

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 6 (1961)
Heft: 73

Artikel: Das photographische Zenit-Teleskop
Autor: Schuler, Walter
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-900301>

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>

ORION

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

JULI – SEPTEMBER 1961

No 73

3. Heft von Band VI - 3^e fascicule du Tome VI

DAS PHOTOGRAPHISCHE ZENIT-TELESKOP

Von Walter SCHULER, Observatorium Neuenburg

Seit ungefähr einem Jahrzehnt setzt sich die Verwendung eines ganz neuartigen Beobachtungsinstrumentes im Zeit- und Breitendienst immer mehr durch. Ursprünglich nur für Breitenbestimmung brauchbar, wurde das « Photographic Zenith Tube » (PZT) vom Naval Observatory in Washington so umgebaut, dass es mit der gleichen Präzision wie die geographische Breite auch die Zeit zu bestimmen vermag. Obwohl diese Genauigkeit diejenige von visuellen Beobachtungen am Meridiankreis bei weitem übertrifft, stiess die Einführung des PZT anfangs auf gewisse Schwierigkeiten, die sich insbesondere aus der notwendigen Beschränkung auf Zenitbeobachtungen ergaben. Dank seiner grossen Genauigkeit, sowie seiner Unabhängigkeit von Instrumentalfehlern und menschlichen Einflüssen, kommt jedoch heute diesem Instrument eine führende Rolle im Zeit- und Breitendienst zu.

Der optische Teil des Instruments ist denkbar einfach. Er besteht nur aus einem Quecksilberbad als Horizontalspiegel und einem astronomischen Objektiv von etwa 25 cm Durchmesser. Die Fokaldistanz ist bei einigen Instrumenten auf 3,438 m festgelegt worden, sodass also eine Winkelminute einem mm in der Abbildungsebene entspricht. Eine Besonderheit muss das Objektiv aufweisen: seine zweite Hauptebene muss mindestens ein paar mm ausserhalb des Glases liegen, da die

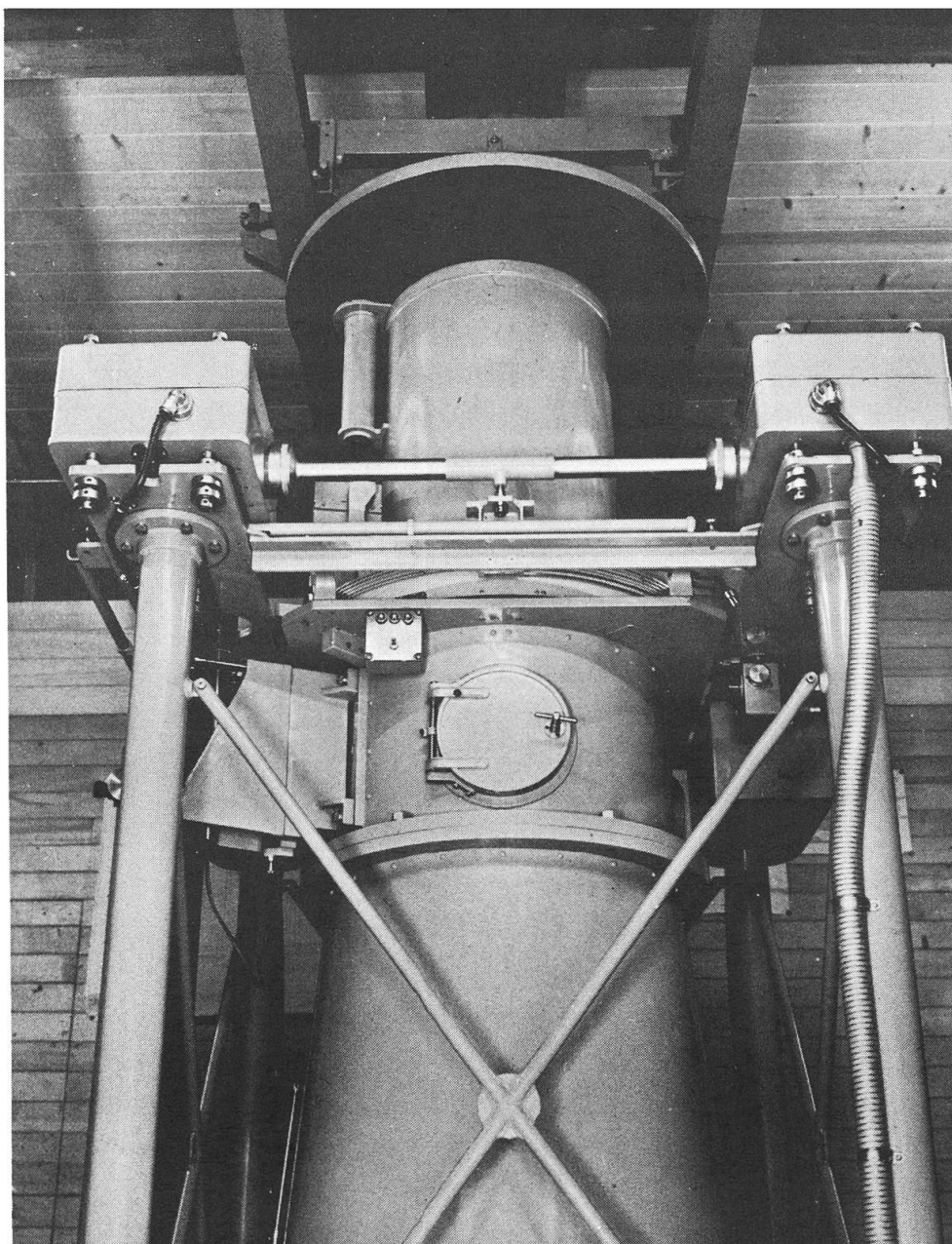


Abbildung 1 - Das photographische Zenit-Teleskop des Observatoriums
Neuenburg.

photographische Platte, wie wir noch sehen werden, in diese Ebene verbracht werden muss. Der Quecksilberspiegel B steht auf dem Fundament im unbeweglichen, senkrechten Hauptrohr A (Abbildung 2). Den oberem Abschluss des Hauptrohres bildet ein kranzförmiges Kugellager, auf welchem der um eine senkrechte Achse drehbare obere Teil D, genannt Rotary, aufgesetzt ist. Das Rotary trägt das horizontal liegende

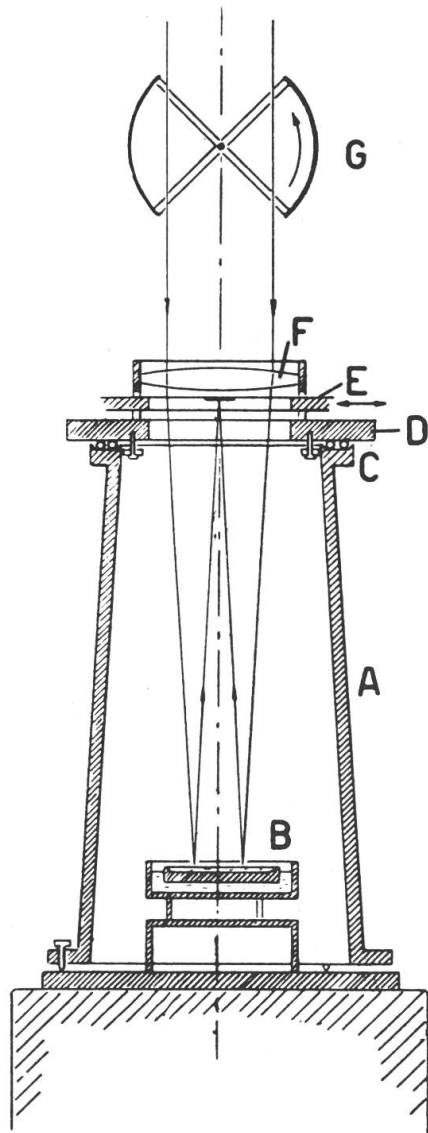


Abbildung 2 - Schematischer Querschnitt.

Objektiv F, den Plattenwagen E und das für seinen Antrieb notwendige Mikrometer. Die Form des Plattenwagens unter dem Objektiv ist so gewählt, dass ein möglichst kleiner Lichtverlust in Kauf genommen werden muss. Demgemäss ist auch die Plattengrösse ganz knapp zu bemessen, da die Kassette ja die Zentralpartie des Objektivs verdeckt. Die 4×4 cm messende Platte ist dem Spiegel zugekehrt, welcher die Fokalebene auf sie reflektiert. Die Distanz Platte-Spiegel muss also genau $f/2$ betragen, was durch Verstellen der Höhe des Quecksilberbades erreicht wird.

Man sieht leicht, dass bei solcher Anordnung das Beobachtungsfeld auf wenige Winkelminuten um den Zenit beschränkt ist. Dieser Umstand birgt sowohl Vorteile wie auch Nachteile in sich. Einmal ist der Zenit die denkbar günstigste Beobachtungsrichtung. Die feste, senkrechte Aufstellung des Rohres bringt eine ungewöhnlich grosse Stabilität mit sich und gestattet dazu verhältnismässig leicht eine vollkommene Automatisierung der Beobachtungen. Auch kann der Verschluss G unabhängig vom Instrument über diesem angebracht werden, wodurch unnötige Erschütterungen des Quecksilberbades und auch der Plattenhalterung vermieden werden.

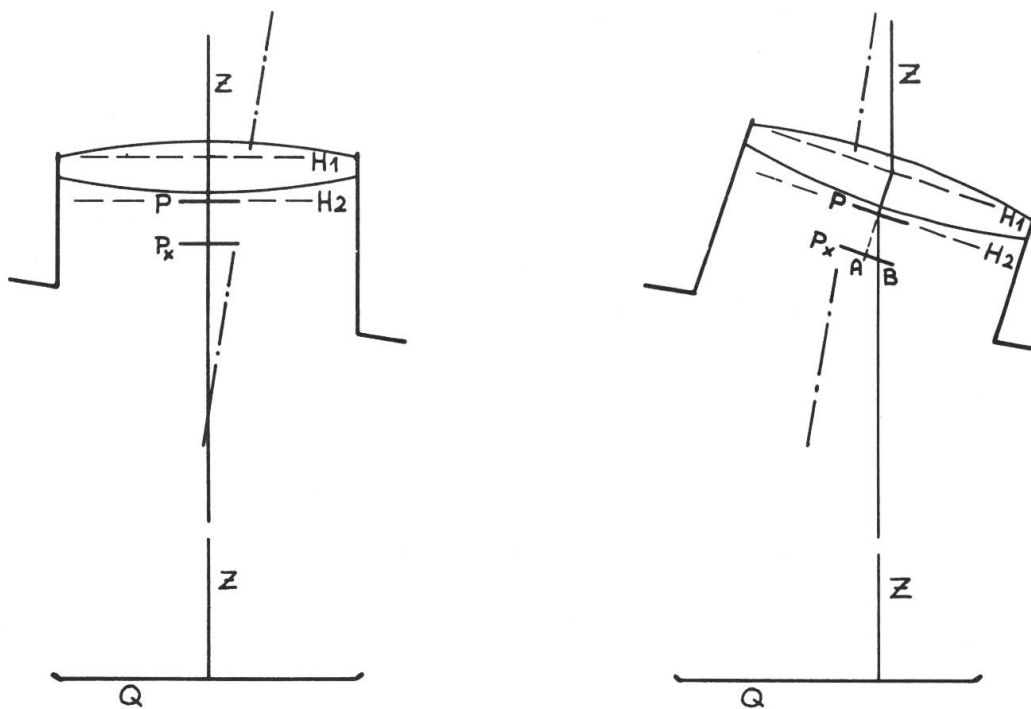


Abbildung 3 - Rotary mit übertriebener Neigung und Exzentrizität der Drehachse. Q = Quecksilberspiegel, Z = vom Zenit einfallender Zentralstrahl. Die beiden Zeichnungen unterscheiden sich durch eine Drehung des Rotary um 180° . Bei Plattenlage P in der zweiten Hauptebene H2 verschiebt sich das Zenitbild nicht auf der Platte. Bei beliebiger Lage Px hingegen, wandert es während der Drehung von A nach B.

Der grosse Nachteil liegt jedoch in der beschränkten Sternauswahl. Da die Beobachtungszone am Fixsternhimmel ein Band von nur $20'$ oder höchstens $30'$ Breite ausmacht, muss für jedes Instrument ein der geographischen Breite seines Standortes entsprechendes Beobachtungsprogramm aufgestellt werden. So genügt z. B. ein Standortwechsel von 20 km in nord-südlicher Richtung, um die Hälfte der beobachtbaren

Sterne aus dem Feld wandern zu lassen. Verschiedene Aufstellungsorte, die also nicht auf ganz wenige km genau die gleiche geographische Breite aufweisen, können nicht das gleiche Beobachtungsprogramm benützen, und bis heute gibt es noch keine zwei Stationen mit gleichem Programm. Die Resultate zweier Instrumente sind daher nicht direkt vergleichbar.

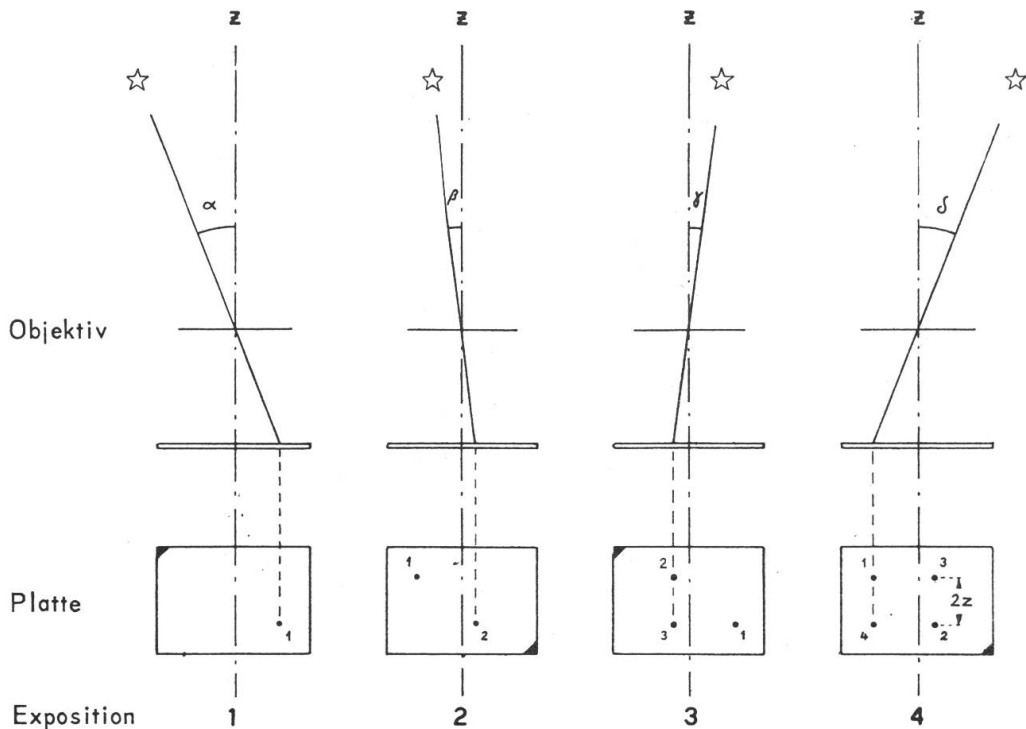


Abbildung 4 - Aufnahme eines Sterndurchgangs.

Kommen wir nun zur Beobachtungsmethode. Die Abbildung des Zenits kann wohl mit dem in sich selbst reflektierten Zentralstrahl definiert, aber auf der photographischen Platte nicht materialisiert werden. Da also der für eine absolute Messung notwendige Nullpunkt nicht direkt zugänglich ist, muss man sich eben wie bei andern Beobachtungsmethoden mit einer differentiellen Messung behelfen. Wenn es gelingt, eine senkrechte Achse, um welche die Platte um 180° gedreht werden kann, genau in die Abbildung des Zenits zu legen, so kann aus zwei um diesen Winkel versetzten Aufnahmen eines Sternes seine doppelte Zenitdistanz abgeleitet werden. Die gestellte Bedingung ist jedoch mit einer Drehung der Platte allein praktisch nicht erfüllbar. Sobald man

aber Platte und Objektiv als Ganzes um eine beliebige, nur annähernd senkrechte Achse dreht, braucht die Platte nur in der zweiten Hauptebene des Objektivs zu liegen, und das Zenitbild kann sich zur Platte nicht mehr verschieben, denn es fällt ja dann mit dem Knotenpunkt des Objektivs zusammen (Abbildung 3). Die Justierung von Drehachse, Objektiv und Platte kann mit Leichtigkeit weit innerhalb der Toleranzen gehalten werden.

Mit der halben Drehung des Rotary um den Zenit kommen die Abbildungen eines Sternes auf zwei zum ersten Vertikal symmetrische Bahnen zu liegen. Allerdings muss für eine punktförmige Abbildung die Platte in west-östlicher Richtung nachgeführt werden, denn die notwendige Belichtungsdauer geht bis zu 20 Sekunden (für Sterne 10. Grösse). Es genügt jedoch eine für alle Sterne konstante Nachführungsgeschwindigkeit, denn die Deklinationsunterschiede erreichen ja höchstens 20'. Für die Breite von Neuenburg z. B. beträgt sie 0,1705 mm pro Sternzeitsekunde. Der Antrieb erfolgt von einem mit der Bezugshuhr synchron laufenden Motor über ein Reduktionsgetriebe auf eine Mikrometerschraube. Da sich das Rotary nach jeder Belichtung um 180° dreht, wird die Endstellung des Plattenwagens zugleich zur Ausgangsstellung für die nächste Belichtung, indem sich jetzt der Wagen rückläufig bewegt.

Damit die für eine Auswertung notwendige Orientierung der Plattenkoordinaten bestimmt werden kann, braucht es vier Aufnahmen, die in genau bekannten Zeitabständen den Durchgang des Sternes verfolgen. Der gleiche Synchronmotor, welcher den Plattenwagen antreibt, steuert auch auf die Tausendstelsekunde genau das automatische Programm von vier Aufnahmen. Damit auch der Start dieses Programms für jeden Stern automatisch erfolgen kann, wurde am Observatorium Neuenburg ein Schaltgerät mit einem Sekunden-Zählwerk gebaut. Mittels Lochstreifen werden dem Gerät die verschiedenen Startzeiten zugeführt, und sobald das Zählwerk eine aufgenommene Startzeit erreicht, werden Programmstart und andere Funktionen, wie z. B. Wahl der Belichtungszeit nach Sterngrösse, ausgelöst.

Die Startzeit für die Registrierung eines Sternes wird so gewählt, dass die Aufnahmen möglichst symmetrisch zum Meridiandurchgang liegen, wie dies Abbildung 4 schematisch darstellt. In diesem Idealfall, da Programm-Mitte und Meridiandurchgang zeitlich zusammenfallen (also $\alpha = \delta$ und $\beta = \gamma$), bilden die vier Sternbilder ein Rechteck (in erster Näherung), dessen Höhe 2z der doppelten Zenitdistanz

des Sternes entspricht. Die Länge des Rechtecks legt den Masstab auf der Platte fest; sie entspricht der im Programm fixierten Zeitspanne $2k$ zwischen der Belichtung 1 und 3, respektive 2 und 4.

Ist der Uhrstand bei Programm-Mitte bekannt, so gibt die Differenz mit der Rektaszension des Sternes direkt die Uhrkorrektur. In Wirklichkeit ereignet sich jedoch die Programm-Mitte etwas vor oder nach dem Sterndurchgang, wobei sich das Rechteck zu einem Parallelogramm verschiebt. Wie Abbildung 5 zeigt, erhält man durch Messung dieser geometrischen Verschiebung v den doppelten Betrag des gesuchten zeitlichen Intervalls x . Somit ist also auch in diesem Fall der Uhrstand im Sterndurchgang zugänglich.

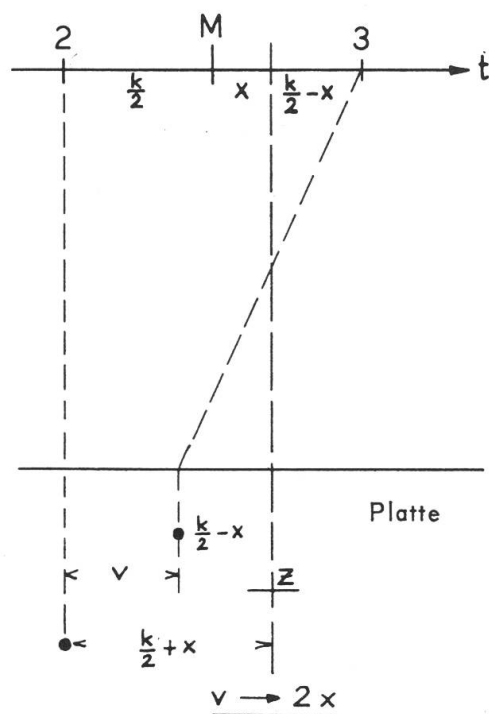


Abbildung 5 - Bestimmung des Intervalls x zwischen Programm-Mitte und Meridiandurchgang. Die Programm-Mitte M ereignet sich um den Betrag x zu früh. Die den Belichtungen 2 und 3 entsprechenden Bilder gestatten die Bestimmung von x . (Dasselbe gilt für die Bilder 1 und 4, die einfachheitshalber weggelassen wurden.)

Die Parallelogramme der verschiedenen Sterndurchgänge überlagern sich natürlich, doch unterscheiden sie sich in ihrer Höhe. Bei genügend kleinen Startfehlern erhält man also zwei Kolonnen von Sternbildern. Haben zwei Sterne annähernd gleiche Zenitdistanz und laufen Gefahr, sich auf der Platte zu überlagern, so kann man sie durch absichtliche Startverschiebung leicht trennen.

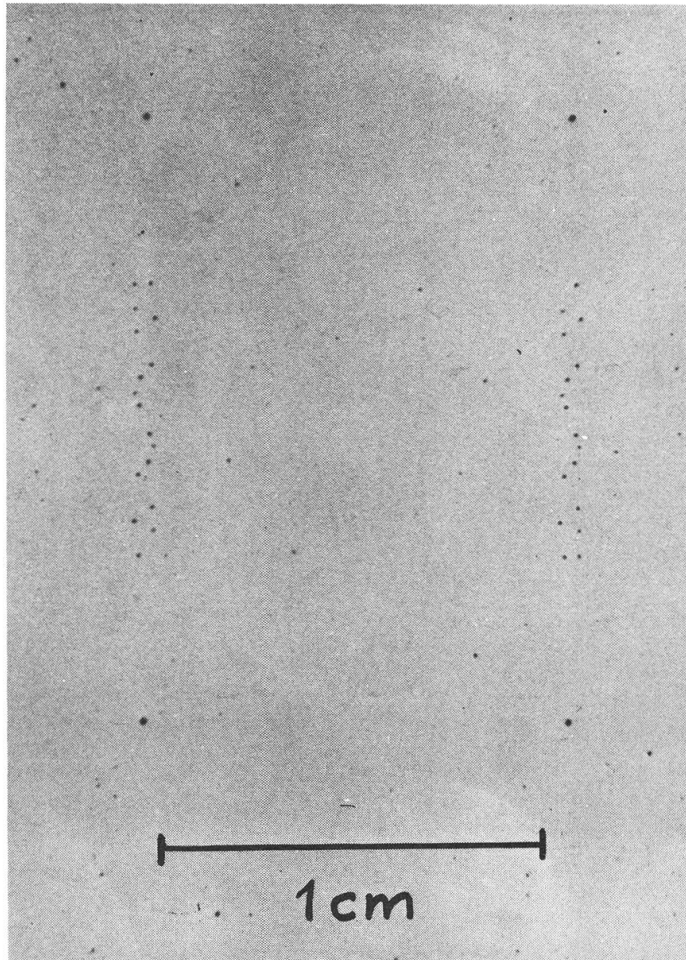


Abbildung 6 - Aufnahme von neun Sterndurchgängen.

Auf Abbildung 6, einem Ausschnitt aus einer Originalaufnahme, sind die beiden Kolonnen deutlich sichtbar. Die vier Bilder eines Sternes sind leicht zu identifizieren, da ja beide Kolonnen gleich sind und zudem je ein Symmetriezentrum auf dem ersten Vertikal besitzen. Sternbilder, die in weniger als vier Exemplaren vorhanden sind, stammen von Mitläufern, die während des zweieinhalb-minütigen Beobachtungszyklus eines andern Sterns ins Feld hineingewandert sind. Zur Auswertung werden die relativen Koordinaten aller Sternbilder unter dem Messmikroskop ausgemessen.

Die Mikroaufnahme Abbildung 7 zeigt in starker Vergrößerung eine Plattenzone mit Bildern von vier verschiedenen Sternen. Die Qualität der Bilder hängt ziemlich stark von den atmosphärischen Bedingungen ab. Mit der Schwärzung ist auch der Durchmesser der Bilder Funktion der Sternhelligkeit. Für helle Sterne wird das Instrument deshalb von

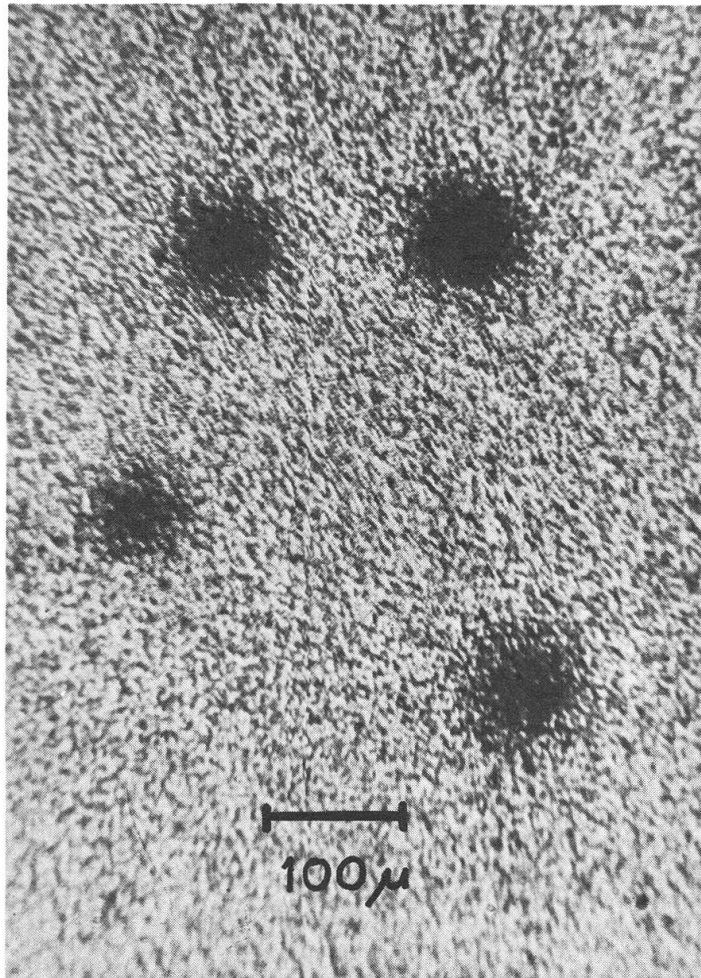


Abbildung 7 - Mikroaufnahme einer Plattenzone von vier verschiedenen Sternen.

20 auf 7 Sekunden Belichtungszeit umgeschaltet. Der Durchmesser des Beugungsscheibchens beträgt ca. 20μ , doch sind die Abbildungen nur bei den schwächsten Sternen und bei sehr guten Beobachtungsverhältnissen so klein. Die Messgenauigkeit wird allerdings dabei nicht größer, denn meist ist dann die Schwärzung zu schwach. Der mittlere Durchmesser der Bilder beträgt etwa 60μ , und doch kommt man bei visueller Zentrierung unter dem Mikroskop für eine Distanzmessung auf eine erstaunlich kleine statistische Streuung von nur 3 bis 4μ . Daraus ergibt sich für die Registrierung eines Sterndurchgangs eine Genauigkeit von 12 Millisekunden in Zeit und $0,12$ in Breite.

Natürlich dürfen sich die einzelnen Sternbilder nicht zu nahe kommen, da sonst Messfehler auftreten. Die Sternzahl auf einer Platte ist also beschränkt. Damit jedoch in einer Nacht nicht zu häufig die Platte

ausgewechselt werden muss, was die Vollautomatisierung ja wieder teilweise illusorisch machen würde, verschiebt sich beim Neuenburger Instrument jeweils nach etwa zehn Sternen, d.h. alle zwei Stunden, die Ausgangsstellung des Plattenwagens, sodass sich neben den ersten zwei Bildkolonnen deren weitere bilden können. Diese Verschiebung, deren Steuerung ebenfalls vom automatischen Startgerät ausgeht, kann viermal vorgenommen werden, wobei man also mit einer Platte im Maximum auf acht Bildkolonnen mit insgesamt etwa 160 Sternbildern kommt. Beobachtungstechnisch bedeutet dies, dass das Instrument volle acht Stunden ohne jegliche Betreuung arbeitet und dass so bei minimalstem Personalaufwand jede klare Nacht voll ausgenützt werden kann.

Aus jeder Beobachtungsgruppe von zwei Stunden Dauer wird je ein Mittelwert für die Zeitkorrektur und für die geographische Breite berechnet. Die statistische Schwankung eines solchen Mittelwertes beträgt für Neuenburg, wie auch für Washington und Tokio, 6 Millisekunden, eine Genauigkeit, die bisher mit keinem andern Instrument erreicht werden konnte.

Die bis heute in Betrieb stehenden PZT kann man noch an den Fingern abzählen. Ihre Standorte sind, in der ungefähren Reihenfolge ihrer Erstellung: U. S. Naval Observatory Washington und Richmond, Observatorium Ottawa, Tokio, Neuenburg, Greenwich (Herstmonceux) und Canberra, Deutsches Hydrographisches Institut Hamburg, Observatorium Pulkowa.

(Manuskript eingegangen im Mai 1959.)