Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 14 (1969)
Heft: 110

Artikel: Ein einfaches Wechselstromphotometer
Autor: Frick, Martin
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-899789

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.07.2025

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

pus' nebeneinanderzustellen, um Aufnahmen ein und desselben Objektes in verschiedenen Farbbereichen zu erhalten. In der zuletzt bevorzugten Lösung wurde eine MAKSUTOV-Kamera mit einem Öffnungsverhältnis 1:1 gewählt (vgl. *Figur 5*), die mit einem Objektivprisma Suprasil I aus Quarz versehen war, welches Spektren von befriedigender Auflösung lieferte; diese wurde auf 35 mm Film registriert.

Die erste Schwierigkeit bei der Auswertung des photographischen Materials besteht in der Identifizierung der einzelnen Objekte. Die Ausmessung der Schwärzung der Sternbildspuren erfolgte mit Hilfe eines Photometers. Auf diese Weise gelang es, einen Farbenindex [(Sichtbar + UV) – (Sichtbar)] zu bestimmen. Als Filmmaterial wurde Agfa Isopan Record, für spätere Untersuchungen Kodak 103 AO-UV verwendet. Vgl. auch *Figur 6* und *2*, Auswertung eines Fluges vom Juni 1965 mit einem Ballon von $3.5 \cdot 10^4$ m³ Volumen, Höhe 32 km. Wie man sieht, ist in dieser Höhe die absorbierende Wirkung vom Ozon noch zu gross, um genaue Resultate zu erhalten. Auch ein vom technologischen Standpunkt völlig gelungener Flug vom Oktober 1966 mit einem $5 \cdot 10^4$ m³ fassenden Ballon in 32 km Höhe bestätigte, dass die Absorption noch zu gross ist: der Gewinn an UV-Licht wird überkompensiert durch die relativ schlechte Auflösung des Prismas im UV.

Weitere Versuche in grossen Höhen mit verbesserten Methoden und neuen Instrumenten sind geplant und z. T. auch schon realisiert worden (18. 9. 1968 40 km über Texas!). Die Aussichten sind sehr vielversprechend, und man hofft durch diese Unternehmen Auskünfte über Spektralgebiete zu erhalten, welche vom Erdboden aus nie beobachtbar und deshalb nur mangelhaft bekannt sind.

P. JAKOBER

Ein einfaches Wechselstromphotometer

von MARTIN FRICK, Bern

Der Wunsch nach einem empfindlichen Photometer, welches an einem einfachen Messinstrument oder an einem Schreiber geringer Eingangsimpedanz verwendet werden kann, hat uns zu einem Photometerkonzept geführt, das sicher auch für den einen oder anderen elektronisch interessierten Amateurastronomen interessant ist.

Von der Gleichstrommethode haben wir von allem Anfang an abgesehen, da die Konstanz des Nullpunkts bei Gleichstromverstärkern in praxi stets ärgerliche Probleme stellt. Der Weg, der zuerst eingeschlagen wurde, sei interessehalber kurz erwähnt, wenn er auch schliesslich nicht weiter beschritten wurde, da das Photometer dann für die helleren Sterne nicht brauchbar gewesen wäre.

Was man am Ausgang eines Multipliers erhält, das ist ja kein Gleichstrom, sondern es sind vielmehr kurze Impulse in statistisch verteilter Folge und verschiedener Höhe, der Tatsache entsprechend, dass das Licht in einzelnen Portionen, den Photonen, geliefert wird, welche mit einer bestimmten Ergiebigkeit in der Röhre Elektronenlawinen veranlassen. Misst man einen Gleichstrom, so ist dies auf eine elektrische (Kondensator) oder mechanische (Trägheit des Messinstrumentes) Integration zurückzuführen. Der Gedanke lag nun nahe, am Multiplierausgang überhaupt nicht zu integrieren, sondern die einzelnen Impulse zu verstärken und erst nach dem Verstärker zu integrieren. Dieses Verfahren funktioniert zwar, doch da man für einen Stern sechster Grösse je nach Teleskopquerschnitt bereits bis zu 1 000 000 Impulse pro Sekunde (oder mehr) erhält, andererseits aber ein Impuls praktisch vollständig abgeklungen sein sollte, bevor der nächste ansteigt, kommt man im Bemühen um eine möglichst kleine Zeitkonstante zu sehr kleinen Multiplierarbeitswiderständen, was wiederum zu hohe Anforderungen an den nachfolgenden Verstärker stellen würde.

Nun zur schliesslich gewählten Wechselstrommethode. Die Signalfrequenz beträgt 300 Hz, dies einerseits im Hinblick auf die Immunität gegen Störungen aus dem Lichtnetz, andererseits lässt sich der Modulator so herstellen, dass man ihn mechanisch nicht auswuchten muss, wenn die Frequenz, die er erzeugt, ein Vielfaches der Motorfrequenz beträgt. Die Eingangszeitkonstante des Verstärkers darf so ca. 0.2 ms betragen und man kann bei kapazitätsarmem Aufbau noch etliche Megohm Arbeitswider-

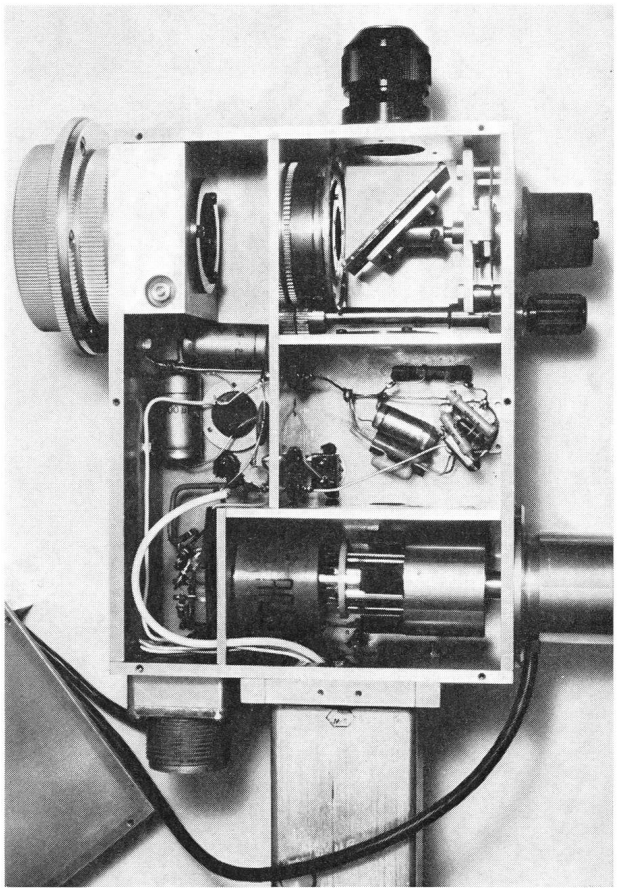

Abb. 1: Der mechanische Aufbau des Photometers.

stand verwenden. Wir wechseln übrigens bei der Modulation nicht, wie das beim grossen Zimmerwalder Photometer gemacht wird, vom Stern auf eine Stelle daneben, was die Eliminierung des Himmelshintergrundes zur Folge hätte, sondern modulieren einfach das empfangene Licht, was einen synchronen Gleichrichter erübrigt und uns wenigstens vom Dunkelstrom befreit. Bevor die Elektronik ausführlich geschildert wird, soll anhand der *Abb. 1* der optische und mechanische Aufbau des Photometers erläutert werden.

Das Gehäuse des Geräts mit den Dimensionen 13 cm × 17 cm × 6 cm, aus 4 mm starken Anticorrodalplatten gefräst, ist um den Schraubstutzen drehbar gelagert, mit dem es am Fernrohr befestigt wird. Man sieht den Stutzen mit Zwischenring und Staubschutzkappe in der Abbildung oben links. Durch ihn fällt das Licht auf eine, in der Brennebene befindliche Irisblende. Es wird stets die kleinste Öffnung dieser Blende zum Messen verwendet, die grösseren Öffnungen dienen dem bequemen Einstellen des Objekts. Die Blende wird mit Hilfe des kleineren der beiden Knöpfe bedient, die man oben rechts sieht. Der grössere Knopf ist mit dem Prisma verbunden, welches es ermöglicht, entweder durch das an der oberen Seitenplatte angebrachte Okular die Blendenöffnung zu betrachten, oder aber das Licht auf die unter dem Prisma angeordnete FABRY-Linse zu werfen. Von dieser gelangt das Licht durch eine Kammer, in der sich Stufenschalter, Arbeitswiderstände und Kondensatoren befinden, durch ein wahlweise einzusetzendes, in der Abbildung nicht sichtbares Filter in diejenige (unterste) Kammer, in welcher sich der Multiplier mit Modulator befindet. Letzterer ist eine Aluminiumhülse, die an ihrem geschwärzten Ende sechs Ausfräsungen aufweist und von dem ausserhalb des Gehäuses angebrachten Motor angetrieben wird. Der Motor ist ein geregelter Gleichstrommotor und läuft mit 3000 U/min, d.h. 50 Hz, so dass die sechs Schlitze in der Trommel 300 Hz-Licht machen. Auf die untere Seitenplatte des Gehäuses ist ein Blechbehälter aufgesetzt, der den Verstärker enthält, links daneben sieht man einen Vielfachstecker. Er ist achtpolig, an seinem Gegenstück enden drei Kabel. Zwei davon sind Koaxialkabel vom Typ *RG 58/CU*, durch sie werden Hochspannung und Signal geleitet, an den Enden tragen sie BNC-Stecker (aus Sicherheitsgründen sind Bananenstecker zu vermeiden). Das dritte Kabel ist zweiadrig und abgeschirmt und befördert die beiden Betriebsspannungen +12 V und —6 V gegen Masse zum Photometer. Das in der Abbildung sichtbare Kabel speist den Motor und verbindet den Fliehkraftregler mit der Schaltung. Auf der abgenommenen Deckplatte sind diese Schaltung und ein Lämpchen (*La* in *Abb. 2*) montiert, welches einen ebenfalls dort befindlichen Neigungsmesser beleuchtet, der es gestattet, bei jeder Messung die Zenitdistanz grob abzulesen.

Abb. 2 zeigt die Schaltung, soweit sie sich im Gehäuse der *Abb. 1* befindet. Der Multiplier *1 P 21* wird mit einer Spannung von —968 V betrieben, sein Spannungsteiler *Spt* bestand lange Zeit aus 9 Widerständen 100 Kiloohm und einem 68 Kiloohm, so dass jede Dynodenstrecke unter 100 V, die letzte unter 68 V stand. Die Stabilisierung wurde im Netzgerät

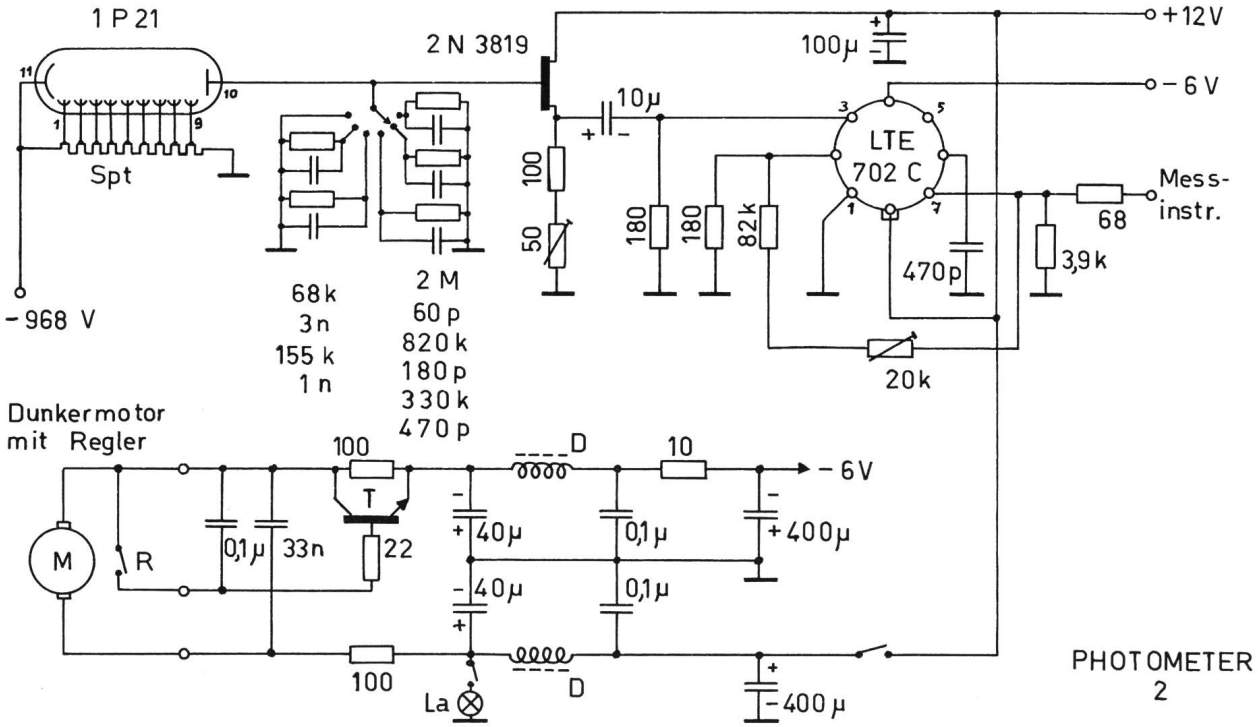

Abb. 2: Die Schaltung des Photometers. Alle Widerstände in Ohm, alle Kondensatoren in Farad.

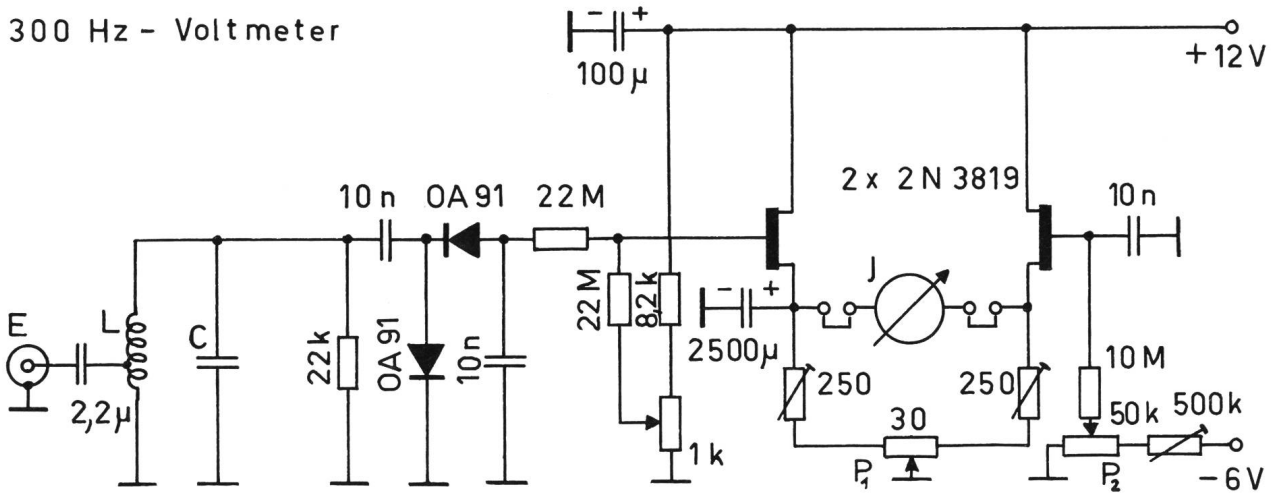

Abb. 3: Die Schaltung des Messinstruments. Alle Widerstände in Ohm, alle Kondensatoren in Farad.

vorgenommen und zwar mit Hilfe von 9 Zenerdioden *ZM 100* und einer *ZM 68* hintereinandergeschaltet. In jüngster Zeit haben wir nun die Widerstände am Röhrensockel ausgebaut und die Zenerdioden in eine kleine Delrinwanne eingebettet, wo sie nun, direkt hinter dem Multipliersockel montiert, als Stabilisator und Spannungsteiler gleichzeitig wirken. Zenerdioden haben gegenüber Glimmröhren den entscheidenden Vorteil, dass sie mit Strömen von weniger als 1 mA immer noch stabilisieren und auch keine Kippschwingungen erzeugen können. Als Netzgerät haben wir zwei Ausführungen zur Verfügung: eine ganz konventionelle Ausführung, die aus dem Lichtnetz gespeist wird und einen batteriebetriebenen Spannungswandler. Dieser Wandler, der die 18 V Batteriespannung, die auch für Verstärker und Motor gebraucht werden, in die konstante Hochspannung umwandelt, ist eine sehr erfreuliche Entwicklung von uns, verwendet er doch keine kritischen Einzelteile, wie beispielsweise selbstgewickelte Transformatoren, sondern lauter handelsübliche Teile. In ihm wird eine Schwingung von 15 kHz erzeugt, verzerrt und verstärkt und auf einen Zeilenausgangstrafo gegeben, wie er sich im Philips Batteriefernseher *19 TX* 430 *AT* befindet. Die Gleichrichtung geschieht wie im Fernsehgerät mit einer *DY 86*.

An der Multiplieranode liegt direkt eine, mit dem Feldeffekttransistor *2 N 3819* bestückte Impedanzwandlerstufe, ein Schalter gestattet die Wahl verschiedener RC-Kombinationen als Arbeitswiderstände mit Zeitkonstanten von etwa 0.2 ms. Die Werte der 1%-Widerstände liegen ungefähr im Verhältnis 1:2 bis 1:2.5 zueinander. Der Impedanzwandler gibt das Signal an eine integrierte Schaltung *LTE 702 C* der Firma Lansdale weiter, die es etwa 100fach verstärkt (Verstärkung regelbar durch das 20 Kiloohm-Potentiometer). Von dort wird das Signal ans Messinstrument weitergeführt. Die volle Betriebsspannung von 18 V wird erdfrei an die Drehzahlregelschaltung geführt, der dort verwendete Transistor *T* ist ein *2 N 1613* oder ähnlicher Typ. Die Drosseln *D* haben etwa 10 mH und halten störende Frequenzen aus der Motorregelschaltung von der übrigen Verdrahtung fern.

Abb. 3 gibt die Schaltung des Messinstruments wieder. Das Signal wird auf einen 300 Hz-Schwingkreis gegeben, gebildet aus der Induktivität $L = 1$ H und einer, aus mehreren Kondensatoren zusammengesetzten und abgeglichenen Kapazität $C = 0.28$ µF. *L* ist auf einem kleinen Ferritkern (Philips *H 20*) aufgebracht, der angezapfte Teil der Wicklung bildet mit dem 2.2 µF-Kondensator zusammen einen Saugkreis. Nach dem Schwingkreis folgt der Gleichrichter mit 2 Dioden *OA 91* und Anlaufstromkompensation, die gleichgerichtete (Spitzen-)Spannung wird auf die mit zwei FET's *2 N 3819* bestückte Brückenschaltung gegeben. *J* ist ein Instrument 100 µA mit 1 Kiloohm Innenwiderstand. An seiner Stelle kann auch ein Schreiber oder ein anderes Instrument angeschlossen werden. Das 100 µA-Instrument erfasst nur einen kleinen Teil des gesamten Messbereichs und wird nur als Brückennullinstrument benützt. Ohne Signal wird mit P_1 Brückennull hergestellt, dann wird das Signal an den Eingang gelegt und bringt die Brücke aus dem Gleichgewicht. Mit P_2, einem 10gängigen Präzisionspotentiometer mit Skala, wird das Gleichgewicht wieder hergestellt und der Messwert an ihm abgelesen. Diese Ablesung ist mit grösserer Genauigkeit möglich, als an einem Messinstrument.

Ein Stern der Helligkeit 9.5^{m} erzeugt bei Verwendung dieses Photometers am Zimmerwalder Cassegrain (Öffnung 60 cm) ein Signal, das mit dem kleinsten Aussenwiderstand gerade noch feststellbar ist und mit dem grössten eben zu gross ist. Da jeder Schritt am Schalter ungefähr einer Grössenklasse entspricht, wären also noch Sterne 13. Grösse messbar. Die Auffindung solcher Sterne macht allerdings schon Schwierigkeiten.

Adresse des Autors: Martin Frick, Lic. phil., Astronomisches Institut der Universität Bern, Sidlerstrasse 5, 3012 Bern.