

**Zeitschrift:** Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
**Herausgeber:** Schweizerische Astronomische Gesellschaft  
**Band:** 31 (1973)  
**Heft:** 134

**Artikel:** Stellarphotographie mit dem Refraktor  
**Autor:** Treutner, Heinrich  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-899688>

### **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>**

division. Devant le disque, en projection, il était plus clair, et par bonnes images on voyait, à travers l'anneau, la continuation de la EZ.

Ombre du globe sur les anneaux L'ombre était très bien visible, avant l'opposition, elle se trouvait à gauche du disque (vision télescopique), et après à droite.

Cotes d'intensité (T).

Objet	Observateurs		
	JETZER	MATERNI	T moyenne
SPR	4.8	5.5	5.2
STZ	3.2	3.6	3.4
SEB	4.6	4.9	4.8
EZ	1.9	2.3	2.1
Anneau A extér.	3.8	4.1	4.0
Anneau A intér.	2.4	3.1	2.8
Anneau B extér.	1.0	1.6	1.3
Anneau B intér.	1.5	2.4	2.0
Anneau C	6.7	7.7	7.2
Division de CASSINI	8.1	8.2	8.2
Division d'ENCKE	6.9	6.8	6.8
Ombre du globe sur les anneaux	8.6	8.0	8.3
Anneau C en projection dev. le disque	5.6	5.7	5.6

Ces intensités T semblent assez normales et les différences entre les deux observateurs sont assez petites.

#### Satellites

Rhea e Titan ont toujours pu être observés. Tethys et Dione ont été observés maintes fois, avec images médiocres, au contraire Japetus fut observé seulement quand il était près de son élongation occidentale. Les autres satellites n'ont pas été observés. Un champ très intéressant d'observations serait l'évaluation des magnitudes de ces satellites, qui sont sujets à des variations assez fortes.

#### Conclusions

Mise à part la question des taches blanches, indice d'une forte activité, le reste est très normal. Nous espérons pouvoir faire encore des rapports sur Saturne pour les oppositions qui suivront. Pour cette raison nous prions tous les observateurs qui ont des dessins, des photos etc. de nous les envoyer. Nous recommandons de faire, en plus des dessins, des évaluations des cotes d'intensité et des mensurations de la latitude (soit avec le micromètre, soit visuellement). Nous prions aussi les observateurs qui voient des taches sur la planète, ou d'autres choses intéressantes, de nous le communiquer le plus tôt possible.

#### Littérature:

<sup>1)</sup> ORION 29, 186 (1972) No. 127.

Adresse des auteurs: F. JETZER, via Lugano 11, CH-6500 Bellinzona; A. MATERNI, via Bertoni 15, CH-6500 Bellinzona.

## Stellarphotographie mit dem Refraktor

VON HEINRICH TREUTNER, Neustadt

### 1. Allgemeines

Für die Stellarphotographie werden zumeist lichtstarke und relativ kurzbreitweitige Spiegelteleskope verwendet<sup>1)</sup>. Bei längeren Belichtungszeiten tritt bei diesem Instrumententyp jedoch leicht eine Verbreiterung der Sternbildchen ein, die das Trennvermögen für nahe beieinander stehende Sterne beeinträchtigt. Aus diesem Grund sind in der professionellen Astronomie zur Trennung enger Doppelsterne vorzugsweise *Refraktoren* eingesetzt worden<sup>2)</sup>. Der Refraktor eignet sich also besonders dann gut für langbreitweitige Stellaraufnahmen, wenn ein hohes Trennvermögen verlangt wird.

Selbstverständlich stellt das Photographieren mit Instrumenten mit Brennweiten von mehreren Metern hohe Anforderungen an den mechanischen Aufbau und die Nachführeinrichtung, und es ist unerlässlich, darüber zuverlässige Kontrollen zu haben. Im speziellen sind die folgenden Punkte zu beachten:

1. Das optische System muss einwandfrei scharfe Bilder garantieren.
2. Der ganze Fernrohraufbau muss sehr stabil und die Tragkraft der Montierung genügend gross sein. Die Achsen der Montierung müssen spielfrei gelagert sein, um Verzugserscheinungen auszuschliessen.

3. Komplizierte Antriebsmechanismen sind zu vermeiden, weil bei diesen leicht unkontrollierbare Störungen auftreten.
4. Um ein entsprechend grosses Leitrohr zu umgehen, muss eine zuverlässige Steuerung des Stundenantriebs und eine genaue Nachführkontrolle eingerichtet werden.
5. Die Stundenachse muss in Polhöhe und Azimut genauestens ausgerichtet sein.

Nachfolgend soll beschrieben werden, wie diesen Bedingungen auf einfache Weise genügt werden kann. Dem Verfasser steht für Stellaraufnahmen ein Faltrefraktor 20/400 cm zur Verfügung<sup>3)</sup>; dieser wird von einer deutschen Montierung getragen, deren Achsen in Kegelrollenlagern spielfrei beweglich sind. Die Schnecke des einfachen Untersetzungsgetriebes ist direkt mit einem 5 W/12 V-Synchronmotor mit angebaute Untersetzungsgetriebe gekoppelt. Diese Bauweise ist einfach und solid und hat sich auch bei hohen Ansprüchen bewährt.

### 2. Die Pendelbewegung

Bei Erfüllung aller vorgenannten Bedingungen sollte man erwarten, dass ein im Fadenkreuz des Okulars zentrierter Stern auch über längere Zeiten

dort verbleibt. Leider trifft dies im allgemeinen nicht zu. Als Ursache für periodische Abweichungen des Sterns vom Fadenkreuz wurde ein minimaler Unrundlauf der Schnecke erkannt. Im folgenden soll gezeigt werden, wie dieser fast unvermeidbare Nachführfehler erkannt und eliminiert werden kann.

An der Schneckenwelle wurde eine Skalenscheibe befestigt, die unter einem Index spielt, so dass sich die Abweichungen des Leitsterns vom Fadenkreuz auf die Stellung der Schneckenwelle beziehen lassen. Die Skalenscheibe ist in Fig. 3, der Verlauf der Abweichungen des Leitsterns in Fig. 1 zu sehen. Es ergab sich, dass im Laufe einer Umdrehung der Schneckenwelle der Leitstern einmal «vorgeht» und einmal «zurückbleibt», während er dazwischen auf dem Fadenkreuz verbleibt. So war klarzustellen, dass diese Abweichungen auf einen Unrundlauf der Schnecke und damit auf eine Variation ihres Eingriffs ins Schneckenrad zurückzuführen sind und damit das «Pendeln» des Leitsterns verursachen.

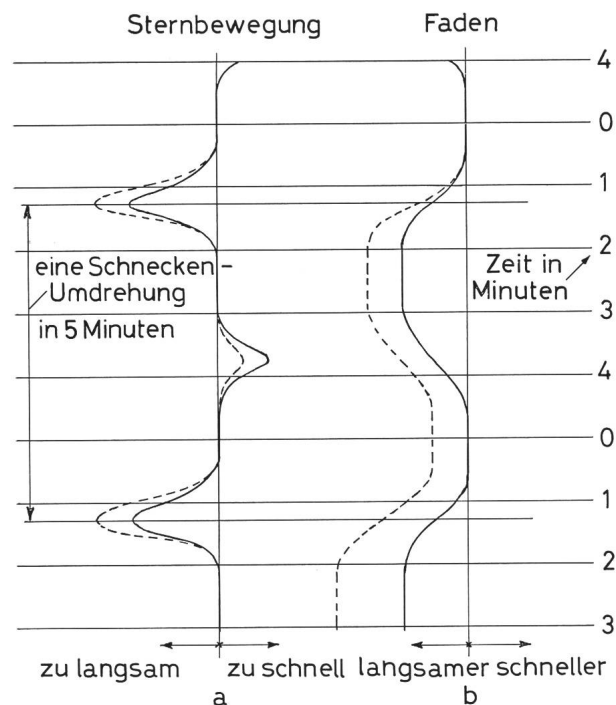


Fig. 1: Graphische Darstellung der Pendelbewegung

a) Abweichungen eines Sterns von seiner idealen Position im Fadenkreuz eines Fernrohrs bei Pendelung um die exakte Nachführgeschwindigkeit.

b) Unkorrigierte Abweichungen eines Sterns, bezogen auf seine ideale (Anfangs-) Position im Fadenkreuz.

$\alpha$ ) bei idealer Nachführung (—)

$\beta$ ) bei Nachführung mit Netzfrequenz (- - -)

Grundlage: Schnecke: 1 U/5 Min. Schneckenrad: 288 Zähne

Bei grossen professionellen Instrumenten, bei denen die Erscheinung des «Pendeln» ebenfalls bekannt ist, hat man sich mit doppelten, diametral gegenüberliegenden Schneckenantrieben zu helfen versucht<sup>4</sup>). Da solche ausgleichende Antriebe für Amateur-Instrumente aber kaum in Frage kommen, musste eine andere Lösung des Problems gefunden werden.

Zum Erkennen der Pendelausschläge nach Grösse, Richtung und Zeit betreibt man die motorische Nachführung *ohne Korrekturen an dieser* mit angenäherter Normalfrequenz (Netz), rückt aber alle 15–20 Sekunden den Leitstern an den Faden zurück, sofern er abgewichen sein sollte. Die manuellen Korrekturen trägt man nach Grösse und Richtung, sowie zeitlich koordiniert auf der Skalenscheibe ein. In der Folge kann man dann auf der Skalenscheibe der Fig. 3 direkt ablesen, ob und wann und in welcher Richtung der Leitstern abweicht. Auf diese Weise wird die Skalenscheibe eine *Pendelanzeigescheibe*.

### 3. Die Kontrolle und Eliminierung der Pendelbewegung

Da auch eine Rundlaufgenauigkeit von 0.001 mm der Schneckenwelle keine Gewähr dafür bietet, dass das «Pendeln» völlig verschwindet, und da daneben auch noch auf kleine Verzahnungsfehler zurückzuführende Unregelmässigkeiten auftreten, erwies es sich als notwendig, die Nachführung durch Frequenzvariation des Antriebs zu kontrollieren und zu steuern. Eine Kontrolle über längere Zeiten hatte nämlich eine strenge Periodizität der Pendelbewegungen erkennen lassen, womit Frequenz-Unregelmässigkeiten als mögliche Ursache auszuschliessen waren.

Auf Grund dieser Erkenntnisse wurde ein einfacher Frequenzgenerator gebaut, dessen Ausgangsspannung von 220 V auf 12 V transformiert wird und dessen Frequenz von 48–60 Hz stufenlos regelbar ist (vergl. Fig. 3, unten). Der vom Frequenzgenerator benötigte Gleichstrom wird einem Netzgerät entnommen. Die Normalfrequenz des Generators, die ja etwas temperaturabhängig ist, kann jeweils während der Gleichlaufperioden (vergl. Fig. 1) ermittelt und eingestellt werden. Wie Fig. 1 b zeigt, entspricht die Netzfrequenz von 50 Hz nicht genau der Soll-Umdrehungszahl der Schnecke. Trotzdem kann der Antrieb prinzipiell mit Netzstrom erfolgen.

Die Korrektur der Pendelbewegung erfolgt durch entsprechende Frequenzänderungen: Mit einem Kippschalter wird nach Bedarf die Netzfrequenz von 50 Hz durch eine solche von 48 Hz oder 52 Hz des Frequenzgenerators ersetzt, die beide auf Abruf verfügbar sind. Ein Blick auf die Pendelanzeigescheibe zeigt, wann welche Frequenz zur Korrektur des Pendeln erforderlich ist. Da die Pendelbewegung streng periodisch ist, lernt man rasch nach entsprechenden Zeiten (im vorliegenden Fall sind es 5 Minuten) die richtigen Korrekturen vorzunehmen, auch ohne auf die Pendelanzeigescheibe zu blicken. Die Periodizität des Pendeln legt es nahe, einen automatischen Pendelausgleich zu entwickeln, doch müsste dann im Hinblick auf einzelne, nicht periodische kleine «Störungen» trotzdem auch eine manuelle Korrektur möglich sein.

Die Korrektur des Pendeln erlaubt neben einer sehr sicheren Nachführung bei langen Belichtungszeiten auch Kurzzeit-Aufnahmen mit längsten Brennweiten, beispielsweise von Planeten, *ohne* Nachführ-

kontrolle; man hat hierzu nur die Belichtung in den Bereich zwischen die Pendelungen zu verlegen. Für Mondaufnahmen ist dagegen im Hinblick auf die rasche und ungleichförmige Bewegung des Erdtra-

banten die Benützung des Frequenzwandlers unerlässlich. Auch bei Mondaufnahmen benützt man den Bereich zwischen den Pendelungen, um Fehlbelichtungen zu vermeiden.

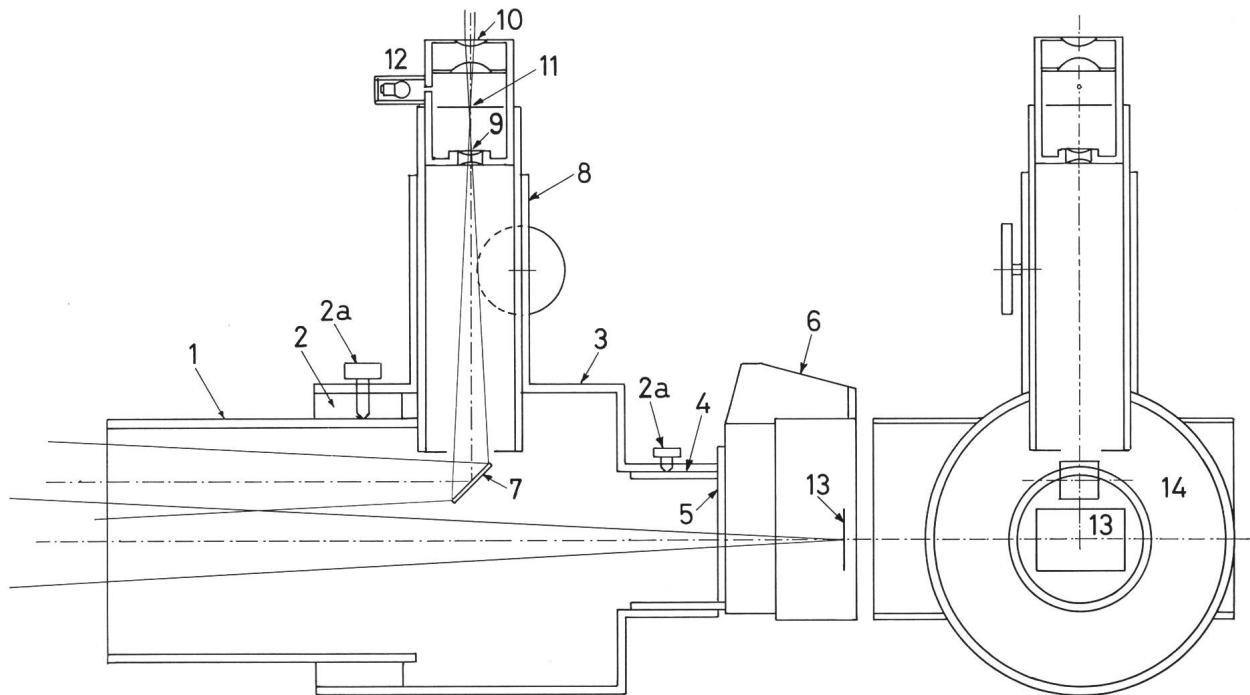


Fig. 2: Schematische Schnittzeichnung des beschriebenen Offset-Guiding-Ansatzes

- 1: Fernrohr-Ende
- 2: Ring, 2a: Klemmschrauben
- 3: Rohrstück
- 4: Gleitrohr (in Rohrstutzen)
- 5: Filtereinsatz
- 6: Kleinbild-Spiegelreflex-Kamera (24 × 36 mm)
- 7: Umlenkprisma oder abgeschirmter Spiegel

- 8: Okularstutzen, senkrecht zur Fernrohrachse verschiebbar
- 9: Negativ- oder BARLOW-Linse
- 10: Fadenkreuz-Okular
- 11: Eintrittspupille des Okulars (Ort des Fadenkreuzes)
- 12: Fadenkreuzbeleuchtung
- 13: Filmebene
- 14: Guiding-Ringzone

#### 4. Die Nachführeinrichtung

Anstelle eines Leitrohrs findet ein neu konstruierter Offset-Guiding-Ansatz (Fig. 2 und Fig. 4) einfacher Bauart Verwendung<sup>5)</sup>. Mit Hilfe eines 90°-Prismas oder eines kleinen, allseits abgeschirmten Planspiegels wird das Bild eines Sterns ausserhalb des Bildfeldes nach der Seite umgelenkt und so der Beobachtung zugänglich gemacht. Um für das Auffinden eines geeigneten Leitsterns ein möglichst grosses Feld zur Verfügung zu haben, ist das Guiding-System nicht nur um 360° um die Fernrohrachse drehbar, sondern auch noch senkrecht dazu verschiebbar angeordnet. Dadurch wird die Guiding-Ringzone nach Massgabe des freien Durchmessers des Fernrohrausgangs verbreitert, der mindestens 8 cm, besser aber noch mehr betragen sollte.

Die Fig. 2 zeigt schematisch den Aufbau der Nachführeinrichtung. An den Fernrohrausgang 1 wurde ein Ring 2 angeschraubt. Ein Rohrstück 3 ist am Ring 2 um 360° drehbar und mit 3 Klemmschrauben 2a feststellbar. Das Rohrstück 3 ist an seinem Ende mit einer Platte verschlossen, die einen offenen Rohrstutzen trägt. In diesem ist ein Gleitrohr 4 mit Klemm-

schraube 2a angeordnet, in das Filter eingesetzt werden können und eine Spiegelreflexkamera angesetzt werden kann. Am Rohrstück 3 ist ausserdem ein Okularstutzen mit Einstelltrieb für kurzbrennweitige Okulare befestigt, dessen Ende das Umlenkprisma (bzw. einen kleinen Planspiegel) trägt. Mit dem Einstelltrieb des Okularstutzens verändert man deren Lage zur Fernrohrachse in senkrechter Richtung, womit sich die Guiding-Ringzone beträchtlich vergrössern lässt. Da das Okular diese Bewegung mitmacht, bleibt die Bildschärfe erhalten. Damit sind alle wünschenswerten Einstellmöglichkeiten gegeben.

Als Okulare können solche des Ramsden-, Plössl- und Erfle-Typs verwendet werden. Ihre Brennweite soll 10–20 mm betragen und ihre Eintrittspupille genügend weit vor der Feldlinse liegen. Im Hinblick darauf, dass man mitunter auf schwache Leitsterne angewiesen ist, muss die Helligkeit der Fadenkreuzbeleuchtung variabel sein. Zwischen dem am Ort der Eintrittspupille angeordneten Fadenkreuz (aus feinstem Draht von 0.05 mm Durchmesser oder aus Mono-Nylon-Fäden) und der Feldlinse des Okulars

wird ein kleines Loch gebohrt und darüber ein kurzes Rohrstück befestigt, in das ein kleines Lämpchen mit Fassung passt. Das Lämpchen wird von einer Taschenlampenbatterie oder einem kleinen Klingeltransformator über einen Regulierwiderstand gespeist.

Da die Vergrößerung für die Nachführung etwa so gross wie die Fernrohrbrennweite in Zentimetern sein soll, müsste die Okularbrennweite für das Instrument des Verfassers eigentlich 10 mm betragen. Um die Unbequemlichkeiten so kurzbrennweitiger Okulare zu umgehen, kann man im Okulartubus an geeigneter Stelle (Fig. 2, 9) eine kurzbrennweitige negative Linse anordnen; man erhält so die passende Vergrößerung ohne wesentliche Änderung des Okularauszugs.

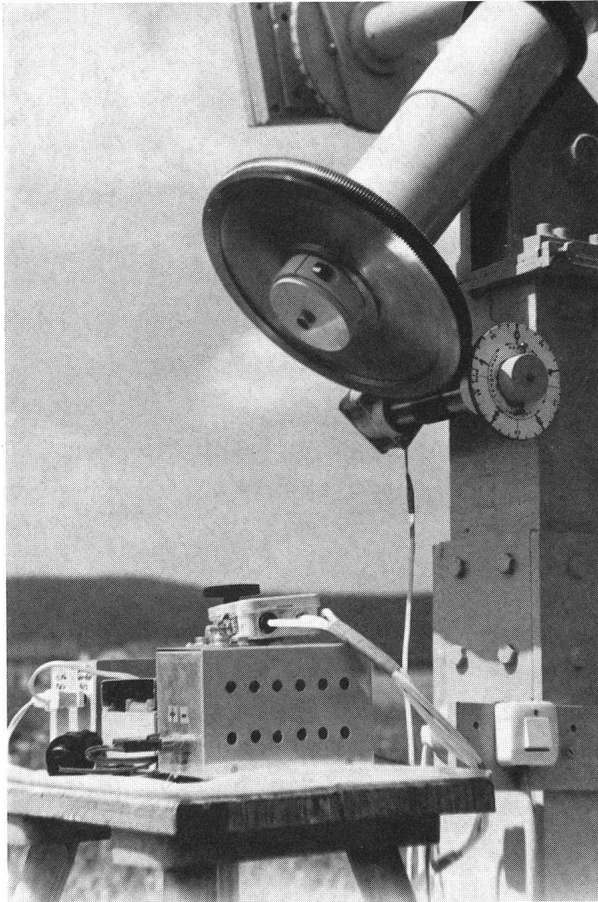


Fig. 3: Photo des Antriebs in Stunde mit Pendelanzeigescheibe auf der Schneckenwelle und Frequenz-Steuergerät

##### 5. Bemerkungen zur Aufnahmetechnik

Für die Aufnahmen wird eine Spiegelreflex-Kleinbildkamera verwendet, die einen Lichtschacht und eine Mattscheibe mit Klarglasfleck aufweist. Man ermittelt die Position des Objekts auf dem Klarglasfleck, stellt aber die Schärfe mit Hilfe einer Lupe auf dem matten Teil der Scheibe ein. Dann sucht man durch Drehen und Verstellen der Nachführeinrichtung einen passenden Leitstern. Ist dieser gefunden,

so werden die beweglichen Teile der Nachführeinrichtung fixiert und die Fadenkreuzbeleuchtung der Helligkeit des Leitsterns angepasst. Man wartet dann, bis die Pendelanzeigescheibe den Gleichlauf mit der Sternbewegung anzeigt und stellt dann den Leitstern auf das Fadenkreuz ein.

Dann kann man mit der Exposition beginnen, wobei man darauf zu achten hat, dass bei 4 m Brennweite der Leitstern innerhalb eines Feldes von 2 Bogensekunden bleibt. Dann ist eine punktförmige Abbildung der Sterne gesichert. Kennt man die Pendelzyklen des Instruments von entsprechenden Testversuchen her, so ist eine genaue Nachführung auch bei sehr langen Brennweiten nicht mehr schwierig.

Für schwarz/weiss-Aufnahmen kann der Kodak Tri X-Film dank seiner hohen Empfindlichkeit von 27 DIN = 400 ASA empfohlen werden; man entwickelt ihn relativ hart mit Agfa Rodinal 1:75, 15 Minuten. Das relativ grobe Korn kommt bei der Aufnahme von Sternfeldern nicht sehr zur Geltung. Bei der Aufnahme lichtschwacher Objekte mit entsprechend langen Belichtungszeiten, wie planetarischer Nebel oder von Galaxien, empfiehlt sich eine normale Entwicklung, um bei den Grauwerten das Korn weniger erscheinen zu lassen. Sehr lichtschwache Objekte nimmt man am besten mit Tiefkühlung auf. Die Empfindlichkeit des Kodak Tri X-Films kann dadurch bis auf das Vierfache gesteigert werden.

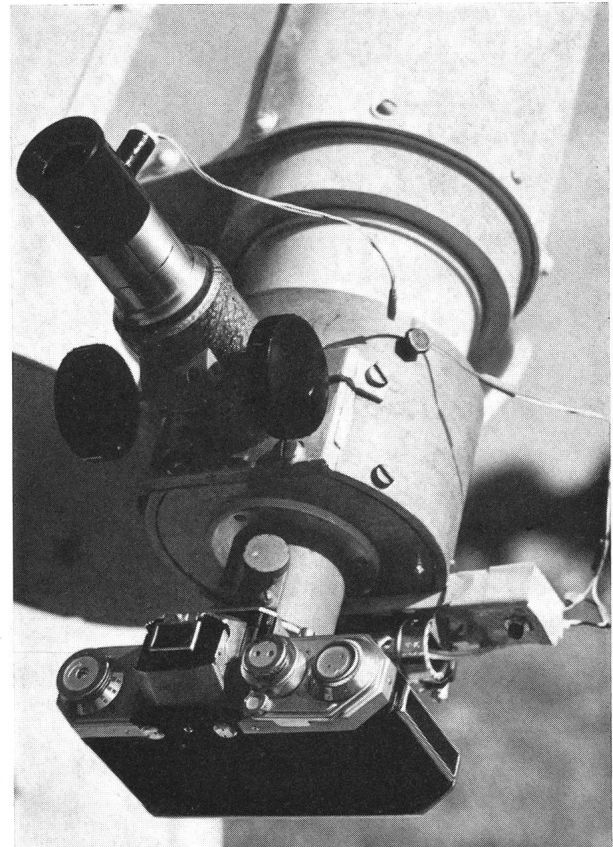


Fig. 4: Photo der Nachführeinrichtung (Offset-Guiding) mit Kamera im zentralen Fokus

### 6. Schlussbemerkung

Der normale Fall ist, dass vorhandene, visuellen Zwecken dienende Fernrohre nachträglich für Stellar- aufnahmen eingerichtet und hierzu mit Nachführ- einrichtungen versehen werden. Wird dann ein Leit- rohr angebaut<sup>6)</sup>, so ergibt sich oftmals, dass dann die ganze Einrichtung dafür zu schwach und zu wenig starr ist, so dass keine exakte Nachführung und damit keine punktförmigen Sternbilder erzielbar sind. Besonders in solchen Fällen ist der Anbau eines Offset-Guidings dem eines Leitrohres vorzuziehen: Die zusätzliche Gewichtsbelastung beträgt dann nur

einen kleinen Bruchteil, und da dann die gleiche Op- tik das Bild auf dem Film und im Okular erzeugt, er- fahren beide Bilder die gleichen Veränderungen durch Verzugserscheinungen, so dass auch dann sichere Korrekturen in Deklination und Stunde möglich sind. Bedingung ist nur, dass die Offset-Guiding- Einrichtung starr mit dem Hauptrohr verbunden und einwandfrei fixierbar ist. Der einzige Nachteil des Offset-Guidings ist sein relativ kleines Gesichtsfeld, weshalb man stets bestrebt sein sollte, die Guiding- Ringzone so breit wie möglich zu halten.



NGC 457  
M 37

Fig. 5: Beispiel von Stellaraufnahmen mit der beschriebenen Ausrüstung.

NGC 869  
M 36

#### Literatur:

- 1) E. ALT und G. KLAUS, ORION 30, 83 (1972) No. 130/131.
- 2) vergl. z. B. A. R. HINKS, Einführung in die Astronomie, S. 24, Francke A.G., Bern 1946.
- 3) H. TREUTNER, ORION 30, 146 (1972) No. 132.
- 4) Hierüber existiert ein Patent von Carl Zeiss (Anmerkung der Redaktion).
- 5) M. LAMMERER, ORION 30, 93 (1972) No. 130/131.
- 6) K. RIHM, ORION 29, 179 (1971) No. 127.

Adresse des Verfassers: H. TREUTNER, Sonnenberger Strasse 31, D-8632 Neustadt (BRD).