKES Messvorrichtung war *genial*, seine Messmethode *äusserst einfach*, sein Resultat *miserabel*. Warum? Betrachten wir zuerst sein Instrument und dann seine Beobachtungen.

Ein Objektiv (Figur 2) von 36 Fuss Brennweite befindet sich in einem inneren Tubus, der sich in einem äusseren vertikal bewegen lässt, wodurch fokussiert werden kann. Der äussere Tubus ist fest am Hausdach montiert und lässt sich mit einer Klappe verschliessen. Das Objektiv wird durch eine Metallplatte gefasst, an der zwei etwa 36 Fuss lange Lote befestigt sind. Diese Lote hängen frei durch ein Loch im Fussboden des ersten Obergeschosses in eine Beobachtungs-Kabine des Erdgeschosses hinein. In dieser metallenen Kabine befindet

sich das Okular des Teleskopes sowie ein Mikrometer, das sich durch die Schwere der Lote automatisch in eine Lage stellt, die als Nullmarke der Positionsmessungen dient. Die Zenitdistanz von γ Draconis wird in dem Moment gemessen, wenn dieser Stern den Ortsmeridian durchquert. Dann wird die horizontale Verschiebung am Mikrometer abgelesen. Aus dieser Grösse und der Distanz zwischen Objektiv und Okular ergibt sich der Winkel zwischen der Vertikalen und dem Stern und somit die Zenitdistanz zum Zeitpunkt des Meridiandurchganges. Da es nur auf die Änderung dieses Winkels zu verschiedenen Epochen ankommt, spielt die Achsenverschiebung zwischen Okular und Objektiv keine Rolle. Wichtig ist nur, dass sich die *Lage* des Objektivs und des Okulars bezüglich der Lotaufhängungen im Laufe der Zeit nicht ändert, was ohne Zweifel sehr gut erfüllt ist – wie HOOKE meinte.

HOOKE beobachtete am 6. und 9. Juli, am 6. August sowie am 21. Oktober 1669 (alten Stils), dann musste er seine Messungen abbrechen, teils wegen der Witterung, teils aus gesundheitlichen Gründen und schliesslich, weil ihm auf all dies noch sein Okular zerbrach. Am 9. Juli beobachtete er dieselbe Zenitdistanz wie am 6. Juli. Am 6. August mass er eine um 6'' kleinere Zenitdistanz als am 6. Juli, und am 21. Oktober fand er sie sogar 22'' bis 24'' kleiner als am 6. Juli. Er glaubte, aus diesen vier Beobachtungen eine jährliche (Doppel-) Parallaxe von 27'' bis 30'' gefunden und damit das Copernicanische System bewiesen zu haben. Unnötig zu sagen, dass er mit derart wenigen Beobachtungen seine Zeitgenossen von seinem Resultat, das er in seinem *Attempt to Prove the Motion of the Earth* 1674 publizierte, nicht überzeugen konnte.

Was HOOKE nicht wissen konnte, war die zum Nachweis der jährlichen Parallaxe erforderliche Messgenauigkeit. Bei einer Brennweite von etwa 10 Metern und einer horizontalen Positionsgenauigkeit des Okulars von nur einem Millimeter beträgt der Messfehler bereits etwa 20''. HOOKE ging von einer realisierbaren Genauigkeit von wenigen Bogensekunden aus. Berechnet man unter Berücksichtigung aller heute bekannten Effekte die Zenitdistanzen von γ Draconis für die Beobachtungszeiten von HOOKE, findet man, dass sie für den 6. August um 7'' und für den 21. Oktober um 5'' grösser waren gegenüber jener vom 6. Juli. Ein Vergleich mit HOOKES Beobachtungen zeigt, dass zwischen seiner ersten und seiner letzten Messung ein relativer Fehler von 28'' besteht. Dieser erstaunlich grosse Fehler kann nur da-



Figur 2: HOOKES 36 Fuss langes Zenitteleskop. Im Dach befindet sich das vertikal verschiebbare Objektiv. In einem Messtisch auf dem Fussboden befinden sich Okular und Mikrometer, die an Loten am Objektiv hängen. Die Lotrichtung des Mikrometers dient als Ausgangsposition der Zenitdistanzmessung.

mit erklärt werden, dass eine Veränderung in seinem Instrument stattgefunden haben muss.

HOOKE war nicht der einzige, der sich um einen Nachweis der jährlichen Parallaxe bemühte. JEAN DOMINIQUE CASSINI (1625-1712) führte zusammen mit JEAN PICARD (1620-1682) auch Zenitdistanzmessungen zum Polarstern durch. Picard bemerkte in seiner 1680 erschienenen Arbeit, dass er seit 10 Jahren Variationen mit jährlicher Periode in den Positionen von Polaris festgestellt habe. Er konnte sich dieses Phänomen aber nicht erklären.

1692/93 bemerkte OLAUS RÖMER (1644-1710) ebenfalls periodische Positionsänderungen. Die Suche nach der jährlichen Parallaxe mit Hilfe von Deklinationsänderungen erachtete er aber als ungeeignet, weil das Refraktionsgesetz noch nicht genau genug bekannt war. Stattdessen hoffte er, durch Beobachtung der *Differenzen* zwischen den Rektaszensionen zweier Sterne zu verschiedenen Epochen (verteilt über das Jahr) der jährlichen Parallaxe auf die Spur zu kommen. Dazu musste er die Zeiten messen, in denen die Sterne einen bestimmten Meridian durchquerten. RÖMER baute ein Passageinstrument, das er im Fenster seines Hauses in Kopenhagen montierte (Figur 3). Die Durchgangszeiten bestimmte er mit Hilfe einer Pendeluhr, die er direkt neben seinem Instrument ohne Gehäuse aufstellte, damit er ihr Schlagen besser hören konnte. Diese Uhr verglich er von Zeit zu Zeit mit anderen Pendeluhren, die er im gleichen Zimmer aufstellte. Diese liess er aber in ihren Gehäusen, um einen möglichst gleichmässigen Gang zu erhalten. RÖMER konnte als obere Grenze für die Summe der jährlichen Parallaxen von Sirius und α Lyrae einen Wert von $1'$ bis $1.5'$ angeben.

Mit derselben Methode beobachtete PETER HORREBOW (1679-1764) zwischen 1701 und 1704 gleich mit zwei Passageinstrumenten die gleichen Sterne. Aus dem Mittelwert seiner Beobachtungen bestimmte er (unter Berücksichtigung der Präzession) die Summe der beiden Parallaxen in Rektaszension zu 4 Zeitsekunden, was einer Bogenminute entspricht und somit das Resultat von Rö-

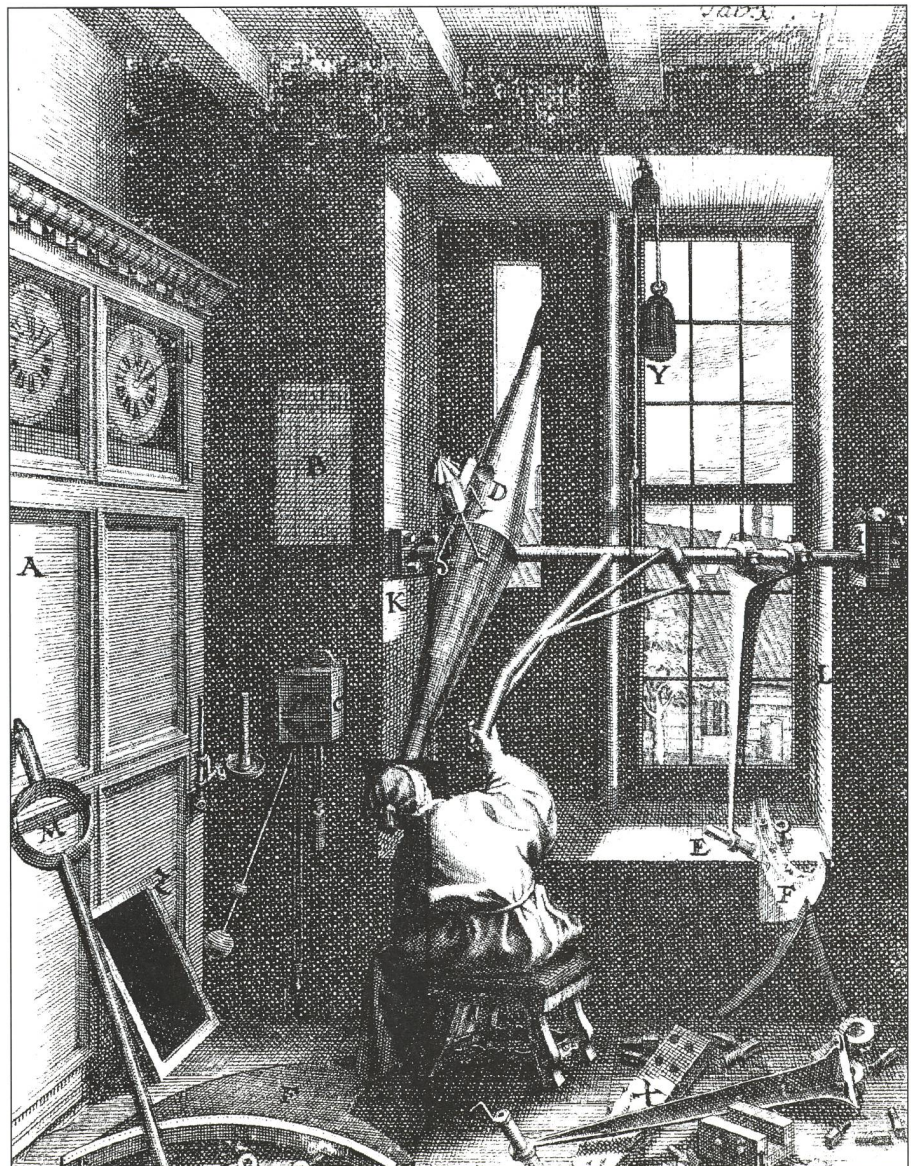
mer zu bestätigen schien. HORREBOW veröffentlichte den vermeintlich gefundenen Nachweis der jährlichen Parallaxe im Jahre 1727 in seiner Dissertation mit dem Titel *Copernicus triumphans*. Eine moderne Reduktion seiner Beobachtungen zeigt jedoch, dass zum Nachweis der Parallaxe nicht ein Zeitunterschied von 4 Sekunden, sondern von 0.1 Sekunden nötig gewesen wäre. Der Haupt-Fehler ist im wesentlichen auf den ungleichmässigen Gang der Uhren zurückzuführen, der stark von den tages- und jahreszeitlichen Temperaturschwankungen beeinflusst wurde.

In der Folge scheiterten zahlreiche weitere Versuche zur Messung der jährlichen Parallaxe. Die Hauptprobleme bei den bislang angewandten Beobachtungsmethoden waren die Fehler der Instrumente und Uhren (vor allem aufgrund der täglichen und jährlichen Temperaturschwankungen) sowie die immer noch ungenügend entwickelte

Theorie der atmosphärischen Refraktion (vor allem für Beobachtungen in grossen Zenitdistanzen).

Die Entdeckung der jährlichen Aberration

Ein halbes Jahrhundert nach HOOKES vergeblichen Versuchen nahmen SAMUEL MOLYNEUX (1689-1728) und JAMES BRADLEY (1692-1762) die von HOOKE entwickelte Methode wieder auf. MOLYNEUX liess vom bekannten Instrumentenbauer GEORGE GRAHAM ein Spezial-Teleskop von 24 Fuss Länge und einem Gesichtsfeld von etwa $7'-8'$ anfertigen, das er im Jahre 1725 im Kamin seines Hauses in der Nähe von London vom Dach bis zum Boden einbaute. Abgesehen von wenigen Konstruktionsverbesserungen folgten MOLYNEUX und BRADLEY dem von HOOKE eingeschlagenen Weg: Entwicklung und Bau eines speziellen Teleskopes, das nur für die Beobachtung genau eines einzigen Sternes und nur für genau



Figur 3: RÖMER beobachtete mit einem Passageinstrument D durch das Fenster seines Hauses. Den Zeitpunkt des Durchganges eines Sterns ermittelte er aus den Pendelschlägen einer Uhr C (links), deren Gang er mit weiteren Pendeluhren A verglich. Die Deklination las er am Teilkreis F mit einem Mikroskop E ab (rechts).

einen Zweck dienen sollte, nämlich der Messung der jährlichen Parallaxe. Die konstruktiven Änderungen betrafen zwei wesentliche Punkte: 1. Gegenüber HOOKES Konstruktion konnte das Teleskop von MOLYNEUX ein wenig in nord-südlicher Richtung bewegt werden. Dies hatte den Vorteil, dass man γ Draconis im Gesichtsfeld zentrieren konnte, indem das Teleskop entsprechend geneigt wurde. 2. Der Neigungswinkel wurde mittels eines Lotes an einem Teilkreis abgelesen, woraus direkt die Zenitdistanz folgte. MOLYNEUX begann die Messreihe am 3. Dezember 1725.

Die Zenitdistanzen wurden in jener Richtung durchgeführt, in welcher γ Draconis seine maximale südliche Abweichung aufgrund der jährlichen Parallaxe erreichte. Gemäss Theorie erwarteten MOLYNEUX und BRADLEY, dass diese scheinbare maximale südliche Abweichung Mitte Dezember erreicht wird und der Stern dann für einige Wochen stationär bleibt, sich in der Folge scheinbar nordwärts bewegt, bis er Mitte Juni durch die jährliche Parallaxe scheinbar in eine maximale nördliche Abweichung verschoben wird.

Die Messempfindlichkeit der Teleskop-Montierung sei bemerkenswert gewesen, wird berichtet. Die Anwesenheit von drei vollkommen stillstehenden Menschen habe genug Wärme und Luftbewegung erzeugt, um das Lot merkbar zu stören. Es erstaunt deshalb nicht, dass BRADLEY einige Tage *nachdem* der Stern seine vermeintlich südlichste Position hätte erreicht haben sollen, noch einmal den Stern beobachtete, um die Qualität der Montierung zu testen. Zu seinem Erstaunen fand er den Stern weiter südlich als erwartet. Diese südwärts gerichtete Bewegung hielt noch bis im März 1726 an. Der Stern erreichte schliesslich eine scheinbare Position, die mehr als 20" südlicher gelegen war als jene von Mitte Dezember. Im März hätte er sich aber aufgrund der jährlichen Parallaxe mit maximaler Geschwindigkeit scheinbar in nördlicher Richtung bewegen sollen. Dagegen schien er sich erst jetzt gegen Norden zu bewegen, erreichte dann seine Dezember-Position im Juni und seine nördlichste Position im September. Erst im Dezember 1726 kam er wieder exakt in seine Ausgangslage zurück. Daraus konnten MOLYNEUX und BRADLEY unter anderem schliessen, dass der beobachtete Effekt reell war und nicht auf einen instrumentellen oder Beobachtungsfehler hätte zurückgeführt werden können.

MOLYNEUX und BRADLEY vermuteten als erstes, dass eine jährliche periodische Richtungsänderung der Erdachse

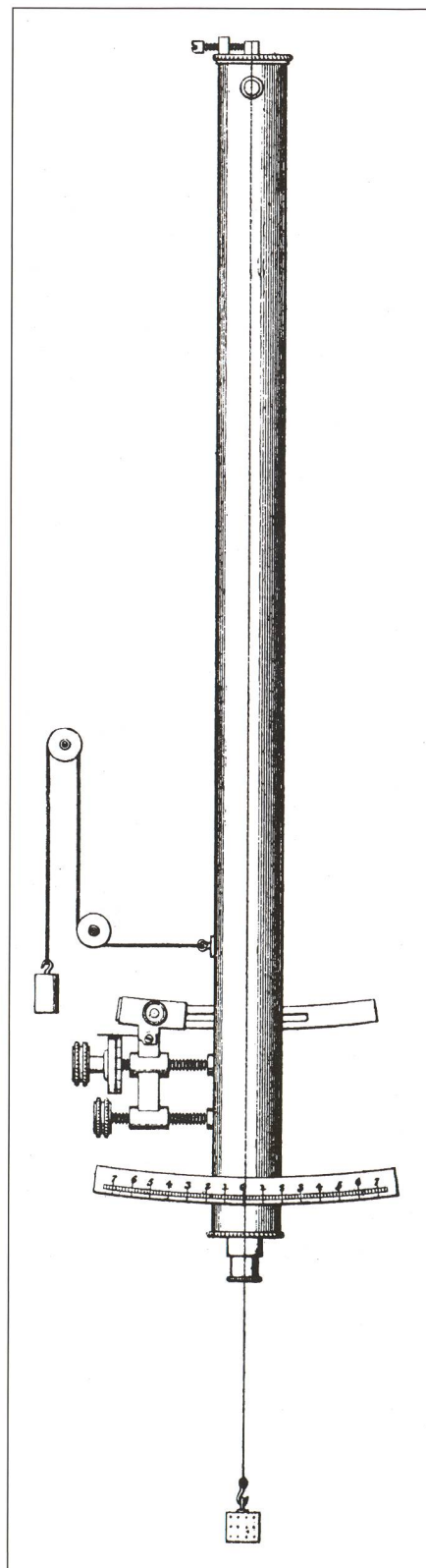
für das Phänomen verantwortlich war. Nach der Theorie wirken die Gravitationskräfte von Sonne und Mond auf die abgeplattete Erde und könnten neben dem bekannten Effekt der Präzession auch Bewegungen der Erdachse mit jährlicher Periode erzeugen. Eine Variation der Lotrichtung würde die gemessenen scheinbaren Positionsänderungen erklären. Diese Hypothese konnten sie jedoch ausschliessen, weil ein anderer Stern auf der Gegenseite des Pols, der ebenfalls durch den Zenit ging, nicht das dieser Hypothese folgende scheinbare Bewegungsmuster zeigte.

Auch eine zweite Hypothese liess sich nicht erhärten. Es wurde vermutet, dass die Erdatmosphäre nicht eine kugelförmige, sondern ebenfalls eine abgeplattete Form haben könnte. Die dadurch erzeugten Refraktions-Anomalien sollten die beobachteten scheinbaren Bewegungen hervorrufen. Doch auch die aus dieser Vermutung folgenden Bewegungsmuster liessen sich nicht bestätigen. Das Phänomen blieb vorerst unerklärt.

Eine dritte Hypothese schien erfolgversprechend zu sein. Sie vermuteten, dass das Phänomen etwas mit dem Abstand der Sonne von den Äquinoktial-Punkten zu tun haben musste. Es lagen aber zu wenig Beobachtungen vor, um diese Hypothese zu stützen. Zudem wurde MOLYNEUX zum Lord der Admiralität nominiert und hatte für weitere Nachforschungen keine Zeit mehr. BRADLEY musste die Sache also alleine weiterverfolgen.

Das dringendste Problem war die sichere Bestimmung der scheinbaren Bewegungsmuster möglichst vieler zenitnaher Sterne. Für diese Aufgabe benötigte BRADLEY ein Teleskop mit grösserem Gesichtsfeld. Er liess bei Graham ein neues Instrument anfertigen (Figur 4). Es wurde am 19. August 1727 im Hause seines Onkels in der Nähe von London installiert, das eine Ende des Teleskopes im Dach, das andere im Kohlenkeller. Das Eisenrohr wurde an zwei von Ost nach West gerichteten Zapfen aufgehängt. Das Objektiv befand sich nahe der Zapfen, durch deren

Mitte ein Lot über einen Teilkreis am unteren Ende des Rohres hängt. Das Rohr wurde mit einer Schnur mit Rolle und Gewicht gegen zwei parallel stehende Schrauben gehalten, von denen die eine als Mikrometerschraube mit Teilkopf versehen war. BRADLEY war mit seinem Instrument in der Lage, nicht weniger als 200 zenitnahe Sterne zu beobachten.



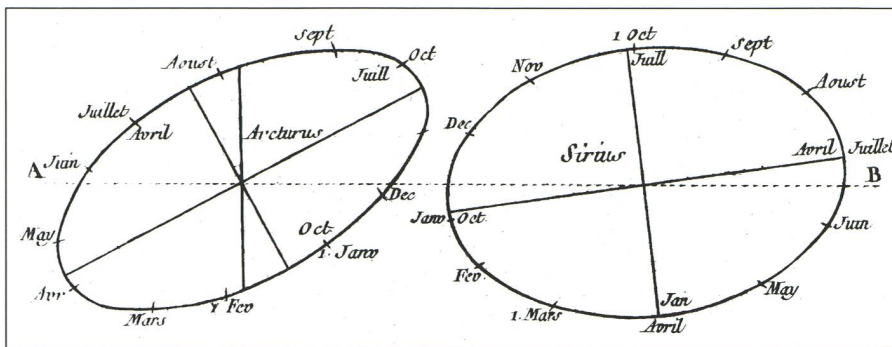
Figur 4: Der 12 Fuss lange Zenitsektor von BRADLEY hatte ein Gesichtsfeld von 12.5°. Er war am oberen Ende an zwei Bolzen in Ost-West-Richtung aufgehängt. Die Zenitdistanzen wurden mit Mikrometerschrauben eingestellt und bezüglich der Lotrichtung am Teilkreis gemessen.

Von diesen Sternen waren etwa ein Dutzend genügend hell, dass er sie auch tagsüber beobachten konnte. Die Genauigkeit der gemessenen Zenitdistanzen betrug weniger als 1".

Bis Anfang 1728 waren ihm die jahreszeitlichen Bewegungsmuster dieser Sterne völlig klar (Figur 5): sie erreichten ihre extremalen Abweichungen, wenn ihr Zenitdurchgang jeweils morgens und abends um 6 Uhr erfolgte, sie bewegten sich südwärts, wenn ihr Zenitdurchgang am Mittag, und nordwärts, wenn dieser um Mitternacht erfolgte. Dies korrespondierte mit den Jahreszeiten. Insbesondere bemerkte er, dass die maximale Abweichung eines Sterns sich mit dem Sinus seiner ekliptikalen Breite veränderte. Es war ein Effekt mit jährlicher Periode und konstanter Amplitude, gleich für alle Sterne, ob schwach oder hell, nur mit dem einzigen Unterschied, dass die Nord-Süd-gerichtete Amplitude von der Breite des Sternes abhing. Für Sterne in der Ekliptikebene verschwand diese Amplitude. Dies hätte genau dem Phänomen entsprochen, das durch die Theorie der jährlichen Parallaxe eigentlich hätte erwartet werden können.

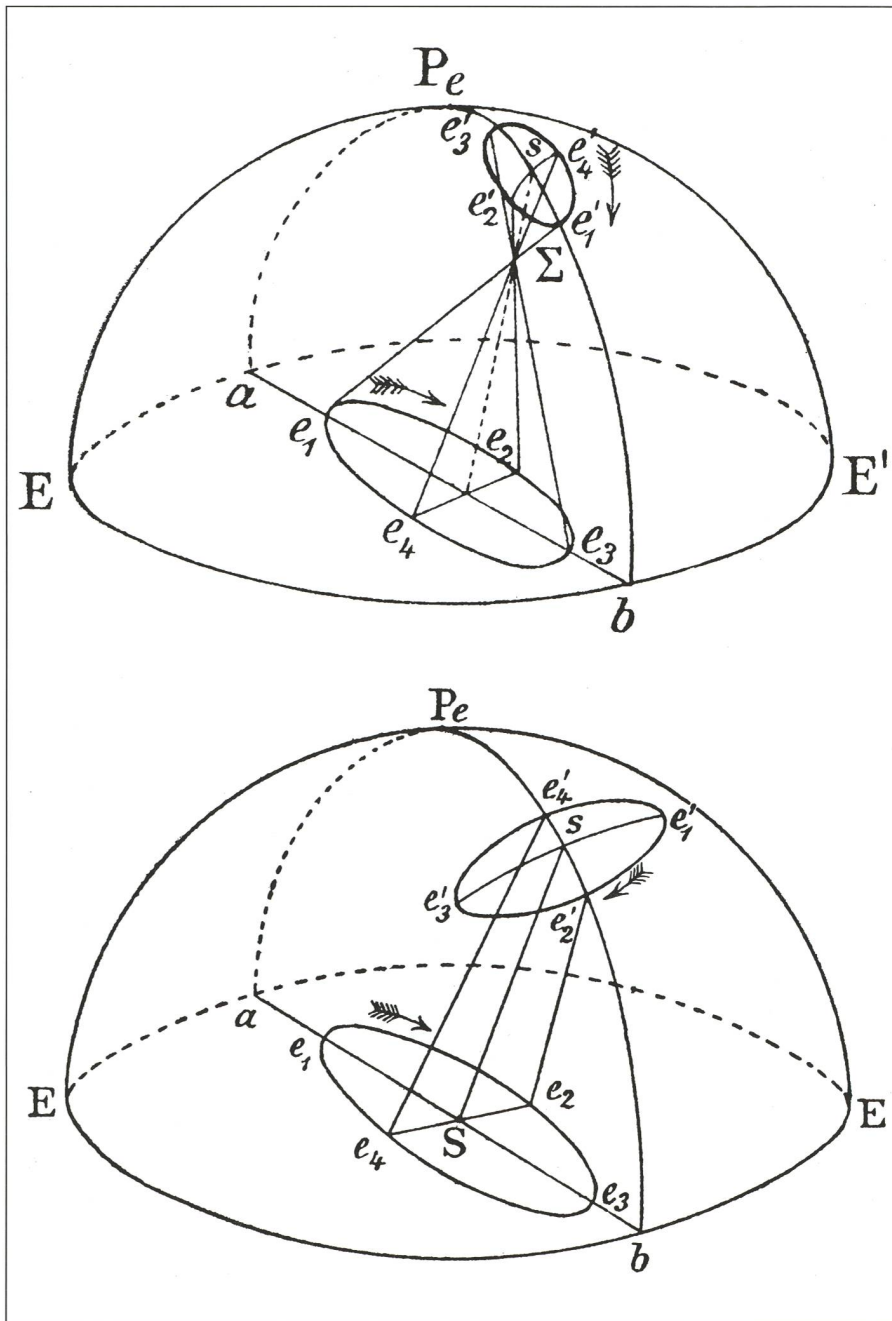
Zwei Merkwürdigkeiten mussten ihm an seinen Beobachtungen aufgefallen sein, die gegen eine jährliche Parallaxe als Ursache des Phänomens sprachen (Figur 6). 1. Die scheinbaren Abweichungen «vorauszuweichen» und gegenüber der vermeintlichen jährlichen Parallaxe mit einer «Phasenverschiebung» von 90° zu verlaufen, und 2. alle Sterne zeigten dieselbe (unerwartet grosse) Amplitude von etwa 20". Wäre dieser Effekt durch die jährliche Parallaxe hervorgerufen, hätte dies bedeutet, dass alle Sterne etwa gleich weit von der Erde entfernt wären. Dies war jedoch auszuschliessen, denn zu BRADLEYS Zeit nahm man an, dass alle Sterne etwa gleiche absolute Helligkeit besitzen und dass ihre unterschiedliche scheinbare Helligkeit lediglich von ihrer unterschiedlichen Entfernung von der Erde herrührt.

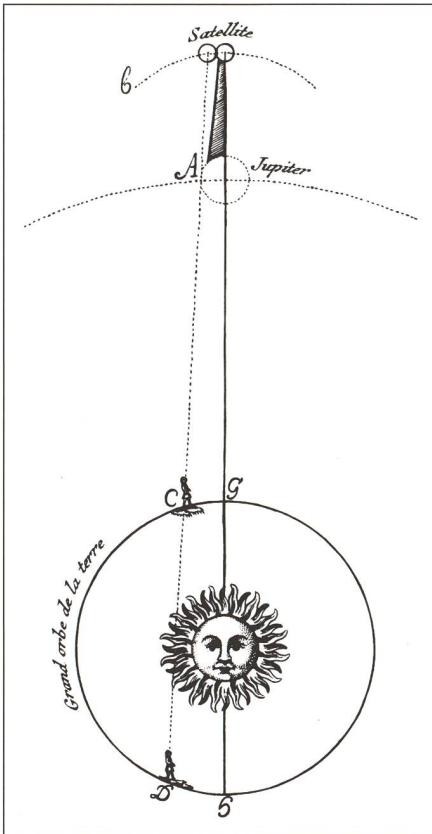
Im Sommer 1728 fand BRADLEY die Lösung. Er wusste, dass die Differenz zwischen den extremalen Abweichungen 40" und die Zeit zwischen Maximum und Minimum genau ein halbes Jahr beträgt. In dieser Zeit legt die Erde auf ihrer Bahn um die Sonne den halben Bahnumfang zurück. RÖMER hatte 1675 anhand der Verfinsterungen der Jupitermonde gezeigt, dass sich das Licht mit endlicher Geschwindigkeit ausbreitet und dass es 16 Minuten benötigt, um die Strecke des Erdbahndurchmessers zurückzulegen (Figur 7). Analog zu den



Figur 5: Die scheinbaren Positionen der Sterne Arktur und Sirius im Laufe der Monate eines Jahres. Die Monatsangaben innerhalb der Ellipsen entsprechen den aus den jährlichen Parallaxen erwarteten Positionen. Die gestrichelte Linie AB verläuft äquator-parallel.

Figur 6: BRADLEYS Befund: Erwartete (theoretische) Parallaxen-Ellipse e_1, e_2, e_3, e_4 , korrespondierend zu den Punkten der Erdbahn e_1, e_2, e_3, e_4 (oben). Beobachtete Ellipse e'_1, e'_2, e'_3, e'_4 (unten) mit konstanter Amplitude von 20" und um 90° «phasenverschoben».





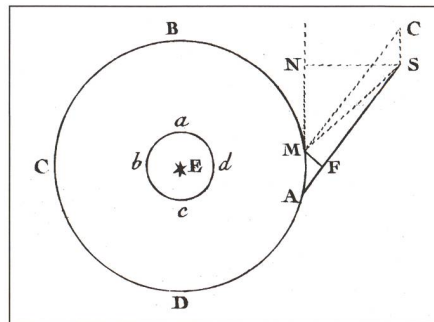
Figur 7: RÖMER bestimmte mit Hilfe der Verfinsterungen (A) von Jupitermonden (b) die Lichtgeschwindigkeit. Befindet sich die Erde auf ihrer Bahn (G) um die Sonne bei C, finden die Verfinsterungen gegenüber der Theorie 8 Minuten zu früh, in D dagegen 8 Minuten zu spät statt.

Überlegungen von RÖMER folgte BRADLEY, dass man jene Sterne in der Ekliptik, die gerade in *Konjunktion* zur Sonne stehen, erst 16 Minuten *später* sieht als jene, die gerade in *Opposition* zu ihr stehen. In der Zeit von 16 Minuten legt die Erde aber eine Strecke auf ihrer Bahn um die Sonne zurück, die *genau* den 40'' entspricht. Damit hatte BRADLEY eine quantitative Erklärung für *ekliptiknahe* Sterne gefunden. Er konnte aber noch nicht erklären, weshalb Sterne am *Ekliptikpol* ebenfalls diese Abweichungen zeigten, obwohl bei ihnen gar keine Differenz in der Ankunftszeit des Sternlichtes während den verschiedenen Jahreszeiten mehr auftreten konnte, da sie ja senkrecht über der Erdbahnebene stehen.

BRADLEY musste also eine geometrische Erklärung für das elliptische bzw. kreisförmige Bewegungsmuster für *ekliptikferne* Sterne finden. Da ihm aufgefallen ist, dass die Abweichungen stets der momentanen Position der Erde auf ihrer Bahn um 90° «voraus-eilen», musste dieser scheinbare Effekt mit der Bewegungsrichtung der Erde zusammen-

hängen. Dies führte ihn Mitte Dezember 1728 auf die Idee, die *Richtungen* der Geschwindigkeit der Erde mit jener der Lichtgeschwindigkeit so zu kombinieren, wie es das von VARIGNON und NEWTON formulierte Prinzip des Kräfteparallelogrammes vorschrieb. Die Länge der Richtungskomponenten entsprechen der Erd- resp. Lichtgeschwindigkeit (Figur 8).

Mit dieser Hypothese berechnete er die scheinbaren Positionen von γ Draconis als Funktion der Zeit und verglich diese mit 15 durch das Jahr verteilten Beobachtungen. Er fand, dass die rech-



Figur 8: BRADLEYS Erklärung der Aberration. Die Positionen A, B, C, D der Erde entsprechen zeitlich den beobachteten Abweichungen a, b, c, d des Sternes E, der sich senkrecht über der Erdbahnebene befindet. Sie scheinen der Erdbewegung «vorauszu-eilen». Die scheinbare Richtung AC von der Erde A zu einem Stern S der ekliptikalen Breite NMS entsteht durch Komposition der Richtung AM der Erde auf ihrer Bahn um die Sonne und der Richtung SA des Sternes gemäss dem «Kräfte-Parallelogramm». Die Längen der Komponenten sind durch die Erd- und Lichtgeschwindigkeit a priori gegeben.

nerisch bestimmten Positionen nicht mehr als etwa 1.5'' von den beobachteten abwichen. Gleich gute Übereinstimmung fand er auch für andere Sterne. Um ganz sicher zu sein, beobachtete er γ Draconis im Verlaufe eines Jahres noch über 70 mal und verglich diese Positionen mit den theoretischen Werten. Die Differenzen betragen nunmehr höchstens 2'', wofür er Witterungsverhältnisse verantwortlich machte.

Damit hatte BRADLEY nicht nur einen in der Astronomie bisher unbekanntem Effekt, nämlich die jährliche Aberration des Lichtes, entdeckt, sondern zugleich einen ersten wirklichen «Beweis» für die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne gefunden. Insbesondere wurde mit der Entdeckung der Aberration klar,

dass sämtliche bis dahin unternommenen Versuche zum Nachweis der jährlichen Parallaxe *nicht erfolgreich sein konnten*.

Gegen diesen «Beweis» könnte man nun aber einwenden, dass die Bewegung der Erde zur Erklärung des Resultates bereits vorausgesetzt werde und nicht aus der reinen Beobachtung folge. Das Phänomen liesse sich ja vielleicht auch anders interpretieren. Hier zeigt sich der Unterschied der Beweisführung zwischen Mathematik und Astronomie. In der Mathematik wäre ein derartiger, nur plausibler, aber nicht eindeutiger Rückwärtsschluss *nicht* erlaubt. In der Astronomie liegt der Beweis in der Richtigkeit der mit dem Modell berechneten Grösse: in diesem Fall aus der Kombination der Richtung der Erde auf ihrer Bahn um die Sonne und der Richtung zum Stern, wobei die Längen der Komponenten der Erd- und Lichtgeschwindigkeit entsprechen. Diese beiden Werte konnten schon *vor* der Entdeckung der Aberration aus dem *heliocentrischen* Modell berechnet werden. Die Übereinstimmung der beobachteten mit den aus diesem Modell folgenden gerechneten Stern-Positionen bestätigte die Richtigkeit der Annahme, nämlich dass die Erde sich um die Sonne bewegt.

Die Entdeckung der Nutation

BRADLEY führte seine Beobachtungsreihe bis 1732 fort, wurde dann aber an die Stelle von HALLEY nach Oxford berufen, wo er seine Beobachtungen mit derselben Sorgfalt sofort weiterführte. Dies hatte seinen Grund. Die kleinen Differenzen zwischen den theoretischen und beobachteten Positionen verschwanden nicht, sondern schienen sich im Gegenteil noch auf mehrere Bogensekunden zu vergrössern. Schon Mitte September 1728 stellte er fest, dass die jährlichen Deklinationsänderungen der Sterne in der Nähe des Äquinoktial-Meridians zu gross sind gegenüber den aus der Präzessions- und Aberrations-Theorie folgenden Werten. Es resultierte eine um über 5'' zu grosse Präzessionskonstante. Wiederum konnte BRADLEY instrumentelle Fehler ausschliessen. Um die Ursache für *dieses* Phänomen herauszufinden, beobachtete er wiederum eine grosse Anzahl von Sternen. Diesmal war er in der komfortablen Situation, dass er *einen* wichtigen «Störeffekt» bereits rechnerisch eliminieren konnte, nämlich (neben der Präzession) die von ihm entdeckte jährliche Aberration. Zudem hatte er auch bereits eine Vermutung, worauf diese neuen Diskrepanzen zurückgeführt werden konnten. Bereits gegen 1690 hatte nämlich FLAMSTEED

(1646-1719) erfolglos versucht, eine kleine periodische Bewegung der Rotationsachse der Erde nachzuweisen, deren Existenz aus der Gravitationstheorie gefolgert wurde. Danach musste es neben der langperiodischen Präzession auch noch eine kurzperiodische Schwankung der Erdachse mit wesentlich kleinerer Amplitude geben, die durch den Mond alleine verursacht wird. Es ist just jene Hypothese, die BRADLEY zuerst für die Erklärung der Aberration herangezogen hatte. Das Problem bestand wiederum darin, Periode und Amplitude dieses Effektes zu bestimmen. Falls die Theorie richtig war, musste die erwartete Periode mit der Mondbewegung verknüpft sein. Aus dem Kräfte-Modell liess sich ableiten, dass die Knotendrehung mit einer Periode von 18.6 Jahren eine bedeutende Rolle spielen musste. Um jeden Irrtum auszuschliessen, beobachtete BRADLEY daher geduldig über die Dauer einer vollen Knotenumdrehung von 1727 bis 1747. Aus seinen sehr umfangreichen Beobachtungen konnte er schliesslich neben der Periode auch die Amplituden bestimmen. In einem Brief vom 31. Dezember 1747 teilte er d'ALEMBERT seinen erfolgreichen Nachweis und damit die Entdeckung der Nutation mit. Er publizierte diese Entdeckung im Januar 1748 und regte damit die erwähnten theoretischen Arbeiten von d'ALEMBERT und EULER zur Präzessions- und Nutationstheorie an.

Der Nachweis der jährlichen Parallaxe

Mit der Entdeckung der jährlichen Aberration und der Nutation wurde allmählich klar, dass die eigentlich gesuchte jährliche Parallaxe noch viel kleiner sein musste als bisher angenommen. BRADLEY behauptete, dass die jährlichen Parallaxen der Sterne η Ursae majoris und γ Draconis weniger als eine Bogensekunde betragen müssten. Für letzteren konnte er sogar eine obere Grenze von 0.5'' angeben.

Obwohl BRADLEYS Beobachtungsreihen eine erstaunlich hohe Genauigkeit aufwiesen, war es ihm aus drei Gründen unmöglich, mit Sicherheit eine jährliche Parallaxe bestimmen zu können:

1. Die mittlere Zenitdistanz der 24 beobachteten Sterne beträgt etwa 3°. Bei dieser Distanz beträgt die Refraktion bereits über 3'' und ändert sich bei einer tages- oder jahreszeitlichen Temperaturschwankung von 20° um 0.3''. Mit der damaligen Theorie war BRADLEY noch nicht in der Lage, die Refraktion mit der erforderlichen Genauigkeit zu berücksichtigen.

2. BRADLEY fehlten die theoretischen Grundlagen, mit denen er sowohl die Instrumentenfehler als auch die persönlichen Ablesefehler hätte in Rechnung stellen können.

3. Der wahrscheinlichste Wert einer Messgrösse wurde aus einer grossen Anzahl von (mit Fehlern behafteten) Beobachtungen noch um die Mitte des 18. Jhdts. durch Bildung eines Mittelwertes bestimmt. Eine Fehlertheorie zur statistisch korrekten Auswertung von Beobachtungen fehlte. Sogenannte Bedingungsgleichungen finden sich erstmals in einer Arbeit von EULER aus dem Jahre 1749. In der zweiten Hälfte des 18. Jhdts. wurden die Mittelungsmethoden sukzessive verfeinert, woraus sich schliesslich die noch heute zentrale Methode der kleinsten Quadrate entwickelte.

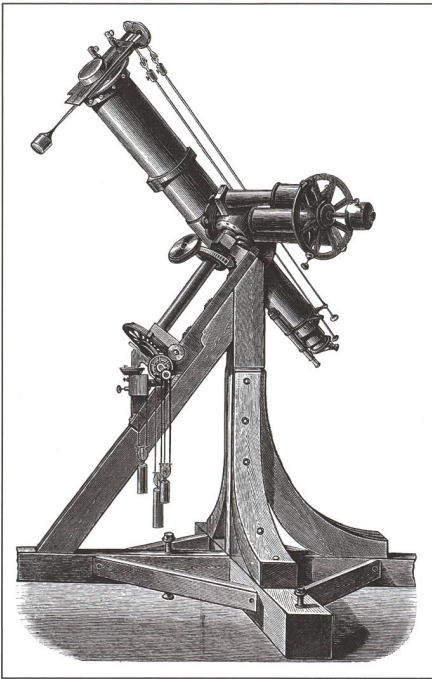
BRADLEY legte mit seinen Entdeckungen die Grundlagen für alle künftigen astrometrischen Messungen. Erst jetzt konnten Richtungsmessungen mit bislang unerreichter Genauigkeit reduziert und somit bessere Sternkataloge erstellt und exaktere Positionen der Himmelskörper als Funktion der Zeit bestimmt werden. Insbesondere erwies sich eine Behauptung von EDMOND HALLEY (1656-1742) aus dem Jahre 1718 als richtig. Dieser glaubte entdeckt zu haben, dass einzelne «Fixsterne» eigene Bewegungen hätten. Erste Bestimmungen dieser sog. *Eigenbewegungen* einer grösseren Anzahl von Sternen gelangen dank BRADLEYS Entdeckungen TOBIAS MAYER (1723-1762), der solche durch Vergleich seiner eigenen Beobachtungen mit denjenigen von RÖMER ermittelte und 1760 in der Schrift *De motu fixarum proprio* publizierte.

Verschiedene andere Versuche zur Entdeckung der jährlichen Parallaxe, insbesondere von NEVIL MASKELYNE (1732-1811), NICOLAS-LOUIS DE LACAILLE (1713-1762), GIUSEPPE CALANDRELLI (1749-1827) und GIUSEPPE PIAZZI (1746-1826) scheiterten dagegen immer noch aus den erwähnten Gründen. Diese Situation sollte noch bis zu Beginn des 19. Jhdts. andauern. Dann erst waren die theoretischen und instrumentellen Voraussetzungen gegeben, die Entdeckung der Eigenbewegungen definitiv zu bestätigen und einen Nachweis der jährlichen Parallaxe zu ermöglichen.

Mit der Entwicklung und dem Bau neuartiger Instrumente, die allein durch ihre Konstruktionsweise die Messfehler erheblich reduzierten, begann ein Wettlauf um den empirischen Nachweis der jährlichen Parallaxe. Wie sich herausstellen sollte, war es nicht nur der Ein-

satz neuer Instrumententypen, mit dem das Rennen entschieden werden konnte, sondern vor allem auch die neuartigen Beobachtungs- und Reduktionsmethoden, die in der ersten Hälfte des 19. Jhdts. stetig verbessert und *standardisiert* wurden. Diese Verbesserungen waren auch dringend nötig, denn je genauer die Winkelmessungen wurden, umso kleinere Effekte machten sich störend bemerkbar. Die von der Zenitdistanz abhängige winzige Durchbiegung des Teleskopes, die elliptische und aplannare Form des Teilkreises sowie die Temperaturabhängigkeit der verschiedenen Instrumententeile mussten daher auch modelliert werden. Insbesondere die Temperatureinflüsse auf die Beobachtungen bereiteten nach wie vor enorme Probleme. Die nach dem Tagesverlauf sich ändernde Sonneneinstrahlung auf Kuppel und Grundmauer des Observatoriums erwärmte die Luft im Beobachtungs-Saal unterschiedlich, was wiederum zu Refraktions-Anomalien führte, welche die Messungen verfälschen konnten. Sogar die Lampen, die zur Beleuchtung jener Stellen des Teilkreises verwendet wurden, an denen mit Mikroskopen abgelesen wurde, vermochten durch ihre Wärmeabstrahlung die Messungen bereits zu beeinflussen. Die mittleren Fehler waren deshalb immer noch etwa gleich gross wie die gesuchte Parallaxe. Viele vermeintliche Nachweise der jährlichen Parallaxe entpuppten sich als Scheineffekte. Mit diesen neuen Problemen hatten vor allem PIAZZI, JOHN BRINKLEY (1763-1835), JOHN POND (1767-1836), BERNHARD VON LINDENAU (1780-1854), DOMINIQUE-FRANÇOIS-JEAN ARAGO (1786-1853), CLAUDE-LOUIS MATHIEU (1783-1885), FRIEDRICH WILHELM BESSEL (1784-1846), FRIEDRICH WILHELM STRUVE (1793-1864) und THOMAS HENDERSON (1798-1844) zu kämpfen. Die drei letztgenannten kamen mit unterschiedlichen Methoden und Instrumenten zwar zu vergleichbar guten, aber immer noch nicht ganz überzeugenden Resultaten.

Der Durchbruch gelang schliesslich BESSEL in den späten 1830er Jahren. Der Einsatz eines sog. *Heliometers* ermöglichte ihm den statistisch einwandfreien Nachweis einer jährlichen Parallaxe am Stern 61 Cygni. Der Erfolg war nicht nur der hervorragenden Qualität des verwendeten Instruments zu verdanken, sondern vor allem der von BESSEL gewählten Beobachtungsmethode sowie dem Studium der Instrumentenfehler und ihrer Reduktion. Auf diesen Gebieten schuf BESSEL mit seiner *Fundamenta astronomiae* von 1818 wahrhaftig das Fundament für die künftige Positionsastronomie, nota bene unter Benutzung von BRADLEYS Beobachtungen!



Figur 9: Das FRAUNHOFERSCHE Heliometer, mit dem BESSEL der Nachweis der jährlichen Parallaxe am Stern 61 Cygni gelang. Es ist ein äquatorial montierter Refraktor, der mit einem Uhrwerk den Sternen nachgeführt werden konnte. Am «Kopf» des Instrumentes befindet sich das geteilte Objektiv, dessen Halblinsen über cardanisch aufgehängte Schrauben gedreht und verschoben werden konnten.

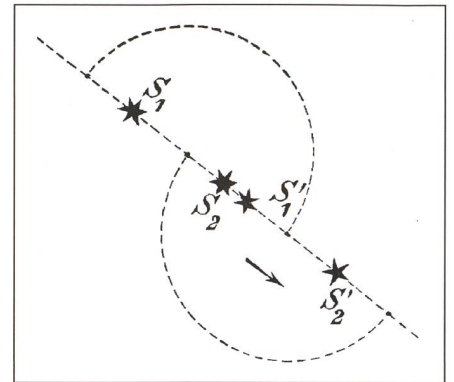
Das neue Instrument wurde von JOSEPH FRAUNHOFER (1787-1826) erbaut (Figur 9). Es war ein äquatorial montierter Refraktor, der mit einem Uhrwerk den Sternen nachgeführt werden konnte. Das Objektiv von 15.8 cm Durchmesser hatte eine Brennweite von 2.6 Metern und bestand aus zwei Hälften. Am Okularende waren zwei cardanisch drehbare Schrauben angebracht. Mit der einen liessen sich die Objektivhälften gegeneinander verschieben, mit der anderen konnte die Verschiebungsrichtung gedreht werden. Die Schraubenköpfe waren mit Teilungen versehen, an denen man die Tausendstel der Umdrehungen ablesen konnte, was 0.05'' entsprach. Der maximal messbare Winkel betrug knapp 2° (Figur 10).

Zur Messung des Winkelabstandes zwischen zwei Sternen musste man das Heliometer in seiner Achse so drehen,

Figur 10: Die Fassung der beiden Halblinsen des Heliometers. Die gegenseitige Verschiebung der Halblinsen erfolgte über eine Mikrometerschraube. Hier die Darstellung eines Heliometers aus dem 18. Jhd.

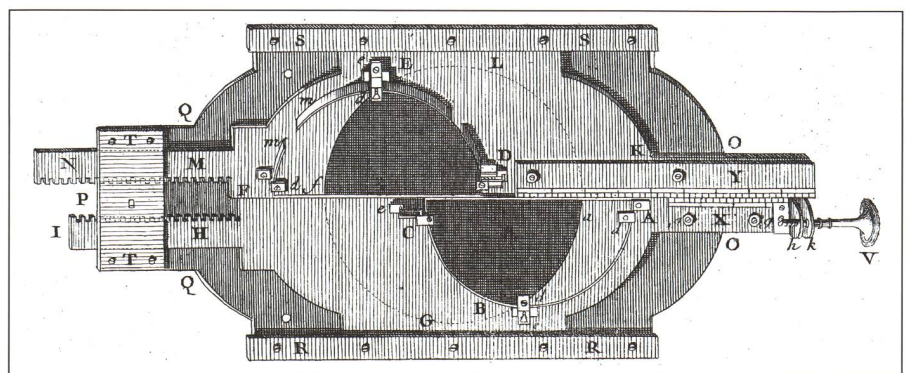
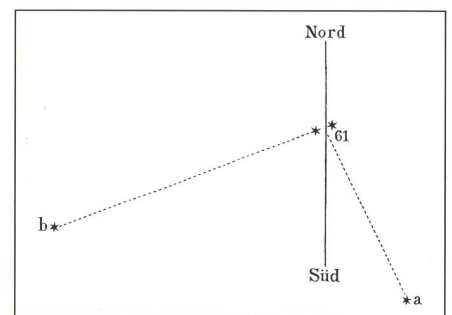
dass die Schnittlinie des Objektivs mit der Verbindungslinie der beiden Sterne zur Deckung kam. Dann wurden die Hälften des Objektivs gegeneinander verschoben, bis sich das Bild des einen Sternes von der einen Halblinse mit dem Bild des anderen Sterns von der anderen Halblinse vereinigte. Aus der Verschiebung der Halblinsen, die am Mikrometer abgelesen wurde, konnte man den gesuchten Winkelabstand bestimmen (Figur 11).

Sofort nach der Installierung des Heliometers untersuchte BESSEL das Instrument peinlichst genau und konnte seine hohe Qualität bestätigen. Im Sommer 1837 begann er mit systematischen Parallaxenmessungen. Der Erfolg war umso wahrscheinlicher, je näher der zu untersuchende Stern wäre. Aus verschiedenen Gründen wählte BESSEL den lichtschwachen Stern 61 Cygni, der mit 5. Grösse gerade noch von blossen Auge gesehen werden kann. Bei der Bearbeitung von BRADLEYS Beobachtungen wurde BESSEL auf die ungewöhnlich grosse Eigenbewegung dieses Sterns von 5.2'' pro Jahr aufmerksam. Dies war ein Indiz für seine Nähe. Zudem war 61 Cygni ein sog. physischer Doppelstern, der sich für die Messungen mit dem Heliometer wegen seines Doppelsterncharakters als besonders geeignet erweisen sollte. Seine Komponenten waren um 1835 etwa 20'' voneinander getrennt. Schliesslich war noch ein dritter Umstand von Bedeutung. In der Nähe von 61 Cygni befinden sich weitere Sterne, die noch innerhalb des Gesichtsfeldes des Heliometers liegen. Wegen ihrer Lichtschwäche wurde angenommen, dass sie viel weiter entfernt sind als 61 Cygni. Ihre Eigenbewegung war somit vernachlässigbar und sie konnten bei der Messung als Referenzsterne dienen. Den Doppelsterncharakter nutzte BESSEL, indem er die Abstände nicht der Komponenten dieses Doppelsterns selbst, sondern ihres Mittelpunktes von den Referenzsternen mass, da er zu Recht annahm, dass man durch eine Ver-



Figur 11: Das Messprinzip des Heliometers. Angedeutet sind die Abbildungen S_1 und S_2 bzw. S_1' und S_2' zweier Sterne in beiden Halblinsen. Das Objektiv wird gedreht, bis die Schnittlinie mit der Verbindungslinie der Sterne S_1 und S_2 übereinstimmt. Dann werden die Objektiv-Hälften mit dem Mikrometer gegeneinander verschoben, bis das Bild des einen Sterns S_2 der einen Hälfte mit dem Bild des anderen Sterns S_1' der zweiten (verschobenen) Hälfte zur Deckung kommt. Die Grösse der Verschiebung ist ein Mass für den Winkelabstand der beiden Sterne.

Figur 12: Die Referenz-Konstellation mit 61 Cygni sowie den Bezugsternen a und b. Diese befanden sich in einem Abstand von 7'42'' resp. 11'45'' vom Mittelpunkt M der beiden Komponenten des Doppelsterns 61 Cygni entfernt. Die Verbindungslinien aM und bM standen beinahe senkrecht aufeinander. Weil aM minimal war, wenn bM maximal war (und umgekehrt), hatte BESSEL eine gut nachprüfbare Korrelation zwischen den Abständen aM und bM.



schiebung der Halblinsen des Objektivs die Bilder der Vergleichssterne mit grösserer Genauigkeit auf diesen Mittelpunkt bringen konnte. BESSEL musste sich lediglich vergewissern, dass 61 Cygni wirklich ein physischer, nicht ein optischer Doppelstern ist. Aus Positionsmessungen der Jahre 1690 bis 1813 konnte er letzteres ausschliessen und berechnete sogar eine Umlaufperiode von 350 Jahren. Die gegenseitige orbitale Verschiebung der Komponenten während der Beobachtungszeit konnte daher vernachlässigt werden.

Als Referenz wählte BESSEL zwei lichtschwache Sternchen von 9. und 10. Grösse, die er mit *a* und *b* bezeichnete und die ca. 11' resp. 7' vom Mittelpunkt *M* von 61 Cygni entfernt waren (Figur 12). Die Verbindungslinien zwischen diesen Sternchen und dem Mittelpunkt standen beinahe senkrecht aufeinander. Die Besonderheit dieser Konstellation spielte bei der Beurteilung der Richtigkeit der Resultate eine überaus wichtige Rolle. Ein Vergleichssterne hätte zur Messung der Parallaxe bereits genügt. Doch BESSEL wählte deren zwei, um zwei voneinander unabhängige Resultate zu erhalten, die sich gegenseitig ent-

weder bestätigten oder in Frage stellten. Aus der Theorie konnte er Orientierung und Exzentrizität der erwarteten Parallaxen-Ellipse berechnen. Daraus liess sich für jeden Zeitpunkt des Jahres das Verhältnis der sich ändernden Winkelabstände zwischen dem Mittelpunkt von 61 Cygni und den beiden Vergleichssterne bestimmen. Der minimale Abstand des einen Vergleichssterne und der maximale des andern traten etwa gleichzeitig ein.

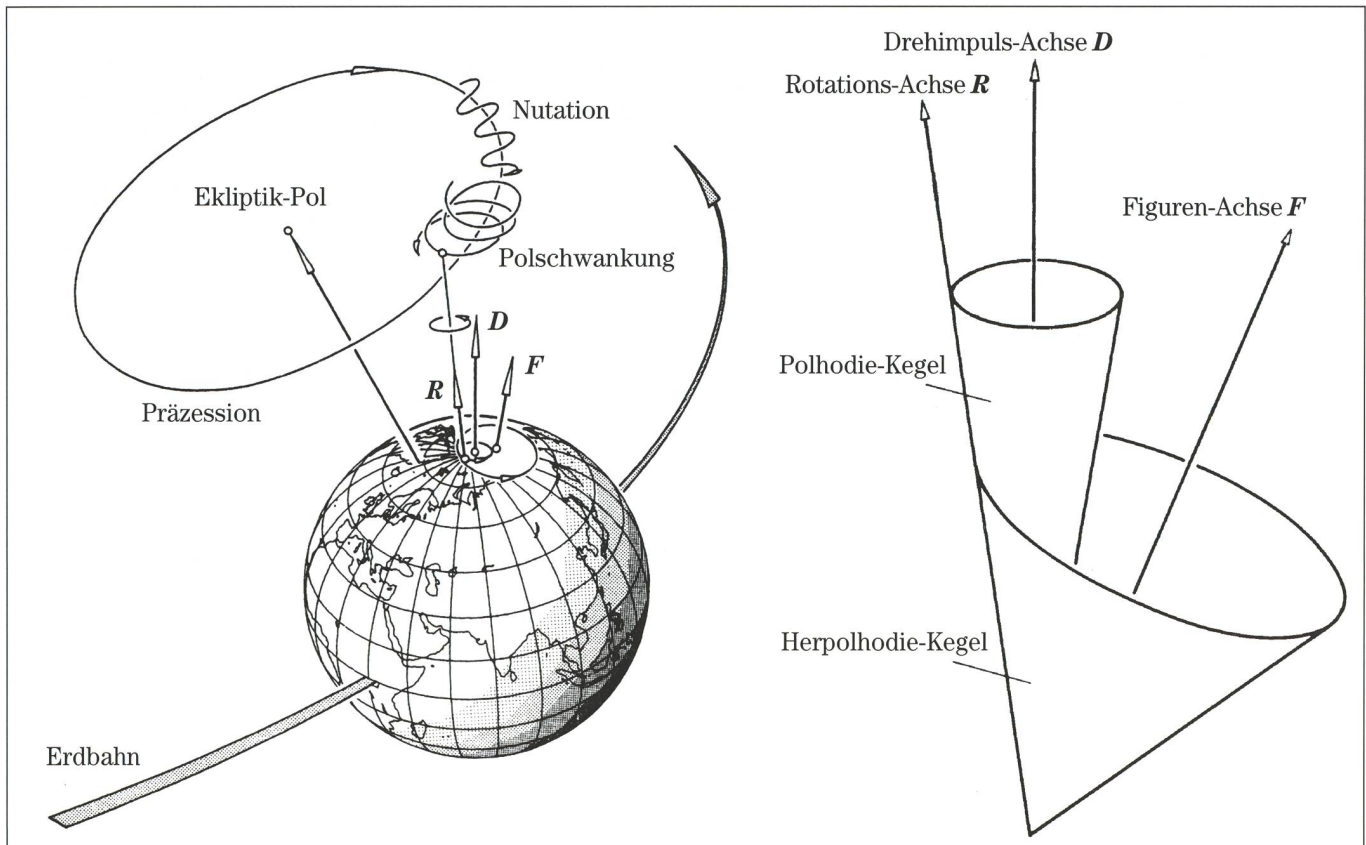
Eine ganze Jahresperiode umfasste BESSELS Beobachtungsreihe. In dieser Zeit bestimmte er 85 Abstände des Sternes *a* und 98 Abstände des Sternes *b* vom Mittelpunkt von 61 Cygni. Jeder Abstand war eine Mittelung aus durchschnittlich 16 Einzelmessungen, so dass die gesamte Messreihe aus über 2900 Einzelmessungen bestand. BESSEL stellte für die ermittelten Abstände 183 Bedingungsgleichungen auf und löste diese mit der Methode der kleinsten Quadrate nach den beiden Einzelparallaxen bezüglich der Vergleichssterne auf. Er erhielt für die Parallaxe einen Wert von $0.3136'' \pm 0.0202''$. Dieser stimmt innerhalb der Fehlergrenze mit dem heutigen Wert überein.

Um jeglichen systematischen Instrumentenfehler ausschliessen zu können, führte BESSEL bis im März 1840 weitere 103 Abstandsmessungen zu Stern *a* und 116 zu Stern *b* durch, wobei er zuvor das Instrument vollständig auseinandergenommen, gereinigt und einige Konstruktionsverbesserungen vorgenommen hatte. Aus den insgesamt 402 Abstandsmessungen beider Beobachtungsreihen bestimmte BESSEL eine Parallaxe von $0.3483'' \pm 0.0095''$ und konnte damit sein erstes Resultat bestätigen. Die Entdeckung der jährlichen Parallaxe wird BESSEL zugeschrieben, weil sein Resultat gegenüber jenen von STRUVE und HENDERSON einen weitaus kleineren mittleren Fehler aufwies.

Theoretische und empirische Entdeckung der Polschwankung

BESSELS grosses Verdienst besteht darin, dass er die Theorie der Instrumenten- und Beobachtungsfehler weiterentwickelte und die Beobachtungsmethoden wesentlich verfeinerte und verbesserte. Nach der Entdeckung der jährlichen Parallaxe wurde es zu einer wichtigen Aufgabe für die sog. Astrometrie, die Präzessions-, Nutations- und

Figur 13: Bezüglich eines raumfesten Koordinatensystems bewegt sich die Rotationsachse *R* der Erde auf dem Polhodie-Kegel um die Drehimpulsachse *D*. Die Figurenachse *F* bewegt sich als Symmetrieachse des Herpolhodie-Kegels, der auf dem Polhodie-Kegel abrollt. Bezüglich eines erdfesten Koordinatensystems bewegt sich *R* um einen mittleren Pol. Diese sog. Polschwankung wurde von EULER theoretisch vorausgesagt und von POISSON geometrisch interpretiert.



Aberrations-Konstanten mit hoher Präzision zu bestimmen. Dadurch erhoffte man sich eine Verbesserung ihrer Modellierung. Die Aufmerksamkeit galt insbesondere einem weiteren, bisher nur theoretisch vorausgesagten Effekt, dessen Existenz noch empirisch nachgewiesen werden musste.

Nach den theoretischen Arbeiten zur Präzession und Nutation der Erde studierte EULER in den 1750er Jahren die Rotationsbewegungen starrer Körper und stellte die nach ihm benannten Kreisgleichungen auf. Unter der Annahme, dass auch die abgeplattete Erde als starrer Körper betrachtet werden kann und dass ihre Rotations- und Figurenachsen (Achse des maximalen Trägheitsmomentes) nicht exakt mit der Drehimpulsachse zusammenfallen, kam EULER zum Ergebnis, dass sich die Rotationsachse bezüglich eines erdfesten Koordinatensystems innerhalb des Erdkörpers um einen sehr kleinen Winkel bewegen muss. Er nannte diese Bewegung die *freie Nutation* und berechnete ihre Periode zu 234 Tagen (Heutiger Wert: 304 Tage).

1834 publizierte LOUIS POINSON (1777-1859) eine geometrische Interpretation dieser *Eulerschen freien Nutation* bezüglich eines *raumfesten* Koordinaten-

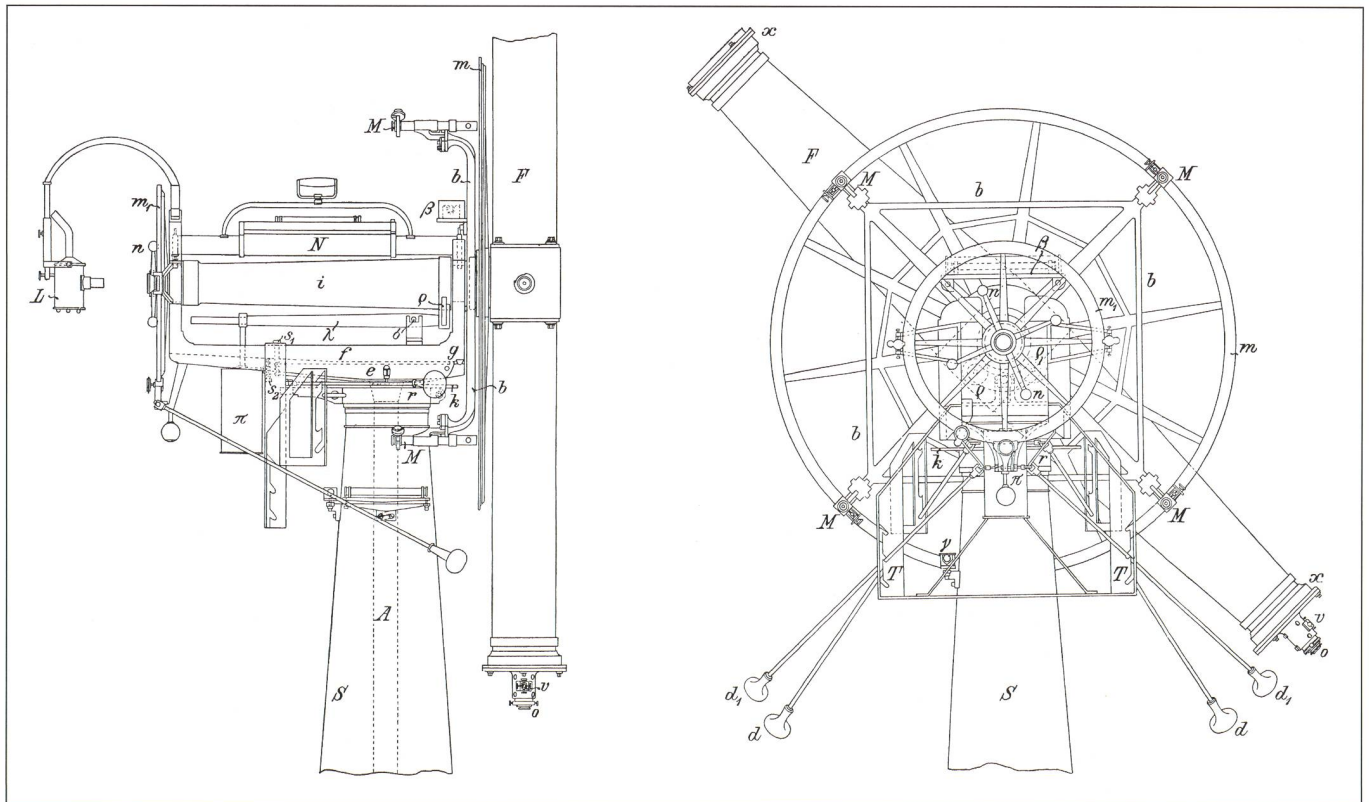
systems (Figur 13). Er nannte die Kreisbewegungen der Rotationsachse und der Figurenachse um die Drehimpulsachse der Erde die *Polhodie* bzw. *Herpolhodie*. In einem *erdfesten* System beschreibt der Durchstosspunkt der Rotationsachse mit der Erdoberfläche eine kreisähnliche Bahn mit veränderlichem Radius um einen mittleren Pol. Der Radius kann etwa zwischen 0 und 15 Metern variieren. Für dieses Phänomen hat sich die Bezeichnung *Polschwankung* etabliert. Das Zentrum der kreisähnlichen Polbewegung, der mittlere Pol, wandert ebenfalls langsam (säkular) auf der Erdoberfläche und fällt nicht mit dem Figurenpol zusammen.

In den ersten einfachen Modellen verstand man unter der Periode der *Polschwankung* das Zeitintervall für einen Umlauf der Rotationsachse um den Figurenpol. Den Winkel zwischen dem Ortsmeridian der Beobachtungsstation und der Verbindungslinie Figurenpol – momentaner Rotationspol nannte man *Phasenwinkel* oder kurz die *Phase* der *Polschwankung*. Die Strecke zwischen Figuren- und Rotationspol bezeichnete man als *Amplitude* der *Polschwankung*. Die *Polschwankung* bewirkt eine periodische Änderung der Polhöhen, was als *Variation der geographischen Breite* beobachtbar ist.

BESSEL führte bereits zu Beginn des Jahres 1820 Beobachtungen durch, um zu prüfen, ob es die Breitenvariation überhaupt gibt und mit welcher Amplitude sie allenfalls in Erscheinung tritt. In Zusammenhang mit seinen ersten Versuchen zum Nachweis der jährlichen Parallaxe war es wichtig, auch *diesem* Phänomen nachzugehen. Da er in seinen Beobachtungen keinen Hinweis fand, folgerte er, dass die Variation der Breite nicht existiert oder vernachlässigbar ist. Seine theoretischen Überlegungen schienen zu bestätigen, dass eine *Polschwankung* nicht möglich ist. In den Jahren 1841/42 stellte er aber fest, dass die Breite 0.15" grösser war als 1820 und 0.03" kleiner als zwischen 1836 und 1840. Er äusserte deshalb gegenüber ALEXANDER VON HUMBOLDT (1769-1859) in einem Brief vom 1. Juni 1844 die Vermutung, dass eine Variation der Breite doch nicht auszuschliessen sei. BESSEL dachte jedoch eher an eine geologische Ursache denn an eine wirkliche Richtungsänderung der Rotationsachse der Erde.

Drei Monate zuvor publizierte BESSELS Schüler CHRISTIAN AUGUST FRIEDRICH PETERS (1806-1880) eine Arbeit, in der er eine Amplitude der *Polschwankung* von $0.079'' \pm 0.017''$ aus 279 vollständigen Polaris-Beobachtungen (was über

Figur 14: Der ERTELSche Vertikalkreis des Pulkovo-Observatoriums im Auf- und Seitenriss. Mit diesem Instrument erstellten PETERS, GYLDÉN und NYRÉN Beobachtungsreihen von Polaris, aus denen NYRÉN eine Variation der Breite und CHANDLER die wahre Periode der *Polschwankung* ableiten konnten.

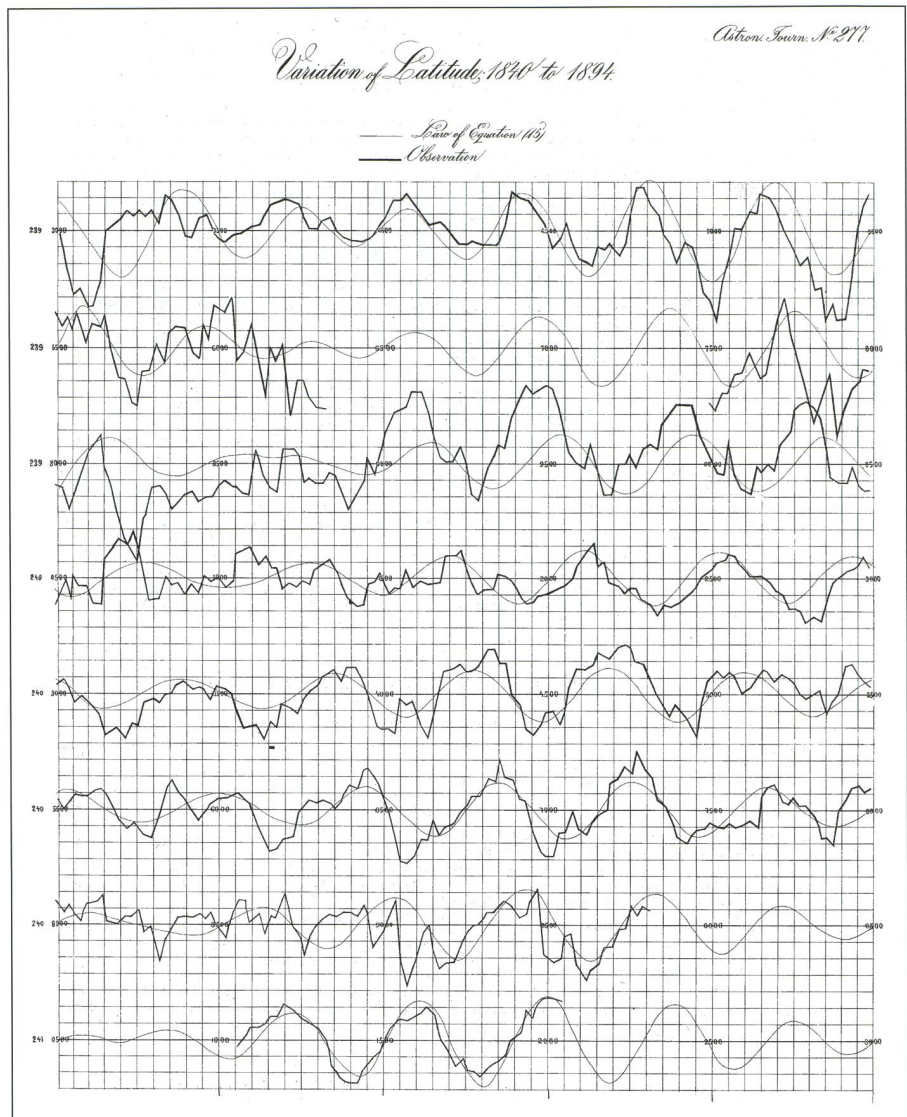


10 000 Einzelmessungen entspricht) bestimmen konnte, die er am neuen Erteleschen Vertikalkreis des Pulkovo-Observatoriums zwischen dem 11. März 1842 und dem 30. April 1843 durchführte. PETERS realisierte, dass die Länge seiner Beobachtungsreihe noch zu kurz war, als dass er die vermeintliche Eulersche Periode von 10 Monaten einwandfrei hätte von einer allfälligen jährlichen Periode trennen können und führte daher seine Messreihe bis zum 2. November 1844 weiter. Leider wertete er seine insgesamt 371 Beobachtungen, die ein Zeitintervall von 966 Tagen umfassen, nicht mehr aus.

Der Vertikalkreis wurde 1838/39 von ERTEL gebaut (Figur 14), hatte eine Öffnung von 15 cm und eine Brennweite von knapp 2 m. Der Teilkreisdurchmesser betrug etwas über einen Meter, hatte eine Teilung von 2' und eine Ablesegenauigkeit von 0.1". Die Konstruktionsweise erlaubte ein leichtes Bestimmen der Instrumentenkonstanten sowie ein schnelles Wechseln der Lagen. Die Spezialkonstruktion sorgte für optimale Belastung und minimale Durchbiegung. Die Montierung besaß ein automatisches Lotausrichtungssystem und eine Zenitausrichtung des Kreises mittels eines Hauptniveaus. Zwei Kollimatoren ermöglichten die Horizontalausrichtung.

Die Beobachtungen an diesem Instrument wurden von JOHANN AUGUST HUGO GYLDÉN (1841-1896) vom 15. November 1863 bis zum 30. März 1870 und von MAGNUS NYRÉN (1837-1921) vom 19. Juni 1871 bis zum 1. Mai 1873 fortgeführt. NYRÉN verfügte mit diesen drei Messreihen über 762 vollständige Beobachtungen, die sich über mehr als 30 Jahre erstreckten. Er erhoffte sich, damit nicht nur die Resultate von PETERS und somit die Existenz der Polschwankung definitiv bestätigen zu können, sondern vermutete, sogar eine säkulare Änderung der Breite nachweisen zu können.

NYRÉN verwendete dasselbe Modell wie PETERS und bestimmte nach der Methode der kleinsten Quadrate neben anderen Parametern Amplitude und Phase der Polschwankung. NYRÉN ging jedoch (wie schon PETERS) von einer Eulerschen Periode von 304 Tagen aus und unterliess es, auch diesen Parameter zu schätzen. Warum hätte er dies auch tun sollen? Die Eulersche Periode folgte doch just aus jener Theorie der Rotation des starren Körpers, mit der EULER auf die Existenz der freien Nutation schliessen und die PETERS anscheinend auch empirisch nachweisen konnte. Es



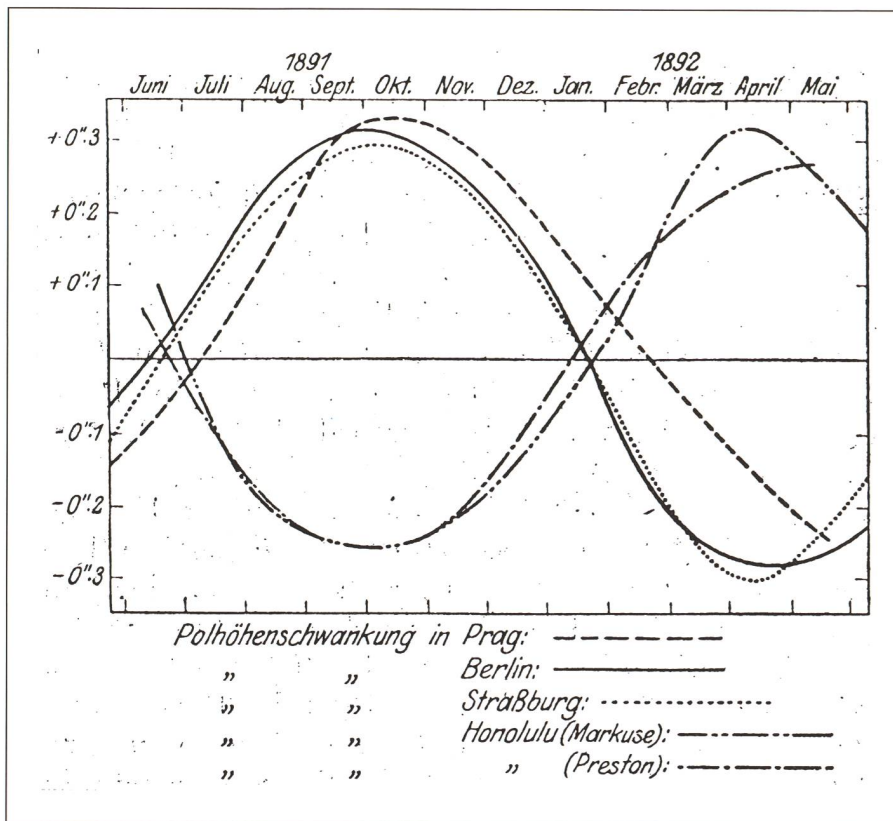
Figur 15: CHANDLERS Entdeckung der Polschwankungs-Periode von 430 Tagen. Er benutzte dazu u.a. Beobachtungen von BRADLEY, POND, PETERS, GYLDÉN und NYRÉN. Die dargestellten Messreihen (von 1840 bis 1894) zeigen die beobachteten Amplituden der Polschwankung als Funktion der Zeit (fette Linien) sowie die von CHANDLER theoretisch gerechneten Breitenvariationen als Überlagerung einer jährlichen Periode mit der von ihm entdeckten 430tägigen Periode (dünne Linie).

bestand also kein Grund, an der Richtigkeit dieser Theorie zu zweifeln und im Modell die Eulersche Periode nicht konstant zu halten.

NYRÉN glaubte mit Sicherheit, eine säkulare Abnahme der Breite zwischen 1843 und 1872 von 0.226" mit einem mittleren Fehler von $\pm 0.014''$ gefunden zu haben. Die Amplituden bestimmte er für jede Messreihe einzeln und fand für jene von PETERS den Wert $0.101'' \pm 0.014''$, für jene von GYLDÉN $0.125'' \pm 0.017''$ und für seine eigene $0.058'' \pm 0.015''$. Dieses Resultat schien nicht nur die von PETERS bestimmte Amplitude zu bestätigen, sondern auch einen signifikanten Beweis für die Existenz der von EULER vorausgesagten Polschwankung darzustellen. Ein Ergebnis konnte sich

NYRÉN allerdings nicht erklären. Seine geschätzten Phasenwinkel, reduziert auf die Epoche 1868, wichen sehr stark voneinander ab. Er führte daher die Parameterbestimmung mit unterschiedlichen Werten für die Eulersche Periode durch, kam aber nicht auf die Idee, diesen Parameter selbst für die Ausgleichung ganz zu öffnen und ebenfalls zu schätzen.

Erst zu Beginn der 1890er Jahre fand SETH CARLO CHANDLER (1846-1913), unabhängig von jedem Modell der Polschwankung und vorwiegend gestützt auf historische Beobachtungen, unter anderen jenen von BRADLEY, POND, PETERS, GYLDÉN und NYRÉN, dass die Periode nicht 304, sondern 430 Tage beträgt (Figur 15). Eine Erklärung für diese Diffe-



Figur 16: Beobachtete Breitenvariationen für 3 nördliche und 2 südliche Beobachtungsstationen. Die Phasenverschiebungen innerhalb der nördlichen Stationen sowie die Gegenphase zu den südlichen Stationen gilt als definitiver empirischer Beweis für die Existenz der Polschwankung.

renz liess nicht lange auf sich warten. SIMON NEWCOMB (1835-1909) zeigte, dass aus der Theorie in der Tat eine Periode von 430 Tagen folgte, falls man annimmt, dass die Erde kein *starrer*, sondern ein *deformierbarer* Körper ist. Die beobachteten Breitenvariationen ergaben sich aus der Überlagerung dieser sog. Chandlerschen mit einer ebenfalls von CHANDLER entdeckten jährlichen Periode.

Der definitive empirische Nachweis der Polschwankung folgte in den frühen 1890er Jahren aus Beobachtungen von sechs speziell zu diesem Zweck rings um den Erdball in gleicher geographischer Breite errichteten Beobachtungsstationen. Ihre Breiten schwankten phasenverschoben, und für Stationen der südlichen Hemisphäre zeigte sich die Breitenvariation in Gegenphase, wie es die Theorie erwarten liess (Figur 16).

Mit der Entdeckung und Bestimmung der Präzession, Nutation, Aberration, Parallaxe und der Polschwankung waren die wichtigsten Grössen der klassischen Positions-Astronomie bekannt und theoretisch begründet. Ein Problem konnte allerdings bis heute noch nicht vollends geklärt werden, nämlich, *warum* es überhaupt eine Polschwankung gibt. Vermutungen gibt es, aber noch keine Beweise. Vielleicht kann auch diese Frage im Wechselspiel zwischen Theorie und Beobachtung eines Tages beantwortet werden.

Zusammenfassung

In der Astronomie gelten *Beweise* als erbracht, wenn Theorie und Beobachtung auf statistisch signifikante Weise in Übereinstimmung gebracht werden können. Entdeckungen gelten als «Existenzbeweise». *Beweisen* bedeutet Modellieren der Phänomene durch «Vergleich» von Theorie und Beobachtung. Im *Wechselwirkungsprozess* zwischen *Theorie* und *Beobachtung* stellt die *Parameterbestimmung* eine zentrale Methode zur Theorienbildung dar.

Die angeführten Beispiele sind thematisch verknüpft. Es sind Beispiele aus der Geschichte der klassischen Positions-Astronomie. Es geht um die Messung immer kleinerer Winkel, von knapp einer Bogenminute (') bis hinunter zu Bruchteilen von Bogensekunden ("). Winkelmessungen sind deshalb so bedeutend, weil alle *Positionen von, Richtungen zu* und *Abstände zwischen* Himmelsobjekten als *Winkel* gemessen und registriert werden. Die Beispiele zeigen, dass die durch sehr kleine Winkel charakterisierten Phänomene nur dank verbesserter Theorien messbar waren, mit denen die groben Effekte modelliert werden konnten. Geschildert wird das Phänomen der *Präzession* (ca. 50"/Jahr) sowie die Entdeckungsgeschichte der *jährlichen Aberration* (ca. 20"), der *Nutation* (ca. 9"), der *jährlichen Parallaxe* (max. ca. 0.8") und der *Polschwankung* (0.01" – 0.4").

Bibliographie

- DICK, S. / MCCARTHY, D. / LUZUM, B. (eds.): *Polar Motion – Historical and Scientific Problems*. IAU Colloquium 178. ASP Conference Series, Vol. 208. San Francisco, Astronomical Society of the Pacific 2000.
 LALANDE, J. J. L. DE: *Astronomie*. 3. Aufl. Paris, Desaint 1792.
 PETERS, C. A. F.: *Recherches sur la Parallaxe des Étoiles Fixes*. Mém. Acad. Imp. Sc. St. Pétersbourg, Série 6, Tome 5, (1853).
 VERDUN, A. / BEUTLER, G.: *Early Observational Evidence of Polar Motion*. In: Dick et al., 2000, pp. 67-81.

Es ist bemerkenswert, dass die zum Beweis der Bewegung der Erde um die Sonne erforderliche Bestimmung der *jährlichen Parallaxe* den Weg der Positions-astronomie vom 17. bis zum 19. Jhd. massgebend prägte. Es ist typisch für die angewandte Wissenschaft, dass auf diesem Weg andere als die erwarteten Effekte entdeckt wurden: die *jährliche Aberration* des Lichtes, die *Nutation* der Erdachse und die *Eigenbewegung* der «Fixsterne». Insbesondere lieferte BRADLEYS Entdeckung der Aberration einen *unerwarteten* Beweis für die Revolution der Erde. Ebenfalls bemerkenswert ist, dass BESSEL auf der Suche nach der jährlichen Parallaxe das «letzte Geheimnis der Positions-astronomie», die von EULER theoretisch vorausgesagte *freie Nutation*, nachweisen wollte. Der empirische Nachweis der *Polschwankung* erfolgte schrittweise, erforderte lange, homogene Beobachtungsreihen und bewirkte eine bedeutende Korrektur der Theorie.

Verdankungen

Der Autor dankt Prof. Dr. GERHARD BEUTLER und Prof. Dr. PAUL WILD für die Durchsicht des Manuskriptes.

Dr. phil. nat. ANDREAS VERDUN
 Astronomisches Institut, Universität Bern
 Sidlerstrasse 5, CH-3012 Bern
 verdun@aiub.unibe.ch

Historians and Astronomers: Same Pursuits?

JOSHUA B. STEIN

It is a truism that historians look to the past for justification of their existence, their *raison d'être*, and the astronomers are on the cutting edge of that which is new and exciting. But the reality is that historians provide (admittedly very imprecise) forecasts of the future. Astronomers plan trajectories for rockets to Mars and beyond the solar system, preparing us for the eventual life in space, sometime in the future, but every time they look through their telescopes or read their computer printouts of cosmic and radio waves, they are looking deep into the past. The nearest star's light took four years to arrive here; Deneb's took 1,600 years; the nearest large galaxy is 2.2 million lightyears away; light from quasars takes 15 billion years to arrive. Clearly astronomers are looking deeply into the past, asking, «how did it all begin» and like historians, they speculate, «how will it all end». This and other relationships between astronomical scientists and humanistic historians are explored in this chapter.

George and Nick: Polar opposites?

EDWARD ALBEE'S *Who's Afraid of Virginia Woolf* is a brutally intense Greek tragedy set in mid-twentieth century New England. It stars Zeus as George the historian, Hera as Martha the conniving shrew, Prometheus as the scientist Nick, and Humanity as Honey, failed experiment. George, a terminal Associate Professor despite marrying the daughter of the college's president, explains to the wife of a young, eager, on-the-make biologist colleague that, «It's very simple When people can't abide things as they are, when they can't abide the present, they do one of two things ... either they turn to a contemplation of the past, as I have done, or they set about to ... alter the future» through science. As it turns out, neither the historian nor the scientist has been honest about the past, that they barely understand the present, and that the future for both of them is very dim.

It is a bleak portrayal. The accuracy of its commentary on life is not what concerns us, though. It is whether George is right – not in the dissatisfaction with the present: all thinking men must be dissatisfied with the present or we would never make any progress. The axiom that «If it ain't broke, don't fix it» does not apply to practicing scholars. It's all broken; it's all in need of fixing. Nothing is ever complete in its perfection. It can always be bigger or smaller, faster or slower, quieter or louder. More precise. Better explained. No, the question George raises is whether scientists and historians are both doing the same thing. On one level, it's obvious we are (I am an historian interested in, though rarely comprehending, science in general, astronomy in particular). We both

seek truth. On the other hand, the truth we seek seems so very different. I look into my documents and my books and journals and try to find out what happened and why, and what its consequences were. Unlike Newton who demonstrated that what happens anywhere in the universe is duplicable anywhere else, I rarely look at one society and say, «This is what happened here, so the same thing must have happened there». I have no control mechanism, as history never repeats itself (despite the conventional wisdom to the contrary). At best, *similar* circumstances recur. Caesar conquered, Clovis conquered, Charlemagne conquered, William the Conqueror (eponymously) conquered, Napoleon conquered, Hitler conquered. But other than the obvious similarity involved in organizing an army, planning a strategy, applying tactics, seeing and grabbing a fortuitous circumstance, all were different in their motives, techniques and ultimate successes or failures. Studying one does not help us to understand or explain the other, nor does the study of any of them predict the future. If people could learn from history, they certainly would – but it seems to be beyond human understanding (as it is presently constituted) to apply the lessons of the past to make consistently successful predictions of the future. It's a great frustration to us.

Returning to Albee's *Virginia Woolf*, at one point George asks the young scientist, Nick, «Do you believe that people learn nothing from history? Not that there is nothing to learn, mind you, but that people learn nothing?» The tacit suggestion is that other than historians, we do *not* learn anything from history other than history itself. At another point George takes a wild guess about

Nick and is correct. «Yes (*Joyfully*) YES! You mean I was right? I hit it ... My God, what archery! First try, too. How about that!» We are not used to being right in our anticipations, unlike you astronomers. Or so you allow us to think. But maybe you are as good predictors as we are. Try the following mind experiment:

You are sitting somewhere (I can not predict where) reading this journal which appeared in your mail (I am guessing). You are probably an astronomer (though I don't know that for sure) and you have for reasons of your own, which I cannot anticipate, chosen to read this article, at least this far. But none of what I have just said may be true. This paper may be the metaphorical tree that falls onto the floor of the empty forest. I will never know; I cannot predict whether anyone other than the editor will ever read these words. I cannot predict whether the editor will accept this article for publication in his journal. Those are my failures to predict. I'm used to it. You make your living predicting. But you will fail too, in a moment. Let me ask you – what will happen in the next twelve seconds?

One ..., two ..., three ..., four ..., five ..., six ..., seven ..., eight ..., nine ..., ten ..., eleven ..., twelve Did you guess that nothing of great importance would happen? And now you are confirmed in your assumption? But what about the «A» people who died, the «B» people who were born, the «C» people who were injured, the «D» people who were healed, the «E» people who were married, the «F» people who were divorced, the «G» people who smiled at a joke, the «H» people who cried at a sad movie, the «I» people who started to read a novel, the «J» people who finished one, the «K» people who plotted to do something awful and the «L» people who prevented them from doing it? Quite a lot happened. Your prediction was no more accurate than mine. An unfair test, you are likely to say, like the silly «think outside the box» messages that flood the internet. You are probably right, but now you know how we feel, stuck in our world of half perceived tricks the past plays on us, we who have no labs to work in, no experiments to repeat, no telescopes with which to peer deeply into the past. When your view of the universe is blurred by a faulty lens you send a shuttle full of repairmen to fix it. Our view of the past is always blurred and we have only our minds and experiences, occasionally some newly unearthed documents, to guide us to a slightly sharper

image. The difference is that I *know* my predictive abilities are nil, you are just finding out. This despite the fact that as a scientist you are trained to predict; you are trained to have controls; you are trained to set up apparatus. The (wise) historian never predicts what will happen in any given circumstance – we leave that to (foolish) «political scientists» and to adherents of the «dismal science» of economics. We have no controls other than the self-imposed one of vaguely defined ethics of not making up our sources, and even that can be compromised to present a distorted view of the truth. You have to have your findings repeated by others; we cannot have ours duplicated, though we must give our sources which can be found wanting, or misapplied. We have no apparatus other than pens and paper (I date myself) and the minds we inherited from our parents, honed (or distorted) by our professors and our experiences. We always look backwards, not like Janus with an eye or two fixed on the future, but always backwards, looking perhaps at the present to explain how the complexity of the past has created the current world, but never looking into the future, not with any confidence at any rate.

Order from chaos

We are jealous of you and fear you. I use George again who tells Nick, the biologist engaged in gene research, of the presumed negative consequences of his work: «History ... will lose its glorious variety and unpredictability ... I, and with me, the ... surprise, the multiplexity, the sea-changing rhythm of ... history, will be eliminated. There will be order and consistency ... and I am unalterably opposed to it». History does not work in patterns, despite Hegel and Marx; it is a disordered collection of singular events upon which we *impose* a specious order, claiming it is real, comforted by the false notion that there is regularity in the human condition that can be understood and used as a guide to behavior. It is a false assumption, but it provides the first true analogy we can make with astronomy. What, after all, did your ancient forebearers in the astronomy business do but look up and see a lion, a bull, a hunter, a goat, a bear (in fact – I use the term loosely – two of them) and two dogs and twins as well? Like us, you (they) created mythical order out of actual chaos. Like us, you are trying to find a grand unification theory to explain the whole universe. Unlike us, you may succeed. We never will. Human beings and their infinite varieties of behavior will never be successfully explained; there are too many variables;



Figure 1: The M100 galaxy as seen by the Hubble Space Telescope before and after installation of the corrective optics. (courtesy NASA)

we will never be able to use our abundant hypotheses to predict the future; they are merely convenient, hopefully correct, guesses about motives, sometimes actions, of the past.

But you are of the future, you think (society thinks). You are at the proverbial cutting edge of knowledge. You prepare us «to boldly go where no man has gone before» though as your publicists split their infinitives you use your eyes and your mathematics to get you there, not (yet) your starships. More than biology, more than chemistry, more than geology, more than physics, you, the astronomer, are taking us into our future, using those other hard sciences as your tools. Some historians, who practice what they call «Big History», want to go with you. They are not content merely to study the actions of humans, they want to explain them based on geologic tectonic theory, or even to the Big Bang to explain the origins of human behavior and to give us hints as to its future development. If nothing else they want to include the Big Bang in their histories as a modern creation myth, something they feel modern societies have written out of their historical consciousnesses to their detriment.

Anomalies as the keys

On the absurd level astrologers predict the future with the same reckless abandon as historians, and with about the same degree of accuracy. On the banal level astronomers predict eclipses, phases of the moon; you discover the rings of Saturn in the seventeenth century and abundant interlocking patterns within the rings in the twentieth. You also find that Jupiter and the other giant planets have rings which can only be seen up close from passing rocket-borne telescopes. You measure the sky

and tell us that this star is 1,000 light years away and that one «only» eight. You give us the distance measured by a light year. You determine magnitude, both apparent and actual. You look for anomalies, and when you find them, you explain them. Galileo did that too. In *The Starry Messenger* he tells us how when he looked at Jupiter early in 1610 through his new apparatus, the telescope, he saw three starlets, two to the east, the other one to the west. What were they? The next time he looked they were all on the eastern side. On another night, there were only two of them, both to the west. Later observations revealed four of these mysterious objects. They could only be moons circling the planet, confirmation, at least to him, that Ptolemy had been wrong – that everything does not circle the Earth. Galileo had seen his anomalies and discovered four new worlds. He looked at Venus and saw that it had phases, like the moon, but unlike the moon it was brightest when at half phase, less bright when full. How to account for this anomaly? Venus, unlike the moon which circles us, circles the sun; when it was closer to us, it was seen as a half illuminated; on the other side of the sun, it was full, but farther away, and so not as bright. In the twentieth century, in 1979, when photographs from Voyager 2 were being studied, hundreds of astronomers had access to these remarkable pictures of Jupiter's environs. However, only two of them, a CalTech professor and his graduate student saw a little blip of light where none ought to have been. Like Galileo, they thought it might have been a background star. No, that possibility was quickly explored and discounted. It could only be one thing, a newly discovered moon of Jupiter. Like Galileo, nearly 400 years earlier, like historians at all times, these two astronomers had seen

something that was not right and did not simply let it go. They explored and discovered truth. They conquered the unknown and gave it order by looking and seeing. Historians also look for anomalies and when found explain them revealing new truth. Lorenzo Valla, the Neapolitan humanist of the fifteenth century read the so-called Donation of Constantine which purported to be the emperor's last will and testament giving to the pope the entire western half of the roman Empire. But the language of the document was of the 8th century, not the early 4th, and so was obviously a forgery.

Looking backwards

I have described the banal activities of astronomers. But you do much more than that. Like us, you look into the past, but much further back than we do. Historians look back maybe 10,000 years to Neolithic times (though we leave most of that to archeologists and paleontologists), 5,000 years back to Sumaria and Egypt. You, on the other hand, peer through your telescopes at stars that may have become a supernova hundreds of years ago, but the light from that explosion has not yet reached us. You look deeper still and find Quasars at the farthest reaches of remotest antiquity whose light left on its intergalactic journey fifteen billion years ago. You look back to see how the universe developed; we look back to see how society develops. But then you look to the future and you predict how the universe will end. We never do that. Like you, we know that nothing lasts forever, but unlike you we have no idea how our current civilization will end, though we have a pretty good guess as to how and why Egyptian, and Greek, and Roman, and Medieval societies gave way to other forces. Will the universe end with cold death as all the stars eventually wink out, or hot death, re-collapsing on itself, perhaps undergoing another big bang? Today's *New York Times* (January 1, 2002) reminds that you astronomers have the courage, and perhaps the tools, to ask the question based on your understanding of the history of the universe until today¹. We historians are satisfied (sometimes amazed) to realize that we understand how the present has emerged.

There is another way astronomy and history run parallel courses. You use what we do to further your own processes. We preserve and some of us interpret the writings of the past, and you read them and study them and begin to realize why what we have done

maintains something true, or flawed, possibly entirely false. Copernicus knew the writings of both Aristarchus and Ptolemy, and that while the former might have been correct, the latter was definitely wrong. Tycho realized that the fixed stars actually move, by comparing his own observations with those of Ptolemy and noticing some discrepancies. Newton read Kepler and Galileo and realized that the planetary motions of the former operated on the same principles as the terrestrial physics of the latter. Without the work of historians who maintained the ancient texts, astronomers would constantly have to re-invent the wheel of the universe. But more important is the astronomers' perception that they must stay in touch with the past in order to proceed into the future, developing new theories to replace or supplement their predecessors'. Historians do the same thing. We study what one scholar has produced in his time and then let our own *zeitgeist* influence our reinterpretation of the same data – or we realize that our predecessors were not cognizant of material we now have and can use to explain the past. Our vanity permits us to expect that we will have the final word on whatever it is we pronounce; I imagine your vanity is of equal measure, and that we are both deceived in equal amounts.

Conflict with authorities

Astronomers sometimes find themselves embroiled in social conflict not of their choosing, sometimes becoming, usually against their wills, martyrs. Perhaps Copernicus was too afraid to publish *De Revolutionibus* because he feared the wrath of the Roman church as he seemed to be defying the Bible, and most definitely Aristotle, both pillars (maybe foundations is the better metaphor) of traditional Catholic religious belief. Certainly his publisher was concerned, appending an unauthorized disclaimer to the effect that none of what was written was to be taken as truth, merely as another way to «save the appearances». Giordano Bruno, an astronomer and philosopher who believed the Copernican theory (as well as that the stars were suns and that there might be an infinite amount of «earths» in the heavens) was burned at the stake in 1600. Galileo, after swearing not to teach the Copernican theory as fact narrowly escaped Bruno's fate when he mocked the Ptolemaic system in his *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*. Placed under house arrest in 1633, he was forbidden to teach. He did have visitors, however, including the

Englishmen THOMAS HOBBS and JOHN MILTON. Whether Hobbes objected to the treatment of Galileo, I do not know, but Milton certainly did. In his *Areopagitica* of 1644, his lavish condemnation of press censorship, the poet/essayist/politician tells of his conversation with the imprisoned Italian astronomer/physicist/gadfly. In essence Galileo says he admires England, where a man can speak the truth.

That astronomers could feel the heat of the Inquisitor's fury means that what they were doing in their observatories and with their mathematics was very relevant to the world in/on which they lived, that their discoveries were life and death matters, not only in the pragmatic fields of determining longitude, but in the intellectual world of what is truth and who holds it in his hands. Until the scientific revolution, which so much depended on the work of astronomers, the answer to that question was the «Church knew the truth», having received it from God directly or through intermediaries. When Galileo dared to instruct priests in how to interpret Scripture in his *Letter to the Grand Duchess Christina* (written in 1615, but not published until 1635), his fate was sealed. In this letter Galileo is acting as an historian. While he does not deny that Scripture is Divine revelation, he does deny that it is to be taken as a scientific handbook. It was written in the language that the ancient Jews would understand, not only in their Hebrew tongue, but also with concepts that would not strain their unsci-

¹ The news is not good. The universe began 15 billion years ago, or so. A billion years later the first stars emerged. Five billion years ago the Sun was born, followed 5 hundred million years later by the birth of the Earth. That's history. Using that knowledge astronomers speculate that in 2 billion years the Sun will warm to such a degree that life on Earth will be inhospitable. In 5 billion years the sun will swell up and die, in the process incinerating Mercury, Venus and the Earth. At about the same time, if this were not bad enough, the Milky Way will collide with the Andromeda galaxy. In 150 billion years most galaxies will have moved so far away from each other that none will be visible from any others. In 2 trillion years interstellar gas and dust will be exhausted so that no new stars will be created. In 10³⁰ years galactic cores will collapse into black holes. In 10⁶⁴ years black holes with the mass of ordinary stars will explode. In 10⁹⁸ years black holes with the mass of whole galaxies will explode. All remaining stars in the universe will decay to iron in 10^{1,500} years and finally in 10¹⁰ (and 75 additional-zeros) iron objects will collapse, emitting bursts of X-rays and high-energy particles. It's a very gloomy prospect.

entific perspective. Had God or his prophets said the sun is stationary and the earth rotates on its axis while traveling around it every year, the Jews would not have believed Him and would have rejected His truth. Galileo does not condemn the Jews of antiquity; he does not mock them; he tries to understand them. This is exactly what an honest historian does when he studies an ancient civilization. We don't come, see and conquer; we come, see and try to understand.

The present is the past – and vice versa

Neither astronomy nor history studies reality as it is now, but as it was a long time ago. Sometimes we each reverse the process – imposing on the past or the future what it is we know of the present. This is not necessarily a bad thing to do. The present does inform us of the past. Astronomers look at the

present geologic, physical, chemical nature of the world we live in and, following Newton's instructions, peer out to the remotest points their telescopes can reach. A spectroscope on earth tells the scientist what elements make up a compound in his lab, and then he attaches one to his telescope and looks deep into the past to determine what elements make up the nature of the distant sun he is studying. When last year and for decades before I taught the English Civil War and Cromwell's Commonwealth I favored the actions against the monarch. In the post September 11, 2001 world I see the parallels between the Taliban and the Puritans, and I'm no longer so confident of my approach. Both the astronomer and the historian observe the here and now and apply it to the there and then.

The historian looks for traces of the past as they altered mankind's billions of presents; the astronomer studies light

emitted billions of years ago just now reaching us in our present. The difference is that while astronomers use the light of the past to trace back to the beginning of time in an effort to see into the remotest future, historians use what has been to understand our ancestors and ourselves. Yours is the more galactic, ours the more prosaic search, but in the end, as Albee's George, played by Zeus, reminds you, you live in our world after all. As he asks Nick, the scientist, «But you *are* going to have kids ... anyway. In spite of history». In spite of history, in spite of predictions of the cold death the universe faces, we – you the astronomer, I the historian – live in history, are part of it; we are condemned to it; we make it; we are made by it.

JOSHUA B. STEIN

Department of History, Roger Williams
University Bristol RI 02809, U.S.A.
jstein@rwu.edu

The following article is reproduced, with permission from the author and the publisher, from the third volume of the series of books entitled «Organizations and Strategies in Astronomy», in short OSA Books.

Those volumes, edited by Andre Heck and published by Kluwer Academic Publishers (<http://www.wkap.nl/>) in their Astrophysics and Space Science Library series, cover the following fields/themes (random order):

- characteristics of astronomy-related organizations,
- recruitment and promotional policies,
- economy of activities,
- publishing and communicating procedures,
- interactions with other communities and society at large,
- evaluation processes (proposals, individuals, institutions, etc.),

- series of astronomy-related conferences,
- sharing personal experience, or, more generally, the sociology as well as the contemporaneous history of the astronomy community.

Additional issues are also of interest, such as:

- the definition of quality research and its evolution over time,
- the distinction between trendiest and best science,
- the authorship of contributions versus actual work,
- the links between creativity and career,
- the relationships between administration and research,
- the disparity and evolution of contracts and salaries,
- the management policies of big projects, of large institutions, of international consortiums,

- the modulations by national and/or regional specificities of various issues above,
- and so on.

In practice, all aspects of astronomy-related life and environment could be tackled in the spirit of sharing specific expertise and lessons learned.

The tables of contents of the two volumes published so far can be found at <http://vizier.u-strasbg.fr/~heck/s1toc.htm> and <http://vizier.u-strasbg.fr/~heck/s2toc.htm> respectively.

The table of contents of the third volume that will be published in Fall 2002 can be found at: <http://vizier.u-strasbg.fr/~heck/s3toc.htm>



MATERIALZENTRALE

P.O.Box 715
CH-8212 Neuhausen a/Rhf
+41(0)52-672 38 69
email: astroswiss@hotmail.com

Ihr Spezialist für Selbstbau und Astronomie

- *Spiegelschleifgarnituren*, Schleifpulver, Polierpech.
- *Astro-Mechanik* wie Fangspiegelzellen, Stunden-, Deklinationskreise, Okularschlitten, Sucher, Adapter usw.
- *Qualitäts-Astro-Optik* wie Spectros-Schweiz und andere Marken: Helioskop, Achromate, Okulare, Filter, Fangspiegel, bel./unbel. Fadenkreuzokulare, Sucher, Messokulare, Zenitprisma, Parabolspiegel ø bis 30 cm, Schmidt-Cassegrain, Newton-Teleskope, Refraktoren usw.
- **MEADE-Händler**: Sie erhalten bei uns sämtliche Produkte aus dem MEADE-Katalog.

Alles Weitere im SAG Rabatt-Katalog «Saturn»

4 internationale Antwortscheine (Post) oder CHF 4.50 in Briefmarken zusenden.

Attraktiver SAG-Barzahlungs-Rabatt

Schweizerische Astronomische Gesellschaft

Les Potins d'Uranie

A la Stöffler

AL NATH

C'est toujours une source d'une merveilleuse émotion que de pouvoir feuilleter de mes propres doigts un ouvrage ancien. Et un demi-millénaire, cela commence à compter.

Je vais vous faire un aveu: l'Histoire me passionne. Je le dois à un formidable professeur que j'ai eu la chance d'avoir tout au long de mes études secondaires. Au lieu de s'en tenir au strict programme officiel, il développait avec art et maîtrise les multiples et complexes relations géopolitiques que cette région-clé où nous vivions avait pu avoir au cours des siècles passés. L'Histoire est inspiratrice du présent. Elle aide souvent à le dédramatiser et à le relativiser.

Et aujourd'hui justement, avec toutes ces frontières qui s'évaporent au sein de l'Union Européenne et avec les politiques de décentralisation, de fédéralisation, d'autonomisation et autres conduites par la plupart des pays membres, on assiste à un renforcement des identités régionales. Mais pas seulement des identités régionales nationales, car les identités transfrontalières reprennent aussi vigueur et importance¹.

Il y a 500 ans, les transports étaient incomparablement moins développés et beaucoup moins de personnes voyageaient de par l'Europe. Il ne faudrait pourtant pas en conclure que le savoir et les savants ne circulaient pas. Loin de là... et bien plus facilement que nous pourrions l'imaginer au travers de régions et de pays qui se retrouvent aujourd'hui.

1 Un exemple parmi tant d'autres: les télévisions suisse, badoise et alsacienne développent un programme commun «Triangle», encore modeste, mais symptomatique et d'intérêt pour les habitants de la Région (Bâle, Pays de Bade et Alsace).

2 Pour en savoir plus sur l'histoire et l'évolution des calendriers, voir par exemple: Biéumont, E. 2000, *Rythmes du temps – Astronomie et calendriers*, De Boeck & Larcier, Bruxelles (ISBN 2-8041-3287-0).

3 Voir par exemple: Kinder, H. & Hilgemann, W. 1974, *The Anchor Atlas of World History* (2 volumes), Anchor Books, New York (ISBN 0-385-06178-1 + 0-395-13355-3), publié originellement sous le titre *DTV-Atlas zur Weltgeschichte* par Deutscher Taschenbuch Verlag, München (1964 + 1966).



Page de titre du *Calendarium Romanum Magnum* de STÖFFLER (1518).

Revenons à ce vieil ouvrage. D'un format un peu plus petit que l'A4, ce livre est nettement plus léger que nos bouquins actuels du même nombre de pages (environ 300), résultant en fait d'une toute autre qualité de papier. Sa couverture brune, sale et vermoulue, pousse à le manipuler avec grande précaution.

Sur la moitié de son volume, il offre ce qu'on appellerait aujourd'hui un sylabus, rédigé en latin moyenâgeux et occasionnellement parsemé de petites tables. La seconde partie est un ensemble tabulaire allant de positions quotidiennes planétaires et d'abaques régionales à des prédictions d'éclipses, offrant tables de cycles solaires, illustrant astrolabes et quadrants, mais surtout détaillant un calendrier romain couvrant la période de 1518 à 1556.

Il est joliment illustré, bichrome (noir et rouge), et présente quelques particularités d'époque comme une pagination uniquement en recto, avec d'ailleurs quelques ratés et un assez étonnant index sur quatorze pages en début de volume. Le temps a laissé sa marque avec, en plus de quelques trous de vers, des annotations manuscrites apportées au XVII^e siècle et un rognage un peu trop restrictif d'un relieur mala-

droit n'ayant pas tenu compte du fait que les plages utiles des pages ne sont pas vraiment toutes au même format.

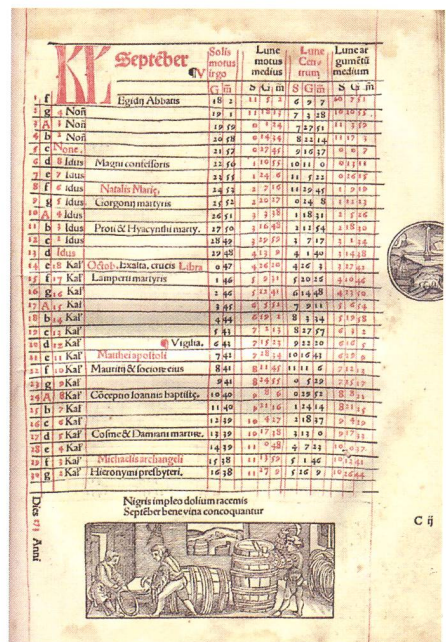
L'ouvrage en question, intitulé *Calendarium Romanum Magnum*, daté de 1518, dédié à l'Empereur MAXIMILIEN I (mort en 1519) et imprimé par KÖBEL à Oppenheim, est en fait l'un des importants travaux consacrés à l'amélioration du calendrier, commandé par le Concile de Latran (1512-1518) à Stöffler, alors éminent professeur de mathématiques et d'astronomie à Tübingen².

JOHANNES STÖFFLER est aussi connu pour avoir publié une série d'almanachs à la fin du XV^e siècle et au début du XVI^e siècle, expliquant les bases de l'astrologie, les conjonctions planétaires et leur signification. Il semblerait que l'on utilise surtout un énorme loupé de sa part pour démontrer la vanité de l'astrologie. Il avait en effet malheureusement annoncé dans son almanach de 1499 une immense inondation pour la conjonction d'astres de 1524. Celle-ci ne s'est jamais produite.

J'espère pourtant que vous aurez aussi dans votre vie l'occasion d'éprouver cette sensation très particulière qu'est celle de toucher du doigt, au sens propre du terme, l'une de ces passerelles par lequel une partie de notre savoir astronomique, de notre savoir tout court, est parvenu jusqu'à nous. On était certes très loin de la société du web à l'époque de STÖFFLER.

La carte géopolitique de l'Europe de la fin du XV^e siècle et du début du XVI^e siècle était assez différente de ce qu'elle est aujourd'hui³, même si on peut déjà

Calendrier mensuel du *Calendarium Romanum Magnum* de STÖFFLER (1518).



percevoir le Rhin comme une frontière politique, des Alpes aux plats pays. Les districts impériaux du Saint Empire Romain de la Nation Germanique (sphères de Bourgogne, de Haute et Basse Saxe, de Haute et Basse Rhénanie, de Franco-nie, de Souabe, de Bavière, d'Autriche, ...) sont en place et vont bientôt être secouées par les guerres de religion.

Que se passait-il alors? LUTHER justement, sommé par le CARDINAL CAJETAN à la Diète d'Augsbourg, refuse de se rétracter. Il avait affiché ses thèses l'année précédente, alors que le PAPE LÉON X décrétait par bulle une paix de cinq ans dans la chrétienté. Le traité de Fribourg avait, quant à lui, scellé deux ans auparavant la paix perpétuelle entre la Suisse et la France.

La cathédrale de Séville, commencée plus d'un siècle auparavant vient d'être achevée. HIERONYMUS BOSCH vient de mourir. TINTORETTO vient de naître. DÜRER et MICHELANGELO sont en pleine activité. RAFFAELLO arrive au terme de sa courte vie. LEONARDO DA VINCI a été invité en France par FRANÇOIS 1^{er}.

Les Portugais viennent d'atteindre Canton par la mer. JUAN DE GRIJALVA explore la côte du Yucatán au Mexique. Le

café vient de faire son apparition en Europe, de même que ... les lunettes pour myopes. La traite d'esclaves africains prend de l'ampleur.

En 1519, CHARLES I d'Espagne devient aussi Saint Empereur Romain sous le

Ephémérides d'éclipses du Calendarium Romanum Magnum de STÖFFLER (1518).

| 1518 | | | 1518 | | | 1519 | | |
|---------------|-----|-----|----------------|-----|-----|----------------|-----|-----|
| ECLYPHVS LVNE | | | ECLYPHVS SOLIS | | | ECLYPHVS SOLIS | | |
| Die | Hor | Min | Die | Hor | Min | Die | Hor | Min |
| 24 | 11 | 17 | 7 | 17 | 51 | 23 | 4 | 31 |
| Domi | | | Domi | | | Domi | | |
| 1 34 | | | 1 6 | | | 0 59 | | |
| Puncta 9 11 | | | Puncta 11 Fere | | | Puncta 6 | | |

nom CHARLES V (Quint). Il allait être l'un de ceux, le premier, affirmant que le soleil ne se couchait jamais sur ses terres. Mais cela, c'est une autre histoire.

AL NATH

Table illustrée du Calendarium Romanum Magnum de STÖFFLER (1518).

RESIDVVM ABACI REGIO
 totius Sarrapatrii: Marchiaru: Citaru: Prouinciaru: Poliaru: G

| | | | | | | | |
|--|---|------|----|---|---|------|----|
| Tulium Prole. Tullia Anonni, vulgo Toll (fides antillia) | M | 0 14 | 19 | Aquilegrati; vulgo Acher Pro, Vectera, Tact, Vectra caltra. | M | 0 14 | 11 |
| Trebitis metropolis, Prole | M | 0 13 | 49 | Lesodum; vulgo Lutuge aut Luicid. | M | 0 16 | 11 |
| Nanctatun; Nantun; vulgo Nant; Pro & Anto, Nantum. | M | 0 13 | 49 | Beluacorum; vulgo Beluac. | M | 0 16 | 11 |
| Barbrugi; vulgo Barbruc. | M | 0 11 | 19 | Conflantia Rheni vulgo Conflent; quae coniectura allep; pollumia Prole. Gnomodun; imperialis & episcopalis. | M | 0 0 | 48 |
| Creuznacum; vulgo Creuznac. | M | 0 7 | 14 | Infala Simlebefuna olim; nunc Augu maior; vulgo Kyche; nau vilcupata; in Monasteriu diu Benedicis. | M | 0 0 | 48 |
| Kayrluterna. | M | 0 7 | 14 | Vrbs sancti Galli. | M | 0 0 | 47 |
| Lutburg; vulgo Lut. | M | 0 11 | 19 | Santa Maria ad ortum. | M | 0 0 | 47 |
| Lutemburg; vulgo Lutemburg. | M | 0 11 | 19 | Turegam; vulgo Zurich. | M | 0 0 | 47 |
| Lutetia; vulgo Lutetia. | M | 0 11 | 19 | Lutetia. | M | 0 0 | 47 |
| Lutetia; vulgo Lutetia. | M | 0 11 | 19 | Baden; vulgo Baden; Prole; Fin; pinqua caeterarum Forurum Tiberi. | M | 0 8 | 47 |
| Lutetia; vulgo Lutetia. | M | 0 11 | 19 | Solodorum; vulgo Solodun. | M | 0 9 | 47 |
| Lutetia; vulgo Lutetia. | M | 0 11 | 19 | Friburgum in occidentia. | M | 0 1 | 46 |
| Lutetia; vulgo Lutetia. | M | 0 11 | 19 | Strasbourg; vulgo Strassburg. | M | 0 0 | 45 |
| Lutetia; vulgo Lutetia. | M | 0 11 | 19 | Colmar; imperialis. | M | 0 0 | 45 |
| Lutetia; vulgo Lutetia. | M | 0 11 | 19 | Schlettstadt; vulgo Schlettstadt. | M | 0 8 | 45 |
| Lutetia; vulgo Lutetia. | M | 0 11 | 19 | Villa Imperii Rhenani. | M | 0 8 | 45 |
| Lutetia; vulgo Lutetia. | M | 0 11 | 19 | Elbogen; vulgo Elbogen; vulgo Elbogen. | M | 0 8 | 45 |
| Lutetia; vulgo Lutetia. | M | 0 11 | 19 | Regensburg; vulgo Regensburg. | M | 0 8 | 45 |
| Lutetia; vulgo Lutetia. | M | 0 11 | 19 | Prag; vulgo Prag. | M | 0 8 | 45 |
| Lutetia; vulgo Lutetia. | M | 0 11 | 19 | Prag; vulgo Prag. | M | 0 8 | 45 |
| Lutetia; vulgo Lutetia. | M | 0 11 | 19 | Prag; vulgo Prag. | M | 0 8 | 45 |

interstellarum

Erlebnis Astronomie

Neu ab Februar 2002

einsteigergerecht

praxisnah

aktuell

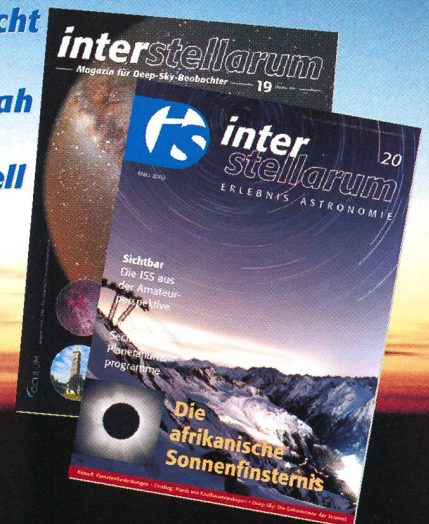
- ▶ **6 Hefte im Jahr**
- ▶ **Beiträge aus allen Amateurbereichen**
- ▶ **aktuelle Himmelsvorschau**

Im Heft Februar/März

- ♦ Die südafrikanische Sonnenfinsternis
- ♦ Vergleich von Planetariumsprogrammen
- ♦ Die ISS mit Amateuraugen
- ♦ Der Astronomik UHC-Filter in der Praxis
- ♦ Aktuell: Planetenbedeckungen
- ♦ Ein tiefer Blick in den Tarantelnebel
- ♦ Die A-Klasse des Deep-Sky

Jetzt Abo sichern!
6 Hefte/Jahr für

66,- CHF
inkl. Versand/Porto
Abopreis Schweiz



Den Jahrgang 2001 (4 Hefte) jetzt bestellen für 44,- CHF

Bestellungen und Informationen:

interstellarum • Luitpoldstraße 3, D-91054 Erlangen
www.interstellarum.com • info@interstellarum.com

La pollution lumineuse

Un colloque très réussi

ANDRÉ HECK

D'abord, un autre éclairage ...

Du 5 au 7 mars 2002 s'est tenue à La Serena (Chili) une réunion internationale contre la pollution lumineuse sous l'égide de l'Union Astronomique Internationale et des grands observatoires installés dans les environs de cette ville.

On trouve maintenant dans des magazines de toutes sortes des mosaïques photographiques de notre planète mettant en évidence la densité de l'éclairage nocturne de certaines zones plus ou moins étendues (Europe, Japon, partie Est des états-Unis, Californie, etc.) tout en montrant accessoirement que la pollution lumineuse existe aussi en mer (activités pétrolières, pêche intensive, etc.).

Des extrapolations pour les 25 prochaines années font état de situations encore plus alarmantes sans parler de l'éventuelle apparition de sources supplémentaires (nouvelles mines, etc.). Le fait est que de plus en plus d'observatoires astronomiques sont et seront menacés.

Ceci dit, ce qui affecte les observations astronomiques faites depuis le sol dans le domaine optique¹, c'est surtout la fraction de la lumière qui est diffusée par l'atmosphère et qui contribue ainsi à l'augmentation de la brillance du fond de ciel.

Et puisque cette portion de la lumière est dispersée par l'atmosphère, on pourrait donc aussi dire que ce n'est pas elle que l'on voit sur ces photos de nuit satellitaires ...

De «bonnes» représentations² de la brillance du fond de ciel viennent d'être présentées au colloque de La Serena.

Celui-ci offrit aussi aux participants la possibilité de visiter un laboratoire photométrique testant la qualité de luminaires, de même que le Cerro Pachón où se trouvent les télescopes Gemini Sud (opérationnel) et SOAR (en construction, opérationnel en 2003).

A noter que cette réunion a également souligné la montée en force de l'espagnol comme langue internationale, un reflet de la présence et de la multiplication d'excellents collecteurs de photons dans des pays hispaniques.

Une réunion très complète

Orchestrée en pratique par Hugo Schwarz du Cerro Tololo Interamerican Observatory (CTIO³) et par le Directeur de cette institution, Malcolm Smith, la conférence a largement dépassé les espérances de ceux-ci: plus de 130 participants, le double de ce qui était initialement attendu.

Non seulement l'assistance était-elle fortement internationale, mais également très variée: astronomes certes, mais aussi représentants d'autres disciplines (environnement, sciences de la vie, ...), sans oublier des gestionnaires techniques et administratifs d'observatoires, des éducateurs, des responsables associatifs, des élus et des décideurs politiques, des représentants d'associations professionnelles, des fabricants de luminaires, des chercheurs associés, etc.

La présence à la séance inaugurale du Gouverneur (Intendente) de la IV^e Région du Chili et de son prédécesseur⁴ montrait aussi à quel point la protection de la qualité des ciels nocturnes est prise au sérieux par les instances officielles du pays.

Un cadre officiel strict

Le Chili paraît d'ailleurs être le seul pays au monde à disposer, au niveau national, d'une législation réglementant la contamination lumineuse, la loi dite «luminique» de 1998. Une structure officielle du Ministère de l'économie, du Développement et de la Reconstruction, la Commission Nationale de l'Environnement (Comisión Nacional del Medio

Ambiente – CONAMA⁵) est chargée de son application.

Le Directeur de la CONAMA est ainsi un haut fonctionnaire de l'état, en pratique au deuxième rang sous le Président de la République.

Par ailleurs, l'Office pour la Protection de la Qualité du Ciel (Oficina de Protección de la Calidad del Cielo (OPCC⁶, dirigé par Pedro Sanhueza) veille à la préservation de la qualité des ciels nocturnes en tant que patrimoine naturel et environnemental du pays. Cet organisme a d'ailleurs, lors de la séance inaugurale du colloque, remis un certain nombre de prix à différentes personnes (magistrats, élus, fabricants, ...) pour leur activité en faveur d'une réduction de la pollution lumineuse.

D'autres villes et régions de par le monde (Tucson en Arizona, Iles Canaries, ...) ont des réglementations protégeant efficacement les activités astronomiques observationnelles, mais, à ma connaissance, le Chili est le seul pays à avoir pris des mesures en la matière au niveau national.

C'est évidemment justifié par la qualité intrinsèque des ciels chiliens, mais aussi par la présence de très grands observatoires dans le pays⁷ et par les projets d'y implanter d'autres installations⁸.

La volonté délibérée de développer l'astro-tourisme n'y est probablement pas étrangère non plus. Combien de personnes ne parlent-elles pas avec enthousiasme, à leur retour de vacances, des «millions» d'étoiles⁹ qu'elles y ont vues? Certains organismes, comme l'observa-

1) Voir plus loin pour le domaine radio.

2) Voir <http://www.ctio.noao.edu/~emond/lpc/f-falchi.ppt> et l'article *The first World Atlas of the artificial night and brightness* par P. Cinzano, F. Falchi & C.D. Elvige (Monthly Vatican Royal Astro-Soc. 328, 2001, 689)

3) Voir <http://www.ctio.noao.edu/>

4) Qui reçut d'ailleurs un prix pour le soutien qu'il accorda à la politique de réduction de la pollution lumineuse durant son mandat.

5) Voir <http://www.conama.cl/>

6) Voir <http://www.opcc.cl/>

7) Par exemple, ceux qui se trouvent sur les sommets de Tololo, Pachón, La Silla, Las Campanas près de La Serena, ou encore sur le Paranal près d'Antofagasta.

8) Comme l'ALMA au Llano de Chajnantor sur le haut-plateau d'Atacama près de la frontière bolivienne (voir plus loin).

9) Le Bright Stars Catalog, qui reprend en principe les étoiles visibles à la limite moyenne de perception de l'oeil non-assisté, n'en liste que 9110 ...

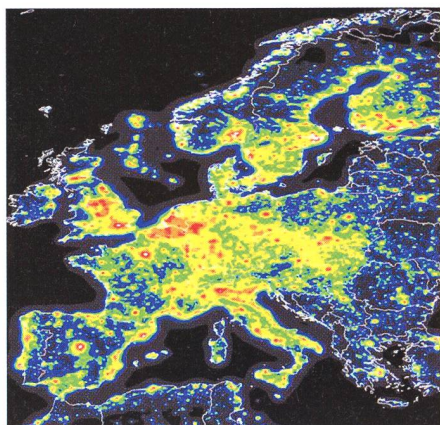
International Conference on Light Pollution

La Serena, Chile March 5-7, 2002



ABSTRACT BOOKLET

La conférence de La Serena.



Brillance du fond de ciel: Europe.
(Credit: P. Cinzano, F. Falchi (University of Padova), C. D. Elvidge (NOAA National Geophysical Data Center, Boulder). Copyright Royal Astronomical Society. Reproduced from the Monthly Notices of the RAS by permission of Blackwell Science)

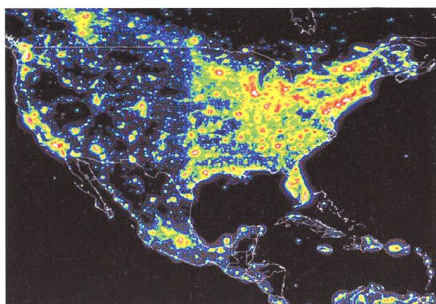


Brillance du fond de ciel: Amérique du Sud.
(Credit: P. Cinzano, F. Falchi (University of Padova), C. D. Elvidge (NOAA National Geophysical Data Center, Boulder). Copyright Royal Astronomical Society. Reproduced from the Monthly Notices of the RAS by permission of Blackwell Science)

toire chilien de Mamalluca¹⁰, ont très bien compris l'intérêt de surfer sur cet aspect «écologique» du tourisme.

Trois jours denses

Il est évidemment impossible de donner ici un compte-rendu de toutes les communications présentées au



Brillance du fond de ciel: Amérique du Nord.
(Credit: P. Cinzano, F. Falchi (University of Padova), C. D. Elvidge (NOAA National Geophysical Data Center, Boulder). Copyright Royal Astronomical Society. Reproduced from the Monthly Notices of the RAS by permission of Blackwell Science)

cours du colloque de La Serena. Une partie de celles-ci sont disponibles sur le web¹¹ et des comptes-rendus détaillés seront publiés (très probablement chez l'éditeur Kluwer).

La gamme des présentations fut aussi variée que l'assistance:

- pollution lumineuse de par le monde;
- réglementations existantes;

- protection de sites astronomiques spécifiques;
- étude d'éclairages extérieurs efficaces;
- conception de luminaires adaptés;
- problèmes de sécurité;
- impacts sur l'environnement;
- effets physiologiques sur les êtres vivants;
- perspectives de publicité depuis l'espace;
- campagnes d'éducation et de sensibilisation;
- tendances futures;
- etc.

Allô, allô

Le domaine radio fut également abordé, même s'il ne relève pas directement de la pollution lumineuse, mais plus généralement de la pollution électromagnétique.

Des accords complexes et très détaillés, chapeautés par l'International Telecommunications Union (ITU), régissent l'utilisation du spectre radio.

Il faut cependant noter l'absence totale de sanctions, le système fonction-

DARK SKY 2002

2nd European Symposium on the
Protection of the Night Sky

Lucerne · Switzerland · 7-8 September 2002

**What is the influence of light pollution
on human beings and their environment?**

**Lighting regulations, light pollution
and outdoor lighting conceptions.**

**These issues will be addressed by dark-sky
activists and experts from all over Europe.**

Register at www.darksky.ch/ds2002/



DSS · Postfach · CH-8712 Staefa

10) Voir <http://www.angelfire.com/wy/obserma-malluca/>

11) Voir <http://www.ctio.noao.edu/~Eemond/lpc/lpc-presentations.html>

nant essentiellement par pressions morales et remises de comptes lors des réunions internationales d'experts.

Des scénarios catastrophiques pourraient être imaginés. Par exemple, le site chilien retenu pour l'ALMA n'est situé qu'à une vingtaine de kilomètres de la frontière bolivienne et, en principe, ne serait donc pas à l'abri d'interférences provoquées par un radar ou un relai hertzien (radio/tv, téléphonie, ...) malencontreusement placé sur un sommet andin de l'autre côté de la frontière.

Dans ce contexte, il n'est pas anodin de rappeler que, suite à la Guerre du Pacifique de 1879-1884, le Chili et la Bolivie n'ont toujours pas de relations diplomatiques.

Il faudra donc que les stratégies de l'ALMA mettent toutes les garanties de leur côté au travers de représentations internationales appropriées.

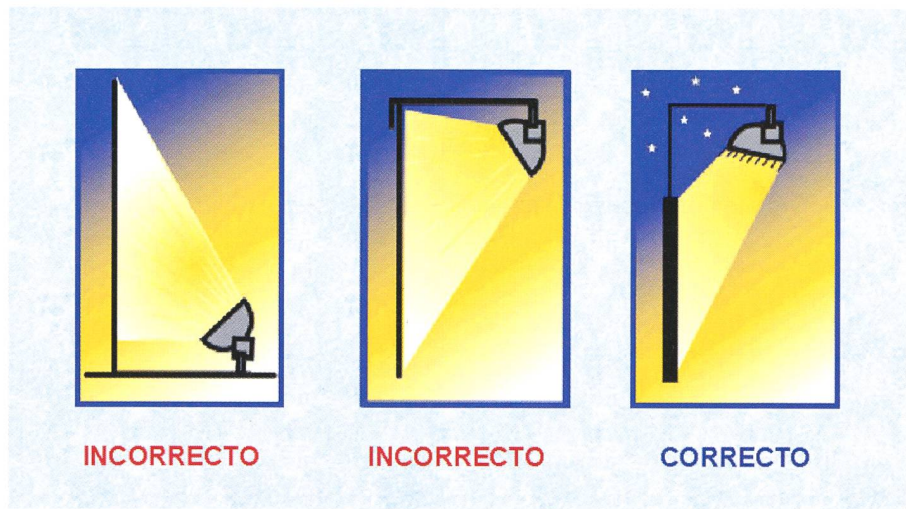
Balayons devant nos propres portes

Les observatoires astronomiques eux-mêmes montrent-ils toujours le meilleur exemple en termes de lutte contre la pollution lumineuse?

Le concept d'«auto-pollution» a été discuté à plusieurs reprises lors du colloque.

On ne compte plus les observations ruinées, ou du moins perturbées, par des giclées intempestives de photons en provenance de lampes de poche mal dirigées ou de phares de recul (de voitures) non-inhibés.

D'une façon beaucoup plus importante dans nos relations avec le public, et en tout cas avant de lancer nos campagnes de sensibilisation, assurons-nous de ne pas nous placer au premier rang des institutions criticables. Il serait bon que chaque observatoire, planetarium et autre organisme lié à l'astronomie vérifie la qualité des luminaires sur son implantation et négocie, avec les autorités responsables, la mise aux normes adéquates de l'éclairage public de son voisinage.



Luminaires: les mauvais et les bons...

Une stratégie par alliances

Il y a peu de chances que des magistrats, décideurs ou responsables de collectivités soient sensibles à des arguments astronomiques. Par contre, l'expérience indique une sensibilisation immédiate à des arguments économiques: éclairer là où il faut pour moins cher avec des luminaires adaptés.

Il ne faut pas longtemps à un élu pour réaliser qu'éclairer vers le haut revient à gaspiller l'argent du contribuable.

La destruction du mythe «plus de lumière = plus de sécurité» est à peine plus difficile:

une illumination trop forte crée en fait des zones d'ombres profondes propices à la dissimulation d'éventuels agresseurs. La situation idéale relève d'un éclairage tempéré et non-éblouissant (aucune source directement dirigée dans les yeux) permettant une dilatation suffisante des pupilles oculaires. Toute personne ayant manipulé un appareil photographique comprend l'argument suivant lequel, sous un éclairage trop violent, une pupille trop refermée ne permet pas de distinguer des détails dans les zones d'ombre.

L'International Dark-Sky Association (IDA¹²) a d'ailleurs fait un de ses chevaux de bataille de cette approche sécuritaire. Cette association a aussi développé des relations de travail fécondes avec d'autres disciplines comme celles ayant établi l'impact néfaste d'un éclairage nocturne inadéquat chez les êtres vivants (oiseaux, insectes, mammifères, poissons, amphibiens, reptiles, etc.).

On peut également y ajouter les perturbations des cycles circadiens et les troubles du sommeil chez les humains. Il est bien établi maintenant que des populations mal reposées sont moins productives et plus turbulentes. Voici qui devrait donc faire réfléchir nos décideurs en ces temps d'économie de marché à outrance et de généralisation des violences urbaines.

12) Organisation pionnière de lutte contre la pollution lumineuse, fondée par D.L. Crawford en 1988 à partir de son expérience avec les communautés voisines de l'observatoire du Kitt Peak en Arizona. Voir <http://www.darksky.org/>

Luminaires: les mauvais et les bons...



Derniers commentaires

Il faut bien sûr éviter que des malentendus ne s'installent: les astronomes ne veulent évidemment pas des nuits sans lumière¹³⁾, mais des éclairages plus efficaces: contrôlés, mesurés, éclairant là où ils doivent le faire et ne dispersant pas inutilement vers le haut dans l'atmosphère une débauche de photons en perte.

Cette réduction de la pollution lumineuse rentre dans le cadre plus général de l'amélioration de la qualité de la vie allant du traitement des déchets au respect des ressources naturelles en passant par l'élimination de nuisances de toutes sortes.

En Alaska, les plaques d'automobiles portent la mention «The Last Frontier». Non, la frontière ultime n'est pas l'Alaska, mais l'espace profond. Et des cieux étoilés en sont la meilleure perception que nous puissions avoir.

Préservez-les donc.

ANDRE HECK

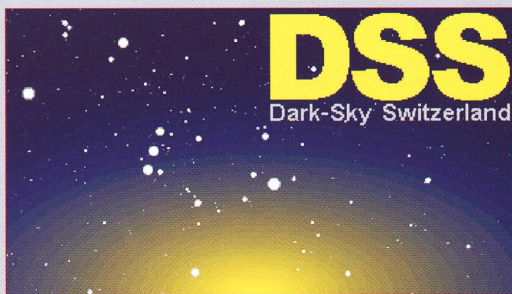
Observatoire Astronomique
11, rue de l'Université, F-67000 Strasbourg
WWW: <http://vizier.u-strasbg.fr/~heck>

13) Ce qui ne serait d'ailleurs pas accepté par la société moderne actuelle, et avec raison, pour de simples motifs de sécurité.



Une autre forme possible de pollution...

(© Franquin 1959)



Dark-Sky Switzerland

Gruppe für eine effiziente Aussenbeleuchtung
Fachgruppe der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Mitglied der International Dark-Sky Association

www.darksky.ch

info@darksky.ch

Wir brauchen Ihre Unterstützung, denn wir wollen

- ⇒ die Bevölkerung über Lichtverschmutzung aufklären
- ⇒ Behörden und Planer bei Beleuchtungskonzepten beraten
- ⇒ neue Gesetzestexte schaffen

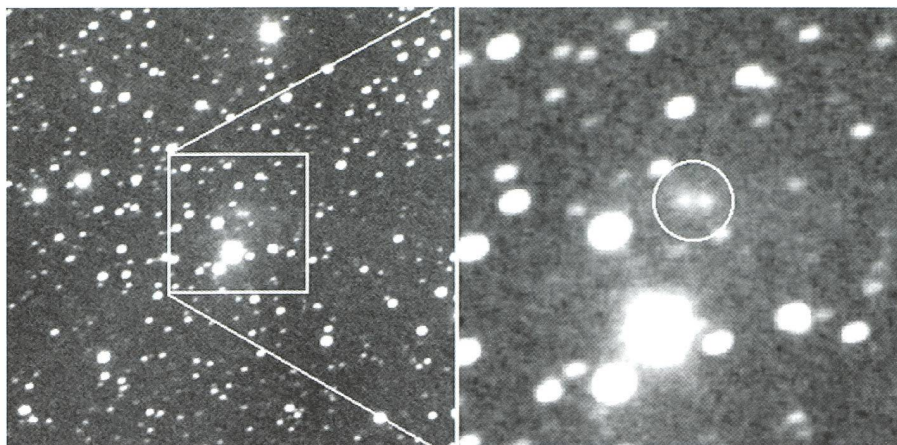


**Mitglieder CHF 20
Gönner ab CHF 50**

Dazu brauchen wir finanzielle Mittel* und sind auf Ihren Beitrag angewiesen.
Ihr Beitrag zählt und ist eine Investition in die Qualität des Nachthimmels.
Direkt auf PC 85-190167-2 oder über www.darksky.ch

DSS Dark-Sky Switzerland - Postfach - 8712 Stäfa - PC 85-190167-2

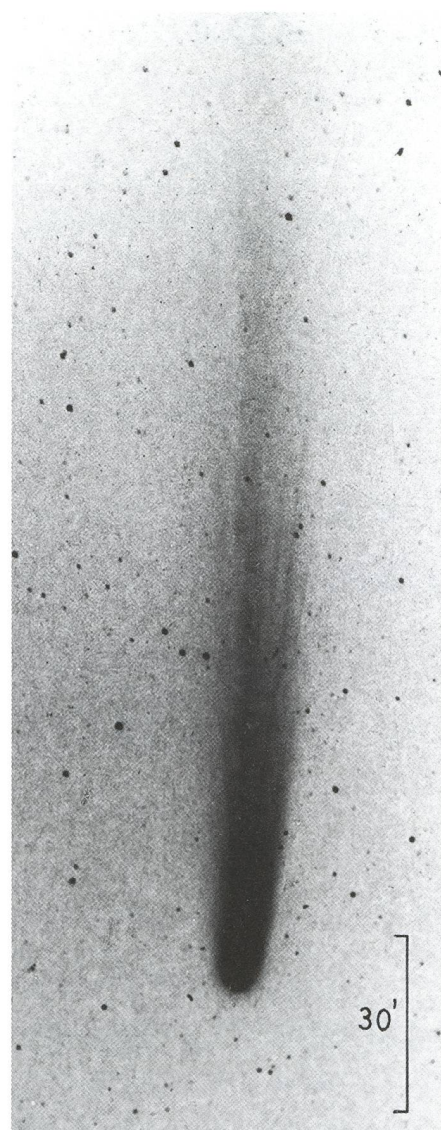
* z.B. für Pressedokumentation, Material, Porto, Telefon



Komet Ikeya-Zhang

Komet Ikeya-Zhang am 24.03.02
6 min. belichtet auf TP hyp. mit
Schmidt-kamera f 37 cm, 1:2,7.

KARL OBERLI,
Berchtoldstr. 29, CH-3012 Bern



La comète 51P/Harrington

La comète périodique 51P/Harrington se cassa en deux pièces le 5 septembre 2001. Cela augmenta la luminosité totale de la comète et il fut possible de la photographier avec des instruments d'amateurs. Voilà une image du 12 janvier 2002, quand la comète se trouva à une distance de 1.7 UA de la Terre. Sa luminosité était environ de 17mag et les deux pièces se trouvaient à une distance apparente de environ 9 secondes d'arc. Télescope de 40cm f/4 avec CCD. Champ de 13 x 13 minutes d'arc; partie agrandie de 4 x 4 minutes d'arc.

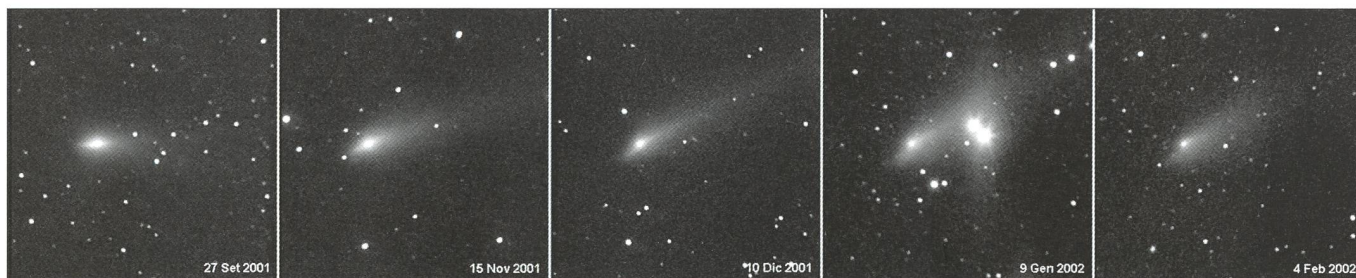
© BY STEFANO SPOSETTI, CH-6525 Gnosca



Comète Ikeya-Zhang (C/2002 C1)

Foto CCD ST6 prise avec un réfracteur 150mm avec réducteur (Focale ca. 375mm).
Exposition de 30", le 23.03.02 à 20 h 10.

ALBERTO OSSOLA,
via Chiusaretta 11a, CH-6933 Muzzano



La Comète 19P/Borrelly

Ces images montrent l'évolution de la comète 19P/Borrelly sur 4 mois et demi de temps. Juste avant cette période, le 14 septembre, la comète passait au périhélie. La distance entre elle et la Terre arrivait à un minimum de 1,28 UA pendant le mois de janvier 2002. Le 22 septembre, cette comète eut la visite de la sonde américaine Deep Space 1 qui réussit à prendre des images fantastiques du noyau. Télescope de 40cm f/4 avec CCD. Champs de 14 x 14 minutes d'arc.

© by STEFANO SPOSETTI, CH-6525 Gnosca

Nahe Begegnung von Mond und Jupiter am 26. Januar 2002

STEFAN SPAHR

Ein ruhiger Samstagabend beginnt, fast Vollmond, kein Astrostress also, so denke ich mir. Auf dem Weg zur Waschküche ein kurzer Blick zum Mond – und mir stockt der Atem: ein heller sandgelber Punkt schwebt bedrohlich nahe neben unserem Trabanten! Das darf doch nicht wahr sein! Blitzartig in die Küche geschossen, die wartenden Forellen zurück in den Kühlschrank und dafür die SP-DX raus aus dem Schopf. Nervös schräuble ich die Russentonne auf und versichere mich immer wieder: Jupiter, vier seiner Monde und unser eigener im selben Blickfeld! Der ruhige Samstagabend ist dahin – zum Glück!

Bild: Maksutow 1000/10; 1/30 s auf Agfa 200 ASA.



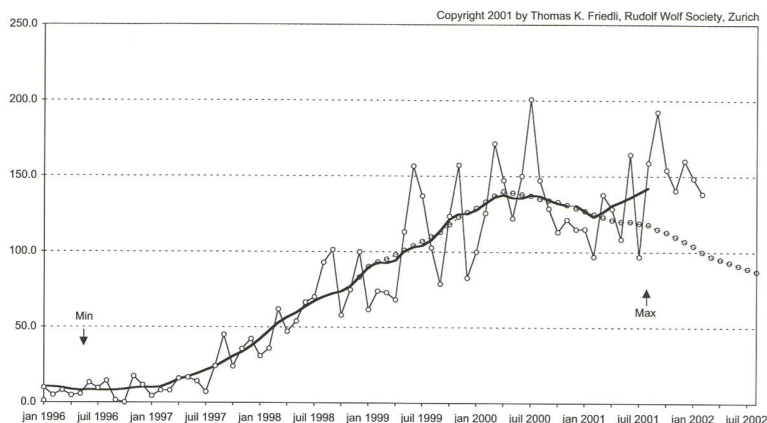
Mercure

NOËL CRAMER

La planète Mercure s'apprête à se coucher derrière le Jura le 21 avril 2002 (Les crêtes du Jura sont cachées par les arbres...). Son élongation occidentale est de 14°, soit environ 7° de moins que sa valeur maximale qui sera atteinte le 4 mai. La couleur rouge dans cette photo est principalement due à sa proximité de l'horizon. Mercure est difficile à observer en vertu de sa faible élongation maximale par rapport au Soleil et, surtout, de la courte durée de celle-ci. Les périodes favorables ont de fortes chances de coïncider en nos contrées avec un ciel nuageux ou même brumeux. Certains astronomes n'ont jamais vu Mercure! Copernic, par exemple, chercha toute sa vie à observer Mercure, mais en vain. (Photo obtenue avec une caméra numérique, NOËL CRAMER)

Swiss Wolf Numbers 2002

MARCEL BISSEGGER, Gasse 52, CH-2553 Safnern



Januar 2002

Mittel: 151.1

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
177 171 171 210 169 129 107 112 194 174

11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
162 192 224 193 141 115 106 110 93 136

21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
161 146 140 88 123 132 148 151 164 140 127

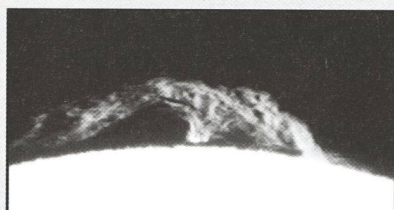
Februar 2002

Mittel: 138.7

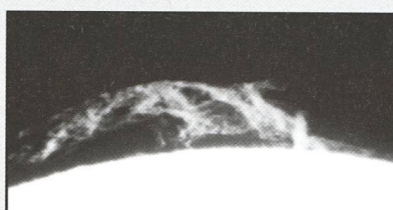
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
147 182 213 181 209 172 137 157 123 113

11 12 13 14 15 16 17 18 19 20
131 128 147 115 163 106 104 88 114 107

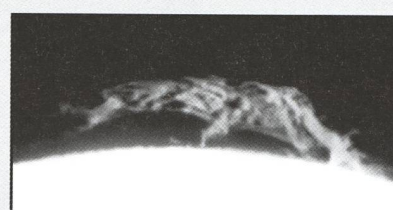
21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31
81 111 102 130 156 184 170 98



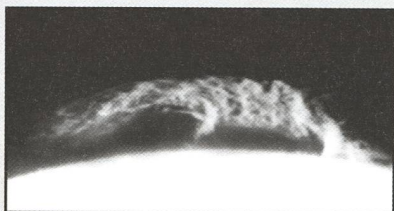
25 juillet 2001 9h55 HL



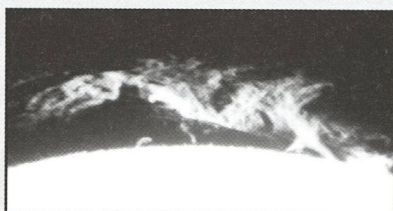
25 juillet 2001 12h50 HL



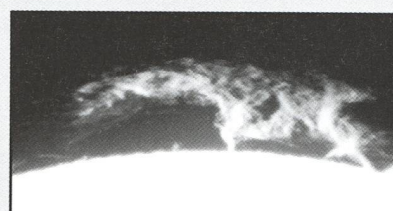
25 juillet 2001 15h35 HL



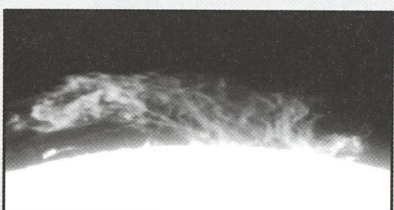
25 juillet 2001 17h55 HL



26 juillet 2001 9h35 HL



26 juillet 2001 11h05 HL



27 juillet 2001 8h45 HL



27 juillet 2001 12h25 HL

Evolution de la très grosse protubérance solaire de fin juillet, qui a été visible plusieurs jours de suite. Image prise en Ha avec le télescope de 11 cm de l'OMG.

ARMIN BEHREND

Vy Perroud 242 B, CH-2126 Les Verrières
omg-ab@bluewin.ch

SAG – Kolloquium: Die Sonne

Termin: Samstag/Sonntag, 15./16. Juni 2002

Treffpunkt: 15.00 Uhr, Feriensternwarte Calina, Schulungsraum

Referent: Dr. Guido Wohler

Programmübersicht

Samstag 16. Juni 2001

Kolloquium I (15 – 18 Uhr)

– Die Sonne, ein Stern

– Die Sonnenbeobachtung, ein Hobby

anschliessend Apéro, gemeinsames Nachtessen und gemütliches Zusammensein

Anmeldung: Hans Bodmer, Schlottenbühlstrasse 9b, CH-8625 Gossau ZH

Tel. 01 / 936 18 30 abends, bis spätestens 1. Juni 2002. **Da die Teilnehmerzahl beschränkt ist, werden die Anmeldungen in der Reihenfolge der Eingänge berücksichtigt.**

Anfrage für Zimmerpreise: Frau Brigitte Nicoli, Postfach 8, CH-6914 Carona Tel. 091 649 52 22 oder Tel. Calina: 091 649 83 47

Sonntag, 17. Juni 2001

Kolloquium II (09.30 – 12 Uhr)

– Die Sonnenbeobachtungsanlage, eine Herausforderung

– Die Sonne, die Erde, der Mensch: Anlass zum Philosophieren

Meteorite: own a piece of star



Gao
Chondrite H5, 95g
Burkina Faso
SFr. 195.-



Gao
Chondrite H5, 150g
Burkina Faso
SFr. 267.-



Gao
Chondrite H5, 275g
Burkina Faso
SFr. 442.-



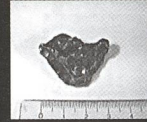
GSS019
Chondrite LL6, 256g
Egypte
SFr. 637.-



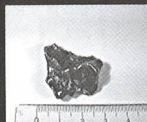
AC001
Chondrite LL3/5, 196g
Maroc
SFr. 779.-



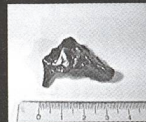
Sihkote-Alin
Sidérite, 86g
Russie
SFr. 488.-



Sihkote-Alin
Sidérite, 30g
Russie
SFr. 126.-



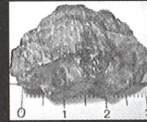
Sihkote-Alin
Sidérite, 22g
Russie
SFr. 98.-



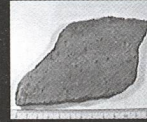
Sihkote-Alin
Sidérite, 360g
Russie
SFr. 107.-



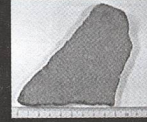
Tatahouine
Achondrite Diog., 13g
Tunisie
SFr. 497.-



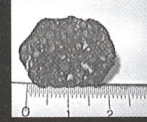
Mont Dieu
Sidérite II E, 475g
France
SFr. 1178.-



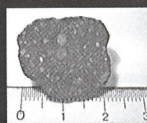
Mont Tazerzait
Chondrite L5, 175g
Niger
SFr. 772.-



Allende
Chondrite Carb., 3.3g
Mexique
SFr. 72.-



Allende
Chondrite Carb., 5.3g
Mexique
SFr. 114.-



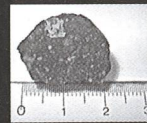
Allende
Chondrite Carb., 3.0g
Mexique
SFr. 105.-



Allende
Chondrite Carb., 7.8g
Mexique
SFr. 167.-



Allende
Chondrite Carb., 4.9g
Mexique
SFr. 174.-



Allende
Chondrite Carb., 101g
Mexique
SFr. 2127.-



NWA 047
Achondrite eucrite, 10.4g
Maroc
SFr. 516.-



NWA 047
Achondrite eucrite, 4.8g
Maroc
SFr. 267.-



Chinga
Sidérite ataxite, 33.3g
Russie
SFr. 232.-



Chinga
Sidérite ataxite, 61.5g
Russie
SFr. 263.-



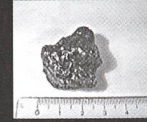
NWA 753
Rumurite R3.9, 3g
Maroc
SFr. 321.-



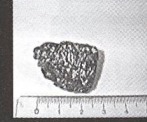
Nantan 1
Sidérite, environ 45g
Chine
SFr. 186.-



Nantan 2
Sidérite, environ 45g
Chine
SFr. 186.-



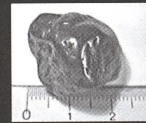
Nantan 3
Sidérite, environ 45g
Chine
SFr. 186.-



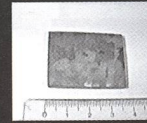
Nantan 4
Sidérite, environ 45g
Chine
SFr. 186.-



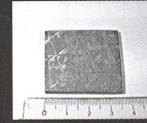
Nantan 5
nodule de troïlïte
Chine
SFr. 112.-



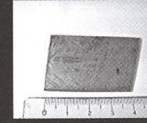
Nantan 6
nodule de troïlïte
Chine
SFr. 112.-



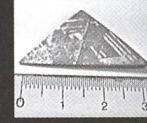
Campo del Cielo
Sidérite, 22.9g
Argentine
SFr. 149.-



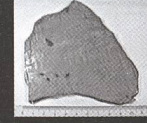
Gibeon
Sidérite, 31.6g
Namibie
SFr. 139.-



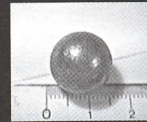
Gibeon
Sidérite, 25.3g
Namibie
SFr. 116.-



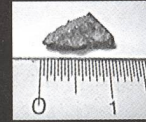
Gibeon
Sidérite, 31.6g
Namibie
SFr. 149.-



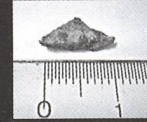
Gibeon
Sidérite, 249g
Namibie
SFr. 785.-



Gibeon
Sidérite
Namibie
SFr. 65.-



MARS (DAG 670)
Achondrite, 0.24g
Lybie
SFr. 442.-



MARS (DAG 670)
Achondrite, 0.20g
Lybie
SFr. 372.-



Vallera
Chondrite L5, 7.4g
Vénézuéla
SFr. 372.-



NWA 055
Chondrite L4, 18.4g
Maroc
SFr. 128.-



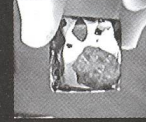
Sahara 99697
Chondrite L5, 42.4g
Sahara
SFr. 128.-



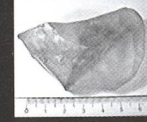
BC001
Chondrite, 48.3g
Maroc
SFr. 146.-



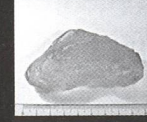
BC001
Chondrite, 82g
Maroc
SFr. 238.-



Esquel
Pallasite, 17.2g
Argentine
SFr. 1801.-



Libyan Glass 1
Tectite, 54g
Egypte
SFr. 126.-



Libyan Glass 2
Tectite, 108g
Egypte
SFr. 249.-



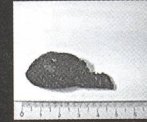
Libyan Glass 3
Tectite, 108g
Egypte
SFr. 249.-



Tectite de Chine 1
Tectite
Chine
SFr. 58.-



Tectite de Chine 2
Tectite
Chine
SFr. 58.-



Tectite de Chine 3 4
Tectite
Chine
SFr. 58.-



Tectite de Chine
Tectite
Chine
SFr. 58.-



Tectite de Chine 5 6
Tectite
Chine
SFr. 58.-



Tectite de Chine
Tectite
Chine
SFr. 58.-



Tectite de Chine 7
Tectite
Chine
SFr. 58.-



Tectite de Chine 8
Tectite
Chine
SFr. 58.-



Tectite de Chine 9
Tectite
Chine
SFr. 58.-



Wir stehen gerne für eine persönliche Beratung zu Ihrer Verfügung:

Pour un conseil personnalisé et professionnel, n'hésitez pas à nous contacter:

www.galileo-planet.ch

GALILEO • Grand-Rue 68 • CH-1110 Morges • e-mail: info@galileo-planet.ch
Tél: +41 (0) 21 803 30 75 (français) • Tel : +41 (0) 78 675 53 95 (deutsch) • Fax: +41 (0) 21 803 71 20

Die Planetenparade löst sich auf

THOMAS BAER

Nachdem in den vergangenen Wochen ein eindrückliches Treffen der hellsten Planeten am Abendhimmel verfolgt werden konnte, ziehen sich nun die Mitglieder der Sonnenfamilie nach und nach von der Himmelsbühne zurück. Am längsten harren Venus, Jupiter und Mars aus, die noch bis Ende Juni über dem Nordwesthorizont zu beobachten sind.

Merkur entfernt sich nach seiner Abendsichtbarkeit im Mai 2002 zu Beginn des Monats Juni rasch rückläufig von der Sonne. Damit steht er westlich des Tagesgestirns und wäre ansich morgens vor Sonnenaufgang zu sehen. Trotz eines Winkelabstandes von $22^{\circ}44'$ reicht es am 21. Juni 2002 trotzdem nicht zu einer Morgensichtbarkeit, weil die Ekliptik in dieser Jahreszeit sehr flach über dem Nordosthorizont verläuft. Damit bleibt der flinke Planet den ganzen Monat über unsichtbar. Nicht viel besser sind die Bedingungen im Juli.

Dafür können wir **Venus** als auffälliges Gestirn am westlichen Abendhimmel beobachten. Im Fernrohr erscheint sie aber nach wie vor wenig attraktiv, ist sie doch immer noch $15''$ klein und mit einer Beleuchtungsphase von 75% immer noch fast voll beleuchtet. Am 3. Juni 2002 trifft Venus auf **Jupiter** im Sternbild der Zwillinge. Die beiden hellsten Planeten liefern einen eindrucksvollen Himmelsanblick, zu dem

sich am Abend des 13. Juni 2002 die zunehmende Mondsichel gesellt. Schon vier Tage zuvor sehen wir den «Abendstern» 5° südlich von Pollux. Im Juli und August 2002 verbessert sich die Abendsichtbarkeit von Venus nicht. Trotz zunehmender Helligkeit und dem stetigen Grösserwerden des Planetenscheibchens durch die Annäherung an die Erde, verkürzt sich ihre Sichtbarkeit deutlich; eine Stunde nach Sonnenuntergang ist der «Abendstern» sehr tief am Horizont zu erspähen. Trotzdem wird man vom 9. bis 11. Juli 2002 den nahen Vorbeigang am Löwenstern Regulus in einem Feldstecher verfolgen können.

Jupiter zieht sich schon Mitte Juni 2002 vom Abendhimmel zurück. Die Sonne holt ihn ein und überstrahlt den Planeten für einige Zeit. Gleiches gilt für **Saturn**. Der Ringplanet hat sich von der nächtlichen Himmelsbühne verabschiedet und wird am 9. Juni 2002 von der Sonne eingeholt und überholt. Erst im

Juli 2002 wird man den Planeten wieder am Morgenhimmel im östlichen Teil des Stiers sehen. Zu Monatsende passiert er den berühmten Krabben-Nebel M1!

Die lichtschwächeren Planeten **Uranus** und **Neptun** streben im Juli 2002 beide ihrer Opposition entgegen. Für routinierte Sterngucker ist jetzt die beste Gelegenheit, einmal nach den fernen Planeten Ausschau zu halten.

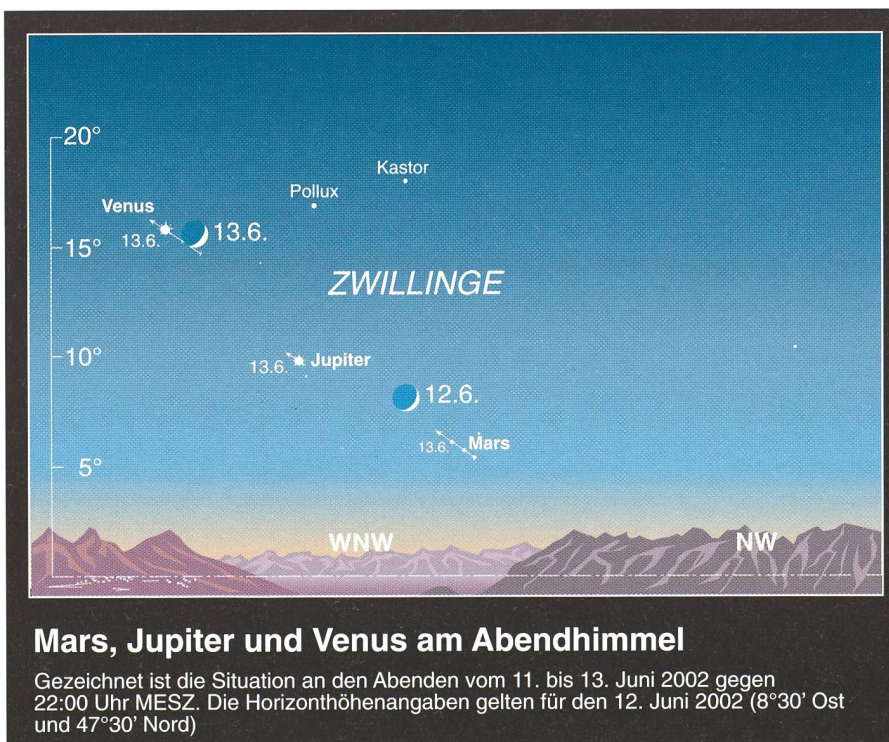
THOMAS BAER
Astronomische Gesellschaft
Zürcher Unterland
CH-8424 Embrach

Unbemerkte Halbschatten-Mondfinsternis

THOMAS BAER

Zum zweitenmal in diesem Jahr taucht der Vollmond in den Abendstunden des 24. Juni 2002 in den Halbschatten der Erde ein. Der Mondaufgang erfolgt gegen 21:25 Uhr MESZ. Ab 22:18 Uhr MESZ beginnt die nördliche Mondkalotte die äusseren Partien des Halbschattenkegels zu streifen. Selbst um die Finsternismitte um 23:27 Uhr MESZ wird man keine Verdüsterung der Mondscheibe wahrnehmen, denn mit einer maximalen Eindringtiefe von nur 23.5% ist der Helligkeitsabfall nicht einmal mit hochsensiblen Messgeräten nachweisbar. So gesehen, hat diese Halbschattenfinsternis nur statistischen Wert.

Figur 1: Mars, Jupiter und Venus harren noch am längsten am Abendhimmel aus. Saturn und Merkur haben sich längst vom westlichen Horizont zurückgezogen. (Grafik: THOMAS BAER)



Die kürzeste Vollmondnacht vom 24. auf den 25. Juni 2002 dauert nur 8 Stunden 14 Minuten. Obwohl über dem Horizont, ist die leichte Halbschattenfinsternis selbst von geübten Beobachtern nicht wahrnehmbar. (Foto: THOMAS BAER)



Fabeln vom Himmel

Das neue Eldorado

AL NATH

Träumen Sie von Gold oder von Ruhm? Ich verrate Ihnen eine Geschichte, die beides verbindet. Sie spielte sich vor 30 Jahren ab.

Der Schauplatz dieser Anekdote ist ein grosses, professionelles Observatorium, das für Forschungsaufträge zur Verfügung steht. Ein junger Astronom macht für sein Institut eine Serie von Routinebeobachtungen an einem der Instrumente. Das Wetter ist prächtig. Die Nächte sind klar. Die fotografischen Aufnahmen häufen sich. Unser Freund ist nicht allein. Es ist Sommer. Seine Gattin ist Lehrerin und hat Ferien. Sie begleitet ihren Mann um auszuruhen und vom schönen Wetter zu profitieren, das in dieser Gegend herrscht.

Der günstige Zeitpunkt und die schöne Jahreszeit lockt aber auch den «Patron» unseres jungen Astronomen mit seiner Gattin in dieses Observatorium, nicht eigentlich aus beruflichen Gründen, sondern zum Genuss eines Sommeraufenthaltes und zur Pflege einer langen Freundschaft mit dem Direktor der Station.

Wie Sie wissen, pflegen die nächtlichen Beobachter am Morgen zu Ruhen. Eines Morgens, beim Erwachen, vernimmt unser Astronom von seiner Frau, dass die Gattin des Patrons angerufen und ein Rendez-vous für den Nachmittag vereinbart hat. Das junge Paar putzt sich heraus, ist neugierig und folgt dieser Einladung. Der Patron erscheint aber allein und lässt die junge Frau wissen, dass sie besser daran täte, in der Umgebung die feinen Düfte der ländlichen Natur zu geniessen, während er sich mit dem Gatten über wichtige Fachfragen unterhalten wolle.

Und diese Unterhaltung beginnt kalt-schnäuzig so: «Was treiben Sie hier?» Ein wenig erstaunt (ist denn der Chef eines Institutes nicht normalerweise auf dem laufenden über die Aktivitäten seiner Assistenten, besonders wenn es sich um Routinearbeiten handelt?) erklärt ihm unser junger Freund respektvoll und bis in alle Einzelheiten die verschiedenen laufenden Programme und die Beobachtungen, die er in den vergangenen Nächten gemacht hat.

Aber sein Gesprächspartner hört ihm offenbar nicht zu, und das Thema der Unterhaltung wechselt plötzlich. «Wissen Sie, woher der Name Eldorado kommt?» Unser junger Freund hat eine vage Vorstellung davon, antwortet aber höflich



nein. Nun folgen einige Erklärungen für den dummen Jungen; spanische Eroberung Amerikas; Ankunft in einer Gegend von Hügeln, die von *Escholtzia californica*, dem goldfarbigen wilden Mohn bedeckt sind, daher der Spitzname spanischer Mohn.¹

Und er fährt weiter: Das Klima des Eldorados (Kalifornien) sei ähnlich demjenigen der Gegend, wo sie sich z.Z befinden. Da die *Escholtzia californica*² eine resistente und rasch sich vermehrende Pflanze sei, könnten sich die benachbarten Hügel schon bald in ein neues Eldorado verwandeln lassen, wenn man der Natur etwas nachhelfen würde. Der gute Patron hat zu diesem Zweck schon mehrere Portionen Samen vom wilden, goldgelben Mohn in der Umgebung ausgestreut und wünscht jetzt, dass sein junger Assistent die Arbeit an diesem grandiosen Projekt zur Verwandlung der lokalen Pflanzenwelt fortsetze. Er (der Patron) könnte sich damit ein Denkmal setzen, denkt er, und sein Name bliebe auch in Zukunft über viele Generationen hinweg mit diesem neuen Eldorado verbunden.

Nun werden unserem jungen Freund Säcklein mit Samen übergeben, und alsbald wird er verabschiedet. Verwirrt von dem, was er eben erfahren hat, steckt der junge Astronom die Säcklein in die Tasche, geht ins Freie und gesellt sich auf den Spazierwegen des Observatoriums wieder zu seiner Frau. Diese traut offensichtlich ihren Ohren nicht, als sie von den «ernsthaften professionellen Dingen» erfährt, die der Patron mit ihrem Mann besprochen hat. Zur Beruhigung des Gewissens wurden die Samen ausgestreut, und überdies wurde eine gute Flasche entkorkt und auf die «Genesung» des alten Professors getrunken.

Diese Geschichte ist zu prächtig, um nicht wahr zu sein. Vertrauen Sie mir: ich schöpfe sie aus der allersichersten Quelle. Sie ist authentisch und bekommt dadurch noch mehr Würze. Aus verständlichen Gründen müssen in der Erzählung die Namen von Personen und des Ortes des Geschehens verschwiegen werden.

Aber was ist von dieser Geschichte zu halten? Wollte man bei diesem Auftritt die Fähigkeit und den Charakter des jungen Astronomen prüfen? Wagt er zu fragen, ob man sich über ihn lustig mache? Das war kaum die Absicht. Die respektablen Persönlichkeiten, das Gewicht der überlieferten Etikette und die Sitten in dieser Epoche machen diesen Verdacht wenig wahrscheinlich - selbst wenn es ehrlich gemeint gewesen wäre. Nein, es ist viel einleuchtender anzunehmen, dass diese Umgangsformen aus einer überlebten Gesellschaftsordnung hervorgingen, wo die jungen Assistenten für ihre Patrons «Mädchen für alles» waren. Beispiele für diese Unsitte gibt es unzählige.

Aber die eigentliche Lehre dieser wahren Geschichte ist meines Erachtens, dass es für bedeutende, unworbene Persönlichkeiten manchmal schwierig ist, mit beiden Beinen auf der Erde zu stehen und den Sinn für Masshalten zu bewahren, ja selbst dem beinahe lächerlichen Druck der Frauen zu widerstehen, die ihre Existenz auf das Amt ihres Gatten gründen. Gehört dies heute alles der Vergangenheit an? Vielleicht.

Ah, ich habe vergessen zu berichten, dass ich kürzlich die Gegend, wo sich unsere Geschichte abgespielt hat, besucht habe. Die Landschaft ist heiter geblieben, die Hügel sind immer noch grün und zeigen keine Spur einer Verbreitung der *Escholtzia californica*. Die Eitelkeit hat anscheinend keine Früchte getragen.

Uebersetzung: H.R.Müller

AL NATH

¹ Eldorado ist in Wirklichkeit der Name eines Indianerhäuptlings (Kolumbianer), dessen Leichnam mit Goldsand bedeckt wurde, und der anschliessend in einer legendären Schatzkammer auf dem Grund eines Sees beigesetzt wurde. El Dorado (der Vergoldete) gab dieser mythischen Region des Reichturns den Namen. Die Eroberer von (Süd-)Amerika haben eifrig, aber vergebens, nach diesem Ort gesucht. Heute ist Eldorado ein Synonym für einen Ort, wo Reichtum rasch und leicht erworben werden kann. Der Name wurde mehreren Städten in Lateinamerika und Kalifornien gegeben.

² Die *Escholtzia californica* oder der kalifornische Mohn ist eine Papaveraceae mit Einzelblüten, Kronblättern von gelber oder oranger Farbe, Stengel bis 40 oder 50 cm hoch, Blätter fein eingeschnitten. Sie ist vorwiegend eine Zierpflanze, die in Gärten kultiviert und als Heilpflanze gegen Schlaflosigkeit, ev. gemischt mit andern sedativ wirkenden Pflanzen, verwendet wird.

Juni 2002

- **5. Juni 2002**
Besuch des physikalisch-meteorologischen Observatoriums (Weltstrahlungszentrum) Davos. Info: ruemlang.astronomie.ch. Ort: Davos. Veranstalter: Verein Sternwarte Rotgrueb Rümlang, VSRR.
- **6. Juni 2002**
18.10-19.45 Uhr. Abfall im Weltraum. Vortrag von Dr. Th. Schildknecht, Uni Bern. Info: Kurs Weltraumtechnik. Ort: Aula der HTA-BE, Morgartenstr. 2c, 3014 Bern. Veranstalter: Berner Fachhochschule.

- **6.17. Juni 2002**
Mobiles Planetarium Zürich. Info: www.plani.ch/cgi-plani/tourplan.pl. Ort: St. Moritz.

- **13. Juni 2002**
18.10-19.45 Uhr. High Risk Insurance Management. Vortrag von Dipl. Ing. J. Schmidt, Schweizer Rück. Info: Kurs Weltraumtechnik. Ort: Aula der HTA-BE, Morgartenstr. 2c, 3014 Bern. Veranstalter: Berner Fachhochschule.

- **15. Juni 2002**
ab 19.00 Uhr. Star Party. Info: mypage.bluewindow.ch/sternfreunde/. Ort: Ahornalp ob Eriswil/BE. Veranstalter: Sternfreunde Oberaargau.

- **20. Juni 2002**
18.10-19.45 Uhr. Informationsübertragung in der Raumfahrt. Vortrag von Dipl. Ing. B. Storni, Adelsy S.A., Riazzino. Info: Kurs Weltraumtechnik. Ort: Aula der HTA-BE, Morgartenstr. 2c, 3014 Bern. Veranstalter: Berner Fachhochschule.

- **27. Juni 2002**
18.10-19.45 Uhr. Antriebe für die Raumfahrt. Vortrag von Prof. Dr. F. Casal, Energy-Parametrics, Jona. Info: Kurs Weltraumtechnik. Ort: Aula der HTA-BE, Morgartenstr. 2c, 3014 Bern. Veranstalter: Berner Fachhochschule.

- **28. Juni 2002**
20.00 Uhr. Sternspektroskopie für Amateure. Vortrag von Ernst Pollmann, Fachgruppe Spektroskopie VdS. Leverkusen, BRD. Ort: Sternwarte mit Planetarium „Sirius“, Schwanden ob. Sigriswil/BE. Veranstalter: Astronomische Vereinigung Berner Oberland.

Juli 2002

- **4. Juli 2002**
18.10-19.45 Uhr. Raumfahrt für die Zukunft. Vortrag von Prof. Dr. F. Casal, Energy-Parametrics, Jona. Info: Kurs Weltraumtechnik. Ort: Aula der HTA-BE, Morgartenstr. 2c, 3014 Bern. Veranstalter: Berner Fachhochschule.

- **6. Juli 2002**
Astroflo. Flohmarkt für Teleskope, astronomisches Zubehör, Bücher etc. Keine. Standgebühr für private Aussteller. Info: Philipp Heck, heck@astroinfo.org., www.astroinfo.org/events/af/. Ort: Foyer des Kirchgemeindehauses, Limmatstr. 114, Zürich.

August 2002

- **22. August 2002**
Mobiles Planetarium Zürich. Info: www.plani.ch/cgi-plani/tourplan.pl. Ort: Lichtensteig.

September 2002

- **7./8. September 2002**
DARK SKY 2002, 2nd European Symposium on the Protection of the. Night Sky. Ort: Verkehrshaus der Schweiz, Luzern. Veranstalter: Dark-Sky Switzerland und International Dark-Sky. Association.

- **14. September 2002**
ab 19.00 Uhr. Star Party. Info: mypage.bluewindow.ch/sternfreunde/. Ort: Ahornalp ob Eriswil/BE. Veranstalter: Sternfreunde Oberaargau.

Oktober 2002

- **19. Oktober 2002**
20.00 Uhr. Astronomie im Internet. Vortrag von Kasia Clavadetscher. Info: mypage.bluewindow.ch/sternfreunde/. Ort: Sekundarschulhaus Kreuzfeld IV, Langenthal/BE. Veranstalter: Sternfreunde Oberaargau.

- **26./27. Oktober 2002**
Mobiles Planetarium Zürich. Info: www.plani.ch/cgi-plani/tourplan.pl. Ort: Biel.

November 2002

- **9. November 2002**
ab 19.00 Uhr. Star Party. Info: mypage.bluewindow.ch/sternfreunde/. Ort: Ahornalp ob Eriswil/BE. Veranstalter: Sternfreunde Oberaargau.

- **28./29. November 2002**
Mobiles Planetarium Zürich. Info: www.plani.ch/cgi-plani/tourplan.pl. Ort: Elgg/ZH.

astroInfo-Veranstaltungskalender
HANS MARTIN SENN - Tel. 01/312 37 75
astroInfo-Homepage: <http://www.astroinfo.ch/>
E-Mail: senn@astroinfo.ch

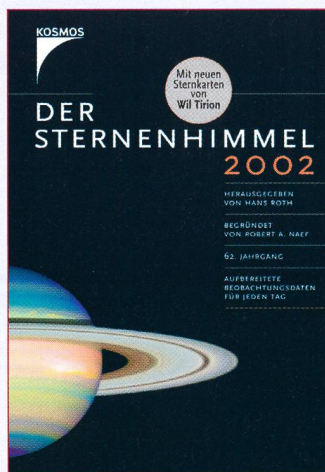
KOSMOS

Erlebnis Astronomie

Das Jahrbuch für Sternfreunde – jetzt mit innovativen Neuerungen

Das unentbehrliche Jahrbuch für alle Hobbyastronomen hat einige Neuheiten zu bieten. Verbesserte Monatssternkarten und die neuen Mondphasenkalender erhöhen die Übersicht im Dschungel der Astroereignisse. Bewährt präzise: Alle Daten und Fakten zu Sonne, Mond, Planeten und Kleinplaneten – wie immer mit Zeitangaben für Zürich und Berlin.

www.kosmos.de



Hans Roth (Hrsg.)
Der Sternenhimmel 2002

352 Seiten
90 Abbildungen
Klappenbroschur

ISBN 3-440-08855-3

- ▶ Mit neuen Sternkarten von Wil Tirion
- ▶ Alle Infos zum himmlischen Geschehen im Jahr 2002
- ▶ **Neu:** Mondphasenkalender für jeden Tag von Robert Nufer

MAX FORRER, RENÉ LE COULTRE, ANDRÉ BEYNER, HENRI OQUEY: *L'aventure de la montre à quartz*. Mutation technologique initiée par le Centre Electronique Horloger, Neuchâtel. Centre doc Neuchâtel 2002 442 pages, nombreuses illustrations et tableaux. ISBN 2-88380-016-2. CHF 100.00.

Les premières montres portables datent du début du 16^e siècle («Oeuf de Nuremberg»). Le balancier-spiral fut inventé par Christian Huyghens en 1675 et la chronométrie de Marine développée dès 1735. Première horloge à quartz en 1928 et première horloge atomique à ammoniac en 1948. Au même moment, invention du transistor et en 1959, apparition des premiers circuits intégrés.

Les horlogers suisses ont eu une part très importante dans ces développements. Leur savoir-faire et leur intuition ont été longtemps en avance sur la science qui, elle, avait du mal à entrer dans les manufactures. La découverte du transistor et celle du circuit intégré ont permis d'aborder la réalisation de montres portables électroniques: l'organe réglant constitué de l'ensemble balancier spiral est remplacé par un cristal de quartz et un circuit électronique miniaturisé. Une véritable révolution dans le monde horloger avec l'apparition de la montre-bracelet à quartz présentée au public en 1968.

L'industrie horlogère suisse a fourni à partir des années soixante un effort important de recherche communautaire pour introduire, à côté de la mécanique traditionnelle, l'électronique moderne. C'est ainsi que fut créé en 1962 le *Centre électronique horloger (CEH)* à Neuchâtel dont les actionnaires étaient des organisations et manufactures horlogères. Après plusieurs restructurations, le CEH fut intégré dans le nouveau *Centre suisse d'électronique et de microtechnique SA (CSEM)* à Neuchâtel, créé en 1983.

Le présent ouvrage retrace les activités scientifiques du CEH qui conduisirent à la première montre-bracelet à quartz et circuit intégré (1967), à la conception de circuits électroniques à basse puissance, à des résonateurs à quartz améliorés, des techniques pour l'affichage de l'heure etc. La montre à quartz est devenue aujourd'hui un produit courant. Exigeant une consommation électrique extrêmement réduite, ces travaux ont également ouvert la nouvelle filière de la micropuissance où le CEH, et plus tard le CSEM, firent oeuvre de pionniers. *L'aventure de la montre à quartz* constitue un recueil remarquablement documenté des difficultés rencontrées et des succès obtenus par une équipe motivée. Le livre est écrit dans un langage direct et vivant, accessible au non-spécialiste.

Le Musée International d'Horlogerie à La Chaux-de-Fonds présente, jusqu'au 20 octobre 2002, une exposition consacrée essentiellement aux travaux qui ont mené à la montre-bracelet à quartz.

FRITZ EGGER

Some astronomical books recently published by Cambridge University Press

PADMANABHAN, THANU: *Theoretical Astrophysics*. Volume I: Astrophysical Processes. Cambridge, UP 2000. XIX, (1), 601, (3) p., numerous

Figures and Diagrams, Index. Paperback, ISBN 0-521-56632-0, GBP 27.95, USD 44.95, Hardback, ISBN 0-521-56240-6. GBP 75.00, USD 120.00.

This textbook is written by an author of high rank, who has published over one hundred technical papers on Gravitation, Cosmology and Quantum Theory and four books –

Structure and Formation in the Universe, Cosmology and Astrophysics Through Problems, After the First Three Minutes, and, together with J. V. Narlikar, *Gravity, Gauge Theories and Quantum Cosmology*. In the first Volume of *Theoretical Astrophysics* he provides undergraduate students the theoretical background of a wide range of astrophysical processes. After reviewing the basics of dynamics, electrodynamic theory, and statistical physics, the book carefully develops a solid understanding of all the key concepts such as radiative processes, spectra, fluid mechanics, plasma physics and MHD, dynamics of gravitating systems, general relativity, and nuclear physics. Each topic is developed methodically from undergraduate basic physics. Throughout, the reader's understanding is developed and tested with carefully structured problems and helpful hints. Assuming only an undergraduate background in physics and no detailed knowledge in astronomy, this book guides the reader step by step through a comprehensive collection of fundamental theoretical topics. The book is modular in design, allowing the reader to pick and chose a selection of chapters, if necessary. It can be used alone, or in conjunction with the forthcoming accompanying two volumes (covering stars and stellar systems, and galaxies and cosmology, respectively). This clear and authoritative textbook provides students and researchers with an indispensable introduction to and reference on all the physical processes needed to successfully tackle cutting-edge research in astrophysics and cosmology

STEPHENSON, BRUCE / BOLT, MARVIN / FRIEDMAN, ANNA FELICITY: *The Universe Unveiled: Instruments and Images through History*. Cambridge, UP 2000. 152 p., about 270 b/w and colored Figures and Illustrations, Index. Hardback, ISBN 0-521-79143-X, GBP 19.95, USD 29.95.

This book documents the humans desire through history to explore and understand our world. It shows many photographs of instruments and books from the internationally renowned collection at the Adler Planetarium & Astronomy Museum in Chicago. The book provides a unique approach, focusing on the instruments, books, and maps people have created to decipher the universe from the late fifteenth through the nineteenth century. The rare and unusual artifacts and material is presented in more than 270 full-color illustrations. These illustrations are commented and described by a clear, informative, and very readable text, examining our discovery of space and time, and our ever-expanding understanding of Earth and the heavens. The book describes in particular the shift from an Earth-centered to a Sun-centered view of the universe. It also lays out the tech-

nologies of navigation and of measuring and mapping the Earth, as well as the evolution of ways to keep time, the mapping of the stars, and the impact of the telescope. Every amateur and professional astronomer interested in history of astronomy and geodesy will read and enjoy this recommendable book.

COMBES, F. / PINEAU DES FORÊTS, G. (eds.): *Molecular Hydrogen in Space*. (*Cambridge Contemporary Astrophysics*). Cambridge, UP 2000. XIX, (1), 326, (5) p., numerous Figs. and Diagr., Index. Hardback, ISBN 0-521-78224-4, GBP 42.50, USD 69.95.

Molecular hydrogen is the most abundant molecule in the Universe. In recent years, advances in theory and laboratory experiments coupled with breakthrough observations with important new telescopes and satellites have revolutionized our understanding of molecular hydrogen in space. It is now possible to address the question of how molecular hydrogen formed in the early Universe and the role it played in the formation of primordial structures. This book presents articles from a host of experts who reviewed this new understanding at the *International Conference on H₂ in Space* held in Paris, France, on September 28 – October 1st, 1999. This book provides the first multi-disciplinary synthesis of our new understanding of molecular hydrogen. The papers cover the theory of the physical processes and laboratory experiments, as well as the latest observations. This book may therefore be an invaluable reference for students and researchers in astrophysics and cosmology.

REBOLO, R. / ZAPATERO-OSORIO, M. R. (eds.): *Very Low-Mass Stars and Brown Dwarfs*. (*Cambridge Contemporary Astrophysics*). Cambridge, UP 2000. VIII, (2), 269, (1) p., numerous Figs. and Diagr., Index. Hardback, ISBN 0-521-66335-0, GBP 45.00, USD 69.95.

This volume provides a state-of-the-art review of our current knowledge of brown dwarfs and very low-mass stars. The hunt for and study of these elusive objects is currently one of the most dynamic areas of research in astronomy for two reasons. They could be as numerous as stars in galaxies, and they contribute to the 'dark matter' of the Universe. This book presents review articles from a team of international authorities who gathered at the first of the Three-Island^a Euroconferences on *Stellar Clusters and Associations* dedicated to *Very Low-Mass Stars and Brown Dwarfs* held the island La Palma from May 11 – 15, 1998. The papers assess the spectacular progress that has been made in this field in the last few years. They review both the latest observations and theory to provide an essential reference to one of the most exciting fields in contemporary astronomy. This book thus may represent an important reference for graduated students and researchers in astrophysics.

ANDREAS VERDUN

LEHENAFF CHRISTOPHE: «Ciel profond, Guide d'Observations». Editions Burillier, Vannes, 2001, 238 pp., reliure à anneaux, ISBN 2-912616-13-1, Euros 23.-.

BUCHBESPRECHUNGEN BIBLIOGRAPHIES

Ce livre est conçu de manière pratique: la reliure à anneaux lui permet de rester ouvert à la page voulue, et les pages en papier glacé résistent assez bien à l'humidité et à la rosée qui ne manqueront pas de les couvrir lors de certaines nuits d'observation. Ces détails-là ne sont pas sans importance et méritent donc d'être mentionnés.

Les objets du ciel profond (amas ouverts et globulaires, nébuleuses, galaxies) sont d'abord brièvement définis et leurs caractéristiques (magnitudes, diamètres apparents, couleurs, coordonnées) précisées. Ici, on eût aimé un peu plus de rigueur astrophysique (les nébuleuses planétaires entourant une naine blanche ne résultent pas forcément d'une nova!). De même, on aurait apprécié que l'auteur mentionne au moins le phénomène de précession (sans nécessairement l'expliquer), et qu'il dise à quelle époque toutes les coordonnées équatoriales, données en abondance dans le livre, se réfèrent! Cette lacune est regrettable même si le lecteur devinera que l'époque 2000 est adoptée.

Les instruments sont bien décrits – en commençant judicieusement par l'œil nu! – et l'on sent l'auteur très à l'aise ici, avec une vaste expérience de l'observation. Cartes célestes, atlas et logiciels ne sont pas oubliés. Puis vient le gros du livre, constitué de la liste des objets proposés, groupés par régions de quelques constellations. Chaque objet est décrit, très souvent un cliché noir/blanc est présenté (avec, presque toujours, l'échelle angulaire, ce qui est très pratique) et une liste récapitulative donne les coordonnées à la fin de chaque groupe. Il est dommage que les coordonnées ne soient pas rappelées en tête de la description de chaque objet individuel, car l'observateur aura tendance à garder le livre ouvert à la page de l'objet qu'il veut viser, plutôt qu'à la page de la liste récapitulative. Ce petit défaut pourrait être corrigé dans une édition ultérieure. Tout le ciel est passé en revue, y compris l'hémisphère sud. A la fin de l'ouvrage, d'utiles annexes apportent des précisions sur les caractéristiques des instruments (focale, pouvoir séparateur etc.), la monture équatoriale et sa mise en station, la photographie du ciel profond et l'image CCD.

Suivent encore un index des objets célestes et des constellations, puis une liste de revues, d'adresses internet, de logiciels, et une brève bibliographie. L'index des objets commence par ceux qui ont un nom (en ordre alphabétique), ce qui permet de repérer facilement les plus célèbres d'entre eux, et continue par les catalogues IC, Messier, Markarian (3 objets seulement) et NGC (plus deux objets UGC). Ainsi un même objet peut-il figurer à deux ou trois places dans l'index.

En conclusion, ce petit ouvrage est un très bon guide pour qui désire contempler, dans les meilleures conditions, les splendeurs du ciel profond.

PIERRE NORTH

Impressum Orion

Leitende Redaktoren/Rédacteurs en chef:

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

DR. ANDREAS VERDUN, Astronomisches Institut,
Universität Bern, Sidlerstrasse 5, CH-3012 Bern
Tel. 031 631 85 95
e-mail: andreas.verdun@aiub.unibe.ch
<http://www.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 du Sud SA, CP352, CH-1630 Bulle 1
e-mail: michel.sessa@imprimerie-du-sud.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.
Tel. 071 477 1743, E-mail: sue.kernen@bluewin.ch

Abonnementspreise

Schweiz: SFr. 60.–, Ausland: € 50.–.
Jungmitglieder (nur in der Schweiz): SFr. 30.–
Mitgliederbeiträge sind erst nach Rechnungsstellung zu begleichen.

Abonnement

Suisse: Frs. 60.–, étranger: € 50.–.
Membres juniors (uniquement en Suisse): Frs. 30.–.
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>

Ständige Redaktionsmitarbeiter/ Collaborateurs permanents de la rédaction

THOMAS BAER, Bankstrasse 22,
CH-8424 Embrach
e-mail: thomas.baer@wtinet.ch

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

ARMIN BEHREND, Vy Perroud 242b
CH-2126 Les Verrières/NE
e-mail: omg-ab@bluewin.ch

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@infrasys.ascom.ch

STEFAN MEISTER, Steig 20,
CH-8193 Eglisau
e-mail: stefan.meister@astroinfo.ch

HANS MARTIN SENN, Püntstrasse 12,
CH-8173 Riedt-Neerach
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 Sauvigny/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: mike.kohl@gmx.ch

Astro-Lesemappe der SAG:

HANS WITTMER,
Seeblick 6,
CH-9372 Tübach

ISSN 0030-557 X

Inserenten / Annonceurs

- **ASTRO-LESEMAPPE**, Seite/page 29; • **ASTRO-MATERIAL**, Seite/page 26; • **DARK-SKY SWITZERLAND**, Stäfa, Seite/page 30, 32; • **GALILEO**, Morges, Seite/page 36, 43; • **INTERSTELLARUM**, D-91054 Erlangen, Seite/page 28; • **KOSMOS**, Erlebnis Astronomie, Seite/page 40; • **MEADE INSTRUMENTS EUROPE**, D-Gräfelfing, Seite/page 2; • **SAG-KOLLOQUIUM**, Morges, Seite/page 35; • **WYSS FOTO**, Zürich, Seite/page 44.

**L'UNIVERS DE GALILEE
DANS UN MAGASIN**

TELESKOPE / TELESCOPES

ZUBEHÖR / ACCESSOIRES

FERNGLÄSER / JUMELLES

METEORITEN / METEORITES

WETTERSTATIONEN / STATIONS METEO

FACHLITERATUR / LITTERATURE

POSTERS / POSTERS

GLOBEN / GLOBES

GESCHENKIDEEN / GADGETS

MEADE

CELESTRON

TAKAHASHI

VIXEN

FUJINON

PARALUX

SBIG

CORONADO



Wir stehen gerne für eine persönliche Beratung zu Ihrer Verfügung:
Pour un conseil personnalisé et professionnel, n'hésitez pas à nous contacter:

www.galileo-planet.ch

GALILEO • Grand-Rue 68 • CH-1110 Morges • e-mail: info@galileo-planet.ch
Tél: +41 (0) 21 803 30 75 (français) • Tel: +41 (0) 78 675 53 95 (deutsch) • Fax: +41 (0) 21 803 71 20

Bewegung und Innovation

Skysensor 2000 PC

Die neue **Computersteuerung** für alle SP/SP-DX und GP-E/GP/GP-DX-Montierungen bietet:

- Komplettausstattung mit Motoren MT-2 !
- Schnelle Objektsuche durch Servomotoren mit bis zu 5"/sek Einstellgeschwindigkeit
- Einfache Initialisierung durch Speicherung von irdischen (!) oder stellaren Referenzobjekten
- Objektauswahl: ca. 14.000 Objekte aus Messier-, NGC-, IC-, UGC-, SAO- und GCVS-Katalog sowie Sonne, Mond, Mondkrater, Planeten, Jupitermonde

- Freier Speicher für die Eingabe von bis zu 30 Kometen, 30 künstlichen Satelliten, 60 Himmelsobjekten und 30 irdischen Beobachtungspunkten
- Automatische Satellitennachführung
- Flexible Auswahlkriterien für Beobachtungsobjekte: Höhe, Himmelsregion, Typ, Sternbild, Helligkeit und/ oder Größe
- Menüsteuerung und Anzeige in deutscher Sprache
- Gesichtsfeld-Scanning: Automatische Anzeige aller jeweils im Teleskopgesichtsfeld befindlichen Objekte
- PEC-Funktion
- Anzeige für Epoche 2000.0 in Elevation, Azimut, Helligkeit, Größe, Objektart und Sternbild
- Vielseitige Motorsteuerung: Bewegung unabhängig von parallaktischer oder azimutaler Aufstellung in RA/DE bzw. Azimut /Höhe in 3 Geschwindigkeiten, wobei die mittlere Geschwindigkeit frei zwischen 0,1x und 99x eingestellt werden kann. Freie Einstellung der Beschleunigungsrate bei der höchsten Geschwindigkeit
- Geringer Stromverbrauch (nur ca. 1A). Betrieb über Batteriepack oder optionales 12V-Netzteil
- Autoguiden anschließbar
- Variables Anzeigefeld für Koordinaten, Sternzeit, Zonenzeit, Stoppuhr u.a.
- Einstellungen bleiben auch nach dem Ausschalten gespeichert
- Automatische Korrektur der Refraktion
- Elektronischer Getriebeausgleich
- Komplette Teleskopsteuerung über externe Astronomieprogramme wie z.B. Guide oder TheSky möglich (Anschluß an serielle PC-Schnittstelle mit optionalem Kabel erforderlich)
- Ausführliche deutsche Bedienungsanleitung