

Die Sonnenaktivität im Jahre 1976

Von

M. WALDMEIER (Zürich)

(Mit 3 Abbildungen im Text)

Mittlere tägliche Sonnenflecken-Relativzahl	12,6	(15,5)
Mittlere tägliche Gruppenzahl	1,2	(1,4)
Anzahl fleckenfreier Tage	105	(95)
Anzahl der nördlichen Gruppen, Zyklus 20	23	(58)
Anzahl der südlichen Gruppen, Zyklus 20	32	(46)
Anzahl der nördlichen Gruppen, Zyklus 21	15	(4)
Anzahl der südlichen Gruppen, Zyklus 21	16	(2)
Mittlerer Äquatorabstand der nördlichen Gruppen, Zyklus 20	5,1°	(6,6°)
Mittlerer Äquatorabstand der südlichen Gruppen, Zyklus 20	8,0°	(8,6°)
Mittlerer Äquatorabstand der nördlichen Gruppen, Zyklus 21	22,8°	(29,0°)
Mittlerer Äquatorabstand der südlichen Gruppen, Zyklus 21	25,9°	(30,0°)
Bedeckung der N-Halbkugel durch Fackelfelder	0,7%	(1,0%)
Bedeckung der S-Halbkugel durch Fackelfelder	0,7%	(0,7%)
Anzahl der Polarfackeln	6779	(3623)
Mittlerer Äquatorabstand der nördlichen Fackeln, Zyklus 20	8,3°	(8,3°)
Mittlerer Äquatorabstand der südlichen Fackeln, Zyklus 20	8,4°	(9,6°)
Mittlerer Äquatorabstand der nördlichen Fackeln, Zyklus 21	27,5°	(—)
Mittlerer Äquatorabstand der südlichen Fackeln, Zyklus 21	28,8°	(—)
Mittlere tägliche Protuberanzenprofilfläche	1865	(1566)
Mittlere tägliche Gesamtemission der Koronalinie 530,3 nm	105,2	(162,0)
Mittlere tägliche Radioemission auf der Wellenlänge 10,7 cm	73,4	(76,1)

Die in Klammern gesetzten Werte beziehen sich auf das Jahr 1975.

1. Sonnenflecken-Relativzahlen

Die Statistik der Zürcher Sonnenflecken-Relativzahlen wurde 1855 begonnen und ist seither ohne Unterbrechung und in unveränderter und homogener Weise fortgeführt worden. Sie beruht auf der täglichen Bestimmung der Zahl der Gruppen, g , und der Summe aller Flecken, f . Aus diesen beiden Zahlen und einem Reduktionsfaktor, k , wird in bekannter Weise die Relativzahl R berechnet. Die Beobachtungen erfolgen in Zürich und auf den beiden Aussenstationen der Eidgenössischen Sternwarte in Arosa und Locarno. Durch diese drei Stationen sind im Berichtsjahr 345 Tage gedeckt. Die Zürcher Sonnenfleckenstatistik erfreut sich der Mitarbeit von etwa 30 ausländischen Observatorien. Durch diese liegen für alle Tage mehrfache Beobach-

tungen vor. Die Grundlage der Sonnenfleckenstatistik wird von unseren eigenen Beobachtungen gebildet. Diese enthalten Lücken und auch Beobachtungen, welche unter ungünstigen atmosphärischen Bedingungen erhalten worden sind. Deshalb haben die daraus abgeleiteten Relativzahlen, welche am Ende jedes Monats publiziert werden, nur provisorischen Charakter. Die eigenen Beobachtungen werden überdies benützt zur Bestimmung der Reduktionsfaktoren der ausländischen Beobachtungs-

Tabelle 1. Tägliche Sonnenflecken-Relativzahlen R für das Jahr 1976

Tag	Monat											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	0	0	0	23	30	0	9	10	17	30	0	0
2	0	0	0	23	23	0	8	16	20	28	0	0
3	0	0	0	21	25	0	10	17	12	30	0	0
4	0	0	0	13	8	0	8	13	11	30	0	0
5	0	0	0	12	21	0	8	16	17	25	0	0
6	0	0	10	9	10	0	10	14	10	24	0	0
7	0	0	12	0	10	0	7	24	9	30	0	7
8	0	0	7	0	9	10	0	27	9	7	0	19
9	0	0	10	8	8	10	0	31	18	14	0	22
10	0	0	12	10	10	7	0	24	22	0	0	19
11	0	0	13	15	16	7	0	23	24	0	0	22
12	20	0	13	17	17	8	0	28	20	13	0	16
13	26	13	13	17	23	8	0	26	18	17	0	12
14	34	16	22	19	30	15	0	15	10	23	0	32
15	20	18	16	19	17	18	0	8	16	25	7	34
16	22	11	11	19	12	15	0	15	14	28	7	36
17	22	8	30	22	18	18	0	19	8	31	14	34
18	20	15	43	27	8	24	0	22	8	24	20	24
19	18	10	47	27	20	23	0	25	7	20	13	15
20	16	12	48	30	20	20	0	20	0	19	12	8
21	11	8	44	37	13	30	0	17	0	15	8	9
22	10	7	36	20	7	31	0	8	0	22	13	9
23	10	0	26	17	15	22	0	9	7	28	11	9
24	0	0	22	16	8	25	0	15	7	30	10	17
25	0	0	22	17	0	18	0	10	16	30	9	22
26	0	0	38	26	7	17	0	14	17	29	9	25
27	7	7	45	23	0	9	0	7	18	24	8	16
28	0	0	43	21	0	11	0	8	18	19	8	17
29	8	0	38	24	0	11	0	9	23	15	8	19
30	8		32	32	0	10	0	10	30	8	0	19
31	0		26		0		0	9		0		12
Mittel	8,1	4,3	21,9	18,8	12,4	12,2	1,9	16,4	13,5	20,6	5,2	15,3
Flecken- freie Tage	16	18	5	2	6	7	24	0	3	3	15	6

reihen. Die hier mitgeteilten, definitiven Relativzahlen werden jeweils am Ende eines Jahres bestimmt unter Verwendung der Beobachtungen von etwa 12 ausgewählten ausländischen Stationen, welche eine grosse Zahl von Beobachtungstagen und einen gleichbleibenden Reduktionsfaktor aufweisen. Eine Liste der Mitarbeiter, enthaltend die Zahl der Beobachtungen und die Reduktionsfaktoren, ist in Nr. 350 unserer «Astronomischen Mitteilungen» erschienen.

Da die Relativzahl schon bei ruhiger Sonne sich von Tag zu Tag um mehrere, bei aktiver Sonne bis zu 50 Einheiten ändern kann, ist die Tageszeit der Beobachtung nicht unwesentlich. Wenn immer möglich wird diese in den frühen Vormittagsstunden durchgeführt, bezieht sich somit im allgemeinen auf 6 bis 9 Uhr Weltzeit. Dies trifft auch zu für die europäischen Stationen, deren Beobachtungen zur Ergänzung der unsrigen beigezogen werden.

Die Sonnenflecken-Relativzahlen für das Jahr 1976 sind in Tabelle 1 mitgeteilt und in Abb. 1 dargestellt. Entsprechend der Erwartung, dass in diesem Jahr das Minimum der Sonnenflecken-tätigkeit eintreten würde, ist die Aktivität gegenüber dem Vorjahr weiter, allerdings nur noch wenig, zurückgegangen. Der Mittelwert der täglichen Relativzahl beträgt 12,6 gegenüber 15,5 im Jahre 1975. Der Rückgang kommt auch darin zum Ausdruck, dass die Relativzahl nur noch bis auf 48 gestiegen ist gegenüber bis auf 104 im Vorjahr und dass die Zahl der fleckenfreien Tage von 95 auf 105 zugenommen hat.

Für ein Minimumsjahr ist die Relativzahl von 12,6 sehr hoch. Noch nie in der über 250 Jahre umfassenden Statistik ist eine so starke Minimumsaktivität beobachtet worden. Der Zeitpunkt des Minimums lässt sich aus den Beobachtungen bis Ende des Jahres noch nicht angeben; dazu muss zunächst die weitere Entwicklung im Jahre 1977 abgewartet werden. Die drei Monate mit den niedrigsten, für ein Minimum typischen Relativzahlen, nämlich Februar, Juli und November sind über das ganze Jahr verteilt. In jedem dieser Fälle ist die kleine Aktivität die Folge einer langen Sequenz fleckenloser Tage. In den stark fluktuierenden Monatsmittelwerten lässt sich im Verlaufe des Jahres weder eine systematische Zu- noch Abnahme erkennen, was vermuten lässt, dass das Minimum um die Jahresmitte eingetreten ist.

Die Extrema der Sonnenaktivität werden anhand der ausgeglichenen Monats-

Tabelle 2. Die ausgeglichenen monatlichen Relativzahlen für 1968–1976

Jahr	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr-mittel
1968	102,6	102,9	104,7	107,2	107,6	106,6	105,2	104,8	107,0	109,9	110,6	110,1	106,6
1969	110,0	109,6	108,0	106,4	106,2	106,1	105,9	106,5	105,4	104,1	104,6	104,9	106,4
1970	105,6	106,0	106,2	106,1	105,8	105,3	103,8	101,0	97,2	93,9	89,4	84,1	100,4
1971	80,4	77,8	74,4	70,9	68,1	66,7	65,4	64,6	65,8	66,2	66,8	69,4	69,7
1972	70,8	71,2	72,4	73,4	72,9	70,5	68,2	65,5	62,2	60,6	58,7	55,1	66,8
1973	50,9	46,5	44,2	42,7	40,7	39,1	37,5	36,1	34,4	32,6	31,8	31,5	39,0
1974	32,7	34,4	34,0	33,9	34,6	34,5	34,0	33,1	32,1	30,2	27,5	25,2	32,2
1975	23,0	22,1	21,2	18,6	16,8	16,0	15,0	14,3	14,4	15,4	16,1	16,3	17,4
1976	15,2	13,2	12,2	12,6	12,5	12,2	(12,9)	(13,9)	(14,1)	(13,3)	(13,3)	(14,7)	(13,3)

mittel bestimmt. Da die Ausgleichung über ein Jahr erfolgt, werden dabei die kurzzeitigen Schwankungen weitgehend eliminiert. Die ausgeglichene Relativzahl für einen bestimmten Monat wird aus den beobachteten Mittelwerten dieses Monats sowie der 6 vorangehenden und der 6 nachfolgenden Monate gebildet, wobei von den 13 verwendeten Monaten der erste und der letzte mit einfachem, die übrigen 11 mit doppelem Gewicht eingehen. Für die dem gegenwärtigen Minimum vorausgegangenen Jahre sind die ausgeglichenen Relativzahlen in Tabelle 2 mitgeteilt. In die eingeklammerten Werte gehen auch die Relativzahlen für 1977 ein, für welche erst provisorische Werte vorliegen. Der Verlauf der ausgeglichenen Relativzahlen scheint

Tabelle 3. Tägliche Sonnenflecken-Relativzahlen R_c der Zentralzone für das Jahr 1976

Tag	Monat											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	0	0	0	23	7	0	0	0	0	17	0	0
2	0	0	0	23	0	0	0	8	9	17	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	8	12	0	0	0
4	0	0	0	0	8	0	8	0	11	0	0	0
5	0	0	0	0	7	0	8	0	17	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	0	9
9	0	0	0	0	0	0	0	13	0	7	0	7
10	0	0	0	0	10	0	0	10	0	0	0	19
11	0	0	13	0	8	0	0	10	24	0	0	22
12	0	0	13	7	10	0	0	18	14	0	0	16
13	0	13	13	17	9	0	0	18	0	0	0	12
14	0	16	0	11	7	0	0	0	0	0	0	13
15	0	18	0	11	0	0	0	8	0	0	0	0
16	22	0	0	10	0	0	0	15	0	7	0	0
17	22	0	22	0	0	0	0	19	0	7	0	0
18	20	0	43	8	0	24	0	0	0	7	0	0
19	18	0	47	20	7	23	0	0	7	7	0	8
20	0	0	48	22	7	20	0	0	0	0	0	8
21	0	8	44	20	7	16	0	0	0	0	8	9
22	0	7	0	0	0	9	0	0	0	15	13	9
23	0	0	0	0	15	0	0	9	0	16	11	0
24	0	0	0	0	8	7	0	9	0	22	10	0
25	0	0	0	11	0	0	0	10	0	0	9	0
26	0	0	16	8	7	0	0	14	0	0	0	0
27	7	0	0	11	0	9	0	7	0	0	0	0
28	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0
29	7	0	27	24	0	0	0	0	15	0	0	19
30	0		23	7	0	0	0	0	15	0	0	19
31	0		26		0		0	0		0		12
Mittel	3,1	2,1	10,8	8,1	3,8	3,6	0,5	7,0	4,1	3,9	1,7	5,9

die bereits geäußerte Vermutung, wonach das Minimum um die Jahresmitte eingetreten ist, zu bestätigen. Eine exaktere Festlegung wird erst möglich sein, wenn diese Zahlen wieder dauernd und stark ansteigen.

Die Sonnenflecken-Relativzahlen sind nicht nur eine einfache und vielseitig gebrauchte Masszahl der Sonnenaktivität, sondern werden auch ausgiebig verwendet bei der Untersuchung der terrestrischen Wirkungen der Sonnenaktivität. Diese Einflüsse sind zwar nicht ausschliesslich, aber vorwiegend durch die Aktivität im Zentrum der Sonnenscheibe verursacht. Deshalb sind in Tabelle 3 die täglichen Sonnenflecken-Relativzahlen für die Zentralzone, R_c , mitgeteilt. Diese ist der kreisförmige zentrale Teil der Scheibe, dessen Radius gleich ist dem halben Sonnenradius. Dabei ist R_c die Summe der Beiträge zu R , welche von Gruppen stammen, die um 8 Uhr Weltzeit innerhalb der Zentralzone liegen. Gruppen, die sich zu dieser Zeit zum Teil innerhalb und zum Teil ausserhalb der Zentralzone befinden, werden mit ihrem ganzen Beitrag der Zentralzone zugerechnet, wenn ihr geometrischer Mittelpunkt innerhalb dieser Zone liegt, und bleiben für R_c unberücksichtigt, wenn dieser Mittelpunkt ausserhalb liegt.

Der Mittelwert von R_c beträgt für das Berichtsjahr 4,6 gegenüber 7,2 im Vorjahr.

2. Statistik der Sonnenfleckengruppen

Für die Bestimmung der Relativzahlen benötigt man zunächst die Zahl der Fleckengruppen, g . Diese bezieht sich deshalb, wie die Relativzahl, im allgemeinen auf die Zeit zwischen 6 und 9 Uhr Weltzeit. An jedem Tag wird jede Gruppe gezählt, unabhängig davon, ob es sich um eine Neubildung handelt oder ob sie bereits an den Vortagen gezählt worden ist. In den Mittelwert der Gruppenzahl geht somit jede Gruppe mit einem Gewicht ein, das ihrer Sichtbarkeitsdauer proportional ist. Hingegen bleibt die Grösse der Gruppe, gleichgültig ob sie aus nur einem oder aus Dutzenden von Flecken besteht, unberücksichtigt. In Tabelle 4 ist für jeden Tag die Zahl der beobachteten Fleckengruppen mitgeteilt. Ihr Mittelwert beträgt 1,2 gegenüber 1,4 im Jahre 1975. Der Quotient R/g , der im langjährigen Durchschnitt 12 beträgt, ergibt sich für 1976 zu 10,6.

Bei der Bestimmung von g , f und R wird auf die Lage der Flecken auf der Sonnenscheibe keine Rücksicht genommen. Die Koordinaten der Gruppen, heliographische Länge und Breite, Abstand vom Zentralmeridian sowie ihre Klassifikation sind in den «Heliographic Maps of the Photosphere for the Year 1976» mitgeteilt (Publikationen Eidgen. Sternwarte Zürich, vol. XV, Heft 1). Auf dieser Publikation basieren die Breitenverteilung und die mittlere heliographische Breite der Fleckengruppen (Tabelle 5). Dabei wird im Gegensatz zu g jede Gruppe, unabhängig von ihrer Grösse und Lebensdauer nur einmal gezählt. Jede am Ostrand sichtbar werdende Gruppe wird als neue behandelt, auch wenn sie schon in der vorangegangenen Rotation beobachtet worden ist; in vielen derartigen Fällen ist nämlich nicht mit Sicherheit zu entscheiden, ob es sich um eine Wiederkehr oder um eine Neubildung handelt. Nicht selten kommt es vor, dass eine Fleckengruppe an einer Stelle erscheint, an welcher wenige Tage zuvor eine andere Gruppe verschwunden war. Zwei an derselben Stelle aufgetretene Gruppen sind als zwei Gruppen behandelt worden, sofern

Tabelle 4. Tägliche Anzahl der Fleckengruppen *g* im Jahre 1976

Tag	Monat											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	0	0	0	1	1	0	1	1	2	4	0	0
2	0	0	0	1	2	0	1	2	2	3	0	0
3	0	0	0	1	3	0	1	2	1	3	0	0
4	0	0	0	1	1	0	1	1	1	3	0	0
5	0	0	0	1	3	0	1	1	2	3	0	0
6	0	0	1	1	1	0	1	1	1	3	0	0
7	0	0	1	0	1	0	1	3	1	4	0	1
8	0	0	1	0	1	1	0	3	1	1	0	2
9	0	0	1	1	1	1	0	3	2	2	0	2
10	0	0	1	1	1	1	0	2	2	0	0	1
11	0	0	1	2	2	1	0	2	1	0	0	2
12	2	0	1	2	2	1	0	3	2	2	0	1
13	2	1	1	1	3	1	0	3	2	2	0	1
14	2	1	2	2	4	2	0	2	1	2	0	3
15	1	1	2	2	2	2	0	1	2	2	1	3
16	1	1	1	2	1	1	0	1	2	3	1	4
17	1	1	2	3	2	1	0	1	1	3	2	4
18	1	2	2	3	1	1	0	1	1	3	2	3
19	1	1	2	3	3	1	0	2	1	2	1	2
20	1	1	2	3	3	1	0	2	0	2	1	1
21	1	1	2	5	2	2	0	2	0	2	1	1
22	1	1	1	2	1	3	0	1	0	3	1	1
23	1	0	1	2	2	2	0	1	1	3	1	1
24	0	0	2	2	1	3	0	2	1	2	1	2
25	0	0	2	2	0	2	0	1	2	2	1	2
26	0	0	3	3	1	2	0	2	2	2	1	2
27	1	1	3	2	0	1	0	1	2	2	1	1
28	0	0	2	2	0	1	0	1	2	2	1	1
29	1	0	2	2	0	1	0	1	3	2	1	1
30	1		2	2	0	1	0	1	4	1	0	1
31	0		1		0		0	1		0		1
Mittel	0,6	0,4	1,4	1,8	1,5	1,1	0,2	1,6	1,5	2,2	0,6	1,4

sie durch ein Intervall von mindestens zwei aufeinanderfolgenden Tagen, an denen die betreffende Stelle fleckenfrei war, voneinander getrennt sind.

Die Gesamtzahl der Fleckengruppen beträgt 86 gegenüber 110 im Vorjahr. Dieser Rückgang resultiert aus einer starken Abnahme der Gruppen des alten Zyklus (Nr. 20) von 104 auf 55 und einer Zunahme derjenigen des neuen Zyklus (Nr. 21) von 6 auf 31. Im alten Zyklus dominieren die südlichen Flecken, während im neuen beide Hemisphären gleich aktiv sind. Vom ersten zum zweiten Halbjahr hat die Zahl der Fleckengruppen des alten Zyklus von 39 auf 16 abgenommen, diejenige des neuen Zyklus von 4 auf 27 zugenommen. Gleiche Aktivität des alten und des neuen Zyklus und damit das Minimum ist somit um die Mitte des Jahres eingetreten.

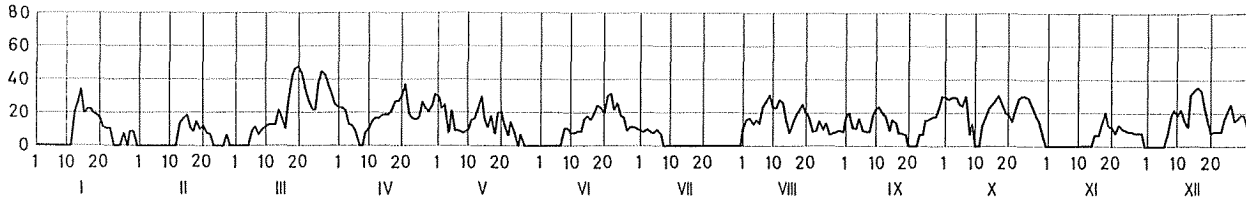


Abb. 1. Die täglichen Sonnenflecken-Relativzahlen im Jahre 1976.

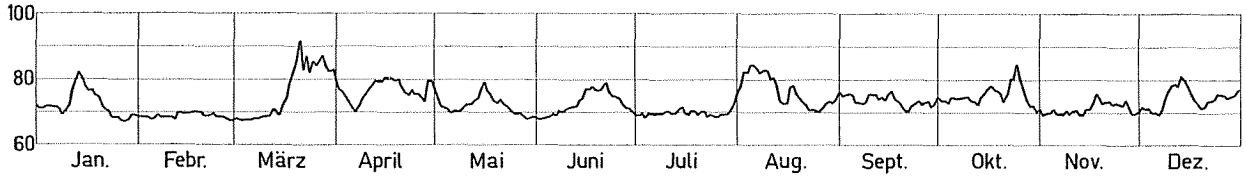


Abb. 3. Die täglichen Werte der solaren Radioemission auf der Wellenlänge 10,7 cm im Jahre 1976.

Tabelle 5. Breitenverteilung und Zahl der Fleckengruppen

Quartal	S-Halbkugel												
	Äquatorabstand									mittlere heliogr. Breite		Zahl der Fleckengruppen	
	40-45	35-40	30-35	25-30	20-25	15-20	10-15	5-10	0-5	neuer Zyklus	alter Zyklus	neuer Zyklus	alter Zyklus
I	-	-	1	-	-	-	3	6	2	-33,0°	-7,8°	1	11
II	1	-	-	1	1	-	5	6	2	-32,0°	-8,8°	3	13
III	-	-	-	1	3	-	2	2	2	-23,0°	-7,5°	4	6
IV	-	-	1	3	3	1	-	1	1	-24,1°	-6,0°	8	2
Jahr 1976	1	-	2	5	7	1	10	15	7	-25,9°	-8,0°	16	32

N-Halbkugel													Quartal
Zahl der Fleckengruppen		mittlere heliogr. Breite		Äquatorabstand									
alter Zyklus	neuer Zyklus	alter Zyklus	neuer Zyklus	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35			
3	0	5,3°	-	1	2	-	-	-	-	-	-	I	
12	0	4,5°	-	7	5	-	-	-	-	-	-	II	
4	10	4,5°	22,6°	3	1	1	4	2	1	2	-	III	
4	5	7,5°	23,2°	1	1	2	1	3	1	-	-	IV	
23	15	5,1°	22,8°	12	9	3	5	5	2	2	-	Jahr 1976	

Der Äquatorabstand der Fleckenzzone des neuen Zyklus beträgt auf der südlichen Halbkugel $25,9^\circ$, auf der nördlichen $22,8^\circ$. Gegenüber dem Vorjahr ergibt sich auf der S-Seite eine Abnahme von $4,1^\circ$, auf der N-Seite eine solche von $6,2^\circ$. Der Äquatorabstand der Zone des alten Zyklus hat auf der südlichen Hemisphäre von $8,6^\circ$ auf $8,0^\circ$ abgenommen, auf der nördlichen von $6,6^\circ$ auf $5,1^\circ$.

Die Breitenverteilung der Fleckengruppen ist in Abb. 2 dargestellt. Darin zeigen sich auf beiden Hemisphären sowohl die alte als auch die neue Aktivitätszone.

3. Fackeln

Die Fackeln sind helle Punkte von etwa $2''$ Durchmesser. Diese treten haufenweise auf und bilden Gebiete mit ziemlich scharfer Begrenzung, die sogenannten Fackelfelder. Die Fackelpunkte werden entsprechend ihren Koordinaten von den täglichen Beobachtungen auf heliographische Karten übertragen. Von den so entstan-

Tabelle 6. Breitenverteilung der Fackeln für die Rotationen des Jahres 1976

Rot.- Nr.	Südliche Breite										Nördliche Breite							
	45-50	40-45	35-40	30-35	25-30	20-25	15-20	10-15	5-10	0-5	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40
1636	-	-	-	-	-	-	-	0,6	2,2	2,2	1,3	0,5	-	-	-	0,4	1,3	0,8
1637	-	-	-	-	-	-	-	2,3	1,6	0,8	0,2	0,9	0,1	-	0,1	0,1	-	-
1638	-	-	-	-	-	-	0,4	1,5	1,1	2,3	1,0	0,8	-	-	-	-	-	-
1639	-	-	0,7	1,6	-	-	-	1,5	4,1	1,4	2,2	3,6	0,1	-	-	0,3	-	-
1640	-	0,1	0,3	0,6	-	-	-	1,8	3,3	0,4	2,7	4,0	0,8	-	-	-	-	-
1641	-	-	-	-	-	-	0,3	2,2	3,6	2,7	2,0	2,4	0,1	-	-	-	-	-
1642	1,4	0,6	-	-	0,9	1,0	1,1	0,5	-	1,3	3,6	1,6	0,1	-	0,5	0,1	-	-
1643	-	-	-	0,2	2,1	1,0	-	0,4	0,4	0,3	0,4	1,0	-	0,3	1,6	1,3	0,6	-
1644	-	-	-	-	0,4	0,3	-	-	0,3	2,9	0,3	1,1	1,1	2,9	2,2	0,4	-	-
1645	-	-	-	-	0,3	1,7	0,5	2,4	1,5	0,4	0,3	-	0,6	1,7	2,1	0,1	-	-
1646	-	-	-	0,3	2,5	1,7	0,4	2,3	0,7	0,4	0,3	-	0,3	2,9	1,3	1,3	1,4	0,1
1647	-	-	-	0,1	2,8	1,5	-	0,9	1,2	-	-	0,5	-	0,9	0,6	3,5	0,9	-
1648	-	-	-	0,4	0,2	-	-	-	0,5	-	-	1,4	2,1	-	0,7	1,9	1,6	-
1649	-	-	-	-	1,5	1,8	1,9	-	-	-	0,6	1,4	1,4	-	0,7	1,7	1,7	-
Mittel	0,1	0,1	0,1	0,2	0,8	0,6	0,3	1,2	1,5	1,1	1,1	1,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,1

denen Punktschwärmen werden die Umrisse eingezeichnet und ihre Flächen planimetriert. Als Einheit dient dabei eine Fläche, welche auf den heliographischen Karten sowohl in Länge als auch in Breite je 5° Ausdehnung besitzt. Diese Flächeneinheit nimmt auf der Kugel mit zunehmender heliographischer Breite ab, entsprechend der Verkürzung der Breitenkreise. Das Jahr 1976 umfasst die Rotationen 1636 bis 1649. Für diese sind in Tabelle 6 die Fackelflächen nach 5° -Breitenzonen mitgeteilt. Die Breitenverteilung der Jahresmittelwerte ist in Abb. 2 dargestellt.

Wie die Flecken, zeigen auch die Fackeln auf beiden Hemisphären je zwei Maxima. Die alte und die neue Zone überlappen sich; die Abgrenzung zwischen beiden liegt bei etwa 20° Äquatorabstand. Auf der S-Halbkugel beträgt die mittlere heliographische Breite der alten Zone $-8,4^\circ$, diejenige der neuen Zone $-28,8^\circ$. Auf der N-Halbkugel lauten die entsprechenden Werte $+8,3^\circ$ und $+27,5^\circ$. Wie stets, ist der Äquatorabstand der Fackelzone etwas grösser als derjenige der Fleckenzone. Beim alten Zyklus beträgt die Differenz auf der südlichen Halbkugel $0,4^\circ$, auf der nördlichen $3,2^\circ$, beim neuen Zyklus auf der S-Seite $2,9^\circ$, auf der N-Seite $4,7^\circ$.

Die mittlere Bedeckung der Sonne durch Fackelfelder hat von $0,9\%$ im Jahre 1975 auf $0,7\%$ abgenommen. Die Abnahme geht ganz zu Lasten der nördlichen Hemisphäre, welche einen Rückgang von $1,0\%$ auf $0,7\%$ aufweist, während die Bedeckung der südlichen Hemisphäre gegenüber dem Vorjahr unverändert geblieben ist.

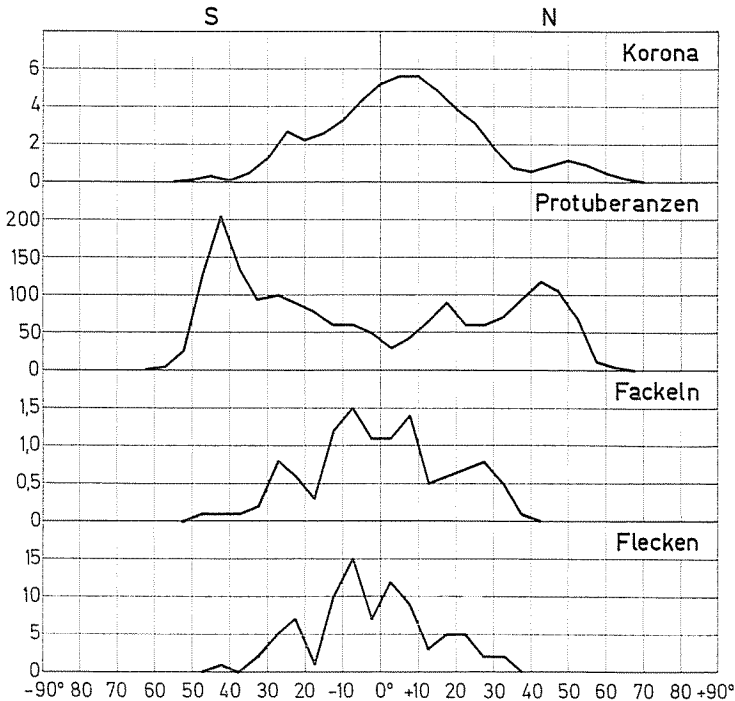


Abb. 2. Die Verteilung der Sonnenfleckengruppen, der photosphärischen Fackeln, der Protuberanzen und der Intensität der Koronalinie $530,3 \text{ nm}$ nach heliographischer Breite im Jahre 1976.

Dasselbe Verhalten zeigen die Flecken: die S-Halbkugel weist 48 Gruppen auf, genau gleichviel wie 1975, die N-Halbkugel dagegen 38 gegenüber 62 im Vorjahr.

Bei der Berechnung der Bedeckung durch Fackeln aus den Werten der Tabelle 6 ist berücksichtigt worden, dass die Flächeneinheit mit dem Cosinus der heliographischen Breite abnimmt. Hingegen ist dieser Abnahme bei der Berechnung der mittleren heliographischen Breite nicht Rechnung getragen. Das ist sinnvoll, weil auch die Länge der 5°-Breitenzonen im gleichen Masse mit zunehmender heliographischer Breite abnimmt. In jeder Breitenzone beträgt die Flächeneinheit $\frac{1}{72}$ der Gesamtfläche der Zone.

Eine andere Form der Fackeln tritt in Äquatorabständen grösser als 50° auf. Dabei handelt es sich nicht um geschlossene Fackelfelder, sondern um isolierte Fackelpunkte, welche über die ganze Polarkalotte verstreut sind. Sie sind eine typische Erscheinung der Jahre um das Sonnenfleckenminimum. Sie sind erstmals 1973 wieder aufgetreten und seither häufiger geworden. 1973 wurden 935 beobachtet, 1974 1571, 1975 3623 und 1976 6779. Wie in den Vorjahren, sind sie auch 1976 auf beiden Halbkugeln etwa in gleicher Zahl aufgetreten: den 3320 südlichen stehen 3459 nördliche gegenüber. Ihre Verteilung nach heliographischer Breite ist in Tabelle 7 mitgeteilt. Das stets bei 70° Äquatorabstand auftretende Maximum ist nicht als eine Zone der Polarfackeln zu interpretieren, sondern kommt durch die Geometrie der Polarzone und die Sichtbarkeitsfunktion der Polarfackeln (Zs. f. Astrophys. 38, 37, 1955) zustande. Die Zahl der südlichen Polarfackeln hat ihr Maximum im Frühjahr, diejenige der nördlichen im Herbst, weil in der ersten Jahreshälfte der Südpol, in der zweiten der Nordpol der Sonne der Erde zugekehrt ist.

Tabelle 7. Verteilung der Polarfackeln nach heliographischer Breite

Äquatorabstand	N	S
50-55	91	175
55-60	203	396
60-65	519	748
65-70	927	1031
70-75	1161	822
75-80	414	261
80-85	5	26
85-90	0	0

4. Protuberanzen

Die Statistik der Protuberanzen beruht auf photographischen Aufnahmen im monochromatischen Licht der Linie H_{α} . Primär werden die Aufnahmen der Station Locarno benützt, in zweiter Linie diejenigen von Zürich und gelegentlich solche von der Station Arosa, während die verbleibenden Lückentage soweit als möglich durch Aufnahmen ausländischer Observatorien gedeckt werden. Eigene Beobachtungen liegen im Berichtsjahr von 304 Tagen vor. Nach Einbeziehung auswärtiger Aufnahmen sind noch 4 Lückentage verblieben. Die Aufnahmen werden zunächst

auf einen Sonnendurchmesser von 25 cm vergrößert, die Umrisse der Protuberanzen gezeichnet und hernach ihre Fläche planimetriert. Als Einheit der Flächenmessung dient ein Millionstel der Fläche der photosphärischen Sonnenscheibe.

Die Breitenverteilung der Protuberanzenprofilflächen (Tabelle 9 und Abb. 2) wird beherrscht von den Polarzonen, die bereits in den Vorjahren in Erscheinung getreten waren. Die nördliche lag 1974 bei $+42^\circ$, 1975 bei $+45^\circ$ und 1976 bei $+43^\circ$. Die südliche ist nicht nur intensiver geworden, sondern hat ihre polwärtige Wanderung bereits angetreten. Sie lag 1974 bei -37° , 1975 bei -38° und 1976 bei -42° . Die Hauptzone ist nur auf der N-Halbkugel zu erkennen; sie hat sich gegenüber dem Vorjahr von $+22^\circ$ nach $+17^\circ$ verschoben.

Das Jahresmittel der über alle heliographischen Breiten summierten Profilflächen beträgt 1865 gegenüber 1566 im Vorjahr. Der Minimalwert von 1432 ist im Jahre 1974 aufgetreten. Der Wiederanstieg der Protuberanzenhäufigkeit geht demjenigen der Flecken voran, weil die Polarzone der Protuberanzen schon früher einsetzt als die Fleckenzone des neuen Zyklus. Auf der N-Halbkugel ist die Profilfläche mit 829 gegenüber 863 im Vorjahr nahezu unverändert geblieben. Die Zunahme der Gesamtfläche ist somit ganz durch das Verhalten der S-Halbkugel, auf welcher die Profilfläche von 703 auf 1036 angestiegen ist, verursacht, vor allem durch die starke Entwicklung der Polarzone.

5. Korona

Die auf der Station Arosa ausgeführten Koronabeobachtungen beziehen sich auf die Intensität der Linie 530,3 nm. Im Berichtsjahr war die Station an 36 Tagen in Betrieb; davon waren 9 Tage klar genug, dass die Intensitätsverteilung der grünen Koronalinie längs des Sonnenrandes aufgenommen werden konnte. Es sind dies:

August 6., 7., 14., 22., 23., 24., 25., 26., 30.

Die Mittelwerte aus diesen 9 Beobachtungen, welche die Intensität der Linie, ausgedrückt in willkürlichen Einheiten und beobachtet bei einem Abstand von etwa $30''$ vom Sonnenrand, geben, sind in Tabelle 10 in Intervallen von 5° der heliographischen Breite mitgeteilt. Da über Ost- und Westrand gemittelt worden ist, beziehen sich die Mittelwerte der Tabelle 10 tatsächlich auf 18 Intensitätsverteilungen. Alle Beobachtungen fallen auf den Monat August, weshalb die Breitenverteilung, welche in Abb. 2 dargestellt ist, nicht repräsentativ sein kann für das ganze Jahr.

Die mittlere tägliche Summe der von 5° zu 5° heliographischer Breite gemessenen Intensitäten beträgt 105 gegenüber 162 im Vorjahr. Auf der N-Halbkugel erfolgte eine Abnahme von 94 auf 65, auf der S-Halbkugel eine solche von 68 auf 40.

Die Breitenverteilung (Abb. 2) ist ähnlich wie im Vorjahr. Die grösste Intensität findet sich in der nördlichen Hauptzone bei $+7,5^\circ$. Das viel schwächere Maximum der südlichen Hauptzone war 1975 gerade noch erkennbar, im Berichtsjahr dagegen ist das Äquatorminimum zufolge des Näherrückens der nördlichen Hauptzone an den Äquator verschwunden.

Die polare Koronazone tritt, allerdings nur schwach, auf beiden Hemisphären auf. Die nördliche liegt bei $+50^\circ$, gegenüber 58° im Jahre 1975 und bei $+60^\circ$ im Jahre

Tabelle 8. Monatsmittel der täglichen Protuberanzenprofilflächen für das Jahr 1976

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahres- mittel
1523	2067	1823	1650	2323	2270	1611	1682	1737	1897	2080	1724	1865

Tabelle 9. Breitenverteilung der Protuberanzenprofilflächen für das Jahr 1976

Heliogr. Breite	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50	50-55	55-60	60-65	65-70	70-75	75-80	80-85	85-90	0-90
Nord	31	42	65	92	60	61	71	96	117	108	69	11	3	1	0	1	0	1	829
Süd	48	61	61	79	90	100	95	133	204	128	25	3	1	2	2	1	2	1	1036
Σ	79	103	126	171	150	161	166	229	321	236	94	14	4	3	2	2	2	2	1865

Tabelle 10. Die Variation der Intensität der Koronalinie 5303 Å mit der heliographischen Breite im Jahre 1976

Heliogr. Breite	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
Nord	5,22	5,61	5,61	4,94	3,89	3,17	1,94	0,83	0,56	0,94	1,06	0,94	0,44	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Süd	5,22	4,39	3,28	2,61	2,33	2,67	1,22	0,44	0,11	0,17	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mittel	5,22	5,00	4,44	3,78	3,11	2,92	1,58	0,64	0,34	0,56	0,58	0,47	0,22	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

1974. Die südliche findet sich bei -45° , nachdem sie 1975 bei -55° und 1974 bei -63° lag. Diese Verschiebung der Polarzone nach niedrigen Breiten unter gleichzeitiger Abschwächung in den Jahren vor dem Minimum ist schon in früheren Zyklen beobachtet worden. Nach Überschreiten des Fleckenminimums wird sie stärker und wandert polwärts.

6. Radioemission

Die beste Korrelation zwischen der photosphärischen Sonnenaktivität und der solaren Radioemission besteht für die 10-cm-Strahlung. In Tabelle 11 sind die vom

Tabelle 11. Die Intensität der solaren Radioemission bei $\lambda = 10,7$ cm für das Jahr 1976.

Tag	Monat											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	74,6	70,6	69,0	79,7	76,4	66,5	67,0	73,7	75,0	74,5	72,0	72,2
2	73,6	70,6	69,3	76,9	73,0	66,0	66,8	75,5	74,0	73,8	70,2	73,7
3	73,7	70,4	68,6	76,2	70,7	66,2	67,2	79,9	74,4	73,7	70,9	73,3
4	74,3	70,4	68,5	74,7	70,3	66,5	66,3	80,0	74,6	73,1	71,1	73,4
5	74,4	69,5	68,7	73,0	69,8	66,7	67,2	81,8	74,2	74,8	72,1	72,2
6	74,1	70,1	68,6	71,2	68,7	67,3	67,3	81,9	71,9	74,8	71,0	72,2
7	74,0	71,2	69,0	70,2	69,0	67,0	67,2	81,4	71,9	74,6	70,8	71,9
8	73,3	70,3	68,9	71,7	68,9	68,6	67,4	79,8	71,8	74,7	70,6	73,0
9	71,8	70,2	69,2	73,9	69,3	68,0	67,4	80,5	72,2	75,0	72,1	76,6
10	72,9	70,3	69,4	75,0	70,3	68,9	67,8	80,6	74,8	75,1	70,8	79,2
11	74,6	70,2	69,8	76,8	71,1	69,3	67,9	78,3	74,7	74,0	71,9	80,8
12	79,5	69,6	69,8	77,8	71,1	69,5	67,6	78,5	74,7	73,6	72,3	81,1
13	82,7	71,5	71,8	79,2	72,1	69,8	67,6	76,7	73,3	73,0	70,9	80,6
14	84,9	71,7	70,9	79,1	72,6	71,4	68,4	71,5	73,7	74,8	70,7	83,6
15	83,1	71,4	69,9	78,7	75,2	72,0	69,1	71,0	73,1	76,0	72,7	82,4
16	80,7	71,4	73,3	80,1	77,4	74,7	67,6	71,1	75,0	77,5	72,7	80,4
17	79,1	71,6	75,2	79,9	74,8	74,7	67,2	75,9	75,7	78,5	74,5	78,0
18	79,2	71,8	79,8	79,8	73,8	75,4	68,3	76,3	73,6	77,9	77,4	76,2
19	77,7	71,7	82,3	79,1	72,1	74,4	68,0	74,3	72,6	77,2	76,4	75,3
20	77,1	71,6	85,7	79,3	71,3	74,4	67,2	72,8	71,6	76,5	74,7	74,1
21	74,5	70,3	91,9	77,3	72,2	75,2	67,9	71,6	70,3	74,2	75,0	74,2
22	73,2	70,4	83,6	75,4	70,7	76,4	67,9	70,7	70,0	76,2	75,2	75,8
23	72,4	70,7	87,5	74,9	70,1	74,1	66,6	69,3	71,5	80,9	74,4	76,2
24	70,7	71,1	82,7	75,9	69,0	72,8	67,2	69,4	72,1	81,0	74,8	76,7
25	70,4	69,8	85,6	74,9	68,0	72,5	66,7	69,1	73,0	85,7	74,6	78,2
26	70,4	69,9	84,5	74,8	67,7	71,9	66,4	68,7	72,4	81,4	74,0	78,2
27	69,3	69,8	85,9	73,6	67,8	70,4	67,3	70,0	73,0	78,4	75,7	77,8
28	69,2	69,2	87,4	72,4	67,2	69,4	67,3	71,4	73,3	74,8	73,7	77,0
29	69,5	68,6	84,3	78,5	66,1	69,0	67,3	71,9	71,7	73,1	71,6	77,4
30	71,0		82,6	78,4	66,2	68,0	68,6	71,6	72,4	73,1	71,7	77,7
31	71,2		82,9		66,8		70,2	72,4		71,5		79,0
Mittel	74,7	70,5	76,7	76,3	70,6	70,6	67,5	74,8	73,1	75,9	72,9	76,7

National Research Council Ottawa auf der Wellenlänge von 10,7 cm erhaltenen Messungen mitgeteilt. Die verwendete Einheit beträgt 10^{-22} W/m² und 1 Hz Bandbreite. Aus Homogenitätsgründen benutzen wir, wie in allen vorangegangenen Jahren, die alte Kalibrierung. Nach einer neuen verbesserten Kalibrierung sind die Werte der Tabelle 11 mit dem Faktor 0,90 zu versehen.

Die Tageswerte der Radioemission sind in Abb. 3 dargestellt. Der jährliche Mittelwert beträgt 73,4 gegenüber 76,1 im Jahre 1975 und 86,6 im Jahre 1974. Da der Anteil der ruhigen Sonne 68,0 beträgt, hat die Komponente der aktiven Sonne von 18,6 im Jahre 1974 auf 8,1 im Jahre 1975 und auf 5,4 im Berichtsjahr abgenommen. Dieser variable Anteil verläuft proportional zu den Relativzahlen, Fackelflächen und Koronaintensitäten. Nach der aus langjährigen Beobachtungen abgeleiteten Korrelation zwischen der Radioemission und den Relativzahlen wäre für $R = 12,6$ eine Radiointensität von 73,0 zu erwarten gewesen anstelle des beobachteten Wertes von 73,4.

7. Zusammenfassung

Die Sonnenflecktätigkeit hat gegenüber dem Vorjahr nur noch wenig abgenommen und ein ungewöhnlich hohes Minimum erreicht. Dem Abfall des alten Zyklus hat sich der Anstieg des neuen überlagert. Zu jenem gehören 55 Fleckengruppen, zu diesem 31. Proportional zu den Fleckengruppen haben auch die Flächen der Fackelfelder, die Koronaintensität und die variable Komponente der Radioemission abgenommen. Lediglich die Protuberanzenprofilflächen haben zugenommen zufolge der Entwicklung der Polarzone, welche derjenigen der Hauptzone vorangeht.

Eidgenössische Sternwarte Zürich, März 1977.