BAYERISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE

SITZUNGSBERICHTE

JAHRGANG

1957

MÜNCHEN 1958

VERLAG DER BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

In Kommission bei der C. H. Beck'schen Verlagsbuchhandlung München

Über eine Coudé-Montierung für einen Sonnenrefraktor zur Messung der Variation des Halbmessers und der Unebenheiten der Photosphäre am Rande der Sonne

Von Erich Schoenberg in München

Mit drei Abbildungen

Vorgetragen am 11. Oktober 1957

Die Messung der kleinen gemeinsamen Sehne zweier sich leicht überdeckender Sonnenbilder ermöglicht es, wie ich in der Arbeit „Die Veränderlichkeit des Sonnenradius usw." (diese Sitzungsberichte 1956 S. 243 ff.) gezeigt habe, den Radius der Sonne um eine Zehnerpotenz genauer festzulegen, als die bisher üblichen Methoden. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, die Frage nach der Veränderlichkeit des Sonnenradius, die trotz der sich über ein Jahrhundert erstreckenden Bemühungen immer noch als unentschieden gelten muß, der Lösung zuzuführen.

Auch Höhenunterschiede der Photosphäre zwischen Fackelgebieten und großen Flecken können nach dieser Methode gemessen werden. Daß solche Höhenunterschiede bestehen, zeigen die besten Photographien des Sonnenrandes, wie sie nur ganz selten bei ausnehmend ruhigen Sonnenbildern gelingen. Ein solches Bild wird hier aus der Zeitschrift „Sky and Telescope, Mai 1957" nach einer Aufnahme von Leon G. Salanave wiedergegeben.[1] (Abb. 1). Die kleinen Unebenheiten des Sonnenrandes und auch die Vertiefung, die der in nächster Nähe desselben sichtbare Sonnenfleck am Rande selbst erzeugen müßte, sind hier als reell

[1] Die Aufnahme ist auf dem Junipero Serra Peak, einer Bergstation der California Academy of Science, mit einem 6½zölligen Refraktor ohne Abblendung bei außerordentlich ruhigen atmosphärischen Bedingungen geglückt. Der Maßstab der 2.6fachen Vergrößerung unserer Abbildung ist $1'' = 0{,}48$ mm. Der randnahe Fleck mit der trichterförmigen Vertiefung (Wilson-Phänomen) ist hier nicht von einem auffallenden Fackelgebiet umgeben, das eine bedeutende Ausbuchtung der Photosphäre erzeugen würde.

und auch meßbar anzusehen und führen auf Höhenunterschiede von 1000–2000 km, wie ich sie auch gemessen habe. So gute Aufnahmen sind aber eine große Seltenheit und können deshalb zu einer systematischen Verfolgung des Phänomens nicht dienen. Bei meinen visuellen Messungen der gemeinsamen Sehne in der unruhigen Atmosphäre des Bayer. Vorgebirges konnte ich nur in ganz wenigen Fällen bei ausnahmsweise ruhiger Luft das Abstumpfen der Spitze des Segments bei Flecken und ihre Verlängerung bei Fackeln direkt sehen, obgleich die Beugungserscheinungen am Sonnenrande infolge des nur 3 cm großen Biprismas solche Feinheiten teilweise verwischten.

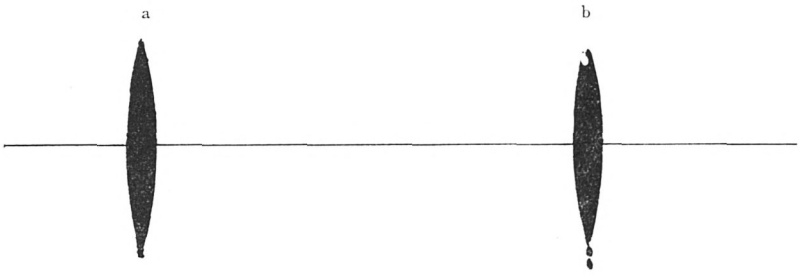

Abb. 2

In der Regel waren die Bilder zu unruhig, aber bei der Mittelbildung aus 20–40 Einzeleinstellungen des Mikrometerfadens ist der Einfluß der Unebenheiten des Sonnenrandes auf die gemessene Sehne doch deutlich hervorgetreten, was aus den beigefügten Diagrammen eindeutig hervorgeht. Abb. 2 zeigt den Anblick des Doppelsegments a ohne Flecken und Fackeln, b oben mit einem großen Fleck, unten bei Fackeln an den Endpunkten des Segments.

Auch zur Messung der Veränderlichkeit des Sonnenradius während der Sonnenfleckenperiode können einzelne sehr scharfe Photographien der Sonne kaum Verwendung finden, weil das die Konstanz der ganzen Aufnahmeapparatur in so langer Zeit voraussetzen würde. Dazu kämen noch die photographischen Fehler und die Schwierigkeit der Messung des ganzen Sonnendurchmessers mit der Genauigkeit von $0''.1$ d. h. auf 1 : 20000 Teil seines Wertes. Die von mir mit Hilfe von Biprismen mit einem

Mit freundlicher Genehmigung der Zeitschrift Sky and Telescope

Abb. 1

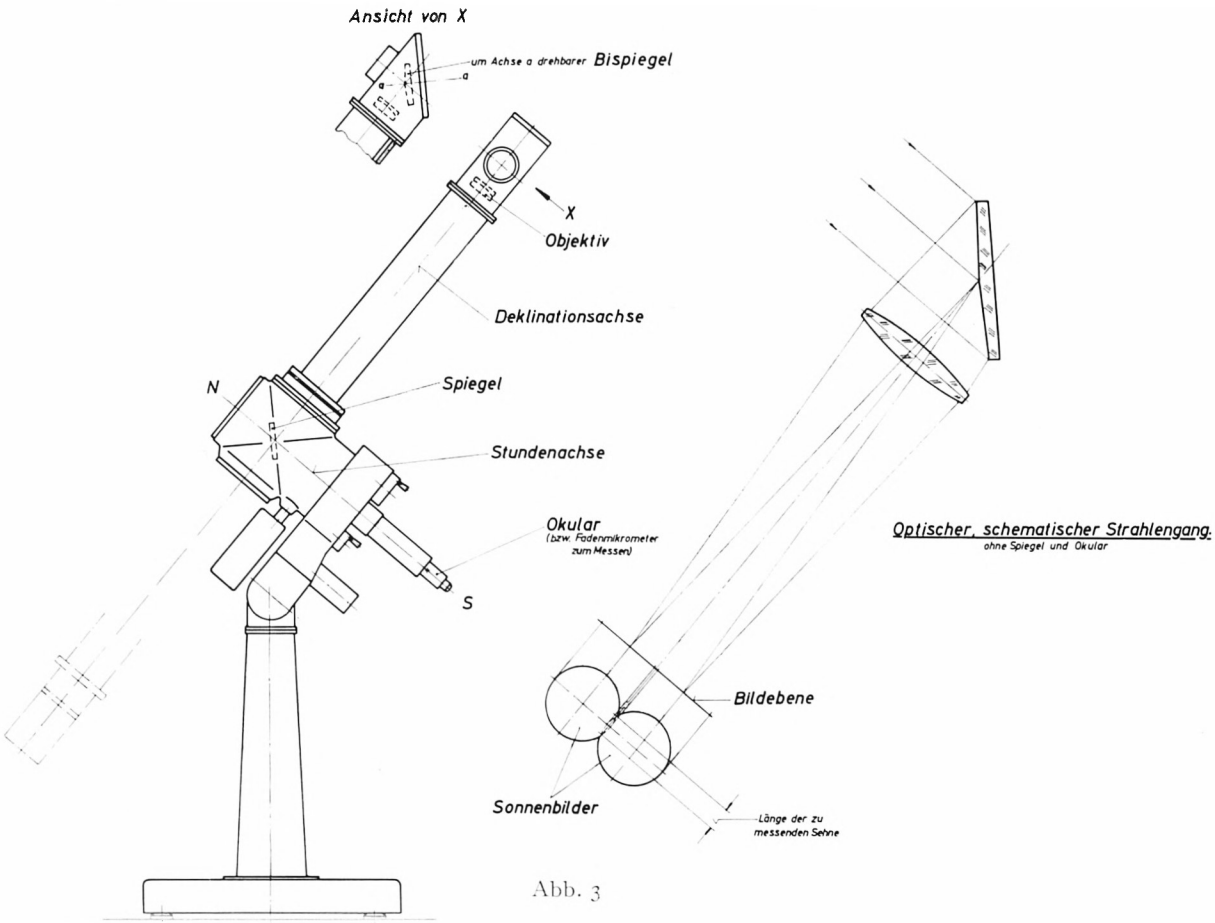
Ansicht von X
um Achse a drehbarer Bispiegel
a
X
Objektiv
Deklinationsachse
N
Spiegel
Stundenachse
Okular
(bzw. Fadenmikrometer zum Messen)
S
Optischer, schematischer Strahlengang.
ohne Spiegel und Okular
Bildebene
Sonnenbilder
Länge der zu messenden Sehne

Abb. 3

Fernrohr von 2 m Brennweite angewandte Methode ergab bei einer Beobachtungsdauer von einer Stunde einen mittleren Fehler des Durchmessers von $\pm$ 0".03 bis $\pm$ 0".04 und zeigte deutlich den Einfluß von Flecken und Fackeln. Auch eine Abhängkeit des Sonnenradius von der Fleckenzahl auf der Sonnenoberfläche innerhalb der Zone von Flecken und Fackeln ist angedeutet. Die Erfahrungen und Einsichten bei diesem ersten Versuch haben mich in Zusammenarbeit mit der Firma Carl Zeiss in Oberkochen zur Entwicklung eines neuen Typs eines Sonnenrefraktors geführt, der dasselbe Prinzip der sich leicht überdekkenden Sonnenbilder benutzt, aber die Mängel des alten Instruments vermeidet.

Die Erfordernisse eines solchen Instruments sind folgende:

1. Vollkommene Abbildung der Sonne, insbesondere ihres Randes, die bei guten atmosphärischen Bedingungen größere Flecken und hellere Fackeln am Rande der Sonne zu erkennen gestattet.

Dazu muß die ganze Objektivöffnung unabgeblendet benutzt werden, um die Unschärfe des Randes infolge der Beugung zu vermeiden.

Um das kleine Spektrum, das durch Brechung des Lichts im Biprisma erzeugt wird und das nur durch Benutzung eines engen Farbfilters zum Verschwinden gebracht wurde, ganz zu vermeiden, muß das Biprisma durch einen Bispiegel ersetzt werden, durch den nur reflektiertes Sonnenlicht in das Objektiv gesandt wird.

Die Lage des Bispiegels und der Strahlengang ist in der Abbildung 3 einzusehen.

Bei einem Neigungswinkel der reflektierenden Flächen von 16′ werden die reflektierten Strahlen um 32′ zu einander geneigt sein und zwei sich leicht überdeckende Sonnenbilder im Brennpunkt des Fernrohrs erzeugen. Bei einer Vergütung des Spiegels kann eine so starke Abschwächung des reflektierten Sonnenlichts erreicht werden, daß eine Verwendung von Lichtfiltern, auch vor dem Okular, überflüssig wird.

2. Der Temperatureinfluß, der sich bei der Brechung des Lichts in den Prismen als sehr bedeutend erwiesen hat, wird bei

der Reflexion ganz vermieden, besonders, wenn das Prisma aus Quarzglas hergestellt wird.

3. Die Zahl der reflektierenden Spiegel müßte nach Möglichkeit gering sein, um ihren Einfluß auf die Verzerrung der Sonnenbilder zu vermeiden. Die Benutzung eines Bispiegels vor dem Objektiv, der unter 45° gegen die optische Achse geneigt wäre, würde verlangen, daß das Fernrohr immer unter 90° gegen die Richtung zur Sonne eingestellt wird. Ein Aufsatz mit einem unter 45° geneigten Bispiegel könnte so bei jedem Refrakror die Doppelbilder erzeugen und ihn für den gewünschten Zweck anwendbar machen. Setzt man einen zweiten Spiegel in den Schnittpunkt der optischen und der Polarachse, so kann mit festem Einblick am Südende der Polarachse beobachtet werden.

Der große Vorteil einer Coudé-Montierung mit feststehendem Einblick dürfte aber bei den difficilen Mikrometermessungen den Nachteil eines zweiten reflektierenden Spiegels aufwiegen. Das Instrument, das hier vorgeschlagen wird, ist eine etwas modifizierte Coudé-Montierung, bei der der größere Teil des Rohres mit der Dkl-achse, der kleinere mit der Polarachse zusammenfällt, so daß nur zwei Achsen zueinander in genaue feste rotierende Verbindung gebracht werden müssen. Das muß eine größere Stabilität des Fernrohres gewährleisten und eine genauere Messung am Mikrometer ermöglichen.

4. Um in allen Positionswinkeln die Sehne des Doppelsegments messen zu können, muß der vor dem Objektiv befindliche Bispiegel um eine zu seiner Grundebene senkrechte Achse drehbar sein. Diese Drehung muß natürlich ablesbar sein. Dadurch soll es ermöglicht werden, nicht nur den polaren neben dem aequatorialen Durchmesser zu messen, sondern auch auf auffällige Fackeln und Flecke einzustellen und den zugehörigen Positionswinkel abzulesen.

Unsere Zeichnung Abb. 3 enthält links die Umrisse des Refraktors, rechts den Strahlengang bei Weglassung des Umlenkspiegels im Innern des Fernrohrs. Dieser Spiegel liegt genau im Schnittpunkt der optischen und der Polarachse. Oben links ist noch der Aufsatz mit dem unter 45° gegen die optische (Deklinations-) Achse geneigten Bispiegel dargestellt (X). Dieser Aufsatz

ist aber mit dem Objektiv im Rohr fest verbunden und dieses Rohr als Ganzes in Deklination drehbar. Die Drehung ist vom Okularende S (Südseite) ablesbar. Hier befindet sich das in der Zeichnung nicht dargestellte Fadenmikrometer.

Will man das Instrument auch für Photographie verwenden, so muß der Umlenkspiegel um 90° umklappbar gemacht werden, um das Bild statt nach S nach N zu werfen, wo eine photographische Kamera angebracht werden kann.

Die genaue Justiermöglichkeit des drehbaren Deklinationsrohres mit Objektiv und Bispiegel gegen den Umlenkspiegel und die Polarachse muß gewährleistet und die Unveränderlichkeit der Justierung gesichert sein.

Die Herstellung zweier sich leicht berührender Sonnenbilder für die eingangs genannten Aufgaben der Sonnenforschung könnte natürlich auf sehr verschiedene Weise erreicht werden, doch scheint mir die hier vorgeschlagene Methode die sicherste zu sein. Jede mechanische Vorrichtung, die die Neigung zweier Spiegel zueinander bewerkstelligen könnte, würde die erforderliche Genauigkeit nicht erreichen und sicher einen beträchtlichen Temperaturkoeffizienten haben. Schon die Temperaturabhängigkeit des Brechungsindex in einem Biprisma erwiese sich als sehr bedeutend und wäre nur durch schwierige Feststellung der Temperatur des Glases und Anbringung einer Korrektion unschädlich zu machen. Bei Verwendung von Bispiegeln aus Quarzglas wäre ein Temperatureinfluß auf die Deformation der ebenen spiegelnden Flächen kaum zu erwarten, es sei denn, er würde eine Änderung der effektiven Brennweite des Fernrohres bewirken, die nach den bisherigen Erfahrungen bei dem kleinen Öffnungsverhältnis keinen merkbaren Fehler bedingt.