

BAYERISCHE AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN
MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE

SITZUNGSBERICHTE

JAHRGANG

1959

MÜNCHEN 1960

VERLAG DER BAYERISCHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN

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

Die Umrisse der Sonnenphotosphäre nach Beobachtungen des Sonnenrandes

Von Erich Schoenberg in München

Mit 10 Abbildungen

Vorgelegt am 5. Juni 1959

§ 1

In zwei früheren, in den Sitzungsberichten der Bayerischen Akademie der Wissenschaften für 1956 und 1957 erschienenen Arbeiten habe ich gezeigt, daß es möglich ist, die langperiodische Veränderlichkeit des mittleren Sonnenhalbmessers und auch lokale Abweichungen desselben vom Mittelwert nach der Methode sich leicht überdeckender Sonnenbilder zu messen. Eine für diese Aufgabe geeignete Apparatur wurde von mir vorgeschlagen, die zu verwirklichen bisher nicht gelungen ist. Zwei recht wesentliche Verbesserungen an dem alten Instrument konnten jedoch ausgeführt werden (Abb. 1).

1. Das Prisma vor dem Objektiv zur Erzeugung des Doppelbildes der Sonne konnte auf 6 cm vergrößert werden, so daß die Beugungserscheinungen am Rande der Sonne wesentlich herabgesetzt wurden. Es ist jetzt möglich, die größeren Sonnenflecke bis dicht an den Rand und die ganz großen am Rande selbst zu sehen. Man kann den Positionswinkel des Prismas im ersteren Falle am Tage vor dem Randdurchgang so einstellen, daß der Fleck am folgenden Tag genau auf einen Endpunkt des Doppelsegments fällt. Im zweiten Fall stellt man ihn direkt auf diesen Punkt ein, wobei die Spitze des Segments eine deutliche Verzerrung erfährt.

2. Die Prismen sind aus Quarzglas geschliffen, so daß ein Temperaturkoeffizient innerhalb des Beobachtungszeitraums nach Messungen am Kollimator überhaupt nicht feststellbar war.

Die Beobachtung bleibt aber auch jetzt noch difficil und ist in unserem Klima, das nur selten ruhige Sonnenbilder bietet, kaum lohnend, besonders zur Sicherstellung langperiodischer Veränderungen des Sonnenhalbmessers. Die Bemühungen um Errichtung einer Sonnenstation am Mittelmeer für diese Aufgabe werden vom Verfasser deshalb fortgesetzt. Um die Höhenunterschiede der Photosphäre am Sonnenrande auch in unserem Klima anschaulich zu machen, betrachten wir das nebenstehende Bild, in dem der Sonnenradius von $960''$ mit 150 mm und seine Unregelmäßigkeiten maßstäblich dargestellt sind (Abb. 3). Wir haben bei A eine kleine Einbuchtung von 0,2 mm und bei B

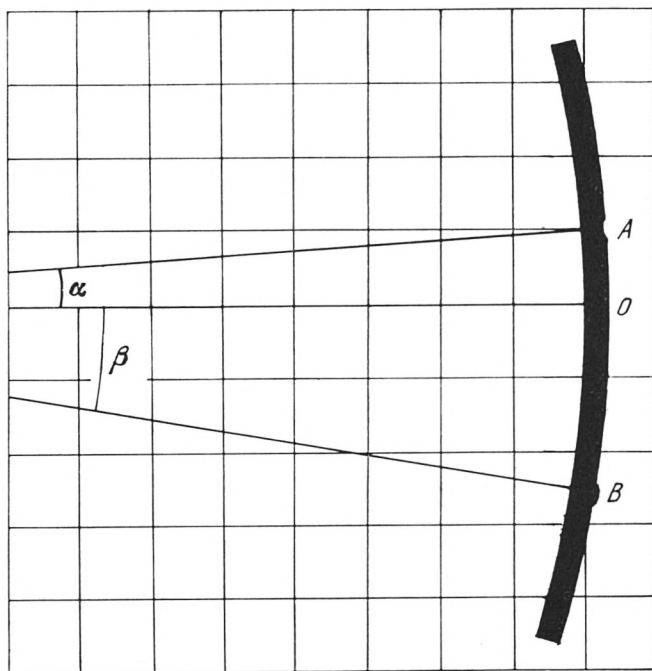


Abb. 3

eine Erhebung von 0,5 mm. In den Punkten A und B haben wir uns Endpunkte des Doppelsegments zu denken, auf die der Mikrometerfaden bei der Messung eingestellt wird. Sie sind in der Zeichnung nur mit Mühe als Unebenheiten zu erkennen.

Punkt A entspricht dem halben Zentriwinkel von 4° , der Punkt B einem solchen von 10° . Die Werte von $\sin \alpha$ sind $1/14$ bzw. $\sin \beta = 1/6$. Die zu messenden halben Sehnen sind

$$\begin{aligned} 10 \text{ mm} &= 66'' \\ 25 \text{ mm} &= 165''. \end{aligned}$$

Die durch die Unebenheit bedingte Verkürzung bzw. Verlängerung der Sehnen betragen

$$\begin{aligned} 2,8 \text{ mm} &= -18'' \\ 3,0 \text{ mm} &= +20''. \end{aligned}$$

Wie man sieht, müssen beide Abweichungen von der Kreisform leicht meßbar sein, wenn der Sonnenrand ganz ruhig ist. Aber auch bei Bildunruhe ist das durch eine Häufung der Messungen möglich, denn die Szintillation am Sonnenrande hat eine Periode von Bruchteilen einer Sekunde und bei einer Mittelbildung von ca. 50 bis 100 Einstellungen auf jeden Endpunkt der Sehne fällt der Einfluß der Bildunruhe vollkommen heraus. Die Länge der halben Sehne hat dann einen mittleren Fehler von $\pm 0''.2$ bis $\pm 0''.3$, und der resultierende Fehler im Radius ist etwa 10fach kleiner.

Da der Durchgang eines größeren Flecks am Rande der Scheibe sich über 3–4 Stunden erstreckt, müßte sich die Möglichkeit ergeben, den Tiefenumriß des Flecks oder was immer unter der Helligkeitsminderung innerhalb der umbra und ihrer Umgebung zu verstehen ist, durch Messung während mehrerer Stunden festzustellen.

Die vorliegende Arbeit stellt einen Versuch dar, diese Aufgabe zu lösen. Es werden hier nicht wie in der vorigen Arbeit alle Beobachtungen eines Tages, auch wenn sie sich über 4 Stunden erstreckten und 160 Einstellungen umfaßten, zu einem Mittelwert zusammengezogen, sondern zunächst Mittelwerte aus 4 Messungen oder 16 Einstellungen des Mikrometerfadens auf das Ende des Doppelsegments gebildet, die einen mittleren Fehler des Halbmessers von $\pm 0''.09$ hatten. Die Beobachtungen erstreckten sich auf Zeiträume bis zu 4 Stunden. In einem Falle, am 5. und 6. September, wurde der am Vortage deutlich sichtbare große Fleck dazu benutzt, das Prisma im entsprechenden

Pos.-Winkel einzustellen, damit am folgenden Tage, an dem der Fleck auf den Sonnenrand fiel, aber nicht mehr sichtbar war, in einen Meßpunkt fallen mußte. Bei einem ganz großen Fleck, am 29. 1. 59, konnte der Vorübergang am Rande selbst verfolgt werden, so daß über die Einstellung auf ihn keinerlei Zweifel mehr bestand (Abb. 1). Die Spitze des Doppelsegmentes war hier deutlich abgestumpft und machte wegen der Bildunruhe während der Messung einen unregelmäßigen, zerfetzten Eindruck.

Erläuterungen zu den Abbildungen, in denen während der Messung Flecken zufällig an den Meßpunkten den Rand passierten, werden am Schluß der Arbeit gegeben.

Bei einer Untersuchung über die Veränderlichkeit des Sonnenradius in längeren Zeiträumen wird der Einfluß der Unebenheiten der Photosphäre, wie sie bei dieser Meßmethode unzweideutig hervortreten, ein gewisses Hindernis bilden, indem dafür nur die durch Flecke und Fackeln ungestörte Photosphäre in Frage kommt. Die durch Unebenheiten gestörten Messungen treten aber bei der Reduktion der Beobachtungen eindeutig hervor und müßten für das Studium langperiodischer Variationen des Normalniveaus der Photosphäre ausgeschlossen werden. Sie würden für sich ein bedeutsames Material für die Sonnenphysik abgeben. Die Methode der Reduktion der Messungen für beide Aufgaben soll hier nach den bisher gewonnenen Erfahrungen eingehend dargestellt werden.

Für die Messungen der Veränderlichkeit des Photosphärenradius in längeren Zeiträumen ist die Konstanz oder das Gesetz der Veränderlichkeit *des Ablenkungswinkels* von entscheidender Wichtigkeit. Dieser kann mit größter Schärfe an einem Kollimator gemessen und sein Temperaturkoeffizient durch laufende Beobachtungen während der ganzen Beobachtungsperiode abgeleitet werden. Ich benutze dazu ein horizontal montiertes Fernrohr von 1 m Länge, in dessen Brennpunkt 3 künstliche Sterne erzeugt werden. Durch das horizontal in die Richtung der optischen Achse des Kollimators gerichtete Fernrohr erscheinen die künstlichen Sterne dann doppelt, um den Ablenkungswinkel des Prismas (bzw. des Bispiegels) voneinander getrennt. Der Abstand des Doppelbildes wird mit dem Mikrometer des Refraktors mit größter Schärfe gemessen (Abb. 2).

Der Temperaturkoeffizient

Wie schon erwähnt, hat sich bei der Benutzung der größeren Quarzglasprismen in der kurzen Beobachtungszeit dieser Beobachtungsreihe überhaupt kein Einfluß der Temperatur auf den Ablenkungswinkel feststellen lassen.

Die mit Hilfe des Kollimators gemessenen Ablenkungswinkel der neuen Quarzprismen sind mit den zur Reduktion der Beobachtungen benutzten Werte von A nicht vergleichbar, weil während der Beobachtungszeit neue feste Fäden des Mikrometers eingezogen wurden und nur für diese der Winkelabstand durch Messungen gesichert werden konnte. Zur Messung des Ablenkungswinkels muß aber dieser Abstand genau bekannt sein. Die Messungen sollten nur zur Ableitung des Temperaturkoeffizienten dienen, was nur bei identischen Bedingungen der Beobachtung möglich ist.

In der Herbstperiode schwankten die Temperaturen zwischen $+9^\circ$ und $+28^\circ$, wobei sich folgende Werte des Ablenkungswinkels ergaben:

1958	T	Ablenk.Winkel
Oktober 2.	11.0	938.78
Oktober 3.	9.6	938.52
September 28.	9.0	938.32
September 29.	11.1	938.98
Mittel	10.2	938.65
September 30.	14.8	938.52
Oktober 6.	12.9	938.57
Mittel	13.9	938.55
September 29.	28.0	938.58
September 30.	28.2	938.32
Oktober 3.	24.8	938.63
Mittel	26.3	938.51

Da der mittlere Fehler der Mittelwerte bei $\pm 0,1$ liegt, kann man den Gang im Ablenkungswinkel nicht als gesichert ansehen. Er wird bei der Reduktion nicht in Betracht gezogen. Der große Vorzug der Verwendung von Quarzglas ist durch diese Messungen nachgewiesen.

Das Mikrometer

Am Mikrometer sind keine Veränderungen seit der letzten Beobachtungsreihe vorgenommen worden. Es konnte deshalb mit dem alten Werte

$$1 \text{ rev} = 101,704 \pm 0,057$$

gerechnet werden.

Die differentielle Refraktion

ist mit Hilfe von einem von Professor Strassl berechneten Nogramm an jeder Messung angebracht worden.

Die Reduktion der Beobachtungen

Die Messungen ergeben die Sehne des Doppelsegments, dessen Hälfte

$$y = r \sin \alpha \quad (1)$$

ist, wo r der Radius und α der halbe Zentriwinkel im rechtwinkligen Koordinatensystem mit dem Zentrum des Kreises als Ursprung bedeuten.

In diesem System gilt für die Spitze des Doppelsegments die Gleichung des Kreises

$$x^2 + y^2 = r^2$$

und

$$r dr = x dx + y dy \quad (2)$$

1. Wenn ohne Abweichung von der Kreisform und ohne Änderung des Abstandes der Zentren der beiden Kreisbilder die ge-

meinsame Sehne eine Änderung dy erfährt, so ist $dx = 0$ und die Gleichung (2) ergibt dann für die Änderung des Radius

$$dr = \frac{y}{r} dy = \sin \alpha dy. \quad (3)$$

Bei kleinen Winkeln α kann danach der Fehler der Messung von y wesentlich (etwa auf ein Zehntel) reduziert in dr eingehen.

Der Gang der Rechnung ist folgender: Zunächst wird der erste Näherungswert α_0 aus y und dem Tafelwert r_0 gefunden aus

$$\sin \alpha_0 = \frac{y_0}{r_0}, \quad (4)$$

daraus dann $\cos \alpha_0$ und

$$A_0 = r_0 \cos \alpha_0.$$

$2A$ ist der Ablenkungswinkel der Prismen oder des Bispiegels, dessen Konstanz am Kollimator überwacht wird. Hat er einen Temperaturkoeffizienten, so kann schon der obige Wert von A auf konstante Temperatur reduziert werden. Wir nehmen im weiteren an, daß dies geschehen ist.

Als zweite Näherung für den Winkel α berechnen wir

$$\operatorname{tg} \alpha_1 = \frac{y}{A_0} \quad \text{und mit } \alpha_1 \quad (5)$$

$\sec \alpha_1$ und r_1 aus

$$r_1 = A_0 \sec \alpha_1.$$

Eine zweite Näherung wird erhalten, wenn man α_2 aus

$$\sin \alpha_2 = \frac{y}{r_1}; \quad A_1 = r_1 \cos \alpha_2$$

und

$$r_2 \quad \text{aus} \quad \operatorname{tg} \alpha_2 = \frac{y}{A_1} \quad \text{und} \quad r_2 = A_1 \sec \alpha_2.$$

Die zweite Näherung ist meist schon überflüssig. Die zufälligen Abweichungen von einigen Zehnteln $1''$ treten schon in gleichem Betrage bei den Werten A auf, die als halber Ablenkungswinkel überhaupt konstant bleiben müssen. Ihr Wert muß mit dem Wert aus den Messungen am Kollimator nahezu übereinstimmen, wird aber wegen möglicher kleiner systematischer Unterschiede beider

Wir behandeln hier den meist auftretenden Fall, daß einer der 4 Punkte die Abweichung von der Kreisform bedingt, die übrigen 3 Punkte auf der strengen Kreisumrandung mit dem Radius r liegen. Wir betrachten die Abbildung 4, mit einer Einbuchtung nach innen am Westrande der Sonne. Wir ziehen einen zweiten Kreisbogen aus demselben Zentrum mit dem Radius $r - dr$, der die Einbuchtung tangiert, und betrachten die gemessene Sehne BB' als aus den Halbsehnern AB und $A'B'$ bestehend. Die Strecke AA' ist dann gleich $dx = dA \neq 0$.

Es ist dann

$$x dx + y dy = r dr$$

und

$$dr = \frac{y}{r} dy + \frac{x}{r} dx = \sin \alpha dy + \cos \alpha dx.$$

Da aber

$$dy = dx \cotg \alpha,$$

so folgt

$$dr = 2 \cos \alpha dx. \quad (6)$$

Ebenso findet man

$$\left. \begin{aligned} dx &= r \sin \alpha d\alpha \\ dy &= r \cos \alpha d\alpha \\ dr &= r \sin 2\alpha d\alpha \end{aligned} \right\}. \quad (7)$$

Um die Abweichung dr auszugleichen, hätten wir das gemessene y zu korrigieren. Beachten wir, daß die Hälfte der gemeinsamen Sehne d. h.

$$\frac{1}{2} (y + y - dy) = y - \frac{dr}{4 \sin \alpha}$$

in unsere Rechnung eingeht, somit um $\frac{dr}{4 \sin \alpha}$ zu korrigieren ist, wobei hier unbedenklich mit dem ursprünglichen Werte $\sin \alpha$ gerechnet werden kann. Die Wiederholung der Rechnung mit dem neuen Werte von y muß die Abweichung dr zum Verschwinden bringen, damit auch die Konstanz von A innerhalb der Reihe herstellen.

Bei positiven Werten dr ist die Korrektur $\frac{dr}{4 \sin \alpha}$ mit umgekehrtem Zeichen anzuwenden.

Die Beobachtungen

W. Z.	$r_{\odot}$	y	Refr.	α	r	$\Delta r_{\odot}$	Fl. RZ.	Bemerkungen	
1958									
Aug. 28.297 T=20° .305 .313 28.305	951.95 .96 .96 28.305	59.51 56.24 58.52	0.06 .05 .04	3° 35' 0 23.2 31.5	951.96 51.76 51.91	+0.01 -0.20 -0.05 -0.08	233	Fa um Fleck I, am O. R.	
Aug. 29.283 T=19° .296 .303 .311 29.298	952.16 .17 .17 .17 29.298	56.77 62.91 61.84 62.24	0.07 .06 .05 .05	3 25.2 47.3 43.4 44.9	951.79 52.18 52.11 52.14	-0.37 +0.01 -0.06 -0.03 -0.11	215		
Aug. 30.312 T=27° .320 .354 .406 .415 .425 30.372	952.39 .39 .40 .41 .41 .41 30.372	72.52 73.33 74.13 72.75 71.70 74.07	0.06 .05 .04 .03 .03 .03	4 21.9 24.8 27.7 22.7 18.9 27.5	952.86 952.93 952.99 952.87 952.80 952.99	+0.47 +0.54 +0.59 +0.46 +0.39 +0.58	220		
Aug. 31.278 T=19° .286 .296 .303 .311 31.295	952.60 .60 .61 .61 .61 31.295	72.56 70.82 72.13 70.48 70.99	0.10 .08 .07 .07 .05	4 22.0 15.8 20.5 14.5 16.4	952.86 52.74 52.84 52.71 52.75	+0.25 +0.14 +0.23 +0.10 +0.74 +0.51 ± 0.03	182		
Sept. 1.347 T=25° .353 .361 .365 .372 .379 1.363	952.84 .84 .84 .84 .85 .85 1.363	75.46 75.66 73.67 75.00 75.50 76.51	0.04 .04 .04 .04 .04 .03	4 32.4 33.2 26.0 30.8 32.6 36.2	933.09 53.10 52.95 53.05 53.09 53.18	+0.25 +0.26 +0.11 +0.21 +0.24 +0.33 +0.23 ± 0.02	190		
Sept. 2.289 T=21° .294 .304 .357 .364 .369 .374 2.336	953.05 .06 .06 .07 .07 .07 .07 2.336	79.16 78.03 77.92 76.52 75.25 76.52 76.22	0.09 .08 .07 .04 .04 .04 .04	4 45.7 41.7 41.3 36.3 31.7 36.3 35.2	953.38 53.29 53.29 53.18 53.07 53.18 53.15	+0.33 +0.23 +0.23 +0.11 +0.00 +0.11 +0.08 +0.16 ± 0.03	221		
Sept. 4.418 T=25° .428 .429 .434 .442 .464 .470 .476 4.445	953.53 .53 .53 .53 .53 .54 .54 .54 4.445	98.92 89.90 86.55 83.30 82.36 76.97 77.12 77.83	.04 .04 .04 .04 .03 .03 .03 .03	5 56.7 24.3 12.3 0.6 4 57.2 37.9 38.3 4 41.0	955.24 54.35 54.03 53.75 53.66 53.32 53.23 53.28	+1.71 +0.82 +0.50 + .22 + .13 - .32 - .31 - .26 +0.31	238		Abfall von Fa. um D ₁₀ am O. R.

W. Z.	$r_{\odot}$	y	Refr.	α	r	$\Delta r_{\odot}$	Fl. RZ.	Bemerkungen
Sept. T=25°	5.280	953 ^h 72	88 ^m 68	0 ^s 11	5°20'0	954 ^m 23	+0 ^s 59	Großer Fleck I ₁ am O. R.
	.289	.73	86.80	.10	13.2	54.06	+ .33	
	.294	.73	85.57	.09	8.8	53.95	+ .22	
	.300	.73	84.95	.08	6.6	53.89	+ .16	
	.306	.74	83.31	.07	0.7	53.75	+ .01	
	.340	.74	75.81	.05	4 33.8	53.12	— .62	
	.348	.74	70.53	.05	14.7	52.71	— 1.03	
	.353	.74	71.54	.04	18.4	52.79	— .95	
	.362	.74	77.74	.04	40.7	53.27	— .47	
	.366	.74	77.64	.04	40.3	53.27	— .47	
	.394	.75	74.18	.04	27.8	52.99	— .76	
	.398	.75	75.82	.04	33.8	53.12	— .63	
	.404	.75	76.98	.04	37.9	53.22	— .53	
	.410	.75	75.15	.04	31.4	53.07	— .68	
	.417	.76	76.06	.04	34.6	53.14	— .62	
	.426	.76	78.76	.04	44.3	53.36	— .40	
	.431	.76	74.78	.03	30.0	53.04	— .72	
	.436	.76	77.73	.03	40.6	53.27	— .49	
	.442	.76	75.86	.03	33.9	53.12	— .64	
	.449	.76	75.95	.03	34.2	53.13	— .63	
	5.372							
Sept. T=27°	6.281	953.96	78.57	0.11	4 43.7	953.34	— .62	Große Flecken- gruppe D ₉ am O. R.
	.289	.96	78.67	.10	44.0	53.35	— .61	
	.294	.96	76.83	.09	37.4	53.21	— .75	
	.302	.96	76.10	.08	34.8	53.14	— .82	
	.307	.96	76.41	.05	35.9	53.17	— .79	
	.331	.97	76.94	.05	37.8	53.21	— .76	
	.337	.97	77.75	.05	40.7	53.27	— .70	
	.342	.97	76.23	.05	35.2	53.15	— .82	
	.346	.97	77.35	.05	39.2	53.24	— .73	
	.351	.97	76.38	.05	35.8	53.17	— .80	
	.358	.98	75.06	.05	31.0	53.08	— .90	
	.362	.98	75.15	.04	31.4	53.07	— .91	
	.368	.98	77.03	.04	38.1	53.22	— .76	
	.374	.98	76.62	.04	36.6	53.19	— .79	
	.378	.99	76.37	.04	35.7	53.16	— .82	
	.403	.99	78.76	.04	44.3	53.36	— .63	
	.407	.99	76.52	.04	36.3	53.18	— .71	
	.410	.99	76.46	.03	36.0	53.17	— .82	
	.414	.99	77.17	.03	38.6	53.23	— .76	
	.418	.99	78.70	.03	44.1	53.35	— .64	
	.445	.99	78.29	.03	42.6	53.21	— .67	
	.449	.99	76.92	.03	37.7	53.21	— .78	
	.453	.99	76.56	.03	36.4	53.18	— .81	
	.458	954.00	76.10	.03	34.8	53.14	— .86	
	.463	.00	77.22	.03	38.8	53.24	— .76	
	6.374							

W. Z.	$r_{\odot}$	y	Refr.	α	r	$\Delta r_{\odot}$	Fl. RZ.	Bemerkungen
Sept. T=22°	7.283 .290 .298 .327 .333 .338 .344 .350 7.320	954.20 .20 .20 .21 .21 .21 .21 .21 7.320	92.78 95.92 91.93 89.52 91.25 89.76 90.12 89.15	0.13 .12 .10 .07 .07 .06 .06 .06	5°34'6 45.9 31.6 23.0 29.1 23.3 25.1 21.6	954.62 +0.42 + .74 + .33 + .10 + .26 + .12 + .15 + .06		Abstieg vom Fackelgebiet um D ₇
							157	
Sept. T=26°	8.286 .292 .348 .353 .357 .364 .368 .376 8.343	954.43 .43 .44 .44 .45 .45 .45 .45 8.343	89.72 88.42 89.61 88.43 88.53 90.11 88.99 88.69	0.12 .12 .06 .05 .05 .05 .05 .05	5 23.7 19.1 23.3 19.0 19.4 25.1 21.0 20.0	954.33 —0.10 — .23 — .12 — .24 — .24 — .08 — .19 — .23 —0.18 ± 0.03		
							169	
Sept. T=26°	9.293 .299 .334 .341 .345 .350 .360 .364 .369 .379 .382 .387 9.350	954.67 .67 .68 .68 .68 .68 .69 .69 .69 .69 .69 .69 9.350	96.89 97.29 94.71 93.94 94.33 91.64 92.15 92.35 91.69 92.75 91.43 91.58	0.12 .11 .07 .07 .06 .06 .06 .05 .05 .05 .05 .05	5 49.4 50.8 41.6 38.8 40.2 30.6 32.4 32.1 30.7 34.6 29.8 30.3	955.03 +0.36 + .41 + .13 + .05 + .09 — .17 — .13 — .12 — .18 — .07 — .20 — .18 0.00 ± 0.05		
							172	
Sept. T=20°	12.283 .289 .298 .334 .339 .343 .407 .412 .418 .425 12.355	955.40 .40 .40 .41 .41 .41 .43 .43 .43 .43 12.355	100.48 97.22 98.53 97.16 98.42 100.65 99.56 102.41 102.77 101.40	0.15 .14 .13 .08 .07 .07 .05 .05 .05 .05	6 2.2 5 50.6 55.2 50.3 54.8 6 2.8 5 58.9 6 9.1 10.4 5.5	955.40 0.00 — .33 — .20 — .35 — .23 — .00 — .12 + .17 + .21 + .07 —0.08 ± 0.06		
							295	
Sept. T=21°	13.289 .293 .300 .307 .337 .342	955.64 .65 .65 .65 .66 .67	103.07 104.08 104.21 103.10 101.43 103.10	0.12 .12 .08 .08 .08 .08	6 11.5 15.1 15.6 11.6 6 5.6 11.6	955.68 +0.04 + .13 + .15 + .03 —0.16 + .01		

W. Z.	$r_{\odot}$	y	Refr.	α	r	$\Delta r_{\odot}$	Fl. RZ.	Bemerkungen
Sept. 13.348	955.67	100.50	0.07	6°2'3	955.40	—0.27	294	
.355	.67	100.45	.07	2.1	55.39	— .28		
.377	.68	100.59	.06	2.6	55.45	— .27		
.380	.68	100.69	.06	3.0	55.42	— .26		
.388	.68	101.81	.06	7.0	55.54	— .14		
.394	.68	101.65	.05	6.4	55.52	— .16		
.410	.68	101.96	.05	7.5	55.56	— .12		
.415	.68	101.70	.05	6.6	55.53	— .15		
.419	.68	102.45	.05	9.1	55.60	— .08		
.426	.68	101.35	.05	5.3	55.49	— .19		
13.361						—0.11 ± 0.04		
Sept. 14.313	955.91	109.85	0.11	6 35.9	956.43	+0.52	267	Abfall vom Fackelgebiet zum Flecken- gebiet C, am W. R.
T=25° .322	.91	107.96	.10	29.1	56.22	+ .31		
.331	.92	108.61	.09	31.4	56.29	+ .37		
.339	.92	106.61	.08	24.2	56.06	+ .14		
.347	.92	105.84	.07	21.4	55.97	+ .05		
.354	.92	106.10	.07	22.3	56.01	+ .09		
.366	.93	106.15	.07	22.5	56.01	+ .08		
.371	.93	106.65	.06	24.3	56.07	+ .14		
.377	.93	106.39	.06	23.3	56.04	+ .11		
.384	.93	105.17	.06	19.0	55.91	— .02		
.392	.93	105.48	.06	20.1	55.83	— .10		
.398	.93	105.37	.05	19.7	55.92	— .01		
.408	.94	100.58	.05	2.6	55.41	— .53		
.413	.94	102.77	.05	10.4	55.64	— .30		
.420	.94	103.33	.05	12.4	55.71	— .23		
.425	.94	103.33	.05	12.4	55.71	— .23		
14.373						+0.03		
Sept. 15.287	956.16	107.20	0.16	6 26.2	956.13	—0.03	248	Fackelgebiet um B ₈ am O.R. noch wirksam
T=26° .305	.17	106.25	.12	22.9	56.03	— .14		
.312	.17	102.63	.11	9.9	56.63	— .54		
.319	.17	104.24	.10	15.7	55.80	— .37		
.324	.17	102.86	.09	10.7	55.65	— .52		
.331	.18	103.72	.09	13.8	55.74	— .44		
.337	.18	103.22	.08	12.0	55.69	— .49		
.342	.18	102.75	.08	10.2	55.64	— .54		
.347	.18	103.61	.07	13.4	55.73	— .45		
.350	.18	103.86	.07	14.3	55.76	— .42		
.364	.19	104.47	.07	16.5	55.83	— .36		
.369	.19	103.45	.07	12.8	55.72	— .47		
.373	.19	103.04	.06	11.4	55.67	— .52		
.376	.19	103.85	.06	14.3	55.76	— .43		
.383	.19	104.97	.06	18.3	55.89	— .30		
.387	.19	103.24	.06	12.1	55.69	— .50		
.394	.19	104.20	.06	15.5	55.79	— .40		
.397	.19	103.69	.06	13.7	55.74	— .45		
.402	.19	103.09	.06	11.6	55.68	— .51		
.406	.19	104.91	.05	18.1	55.88	— .31		
15.356						—0.41 ± 0.03		

W. Z.	$r_{\odot}$	y	Refr.	α	r	$\Delta r_{\odot}$	Fl. RZ.	Bemerkungen
Sept. 16.293	956. ⁴³	110. ³⁰	0. ¹⁶	6° 37'.3	956. ⁴⁸	+ 0. ⁰⁵	238	
T=26° .297	.43	110.74	.14	38.8	56.52	+ .09		
.327	.43	109.33	.10	33.9	56.37	— .06		
.330	.44	107.39	.09	26.9	56.15	— .29		
.336	.44	106.88	.09	25.1	56.09	— .35		
.340	.44	105.39	.08	19.8	55.92	— .52		
.347	.44	107.48	.08	27.2	56.16	— .28		
.351	.44	106.97	.08	25.4	56.10	— .34		
.360	.44	107.57	.07	27.6	56.17	— .27		
.365	.44	105.84	.07	21.4	55.92	— .46		
.375	.45	108.78	.07	31.9	56.31	— .14		
.379	.45	106.95	.06	25.4	56.10	— .35		
.385	.45	106.85	.06	25.0	56.09	— .36		
.390	.45	106.39	.06	23.4	56.04	— .41		
.430	.45	105.57	.06	20.4	55.94	— .51		
.435	.46	107.05	.06	25.7	56.11	— .35		
.447	.46	108.48	.06	30.8	56.27	— .19		
.457	.46	107.56	.06	27.5	56.17	— .29		
16.369						— 0.28 ± 0.04		
Sept. 25.372	958.88	129.21	0.10	7 44.7	958.85	— 0.03	197	
T=25° .377	.88	32.92	.09	57.8	59.35	+ .47		
.383	.88	29.15	.09	44.4	58.84	— .04		
.387	.89	28.07	.08	40.6	58.69	— .20		
.394	.89	30.67	.08	49.8	59.04	+ .15		
.398	.89	28.53	.08	42.2	58.76	— .13		
.403	.89	30.16	.08	48.0	58.97	+ .08		
.408	.89	29.04	.08	44.0	58.82	— .07		
.416	.90	30.52	.08	49.3	59.02	+ .12		
25.393						+ 0.04 ± 0.06		
Sept. 27.401	959.44	140.80	0.09	8 25.8	960.47	+ 1.03	183	Abfall von einer Fackel
T=21° .406	.44	138.20	.09	16.6	60.10	+ 0.66		
.411	.44	133.62	.08	0.3	59.45	+ 0.01		
.416	.44	132.35	.08	7 55.8	59.27	— 0.17		
.420	.44	133.26	.08	7 59.1	959.40	— 0.04		
.426	.44	134.74	.08	8 4.3	59.61	+ 0.17		
27.413						+ 0.28		
Sept. 28.331	959.69	151.70	0.16	9 4.3	962.14	+ 2.45	245	Fackelgebiet am Fleck I, am O. R.
T=18° .337	.69	51.94	.15	5.1	62.17	+ 2.48		
.344	.69	47.66	.14	8 50.0	61.50	+ 1.81		
.348	.69	48.16	.13	51.8	61.58	+ 1.89		
.352	.70	47.60	.13	49.8	61.49	+ 1.79		
.357	.70	47.30	.13	48.7	61.44	+ 1.74		
.361	.70	47.39	.12	49.1	61.46	+ 1.76		
.365	.70	46.37	.12	45.5	61.31	+ 1.61		
.369	.70	46.78	.12	46.9	61.39	+ 1.169		
28.352						+ 1.91		

W. Z.	$r_{\odot}$	y	Refr.	α	r	$\Delta r_{\odot}$	Fl. RZ.	Bemerkungen
Sept. 29.334 T=23°	959.96	122.98	0.13	7°22'5	958.02	-1.94	244	Fleck I, am O. R.
.339	.96	20.45	.13	13.5	57.75	-2.25		
.343	.97	19.62	.12	10.6	57.60	-2.37		
.348	.97	20.78	.11	14.7	57.75	-2.22		
.352	.97	22.31	.11	20.1	57.94	-2.03		
.357	.97	23.77	.10	25.3	58.13	-1.84		
.361	.97	23.62	.10	24.3	58.11	-1.86		
.369	.97	24.23	.10	27.0	58.19	-1.78		
.375	.97	23.91	.09	25.8	58.15	-1.72		
.379	.98	22.75	.09	21.7	58.00	-1.98		
.383	.98	27.27	.09	37.8	58.58	-1.40		
.387	.98	24.32	.09	27.3	58.19	-1.79		
29.361						-1.93		
Sept. 30.296 T=21°	960.23	130.02	0.25	7 47.5	958.95	-1.28	198	Zweiter Fleck I ₂ O. R.
.300	.23	29.08	.22	44.2	58.83	-1.40		
.306	.23	31.97	.21	54.4	59.22	-1.01		
.309	.23	30.03	.20	47.6	58.95	-1.28		
.338	.24	26.75	.13	35.9	58.52	-1.72		
.343	.24	25.68	.13	32.1	58.38	-1.86		
.345	.24	30.64	.12	49.7	59.04	-1.20		
.351	.25	27.61	.11	39.0	58.63	-1.62		
.355	.25	26.63	.11	35.5	58.50	-1.75		
.360	.25	27.60	.10	38.9	58.63	-1.62		
.364	.25	27.95	.10	40.2	58.68	-1.57		
.369	.25	29.01	.10	43.9	58.82	-1.43		
.374	.25	26.67	.10	35.6	58.50	-1.41		
30.339						-1.47		
Okt. 3.295 T=20°	961.04	155.20	.20	9 16.6	962.69	+1.65	239	Fackelnggebiet um I ₄
.299	.04	54.92	.18	15.6	62.64	+1.60		
.302	.04	52.47	.17	7.0	62.25	+1.21		
.333	.05	51.66	.12	4.1	62.13	+1.08		
.338	.05	50.48	.11	0.0	61.95	+0.90		
.340	.05	50.58	.11	0.4	61.97	+ .92		
.344	.05	49.82	.11	8 57.7	61.84	+ .79		
.349	.05	50.83	.10	9 1.2	62.00	+ .95		
.353	.06	51.48	.10	9 3.5	62.10	+1.04		
.357	.06	52.04	.09	5.5	62.19	+1.13		
.365	.06	49.44	.09	8 56.3	61.79	+ .73		
.369	.06	49.65	.09	8 57.1	61.81	+ .75		
3.337						+1.06		
Okt. 4.339 T=21°	961.32	139.39	0.16	8 20.8	960.27	-1.05	178	Fleckengruppe H ₁₂ am O. R.
.343	.32	39.89	.15	22.5	60.34	-0.98		
.347	.32	38.98	.15	19.3	60.21	-1.11		
.350	.32	38.71	.14	18.4	60.18	-1.14		
.354	.32	38.24	.13	16.7	60.10	-1.22		
.359	.32	39.92	.13	22.7	60.35	-0.97		
4.348						-1.08 ± 0.04		

W. Z.	$r_{\odot}$	y	Refr.	α	r	$\Delta r_{\odot}$	Fl. RZ.	Bemerkungen
Okt. T=19°	9.338 .332 .338 .341 .345 .351 .375 .360 9.344	962.67 .67 .67 .68 .68 .68 .68 .68 9.344	148.93 .21 .20 .19 .18 .17 .16 .16	0.24 55.2 49.9 48.6 47.3 42.8 51.2 49.8	8°54.5 61.73 61.50 61.44 61.39 61.20 61.56 61.49	—0.97 — .94 —1.17 —1.24 —1.29 —1.48 —1.12 —1.19 —1.18 ± 0.05	122	Doppelfleck A ₂ am W. R.
1959								
Jan.	27.450 .458 .470 .478 27.464	976.42 .42 .42 .42 27.464	219.48 19.07 17.04 18.26	0.36 .36 .36 .36	12 59.3 57.9 50.9 55.1	976.53 76.42 76.41 76.26 +0.11 0.00 +0.02 —0.16 —0.01 ± 0.05	293	
Jan.	28.416 .423 .437 .446 .492 .498 28.452	976.30 76.30 76.29 76.29 76.29 76.29 28.452	220.40 21.40 19.45 18.78 17.35 15.40	.42 .40 .38 .37 .36 .35	13 4.5 5.9 59.2 56.7 52.0 45.3	976.75 76.96 76.53 76.38 76.06 75.62 +0.45 +0.66 +0.24 +0.09 —0.23 —0.66		Abstieg vom Fackeln- zum Fleckengebiet H ₈
Jan.	29.402 .408 .416 .422 .432 .440 .471 .478 .515 .526 .563 .571 .582	976.17 .17 .17 .17 .16 .16 .16 .16 .15 .15 .15 .15 .15	217.70 216.11 216.12 216.21 216.55 214.98 211.18 213.96 208.36 209.58 210.24 211.12 208.29	0.46 .40 .41 .40 .38 .38 .38 .35 .38 .40 .53 .59 .71	12 53.2 12 47.7 12 47.8 12 48.1 12 49.3 12 43.9 12 29.7 12 39.7 12 19.5 12 23.9 12 26.3 12 29.4 12 19.2	976.13 975.78 975.79 975.81 975.88 975.53 974.63 975.26 974.00 974.26 974.42 974.62 973.98 —0.04 —0.39 —0.38 —0.36 —0.28 —0.63 —1.53 —0.90 —2.15 —1.89 —1.73 —1.53 —2.16	237	Auf dem gro- ßen Fleck H ₇ in $\varphi = 7^\circ$ am W. R. ge- messen
Jan.	30.466 .475 .484 .489	976.02 76.02 76.02 76.02	211.15 212.64 211.52 212.79	.33 .33 .33 .33	12 29.7 12 35.0 12 31.0 12 35.6	974.63 974.97 974.72 975.01 —1.39 —1.05 —1.30 —1.01	187	Ausgedehntes Fleckengebiet E ₂₀

Die Werte y der halben Sehne der Doppelsegmente sind Mittel aus 4 Einstellungen. α ist der endgültige Wert des entsprechenden Zentriwinkels. Die Fleckenrelativzahlen sind den Freiburger

Karten entnommen. Wegen der kurzen Beobachtungszeit ist eine Abhängigkeit der Δr -Werte von den Fl. R.Z. nicht feststellbar. Andererseits waren bei den außerordentlich hohen Fl. R.Z. und den zahlreichen sehr großen Flecken die Bedingungen zum Studium der Umrissse der Photosphäre besonders günstig.

Erläuterungen zu den graphischen Darstellungen

Nur für diejenigen Beobachtungstage, die einen deutlichen Gang der Werte des Radius aufweisen, sind die übergreifenden Dreiermittel der in den Tabellen gegebenen Werte der Δr graphisch dargestellt. Ihr mittlerer Fehler ist entsprechend der Zahl der eingehenden Messungen $\pm 0''.09$. Nur in Abb. 4, wo 3 aufeinanderfolgende Tage dargestellt sind, mußte wegen des Maßstabes der Zeichnung eine weitere Mittelbildung vorgenommen werden, so daß hier der mittlere Fehler eines Punktes $\pm 0''.05$ beträgt.

In jedem einzelnen Falle, in dem ein Gang in den Beobachtungswerten festgestellt wurde, zeigten die Karten des Freiburger Instituts entweder ein Fackelgebiet bei positiven Werten, oder bei negativen Werten einen Fleck oder eine Fleckengruppe am Sonnenrande in einem der Endpunkte des Doppelsegments. In 2 Fällen, am 5. 9. 1958 und am 29. 1. 1959, ist bewußt direkt auf einen großen Fleck eingestellt worden; an den übrigen Tagen war die Einstellung nach dem täglichen Parallel ausgerichtet. Diejenigen Tage, die eine konstante positive Abweichung zeigten, sind nicht graphisch dargestellt, das festgestellte Fackelgebiet aber in der Spalte „Bemerkungen“ vermerkt.

5. September 1958

Am Vortage auf den Positionswinkel vom großen Fleck I_1 am O. R. eingestellt. Die Beobachtung beginnt mit dem Abfall von der umgebenden Fackel, sie erstreckt sich aber kaum bis zum Zentrum des Flecks. In Abb. 3 sind 3 Tage, der 5., 6., 7. September, nach weiterer Mittelbildung dargestellt, um den Abfall ins

Fleckengebiet um I_1 und die Rückkehr zum Normalniveau zu veranschaulichen. Die Beobachtungsdauer war immer zu kurz, um alle Einzelheiten des ausgedehnten Fleckengebiets zu umfassen. Am 6. September lag die Beobachtung noch innerhalb desselben, am 7. September war schon der Abstieg vom begrenzenden Fackelgebiet erfaßt.

14. September 1958

Am W. R. Abfall vom Fackelgebiet um die Fleckengruppe C_7 .

28. und 29. September 1958

Einzelfleck I_1 nähert sich dem O. R. Am 28. hohes Fackelgebiet, das mit dem Fleck I_1 wahrscheinlich zusammenhängt, am 29. Durchgang des Flecks I_1 am O. R.

30. September 1958

Nordöstlich von I_1 entwickelte sich ein zweiter Fleck, der auf der Karte vom 1. Oktober in 22° Abstand vom Rande erstmalig sichtbar ist. Wahrscheinlich ist die Messung am 30. September genau auf diesen Fleck I_2 erfolgt, welcher der heliogr. Breite ($+21^\circ$) der südlichen Spitze des Doppelsegments entspricht.

3. Oktober 1958

Das Fackelgebiet um I_4 (4. Oktober) passiert den O. R.

9. Oktober 1958

Doppelfleck A_2 am W. R.

28. Januar 1959

Abfall vom Fackelgebiet um H_6 .

29. Januar 1959

Auf sehr großen Fleck H_7 in $\varphi = 7^\circ$ eingestellt und dessen Durchgang am W. R. gemessen. Spitze des Doppelsegments ist durch den Fleck deutlich abgestumpft, was bis zum Schluß der Beobachtung zu verfolgen war.

30. Januar 1959

Ausgedehntes Fleckengebiet E_{20} .

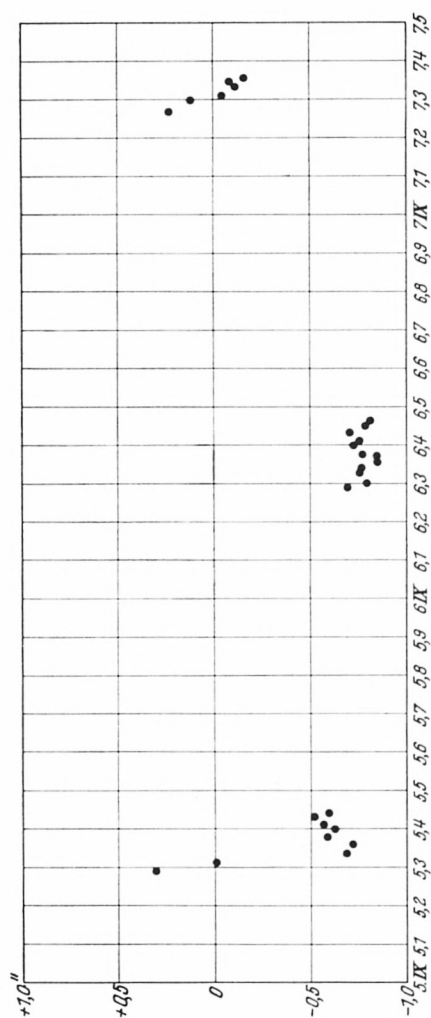


Abb. 5

Sep. 5. Einzelner Fleck I_1 in einem großen Fleckengebiet am Westrande. Sept. 6. Große Fleckengruppe D_9 am Westrande. Sept. 7. Beginn des Abstiegs vom Fackelgebiet um D_7

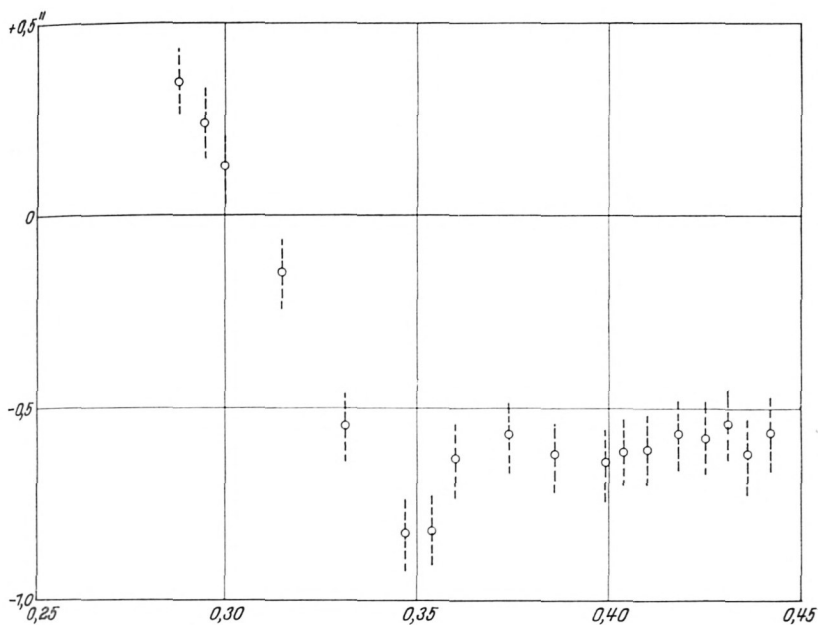


Abb. 6. Sept. 5. Einzelner Fleck I₁ in einem großen Fleckengebiet (H₆ und D₁₃) am Westrande

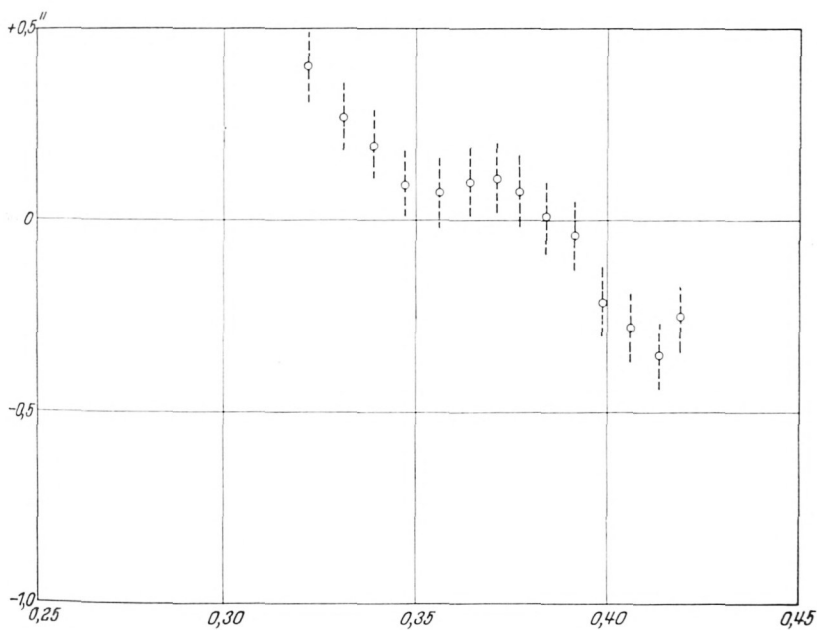


Abb. 7. Sept. 14. Abfall von einem Fackelgebiet zum Fl. C₇ am W. R.

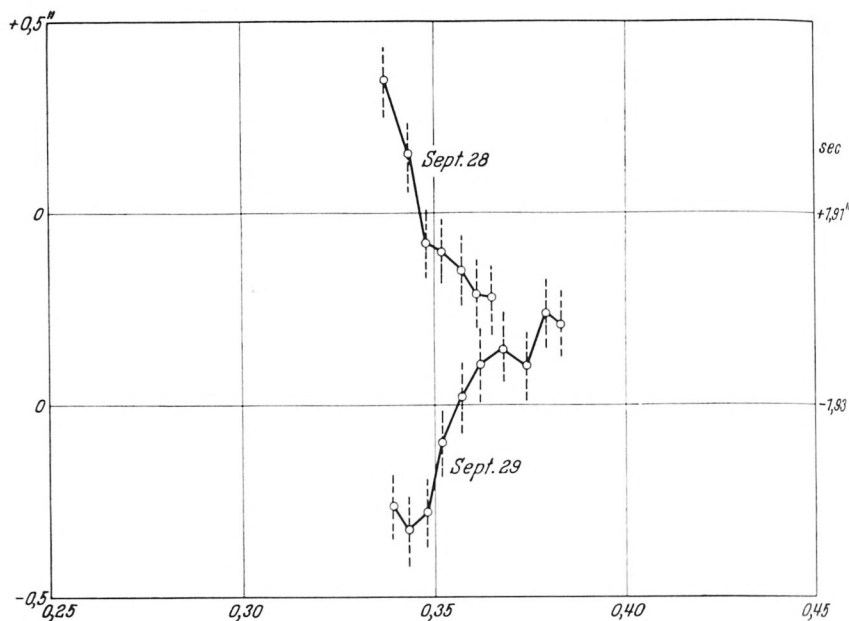


Abb. 8. Sept. 28: Abstieg von einer Fackel. Sept. 29: Zentrum und Aufstieg von einem Einzelfleck I_1 am Ostrande

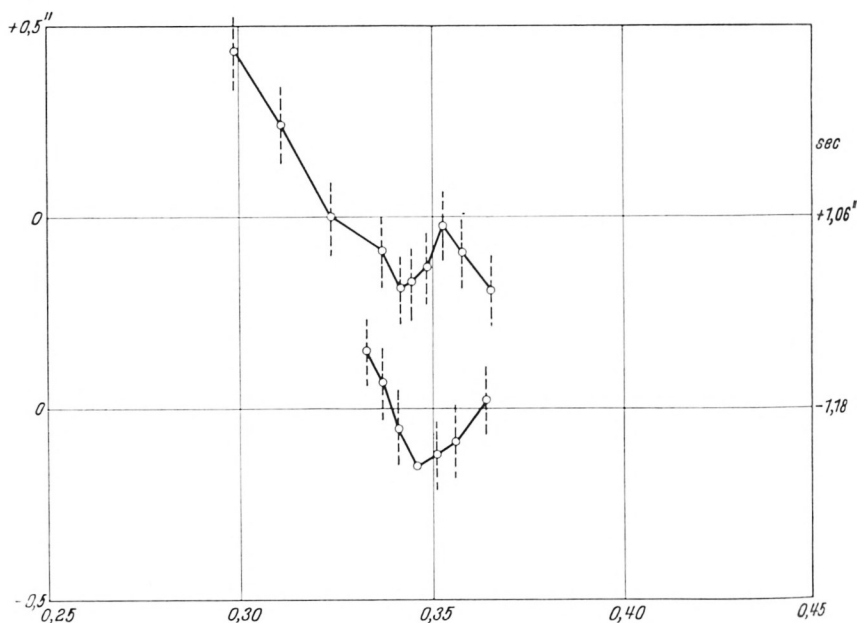


Abb. 9. Oben. Oktob. 3: Das Fackelgebiet I_4 (4 Oktob.) passiert den Ostrand
Oktob. 9: Kleiner Doppelfleck A_2 am W. R.

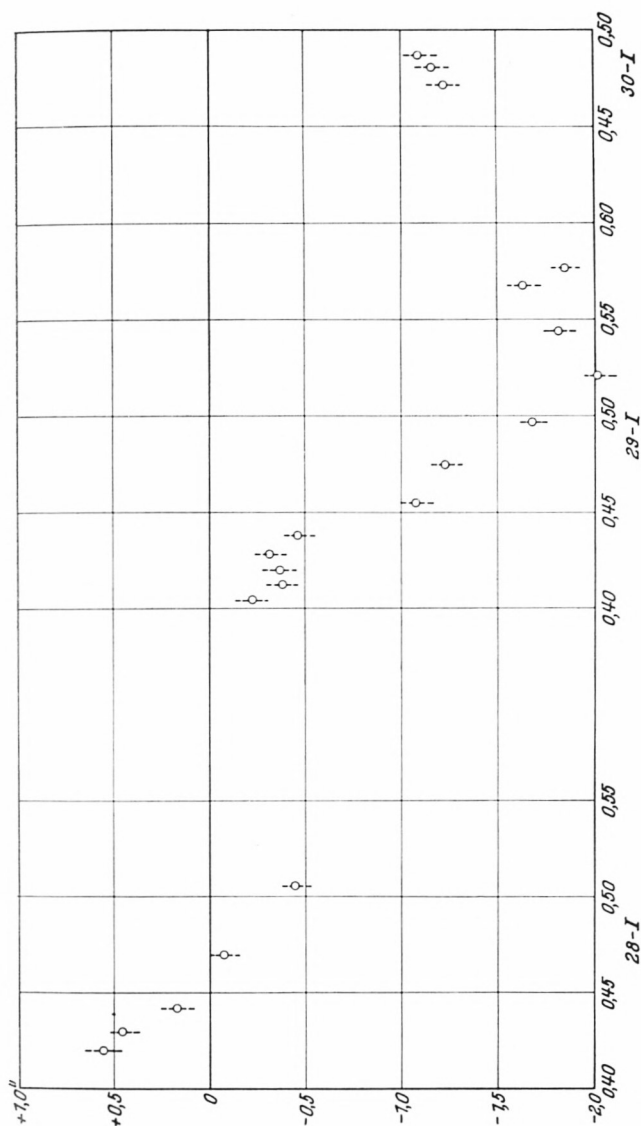


Abb. 10. 28-I Abfall vom Fackelgebiet H₆ am W. R. 29-I Durchgang des sehr großen Flecks H₇ am W. R. 30-I Anstieg zum großen Fackelgebiet E₁₀

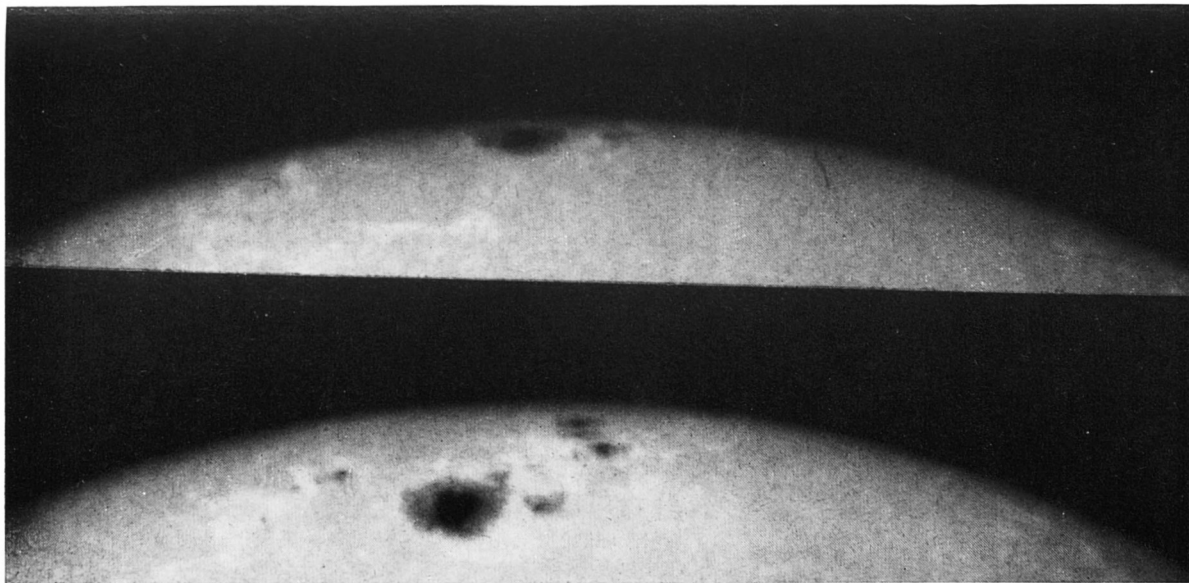


Abb. 1. Der westliche Sonnenrand am 28. und 29. 1. 1959. Das zweite Bild 5 Stunden vor Durchgang des großen Flecks in dem die Messung erfolgte. Die Randverdunkelung die hier deutlich ist, verschwindet bei visueller Beobachtung durch das Rotfilter, wobei das Wilsonphänomen deutlich hervortritt. Aufnahmen des Observatoriums Wendelstein

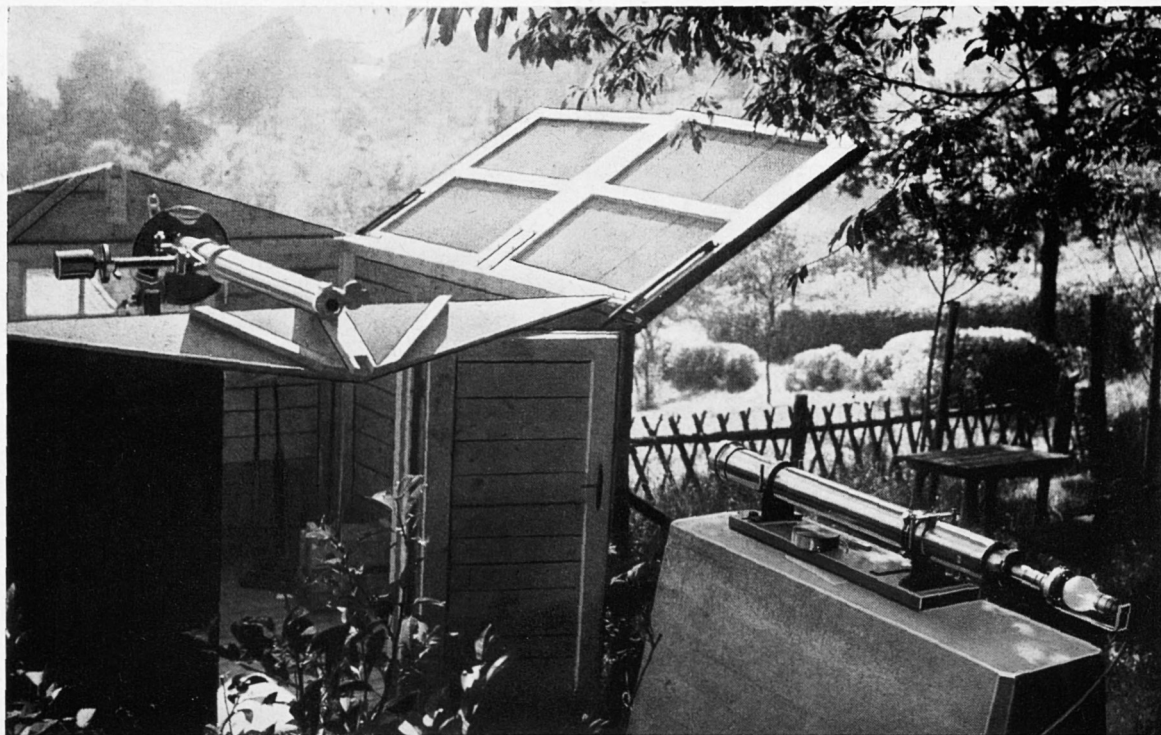


Abb. 3. Das Beobachtungshaus mit dem 2-Meter-Fernrohr und dem Kollimator beim Messen des Ablenkungswinkels. Das Mikrometer ist durch den schwarzen Sonnenschirm verdeckt