

Die Sonnenaktivität im Jahre 1977

Von

M. WALDMEIER (Zürich)

(Mit 3 Abbildungen im Text)

Mittlere tägliche Sonnenflecken-Relativzahl	27,5	(12,6)
Mittlere tägliche Gruppenzahl	2,5	(1,2)
Anzahl fleckenfreier Tage	25	(105)
Anzahl der nördlichen Gruppen, Zyklus 20	9	(23)
Anzahl der südlichen Gruppen, Zyklus 20	1	(32)
Anzahl der nördlichen Gruppen, Zyklus 21	115	(15)
Anzahl der südlichen Gruppen, Zyklus 21	69	(16)
Mittlerer Äquatorabstand der nördlichen Gruppen, Zyklus 20	7,2°	(5,1°)
Mittlerer Äquatorabstand der südlichen Gruppen, Zyklus 20	9,0°	(8,0°)
Mittlerer Äquatorabstand der nördlichen Gruppen, Zyklus 21	22,5°	(22,8°)
Mittlerer Äquatorabstand der südlichen Gruppen, Zyklus 21	24,4°	(25,9°)
Bedeckung der N-Halbkugel durch Fackelfelder	2,0%	(0,7%)
Bedeckung der S-Halbkugel durch Fackelfelder	1,3%	(0,7%)
Anzahl der Polarfackeln	4851	(6779)
Mittlerer Äquatorabstand der nördlichen Fackeln, Zyklus 21	22,4°	(27,5°)
Mittlerer Äquatorabstand der südlichen Fackeln, Zyklus 21	22,7°	(28,8°)
Mittlere tägliche Protuberanzenprofilfläche	3500	(1865)
Mittlere tägliche Gesamtemission der Koronalinie 530,3 nm	354,9	(105,2)
Mittlere tägliche Radioemission auf der Wellenlänge 10,7 cm	86,9	(73,4)

Die in Klammern gesetzten Werte beziehen sich auf das Jahr 1976.

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 335 Tage gedeckt. Die Zürcher Sonnenfleckenstatistik erfreut sich der Mitarbeit von etwa 30 ausländischen Observatorien. Durch diese liegen für alle Tage mehrfache Beobachtungen 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 Beobachtungsreihen. 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

Tabelle 1. Tägliche Sonnenflecken-Relativzahlen R für das Jahr 1977

Tag	Monat											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	20	15	0	7	15	44	42	17	22	43	44	20
2	32	19	8	11	14	43	45	15	29	37	40	20
3	25	19	8	10	22	43	42	24	29	47	25	31
4	25	16	8	7	23	49	39	19	25	47	22	47
5	24	18	8	7	18	40	40	23	20	48	25	58
6	13	7	9	8	16	39	40	26	26	55	27	58
7	0	7	8	7	12	41	25	28	25	57	34	55
8	0	26	20	0	19	38	20	25	18	52	27	45
9	0	21	20	0	25	33	17	30	30	47	31	58
10	0	25	19	0	29	29	23	25	40	38	25	75
11	14	28	19	8	34	27	9	23	45	28	26	71
12	22	48	14	12	35	22	8	29	51	33	27	62
13	23	68	8	16	26	20	10	40	48	53	28	44
14	22	61	7	22	33	25	7	40	47	48	31	37
15	24	45	0	29	26	8	0	42	53	54	39	41
16	18	49	0	31	25	8	0	38	56	53	49	39
17	30	47	8	32	20	8	0	36	53	51	51	29
18	26	37	0	29	12	21	0	40	60	50	54	33
19	7	25	0	22	0	33	7	35	59	54	52	40
20	0	14	0	12	11	21	8	33	60	54	38	23
21	15	9	0	20	14	28	8	33	58	42	32	23
22	24	9	10	19	7	40	23	38	42	35	28	17
23	34	9	9	18	7	57	30	15	41	30	24	23
24	35	8	7	8	7	60	38	19	48	29	18	31
25	20	8	14	0	0	74	42	25	46	28	10	35
26	14	8	8	14	7	71	42	34	49	30	9	41
27	0	0	9	8	13	74	37	38	54	38	14	50
28	13	0	16	11	16	65	26	36	61	37	9	45
29	11		16	10	20	50	16	40	64	42	10	58
30	8		8	9	30	45	10	36	60	45	23	64
31	10		8		40		8	31		52		67
Mittel	16,4	23,1	8,7	12,9	18,6	38,5	21,4	30,1	44,0	43,8	29,1	43,2
Fleckenfreie Tage	6	2	7	4	2	0	4	0	0	0	0	0

gleichbleibenden Reduktionsfaktor aufweisen. Eine Liste der Mitarbeiter, enthaltend die Zahl der Beobachtungen und die Reduktionsfaktoren, ist in Nr. 363 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 1977 sind in Tabelle 1 mitgeteilt und in Abb. 1 dargestellt. Darin ist der Wiederanstieg der Aktivität, die 1976 ein Minimum erreicht hatte, deutlich zu erkennen. Unter dauernden Fluktuationen steigt die Relativzahl von etwa 15 am Anfang des Jahres auf etwa 45 am Ende. Parallel damit hat die Zahl der fleckenfreien Tage abgenommen. Gegenüber 105 im Vorjahr sind es 1977 nur noch 25, von denen 21 auf die ersten fünf Monate entfallen. In den letzten fünf Monaten sind keine fleckenfreien Tage mehr aufgetreten.

Die Extrema der Sonnenaktivität werden anhand der ausgeglichenen Monatsmittel 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 doppeltem Gewicht eingehen. Die ausgeglichenen Relativzahlen für den absteigenden Teil von Zyklus 20 und den Wiederanstieg von Zyklus 21 sind in Tabelle 2 mitgeteilt. In die eingeklammerten Werte gehen auch die Relativzahlen für 1978 ein, für welche erst provisorische Werte vorliegen. Die niedrigsten ausgeglichenen Werte sind mit je 12,2 in den Monaten März und Juni 1976 aufgetreten, der niedrigste beobachtete Wert mit 1,9 im Juli 1976. Daraus sowie aus dem gesamten Verlauf der Aktivität von Herbst 1975 bis Frühjahr 1977 wurde die Epoche des Sonnenfleckenminimums auf 1976,5 angesetzt.

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 Zen-

Tabelle 2. Die ausgeglichenen monatlichen Relativzahlen für 1972-1977

Jahr	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahresmittel
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	14,0	14,3	13,5	13,5	14,8	13,4
1977	16,7	18,1	20,0	22,2	24,2	26,3	(28,8)	(33,0)	(38,5)	(44,6)	(50,5)	(55,4)	(31,5)

trum 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 7,9 gegenüber 4,6 im Vorjahr.

Tabelle 3. Tägliche Sonnenflecken-Relativzahlen R_C der Zentralzone für das Jahr 1977

Tag	Monat											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	0	0	0	0	8	0	23	0	0	13	0	7
2	0	0	0	0	7	0	0	0	7	17	0	0
3	0	0	0	0	8	12	0	8	15	41	25	8
4	0	0	0	0	7	17	0	0	12	18	22	20
5	0	0	0	0	0	15	0	0	20	20	15	29
6	7	0	0	0	0	0	7	0	15	9	18	18
7	0	0	8	0	0	0	0	0	11	0	0	13
8	0	0	20	0	0	19	0	25	10	0	0	0
9	0	0	20	0	0	21	0	24	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	8	15	7	15	0	39
11	14	0	0	0	7	0	9	15	7	17	0	28
12	22	14	0	0	10	9	0	0	0	22	18	19
13	23	15	0	0	10	9	0	0	48	30	18	10
14	0	14	0	0	11	9	0	7	47	37	8	12
15	0	13	0	7	18	0	0	9	53	29	0	10
16	0	0	0	25	25	0	0	22	50	37	0	20
17	17	0	0	32	20	0	0	20	34	27	0	20
18	9	9	0	21	0	0	0	11	0	28	21	21
19	0	9	0	22	0	0	0	17	0	10	31	20
20	0	14	0	0	11	0	0	9	7	8	21	0
21	0	9	0	0	0	0	0	0	7	17	0	7
22	0	9	0	0	0	7	8	0	7	0	7	0
23	7	0	0	0	0	25	9	0	0	0	11	10
24	8	0	0	0	0	45	8	0	12	0	0	9
25	7	0	0	0	0	44	22	0	14	0	0	0
26	7	0	0	0	0	39	15	0	16	7	0	0
27	0	0	0	0	0	0	25	0	13	0	0	7
28	0	0	8	0	16	39	15	0	8	13	0	8
29	0	0	0	0	20	32	0	0	18	26	0	28
30	0	0	0	9	21	28	0	0	16	24	0	30
31	0	0	0	0	0	0	0	7	0	21	0	35
Mittel	3,9	3,8	1,8	3,9	6,4	12,3	4,8	6,1	15,1	15,7	7,2	13,8

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

Tabelle 4. Tägliche Anzahl der Fleckengruppen g im Jahre 1977

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

Dutzenden von Flecken besteht, unberücksichtigt. In Tabelle 4 ist für jeden Tag die Zahl der beobachteten Fleckengruppen mitgeteilt. Ihr Mittelwert beträgt 2,5 gegenüber 1,2 im Jahre 1976. Der Quotient R/g , der im langjährigen Durchschnitt 12 beträgt, ergibt sich für 1977 zu 10,9.

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 1977» mitgeteilt (Publikationen Eidgen. Sternwarte Zürich, vol. XV, Heft 2). Auf dieser Publikation basiert die Breitenverteilung 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 behan-

Tabelle 5. Breitenverteilung und Zahl der Fleckengruppen

Quartal	S-Halbkugel								Zahl der südlichen Fleckengruppen
	Äquatorabstand								
	35-40	30-35	25-30	20-25	15-20	10-15	5-10	0-5	
I	1	1	2	2	2	0	0	0	8
II	0	0	1	13	1	0	1	0	16
III	0	3	5	9	5	0	0	0	22
IV	0	0	7	8	8	1	0	0	24
Jahr 1977	1	4	15	32	16	1	1	0	70

Zahl der nördlichen Fleckengruppen	N-Halbkugel									Quartal
	Äquatorabstand									
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	
19	2	0	2	3	8	3	1	0	0	I
20	1	0	2	4	4	4	4	1	0	II
41	0	2	3	11	15	5	2	1	2	III
44	1	1	6	14	15	3	2	2	0	IV
124	4	3	13	32	42	15	9	4	2	Jahr 1977

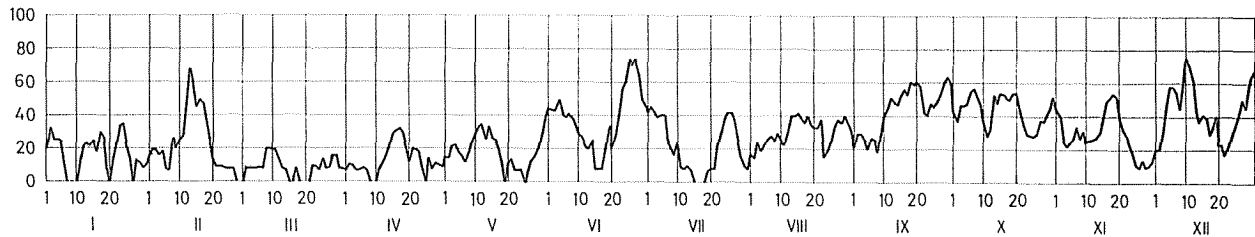


Abb. 1. Die täglichen Sonnenflecken-Relativzahlen im Jahre 1977.

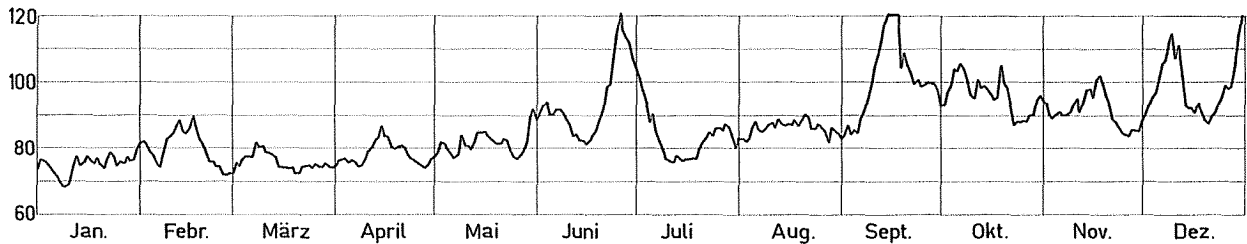


Abb. 3. Die täglichen Werte der solaren Radioemission auf der Wellenlänge 10,7 cm im Jahre 1977.

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

Die Gesamtzahl der Fleckengruppen hat von 86 im Jahre 1976 auf 194 zugenommen, wobei eine starke Asymmetrie aufgetreten ist, indem den 124 nördlichen nur 70 südliche Fleckengruppen gegenüberstehen. Die Zahl der Gruppen des alten Zyklus (Nr. 20) hat weiter von 55 im Jahre 1976 auf 10 abgenommen. Von diesen sind 9 Gruppen auf der nördlichen und eine auf der südlichen Halbkugel aufgetreten. Die Breitenverteilung der Fleckengruppen ist in Abb. 2 dargestellt. Die ausgeprägten Maxima des neuen Zyklus (Nr. 21) liegen auf beiden Hemisphären im Intervall 20° bis 25° .

Der mittlere Äquatorabstand der Flecken des alten Zyklus beträgt auf der N-Halbkugel $7,2^\circ$ gegenüber $5,1^\circ$ im Vorjahr, auf der S-Halbkugel $9,0^\circ$ gegenüber $8,0^\circ$ im Jahre 1976. Der Äquatorabstand hat somit auf beiden Hemisphären zugenommen, was ungewöhnlich, bei den kleinen Gruppennzahlen vermutlich aber zufallsbedingt ist.

Der Äquatorabstand der Flecken des neuen Zyklus (Tabelle 6) beträgt auf der nördlichen Hemisphäre $22,5^\circ$, auf der südlichen $24,4^\circ$. Für das Vorjahr lauten die entsprechenden Werte $22,8^\circ$ bzw. $25,9^\circ$. Auch dieses Verhalten ist ungewöhnlich, indem normalerweise am Anfang des Zyklus die heliographische Breite der Fleckenzone stark abnimmt. Von 1975 auf 1976 betrug die Abnahme auf der nördlichen Hemisphäre $6,2^\circ$, auf der südlichen $4,1^\circ$, von 1976 auf 1977 dagegen nur $0,3^\circ$ bzw. $1,5^\circ$.

Tabelle 6. Anzahl und mittlere heliographische Breite der Fleckengruppen des Zyklus Nr. 21

Quartal		I	II	III	IV	Jahr 1977
N-Halbkugel	Anzahl	15	19	39	42	115
	mittlere hel. Breite	$+23,2^\circ$	$+24,0^\circ$	$+23,3^\circ$	$+20,9^\circ$	$+22,5^\circ$
S-Halbkugel	Anzahl	8	15	22	24	69
	mittlere hel. Breite	$-25,4^\circ$	$-22,7^\circ$	$-24,0^\circ$	$-25,7^\circ$	$-24,4^\circ$

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 entstandenen 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 1977 umfasst die Rotationen 1650

Tabelle 7. Breitenverteilung der Fackeln für die Rotationen des Jahres 1977

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	40-45	
1650	-	-	-	1,4	3,0	1,6	1,9	-	-	-	0,6	0,3	0,9	1,0	2,1	1,9	2,7	0,9	-	
1651	-	4,6	1,4	2,1	1,6	2,7	1,3	-	-	-	1,6	0,4	0,8	1,2	2,7	3,2	1,4	-	-	
1952	1,1	2,6	-	1,2	2,0	1,5	0,8	-	-	-	-	0,2	0,9	2,2	2,5	3,8	1,0	0,9	-	
1653	-	-	-	-	0,8	3,2	1,7	-	-	-	0,4	0,3	-	0,8	2,8	4,6	1,3	-	-	
1654	-	-	-	-	0,9	4,5	0,9	-	-	-	-	-	-	0,1	1,2	2,0	3,4	3,1	0,3	
1655	-	-	-	0,1	3,0	6,1	1,1	-	-	-	-	-	-	4,3	5,4	1,3	4,1	5,6	3,0	
1656	-	-	-	0,9	4,7	5,5	2,4	0,4	-	-	-	-	2,1	6,9	9,7	5,9	3,3	2,9	3,8	
1657	-	-	-	1,3	8,3	6,9	3,4	-	-	-	-	-	1,1	4,8	9,0	4,2	-	1,1	-	
1658	-	-	0,4	2,4	9,0	4,2	0,3	-	-	-	-	-	-	2,1	14,2	8,6	3,5	2,1	-	
1659	-	-	-	0,5	2,4	3,1	2,1	-	-	-	1,0	4,8	2,4	5,5	9,3	10,4	2,0	-	1,2	
1660	-	-	-	0,3	1,5	3,8	0,3	-	-	-	1,0	2,1	2,4	6,6	6,9	2,1	2,1	-	-	
1661	-	-	-	-	3,8	6,6	1,0	-	-	-	1,3	2,1	1,3	6,2	12,1	5,9	3,4	2,7	0,6	
1662	-	-	-	0,5	5,5	4,1	2,4	0,3	-	-	0,6	-	1,3	6,9	2,7	2,7	1,3	1,3	0,3	
Mittel	0,1	0,5	0,1	0,8	3,3	3,8	1,4	0,1	-	-	0,5	0,7	0,9	3,5	5,8	4,0	2,1	1,5	0,6	

bis 1662. Für diese sind in Tabelle 7 die Fackelflächen nach 5° -Breitenzonen mitgeteilt. Die Breitenverteilung der Jahresmittelwerte ist in Abb. 2 dargestellt.

Wie die Flecken zeigen auch die Fackeln ausgeprägte Maxima in der neuen Aktivitätszone, wobei – ebenfalls wie bei den Flecken – das nördliche das intensivere ist. Die Fackelzone des alten Zyklus ist andeutungsweise noch auf der nördlichen Halbkugel zwischen 0° und 10° zu erkennen. Auf der südlichen Halbkugel ist sie verschwunden. Der mittlere Äquatorabstand beträgt auf der N-Halbkugel (ohne Abtrennung der Fackeln des alten Zyklus) $22,4^\circ$, auf der S-Halbkugel $22,7^\circ$. Für das Vorjahr

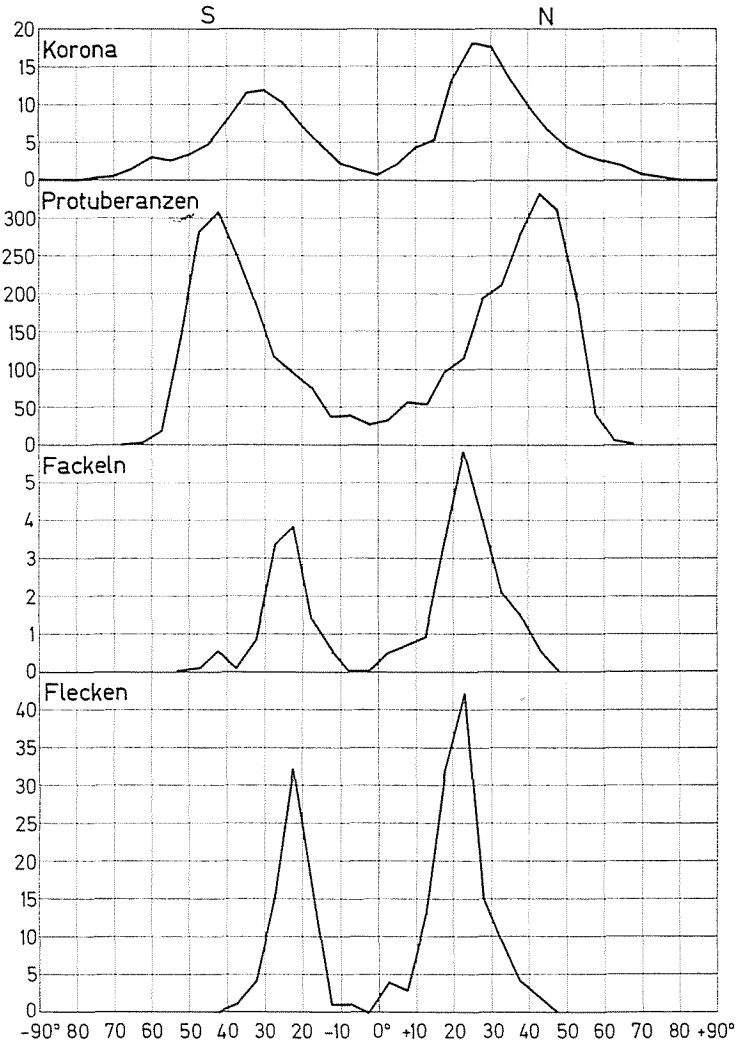


Abb. 2. Die Verteilung der Sonnenfleckengruppen, der photosphärischen Fackeln, der Protuberanzen und der Intensität der Koronalinie $530,3$ nm nach heliographischer Breite im Jahre 1977.

lauten die entsprechenden Zahlen $27,5^\circ$ und $28,8^\circ$. Anders als bei der Fleckenzone hat somit der Äquatorabstand der Fackelzone stark abgenommen, nämlich um $5,1^\circ$ auf der nördlichen Halbkugel und um $6,1^\circ$ auf der südlichen. Normalerweise ist der Äquatorabstand der Fackelzone etwas grösser als derjenige der Fleckenzone, 1976 beispielsweise um $2,9^\circ$ auf der S-Seite und um $4,7^\circ$ auf der N-Seite. Durch die starke Verschiebung der Fackelzone und die Schwäche der Fleckenzone ist diese Differenz auf der nördlichen Halbkugel verschwunden, während auf der südlichen anomalerweise die Fleckenzone einen grösseren Äquatorabstand besitzt als die Fackelzone.

Entsprechend dem Anstieg der Fleckentätigkeit haben auch Häufigkeit und Grösse der Fackeln zugenommen. Die mittlere Bedeckung der Sonne durch Fackelfelder hat von 0,7% im Jahre 1976 auf 1,7% zugenommen, und zwar auf der nördlichen Hemisphäre von 0,7% auf 2,0%, auf der südlichen von 0,7% auf 1,3%.

Bei der Berechnung der Bedeckung durch Fackeln aus den Werten der Tabelle 7 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 $1/72$ 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 bis zum Minimum 1976 häufiger geworden. 1973 wurden 935 beobachtet, 1974 1571, 1975 3623, 1976 6779 und 1977 4851, von denen 2205 auf die nördliche und 2646 auf die südliche Halbkugel entfallen. Nach Überschreitung des Sonnenfleckenminimums hat die Zahl der Polarfackeln wieder abgenommen. Ihre Verteilung nach heliographischer Breite ist in Tabelle 8 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 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 8. Verteilung der Polarfackeln nach heliographischer Breite

Äquatorabstand	N	S
50-55	63	81
55-60	148	227
60-65	358	480
65-70	563	762
70-75	773	767
75-80	286	298
80-85	14	31
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 264 Tagen vor. Nach Einbeziehung auswärtiger Aufnahmen sind noch 8 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.

Zahl und Grösse der Protuberanzen haben vom Beginn des Jahres ständig zugenommen. Das Jahresmittel der über alle heliographischen Breiten summierten Profilflächen beträgt 3500 gegenüber 1865 im Vorjahr (Tabelle 9). Wie bei den Flecken und Fackeln ist auch bei den Protuberanzen die nördliche Hemisphäre die aktivere. Auf dieser beträgt das Jahresmittel der Profilfläche 1925, auf der südlichen 1575.

Die Breitenverteilung der Protuberanzenprofilflächen (Tabelle 10 und Abb. 2) wird dominiert von dem sehr ausgeprägten Maximum der Polarzone. Auf beiden Hemisphären liegt dieses bei 44° . Die Polarzone ist bereits 1974 in Erscheinung getreten. Die nördliche ist seither stationär geblieben, indem sie 1974 bei 42° lag, 1975 bei 45° , 1976 bei 43° und 1977 bei 44° . Die südliche hat die polwärtige Wanderung bereits begonnen, indem die Zone 1974 bei 37° lag, 1975 bei 38° , 1976 bei 42° und 1977 bei 44° .

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 33 Tagen in Betrieb; davon waren 17 Tage klar genug, dass die Intensitätsverteilung der grünen Koronalinie längs des Sonnenrandes aufgenommen werden konnte. Es sind dies:

August 11., 14., 15., 16., 17., 19., 24., 25., 26.
 September 6., 7., 8., 11., 12., 13., 14., 15.

Die Mittelwerte aus diesen 17 Beobachtungen, welche die Intensität der Linie, ausgedrückt in willkürlichen Einheiten und beobachtet bei einem Abstand von etwa $30''$ vom Sonnenrand, geben, sind in Tabelle 11 in Intervallen von 5° der heliographischen Breite mitgeteilt. Da über Ost- und Westrand gemittelt worden ist, beziehen sich die Mittelwerte der Tabelle 11 tatsächlich auf 34 Intensitätsverteilungen. Alle Beobachtungen fallen auf die Monate August und September, weshalb die Breitenverteilung, welche in Abb. 2 dargestellt ist, nicht repräsentativ sein kann für das ganze Jahr.

Die Koronaintensität hat gegenüber dem Vorjahr stark zugenommen. Die mittlere tägliche Summe der von 5° zu 5° heliographischer Breite gemessenen Intensitäten beträgt 354,9 gegenüber 105,2 im Jahre 1976. Auf der Nordhalbkugel hat die Intensität von 65 auf 208,9 zugenommen, auf der Südhalbkugel von 40 auf 145,9. Wie in

Tabelle 9. Monatsmittel der täglichen Protuberanzenprofilflächen für das Jahr 1977

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahres- mittel
2515	2050	2627	2778	2506	3116	4205	4450	3808	4223	4698	5093	3500

Tabelle 10. Breitenverteilung der Protuberanzenprofilflächen für das Jahr 1977

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	33	56	54	97	115	193	211	279	332	309	197	42	4	1	0	1	0	1	1925
Süd	29	37	37	75	94	113	188	251	308	283	138	17	2	1	0	1	1	0	1575
Σ	62	93	91	172	209	306	399	530	640	592	335	59	6	2	0	2	1	1	3500

Tabelle 11. Die Variation der Intensität der Koronalinie 530,3 nm mit der heliographischen Breite im Jahre 1977

Heliogr. Breite	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°	75°	80°	85°	90°
Nord	0,76	1,62	4,12	5,44	13,47	18,15	17,68	13,32	9,97	6,71	4,32	3,32	3,26	1,85	0,59	0,26	0,00	0,00	0,00
Süd	0,76	1,15	2,32	4,82	7,38	10,26	11,74	11,56	7,88	4,76	3,03	2,62	3,00	1,50	0,47	0,09	0,00	0,00	0,00
Mittel	0,76	1,38	3,22	5,13	10,43	14,21	14,71	12,44	8,93	5,74	3,68	2,97	3,13	1,68	0,53	0,18	0,00	0,00	0,00

den Vorjahren und bei den anderen Manifestationen der Sonnenaktivität ist wiederum die nördliche Hemisphäre die aktivere.

Die Breitenverteilung der Koronaintensität (Abb. 2) hat sich gegenüber dem Vorjahr völlig verändert. Das äquaturnahe Maximum des alten Zyklus ist verschwunden und die Maxima des neuen Zyklus sind kräftig in Erscheinung getreten, bei 27° auf der nördlichen und bei 32° auf der südlichen Halbkugel. Bei Unterteilung der Beobachtungen in eine erste Gruppe (14.–26. August) und eine zweite (6.–15. September) zeigt sich in der zweiten schwach ausgeprägt auf der N-Halbkugel bei 10° auch noch das Intensitätsmaximum der alten Hauptzone.

Tabelle 12. Die Intensität der solaren Radioemission bei $\lambda = 10,7$ cm für das Jahr 1977

Tag	Monat											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	73,8	81,7	72,6	74,8	77,2	88,9	102,0	83,0	83,1	93,8	94,4	88,4
2	76,5	82,1	75,4	76,3	78,5	90,9	100,7	82,8	84,2	93,2	93,6	91,2
3	76,0	80,9	74,8	76,6	81,9	93,0	97,4	82,3	87,2	97,4	90,4	93,7
4	75,5	78,7	76,9	76,8	81,4	94,2	94,0	82,9	84,2	98,8	89,4	95,9
5	74,0	77,8	77,6	75,5	79,6	90,2	88,0	86,4	85,6	104,0	90,6	96,9
6	72,4	75,2	77,6	76,1	78,5	90,6	90,2	88,2	84,9	103,5	91,1	102,0
7	71,4	74,6	77,2	75,5	77,1	92,0	85,2	86,9	89,3	105,5	90,2	105,5
8	69,6	78,6	81,6	74,3	77,9	91,9	82,1	85,1	91,6	103,8	90,3	106,7
9	68,4	83,1	80,3	74,8	83,6	90,9	79,0	85,9	95,9	100,7	91,1	112,6
10	68,8	83,5	80,5	76,5	80,8	89,2	76,9	87,2	99,8	96,4	93,1	114,7
11	71,2	84,6	78,9	79,2	80,8	87,2	76,2	87,6	104,6	95,3	94,9	107,4
12	74,9	86,9	78,6	80,2	79,7	83,3	75,8	86,5	107,8	100,8	91,4	111,0
13	77,5	88,5	77,9	82,7	81,5	84,2	77,8	89,0	112,9	98,5	94,0	100,6
14	74,5	85,2	77,2	83,4	84,8	82,3	76,8	87,5	118,2	98,9	97,9	93,7
15	75,6	84,4	74,8	86,8	85,0	82,3	76,0	86,9	120,7	98,2	97,9	92,5
16	77,5	85,7	74,1	83,7	85,1	81,4	76,9	87,3	120,4	96,8	95,9	92,5
17	76,1	89,6	74,1	83,6	84,1	82,4	76,5	87,1	120,6	94,9	100,4	91,1
18	75,4	86,5	73,9	80,8	82,9	84,3	76,9	88,6	120,5	95,4	102,0	93,6
19	76,9	82,8	74,0	79,8	82,1	85,2	76,9	87,0	104,5	105,0	99,2	91,0
20	75,2	81,1	72,3	80,4	81,3	88,9	80,1	88,7	108,8	99,6	95,7	88,7
21	74,0	78,6	72,8	80,8	81,4	92,4	81,7	90,8	104,9	98,6	92,8	87,8
22	76,8	75,9	74,6	80,1	82,9	98,8	83,1	89,6	102,4	93,9	89,3	89,9
23	78,7	75,9	74,7	77,5	82,4	99,4	85,0	86,0	99,3	87,3	88,0	91,2
24	77,4	74,2	74,8	76,5	79,2	107,4	84,0	86,0	100,6	88,3	86,7	93,9
25	74,9	74,3	74,0	76,4	77,4	113,8	86,0	87,7	98,8	88,1	84,7	96,3
26	76,0	72,3	75,1	75,4	76,8	120,7	86,0	86,4	99,4	88,6	84,1	99,3
27	75,3	72,0	74,5	74,9	77,9	115,9	85,4	85,4	100,0	88,5	83,8	98,3
28	77,1	72,6	74,4	74,2	79,1	113,4	87,5	82,4	100,0	90,3	85,6	98,9
29	76,1		75,4	74,8	81,7	111,9	86,7	86,1	99,4	90,3	85,6	105,6
30	76,3		74,6	76,6	89,9	106,9	84,1	85,5	97,7	94,9	85,3	114,7
31	79,6		74,1		92,0		80,4	84,7		95,9		120,2
Mittel	74,9	80,3	75,8	78,2	81,4	94,5	83,7	86,4	100,9	96,3	91,6	98,9

Die polare Koronazone erscheint im Jahresmittelwert nur auf der S-Halbkugel bei 60° , in der ersten Beobachtungsperiode auch auf der N-Halbkugel, ebenfalls bei 60° . Sie ist schon in den vorangegangenen Jahren aufgetreten, stets aber mit schwacher Intensität. Sie lag 1974 bei -63° bzw. $+60^\circ$, 1975 bei -55° bzw. $+58^\circ$ und 1976 bei -45° bzw. $+50^\circ$. Die Abnahme ihres Äquatorabstandes zum Sonnenfleckenminimum hin und der nachfolgende Wiederanstieg (1977 60°) sind schon bei früheren Zyklen beobachtet worden.

6. Radioemission

Die beste Korrelation zwischen der photosphärischen Sonnenaktivität und der solaren Radioemission besteht für die 10-cm-Strahlung. In Tabelle 12 sind die vom 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 Skala. Nach einer neuen verbesserten Kalibrierung sind die Werte der Tabelle 12 mit dem Faktor 0,90 zu versehen.

Die Tageswerte der Radioemission sind in Abb. 3 dargestellt. Der jährliche Mittelwert beträgt 86,9 gegenüber 73,4 im Vorjahr. Nach der aus langjährigen Beobachtungen abgeleiteten Korrelation zwischen der Radioemission und den Relativzahlen wäre für $R = 27,5$ eine Radiointensität von 81,5 zu erwarten gewesen bzw. bei der Radiointensität 86,9 eine Relativzahl von 34. Da der Anteil der ruhigen Sonne 68,0 beträgt, hat die variable Komponente der aktiven Sonne gegenüber dem Vorjahr von 5,4 auf 18,9 zugenommen.

7. Zusammenfassung

Nachdem die Sonnenfleckentätigkeit im Jahre 1976 das Minimum durchlaufen hat, ist im Berichtsjahr der alte Zyklus (Nr. 20) zum Abschluss gekommen. Von den 194 Fleckengruppen gehörten nur 10 zum alten Zyklus. Nach Überschreiten des Minimums hat die Aktivität allgemein zugenommen. Bei den Relativzahlen ist sie gegenüber dem Vorjahr auf das 2,2fache angestiegen, bei den Fleckengruppen auf das 2,1fache, bei den Fackeln auf das 2,4fache, bei den Protuberanzen auf das 1,9fache, bei der Koronaintensität auf das 3,4fache und bei der variablen Komponente der Radiointensität auf das 3,5fache. Die Aktivität war auf die beiden Hemisphären ungleich verteilt mit einer Dominanz der nördlichen. Das Verhältnis von nördlicher zu südlicher Aktivität betrug bei den Fleckengruppen 1,8, bei den Fackeln 1,5, bei den Protuberanzen 1,2 und bei der Koronaintensität 1,4.

Eidgenössische Sternwarte Zürich, April 1978.

