

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 37 (1979)
Heft: 174

Rubrik: Frage : Ekliptik und Frühlingspunkt

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: 08.02.2025

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

Frage: Weisse Zwerge

Ich interessiere mich für die Entwicklung, also den Lebensweg der Sterne. Meine Frage: Was geschieht mit einem weissen Zwerg weiter? Wie sieht so ein Objekt nach seinem Erlöschen aus? Gibt es Beobachtungen darüber?

Antwort:

Ein Stern mit nicht zu grosser Masse wird — nachdem die Energieproduktion durch Kernprozesse in seinem Innern aufgehört hat, also gegen das Ende seiner Entwicklung — durch Gravitationskräfte zu einer relativ kleinen, aber sehr dichten Kugel zusammengezogen. Der Stern strahlt dabei anfänglich noch mindestens zehnmal so hell wie unsere Sonne, später hat er nur noch einen kleinen Bruchteil von deren Leuchtkraft. Er erscheint uns hellgelb (Spektraltyp AO bis A5), aber wegen seiner kleinen Grösse recht schwach: Ein «weisser Zwerg».

Diese Kugel aus nuklear verbrannter Materie mag etwa so gross sein wie unsere Erde oder etwas grösser, ihre Masse dagegen nur wenig kleiner als die der Sonne. Dies ergibt eine unvorstellbare Dichte der Sternmaterie in der Grössenordnung um 10^5 g/cm^3 .

Der weisse Zwerg strahlt nun — bei gleichbleibendem Durchmesser — seinen Wärmeverrat nach und nach ins Weltall ab, wobei er immer kühler wird und immer

schwächer leuchtet: Der Stern entzieht sich allmählich unserer Beobachtung. — Nach Milliarden Jahren wird sein dunkelrotes Verglimmen in schwarz übergehen. Er ist jetzt kalt, ein toter Stern ohne irgendwelche weiteren Vorgänge in seinem Innern.

Woher kann man das wissen, wenn doch eine Beobachtung des Objekts nicht mehr möglich ist? Die Fachleute kennen viele physikalische Gesetzmässigkeiten so genau, dass das Leben eines Sterns heute mit mathematischen Modellen recht gut erfasst werden kann. Das heisst: Durch komplizierte und aufwendige Berechnungen kann man erfahren, wie sich eine Gaskugel von einer bestimmten Masse und mit einer bekannten chemischen Zusammensetzung im Laufe der Jahrtausende verändert. Wir erhalten so Lebensläufe von Sternen, die mit den beobachteten Zuständen weitgehend übereinstimmen. So lassen sich auch für unseren Fall, wo die Beobachtung aufhört, zuverlässige Angaben machen.

In der Nachbarschaft der Sonne — bis zu einer Distanz von 30 Lichtjahren — sind von den 254 bekannten Sternen nur 7 weisse Zwerge (einer von ihnen ist der Siriusbegleiter). Insgesamt kennt man nur etwas über 1000 weisse Zwerge. Es existieren aber wohl Milliarden von ihnen, viele schon beinahe erloschen oder ganz abgekühlt — ein Heer von unsichtbaren Körpern im Universum.

Frage: Ekliptik und Frühlingspunkt

Wie wird eigentlich die Ekliptik bestimmt und wie wird der Frühlingspunkt festgelegt?

Antwort:

Die *Ekliptik* ist der Grosskreis an der «Himmelskugel», den die Sonne — von der Erde aus gesehen — im Laufe eines Jahres durchwandert. Anders gesagt: Der Schnittkreis der Erdbahnebene mit der Himmelskugel ist die Ekliptik.

Der Name stammt vom griechischen Wort «*ekleipsis*» (das Ausbleiben, Verschwinden). Er könnte etwa mit «Finsternislinie» übersetzt werden, denn nur wenn sich der Neumond oder Vollmond sehr nahe bei der Ekliptik befindet, können Finsternisse stattfinden.

Ein zweiter wichtiger Grosskreis ist der *Himmelsäquator*. Dieser ist der Schnittkreis der irdischen Äquatorebene mit der Himmelskugel. Er teilt die Sphäre in eine nördliche und südliche Halbkugel¹⁾.

Himmelsäquator und Ekliptik stehen schief zueinander (Winkel zwischen den beiden Ebenen = $23^\circ 27'$)²⁾ und schneiden sich in zwei Punkten. Der eine dieser Punkte ist der *Frühlingspunkt* («Widderpunkt»). Die Sonne steht in diesem Punkt, wenn sie am 21. März (manchmal auch am 20. März) den Äquator von Süden nach Norden überschreitet (Frühlingsäquinoktium, d.h. Tagundnachtgleiche).

Der Frühlingspunkt ist der Nullpunkt für dasjenige Koordinatensystem, mit dem in der Regel die Orte der Gestirne angegeben werden (z. B. in Sternkarten, Sternkatalogen, Planetentafeln, Jahrbüchern). Dies ist das

bewegte Äquator-System, welches die tägliche Himmelsdrehung mitmacht, d. h. relativ zu den Fixsternen ruhig ist. Sodann wird der Frühlingspunkt auch zum Festlegen der Sternzeit verwendet: Sein Stundenwinkel ist gleich der Sternzeit³⁾.

All dies zeigt die fundamentale Bedeutung dieses Punktes! — Wie kann nun das Grundgerüst Ekliptik/Äquator/Frühlingspunkt an der Sphäre festgelegt werden?

Die Antwort scheint zunächst einfach: Man beobachtet den Sonnenlauf in bezug auf den Fixsternhimmel, dies ergibt die Ekliptik. Der Himmelspol (einziger Punkt ohne scheinbare Bewegung) ist leicht zu finden, der Äquator sodann hat vom Pol einen Abstand von 90 Grad. Somit sind die zwei Kreise und auch deren Schnittpunkte bestimmt. Es steht uns also jetzt ein Koordinatensystem zur Verfügung, auf das wir die Lage der Gestirne beziehen können.

In der Praxis kann der Frühlingspunkt so bestimmt werden, dass man einige Tage vor und nach dem 21. März die genauen Kulminationshöhen der Sonne misst. Durch Interpolation findet man sodann denjenigen Zeitpunkt, wo die Zenitdistanz der Sonne gleich der geogr. Breite, d. h. ihre Deklination gleich Null war. Dies war der Moment, wo sie den Äquator überschritt, also der Frühlingsanfang. Bestimmt man nun noch den Zeitpunkt der Meridiandurchgänge von Sonne und Sternen mit bekannten Koordinaten, kann daraus die Rektaszension der Sonne zur Zeit des Äquinoktiums berechnet werden. Derartige genaue Positionsbestimmungen zeigten nun leider, dass der Frühlingspunkt nicht fest bleibt,

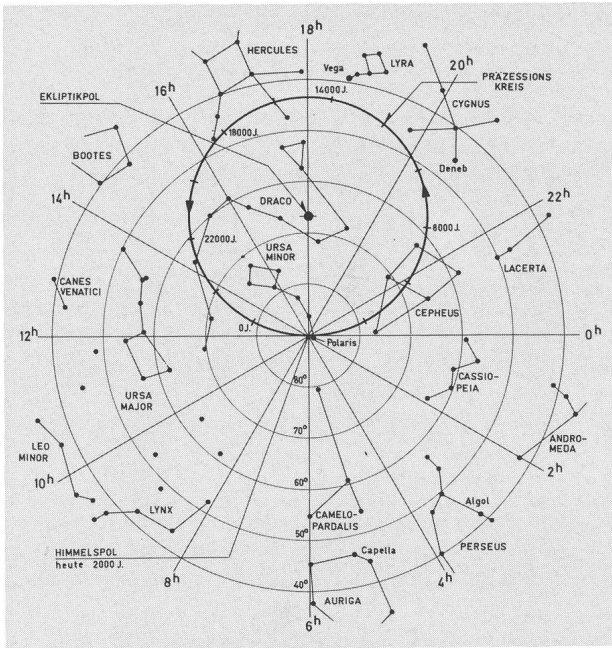
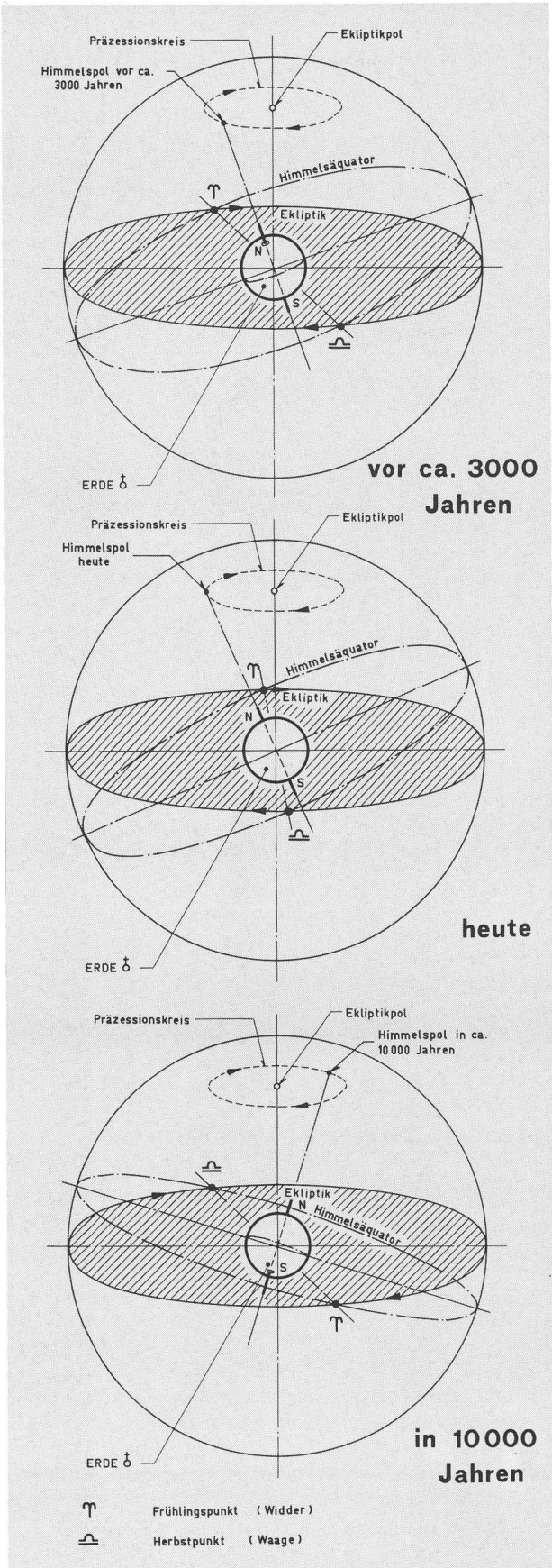


Abb. 1: Die dicke Kreislinie zeigt die Wanderung des Himmelspols durch die Sternbilder: Ein Umlauf in rund 26 000 Jahren. Mit dem Pol verschiebt sich auch das Koordinatensystem. Die Ekliptik und ihr Pol dagegen bleiben nahezu in der gleichen Lage. (Figur nach «dtv-Atlas zur Astronomie» gezeichnet).

Abb. 2: Wanderung des Frühlingspunktes auf der Ekliptik in westlicher Richtung infolge der Präzession: Vor rund 3000 Jahren stand der Frühlingspunkt im Sternbild Widder (daher der Name Widderpunkt), heute steht er im Sternbild Fische, und in 10 000 Jahren wird er im Sternbild Waage zu finden sein, dort wo der Herbstpunkt 13 000 Jahre früher stand.



sondern auf der Ekliptik pro Jahr um rund 50'' gegen Westen wandert⁴⁾. — Woher kommt das?

Die Lage der Ekliptik bleibt — in erster Näherung — unverändert²⁾. Dagegen wandern der Himmelspol und mit ihm der Äquatorkreis in bezug auf die Fixsterne (Abb. 1). Der Grund für die Bewegung des Himmelspols ist die Präzession der Erde⁵⁾. Unser Koordinaten-Nullpunkt ist also offenbar gar kein Fixpunkt! (Abb. 2).

Eine Folge davon: Die Koordinaten der Sterne (Rektaszension und Deklination) ändern sich beständig in gesetzmässiger Weise⁶⁾. In Sternkatalogen muss daher immer auch angegeben werden, in welchem Zeitpunkt das verwendete Koordinatensystem gültig war (heute meist noch «Äquinoktium 1950.0'')^{7,8)}.

Sobald es gelungen war, die fortschreitende Bewegung des Koordinatensystems zu erfassen, konnte man damit wieder mit einiger Sicherheit arbeiten. Das Bezugssystem ist zwar in Bewegung, aber man weiss doch, wie es sich bewegt. Die Sternörter konnten dadurch noch genauer bestimmt werden — und da tauchte auch bereits ein neues Problem auf. Durch Präzisionsmessungen fand man nämlich die Eigenbewegung der Fixsterne⁷⁾. Diese ist wohl ausserordentlich klein, aber «könnten wir den Sternenhimmel durch einen Zeitraffer betrachten, in dem Jahrtausende zu Minuten zusammengedrängt werden, so sähen wir die Sterne durcheinanderlaufen wie eine aufgeregte, führerlose Volksmenge»¹¹⁾. Und ausgerechnet diese durcheinanderlaufenden Lichter wurden als «Fixpunkte» verwendet zum Festlegen des Grundgerüsts aller Messungen! Dabei hatten wir geglaubt, wir

könnten uns danach richten, wie ein Seemann nach den Leuchttürmen.

Das Problem scheint ausweglos zu sein. «Der Astronom, der die Bewegung der Himmelskörper in bezug auf das System der Fixsterne beobachtet, befindet sich in ähnlicher Lage wie ein Baumeister, der ein Haus auf fließendem Sand errichtet und nie sicher sein kann, ob die Fundamente des Gebäudes, statt fest auf felsigem Grund zu ruhen, nicht unmerklich und unkontrollierbar von den in ständiger Bewegung begriffenen Teilchen des Untergrundes davongetragen werden»¹¹⁾.

Damit sind wir zur Kernfrage unseres Problems vorgestossen: Wie lässt sich inmitten bewegter Objekte eine feste, gleichbleibende Richtung finden? Es ist die Frage nach der Definition eines Fundamentalsystems, an das man alle Himmelsobjekte zu jeder Zeit «anschliessen» könnte, von dem aus man unter anderem auch die Bewegung des Frühlingspunktes messen könnte.

«Dabei dreht man sich gewissermassen im Kreis: Um die festen Richtungen im Raum zu finden, die das Fundamentalsystem tragen, haben wir nur bewegte Merkzeichen (die Sterne) zur Verfügung. Um aber Art und Grösse dieser Bewegung richtig beurteilen zu können, müsste man jene feste Richtung schon kennen, die man sucht. Es ist uns also ein Rätsel aufgegeben, das man nur lösen kann, wenn man es schon gelöst hat»¹¹⁾.

Wo ist der Ausweg aus diesem Dilemma? Es bieten sich verschiedene Möglichkeiten an⁹⁾.

1. Man nimmt an, die Eigenbewegungen der Fixsterne seien zufällig, d. h. es gebe keine bevorzugte Richtung. Diese Methode ist ungenau, da etwa die Rotation unserer Galaxie nicht berücksichtigt wird. Sodann kann das Resultat je nach Sternauswahl verschieden ausfallen.

2. Man orientierte sich an sehr weit entfernten Objekten (Spiralnebel), die innerhalb weniger Jahre sicher keine messbaren Verschiebungen durch Eigenbewegung zeigen. Nachteil: Diese Objekte sind nicht punktförmig. Heute verwendet man dazu punktförmige Radioquellen (Quasare), deren Position mit Radioteleskopen bis auf kleine Bruchteile von Winkelsekunden genau bestimmt werden kann.

3. Man definiert ein Fundamentalsystem so, dass darin alle Bewegungen nur durch die Newtonschen Gravitationsgesetze erklärt werden können, vor allem auch die Grösse der Präzession¹⁰⁾.

Die Schaffung eines Systems, das «am Himmel fest verankert» ist, verlangt auf jeden Fall die Zusammenarbeit einer Vielzahl von beobachtenden, auswertenden und theoretisch arbeitenden Astronomen. Ziel ist es, das umfangreiche Beobachtungsmaterial in ein einheitliches und möglichst fehlerfreies Fundamentalsystem einordnen zu können.

Anmerkungen:

- 1) Andere wichtige Grosskreise nebst Ekliptik und Himmelsäquator sind der Horizontkreis und der Meridian. Diese sind, im Gegensatz zu den erstgenannten, vom Beobachtungsort abhängig. Sie ergeben das Horizont-System.
- 2) Durch die Einwirkung von Mond und Planeten auf die Erdbewegung bleibt die Ekliptikschiefe nicht konstant. Sie ändert sich mit einer Periode von 40 000 Jahren zwischen $21^{\circ}55'$ und $24^{\circ}18'$. Für 1900.0 beträgt sie $23^{\circ}27'8,26''$ und die Abnahme $0,47''$ pro Jahr.
- 3) Einige astronomische Koordinatensysteme (Übersicht unvollständig):
 - a) *Das bewegte Äquator-System*: Rektaszension dem

Äquator entlang von Frühlingspunkt aus nach Osten gezählt, Deklination vom Äquator aus zum Nordpol positiv, zum Südpol negativ gezählt.

b) *Das ekliptikale System* benützt die Ekliptik und deren Pole als Grundgerüst. Auch hier ist der Frühlingspunkt Nullpunkt, auch dieses System ist bezüglich der Fixsterne fest.

c) *Das Horizont-System* dagegen ist ortsfest (Azimut und Höhe vom Beobachter aus gesehen). In diesem System wandern die Sterne.

d) *Das feste Äquator-System*: Sein Abbild finden wir etwa auf den Teilkreisen einer äquatorialen Fernrohrmontierung. An die Stelle der Rektaszension tritt der Stundenwinkel. Auch in diesem System wandern die Sterne.

- 4) Die Sonne braucht 365,2421988 Tage, um vom Frühlingspunkt bis wieder zu diesem zu gelangen (= 1 tropisches Jahr). Erst etwa $20\frac{1}{2}$ Minuten später hat sie aber den gleichen Ort wie vor einem Jahr in bezug auf die Fixsterne erreicht (1 siderisches Jahr = 365,2563604 Tage). — Das tropische Jahr ist die Länge eines durchschnittlichen Kalenderjahrs.

- 5) Die Präzession ist eine derartige Bewegung der Erdkugel, dass deren Achse langsam auf einem Kegelmantel rundum läuft und erst nach 25 700 Jahren wieder in dieselbe Richtung zeigt. Nebenbei: Obschon der ganze Erdkörper (und nicht etwa — wie irrtümlicherweise etwa geglaubt wird — nur die Achse innerhalb der Kugel) die Präzessionsbewegung mitmacht, ändern sich dadurch die Klimazonen auf der Erde nicht. Die Eiszeiten können somit *nicht* mit der Präzession erklärt werden!

Die Präzession ist eine Folge der Gravitationswirkung von Mond und Sonne auf die Erde (sogenannte «Lunisolpräzession»). Diese Störkräfte sind aber nicht konstant. Sie können mathematisch mit einer Reihe von Ausdrücken erfasst werden, die u.a. verschiedene periodische Schwankungen beschreiben (z. B. mit der Länge eines Jahres, eines Mondumlaufs, eines Umlaufs des Mondknotens usw.). — Die Folge davon ist, dass der Frühlingspunkt nicht mit konstanter Geschwindigkeit auf der Ekliptik läuft, sondern von einem mittleren Frühlingspunkt um $\pm 8,6''$ abweichen kann. Die gemittelte gleichmässige Bewegung heisst Präzession, die genannten Schwankungen bezeichnet man als Nutation. Mathematisch ausgedrückt: Die Nutation ist die Summe aller periodischen Terme in den Präzessionsformeln. Bei weitem der grösste Term ist dabei derjenige, welcher eine Störung mit einer Periode von 18,6 Jahren (Umlaufzeit des Mondknotens) beschreibt.

- 6) Im Ekliptikalsystem ändert sich durch die Präzession nur der eine Koordinatenwert (die «ekliptikale Länge»). Im Äquator-System ändern beide Werte (siehe z. B. Präzessionstabelle in «Sternenhimmel 1979», Seite 179).
- 7) Nebst der Angabe des «Äquinoktiums» (bezieht sich auf das verwendete Koordinatensystem) findet man in Sternkatalogen als zweite wichtige Angabe die «Epoche». Dies ist der Zeitpunkt, für den die angegebenen Sternkoordinaten gelten. Diese erfahren ja wegen der Eigenbewegung des Sterns eine zeitliche Änderung. Die Epoche kann der Zeitpunkt der Beobachtung, also der Positionsmessung sein oder auch ein einheitliches Datum, auf das alle Sternörter des Katalogs umgerechnet wurden.
- 8) Die neu erschienene drehbare Sternkarte «Sirius» (grosses Modell) ist für das Äquinoktium 2000.0 gezeichnet. Gegenüber dem vorangehenden Modell (Äquinoktium 1950.0) ergeben sich durch die Präzession bereits wesentliche Positionsänderungen der Sterne, die sich zeichnerisch vor allem am Kartenrand recht stark auswirken: Verschiebungen in Rektaszension bis etwa 2,5 mm, was einer Differenz von 4 Minuten entspricht.
- 9) Zur Schaffung eines Fundamentalsystems müssen genaue Kenntnisse vorhanden sein über: Präzession, Nutation, Schiefe der Ekliptik, Aberration und Refraktion des Lichts.

- 10) Kleinplaneten sind rasch bewegte, punktförmig erscheinende Himmelskörper, die sich für diese Methode gut eignen. Durch die mathematische Auswertung von Positionsbestimmungen (d. h. durch den Vergleich von Bahnrechnungen und Beobachtungen) solcher Wandelsterne merkte man neuerdings, dass die Präzessionskonstante um ca. $0,2''/\infty$ korrigiert werden muss, was etwa $1,1''$ pro Jahrhundert ausmacht.
- 11) Die Zitate stammen aus Littrow/Stumpff: Die Wunder des Himmels (Ferd. Dümmers Verlag Bonn) ISBN 3 427 70271 5.

Adresse des Verfassers:
ERICH LAAGER, Schlüchtern 9, CH-3150 Schwarzenburg.
Zeichnungen: Hans Bodmer, CH-8606 Greifensee.

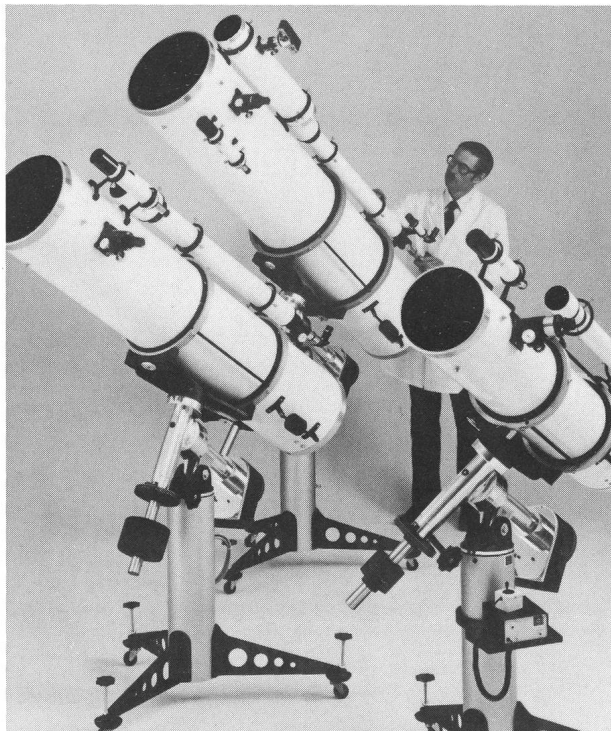
An- und Verkauf

Für den Aufbau einer Schul-Sternwarte werden gesucht: Behausung für grösseres Instrument oder Drehkuppel sowie Astrokamera.
Angebote an die ORION-Redaktion: Tel. 032 - 41 77 63
(Dr. P. Gerber, Juravorstadt 57, 2502 Biel)

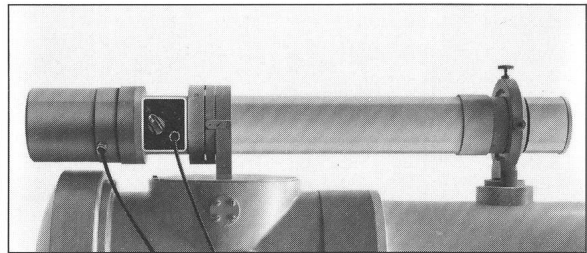
Zu verkaufen

Achromatisches Objektiv, Durchmesser 64 mm, Brennweite 76 cm. Preis Fr. 60.—
Tel. 032 - 41 77 63, (Dr. P. Gerber, Juravorstadt 57, 2502 Biel)

NEWTON-TELESKOP komplett oder Einzelteile separat. Ausbaubar mit elektron. Steuerung von beiden Achsen für die Langzeitfotografie. Vollgarantie. Ab Lager. Katalog von:
E. Aepli, Loowiesenstr. 60, 8106 Adlikon. 01/840 42 23
15 cm Fr. 1590 | 20 cm Fr. 1790 | 25 cm Fr. 3950 | 31 cm Fr. 4900



Die Sonne automatisch im Visier: Sonnenleitrohr von Zeiss. Die praktische Ergänzung Ihres Beobachtungsgeräts.



Beobachten und registrieren Sie die Sonne langfristig? Dann ist das Sonnenleitrohr von Zeiss ideal für Sie! Es führt Ihr Beobachtungsinstrument automatisch nach. Genau!

Das Sonnenleitrohr von Zeiss läßt sich an allen mittleren und großen Sonnenteliskopen, die mit Servomotoren gesteuert werden, problemlos anbringen. Zeiss hilft Ihnen dabei mit allen notwendigen Informationen.

Technische Daten:

Nachführgenauigkeit	1 Bogensekunde
Elektrischer Anschluß	220 V/45...65 Hz
Länge	760 mm
Gewicht	etwa 3,3 kg.

Zeiss Sonnenleitrohr – Ihr Vorteil, besonders in Zeiten aktiver Sonne. Verlangen Sie nähere Informationen von

Carl Zeiss, D-7082 Oberkochen

ZEISS

West Germany

Der Blick
in die Zukunft