

Deutsches Reich  
Reichsamt für Wetterdienst



Wissenschaftliche Abhandlungen  
Band III

Nr. 6

Luftmassenablösungen über den östlichen Alpengebieten

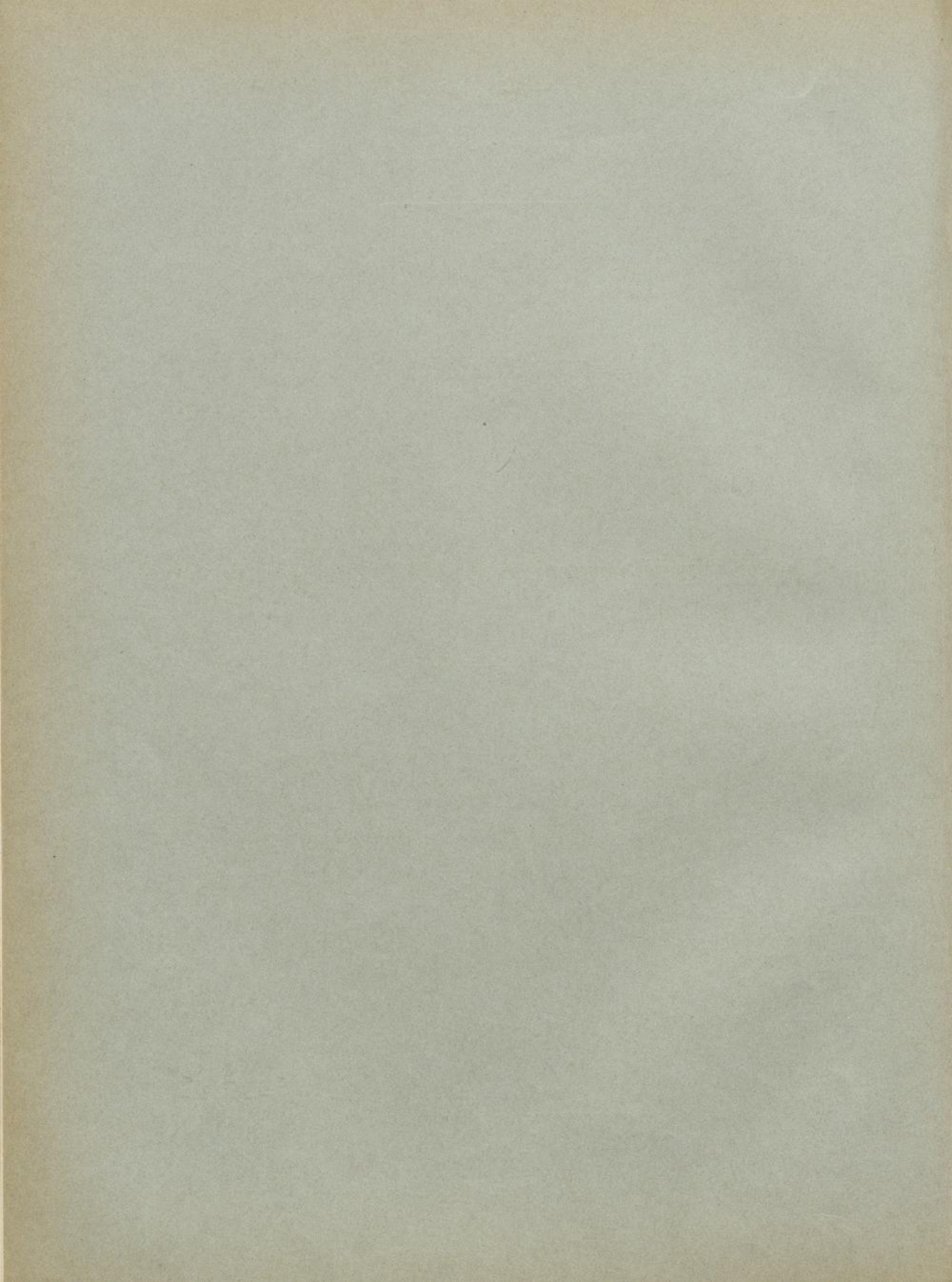
von

A. Schmauß

---

Berlin 1937

Julius Springer



Deutsches Reich  
Reichsamt für Wetterdienst

---

Wissenschaftliche Abhandlungen

Band III

Nr. 6

Luftmassenablösungen über den östlichen Alpengebieten

von

A. Schmauß

---

Berlin 1937

Julius Springer

## Inhaltsverzeichnis.

Einleitung . . . . .	3
1. Die Verteilung von interdiurnen + und -Temperatur- änderungen $>4.5$ Grad auf Säntis, Zugspitze und Sonnblick . . . . .	3
2. Der jährliche Gang der Häufigkeiten . . . . .	4
3. Mittlere Temperaturdifferenzen der Luftmassen . . . . .	7
4. Vergleich mit älteren Beobachtungen von Säntis und Sonnblick . . . . .	8
5. Säkulare Schwankungen der „Wetterhaftigkeit“ . . . . .	10
6. Verhalten der Singularitäten auf Säntis, Zugspitze und Sonnblick . . . . .	18
7. Zerlegung der Singularitäten von Säntis . . . . .	20
8. Zusammenfassung der Ergebnisse . . . . .	23
9. Nachwort . . . . .	24

## Einleitung.

In der vorangehenden Untersuchung über die interdiurne Veränderlichkeit der Temperatur auf der Zugspitze<sup>1)</sup> wurde gezeigt, daß interdiurne Temperaturänderungen von mehr als 4.5 Grad (im Folgenden abgekürzt i. V.) als Ausdruck von Luftmassenablösungen gelten können. Damit soll nicht gesagt sein, daß nicht auch kleinere Werte auf solche Ablösungen zurückgehen können, doch soll die Schwelle 4.5 Grad beibehalten werden, um sicher zu gehen, daß keine lokalen Temperaturänderungen durch Bewölkungsschwankungen u. dgl. sich darein mischen.

Die Untersuchung wurde auf die Beobachtungen von Säntis (2500 m) und Sonnblick (3106 m) ausgedehnt, um einen Überblick über die Luftmassenvorgänge in ungefähr 3000 m über einem größeren Alpenbereich zu gewinnen.

Es wurde wieder der Unterschied der 7a-Temperatur von einem zum nächsten Tage genommen und dem ersteren zugeschrieben, da er mit 17 Stunden an der 24-stündigen Temperaturänderung beteiligt ist. Daß nicht die Temperaturtagesmittel verwendet wurden, findet seine Begründung darin, daß die Jahrbücher diese nicht ausweisen.

Die Erörterung der Ergebnisse wird zu berücksichtigen haben, daß Säntis und Zugspitze am Nordrande der Alpen liegen, Sonnblick den Zentralalpen angehört; auch ihr Höhenunterschied bleibt zu beachten, jedoch nicht grundsätzlich, da wir z. B. aus einer Untersuchung von W. Pepppler<sup>2)</sup> wissen, daß die Höhe von 1900 bis 2000 m die noch von der Erdoberfläche her beeinflussten Vorgänge von den darüber erfolgenden Vorgängen trennt. Die drei Hochstationen gehören wohl demselben Schicksalsniveau an, nur muß berücksichtigt werden, daß der Sonnblick manche nordalpinen Vorgänge abgeschwächt bekommt, dafür aber den Ereignissen, die von der Adria ausstrahlen, näher gelegen ist als die beiden anderen Berge. Daß sich die nordalpinen Vorgänge in das Innere der Alpen ausbreiten, wissen wir; eine für die vorliegende Untersuchung besonders wertvolle Bestätigung hat G. Riedel<sup>3)</sup> beigebracht, der die Singularitäten des Davoser Klimas mit denen (von Basel und) der Zugspitze verglichen und weitgehende Übereinstimmung festgestellt hat.

### 1. Die Verteilung von interdiurnen + und - Temperaturänderungen > 4.5 Grad auf Säntis, Zugspitze und Sonnblick.

Um den Anschluß an die vorangehende Zugspitzstudie zu gewinnen, wurde die Veranlagung für die beiden anderen Hochstationen zunächst auch für den gleichen Zeitraum 1901-1933 durchgeführt. Es ergaben sich folgende Gesamtsummen von Fällen einer i. V. > 4.5 Grad:

		Tabelle 1.					
		Zugspitze		Säntis		Sonnblick	
		+	-	+	-	+	-
		921		959		897	
			1051		1012		1007
Summe . . . . .		1972		1971		1904	

Auf allen drei Hochstationen waren die Gesamtzahlen für negative i. V. höher als für positive. Wir wissen aus dem täglichen Wetterdienst, daß quantenhafte Temperaturerhöhungen seltener sind als quantenhafte Temperaturrückgänge. An sich sind natürlich + und - Luftmassenablösungen gleich häufig, aber das Ausmaß der i. V. wird bei den ersteren dadurch herabgedrückt, daß den Einbrüchen von T- oder mGW-Luft lokale Temperatursteigerungen voranzugehen pflegen. Darum haben sich auch die Meteorologen viel früher mit den plötzlichen negativen Temperaturveränderungen befaßt als mit den nach oben gerichteten Temperaturstufen, die recht oft durch „normale“ Temperaturzunahme gewissermaßen vorweggenommen werden.

1) Wissenschaftliche Abhandlungen des Reichsamts für Wetterdienst II, Heft 1, 1936.  
 2) W. Pepppler, Zeitschrift für angewandte Meteorologie 1935, S. 148.  
 3) G. Riedel, Wissenschaftliche Abhandlungen des Reichsamts für Wetterdienst I, Heft 5, 1936.

Zugspitze und Säntis haben fast gleiche Gesamtsummen, die aber in der Zusammensetzung Verschiedenheiten aufweisen: Säntis hat mehr positive, Zugspitze mehr negative i. V.  $> 4.5$  Grad. Innerlich stehen sich Zugspitze und Sonnblick näher, wie man vor allem an den Unterschieden zwischen + und - i. V.-Zahlen ersieht: Zugspitze hat einen Überschuß von 130 - i. V., Sonnblick einen solchen von 110, wogegen Säntis nur einen Überschuß von 53 aufweist. Daß Zugspitze und Sonnblick in ihren Gesamtzahlen um 67 auseinanderliegen, findet wohl seine Erklärung in der zentraleren Lage des Sonnblick, an den manche ozeanische Störungen nicht mehr mit gleicher Intensität herankommen.

## 2. Der jährliche Gang der Häufigkeiten.

In der Zugspitzstudie (II, 1) wurde gezeigt, daß die i. V. der Temperatur auf der Zugspitze ihr Maximum im Winter hat und im Sommer eine schwache sekundäre Hebung erfährt, ganz im Gegensatz zu dem Verhalten in München, das ungefähr spiegelbildlich dazu verläuft. (Abb. 4 in II, 1.) In Abbildung 1 sind zur Abwechslung nicht die mittleren i. V. eingetragen, sondern die Summen der Fälle einer i. V.  $> 4.5$  Grad, aber wegen der ungleichen Länge der Monate umgerechnet auf einen Monat von 30 Tagen.

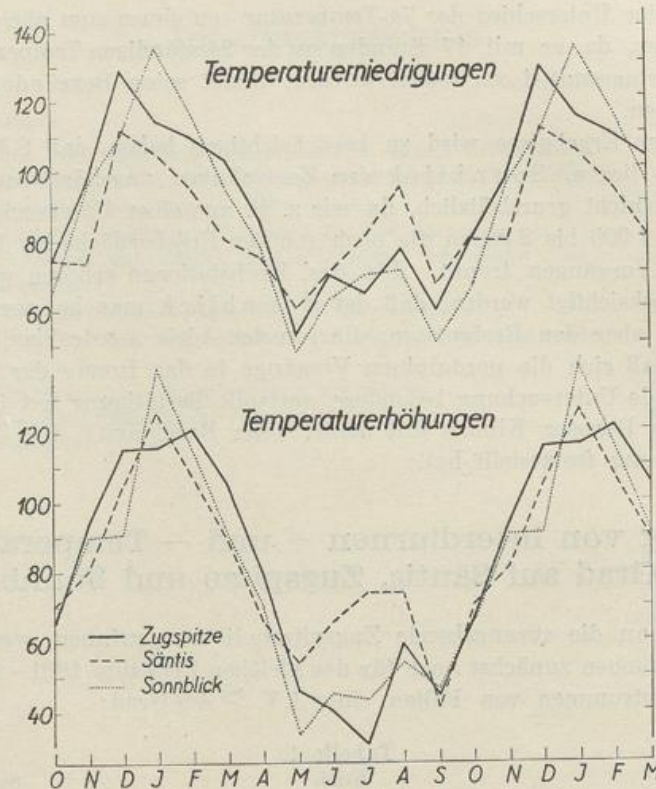


Abb. 1. Jährlicher Gang der i. V.  $> 4.5$  Grad auf der Zugspitze, dem Säntis und dem Sonnblick für Temperaturerhöhungen und Temperaturrückgänge.

In den Grundzügen herrscht Übereinstimmung: Hauptmaximum im Winter, dann steiler Abfall zum Mai, Hebung zum sekundären Maximum im August, gemeinsames zweites Minimum im September.

Säntis zeigt eine Hinneigung zum Typus der Hochebene, der sein Hauptmaximum im Sommer erreicht (vgl. II, 1); noch klarer vielleicht als die Abbildung 1 läßt das die folgende Zusammenstellung erkennen, in der die in Tabelle 1 mitgeteilten Gesamtsummen auf die Jahreszeiten ausgeschieden sind.

Tabelle 2.

	+ Säntis	Zugspitze	Sonnblick		- Säntis	Zugspitze	Sonnblick
Winter	575	630	602	Winter	551	641	635
Sommer	384	291	295	Sommer	461	410	372
		Säntis			Zugspitze		Sonnblick
		+	-		+	-	
Winter		575	551	630	641	602	635
Sommer		384	461	291	410	295	372

Vermutlich würden wir, wenn uns Angaben aus noch größeren Höhen zur Verfügung stünden, das sommerliche sekundäre Maximum ganz verschwinden sehen, wie es Abbildung 2 schematisch andeutet.

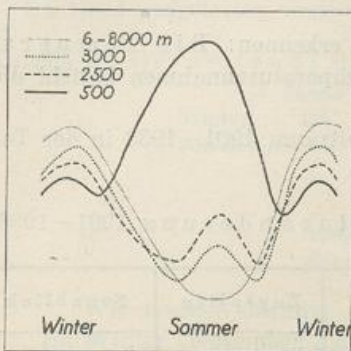


Abb. 2. Jährlicher Gang der i. V. > 4.5 Grad in verschiedenen Höhen (schematisch).

Die atmosphärischen Störungen im Sommer reichen nicht so hoch hinauf wie die winterlichen Austauschkörper, in denen sich in erster Linie der meridionale Temperatargegensatz auswirkt. Damit in Zusammenhang steht das Maximum der Windgeschwindigkeit, das im Mittel in allen Schichten im Januar eintritt<sup>1)</sup>. Im Sommer ist das ostwestliche Temperaturgefälle wirksamer und führt über den einfachen Land- und Seewind bis zum sommerlichen Monsun.

Als Ergänzung zur Abbildung 1 wird in Tabelle 3 die mittlere Anzahl von i. V. > 4.5 Grad pro Monat und Jahr, abgeleitet aus den Summen für 1901–1933, angefügt.

Unter Winter sind die Monate November bis April zusammengefaßt, unter Sommer entsprechend Mai bis Oktober, wie das für Höhen über 2000 m berechtigt ist. Die Gegenläufigkeit des Säntis gegenüber Zugspitze und Sonnblick tritt deutlich hervor: Säntis erlebt im Winter weniger, im Sommer mehr Fälle einer i. V. > 4.5 Grad als die beiden höheren Berge.

Tabelle 3.

Mittlere Anzahl von interdiurnen Temperaturänderungen > 4.5° 1901–1933.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Winter	Sommer
a) Temperaturzunahmen														
Säntis . . . . .	3.9	3.0	2.8	2.0	1.7	2.0	2.3	2.3	1.2	2.2	2.5	3.2	2.91	1.95
Zugspitze . . . . .	3.6	3.4	3.2	2.5	1.4	1.2	1.0	1.8	1.3	2.1	2.8	3.6	3.18	1.47
Sonnblick . . . . .	4.3	3.2	2.8	2.1	1.0	1.4	1.3	1.7	1.4	2.1	2.7	3.0	3.02	1.48
b) Temperaturabnahmen														
Säntis . . . . .	3.3	2.7	2.5	2.3	1.9	2.2	2.5	2.9	2.0	2.5	2.4	3.5	2.78	2.33
Zugspitze . . . . .	3.6	3.1	3.2	2.6	1.7	2.1	2.0	2.4	1.8	2.5	2.9	4.0	3.23	2.08
Sonnblick . . . . .	4.2	3.3	3.0	2.4	1.5	1.9	2.1	2.2	1.5	2.0	2.9	3.5	3.22	1.87

Um auch einen Überblick über die Temperaturstufen zu bekommen, mit denen die Luftmassenablösung einhergeht, wurden die Mittelwerte aller i. V. > 4.5 Grad in der Tabelle 4 zusammengestellt. Um keine Verwechslung mit wirklichen Mittelwerten aller i. V., also unter Einschluß der i. V. ≤ 4.5 Grad eintreten zu lassen, habe ich diese Werte nach G. Castens „wetterhafte“ genannt<sup>2)</sup>, weil sie sicher nicht auf lokale Einflüsse sondern auf Luftmassenablösungen zurückgehen.

Tabelle 4. Mittlere (wetterhafte) interdiurne Temperaturänderungen 1901–1933.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Winter	Sommer
a) Temperaturzunahmen.														
Säntis . . . . .	6.64	6.69	6.53	6.25	5.99	5.94	6.00	6.28	6.60	6.55	6.71	6.90	6.62	6.23
Zugspitze . . . . .	7.17	6.94	6.41	6.52	5.84	5.39	5.96	5.82	6.55	6.66	6.81	7.01	6.81	6.04
Sonnblick . . . . .	7.33	7.32	6.89	6.79	6.35	5.75	5.76	6.08	6.46	6.44	6.59	7.10	7.00	6.14
b) Temperaturabnahmen														
Säntis . . . . .	6.77	6.56	6.70	6.39	6.35	6.29	6.64	6.66	6.16	6.58	6.58	6.54	6.59	6.45
Zugspitze . . . . .	7.28	6.73	6.97	6.71	6.71	6.10	6.67	6.60	6.54	6.60	6.64	6.82	6.86	6.54
Sonnblick . . . . .	7.23	6.89	6.88	6.79	6.58	6.44	6.32	6.51	6.33	7.20	6.80	7.21	6.97	6.56

1) Vgl. z. B. W. Bleeker, Der mittlere Höhenwind von De Bilt (Referat Ann. d. Hydr. u. marit. Met. 1937, S. 93).  
 2) G. Castens, Ann. d. Hydr. u. marit. Met. 1935, S. 47.

Der starke Unterschied zwischen Winter und Sommer, der in der Häufigkeit besteht, findet kein Gegenstück in den Temperaturquanten. Die sommerlichen Werte sind zwar niedriger als die des Winters, aber nicht in dem Ausmaße wie die Häufigkeitswerte.

In den Temperaturabnahmen ist eine klare Beziehung zur Höhe zu erkennen: Die Temperaturstufen nehmen mit wachsender Höhe zu. Bei den Temperaturzunahmen besteht die gleiche Beziehung nur im Winter.

Überraschend nahe liegen die Höchstwerte der i. V., die für den Zeitraum 1901–1933 in der Tabelle 5 zusammengestellt sind.

Tabelle 5. Höchstwerte der interdiurnen (7–7) Temperaturänderung 1901–1933.  
a) Temperaturzunahmen, b) Temperaturabnahmen.

		Säntis		Zugspitze		Sonnblick				Säntis		Zugspitze		Sonnblick	
		Be- trag	Datum	Be- trag	Datum	Be- trag	Datum			Be- trag	Datum	Be- trag	Datum	Be- trag	Datum
I	a	15.0	8. I. 12	14.0	8. I. 14	16.8	22. I. 01	VII	a	10.7	10. VII. 29	10.9	13. VII. 02	11.0	14. VII. 17
	b	14.3	7. I. 12	16.1	8. I. 18	14.7	7. I. 12			b	12.4	6. VII. 22	10.6	7. VII. 31	9.6
II	a	17.2	8. II. 22	16.5	12. II. 33	14.6	8. II. 31	VIII	a	11.5	17. VIII. 30	9.2	28. VIII. 31	14.1	5. VIII. 21
	b	14.8	27. II. 29	12.8	7. II. 19	13.7	17. II. 28			b	14.7	3. VIII. 21	11.8	15. VIII. 07	13.3
III	a	10.6	9. III. 17	11.1	3. III. 31	11.0	3. III. 31	IX	a	11.5	6. IX. 08	10.9	17. IX. 05	11.2	28. IX. 06
	b	15.9	10. III. 31	21.4	10. III. 31	15.0	{ 11. III. 07 10. III. 31			b	10.4	29. IX. 22	11.6	29. IX. 22	10.0
IV	a	14.4	4. IV. 09	15.3	4. IV. 09	14.1	4. IV. 12	X	a	13.3	25. X. 21	12.1	28. X. 29	12.6	14. X. 13
	b	12.6	3. IV. 11	16.2	9. IV. 12	14.8	9. IV. 12			b	11.6	23. X. 21	11.9	23. X. 21	11.6
V	a	9.9	6. V. 21	9.8	6. V. 20	15.6	6. V. 20	XI	a	12.2	{ 17. XI. 16 28. XI. 22	14.4	28. XI. 22	15.3	28. XI. 15
	b	11.5	15. V. 12	12.6	10. V. 23	10.9	10. V. 23			b	13.4	15. XI. 19	14.0	4. XI. 22	13.5
VI	a	9.4	28. VI. 28	8.2	22. VI. 28	9.8	22. VI. 28	XII	a	14.1	18. XII. 27	12.9	14. XII. 15	13.2	22. XII. 23
	b	11.8	10. VI. 28	11.0	18. VI. 04	12.5	11. VI. 23			b	13.9	31. XII. 04	14.3	28. XII. 23	14.4

Es fällt eigentlich nur ein Wert besonders auf, die größte Temperaturabnahme vom 10. zum 11. III. 1931 mit dem gewaltigen Betrage von 21.4 Grad auf der Zugspitze, die inzwischen schon eine Bearbeitung von R. Scherhag gefunden hat<sup>1)</sup>. Auch die beiden anderen Berge hatten an diesem Tage den größten interdiurnen Temperaturrückgang, wenn auch von kleinerem Ausmaße. Im Übrigen ist festzustellen, daß auch in den Extremwerten kein prinzipieller Unterschied zwischen positiven und negativen i. V. besteht.

Daß die Tabelle 3 den Eintritt der Extreme nicht immer in demselben Jahr und zu demselben Tag bei den drei Hochstationen meldet, darf nicht wundernehmen. Es genügen ja ein paar Zehntel Grad, um einen anderen Tag überflügeln zu lassen. So war es z. B. am 6. Mai 1920, an dem Zugspitze und Sonnblick den Höchstwert positiver i. V. erreichten, Säntis aber nicht. Auch Säntis erlebte an diesem Tage eine starke Temperaturzunahme (6.0 Grad), die aus zufälligen Gründen hinter der vom 6. Mai 1921 zurückblieb.

Man ersieht aber an diesem und anderen Beispielen, daß gar nicht selten ungefähr dasselbe Datum in verschiedenen Jahren einen Extremwert aufweist, was wieder auf „Singularitäten“ hinweist. Wenn man es nicht eigens bestätigt bekommt, wird man geneigt sein, bei dem Datum 6. V. 1921 einen Schreib- oder Druckfehler zu vermuten.

Die Zusammenstellung der mittleren i. V.  $> 4.5$  Grad hatte gezeigt, daß die drei Berge offenbar denselben atmosphärischen Schicksalen unterworfen sind. Noch genauer ließ sich das in der Auszählung der Häufigkeiten einer i. V. von 5 (4.6–5.5), 6, 7 usw. Grad zeigen, die für die drei Berge keine systematische Änderung des Abfalls der Häufigkeiten von 5 Grad ab ergaben. Auf die Wiedergabe der Abbildungen oder Tabellen kann daher hier verzichtet werden. Weit aus die größte Zahl der i. V.  $> 4.5$  Grad entfällt auf die Werte 5–7 Grad, und zwar im Winter und Sommer. Das weist darauf hin, daß die Durchschnittstemperaturdifferenz der sich ablösenden Luftmassen im Sommer nicht viel kleiner ist als im Winter.

1) R. Scherhag, Ann. d. Hydr. u. marit. Met. 1936, S. 491.

Nur in den sehr großen i. V. zeigen sich Unterschiede im erwarteten jahreszeitlichen Sinne. Um hierüber einen Überblick zu geben, sind in Tabelle 6 die Häufigkeiten eingetragen, mit denen i. V.  $> 8.0$  Grad aufgetreten sind.

Tabelle 6. Gesamtzahl der Fälle mit einer i. V. von mehr als 8.0 Grad (1901–1933).

	+ Säntis	Zugspitze	Sonnblick		- Säntis	Zugspitze	Sonnblick
Winter	114	137	156		92	145	157
Sommer	44	28	32		78	74	75
		Säntis			Zugspitze		Sonnblick
		+	-		+	-	
Winter		114	92		137	145	156
Sommer		44	78		28	74	32
							75

Wir ersehen daraus:

1. Im Winter (November bis April) nehmen sowohl bei + wie bei - die Häufigkeiten sehr großer i. V. mit wachsender Höhe zu; im Sommer ist der Säntis etwas überlegen, aber nur wenig.
2. Für Säntis besteht eine Gegenläufigkeit in dem Sinne, daß im Winter die großen +, im Sommer die großen - i. V. häufiger sind.
3. Im Winter nimmt der Säntis noch etwas an den Vorgängen der unteren Atmosphäre teil, nicht aber Zugspitze und Sonnblick, die in dieser Jahreszeit der „freien Atmosphäre“ angehören. Die Erkaltnungen der untersten Schichten im Winter drücken auf Säntis die Zahl der großen - i. V. herab, ebenso wie die sommerlichen „natürlichen“ Erwärmungen die Temperaturstufen der advectiven Erwärmungen verringern.

Den sommerlichen „natürlichen“ Erwärmungen können sich auch die Höhen von 3000 m nicht entziehen, da sie ihnen durch Austauschvorgänge zugetragen werden. Infolgedessen nimmt auch dort die Anzahl der advectiven sehr großen + i. V. entsprechend ab. Wie sehr im Sommer alle drei Hochstationen am nämlichen Wetterschicksal teilnehmen, ersieht man aus der fast vollkommenen Übereinstimmung der Zahlen für - i. V.

Wir wollen die gleiche Zusammenstellung noch für ganz große i. V.  $> 12.0$  Grad kennen lernen, deren Zahl entsprechend gering ist.

Tabelle 7. Gesamtzahl der Fälle einer i. V. von mehr als 12.0 Grad (1901–1933).

	+ Säntis	Zugspitze	Sonnblick		- Säntis	Zugspitze	Sonnblick
Winter	9	16	17		11	16	21
Sommer	1	1	3		2	1	2
		Säntis			Zugspitze		Sonnblick
		+	-		+	-	
Winter		9	11		16	16	17
Sommer		1	2		1	1	3
							2

Die Zunahme der sehr großen i. V. mit zunehmender Seehöhe im Winter tritt deutlich hervor. In Ergänzung zur Feststellung, daß die Höchst- und Tiefstwerte der i. V. auf den drei Bergen öfter auf dasselbe Datum fallen, als der Erwartung des Zufalls entsprechen würde, sei hier angefügt, daß überraschend viele Fälle einer i. V.  $> 12.0$  Grad nahe demselben Datum eingetreten sind. Säntis z. B. hatte im Januar vier - i. V.  $> 12.0$  Grad, von denen einer auf den 7. I. 12, ein anderer auf den 8. I. 18 fiel. Sonnblick erlebte im Februar 4 Fälle einer + i. V. vom angegebenen Ausmaße, davon fielen 3 auf denselben Tag: 8. II. 22, 8. II. 25, 8. II. 31. Von den 6 - i. V.-Fällen im Januar auf Sonnblick fiel einer auf den 7. I. 12, einer auf den 8. I. 18, einer auf den 11. I. 26; im März gab es 4 Fälle, einer am 11. III. 07, einer am 10. III. 31, einer am 8. III. 13. Im Dezember gab es 4 Fälle, von denen einer auf den 31. XII. 04, einer auf den 29. XII. 09, einer auf den 29. XII. 14 fiel.

Immer wieder stellen sich ganz ungesucht Hinweise ein, daß es eine kalendermäßige Bindung bestimmter Witterungsvorgänge gibt, die hier als Tendenz einer bestimmten Luftkörperablösung großen Stils erscheint.

### 3. Mittlere Temperaturdifferenzen der Luftmassen.

Zum Verständnis der Verteilung der i. V. der Temperatur ist es von Interesse, die durchschnittlichen Temperaturunterschiede der vier wichtigsten Luftmassen zu kennen, mit deren Ablösung das

Wettergeschehen erfolgt. Wir folgen den Tabellen von G. Schinze (1936), in denen er die aus sämtlichen deutschen Vormittagsaufstiegen ermittelten Temperaturen für die Haupthöhenlagen mitgeteilt hat. Darnach ergeben sich für die Höhe von 3000 m folgende Temperaturunterschiede.

Tabelle 8. Mittlere Temperaturdifferenzen der Luftmassen nach G. Schinze.

	AL/TL	AL/PW	TL/PK	AL/PK	PK/PW	TL/PW
Januar . . . . .	20.6	14.7	13.0	7.6	7.1	5.9
Februar . . . . .	20.5	14.8	12.6	7.9	6.9	5.7
März . . . . .	18.5	13.9	11.3	7.2	6.7	4.6
April . . . . .	16.4	11.9	9.9	6.5	5.4	4.5
Mai . . . . .	15.4	11.6	9.4	6.0	5.6	3.8
Juni . . . . .	15.6	11.4	8.4	7.2	4.2	4.2
Juli . . . . .	12.7	9.7	7.4	5.3	4.4	3.0
August . . . . .	14.5	10.3	8.7	5.8	4.5	4.2
September . . . . .	12.8	9.1	8.4	4.4	4.7	3.7
Oktober . . . . .	16.2	11.0	10.8	5.4	5.6	5.2
November . . . . .	16.4	11.5	10.9	5.5	6.0	4.9
Dezember . . . . .	20.2	14.7	12.7	7.5	7.2	5.5
Winter						
(November—April)	18.8	13.6	11.7	7.0	6.5	5.2
Sommer						
(Mai—Oktober)	14.5	10.5	8.9	5.7	4.8	4.0

Was wir aus dem täglichen Wetterdienst wissen, wird durch die Statistik belegt: Weitaus die meisten Luftmassenablösungen vollziehen sich in den drei rechts stehenden Gruppen; der Wert 8.0 Grad, den wir nach dem Werte 4.5 Grad besonders herausgegriffen haben, gehört bereits den seltenen Vorgängen einer Ablösung entfernterer Luftmassen an.

Wie Schinze jeder Luftmasse ihre Temperatur für jeden Monat zuordnet, kann man auch jeder Luftmassenablösung eine mittlere Temperaturdifferenz zuordnen, deren Studium die vorliegende Arbeit dienen soll.

#### 4. Vergleich mit älteren Beobachtungen von Säntis und Sonnblick.

Vom Sonnblick liegen Beobachtungen seit 1887 vor, vom Säntis seit 1883. Es war daher die Möglichkeit gegeben, die Häufigkeit und den mittleren Wert der i. V.  $> 4.5$  Grad für diese Berge auch vor der Jahrhundertwende kennen zu lernen, in deren Nähe manche Klimaverwerfungen festgestellt sind.

Die Werte sind wegen der ungleichen Anzahl der verwendeten Jahre nur auf ihren Gang hin vergleichbar. Es fällt auf, daß der so charakteristische Anstieg der Häufigkeit nach dem Minimum sichtlich erst nach der Jahrhundertwende stärker in Erscheinung tritt. Die untersten + Werte von Säntis z. B. ergeben sogar vor 1901 ein ganz deutliches Sommerminimum. Säntis — darüber zeigt Ansätze zu einem sekundären sommerlichen Maximum. Sonnblick zeigt sowohl bei + wie bei — auch vor 1901 ein sekundäres Maximum der Häufigkeit einer i. V.  $> 4.5$  Grad, doch wesentlich schwächer als nach 1900, so daß man gesichert sagen kann: Der sommerliche Anstieg der Temperaturwetterhaftigkeit zu einem sekundären Maximum ist erst nach 1900 zur vollen Ausbildung gekommen.

Für das winterliche Hauptmaximum läßt sich keine einheitliche Aussage machen, es sei denn, daß wir die Aufspaltung des Januarmaximums auf ein Dezember- und Februarmaximum bei den + Werten von Säntis und Sonnblick vor 1900 beachten. Sonnblick — zeigt eine Verschiebung des Hauptmaximums auf den Februar, dessen synoptisches Verhalten vor 1900 demnach etwas anders gewesen ist.

Auch die mittleren Beträge der i. V.  $> 4.5$  Grad waren vor 1900 etwas anders, wie wir aus Abbildung 4 ersehen.

Wenn auch die Werte wegen der ungleichen Anzahl der verwendeten Jahre nur qualitativ vergleichbar sind, läßt sich doch ein Ergebnis deutlich herauslesen: Daß der Mittelwert aller großen i. V.

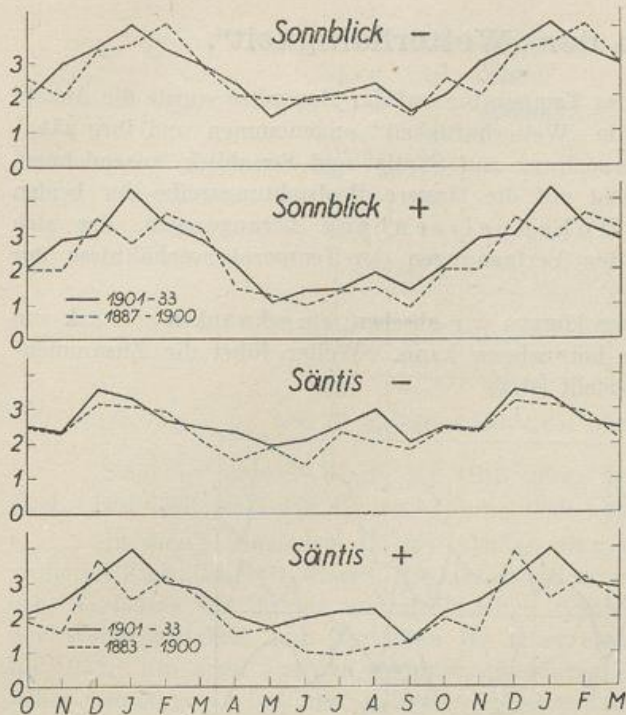


Abb. 3. Mittlere Häufigkeit einer i. V. > 4.5 Grad pro Monat für Säntis und Sonnblick.

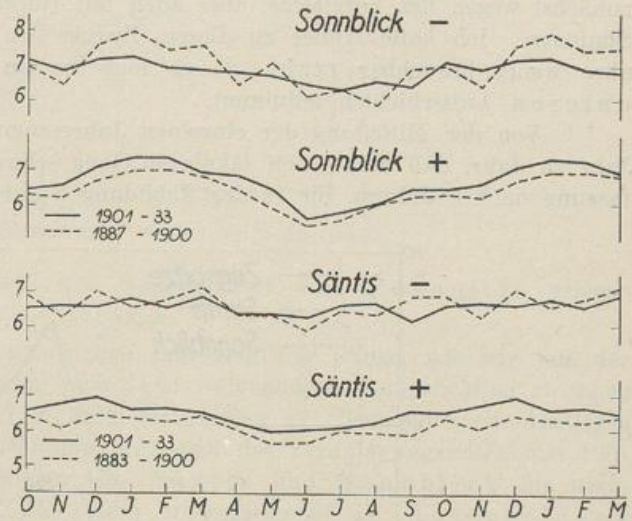


Abb. 4. Mittlere Größe aller i. V. > 4.5 Grad pro Monat für Säntis und Sonnblick.

für + Temperaturänderungen sowohl bei Säntis wie bei Sonnblick vor 1901 in allen Monaten übereinstimmend kleiner war. Die - Werte von Säntis lassen keine klare Änderung erkennen; für Sonnblick scheint zu gelten, daß die - i. V. im Winterhalbjahre größer waren.

Das sekundäre Maximum der Häufigkeit im Sommer findet in dem Betrage der mittleren i. V. kein Gegenstück, was auch die Schinze-Tabelle erwarten ließ. Nur die Lebendigkeit der Atmosphäre nimmt vom Mai ab zu; die Temperaturquanten selbst nehmen zum Sommer hin ab, doch sind Ansätze eines sekundären Maximums vorhanden.

Wir fügen noch eine Tabelle an, in der die Extreme vor und nach 1900 zusammengestellt sind.

Tabelle 9. Höchstwerte der interdiurnen (7-7) Temperaturänderungen.

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
a) Temperaturzunahmen													
Säntis . . . . .	1883-1900	14.6	15.2	<b>13.2</b>	7.7	8.9	<b>9.4</b>	9.6	8.5	9.0	<b>15.2</b>	9.4	10.8
	1901-1933	<b>15.0</b>	<b>17.2</b>	10.6	<b>14.4</b>	<b>9.9</b>	<b>9.4</b>	<b>10.7</b>	<b>11.5</b>	<b>11.5</b>	13.3	<b>12.2</b>	<b>14.1</b>
Sonnblick . . . . .	1887-1900	12.1	<b>14.8</b>	<b>15.0</b>	10.4	7.0	7.8	8.2	8.3	8.8	9.6	13.2	11.6
	1901-1933	<b>16.8</b>	14.6	11.0	<b>14.1</b>	<b>15.6</b>	<b>9.8</b>	<b>11.0</b>	<b>14.1</b>	<b>11.2</b>	<b>12.6</b>	<b>15.3</b>	13.2
b) Temperaturabnahmen													
Säntis . . . . .	1883-1900	13.7	13.5	15.0	9.1	9.7	8.2	9.3	10.9	<b>12.0</b>	<b>12.0</b>	11.3	13.2
	1901-1933	<b>14.3</b>	<b>14.8</b>	<b>15.9</b>	<b>12.6</b>	<b>11.5</b>	<b>11.8</b>	<b>12.4</b>	<b>14.7</b>	10.4	11.6	<b>13.4</b>	<b>13.9</b>
Sonnblick . . . . .	1887-1900	<b>16.8</b>	<b>15.0</b>	<b>17.2</b>	10.2	<b>11.2</b>	10.2	<b>10.4</b>	9.8	<b>10.8</b>	<b>13.2</b>	11.1	14.2
	1901-1933	14.7	13.7	15.0	<b>14.8</b>	10.9	<b>12.5</b>	9.6	<b>13.3</b>	10.0	11.6	<b>13.5</b>	<b>14.4</b>

Die meisten der in Tabelle 5 schon angeführten Extremwerte können demnach als repräsentativ gelten. Wesentliche Veränderungen hat nur Sonnblick bei der - i. V. aufzuweisen, die in 7 Monaten vor 1901 ihre Höchstwerte erreichte.

## 5. Säkulare Schwankungen der „Wetterhaftigkeit“.

In der früheren Untersuchung über die i. V. der Temperatur auf der Zugspitze wurde die Anzahl der Fälle mit einer i. V.  $> 4.5$  Grad als ein Maß für die „Wetterhaftigkeit“ angenommen und ihre säkulare Schwankung untersucht. Es lag nahe, diese Untersuchung auf Säntis und Sonnblick auszudehnen, zunächst wegen des Vergleichs, aber auch mit Rücksicht auf die längere Beobachtungsreihe der beiden Stationen. Ich hatte früher zu diesem Zwecke den Hohenpeissenberg herangezogen, der sich aber wenig brauchbar erwies, da er meistens an den Vertarnungen der Temperaturverhältnisse der unteren Luftschichten teilnimmt.

Von der Mitteilung der einzelnen Jahressummen können wir absehen; sie schwanken so stark von Jahr zu Jahr, daß man einen säkularen Gang schwer herauslesen kann. Weiter führt die Zusammenfassung nach 5 Jahren, die in der Abbildung 5 dargestellt ist.

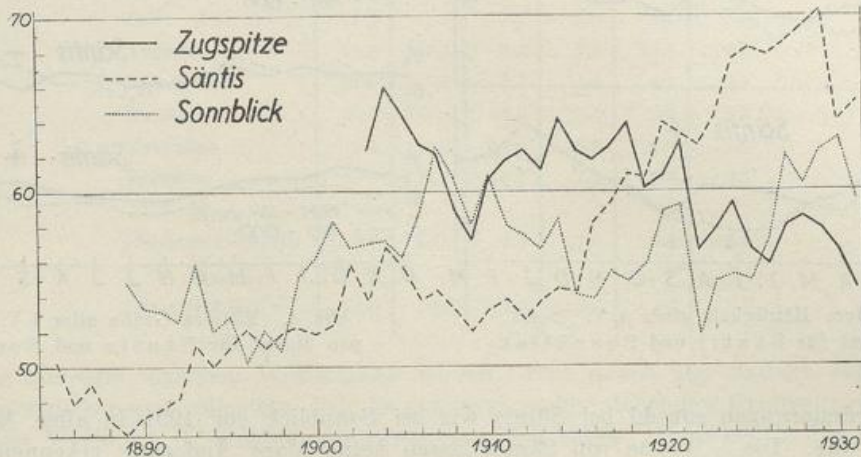


Abb. 5. 5-jährige Mittel der jährlichen Anzahl einer i. V.  $> 4.5$  Grad.

Im 5-jährigen Mittel ergibt sich für Säntis ein sehr starker säkularer Gang. Ausgehend von einem Minimum im Stichjahre 1889 (Mittel aus 1887 bis 1891) steigt die Wetterhaftigkeit bis zum Jahre 1904. 1905 bis 1915 ergeben eine Rückversetzung (Verwerfung). Ab 1915 steigt sie neuerdings sehr stark bis 1929. In diesem (Stich-) Jahre gab es 70 Fälle, während es 1889 nur 46 gewesen waren. Von Zufall kann hier wohl keine Rede sein: Wir haben eine säkulare Änderung vor uns, die ab 1929 anscheinend einer neuen Verwerfung Platz macht.

Auch auf dem Sonnblick sind säkulare Schwankungen unverkennbar, aber es gibt bedeutendere Verwerfungen, die etwa folgende Abschnitte umfassen: Bis 1896 Abnahme auf rund 50 Fälle, dann Anstieg bis 1907 (ca 63 Fälle), dann stufenweise Abnahme bis 1922 (52 Fälle), gefolgt von raschem Anstiege bis 1930. Der erneute Rückgang liegt also ein Jahr später auf dem Säntis.

Ganz anders ist das Bild auf der Zugspitze: Abnahme bis 1909, dann Anstieg von 57 auf 64 Fälle (1914 und 1918), und seitdem Abnahme in Wellen — also ein ganz anderes Bild wie an den beiden anderen Hochstationen.

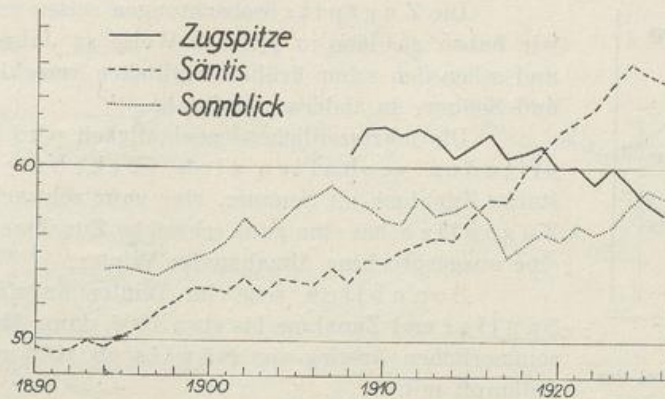
Noch deutlicher sieht man die Unterschiede an der Abbildung 6, die den Gang 15-jähriger Mittel erkennen läßt.

Bei Säntis ein fast ungehemmter Aufstieg von 1891 bis zum Stichjahre 1924 (1917 bis 1931); bei Sonnblick lassen sich drei Abschnitte erkennen: Eine Zunahme bis 1907, gefolgt von einer Abnahme bis 1917, dann erneut Zunahme bis 1925 mit einem nur wenig vom ersten Maximum verschiedenen Endwert.

Die fast stetige Zunahme der Wetterhaftigkeit auf dem Säntis steht wohl in einem Zusammenhang mit der Zunahme der Jahresniederschläge auf diesem Berge, die H. Friedel<sup>1)</sup> besprochen hat.

Die Zugspitze, soweit sie mitsprechen kann, läßt dagegen in der 15-jährigen Zusammenfassung eine fast stetige Abnahme der Wetterhaftigkeit erkennen, ihr Verlauf ist also dem des nahen Säntis gerade umgekehrt.

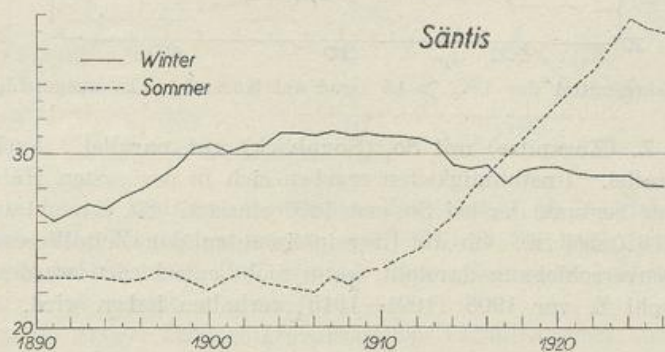
<sup>1)</sup> H. Friedel, Meteorol. Zeitschr. 1936, S. 377.

Abb. 6. 15-jährige Mittel der jährlichen Anzahl einer i. V.  $> 4.5$  Grad.

Säntis, dessen Werte bis 1915 unter denen von Sonnblick und Zugspitze gelegen sind, überflügelt 1926 den Sonnblick, 1929 auch die Zugspitze.

In diesen jährlichen Gängen stecken aber merkwürdige jahreszeitliche Gänge, wie wir aus der früheren Zugspitzarbeit wissen, die eine deutliche, wenn auch nicht vollkommene Kompensation zwischen dem Verhalten im Winter und im Sommer ergab: Vom April bis Oktober im allgemeinen ein Ansteigen der Wetterhaftigkeit, vom November bis März eine Abnahme innerhalb des Veranlagungszeitraumes 1901 bis 1933. Um auch aus den säkularen jährlichen Gängen von Säntis und Sonnblick die wirklichen Vorgänge zu isolieren, müssen wir daher auch für diese Hochstationen die Ausscheidung nach Jahreszeiten vornehmen.

Die Monate April–Oktober wurden auf Grund der Erfahrungen am Zugspitzmaterial als Sommer die Monate November–März als Winter zusammengefaßt und fortlaufende 15-jährige Mittel der Anzahl von Fällen einer i. V. der Temperatur von mehr als 4.5 Grad gebildet, die in den Abbildungen 7–9 dargestellt sind.

Abb. 7. Fortlaufende 15-Jahresmittel der i. V.  $> 4.5$  Grad auf Säntis, ausgeschieden nach Jahreszeiten.

Für Säntis ergeben sich darnach zwei große Abschnitte sowohl für den Winter wie für den Sommer mit bemerkenswerten Korrelationen. Für den Sommer: Eine ganz schwache Abnahme der Häufigkeit vom Beginn der Beobachtungen an (1883, das als erstes im Stichjahre 1890 eingeht) bis 1906, dann eine geradezu stürmische Aufwärtsbewegung bis 1924, die eine Steigerung der Wetterhaftigkeit von 22.2 auf 37.6 bringt. 1924 bezw. die durch dieses Stichjahr festgelegte 15-Jahrreihe scheint eine Wende nach abwärts zu bedeuten.

Im Winter finden wir eine Zunahme von 1891 bis etwa 1906; es folgt eine stetige Abnahme gegen das Ende der veranlagten Jahre.

Es ergeben sich also bemerkenswerte Gegenläufigkeiten zwischen Winter und Sommer in dem Sinne, wie wir sie schon für die Zugspitze gefunden hatten. Auf die Beziehung des Grades der Änderung sei aufmerksam gemacht: Der schwachen Abnahme im Sommer im I. Abschnitt entspricht eine relativ starke Zunahme im Winter; der relativ schwachen Abnahme im Winter im II. Abschnitt eine starke Zunahme im Sommer.

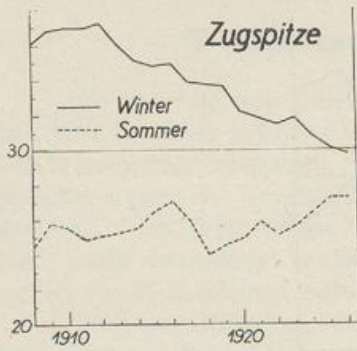


Abb. 8. Fortlaufende Jahresmittel der i.V.  $>4.5$  Grad auf der Zugspitze, ausgedrückt nach Jahreszeiten.

Die Zugspitzebeobachtungen setzen erst im II. Abschnitte ein; wir haben sie hier in gleicher Weise zu Jahreszeiten zusammengefaßt und sehen den schon früher ermittelten verschiedenen Gang im Winter und Sommer in anderem Maßstabe.

Die jahreszeitliche Gegenläufigkeit wird bestätigt, aber die Amplituden verhalten sich verkehrt: Säntis hat eine sehr starke Zunahme im Sommer, eine ganz schwache Abnahme im Winter; Zugspitze hat eine ganz schwache Zunahme im Sommer (im Mittel), eine ausgesprochene Abnahme im Winter.

Sonnblick zeigt im Winter ungefähr denselben Gang wie Säntis: erst Zunahme bis etwa 1906, dann Abnahme; aber den starken sommerlichen Anstieg von Säntis ab 1906 macht Sonnblick nur gedämpft mit.

Wir vermuten, daß auch noch die Zusammenfassung nach Jahreszeiten eine Vergewaltigung des Materials bedeutet, und wenden uns dem Verhalten in den einzelnen Monaten zu.

In den folgenden 12 Abbildungen 10–21 sind die fortlaufenden Summen der Anzahl von interdiurnen Temperaturänderungen von mehr als 4.5 Grad für je 15 Jahre eingetragen. Um die Kurven besser überschauen zu können, wurden sie mit versetzten Ordinaten eingetragen.

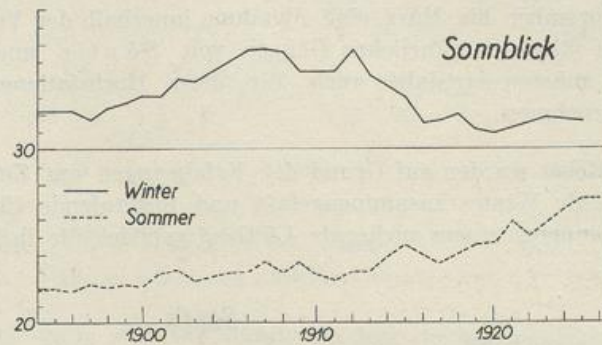


Abb. 9. Fortlaufende 15-Jahresmittel der i.V.  $>4.5$  Grad auf Sonnblick, ausgedrückt nach Jahreszeiten.

Im Januar geht Z. (Zugspitze) mit So. (Sonnblick) gut parallel. Auch Sä. (Säntis) und So. gehen im zweiten Teile parallel. Unstimmigkeiten ergeben sich in der ersten Hälfte, indem Sä. schon im Stichjahre 1891 den Aufstieg beginnt, der bei So. erst 1897 einsetzt. Sä. erreicht auch das Hauptmaximum früher, schon 1904 gegen 1910 bei So. Ob die Übereinstimmung der Zeitdifferenz von je 6 Jahren ein Zufall ist, oder eine Phasenverschiebung darstellt, kann nicht entschieden werden, ebenso wie wir nicht sagen können, wie sich wohl Z. vor 1908 (1901–1915) verhalten haben wird.

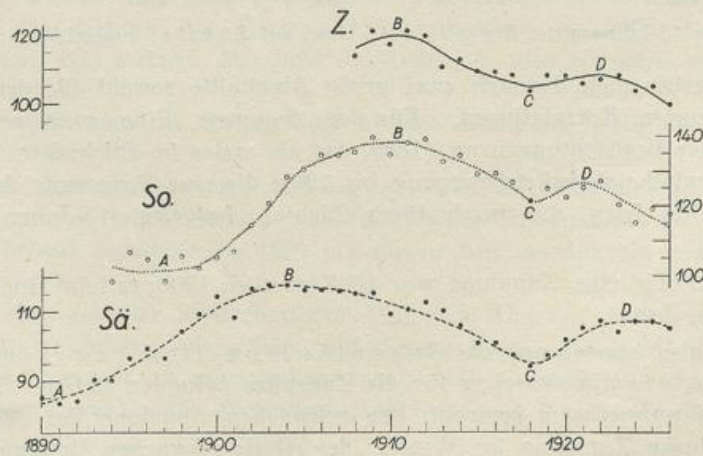


Abb. 10. Januar.

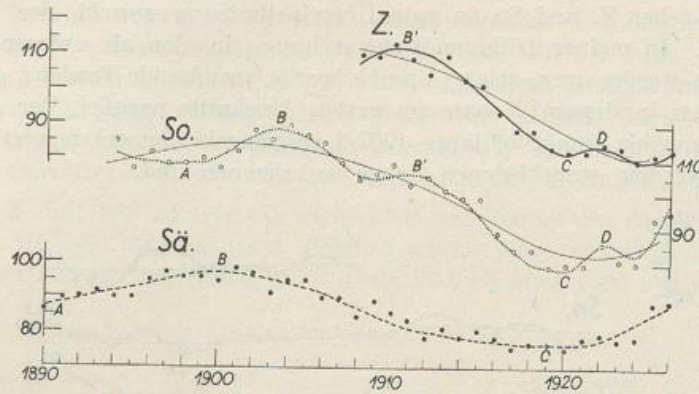


Abb. 11. Februar.

Im Februar gehen Z. und So. wieder gut parallel, sowohl in der großen Linie wie auch in Einzelheiten, die durch gleiche Buchstaben gekennzeichnet sind. Zwischen So. und Sä. besteht in diesem Monat gute Übereinstimmung des Ganges, nur beteiligt sich Säntis wenig an den überlagerten Wellen, was angesichts der guten sonstigen Übereinstimmung auffällt.

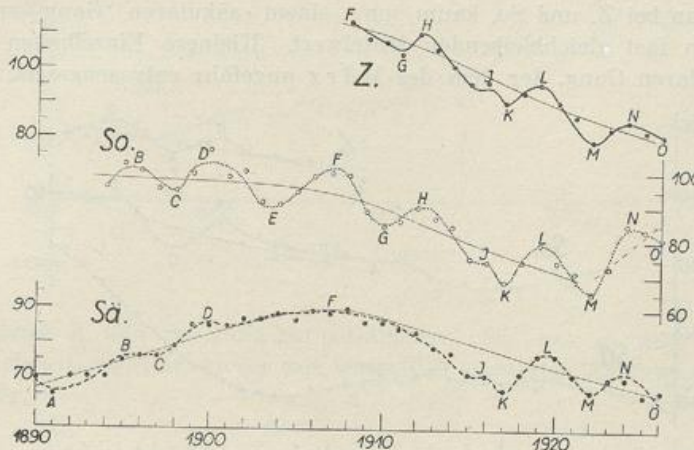


Abb. 12. März.

Im März haben alle drei Stationen gemeinsam den Abstieg ab Stichjahr 1908, der für Z. schon in der vorangehenden Bearbeitung besprochen worden war. Z. und So. haben auch die kleineren Wellen gemeinsam. Ob die Hebung bei So. nach 1922 als eine länger dauernde Aufwärtsbewegung zu bewerten ist, kann heute noch nicht gesagt werden.

So. und Sä. haben im ersten Teile entgegengesetzten Verlauf, wobei aber beachtlich ist, daß die kleineren Scheitel, die auf den Grundgang aufgesetzt erscheinen, einwandfrei herauszulesen sind.

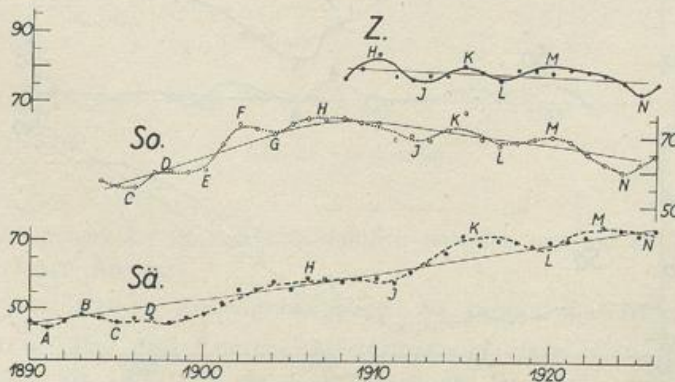


Abb. 13. April.

Auch im April gehen Z. und So. in guter Übereinstimmung sowohl der großen Linie wie der kürzeren Schwankungen. In meiner früheren Untersuchung, in der als unterer Wert der veranlagten i. V. 4.0 Grad genommen worden war, zeigte April bereits ansteigende Tendenz, die den Sommertyp einleitet. So. und Sä. gehen in diesem Monate im ersten Abschnitte parallel. Der unentwegte Anstieg von Sä. wird aber von So. nur bis zum Stichjahre 1907/8 mitgemacht. Bemerkenswert ist, daß auch weiterhin die kleineren Wellen über dem verschiedenen Gange zu erkennen sind.

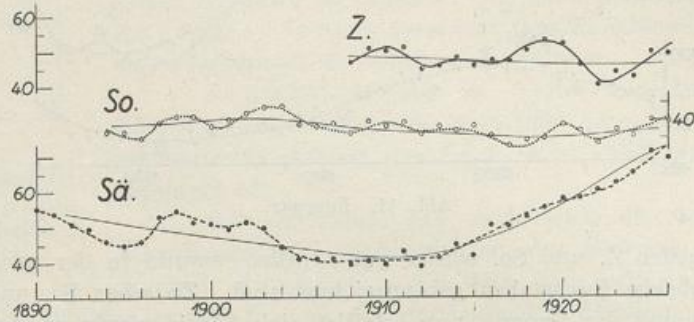


Abb. 14. Mai.

Im Mai kann man bei Z. und So. kaum von einem säkularen Gang sprechen; die Summen schwanken nur um einen fast gleichbleibenden Mittelwert. Kleinere Einzelheiten sind gemeinsam. Sä. dagegen zeigt einen säkularen Gang, der dem des März ungefähr entgegengesetzt ist.

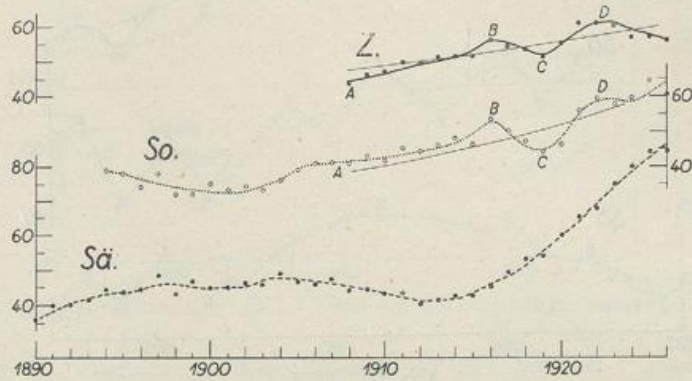


Abb. 15. Juni.

Auch im Juni harmonisieren Z. und So.; sie zeigen gemeinsam einen Anstieg mit gemeinsamen Unterabschnitten.

So. und Sä. haben gemeinsam den Anstieg ab 1912, nur ist er bei Sä. viel bedeutender als bei So. Dagegen sind sie im ersten Zeitabschnitte gegenläufig: So. hat ein sekundäres Minimum (zugleich den

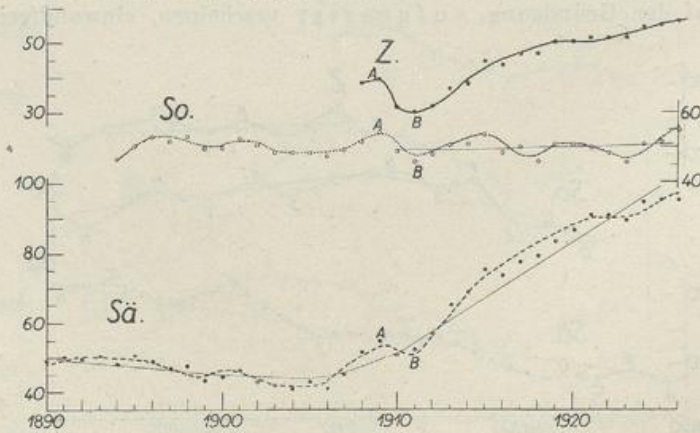


Abb. 16. Juli.

tiefsten Wert) um die Jahrhundertwende, Sä. strebt einem sekundären Maximum um 1904 zu. Bemerkenswert ist wieder, daß die sekundären Maxima und Minima, die Z. und So. gemeinsam haben, von Sä nicht mitgemacht werden. Ich würde auf diese sekundären Maxima und Minima wenig Gewicht legen, da man sie als das Ergebnis einiger zufällig großer und kleiner Werte hinnehmen könnte, aber die Übereinstimmung der am nördlichen Alpenrande gelegenen Z. mit dem in den Zentralalpen befindlichen So. fällt gerade gegenüber dem ebenfalls am Nordrande der Alpen gelegenen Sä. auf.

Im Juli geht Z. mit Sä. zusammen, wenn auch das Tempo des Anstiegs auf Z. nicht mit dem von Sä. zu vergleichen ist. So. dagegen geht sichtlich eigene Wege, soweit es den zweiten Zeitabschnitt anlangt. So. harmoniert mit Sä. im ersten Teile darin, daß bis etwa 1906 nur geringfügige Änderungen der Zahlen festzustellen sind.

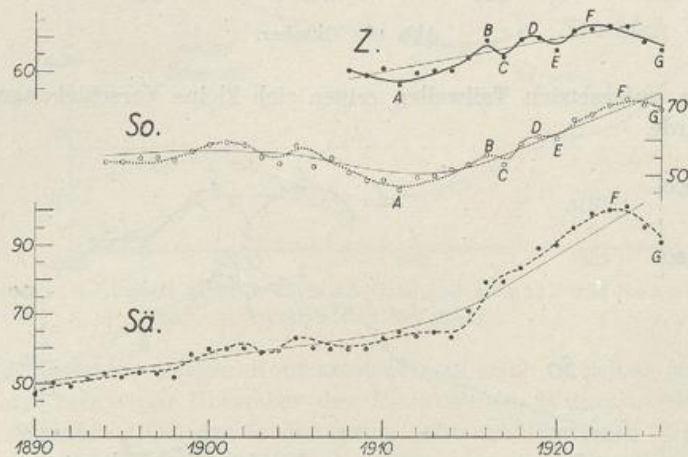


Abb. 17. August.

Im August gehen Z. und So. ganz gut zusammen. Sä. hat in dem gemeinsamen Abschnitt 1908–1926 einen ähnlichen Gang, nur wieder mit wesentlich stärkerem Anstiege. Sä. zeigt schon von 1890 an einen stetigen Anstieg.

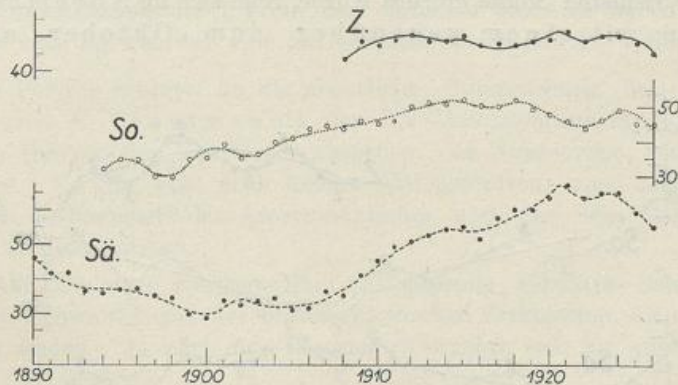


Abb. 18. September.

Im September gehen Z., So. und Sä. leidlich parallel, nur hat Sä. in dem gemeinsamen Abschnitt wieder einen stärkeren Anstieg.

So. zeigt schon von 1894 an Aufwärtsbewegung. Sä. beginnt sie erst um 1900.

Oktober zeigt in allen drei Kurven übereinstimmend nochmal in voller Klarheit den Sommergang: Erst Abstieg bis 1908/1909, dann Anstieg, wobei Sä. wieder durch eine größere Amplitude hervortritt.

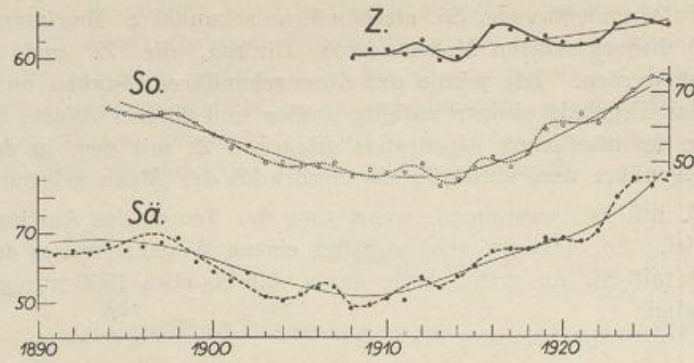


Abb. 19. Oktober.

Bei manchen der aufgesetzten Teilwellen zeigen sich kleine Verschiebungen, so daß von ihrer Beschriftung abgesehen wurde.

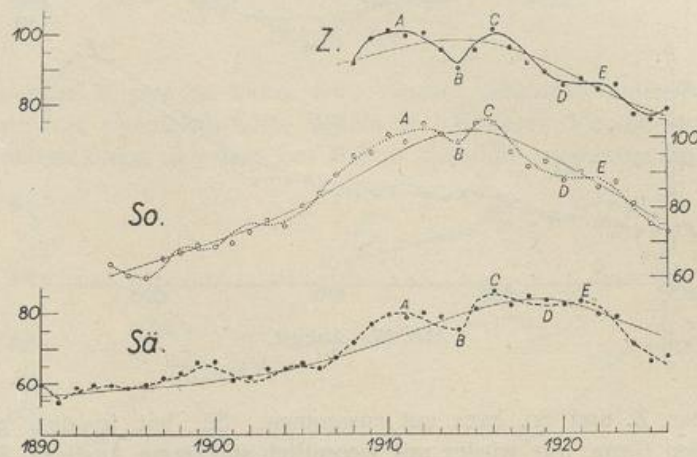


Abb. 20. November.

Wie schon in der früheren Studie erörtert wurde, reiht sich im November sofort der Wintertyp in voller Klarheit an, mit einem gegenüber dem Oktober entgegengesetzten Verlauf.

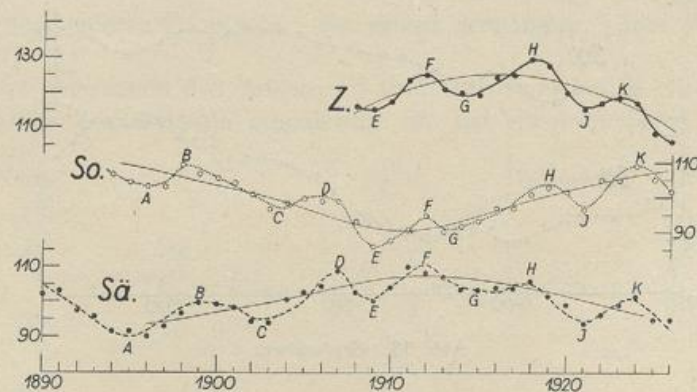


Abb. 21. Dezember.

Recht interessant ist der Gang im Dezember. Wir finden fast völlige Übereinstimmung in den überlagerten Wellen, aber die darunterliegenden säkularen Gänge sind verschieden. Am ehesten stimmen noch Z. und Sä. zusammen, was nicht viel besagt angesichts der kurzen Reihe der Z. Aber fast spiegelbildlich verläuft der säkulare Gang auf So. und Sä. So. hat einen an den Oktober erinnernden säkularen Gang; Sä. zeigt den Wintertyp.

Aus den 12 Abbildungen lassen sich folgende Feststellungen ableiten:

1. Die Anzahl der i. V.  $> 4.5$  Grad unterlag einer säkularen Schwankung, die im großen gesehen für die Wintermonate annähernd spiegelbildlich zum sommerlichen Verlaufe erfolgte. Sommer- und Wintertyp stoßen, wie schon in der vorangehenden Zugspitzstudie mitgeteilt wurde, in den Monaten Oktober und November unvermittelt zusammen, wie uns Abbildung 22 noch besonders zeigen soll.

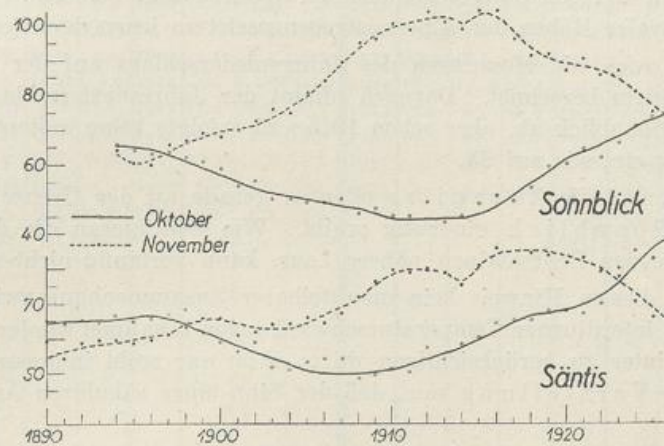


Abb. 22. Säkulärer Gang der Häufigkeit einer i. V.  $> 4.5$  Grad auf Säntis und Sonnblick für die Kontrastmonate Oktober und November.

Oktober und November pflegen Kontrastmonate zu sein. Meistens gehört der Oktober noch dem Nachsommer an und bringt der November den Einbruch des Winters. Gelegentlich geht es aber auch ganz anders, wie im Jahre 1936, das in der ersten Oktoberhälfte einen Wintereinbruch von seltenem Ausmaße brachte (im Gebirge gute Schifahre!), dafür aber im November mit entsprechenden positiven Temperaturanomalien aufwartete.

2. Die 3 Hochstationen zeigen im allgemeinen einen übereinstimmenden säkularen Gang, doch gibt es auch Abweichungen, wie insbesondere im Dezember.
3. Außer dem säkularen Gang finden wir kürzere Schwankungen, die fast immer von allen 3 Hochstationen gemeinsam erlebt werden, auch wenn der unterlegte säkulare Gang verschieden ist. Genetisch muß also ein Unterschied zwischen den kürzeren und längeren Schwankungen bestehen.
4. Die säkularen Schwankungen der i. V. in den einzelnen Monaten haben sehr verschiedene Dauern. Für Säntis ergibt sich im Februar eine gut ausgeprägte 36-jährige Welle.

Die 36-jährige Periode erinnert an die neuerliche Untersuchung der Brückner'schen Niederschlagschwankung durch E. Trautmann<sup>1)</sup>, der drei Aktionszentren fand, von denen Wellen mit hohen Amplituden nach dem Inneren des Kontinents ausgehen: Von Nordeuropa, vom westlichen Mittelmeer und vom Schwarzen Meere. Es gibt wohl noch andere Aktionszentren, von denen Wirkungen nach Mitteleuropa hin ausstrahlen, insbesondere das Azorenmaximum und das sein Vorzeichen mit der Jahreszeit wechselnde russische Aktionszentrum.

Jedes dieser Aktionszentren hat seine ihm zukommende säkulare Schwankung; ihr Zusammenwirken ergibt säkulare Schwankungen der mitteleuropäischen Zirkulation, die u. a. in der i. V. der Temperatur einen Ausdruck finden. Je nach der Bezogenheit ergeben sich für unsere 3 Hochstationen folgende Möglichkeiten:

- a) alle 3 Hochstationen zeigen den gleichen Gang,
- b) alle 3 Hochstationen haben einen verschiedenen Gang,
- c) es stimmen je 2 Hochstationen zusammen, wobei es 3 Kombinationen gibt.

Der Fall a) ist, wie die Bilder zeigen, weitaus der häufigste. Den säkularen Schwankungen der atmosphärischen Bewegungen gegenüber ist das von dem Dreieck Sä. Z. So. erfaßte Stück der Alpen aber keine unbedingte Einheit; sie fühlen sich mit verschiedener Stärke an dasselbe heran.

Wo sich größere Unstimmigkeiten ergeben, halten meistens Zugspitze und Sonnblick zusammen und geht Säntis seine eigenen Wege.

<sup>1)</sup> E. Trautmann, Veröffentl. d. Geophysik. Instituts der Univ. Leipzig, 2. Serie VII, Heft 6, 1936.

Es gibt einen Hinweis darauf, daß im Alpengebiet in etwa 3000 m Höhe eine Inversion säkularer Schwankungen liegen kann. H. Friedel<sup>1)</sup> machte den Versuch, die Gletscherschwankungen aus den Niederschlagschwankungen zu erklären und fand dabei u. a., daß der Jahresniederschlag auf dem Säntis seit dem Bestehen des Observatoriums zunimmt, während er auf dem Sonnblick abnimmt. Die Nachschau ergab, daß die zahlreichen im Sonnblickgebiete unterhaltenen, tiefer gelegenen Niederschlagsstationen einen inversen Gang gegenüber der Gipfelstation befolgen. „Anscheinend verlaufen die Niederschlagskurven nivaler Höhen der Alpen entgegengesetzt zu jenen der Niederung.“

H. Friedel hat auch die Messungen des Jahresniederschlags auf der Zugspitze in zur Hälfte übergreifenden 10-Jahr-Mitteln berechnet. Darnach nimmt der Jahresniederschlag Z. bis zum Jahrzehnt 1910–1920 wie auf dem Sonnblick ab, aber schon 1915–25 erfolgte keine weitere Abnahme und 1920 bis 1930 trat sogar ein Anstieg ein, wie auf Sä.

Wir sehen daraus, daß die Zugspitze offenbar gerade an der Grenze des Vorzeichenwechsels gelegen ist, der sich für Sonnblick eindeutig ergibt. Wie weit hieran die doch nur wenig größere Höhe beteiligt ist, oder die den Zentralalpen nähere Lage, kann vorläufig nicht entschieden werden.

Natürlich soll mit diesem Hinweis kein unmittelbarer Zusammenhang zwischen dem Niederschlag und der Häufigkeit großer interdiurner Temperaturschwankungen behauptet werden, zumal der verschiedene Gang im Sommer und Winter zu berücksichtigen wäre; es ist nur recht interessant, daß man auf einem ganz anderen Wege zu der Vorstellung kam, daß der Sinn einer säkularen Änderung sich gerade um 3000 m umkehren könne.

Wenn sich derartige Umkehrungen auch in anderen meteorologischen Elementen zeigen sollten, würde die Höhenlage von rund 3000 m eine besondere Bedeutung bekommen und unter Umständen zu einer Erklärung dafür führen, daß einzelne Gletscher vor-, andere zurückgehen.

Es ist nicht das erstemal, daß sich eine inverse Beziehung säkularer Gänge in verschiedenen Höhenlagen ergeben hat. F. Travniček<sup>2)</sup> fand die merkwürdige Tatsache, daß die Anzahl der Tage mit Sturm auf dem Sonnblick einen sehr bedeutenden säkularen Gang besitzt, der invers zu dem von Wien verläuft. Auch die Anzahl der Windstillen in Kremsmünster und auf dem Sonnblick, wobei die Bodenstation die größeren Schwankungen aufweist, verlaufen spiegelbildlich.

Travniček erinnert an die Umkehr des täglichen Ganges der Windgeschwindigkeit in der Niederung und in der Höhe und verlegt die Höhe der Umkehr auf 1000 m, also weit unterhalb der hier untersuchten Höhen. Ich möchte daher auch gar nicht weiter auf die Parallele eingehen, die aber als „Präzedenzfall“ recht wichtig ist.

Die in den Abbildungen 10–21 erkennbaren kürzeren „Wellen“ stellen Episoden dar, die für ein paar Jahre den säkularen Gang überrennen. Wir kennen derartige Seitensprünge. Z. B. weiß man, daß es auch in einer Zeit milder Winter gelegentlich sehr strenge Einstreuungen geben kann; daß eine Zeit ozeanischer Sommer nicht ausschließt, daß ein einzelner Sommermonat ein ganz anderes Gesicht hat.

Aber wenn es zu solchen Ausnahmen kommt, dann pflegt ein recht großes Gebiet davon erfaßt zu werden, da es sich um ein „Großwetter“ im Sinne von F. Baur handelt<sup>3)</sup>. Für solche Fälle ist das Dreieck Sä. Z. So. eine Einheit, wie wir u. a. auch aus dem fast stets gemeinsamen Datum extremer i. V. folgern konnten. Es sind das Vorgänge, die sich erfahrungsgemäß wiederholen und in der fortlaufenden Mittelbildung zu den hier besprochenen Aufsatzwellen führen, und in der Isolierung auf einzelne Tage zu den Singularitäten Anlaß geben, denen wir uns nunmehr zuwenden.

## 6. Verhalten der Singularitäten auf Säntis, Zugspitze und Sonnblick.

Schon bei der Zusammenstellung der ganz großen i. V. der Temperatur (Tabelle 5) hatte sich gezeigt, daß eine gewisse kalendermäßige Bindung für den Eintritt sehr großer i. V. zu bestehen scheint, die für alle drei Hochstationen gegeben sein kann. Wenn in der Statistik manchmal Ausnahmen vorkommen, liegt es im allgemeinen nicht daran, daß der betr. Berg „nicht mittat“, sondern eine i. V. hatte, die unter dem Schwellenwerte 4.5 Grad gelegen war. Wir wollen diese Verhältnisse an Hand einer kleinen Zusammenstellung besprechen.

<sup>1)</sup> H. Friedel, Met. Zeitschr. 1936, S. 375.

<sup>2)</sup> F. Travniček, Zeitschr. f. angew. Meteorol. 1931, S. 352.

<sup>3)</sup> F. Baur, Zeitschr. für angew. Meteorol. 1936, S. 377.

Tabelle 10.

a) positive Temperaturänderungen												b) negative Temperaturänderungen											
15. XI.	Sä.	Z.	So.	16. XII.	Sä.	Z.	So.	8. I.	Sä.	Z.	So.	15. XII.	Sä.	Z.	So.	11. II.	Sä.	Z.	So.	22. VIII.	Sä.	Z.	So.
1901	4.9	(4.3)	(2.0)	1901	7.4	6.8	7.8	1901	5.4	(1.6)	(4.5)	1902	-5.8	-7.8	-5.2	1901	-6.2	-6.4	-6.4	1904	-6.8	-7.8	-5.4
1907	5.2	(4.5)	(0.2)	1902	8.8	9.8	9.4	1902	(2.7)	(3.4)	7.2	1911	-6.9	-5.4	(+2.3)	1903	(-1.3)	(-2.2)	-4.7	1908	(-4.3)	-4.6	-4.6
1914	4.9	(3.4)	5.7	1903	(3.2)	6.2	(4.5)	1905	8.3	10.4	13.6	1916	(-3.9)	-4.6	(-3.0)	1904	-7.1	-7.3	(-3.0)	1909	(-3.8)	-6.3	-6.0
1923	9.3	8.8	(3.8)	1904	7.9	10.1	5.2	1907	5.5	6.3	5.3	1917	(-3.9)	-6.2	-6.4	1905	-9.1	-11.4	-12.6	1910	-6.5	-6.9	(-4.2)
1927	4.7	(2.2)	(0.6)	1907	4.9	(1.4)	(-2.6)	1911	5.4	(-1.0)	(1.4)	1920	-8.7	(-3.3)	(-0.1)	1913	(-3.2)	(-4.0)	-6.8	1919	(-2.7)	(-3.3)	-4.6
1929	5.5	5.9	(1.0)	1910	(4.2)	5.6	(1.6)	1912	15.0	5.9	10.3	1923	-5.4	-6.5	-8.8	1920	-5.2	-8.0	-8.5	1920	-4.8	(-1.9)	(-3.0)
1933	5.2	5.5	(0.6)	1917	(2.5)	5.1	(1.4)	1914	10.8	14.0	15.0	1927	-7.5	-6.5	-4.7	1925	(-3.5)	(-4.0)	-6.2	1922	-4.6	(-4.5)	(-4.2)
17. II.				1920	6.9	4.8	(2.2)	1917	(-1.5)	(0.8)	4.6	1931	(-3.2)	-5.3	-7.8	1928	(-3.0)	-6.9	-6.1	1923	-6.9	-7.1	-6.1
1903	8.3	8.6	9.8	1921	(1.2)	(2.3)	5.5	1922	7.7	10.8	11.1	1933	-4.6	-5.0	-4.8	1929	-9.0	-7.8	(-3.1)	1925	-5.1	(-3.4)	(-0.6)
1908	6.1	6.5	9.0	1923	8.5	9.4	11.6	1933	5.0	7.0	6.0					1932	-5.0	-6.7	-7.8	1926	-8.1	-8.9	-9.2
1910	8.1	9.0	9.5	1928	7.6	7.1	(3.2)									1933	-8.6	-11.8	-10.7	1933	(-3.6)	(-3.4)	-7.7
1912	5.8	6.0	(4.0)																				
1915	6.8	8.9	8.6																				
1921	6.0	(2.5)	5.0																				
1922	(0.1)	(3.2)	5.6																				
1926	(3.6)	4.9	(1.0)																				
1930	8.0	6.3	(2.2)																				
1932	6.4	5.3	(0.0)																				

Stichprobenmäßig sind 4 Fälle positiver und 3 Fälle negativer Temperaturänderungen herausgegriffen worden. Wenn eine Station in der i. V. Statistik nicht erschien, wurde nachgesehen, wie groß für sie an dem betr. Tag die i. V. gewesen war, und welches Vorzeichen sie hatte. Diese Werte sind mit ( ) eingetragen.

Bei den positiven i. V. der Tabelle 10 finden wir nur 3 Fälle, bei den negativen nur 1 Fall, daß das Vorzeichen nicht übereinstimmte; bei den übrigen ( ) Werten war es nur der Betrag unter 4.5 Grad, der den betreffenden Tag in der Grundstatistik nicht erscheinen ließ. Man kann also schließen, daß die Singularitäten meistens allen drei Hochstationen gemeinsam sein werden.

Bei der Anlage der Grundstatistik fiel noch ein anderes Ergebnis auf: Daß die Singularitäten nicht gleichmäßig über den ganzen Veranlagungszeitraum verteilt sind, wofür auch eine Stichprobe angefügt sei.

Tabelle 11.

16. IV.	Sä.	Z.	So.	11. V.	Sä.	Z.	So.	17. VIII.	Sä.	Z.	So.	8. X.	Sä.	Z.	So.	27. XII.	Sä.	Z.	So.	30. XII.	Sä.	Z.	So.
1901	(-0.9)	(-0.5)	-6.6	Pause $\geq$ 11 Jahre				Pause $\geq$ 12 Jahre				1901	8.6	9.5	7.0	Pause 11 $\geq$ Jahre				1901	4.7	5.5	7.6
1903	(-3.5)	-4.9	-6.4	1912	5.0	(1.7)	(3.9)	1913	4.7	(4.2)	(1.7)	1902	7.2	8.9	7.0	1912	7.9	6.7	6.5	Pause 12 Jahre			
17 Jahre Pause				1914	(3.9)	4.7	4.9	1917	(3.5)	4.9	7.2	Pause 11 Jahre				1914	6.4	5.9	5.8	1914	(2.9)	5.1	6.5
1921	(-0.9)	(-2.6)	-7.7	1920	(3.3)	5.3	6.1	1925	(3.0)	6.9	5.0	1914	(2.7)	5.3	4.9	1917	(4.2)	8.2	9.5	1921	5.1	7.2	6.0
1922	-5.3	-5.8	-5.8	1923	5.7	7.0	(4.2)	1927	9.2	6.6	6.0	Pause 12 Jahre				1918	8.5	8.2	8.3	1924	7.5	7.0	8.1
1924	-8.2	-10.8	-6.7	1924	(3.2)	4.9	(0.9)	1930	11.5	7.4	7.2	1927	8.4	4.8	(1.4)	1919	5.6	5.5	6.5	1926	5.6	5.1	10.0
1925	-5.3	-7.6	-6.8	1932	7.0	6.1	5.6					1928	(-0.2)	(1.9)	6.4	1921	(0.6)	(4.3)	5.0	1930	5.0	5.8	5.0
1926	-7.4	(-3.7)	(-2.6)									1930	(3.4)	7.5	6.2	1923	(2.8)	5.2	(0.8)	1932	(3.6)	4.6	6.9
1928	(-2.5)	-7.5	-6.1													1930	7.0	6.5	8.0				
1929	(-2.2)	-5.2	(-4.3)																				
1931	-5.0	(-2.0)	(+0.8)																				

Man bekommt den Eindruck, daß die Häufungen an bestimmten Kalendertagen nicht nach dem Zufall verteilt sind, sondern zeitweise aussetzen. Die Anzahl der Pausenjahre ist eingetragen. Manchmal lag die Pause schon zu Beginn des Veranlagungszeitraumes vor; z. B. setzte die Singularität des 11. Mai erst 1912 ein, die vom 17. August erst 1913 usw. Man hat das zu beachten, wenn man die Häufigkeiten bewertet. Nehmen wir z. B. die vom 27. Dezember, so finden wir allerdings nur 8 Fälle auf 33 Jahre; das Ergebnis erscheint aber in anderem Lichte, wenn wir bedenken, daß die Häufung erst 1912 einsetzte, so daß wir gerechterweise sagen müßten, daß von 22 Jahren 8 mal eine i. V.  $>$  4.5 Grad auf den 27. Dezember fiel. Es spricht durchaus nicht gegen die „Realität“ der Singularitäten, wenn sie zeitweise aussetzen; wir kennen das auch von anderen Zusammenhängen.

Nach diesen Vorbemerkungen über die kalendermäßigen Bindungen des häufigeren oder selteneren Auftretens großer interdiurner Temperaturänderungen gehen wir an die Bildung fortlaufender Pentadensummen, worüber Abbildung 23 unterrichtet. Dort sind für die drei Hochstationen die Werte für das gemeinsame Intervall 1901–1933, getrennt nach Temperaturenniedrigungen und Temperaturanstiegen, eingetragen.

Zwischen den drei Jahresgängen besteht gute Übereinstimmung. Um den Überblick zu erleichtern, wurden markantere Punkte durch Ziffern und Buchstaben kenntlich gemacht.

Unterschiede bestehen im großen Ganzen nur in dem relativen Hervortreten einzelner Maxima. Z. B. ist der Punkt 6 im unteren Bilde bei Säntis ein recht augenscheinlicher Punkt, im Bilde der Zugspitze auch noch primus inter pares, aber auf Sonnblick überhöht durch die Werte vom 8. und 10. April. Abweichungen, wie wir sie beim Punkte 12 beobachten, sind recht selten. Vom 19. bzw. 20. Juni ab gehen die Werte für Säntis und Zugspitze zurück, während die für Sonnblick ansteigen. Um diese Zeit scheinen die freien Berge nicht immer gleiches Schicksal zu haben; wir finden dort auch in den oberen Bildern bemerkenswerte Unterschiede: Säntis hat am Punkte M' ein Minimum für längere Zeit. Im Bilde vom Sonnblick erscheint es auch deutlich, aber nicht als prominentes Minimum, auf der Zugspitze ist es nur mehr in der Tendenz um den 24. Juni angedeutet.

Mit der mehr zur Orientierung durchgeführten Bezeichnung sind die Übereinstimmungen der drei Hochstationen keineswegs erschöpft; man kann leicht feststellen, daß auch noch in den kleineren, dazwischen liegenden Schwankungen oft recht weitgehende Übereinstimmung herrscht.

Gut ist auch die zeitliche Übereinstimmung; viele der bezifferten und unbezifferten Singularitäten fallen auf denselben Tag in allen drei Bildern; soweit Verschiebungen vorhanden sind, gehen sie selten über 2 Tage hinaus.

Aus den übereinanderstehenden Bildern ist zu entnehmen, daß gar häufig Maxima und Minima der drei unteren und der drei oberen Bilder ungefähr im Datum übereinstimmen. Eine systematische Abweichung scheint nicht vorzuliegen: Bald geht die singuläre Stelle der Temperaturrückgänge einer singulären Stelle der Temperaturerhöhungen voran, bald folgt sie ihr. Man geht wohl nicht fehl in der Deutung, daß in den Fällen, da die übereinanderstehenden Bilder ungefähr zu demselben Datum ein Maximum oder Minimum haben, es sich um *cohärente Vorgänge* handelt. Im rasch ablaufenden synoptischen Geschehen kann z. B. eine T-Luft ankommen, die von der A-Luft der Rückseite abgelöst wird, nach deren Ablauf wieder T-Luft vordringen kann. Solche Vorgänge sind meist das Werk weniger Tage, so daß man die Datumsnähe versteht, wie sie z. B. an den Punkten R in den oberen Bildern um den 16. September, in den unteren Bildern an den Punkten 17 am 18. September zu finden ist.

Wo keine Cohärenz vorliegt, werden nur die oberen oder unteren Bilder eine Singularität aufweisen, z. B. findet sich zu dem Punkte 21 und 21' der unteren Bilder um diese Zeit in den oberen kein Gegenstück.

## 7. Zerlegung der Singularitäten von Säntis.

Wenn die „Realität“ der Singularitäten noch einem Zweifel unterliegen sollte, kann er dadurch behoben werden, daß man für getrennte Zeitabschnitte eine gesonderte Veranlagung durchführt. Wir wollen das für den Säntis tun, der über die längsten Beobachtungen verfügt, und auszählen auf welche Tage des Abschnittes 1884–1908 und des Abschnittes 1909–1933, also in unabhängigen 25-jährigen Reihen Maxima oder Minima gefallen sind.

In der Abbildung 24 sind die fortlaufenden Pentadensummen der i. V. der Temperatur von mehr als 4.5 Grad eingetragen und die Gesamtsummen für die (51) Jahre 1883–1933 angefügt.

Es lag nahe, die Beschriftung aus der Abbildung 23 herüberzunehmen, in der die Summen für die Zeit von 1901–1933 eingetragen sind. Die meisten markanten Punkte sind in allen drei Reihen gut zu erkennen.

1. Die meisten Singularitäten fallen in den beiden Abschnitten auf dieselben Tage. Doch scheint es zusammengehörige Gruppen zu geben. Es sei z. B. auf die Punkte 7 und 8 verwiesen, die im zweiten Abschnitt um 3 bis 4 Tage später liegen wie im ersten. Die Punkte 9 und 10 gehen wieder zusammen; bei 12 ist im zweiten Abschnitt wieder eine Verspätung um 4 Tage vorhanden. Das sind aber auch die einzigen größeren Abweichungen in den unteren Bil-

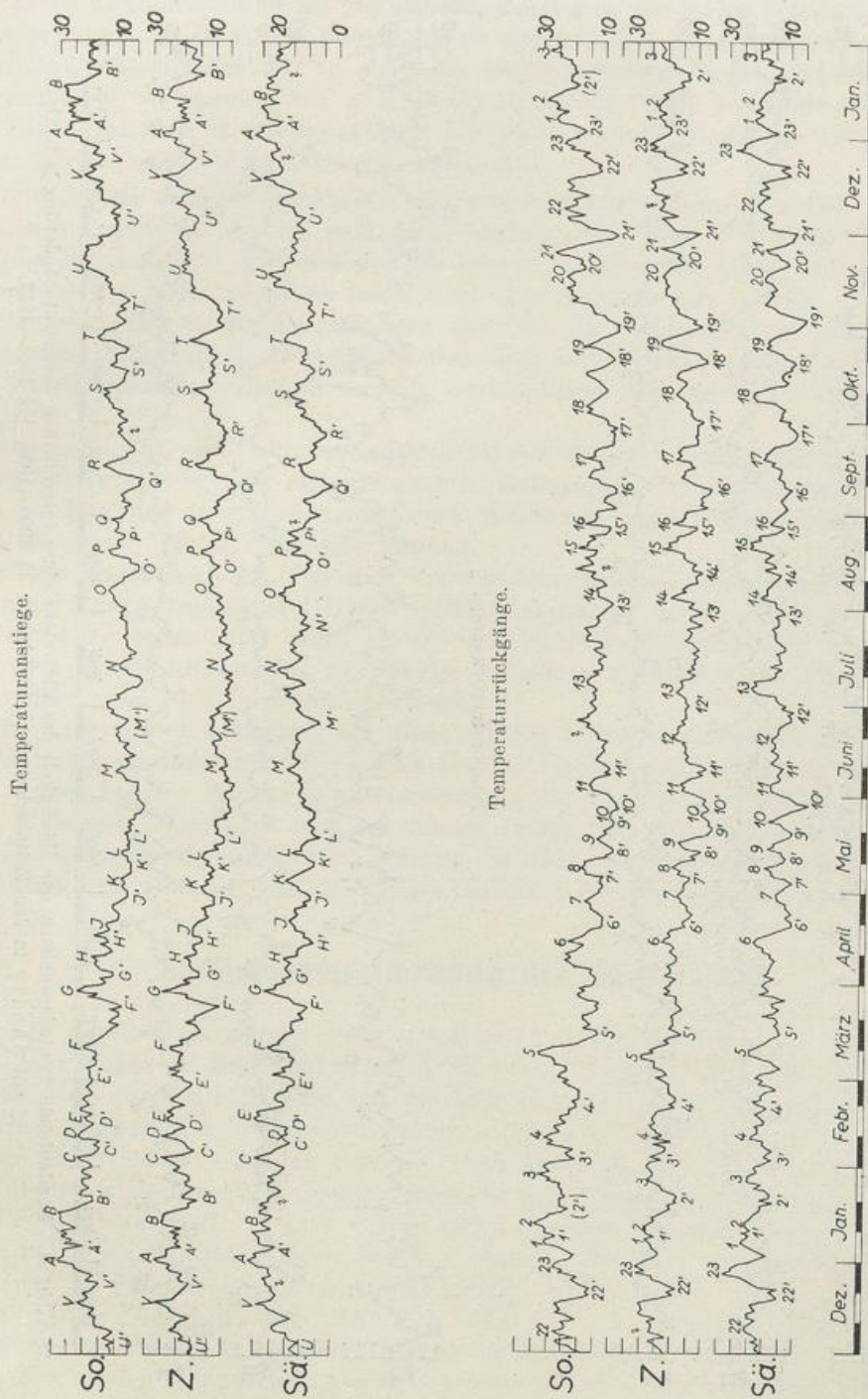
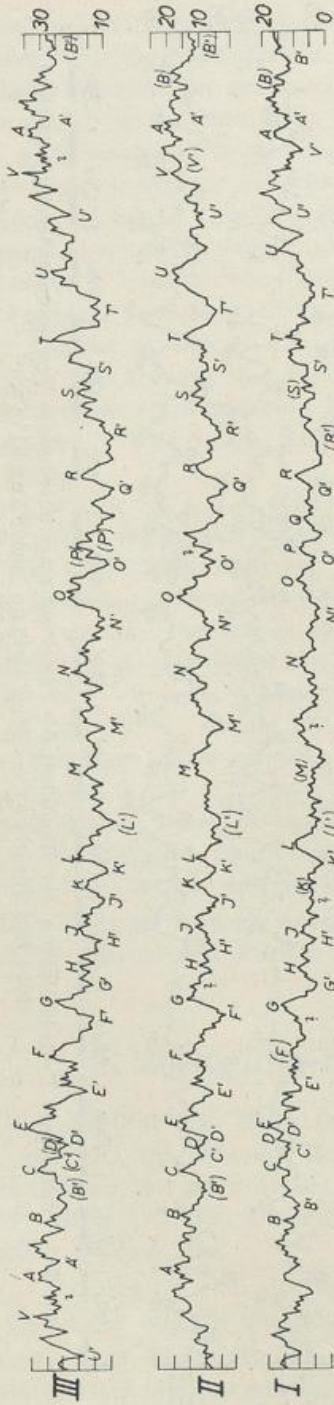


Abb. 23. Fortlaufende Pentadensummen der Häufigkeit des Eintretens einer interdiurnen Temperaturänderung > 4.5 Grad 1901-1933 für Säntis, Zugspitze und Sonnblick.

Temperaturanstiege



Temperaturrückgänge

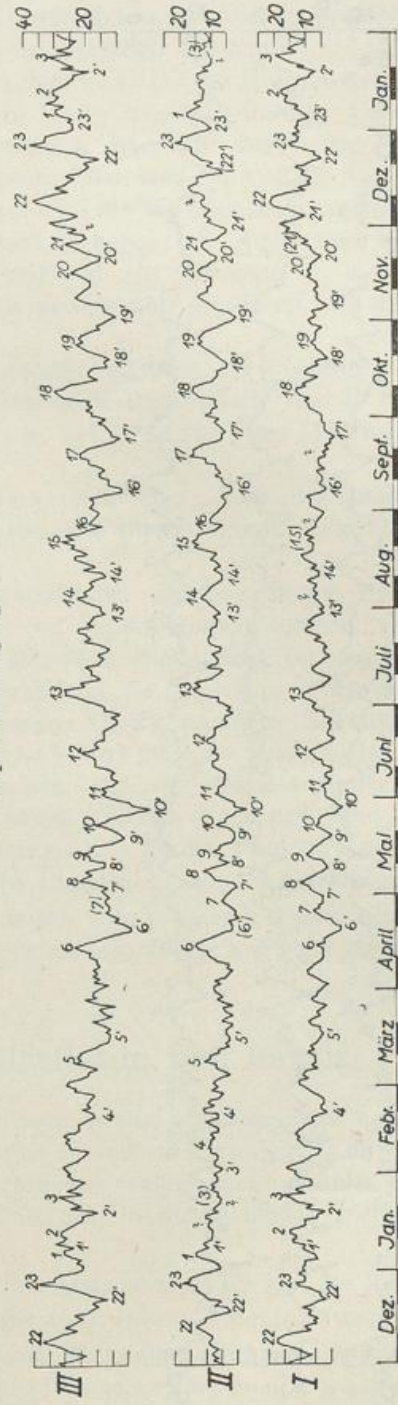


Abb. 24. Fortlaufende Pentadensummen der Häufigkeit des Eintretens einer interdiurnen Temperaturänderung > 4.5 Grad auf Säkntis in den Zeitabschnitten I 1884-1908, II 1909-1933, III 1883-1933.

dern. In den oberen Bildern bestätigen sich diese Feststellungen ebenfalls; eine größere Verschiebung um 4 Tage ist nur beim Punkte R, wieder im Sinne einer Verspätung im zweiten Abschnitte erkennbar.

2. Man wird zwischen Singularitäten erster und zweiter Ordnung zu unterscheiden haben. Erster Ordnung möchte ich die nennen, die sich in den beiden Zeitabschnitten als dominante Vorgänge erweisen, wie z. B. die Punkte 13, 18 oder O und R. Als zweiter Ordnung erscheinen die Singularitäten, die entweder nur in einer der beiden Reihen vorhanden sind, wie z. B. Punkt 17, oder nur abgeschwächt hervortreten, wie z. B. Punkt 19, der im ersten Abschnitte nur angedeutet ist. In solchen Fällen hat man es mit zeitlich beschränkten Singularitäten zu tun, die man aber darum nicht als Zufälligkeiten abtun darf.

Die Tatsache der Klimaschwankungen oder gar Klimaverwerfungen mahnt, wie ich oft betont habe, zur Vorsicht, nicht erst das als reell anzuerkennen, was etwa 30–50 Jahre durchhält. Gesetzmäßigkeiten, die sich in einem Abschnitt von 25 Jahren zu erkennen geben, beanspruchen auch schon die Aufmerksamkeit der Menschen, deren Leben nicht viele 25-Jahrreihen umfaßt.

Wir brauchen nur an die Feststellungen über die sog. Eiseiligen zu erinnern, die zur Zeit nicht die Bedeutung haben, die ihnen früher zukam, aber vielleicht wiedereinander erlangen werden. Wenn so vieles im Wettergeschehen periodisch verläuft, warum sollten nicht auch die Singularitäten ihre Perioden haben?

Die Regelmäßigkeit von Luftmassenablösungen, die wir hinter den Singularitäten erfüllen, hängt selbst von der Veränderlichkeit der meteorologischen Bedingungen ab, von denen sie ihren Ausgang nehmen. Es ist klar, daß in milden schneearmen Wintern mancher Luftstrom ausbleiben kann, der sich in einer Zeit strengerer Winter regelmäßig einstellt.

Es ist aber recht beachtlich, daß viele von den Singularitäten als I. Ordnung erscheinen, wie man namentlich an der Zusammenfassung III 1883–1933 erkennen kann, die temporäre Vorgänge zurück-sinken, bleibende hervortreten läßt. Auch nennenswerte zeitliche Verschiebungen derselben Singularität in den zwei Zeitabschnitten sind nur wenige vorhanden: Die Spitzen und Täler der Summenkurven sind kaum weniger präzise als in den Einzelkurven.

Aus der guten Übereinstimmung der Singularitäten in den beiden Teilabschnitten dürfen wir eine praktische Folgerung ziehen: Daß es zur Orientierung über Singularitäten nicht nötig ist, sehr lange Reihen zu veranlassen. Für die Durchführung des schon öfter ausgesprochenen Wunsches, es möchten auch an anderen Stellen Singularitäten untersucht werden, um allmählich zu einer Synoptik derselben zu kommen, ist diese Erleichterung recht erwünscht. 25 Jahre sind bereits ausreichend, etwaiges kalendermäßiges Geschehen der Witterung zu erfassen.

## 8. Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. Es gibt mehr negative als positive große interdiurne Temperaturänderungen. In der Verteilung über das Jahr zeigen die drei Hochstationen Säntis, Zugspitze und Sonnblick Unterschiede, die sich durch die Seehöhe und die Lage zum Gebirge erklären lassen.
2. Im jährlichen Gang herrscht Übereinstimmung; alle drei Berge gehören dem sog. Höhentypus an, doch machen sich bei Säntis noch Einflüsse von der Ebene her bemerkbar: Abschwächung des winterlichen Maximums, Erhöhung des sekundären sommerlichen Anstieges.

Die Höchtswerte der + und - i. V. zeigen eine gute Verbundenheit der drei Berge und lassen darum auch Übereinstimmung in dem Datum erkennen. An Hand der Auszählung der Fälle einer i. V. von mehr als 8.0 bzw. 12.0 Grad konnte gezeigt werden, daß diese großen Schwankungen in verschiedenen Jahren öfter auf dasselbe Datum fielen, was auf eine Potenz bestimmter Luftkörperablösungen zu bestimmten Zeiten hinweist.

3. Wie man den in der synoptischen Aerologie gebräuchlichen Luftmassen für jeden Monat mittlere Temperaturen zugeordnet hat (Schinze), lassen sich für die Luftmassenablösungen charakteristische Temperaturdifferenzen angeben, in die man die beobachteten i. V. einreihen kann.
4. Dem Vergleich der 3 Hochstationen mußte der gemeinsame Zeitraum 1901–1933 zugrundegelegt werden. An Hand der älteren Beobachtungen von Sonnblick und Säntis ließen sich Veränderungen feststellen, die seit der Jahrhundertwende eingetreten sind.

5. Zum genaueren Studium der säkularen Schwankungen der i. V. wurden fortlaufende 5- bzw. 15-Jahrsummen der Anzahl von i. V.  $> 4.5$  Grad gebildet, die sehr deutliche Unterschiede der 3 Hochstationen ergaben. Einem überaus starken Anstieg auf Säntis steht ein leichter Rückgang auf Zugspitze, ein im ersten Zeitabschnitte gemeinsamer Gang von Säntis und Sonnblick gegenüber, der aber vom Jahre 1906 ab einen anderen Gang befolgt.

Auf Grund der Erfahrungen an den Zugspitzbeobachtungen wurde das Verhalten im Winter und Sommer getrennt untersucht und die Veranlagung für die einzelnen Monate durchgeführt. Wie bei der Zugspitze ließ sich ein Sommer- und ein Wintertyp isolieren, dessen Aufbau genauer durch das Verhalten in den einzelnen Monaten erfaßt werden konnte. Oktober zeigt auch vor 1901 den Sommertyp, November den Wintertyp (Kontrastmonate) ziemlich rein, während die anderen Monate manchmal einen winterlichen bzw. sommerlichen Einschlag gemischt aufweisen.

In den säkularen Gängen der einzelnen Monate zeigen die drei Berge nicht immer Übereinstimmung; es scheint die Höhenlage des Säntis zeitweise einem anderen Gesetze unterworfen zu sein als die der beiden anderen Berge.

Es wurde versucht, hierfür eine Deutung zu geben und Beziehungen zu anderen Beobachtungen herzustellen, die auf gesonderte säkulare Gänge der eigentlichen Hochregion schließen lassen (H. Friedel, F. Travniček).

Die Perioden der Schwankungen in den einzelnen Monaten sind sehr verschieden. Aus dem bisherigen Materiale ließ sich nur für Säntis im Februar eine volle Welle von etwa 36 Jahren ableiten; die anderen Monate haben längere säkulare Schwankungen.

Über die recht verschiedenen säkularen Gänge sind kürzere Schwingungen von etwa 5-7-jähriger Dauer überlagert, die von allen 3 Bergen, auch wenn die unterlegten säkularen Gänge nicht übereinstimmen, gemeinsam erlebt werden. Bei ihnen handelt es sich um Episoden, in denen die säkularen Gänge gewissermaßen überrannt werden, wobei das ganze Ostalpengebiet eine Einheit ist. Die Parallele zu dem Vorkommen einzelner heißer Sommer in einem kühlen Zeitabschnitte, zu dem Auftreten einzelner kalter Winter in einer Serie von milden liegt nahe.

Wir kennen solche Vorgänge auch im täglichen Wettererlebnis, wenn sich z. B. ein gewaltiger Ausbruch arktischer Luftmassen bis nach den Küsten des Mittelmeeres ergießt oder subtropische Luftmassen bis nach den nördlichen Meeren geführt werden. Dann sind plötzlich große Räume schicksalverbunden, die sonst ihren eigenen Gesetzen gehorchen.

6. Es lag daher nahe, die Singularitätenforschung auch auf dieses meteorologische Element auszudehnen. Die Erwartung, daß singuläre Stellen, entsprechend der episodischen Ursache, auf allen 3 Bergen gemeinsam zu finden sein würden, hat sich bestätigt. Es ist erstaunlich, wie genau das Datum gehäufte oder verminderter i. V. auf den drei Bergen eingehalten wird — ein Zeichen, daß die unserer Untersuchung zugrundegelegte Schwelle von 4.5 Grad die Luftmassenablösungen erfassen ließ und nicht mehr lokalen Charakters ist.
7. Nachdem die Übereinstimmung der 3 Berge für ihren gemeinsamen Zeitraum festgestellt war, wurde für Säntis die Untersuchung bis zum Jahre 1883 ausgedehnt und eine Aufteilung in zwei 25-jährige Reihen vorgenommen, um zu erfahren, ob die Singularitäten „durchhalten“. Das war fast durchweg der Fall. Es zeigte sich aber, daß die relative Wertigkeit der einzelnen Singularitäten in den zwei Zeitabschnitten nicht immer dieselbe war. Man wird zwischen Singularitäten 1. und 2. Ordnung zu unterscheiden haben: 1. Ordnung sind solche, die in beiden Abschnitten mit gleicher Amplitude (Häufungen und Verarmungen) vertreten waren; 2. Ordnung sind solche, die nur für einen kürzeren Zeitraum dominant sind. Weitaus die meisten sind 1. Ordnung, wie sich namentlich auch in der Zusammenfassung beider Reihen zu einem Bilde zeigte, in dem nicht dominante Singularitäten zurücktreten würden.

Für die gelegentlich noch bezweifelte „Realität“ der Singularitäten ist die Tatsache, daß zwei 25-jährige, unabhängige Reihen, unabhängig von einander beziffert, die gleichen Singularitäten aufweisen, wichtig.

### Nachwort.

Zur Zeit finden in La Météorologie Erörterungen über die Realität meteorologischer Perioden statt, zu denen die Singularitätenforschung einen Beitrag liefern kann. Die Singularitäten verraten rhyth-

misches Geschehen, das im letzten Grunde seine „Ursache“ in dem jährlichen Gang der Sonnenstrahlung hat. Eine kalendermäßige Bindung bestimmter Luftkörperablösungen kann nur so gedeutet werden, daß infolge der stärkeren oder geringeren Erwärmung einzelner Teile der Erdoberfläche zu bestimmten Zeiten des Jahres bestimmte mittlere Temperaturunterschiede bestimmter Räume vorhanden sind, die zu Abgaben oder Einnahmen von Luftmassen führen.

Die Anregung zu solchen Bewegungen geht also auf die Sonne zurück, aber die Quantelung der Bewegungen ist durch die höchst persönliche Oberflächengestaltung der Erde bedingt. Außerhalb der Erde liegt also nur die Energiequelle, den Rhythmus bestimmt die Erde. Man könnte sich versucht fühlen, in den Abbildungen 23 und 24 nach „Perioden“ zu suchen, es ist aber richtiger, von Rhythmen zu sprechen, deren Frequenz nicht starr zu sein braucht.

Wenn sich im meteorologischen Geschehen Rhythmen von sich gleichbleibender Frequenz ergeben, dann beginnt sofort die Suche nach der „Ursache“, mit dem Gedanken, daß sie außerhalb der Erde liegen müsse. Recht oft wird geradezu die „Realität“ einer Periode davon abhängig gemacht, daß man die „Ursache“ derselben findet. So kommt die Suche nach Zusammenhängen mit Sonnenflecken, mit Planetenstellungen u. dgl., die unter Umständen am Nächstliegenden vorbeigeht. Wenn eine Stimmgabel ertönt, zweifelt doch auch niemand daran, daß zwar die Energie von außen geliefert wurde, aber die Frequenz von innen bestimmt wird. Hat man ein System, das mehr Freiheitsgrade hat als eine Stimmgabel oder eine Pfeife, dann verringert sich die Präzision der Schwingung; aus dem periodischen Vorgang wird ein rhythmischer, der physikalisch interessanter sein kann als der periodische. Kleine Ursachen können große Wirkungen haben; anstelle der Sicherheit der Vorhersage tritt die Wahrscheinlichkeit einer Angabe über den Vorgang. Das Kausalgesetz ist immer erfüllt, aber wir überschauen die Kausalreihe nur unvollständig.

Die in den Singularitäten zutage tretenden Rhythmen sind nichts anderes als Unterteilungen des jährlichen Ganges der meteorologischen Elemente, der statt eines kontinuierlichen Verlaufs einen quantenhaften, rhythmischen Charakter annimmt. Da aber niemals alle meteorologischen Elemente auf allen Gebieten der Erde zu demselben Zeitpunkte wieder auf den Ausgangswert zurückkommen, müssen sich im Laufe der Jahre ebenso „Singularitäten“ ergeben, die man mit wachsender Anzahl der Jahre als Klimaschwankungen zu bezeichnen pflegt. Hierfür Ursachen nur außerhalb der Erde suchen zu wollen, erscheint mir unnötiges Begehren; die Realität einer „Periode“ deswegen bezweifeln zu wollen, weil sich keine außerterrestrische Ursache dafür ermitteln läßt, wäre ebenso unberechtigt wie etwa die Ablehnung der Realität des rhythmischen Blutkreislaufs, nur deswegen, weil man die eigentliche Ursache nicht kennt.

Bleiben wir bei diesem Beispiele: Wann beginnt bei einem bebrüteten Ei der Herzschlag? Wo liegt die Ursache der Frequenz? Welche Außenkraft verändert den Rhythmus? Wenn wir die Antwort auf diese Fragen auf unser atmosphärisches Problem übertragen, erscheint uns der alte Glaube der Menschen, daß die Klimaschwankungen und -änderungen von außen diktiert sein müßten, nicht mehr haltbar. Wenn man sich doch immer daran erinnern wollte, daß auch die beiden ganz sicher von außen diktierten Rhythmen – der tägliche und der jährliche Gang – dauernd durch die Erde selbst abgewandelt werden. Wie sollte Angesichts einer solchen Variationsbreite eine präzise Antwort der Atmosphäre etwa auf eine Planetenstellung oder eine Schwankung der Sonnenstrahlung zustandekommen? Das Schwergewicht liegt auf dem Worte präzise, denn die Möglichkeit eines planetarischen Einflusses und dgl. soll nicht geleugnet werden, da ja Alles von Allem abhängt. Aber wir können nicht damit rechnen, da das Wetter kein so einfacher Vorgang ist wie etwa die Schwankung der magnetischen Elemente.

Ich habe in allen Untersuchungen über die Singularitäten betont, daß sie nur eine beschränkte prognostische Bedeutung haben können. Wenn man die Parallele derselben zu den Klimaschwankungen gelten läßt, erübrigt sich auch das Suchen nach Perioden, die für die Langfristvorhersage etwa exakte Ergebnisse erwarten ließen. Auch heute müssen wir bekennen: Die Wettervorhersage steht näher bei biologischen als bei astronomischen Prognosen<sup>1)</sup>. Die Singularitäten sind ein Ausdruck bestimmter Vorkommnisse in bestimmten Unterabschnitten des Jahres. Es wäre nicht einzusehen, warum es nicht auch Häufungsstellen für Geschehnisse geben sollte, die erst nach Jahren wieder ungefähr dieselben Voraussetzungen finden werden. Zufall auf durchaus kausaler Grundlage gibt uns ein besseres Verständnis für Wetterrhythmen als die Suche nach „besonderen Ursachen“. An die Stelle der „Konstellationen“, die, wenn überhaupt, sicher durch alle möglichen Dämpfungsvorgänge verzögerte Wirkung haben, setzen wir Kombinationen bestimmter Aktionszentren im weitesten Sinne, die sich aus inneren Gründen nach

<sup>1)</sup> Vgl. Weltall und Wetter, Zeitschrift für angew. Meteorol. 1929, S. 114.

Umlauf bestimmter Zeiten wieder einzustellen pflegen. Diese sind unmittelbar wetterwirksam im Gegensatz zu den Konstellationen.

Diese Auffassung hat auch den großen Vorteil, daß das Vertrauen zu der Unzahl bereits festgestellter „Perioden“ in dem Maße wächst, als man nicht mit der Anerkennung ihrer Realität zurückzuhalten braucht, bis die „Ursache“ aufgedeckt ist. Die inneren Gesetzmäßigkeiten unserer Atmosphäre und der sonstigen Veränderungen der Erdoberfläche, die sich nach Jahren erst auswirken, begegnen, wie mir scheint, einem höheren Interesse als grobmechanische Befehle von Konstellationen.

---