

Deutsches Reich
Reichsamt für Wetterdienst

Wissenschaftliche Abhandlungen
Band II

Nr. 1

Die interdiurne Veränderlichkeit der Temperatur auf der Zugspitze

von

A. Schmauß.

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

Inhaltsverzeichnis.

1. Jährlicher Gang nach Häufigkeiten	3
2. Jährlicher Gang nach Mittelwerten	7
3. Singularitäten	9
4. Rhythmische Folge von größeren Temperaturänderungen	14
5. Kalender der großen interdiurnen Temperaturänderungen	15
6. Säkulare Schwankungen	21
7. Verzeichnis der i. V. der Temperatur auf dem Hohen- peißenberg	23
8. Zusammenfassung der Ergebnisse	25

In einer vorangehenden Bearbeitung von Singularitäten im jährlichen Witterungsverlaufe auf der Zugspitze¹⁾ wurde auch kurz auf die interdiurne Veränderlichkeit der Temperatur (im folgenden abgekürzt i. V.) in dieser Höhe eingegangen, die nun näher untersucht werden soll, insbesondere im Hinblick auf aerologische Fragen und Probleme des täglichen Wetterdienstes.

1. Jährlicher Gang nach Häufigkeiten.

Zunächst wurde eine Grundtabelle angelegt, in der für jeden Monat der Jahre 1901–1933²⁾ die auf ganze Grade abgerundeten (0.6 bis 1.5 gleich 1 gesetzt) Unterschiede der mittleren Temperatur eines Tages zum folgenden eingetragen wurden. Es wurden dann die Häufigkeiten ausgezählt, die in Abbildung 1 isoplethär dargestellt sind. Um sie untereinander vergleichbar zu machen, wurden sie in Promille umgerechnet, wodurch die ungleiche Länge der Monate umgangen wird.

Folgen wir etwa dem Verlaufe der Linie 10, so zeigt sich, daß die ganz großen i. V. ihr Maximum im Winterhalbjahr aufweisen. Das Spiegelbild hierzu ergibt sich im Raume der i. V. von +1 bis –1 Grad, die in den Sommermonaten ihre Höchstwerte erreicht.

Bemerkenswert ist, daß das winterliche sekundäre Maximum der ganz kleinen i. V. unter Null, die Sommermaxima über Null liegen. Zum Teil erklärt sich das aus dem jährlichen Temperaturgange; daß aber auch Wettervorgänge daran beteiligt sind, besagt der Einschnitt im Sommer, der nach dem aus dem jährlichen Temperaturgange verständlichen Anstiege bis zum Mai ein Nachmaximum im September (Altweibersommer), nach dem Ablauf der Monsunlage absondert, und die Tatsache, daß das Wintermaximum der kleinen i. V. nicht in den Monat der tiefsten Temperaturen zu liegen kommt, sondern schon in den Dezember, der oft eine vorübergehende Beruhigung der Atmosphäre nach dem ersten Ansturm des Winters im November bringt, vor den Ereignissen des Hochwinters im Januar und Februar.

Weiteren Aufschluß erhalten wir durch Trennung nach Stufenwerten (Abbildung 2).

Der jahreszeitliche Gang der kleinen Werte zeigt im allgemeinen einen spiegelbildlichen Verlauf für positive und negative Änderungen, der wohl als Ausdruck des Jahresganges der Temperatur verständlich ist. Man bemerkt aber auch hier, daß das Maximum der positiven Änderungen schon im Mai eintritt; dann folgt ein jäher Abbruch im Juni und Juli, der mit dem Sommermonsun zusammenhängt; im August und September, in denen die Mitteltemperatur schon rückgängig ist, ergibt sich dann ein nochmaliger Anstieg der i. V., der sie auf den Sollwert der ungestörten (punktierten) Sommerkurve bringt.

Ganz anders ist der Gang der größeren Temperaturänderungen ab 4 Grad. An Stelle des spiegelbildlichen Verlaufes, den wir bei den kleinen Werten gefunden haben, tritt ein paralleler bei den großen. Die großen interdiurnen Temperaturänderungen sind im wesentlichen ein Ergebnis der Ablösung von Luftkörpern, müssen also in allen Monaten in annähernd gleicher Zahl vertreten sein. Aus der Vorgeschichte von Depressionen, deren Bestandteile die kalten und warmen Luftkörper sind, erklärt es sich, daß im Winter die positiven, im Sommer die negativen interdiurnen Änderungen etwas häufiger sind.

Zur Ergänzung der Abbildung 2, in der wegen der Vergleichbarkeit die Werte in Promille der Gesamtzahl eingetragen wurden, dient Tabelle 1.

1) Bayr. Met. Jahrbuch 1931, Anhang B, S. 17.

2) Der Bereich 1901–1933 wurde mit Rücksicht auf die vorangehende Zugspitzstudie (Bayr. Met. Jahrbuch 1934, Anhang D) gewählt.

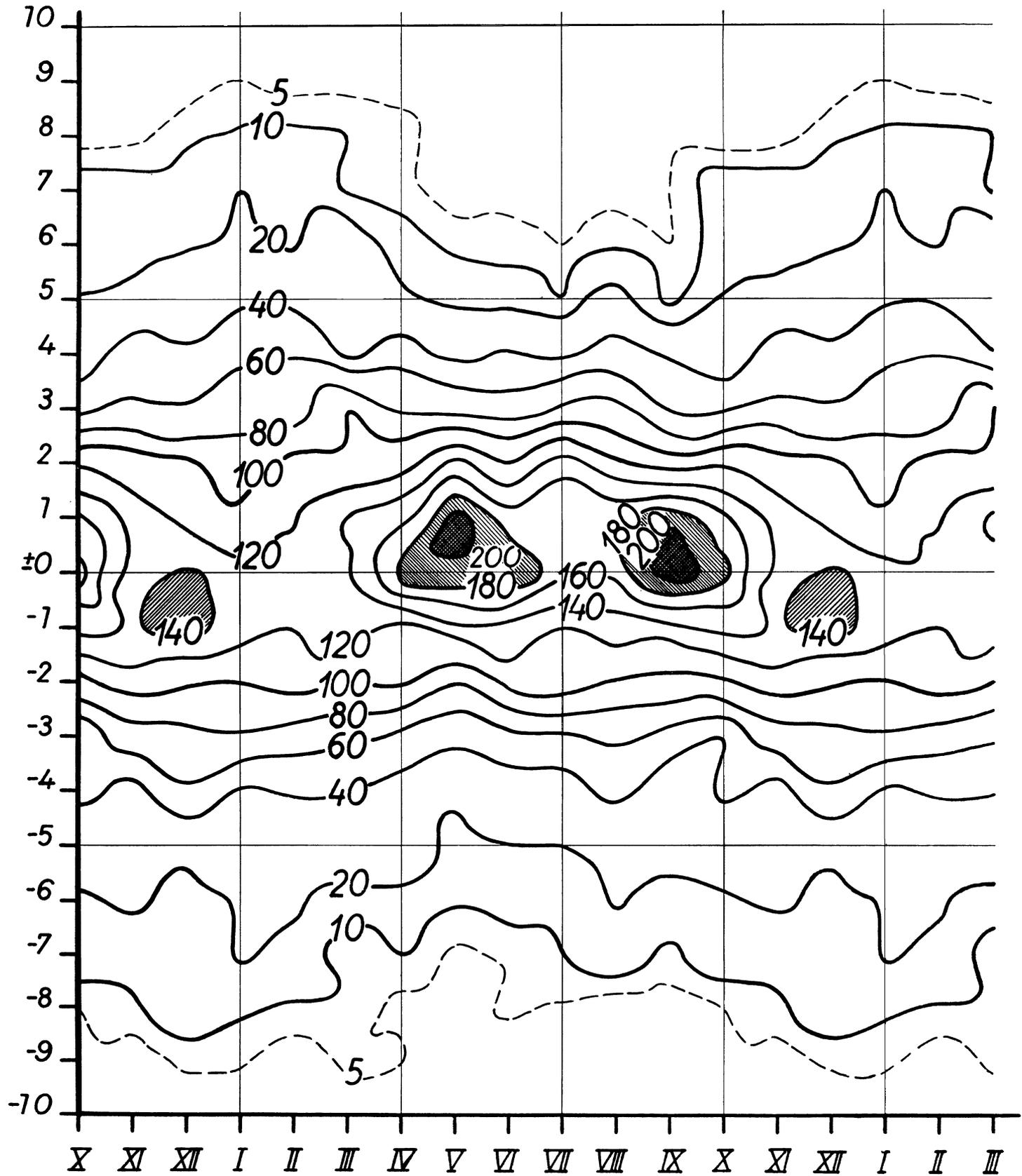


Abb. 1. Isoplethäre Darstellung der Häufigkeit interdiurner Temperaturänderungen auf der Zugspitze von $+10^{\circ}$ bis -10° in Promille.

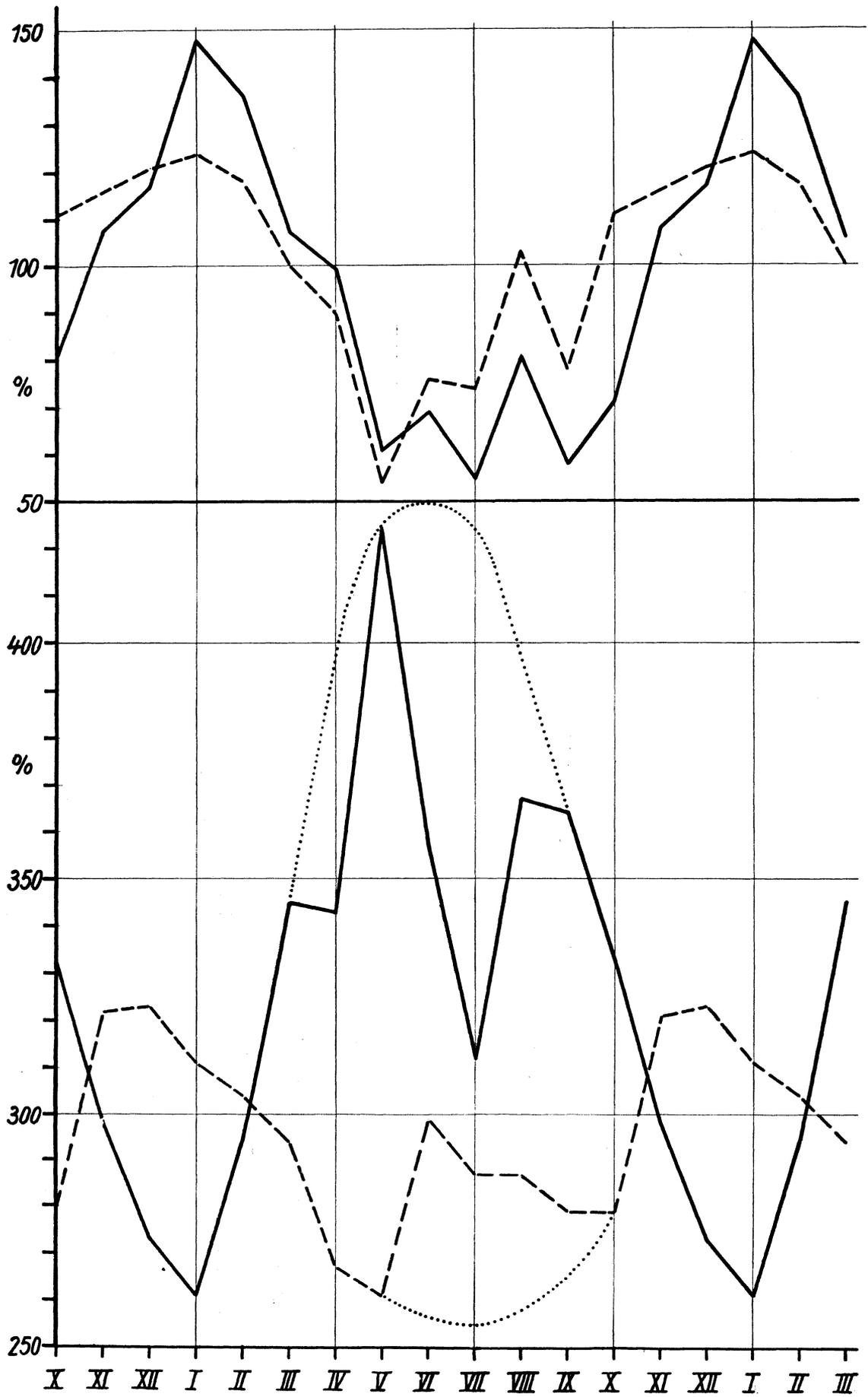


Abb. 2. Jährlicher Gang der Häufigkeit der i. V. der Temperatur auf der Zugspitze
 Beträge von 1–3 Grad (in Promille) unten, von 4 bis 8 Grad oben (positive Änderungen ausgezogen, negative gestrichelt).

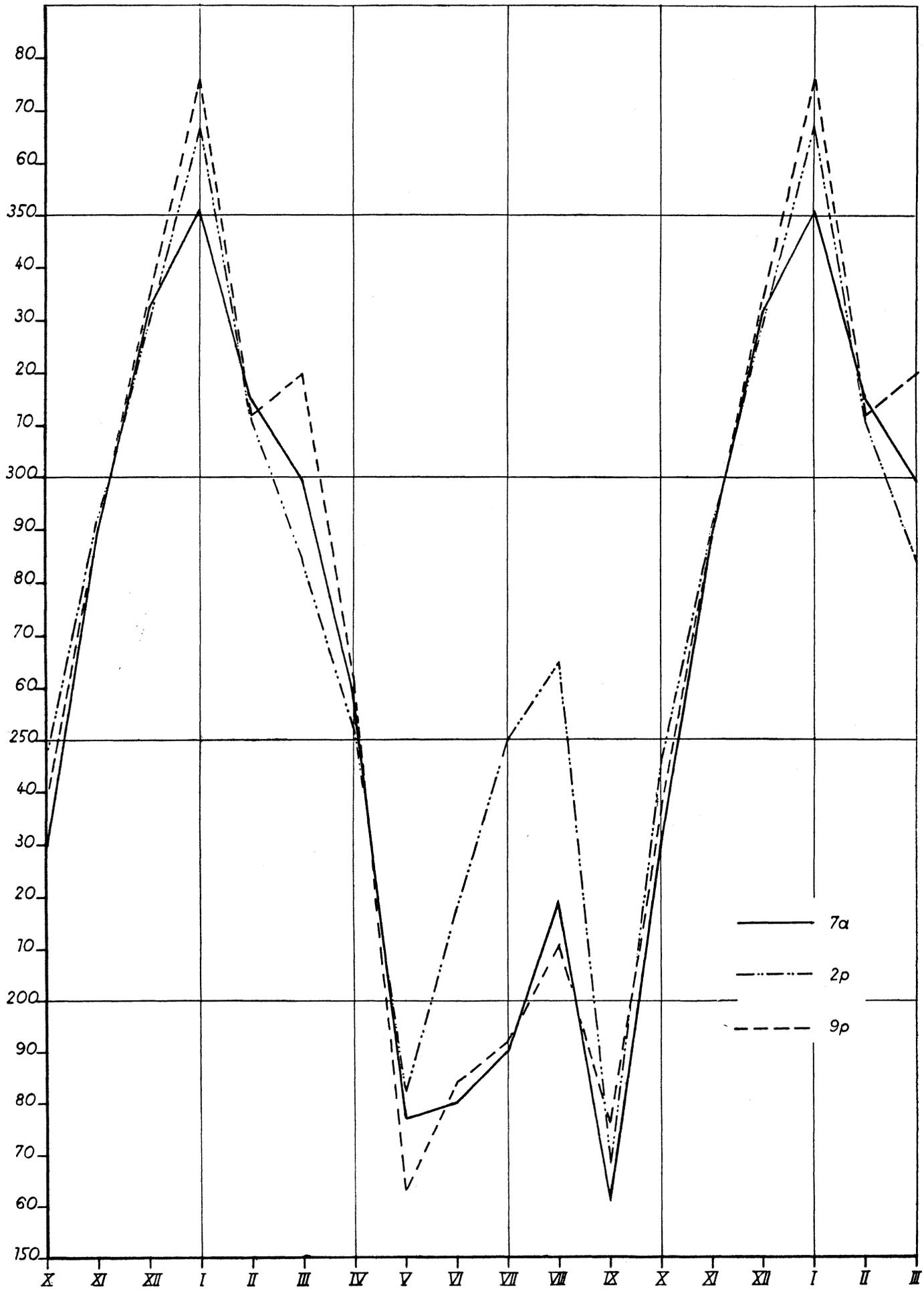


Abb. 3.

Jährlicher Gang der Häufigkeit der i. V. der Temperatur auf der Zugspitze mit Beträgen $> 3.5^\circ$ für die 3 Terminwerte.

Tabelle 1: 1. die mittlere Anzahl positiver und negativer i. V. der Temperatur von mehr als 4 Grad,
2. die mittlere Streuung dieser Werte.

Monat	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1. mittlere Anzahl . . .	9	8	7	6	4	4	4	6	4	6	7	8
2. mittlere Streuung . .	2.4	2.1	3.2	1.8	2.0	1.8	1.9	1.8	1.5	2.7	3.0	2.3

In den Wintermonaten kommt es also im Durchschnitt doppelt so oft vor, daß große i. V. eintreten; die Zahlen sind im eigentlichen Hochwinter verlässiger als in den Randmonaten November und März, die erfahrungsgemäß in den einzelnen Jahren bald dem Winter- bald dem Sommertypus noch oder schon zuzuweisen sind.

Am verlässlichsten erweist sich auch hier der September, den wir aus manchen Untersuchungen als den Interferenzmonat der abklingenden sommerlichen Störungen und der Vorbereitung der herbstlichen Umgruppierung in der Troposphäre kennen. Er besitzt im Durchschnitt die geringste „Wetterhaftigkeit“¹⁾, für die i. V. ein ganz guter Ausdruck ist.

Zerlegung nach den drei Terminen.

Da die vorliegende Untersuchung von dem Gedanken geleitet ist, für die Aerologie verwertbares Material aus den Zugspitzbeobachtungen abzuleiten, erschien es mir wünschenswert, den jahreszeitlichen Gang auch noch für die einzelnen Terminwerte kennen zu lernen. Ich habe daher noch die interdiurnen Temperaturänderungen von mehr als 3.5 Grad (ohne Rücksicht auf das Vorzeichen) für die 3 Termine ausgezählt.

In der Abbildung 3 sind zur Abwechslung die Gesamtzahlen der in den 33 Jahren eingetretenen Fälle mitgeteilt.

Der Abweichung in den beiden Wintermonaten Januar und März kommt kaum eine Bedeutung zu; aber im Sommer ist System darin, daß die 2 p- Werte offenbar gesetzmäßig häufiger sind als die der beiden anderen Termine. Wir gehen wohl nicht fehl in der Deutung, daß darin ein Einfluß wechselnder Bewölkung zum Ausdruck kommt, die, auch wenn keine Änderung des Luftkörpers eingetreten ist, die 2 p-Temperatur im Verhältnis zu den 7 a- und 9 p-Werten stärker herauf- oder herabzusetzen in der Lage ist.

Eine Zusammenstellung der Gesamtzahlen der Abbildung 3 ergibt für die 3 Termine 3001, 3163 und 3056 Fälle, in denen die Temperatur von einem zum anderen Tage sich um mehr als 3.5 Grad geändert hatte. Der Termin des niedrigsten Wertes 7 a, erscheint somit als der beste zur Ermittlung von Häufigkeiten der Luftkörperwechsel. Es trifft sich gut, daß die meisten aerologischen Unternehmungen den Morgenaufstieg als den wichtigsten pflegen.

2. Jährlicher Gang nach Mittelwerten.

Man kann die Auszählung der Häufigkeiten benutzen, um daraus Mittelwerte abzuleiten. Da die Auszählung der Häufigkeiten unter Abrundung auf ganze Grade geschah, werden die Mittel zwar nicht ganz genau sein, aber für manche praktische Fragen doch genügen.

Wie weit die so ermittelten Mittelwerte brauchbar sind, kann aus einem Vergleiche der für einen Unterabschnitt ermittelten Werte mit denen einer genauen Berechnung entnommen werden.

Tabelle 2. Mittlere interdiurne Temperaturschwankungen 1901–1910.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr
a	3.28	2.88	2.56	2.16	1.78	1.70	1.93	2.13	1.69	1.84	2.36	2.60	2.26
b	3.23	2.87	2.66	2.14	1.79	1.67	1.96	2.14	1.71	1.87	2.44	2.63	2.26

¹⁾ G. Castens, Ann. d. Hydr. und Marit. Meteorologie 1935, S. 47.

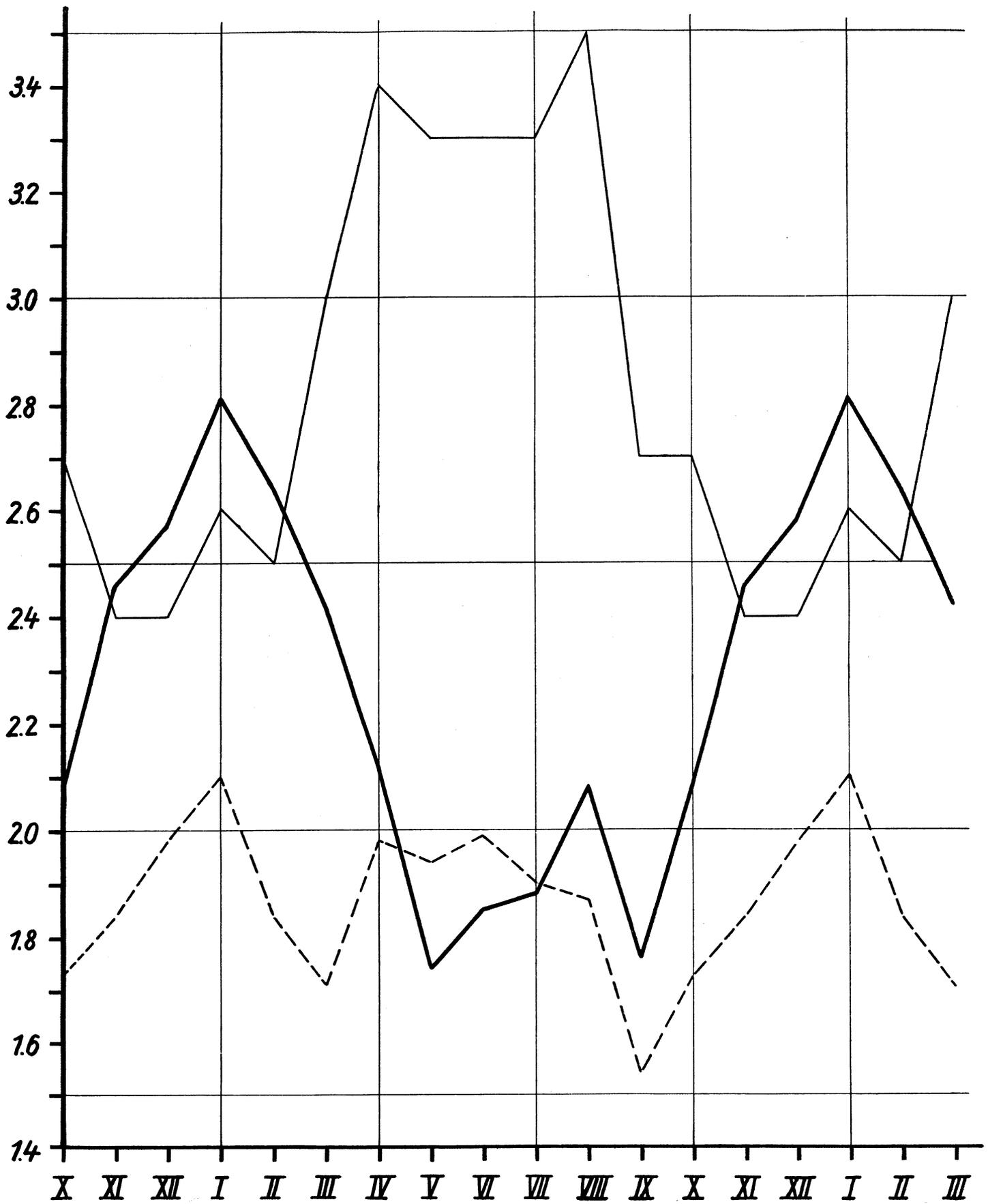


Abb. 4. Jährlicher Gang der i. V. der Temperatur auf der Zugspitze, sowie in Innsbruck und München.
(Stark ausgezogen – Zugspitze, schwach ausgezogen – München, gestrichelt – Innsbruck.)

Unter a sind die aus Häufigkeiten berechneten mittleren interdiurnen Temperaturschwankungen für die Jahre 1901–1910 zusammengestellt mit den Werten b, die A. H u b e r für dieses Jahrzehnt genauer berechnet hatte¹⁾. Mit Ausnahme des März bleibt die Abweichung der Werte a von denen von b unter 0.1 Grad, so daß wir A. S c h o e n r o c k verstehen, wenn er darauf aufmerksam macht, daß wir gelegentlich zu genau beobachten oder rechnen²⁾.

Wir haben in der Tabelle 3 die Werte für den ganzen Zeitraum, aber auch für drei Unterabschnitte berechnet, um zu erkennen, wie weit die i. V. streut, und festzustellen, ob das von A. H u b e r benützte Jahrzehnt etwa besondere Ausnahmewerte erreicht hat. Das ist, wie man sieht, nur für die Monate Januar und Februar der Fall, in geringem Maße auch für den Oktober.

Tabelle 3. Jährlicher Gang der i. V. der Temperatur auf der Zugspitze.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr
1901–1911	3.21	2.92	2.48	2.16	1.73	1.72	1.86	2.03	1.74	1.87	2.40	2.61	2.23
1912–1922	2.59	2.54	2.60	2.14	1.67	1.72	1.88	2.10	1.69	2.00	2.78	2.69	2.20
1923–1933	2.64	2.46	2.17	2.12	1.83	2.14	1.91	2.13	1.86	2.37	2.19	2.43	2.19
1901–1933	2.81	2.64	2.42	2.14	1.74	1.85	1.88	2.08	1.76	2.08	2.46	2.58	2.20

Es trifft sich gut, daß für die Station Innsbruck Mittelwerte der i. V. der Temperatur für die Jahre 1906–1930 vorliegen³⁾; für München habe ich aus den Unterlagen zu einer früheren Arbeit⁴⁾ die Werte für die Jahre 1901–1930 berechnet. Über den Verlauf berichtet Abbildung 4.

Bemerkenswert ist:

- Der im allgemeinen spiegelbildliche Verlauf von München und Zugspitze, doch hat München im Monat des Hauptmaximums der Zugspitze, die Zugspitze im Monat des Hauptmaximums von München (Januar bzw. August) ein sekundäres Maximum.
- Für die winterlichen Störungen besitzt München eine Dämpfung gegenüber der Zugspitze (Bodeneinflüsse), im Sommer erweist sich der Temperaturverlauf in der Höhe gewaltig gedämpft, da sie an den Erwärmungen der Ebene nur mit wachsendem Temperaturgradienten teilnimmt.
- Die i. V. von Innsbruck geht im Winter parallel mit der von der Zugspitze, aber stark gedämpft; im Sommer zeigt sich eine Übereinstimmung mit dem Gange in München, aber ebenfalls stark gedämpft.
- Soweit die i. V. der Temperatur ein Ausdruck für den Klimareiz ist, muß das Klima von Innsbruck als ein Schonklima bezeichnet werden; die hohen Gebirge lassen gar manche Störung, von der München und die Zugspitze voll erfaßt werden, in Innsbruck nur schwach zur Wirkung gelangen. Wir wissen aber aus den Innsbrucker Föhnstudien, daß sich für Innsbruck eine außerordentliche Abwechslung der Temperatur innerhalb kürzerer Zeit ergibt, für einzelne Stunden des Tages, insbesondere im Winter, wenn der Föhn plötzlich von oben herabgreift, um nach kurzer Zeit das Feld wieder zu räumen vor den von der Seite her zusammenschlagenden kälteren Luftmassen. Die Tagesmittel sind daher weniger variabel als die Stundenmittel; erstere werden von den Luftkörpern bestimmt, die sich im Gefolge atmosphärischer Störungen ablösen, letztere von den lokalen Zirkulationen.

3. Singularitäten.

a) Aus Mittelwerten.

Die genaueren Daten der Umkehrpunkte im jahreszeitlichen Gange erfahren wir, wenn wir fortlaufende fünftägige Mittel bilden. Hierüber unterrichtet Abbildung 5, in der wir zum Vergleiche die fünftägigen Mittel von München aus einer früheren Arbeit⁵⁾ beigefügt haben. Der Einheitlichkeit wegen wurden nur die auf Zehntel Grade abgerundeten Werte übertragen, wodurch manche Spitzen abgeschragt erscheinen.

¹⁾ Bayr. Met. Jahrbuch 1913, Anhang L, S. 30.

²⁾ A. S c h o e n r o c k, Met. Zeitschr. 1935, S. 261.

³⁾ E. E k h a r t, Klima von Innsbruck, Ber. Naturw.-Medizin. Verein, Innsbruck 1931–34, S. 247.

⁴⁾ Bayr. Met. Jahrbuch 1932, Anhang B.

⁵⁾ Bayr. Met. Jahrbuch 1932, Anhang B, S. 4.

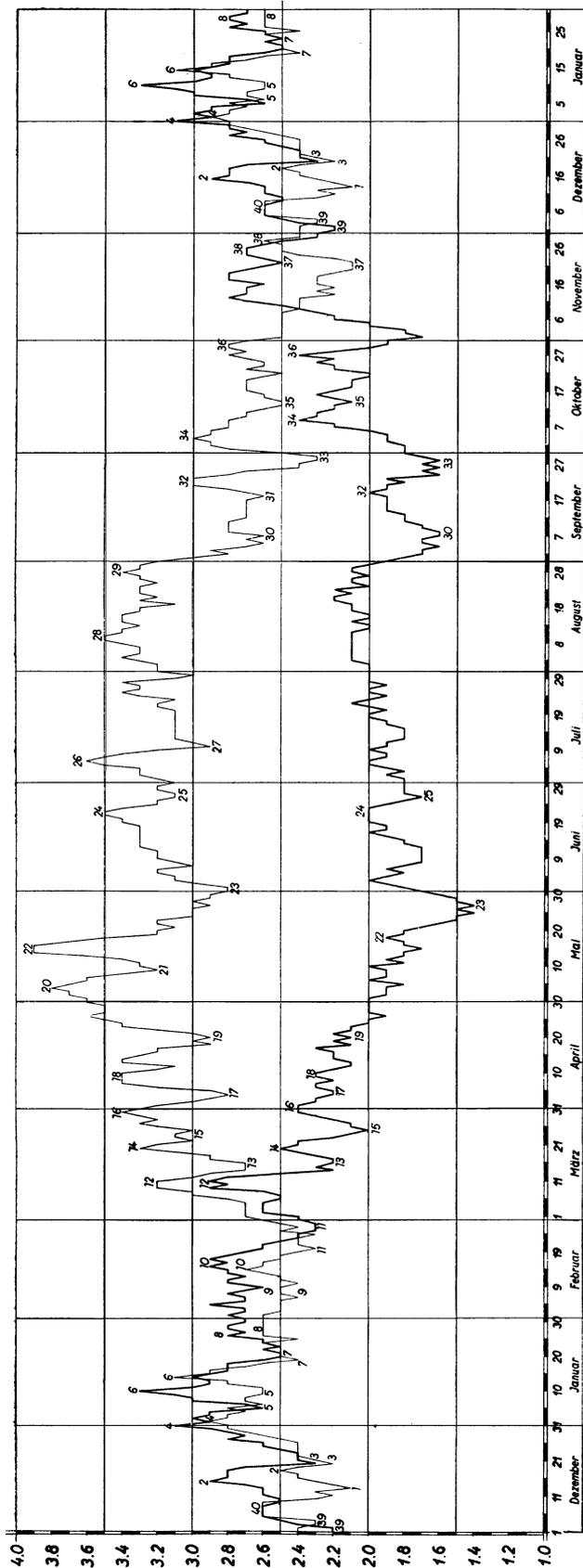


Abb. 5. Fortlaufende Pentadenmittel der i. V. der Temperatur auf der Zugspitze (stark ausgezogen) in den Jahren 1901—1933 und in München (schwach ausgezogen) in den Jahren 1881—1930.

Darnach fällt das Hauptmaximum in der Höhe auf den 10. Januar, das Hauptminimum auf den 25. bzw. 27. Mai. Das Datum des sekundären Maximums ist 20. bis 25. August; sekundäre Minima (Punkt 30 und 33) finden wir am 4. bis 8. September und am 24. bis 28. September; auch in dieser Verbindung ist die besondere Stellung des Septembers erkennbar.

In München tritt das Hauptmaximum in den Tagen vom 14. bis 16. Mai ein, rund 10 Tage vor dem Hauptminimum auf der Zugspitze. Gemeinsam ist in beiden Diagrammen der Gang im Winter; das Hauptminimum in München, das am 20. bis 22. November und nochmal am 13. Dezember eintritt, ist für die Zugspitze nur eine singuläre Stelle, dagegen ist das sekundäre Maximum von München am 14. Januar nur 4 Tage von dem Hauptmaximum der Zugspitze entfernt.

Die beiden übereinandergestellten Diagramme lassen einzelne Abschnitte des Jahres erkennen:

1. Den Winter, zu dem die Vorgänge vom 1. bis 27. November überleiten; das Charakteristikum ist der im wesentlichen parallele Gang der i. V. in München und auf der Zugspitze, deren Temperaturerleben in diesen Monaten überwiegend von dem Wechsel der Luftkörper bestimmt wird. Soweit Strahlungsvorgänge mitsprechen, bringen sie unten und oben große i. V., denn je kälter es unten wird, desto wärmer wird es oben.
2. Die Zeit des starken Temperaturanstieges bis Ende Mai in einem überwiegend kontinentalen Witterungsabschnitt. Die rasche Erwärmung der unteren Schichten wird nur langsam auf die höheren übertragen; die Zunahme des Temperaturgradienten bringt es mit sich, daß man zwar nicht sagen kann: Je wärmer unten, desto kälter oben, aber doch den entgegengesetzten Verlauf der beiden i. V. in ihrer absoluten Größe versteht. Man bemerkt den großen Unterschied auch in den Amplituden der gemeinsam erfolgenden Temperaturänderungen; während sie im Winter ziemlich gleich sind, sind die Schwingungen in diesem Abschnitte oben gedämpft.
3. Die sommerliche Monsunzeit mit ihren oft beschriebenen Vorgängen; das mittlere Niveau der i. V. in der Ebene liegt tiefer, das der höheren Luftschichten höher als im Frühling — ozeanischer Einfluß.
4. Die Übergangszeit im Herbst; es dringen die Strahlungseinflüsse in dem Maße durch, als die ozeanischen zurücktreten.

Da alle diese Vorgänge aber nicht kontinuierlich sondern quantenhaft verlaufen und immer wieder Rückschläge in das eine oder anderen System dazwischengeschaltet werden, treten Wiederholungen

der jahreszeitlichen Vorgänge im kleinen auf, die uns durch die Singularitäten zum Bewußtsein gebracht werden. Wer die großen Abschnitte der Witterungsgeschichte unserer Breiten anerkennt, sollte daher auch die kleineren Unterabschnitte nicht als Zufälligkeiten abtun; neben den zufälligen Ablösungen der einzelnen Luftkörper gibt es kalendermäßig gebundene, die nicht durch Mittelbildung über 33 Jahre eliminiert werden.

Daß fast alle wichtigeren Singularitäten der Münchener Veranlagung, von der die Bezifferung übernommen wurde, auch im Zugspitzdiagramme wiedergefunden werden, ist beachtlich, weil

1. Die Münchener Reihe zur Hälfte andere Jahre umgreift als die der Zugspitze; wenn es sich um Zufälle handeln würde, könnten sie sich nicht so gut zusammenfinden.
2. Die Münchener Reihe gibt Aufschluß über das Verhalten der Temperatur an einem Terminwerte (2p), die der Zugspitze über das Verhalten der i. V. der Tagesmittel. Ein Wert, bei dem Zufälligkeiten eine größere Rolle spielen müssen (2p), ist also einem Werte gegenübergestellt, der die aperiodischen Schwankungen nur gedämpft enthält. Wenn trotzdem die Singularitäten so zusammenstimmen, weist das auf Gemeinsames, nämlich Luftkörper hin.
3. Der Gang der i. V. der Temperatur auf der Zugspitze in den Sommermonaten ist im Ganzen spiegelbildlich zu dem von München; trotzdem sind die aufgesetzten Singularitäten gemeinsam.

Wer sich in die beiden Diagramme eingelesen hat, wird zugeben, daß keine Phantasie oder Willkür dazu gehört, einander entsprechende Punkte herauszufinden. Ich habe mir übrigens noch eine weitere, persönliche Sicherung verschafft, indem ich die i. V.-Listen einiger Monate zerschnitt und die Zahlen, ganz wie es der Zufall fügte, in neue Listen übertrug und nun alle Rechenaufgaben an ihnen übte, die ich sonst an dem Ausgangsmaterial erledigte. Auch solche „Pentadenmittel“ zeigten ein Auf und Ab, zeigten Berge und Täler, aber sie waren ohne Bezug zu den Singularitäten von München. In nun mehrjähriger Beschäftigung mit dieser Frage habe ich die Überzeugung gewonnen, daß jede größere Änderung der Temperatur auf Vorgängen beruht, für die es einen kollektiven Kalender gibt. Jeder Meeresteil, jedes Gebirge, jede Ebene u. dgl. löst Vorgänge aus, die nicht zu irgend einem Zeitpunkte eingeleitet werden, sondern zu bestimmten Zeitpunkten fällig sind.

In einer vor kurzem erschienenen Untersuchung von M. Bider¹⁾ über den Jahresgang der Niederschlagsverhältnisse in Basel sind weitgehende Übereinstimmungen von Singularitäten im meteorologischen Verhalten entfernter Orte nachgewiesen worden, zum Teil ebenfalls aus nicht gleichzeitigen Reihen abgeleitet, so daß auch M. Bider meiner Anschauung von der „Realität“ der Singularitäten beipflichtet. Ähnlich ist auch die Einstellung von H. Springstube²⁾. Ich verweise ferner auf die Arbeiten von H. Müller³⁾. Auch C. Kabner pflichtet diesen Gedankengängen bei, wie er mir kürzlich unter Hinweis auf eigene Arbeiten mitteilte⁴⁾. Weitere Literaturangaben bei G. Riedel, Singularitäten des Davoser Klimas (Wiss. Abhandl. des Reichsamts für Wetterdienst Band I Nr. 5).

b) Aus Häufigkeiten.

Zuerst habe ich die Tage ermittelt, an denen eine Änderung der Morgentemperatur von mehr als 3.5 Grad eingetreten war; es zeigte sich aber, daß diese Schwelle noch nicht das Eintreffen eines neuen Luftkörpers zu bedeuten braucht. Es wurde daher die Veranlagung für Temperaturänderungen von mehr als 5.5 Grad durchgeführt, wobei die Temperaturänderung vom n. ten zum (n+1). ten Tag dem n. ten zugeschrieben wurde, der mit 17 Stunden daran beteiligt sein konnte. Es war nötig, einheitlich vorzugehen, wenn es auch in einzelnen Fällen vorgekommen ist, daß der Hauptstoß des Temperaturrückganges erst nach Mitternacht eintrat.

¹⁾ M. Bider, Naturforschende Gesellschaft in Basel, Band 46, S. 122, 1935.

²⁾ H. Springstube, Singularitäten im jährlichen Witterungsverlaufe von Aachen. Deutsches Met. Jahrbuch Aachen 1933.

³⁾ H. Müller, Ann. der Hydr. u. Marit. Met. 1935, S. 305 und 466.

⁴⁾ C. Kabner, Landwirtschaftl. Jahrbuch 1929, S. 429—451 und „Über die Niederschläge in Sofia“, Sofia 1935.

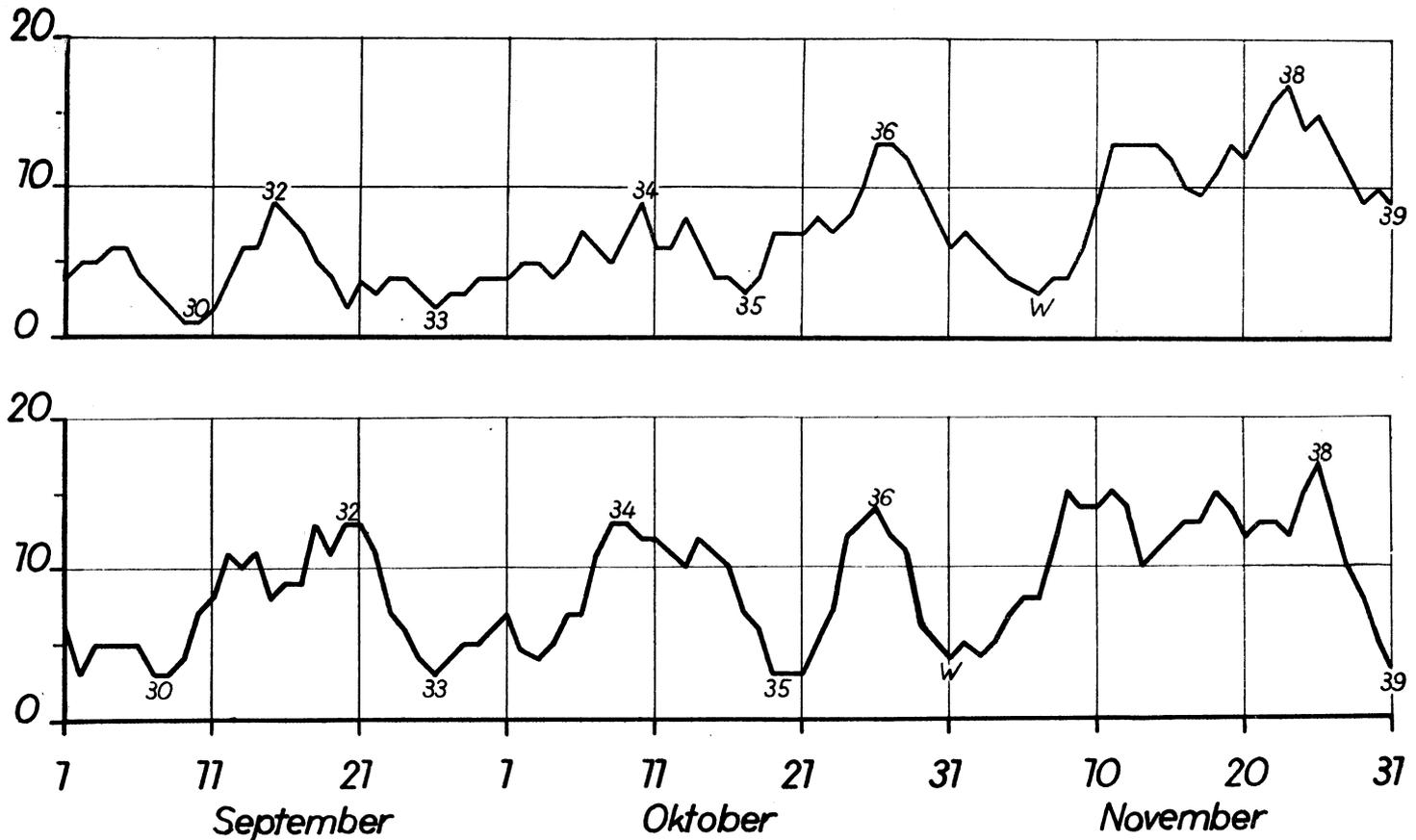


Abb. 6. Fortlaufende Pentadensummen der Häufigkeit des Auftretens einer i. V. von mehr als 5.5 Grad, für negative Temperaturänderungen unten, für positive oben.

Die Häufigkeit des Auftretens großer interdiurner Temperaturänderungen war an den einzelnen Monatstagen recht verschieden. Um von den zufälligen Unterschieden freier zu werden, wurden wieder fortlaufende Summen gebildet, die fast alle Singularitäten erkennen ließen, die wir in Abbildung 5 erhalten hatten. Es erübrigt sich daher den ganzen Jahresverlauf beizugeben, und genügt, an Hand der Abbildung 6 einige Bemerkungen hierzu zu machen.

Die Bezifferungen entsprechen denen der Abbildung 5, in der positive und negative i. V. zusammengekommen waren. Aus der Tatsache, daß auch in den beiden Teildiagrammen fast alle Singularitäten ohne Zwang wieder aufzufinden waren, ersehen wir den inneren Zusammenhang — die Kohärenz der Warm- und Kaltluftkörper, die sich zu H und T vergesellschaftet finden. Bald geht eine Ziffer des oberen, bald eine des unteren Diagrammes voran: Die Erwärmung in der Höhe nach einem Kälteeinbruch ist oft schon der Anfang des nächsten Tiefs.

Der Punkt W, der im Münchener Diagramm kein Gegenstück hat, ist der aus früheren Untersuchungen bekannte Wintereinbruch in Zugspitzhöhe: Er beginnt mit einer advectiven Erwärmung auf der Vorderseite eines großen Tiefs; es folgt die Kaltluft der Rückseite, die in der darauffolgenden Schrumpfung dynamisch erwärmt wird.

c) Kalender der Singularitäten.

Es liegt in der Berechnung fortlaufender Pentadensummen, daß die Eintrittszeiten der Extreme gelegentlich verschoben sein können. Da sich aber das Bedürfnis einstellen kann, die Zugspitz-Ergebnisse mit denen anderer Hochstationen zu vergleichen, werden in Tabelle 4 die Maxima der Auszählung unmittelbar mitgeteilt. Es sind dort die Häufigkeiten des Eintretens von interdiurnen Temperaturänderungen $> 5.5^\circ$ eingetragen, soweit sie das Doppelte der mittleren Anzahl des betreffenden Monats (m) erreicht oder überschritten haben, und zwar unter + die Zahlen für Temperaturanstiege, unter - die für Temperaturrückgänge vom angegebenen Ausmaße.

Tabelle 4. Häufigkeitsmaxima von i. V. der Temperatur auf der Zugspitze von mehr als 5.5°.

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	m	
Januar	+	5	5	6	6	5	5	5	2.6
	-	5	6	2.5
Februar	+	.	.	.	.	5	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.7
	-	5	8	2.5
März	+	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	2.0
	-	.	.	.	.	.	4	.	4	.	.	.	.	.	.	4	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	2.2
April	+	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.7
	-	4	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.9
Mai	+	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.8
	-	4	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.0
Juni	+	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.4
	-	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.2
Juli	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.5
	-	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	1.3
August	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	0.9
	-	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	5	1.7
September	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0.8
	-	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	3	3	.	.	.	.	3	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1.4
Oktober	+	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	3	3	.	.	.	.	4	3	3	.	.	.	1.4
	-	4	5	1.6
November	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	4	.	.	.	.	.	.	.	4	4	4	.	.	.	.	.	.	.	.	1.9
	-	4	5	4	.	.	5	2.2
Dezember	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	7	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2.4
	-	6	7	.	.	6	2.8

Daß Gesetzmäßigkeiten dahinter stecken, ersieht man aus dem Äußeren der Tabelle. Man bemerkt, daß oben die rechte, unten die linke Ecke wenig mit Zahlen besetzt sind, daß also die Mehrzahl der Fälle auf einem von links oben nach rechts unten streichenden Bande angeordnet erscheinen.

Die Häufungsstellen größerer interdiurner Temperaturänderungen treten also gruppenweise auf; dazwischen liegen entsprechende Verarmungsbereiche.

Es lassen sich 11 oder 12 Zyklen herauslesen, die je zwei Abschnitte aufweisen: einen aktiven A, in dem es sich öfter ereignet, daß i. V. von mehr als 5.5° eintreten, und einen ruhigen R, der davon frei bleibt. Wir erhalten auf diese Weise eine „natürliche“ Jahreseinteilung.

Tabelle 5. Übersicht über die natürlichen Abschnitte des Jahres.

Zyklus	Jahrestage	Kalender	A	R	S
1	313—342	9. 11.— 8. 12.	17	12	29
2 und 3	343—035	9. 12.— 4. 2.	?	?	58
4	36— 60	5. 2.— 1. 3.	12	12	24
5	61— 89	2. 3.—30. 3.	14	24	38
6	90—120	31. 3.—30. 4.	18	12	30
7	121—156	1. 5.— 5. 6.	20	15	35
8	157—186	6. 6.— 5. 7.	15	14	29
9	187—226	6. 7.—14. 8.	17	22	39
10	227—254	15. 8.—11. 9.	15	12	27
11	255—280	12. 9.— 7. 10.	8	17	25
12	281—312	8. 10.— 8. 11.	20	11	31

Wir beginnen die „natürliche“ Jahreseinteilung mit dem 9. November; um diese Zeit setzt, wie wir schon früher gefunden haben¹⁾, auf der Zugspitze der Winter mit Macht ein. Im mittleren jährlichen Temperaturgang hatte sich der 6. November für dieses Ereignis ergeben²⁾. Nach einem ersten Einsatz folgt eine Ruhezeit vom 27. November bis 8. Dezember; am 9. Dezember beginnt dann der Hochwinter, in dem offensichtlich zwei Zyklen sich überschneiden, so daß ein R fehlt.

Alle folgenden Zyklen sind ganz ungezwungen herauszulesen; ihre Gesamtdauer S schwankt zwischen 24 und 38 Tagen.

4. Rhythmische Folge von größeren Temperaturänderungen.

Man weiß durch die Untersuchungen von A. Defant, L. Weickmann und anderen, daß im Wettergeschehen sich wellenartige Vorgänge einstellen. Ich habe daher eine Statistik darüber angelegt, nach wieviel Tagen auf eine größere interdiurne Schwankung der Temperatur weitere folgten. Für positive Temperaturänderungen von einem zum nächsten Tage wurden Werte von mehr als 4.5 Grad gewählt, für negative solche von mehr als 5.5 Grad. Die Veranlagung wurde jeweils bis zum 40. Tage durchgeführt.

Wir wollen das Vorgehen an einem Beispiel erläutern. Angenommen in einem Monat stellte sich an den in der Tabelle durch + kenntlich gemachten Tagen eine Temperaturänderung von mehr als 4.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
			+							+			+							+						+					+

(5.5) von diesem bis zum nächsten ein, so wurden für die Statistik die Intervalle

7, 10, 16, 22 und 27 Tage

3, 9, 15 und 20 Tage

6, 12 und 17 Tage

6 und 11 Tage

5 Tage

vorgemerkt, so daß also jeder Wert mehrmals diente.

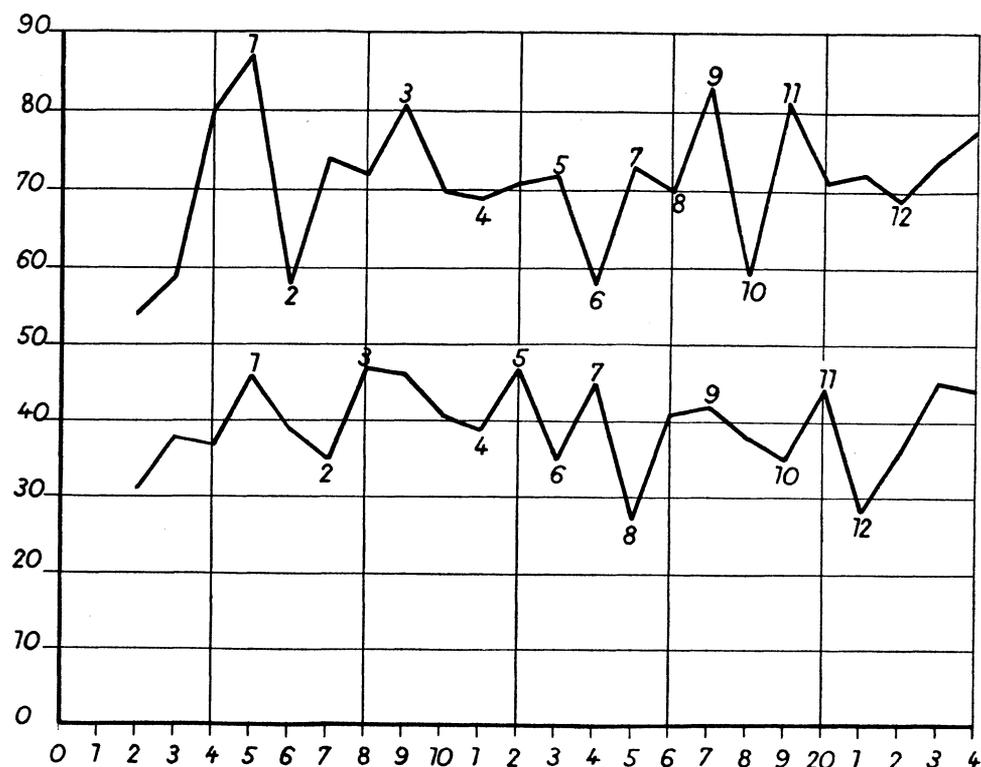


Abb. 7. Häufigkeiten der Intervalle, in denen sich Temperaturrückgänge von > 5.5 Grad (unten) und Temperaturanstiege von > 4.5 Grad (oben) folgten.

1) Bayr. Met. Jahrbuch 1934, Anhang D.

2) Bayr. Met. Jahrbuch 1930, Anhang B.

Die Veranlagung wurde für die einzelnen Monate getrennt durchgeführt. Es zeigte sich, daß die Wintermonate etwas andere Rhythmen haben als die Sommermonate; es ist aber nicht soviel dabei herausgekommen, daß die Wiedergabe lohnte, so daß ich mich auf die Mitteilung der Jahressummen bis zu 24 Tagen beschränken möchte (Abbildung 7).

Die Diagramme lassen erkennen: Es gibt Häufungsstellen bei 5 Tagen, dann bei 8–9 Tagen, bei 12 und 13 bzw. 14 und 15 Tagen; auch bei 17 Tage liegt ein gemeinsamer Scheitel.

5. Kalender der großen interdiurnen Temperaturänderungen.

Bei der Veranlagung der größeren interdiurnen Temperaturänderungen fiel mir auf, daß recht häufig in aufeinanderfolgenden Jahren derselbe oder ein benachbarter Tag des Jahres belegt wurde.

Als das beste Beispiel der 33 Jahre möchte ich die Jahre 1905 und 1906 anführen. Im Jahre 1905 gab es 32, im Jahre 1906 34 Tage, an denen die positive i. V. den Betrag von 4.5° überschritt. In der folgenden Tabelle sind die Tage herausgezogen, die als zusammengehörig erscheinen.

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septemb.	Oktober	Novemb.	Dezember
2., 2.	14., 16.	9., 11.	25., 25.	—	—	15., 15.	—	—	—	23., 25.	7., 7.
10., 12.	—	13., 13.	—	—	—	—	—	—	—	—	12., 12.
—	—	15., 15.	—	—	—	—	—	—	—	—	31., 31.
—	—	20., 20.	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	30., 31.	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Man sieht: 9mal trat am selben Tage eine Warmluft an, 1mal war ein Tag, 4mal waren zwei Tage Unterschied. Es sind also 14 gemeinsame Fälle zu verzeichnen, die umso höher zu bewerten sind, als davon mehrere in einem Monat vorkamen, 5 Fälle im März, 3 Fälle im Dezember.

Auch zum Jahre 1907 hin bestanden ähnliche Bindungen: Von den 27 Fällen, in denen in diesem Jahre ein interdiurner Temperaturanstieg von mehr als 4.5 Grad zu verzeichnen war, fielen 15 teils genau auf ein Datum der Jahre 1905 oder 1906, teils war der Abstand nur 1 bis 2 Tage.

Von den 14 Terminen, die die Jahre 1905 und 1906 gemeinsam hatten, übernahm 1907 noch 7, die also in 3 aufeinanderfolgenden Jahren belegt wurden. Hier noch an Zufall zu denken, fällt schwer; es drängt sich im Gegenteil der Eindruck auf, daß es kalendermäßig bestimmte Vorgänge gibt, die in den angegebenen Jahren „zufällig“ weniger gestört wurden als in anderen. Ich betrachte also die Störungen als das Zufällige und nicht die Übereinstimmung.

Wie ich an anderer Stelle einmal ausführlich auseinandergesetzt habe¹⁾, sind mir solche Feststellungen ein Hinweis darauf, daß viele Vorgänge in unserer Atmosphäre einer Eigengesetzlichkeit entspringen und nicht „von außen“ (Sonnenflecken usw.) diktiert werden. Daß sie gruppenweise in aufeinanderfolgenden Jahren auftreten und dann „mutieren“, kann im Zusammenhang stehen mit periodischen Strömungen im Meere²⁾.

Daß solche Folgen in aufeinanderfolgenden Jahren öfter vorkommen, ist aus Abbildung 8 zu erkennen, in der jedes Vorkommen einer Temperaturerhöhung von mehr als 4.5 Grad durch einen vertikalen Strich vermerkt ist.

Da, wie wir aus Abbildung 2 wissen, große i. V. im Winter häufiger sind als im Sommer, ist natürlich auch die Anzahl der Doppelfälle von der Jahreszeit abhängig. Sie ist aber auch unter Berücksichtigung des jahreszeitlichen Ganges im Winter größer, wie die Tabelle 6 lehrt.

Tabelle 6. Übersicht über die Anzahl von Doppelfällen einer i. V. der Temperatur von mehr als 4.5° .

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr
a)	119	113	104	76	46	39	34	62	43	66	91	115	908
b)	13	14	14	7	4	2	1	1	1	4	4	13	78

1) „Weltall und Wetter“ in der Zeitschrift für angew. Meteorologie 1929, S. 114.

2) Vgl. z. B. O. Pettersson, Göteborgs K. Vetenskaps- och Vitterhets-Samhälles Handlingar, V, Ser B, Bd. 4, No. 6, 1934.

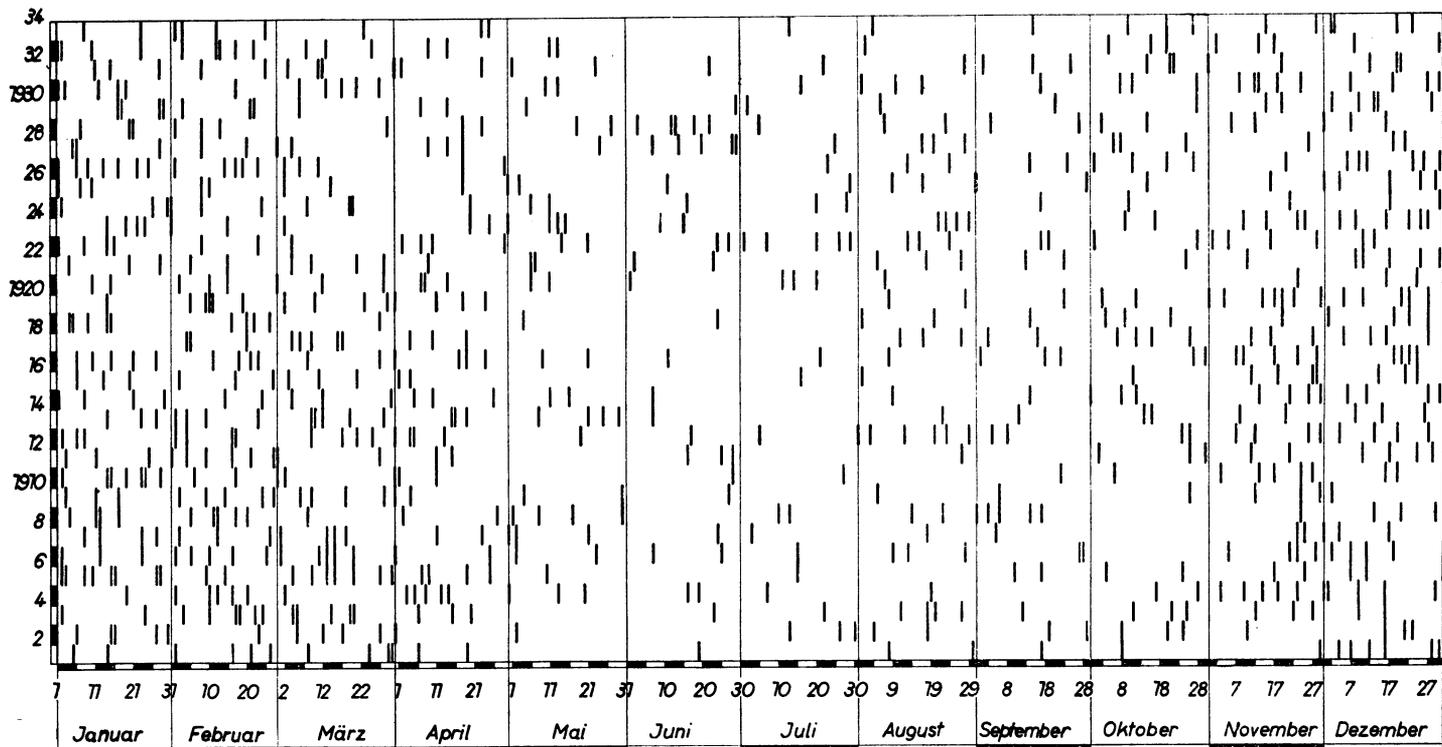


Abb. 8. Interdiurne positive Temperaturveränderungen (7a) von mehr als 4.5 Grad 1901–1933.

Unter a ist die für die einzelnen Monate ermittelte Gesamtzahl der Fälle eingetragen, in denen die i. V. den Wert 4.5 Grad überschritt, unter b sind die Fälle vermerkt, in denen das in zwei aufeinanderfolgenden Jahren an demselben Tage der Fall war. Den wenig auseinanderliegenden Summen der Monate IV, VIII und X entsprachen 7, 1 und 4 Doppelfälle, die den Jahresgang der Doppelbelegung gut erkennen lassen. Wir wissen es auch aus anderen Erscheinungen (Spiegelungspunkte, Wellen), daß die Atmosphäre im Winter präziser arbeitet.

Auch wenn wir den Kreis der Veranlagung noch enger ziehen und nur die Tage anmerken, an denen i. V. den Wert 5.5 Grad überschritt, verbleiben noch genügend Doppelfälle. 554mal trat eine positive, 684mal eine negative i. V. > 5.5 Grad ein, davon waren 31 bzw. 49 Doppelfälle. Sie verteilten sich auf

	+	Folgen	-	Folgen
Oktober bis März	398	24	419	30
April bis September	156	7	265	19

Daß der Winter ein festeres Gefüge der einzelnen Tagen zukommenden Vorgänge aufweist, zeigt auch die Tatsache, daß wir in der Zeit vom November bis April dasselbe Datum in 3 aufeinanderfolgenden Jahren 6mal, in 4 Jahren noch 2mal antreffen¹⁾ dagegen nie im Sommer.

Wohl die eindrucksvollste Häufung findet sich am 16. Dezember, der neben der 4-jährigen Folge von 1901–1904 noch weitere 5mal einen Temperaturanstieg von mehr als 4.5 Grad erlebte. Nehmen wir noch den 17. und 18. Dezember dazu, dann vereinigen diese Tage insgesamt 19 Fälle; erweitern wir den Geltungsbereich auf die Pentade vom 16.–20. Dezember, so ergeben sich in den 33 Jahren 27 Wärmavorstöße von dem angegebenen Ausmaße. Das kollektive Datum 18. Dezember ± 2 Tage kann also bereits prognostische Bedeutung beanspruchen! Natürlich nicht in dem Sinne, daß man sagen dürfte: Am 18. Dezember ± 2 Tage stellt sich ein Wärmavorstoß ein, sondern: Für den 18. Dezember ± 2 Tage besteht eine bemerkenswerte Tendenz zum Eintreffen eines neuen warmen Luftkörpers.

¹⁾ Auf ein Beispiel aus der neuesten Zeit macht der Wetterbericht der Deutschen Seewarte vom 10. Februar 1936 aufmerksam: „Auch in diesem Jahre erfolgte wieder am Ende der ersten Februardekade ein kräftiger Kaltlufteinbruch. Dieser Zeitpunkt scheint für Kaltlufteinbrüche nach Deutschland bevorzugt zu sein. Es sei nur erwähnt, daß die starke Kältewelle, die 1929 Deutschland Temperaturen bis zu -30° brachte, am 10. Februar nach Mitteleuropa vorstieß; daß in Hamburg im Winter 1930/31 der kälteste Tag auf den 9. Februar fiel, und daß auch vom 9. zum 10. Februar 1932 die Temperatur in Hamburg um 5° sank.“

Daß diese Deutung richtig ist, lehren Erfahrungen aus anderen Gebieten, z. B. die Feststellung von A. Dieckmann in seiner Monographie über Schneeklemmen¹⁾, in der u. a. über die Tatsache berichtet wird, daß in der letzten Dezemberdekade recht häufig eine starke Verminderung der Schneedecke eintreten pflegt. Die dort für Württemberg nachgewiesene Erscheinung kann auch für Bayern bestätigt werden. Mit der Zunahme des Wintersportes ist man in weiteren Kreisen auf die den Meteorologen schon geläufige „Weihnachtsdepression“ aufmerksam geworden, die sich auch 1935 wieder pünktlich eingestellt hat.

Es wäre aber unrecht, wollten wir nur den Rekordwerten Beachtung schenken: Für die darin zum Ausdruck kommende Gesetzmäßigkeit sind auch weniger hervortretende Häufungen beachtlich. Wir teilen daher die für die einzelnen Tage ermittelten fortlaufenden Pentadensummen der Anzahl positiver i. V. $> 4.5^{\circ}$ mit.

Tabelle 7. Fortlaufende Pentadensummen der Häufigkeit positiver i. V. von mehr als 4.5° .

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Januar	26	22	23	23	18	20	19	21	19	21	17	22	24	23	24	23	20	16	16	13	18	17	16	14	17	17	16	16	18	21	19	
Februar	21	23	25	18	14	16	17	18	20	25	21	20	17	20	23	21	23	21	17	20	22	20	19	18	17	15	18	.	.	.		
März	17	21	19	22	17	20	19	20	19	22	22	18	19	16	15	12	13	14	17	13	13	11	9	5	11	13	15	16	24	20	19	
April	17	18	13	13	14	15	15	15	17	14	13	14	14	11	11	15	15	15	15	14	13	10	11	11	12	8	8	8	9	12	.	
Mai	12	12	9	10	8	9	8	9	11	10	12	12	11	7	8	5	5	8	7	8	8	8	4	5	3	3	4	4	4	5		
Juni	5	3	3	2	5	4	5	5	7	4	5	5	6	7	7	7	8	9	8	7	8	9	9	9	9	10	9	7	8	7	.	
Juli	5	3	5	4	5	4	4	3	5	3	6	7	8	8	8	5	4	5	4	6	7	7	5	6	5	5	7	7	6	8	8	
August	7	8	9	7	8	10	11	10	11	10	10	8	7	6	9	10	10	14	14	12	11	12	8	8	10	11	11	12	13	17	10	7
September	7	8	7	8	7	6	4	4	3	4	4	8	9	9	14	14	12	10	10	6	7	6	7	6	6	5	6	6	8	7	.	
Oktober	8	8	8	8	8	11	11	12	14	16	11	10	11	10	9	10	9	10	10	9	8	11	10	11	13	17	14	13	11	9	6	
November	8	7	7	7	8	8	10	10	12	15	17	16	17	17	17	16	18	17	18	15	18	18	19	18	20	19	20	21	20	.		
Dezember	16	16	14	14	15	18	17	19	21	19	19	17	14	19	21	22	24	27	21	20	18	18	17	16	19	19	18	22	21	21	25	

Ebenso beachtlich wie die Häufungsstellen sind auch die Verarmungsbereiche. Z. B. steht der Präzision des 18. Dezembers für den Eintritt eines Wärmeevorstoßes die Präzision vom 4. Juni nicht nach; am 4. Juni ± 2 Tage ist es nur 2mal in den 33 Jahren vorgekommen, daß eine stärkere Temperatursteigerung eintrat!

Interessant ist die Tatsache, daß die Tage 11. und 12. Mai relativ oft Wärmeevorstöße erleben -- sie können gelegentlich den Auftakt geben zu den anschließenden Kälterückfällen.

Daß die Maikälterückfälle in den letzten Dezennien keine vordringliche Erscheinung sind, ist schon öfter festgestellt worden. In der Höhe der Zugspitze sind sie als kollektives Datum in den Jahren 1901 bis 1933 jedenfalls nicht vorhanden, wie eine Zusammenstellung der i. V. > 5.5 Grad ergibt. In der folgenden Übersicht sind die Daten (und in Klammern beigefügt die Häufigkeiten) zusammengestellt, die wieder ± 2 Tage zu verstehen sind. Sie sind dem jährlichen Gange der Unterteilungen in positive und negative Temperaturänderungen entnommen, auf deren Wiedergabe hier verzichtet werden konnte.

Tabelle 8.

a) Temperaturerhöhungen $> 5.5^{\circ}$.

Häufungen:

Januar 13. (20), 14. (20), 25. (14), 26. (14).

Februar 3. (15), 10. (18), 18. (18)

März 4. (16), 19. (11), 29. (17)

April 16. (13)

Mai 7. (8), 22. (6)

Juni —

Juli 12. bis 15. (je 5)

August 29. (8)

September 15. (9)

Oktober 10. (9), 26. (13)

November 23. (17)

Dezember 18. (19), 31. (17).

¹⁾ A. Dieckmann, Schneeklemmen. Erdgeschichtliche und landeskundliche Abhandlungen aus Schwaben und Franken, herausgegeben vom Geolog. und Geographischen Institut der Universität Tübingen, Heft 18, 1936.

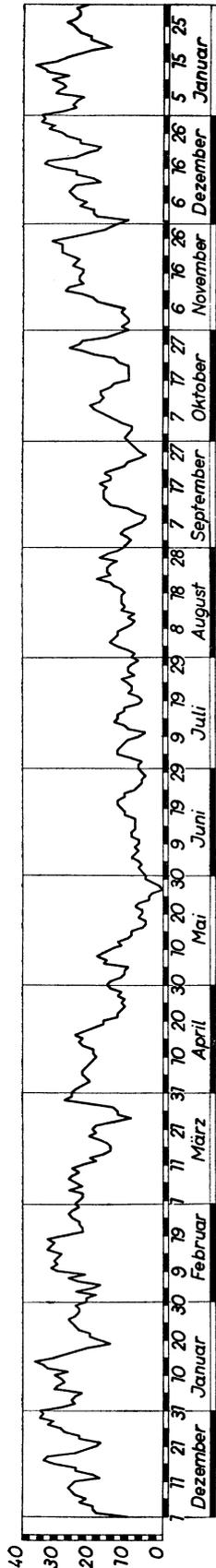


Abb. 9. Überblick über die Luftkörperablösungen im jährlichen Gange in 3000 m (Wetterhaftigkeit).

Verarmungsbereiche:

Januar 5. (10), 19. (7), 31. (9)
 Februar 5. (10), 13. (11), 20. (11), 21. (11), 27. (10)
 März 16. (6), 17. (6), 24. (2)
 April 11. (6)
 Mai 2. und 3. (je 3), 16. bis 18. (je 1), 27. (0)
 Juni 4. (0)
 Juli -
 August -
 September 9. und 10. (je 1), 26. (2)
 Oktober 17. (3)
 November 6. (3)
 Dezember 1. (7), 13. (9), 21. (9).

b) Temperaturrückgänge $> 5.5^\circ$.

Häufungen:

Januar 7. (17), 14. (17), 26. und 27. (14)
 Februar 13. (19)
 März 7. und 8. (16), 21. (11), 31. (14)
 April 1. (14), 14. (16), 29. und 30. (11)
 Mai 9. (11)
 Juni 19. und 20. (10)
 Juli 4. und 5. (11), 13. (9), 17. (9), 25. (10)
 August 4. (11), 22. (14)
 September 18. (13), 20. und 21. (je 13)
 Oktober 8. und 9. (je 13), 26. (14)
 November 8. (15), 11. (15), 25. (17)
 Dezember 5. (15), 7. bis 9. (je 15), 17. (16), 27. (20), 29. (21), 30. (20)

Verarmungsbereiche:

Januar 2. (10), 19. (8)
 Februar 2. (8), 4. und 5. (je 8), 8. (8), 22. (10)
 März 2. und 3. (je 10), 15. (8), 26. und 27. (je 5)
 April 2. (9), 24. und 25. (je 3)
 Mai 4. und 5. (je 5), 27. und 28. (je 0)
 Juni 26. bis 30. (je 4)
 Juli 2. (4), 10. (3), 30. (4)
 August 9. und 10. (je 5), 12. (5)
 September 2., 7. und 8., 26. (je 3)
 Oktober 19., 20. und 21. (je 3), 31. (4)
 November 2. (4), 13. (10), 30. (3)
 Dezember 12. (8), 22. (8).

Die Häufungen bzw. Verarmungsbereiche von positiven und negativen Temperaturänderungen liegen oft so nahe beisammen, daß ihre „Cohärenz“ im Sinne der Theorie von T und H zum Ausdruck kommt. Wir geben daher noch eine Zusammenfassung der positiven und negativen Temperaturänderungen von mehr als 5.5 Grad.

Die Abbildung 9 enthält natürlich Vieles, was wir schon in Abbildung 5 gefunden hatten, die den jährlichen Gang der i.V. darstellte. Sie ist aber, wie mir scheint, trotzdem vervollständigt als Überblick über die Zeiten häufiger Luftkörperablesungen und stabiler Verhältnisse, also größerer oder geringerer „Wetterhaftigkeit“.

Die Abbildung ist so zu lesen, daß es z. B. in den 5 Tagen 12. bis 16. Januar (Stichtag 14. Januar) in den 33 Jahren 37 mal vorgekommen ist, daß eine

positive oder negative Temperaturänderung von mehr als 5,5 Grad eintrat. In den Tagen vom 25. bis 29. Mai (Stichtag 27. Mai) ist dagegen niemals eine derartige Temperaturänderung von einem zum anderen Morgen vorgekommen.

Den Aerologen wird es interessieren, die bisher höchsten interdiurnen Temperaturänderungen von 7 a in 3000 m Höhe zur Hand zu haben.

Tabelle 9. Höchste positive und negative interdiurne Temperaturänderungen auf der Zugspitze in den Jahren 1901–1933.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
+	14,0	16,5	11,1	15,3	9,8	8,2	10,9	9,2	10,9	12,1	14,4	12,9
-	16,1	12,8	21,4	16,6	12,6	11,0	10,6	11,1	11,6	11,9	14,0	14,3

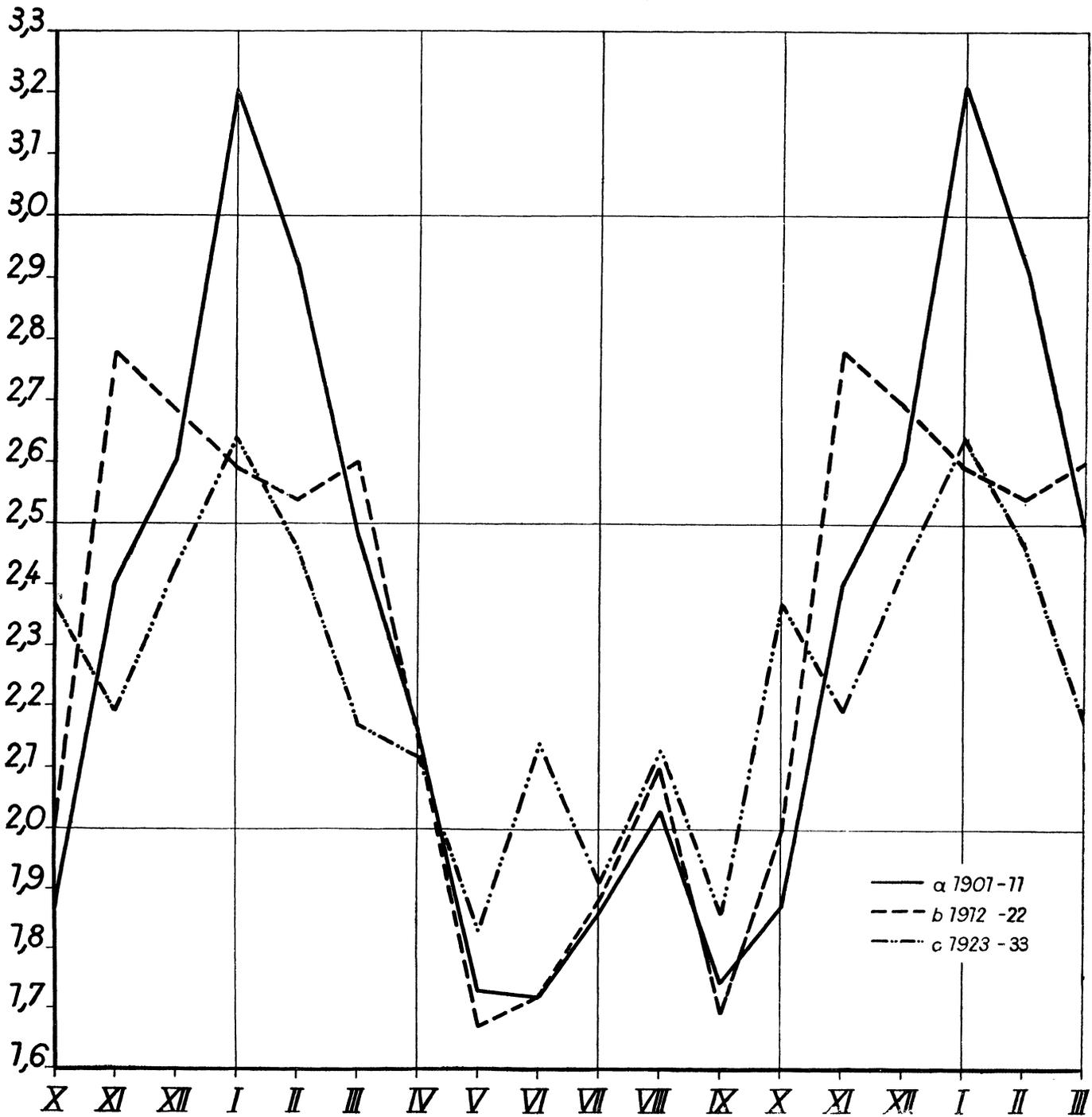


Abb. 10. Jährlicher Gang der i. V. der Temperatur auf der Zugspitze in den Abschnitten a) 1901–1911, b) 1912–1922, c) 1923–1933.

Auf den Rekordwert vom 10./11. März 1931 von 21.4 Grad sei besonders hingewiesen. Unter dem Einflusse eines Mittelmeertiefs waren zuerst die Temperaturen bis nahe an Null gestiegen; an ihre Stelle traten dann arktische Luftmassen, die aus dem Grönlandraume zuströmten und die üblichen „Resonanzdepressionen“ über dem Ostseeraume auslösten.

Auch in der Übersicht über die ganz großen i. Temperaturänderungen zeigten sich kalendermäßige Häufungen an Stelle zufälliger Anordnung. Z. B. erlebte der August in den 33 Jahren 3mal Temperaturrückgänge ≥ 10 Grad: Alle 3 kamen auf den 15. August zu liegen, der bei unseren oberbayrischen Landleuten als Wetterschicksalstag bekannt ist.

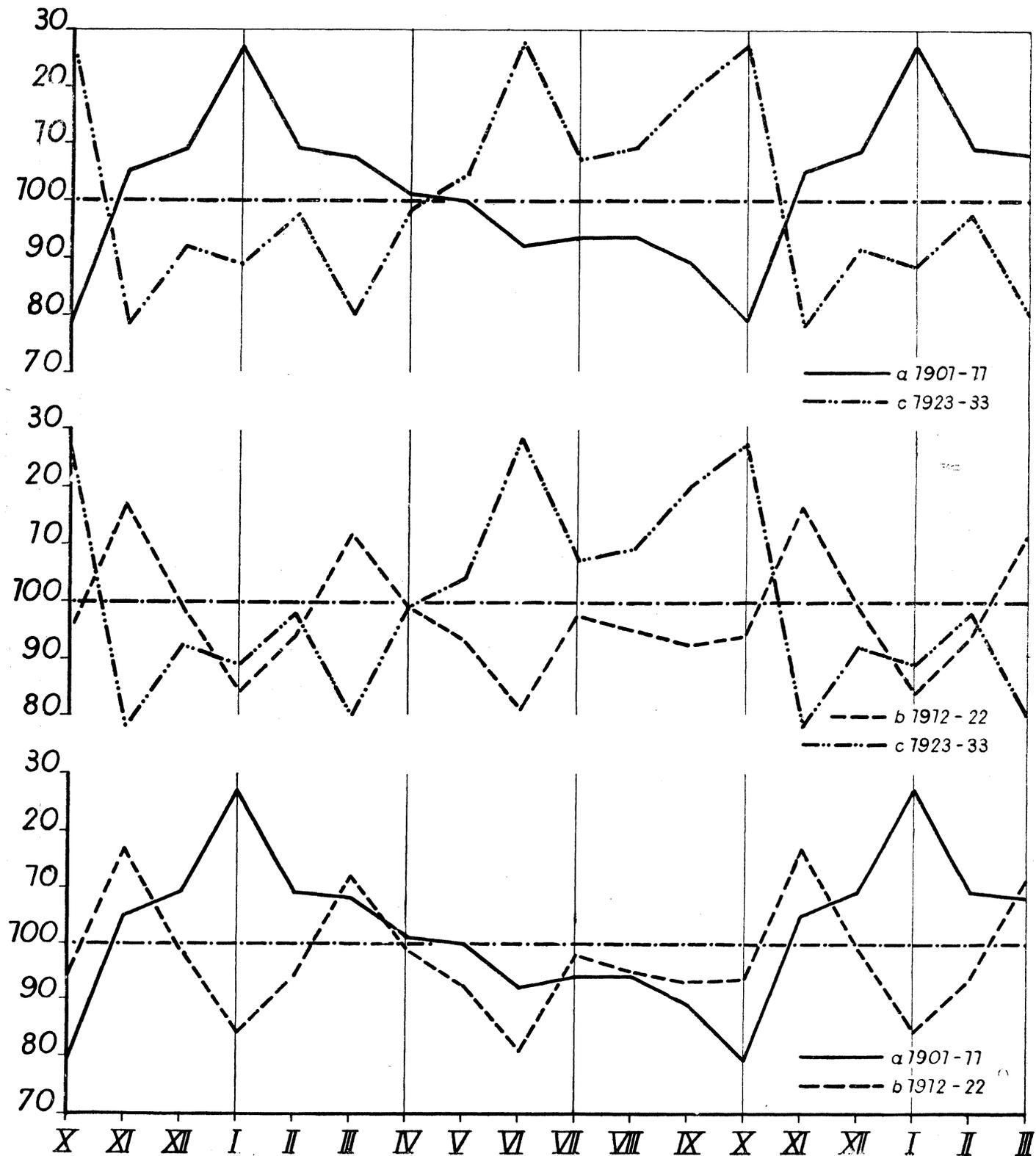


Abb. 11. Jährlicher Gang der i. V. der Temperatur auf der Zugspitze in Prozenten der 33jährigen Mittel.

6. Säkulare Schwankungen.

Wir gehen zurück auf die Tabelle 3, deren Werte in Abbildung 10 eingetragen sind.

Fast völlige [oder gute] Übereinstimmung zeigen die Monate April [Mai], Juli, August [und September], also die Sommermonate mit Ausnahme des Juni.

Wesentlich größer ist die Streuung der Winterwerte; im mittleren Zeitabschnitte kam das absolute Maximum nicht auf den Januar, sondern schon auf den November zu liegen.

Da der starke jahreszeitliche Gang den Überblick erschwert, wollen wir für jeden Monat die Abweichungen vom Mittelwert darstellen (Abbildung 11).

Um die Übersicht zu erleichtern, wurden jeweils nur zwei Zeitabschnitte zusammengezeichnet. Es sind merkwürdige Beziehungen, die sich dabei herausstellen. Man bemerkt einen zeitweilig spiegelbildlichen Verlauf der Abweichungen, der fortzuschreiten scheint. Im Abschnitte a und b zeigen die Wintermonate spiegelbildliches Verhalten; im Abschnitte b und c hat man gegenläufiges Verhalten vom März bis Dezember. Ganz merkwürdig ist aber der Vergleich von Abschnitt a mit c. Hier ist fast jeder Wert gespiegelt; die Interferenzpunkte liegen zwischen April und Mai und zwischen Oktober und November, d. h. Sommer und Winter tauschen in den Abweichungen ihrer i. V. der Temperatur vom 33jährigen Mittel ihren Platz.

Die Vermutung, einen Zusammenhang mit der Sonnenflecken-tätigkeit darin zu erblicken, liegt zwar nahe, eine Prüfung kann aber erst nach etwa 10 bis 20 Jahren erfolgen, wenn sich angeben läßt, ob nun etwa für 1934-1944 eine Rückkehr zu dem Gange von 1901-1911 stattfindet. Daß gelegentlich Multipla von 11 Jahren eine Bedeutung haben, ist bekannt.

Nachdem säkulare Schwankungen der Wetterhaftigkeit auf der Zugspitze festgestellt sind, wird es nötig sein, den Übergang von einem zum anderen Typus genauer zu erfahren. Ich habe zu diesem Zwecke statt der Mittel wieder Häufigkeiten und zwar mit dem kleineren Schwellenwerte > 3.5 Grad veranlagt, die zu fortlaufenden 15jährigen Mitteln zusammengefaßt wurden (Abbildung 12).

Die Übergänge vollziehen sich, wie schon bei den Mitteln festgestellt, in den Monaten März-April bzw. Oktober-November. Im Sommerabschnitt, der vom April bis zum Oktober reicht, erfolgte eine in Wellen fortschreitende Zunahme der Wetterhaftigkeit (der Anzahl der i. V. > 3.5 Grad), im Winterabschnitt eine fortschreitende Abnahme. Die Schraffierung läßt den entgegengesetzten Verlauf gut erkennen.

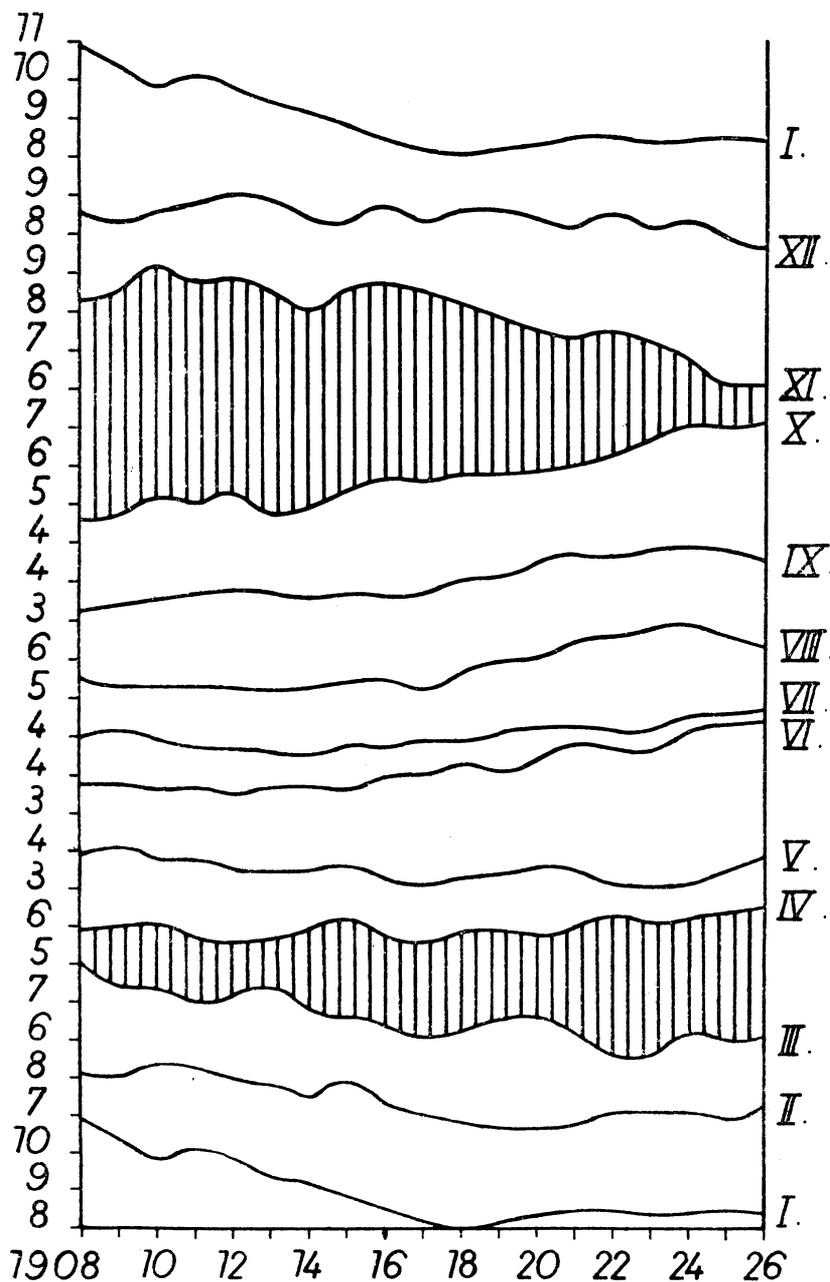


Abb. 12. Mittlere Anzahl pro Monat von interdiurnen Temperaturänderungen auf der Zugspitze > 3.5 Grad (absol.) in den Jahren 1901-1915 (1908), 1902-1916 (1909) usw.

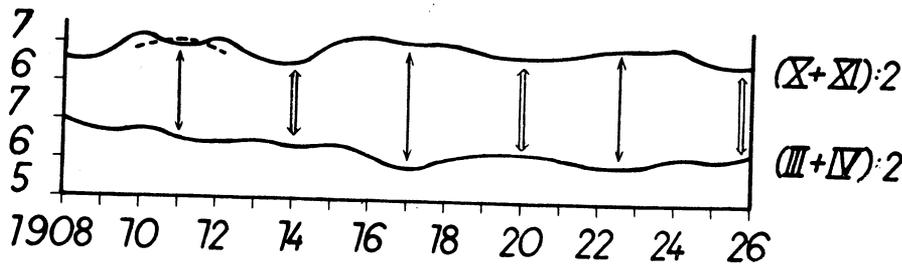


Abb. 13. Mittlere Anzahl von interdiurnen Temperaturänderungen auf der Zugspitze $> 3.5^\circ$ für die Monate März + April und Oktober + November in den Jahren 1901–1915 (1908), 1902–1916 (1909) usw.

Im März ist ein Rückgang von 8.0 im Stichjahre 1908 auf 6.1 im Stichjahre 1926 festzustellen, der April bringt einen Anstieg von 5.9 auf 6.5. Wesentlich eindrucksvoller ist der Gang im Oktober. Hier ist ein Anstieg von 4.6 auf 7.1 festzustellen, dem ein Abstieg im November von 8.3 auf 6.1 folgt. Wir wissen es aus früheren Untersuchungen, daß auf der Zugspitze der Oktober zumeist noch dem sommerlichen System angehört, daß

aber Anfang November sprunghaft der Winter einzusetzen pflegt.

Wenn wir von einem sommerlichen und winterlichen säkularen Gang der i. V. gesprochen haben, darf nicht unerwähnt bleiben, daß Mai und Dezember „herausfallen“. Man hat den Eindruck, daß in diesen Monaten beide Typen ungefähr in gleicher Häufigkeit vorkommen und sich aufheben.

Wir können etwas Ähnliches erreichen, wenn wir die Randmonate März und April bzw. Oktober und November zusammennehmen.

Durch die Zusammenfassung erhält man Kurven, wie sie der Mai und Dezember ergeben hatten, so daß die Deutung für Mai und Dezember wohl richtig ist. Man bemerkt außerdem ein wellenartiges Verhalten mit einer zwar schwachen aber doch deutlichen Spiegelbildlichkeit; die Ausweitungen und Annäherungen der beiden Kurven sind durch entsprechende Pfeile hervorgehoben. Es kann sein, daß die inversen Beziehungen in einem Zusammenhange stehen mit den Korrelationen, die wir früher zwischen dem Luftdrucke im März und September gefunden hatten¹⁾. Wenn wir auch heute noch keine Deutung zu geben vermögen, müssen wir doch auf solche Beziehungen aufmerksam machen.

Daß es sich um kompensatorische Vorgänge handelt, ersehen wir aus der Zusammenstellung der Jahressummen der i. V. > 3.5 Grad. Bildet man auch hierfür fortlaufende 15jährige Mittel, so ergeben sich folgende Zahlen:

1908	1909	1910	1911	1912	1913	1914	1915	1916	1917	1918	1919	1920	1921	1922	1923	1924	1925	1926
74.9	74.1	74.6	73.5	73.5	71.9	69.9	71.6	71.0	69.5	70.9	71.1	71.8	72.7	72.7	72.5	74.8	73.5	73.6

In den Jahren 1901–1915 erfolgten also im Durchschnitt 74.9 mal i. V. der Mitteltemperatur von dem angegebenen Ausmaße, die Zahl nahm bis zum Stichjahre 1917 (1910–1924) auf 69.5 ab und erreichte zum Schluß der Veranlagung wieder die Ausgangswerte. Für das Jahresmittel ergibt sich sonach ein eigener säkularer Gang, den wir aber nicht weiter verfolgen wollen.

Nachdem wir die Zusammengehörigkeit der Monate April bis Oktober und der Monate November bis März, wenigstens soweit es den Gang der i. V. der Temperatur anlangt, festgestellt haben, wollen wir auf die Originalwerte zurückgreifen und an Stelle der fortlaufenden 15-jährigen Summen die Sommer- bzw. Winter-Summen der einzelnen Jahre 1901–1933 kennen lernen (Abbildung 14).

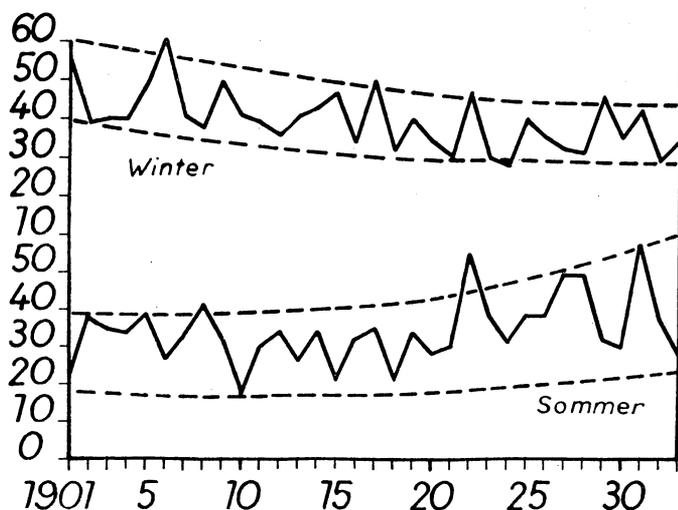


Abb. 14. Anzahl der Tage mit i. V. von > 3.5 Grad (absol.) im Sommer (April bis Oktober) und Winter (November bis März) in den Jahren 1901–1933.

Auch in diesen nicht ausgeglichenen Werten zeigt sich der An- bzw. Abstieg. In einzelnen Jahren können sich aber recht große Unterschiede der Wetterhaftigkeit einstellen. Es kann für manche biologische Fragen nicht gleichgültig sein, ob im Sommer 55 und 57 Fälle großer interdiurner Temperaturänderungen eintreten oder nur 17, wie es in den Jahren 1922 und 1931 bzw. 1910 der Fall gewesen

¹⁾ Bayr. Met. Jahrbuch 1924, Anh. F und G, 1925 Anh. C.

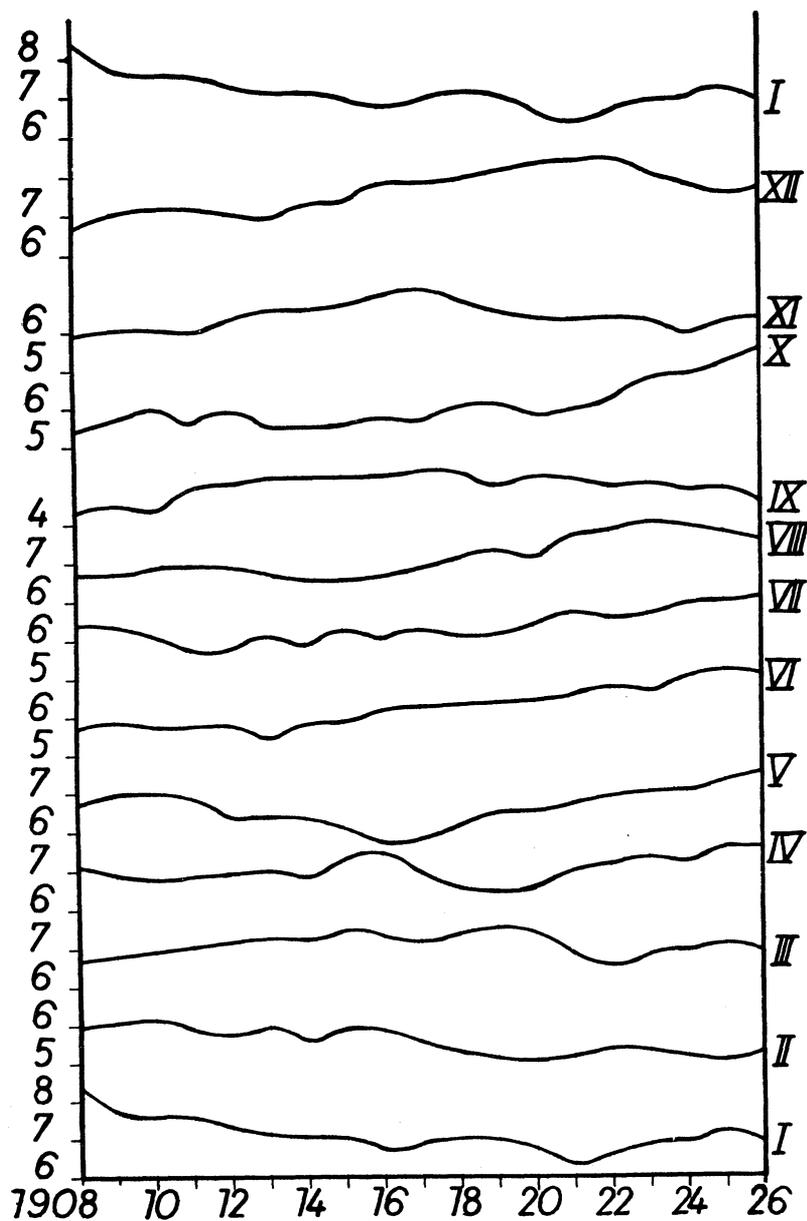


Abb. 15. Mittlere Anzahl pro Monat von interdiurnen Temperaturänderungen auf dem Hohenpeißenberg > 3.5 Grad (absol.) in den Jahren 1901–1915 (1908), 1902–1916 (1909) usw.

Teile und Oktober, also im Sommer eine Zunahme der Zahlen für die Wetterhaftigkeit zu verzeichnen ist. Das für den Zugspitzwinter gefundene Verhalten ist nur im Januar und Februar zu erkennen. Es scheinen sich also noch andere Einflüsse einzuschalten, die vom Boden ausgehen. Daß diese Vermutung richtig ist, bestätigt auch die Zusammenstellung der Summen der Tage mit i. V. > 3.5 Grad (Abbildung 16).

Der Hohenpeißenberg hat es in den 33 Jahren auf 2585 Fälle gebracht, in denen die Tagestemperatur eine Änderung von mehr als 3.5 Grad erfahren hat, gegenüber 2436 Fällen auf der Zugspitze. Der Unterschied ist nicht so groß, daß auf ihn die Unterschiede im jährlichen Gang zurückgeführt werden könnten. Der Hohenpeißenberg macht zwar das Januarmaximum mit, aber es ist nur eines von dreien, die sich ziemlich gleichwertig gegenüberstehen. Neben dem Augustmaximum, das uns schon geläufig ist, finden wir noch ein weiteres im April. Gemeinsam ist das Hauptminimum im September.

Man kann sagen, und das ist klimatologisch von Bedeutung, daß der Hohenpeißenberg im Sommer mehr, im Winter weniger Fälle aufweist als die Zugspitze. Im März und im September-Oktober, also in den Übergangsmonaten sind die Zahlen nahezu gleich.

Im Sommer, der Jahreszeit mit hohen Temperaturgradienten, erlebt die Zugspitze weniger schroffe Temperaturwechsel als im Winter, der Zeit der häufigen Temperaturumkehr und hochreichenden Depressionen.

1) Entnommen einer Besprechung von K. Kaehne in den Naturwissenschaften 1935, S. 408.

ist. Auch benachbarte Winter können, wie die Abbildung zeigt, recht verschieden sein.

Es ist daher immer nötig, außer den Mittelwerten der meteorologischen Elemente auch singuläre Stellen usw. anzugeben, damit wir nicht in den Fehler verfallen, den R. J. Russell recht originell ausgedrückt hat¹⁾, daß „die aus dem Normalen herausfallenden Beobachtungen durch die List der Beschwörung in langen Durchschnittswerten einfach ausgestrichen werden“.

7. Vergleiche mit der i. V. der Temperatur auf dem Hohenpeißenberg.

Die Änderung der Wetterhaftigkeit, die sich für die Zugspitze in dem Zeitraume von 1901–1933 ergeben hat, kann natürlich nur ein Stück einer entsprechenden Klimaschwankung, nicht einer Klimaänderung sein. Ich hätte gerne hierüber Aufschluß erhalten und habe daher den Versuch gemacht, auch für den Hohenpeißenberg, von dem wir ältere Beobachtungen besitzen, ähnliche Schwankungen zu finden. Es wurde auch für diese Hochstation die gleiche Berechnung zunächst für die Jahre 1901–1933 durchgeführt (Abbildung 15).

Wenn man das Verhalten der i. V. auf der Zugspitze nicht kennen würde, würde man aus den Beobachtungen vom Hohenpeißenberg kaum auf die Idee eines säkularen Ganges kommen. Nur weil wir den Gang auf der Zugspitze schon kennen, werden wir bemerken, daß in den Monaten Juni, Juli zum Teile, August, September zum

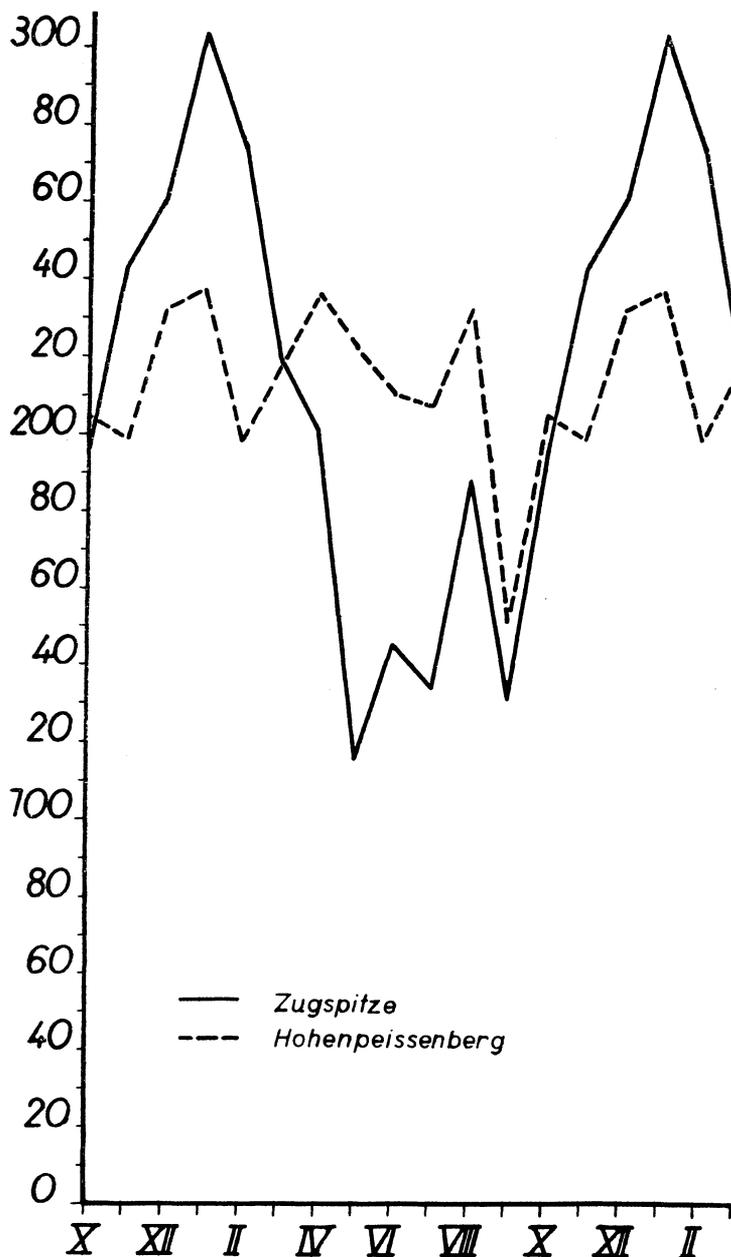


Abb. 16. Jährlicher Gang der Häufigkeit von i. V. der Temperatur auf der Zugspitze (ausgezogen) und auf dem Hohenpeissenberg (gestrichelt) mit Beträgen von mehr als 3.5 Grad (absol.)

unteren durch terrestrische Einflüsse verdeckt werden. Eine besonders starke Einstrahlung kann die Temperatur der bodennahen Luftschichten, in die auch der Hohenpeissenberg noch eintaucht, so stark heraufsetzen, daß gegenüber einem bedeckten Vor- oder Nachtag eine Temperaturdifferenz von > 3.5 Graden herauskommt, ohne daß deswegen ein neuer Luftkörper an die Stelle getreten wäre. Dasselbe gilt von der Ausstrahlung im Winter: Das Temperaturproblem wird durch die wechselnde Bewölkungsverhältnisse verschleiert, während wir auf der Zugspitze in den meisten Fällen die Luftkörper zu fassen bekommen.

Die Gründe für einen unter manchen meteorologischen Verhältnissen veränderten Temperaturgang auf dem Hohenpeissenberg sind die gleichen, die vor kurzem von W. Pepppler¹⁾ erörtert wurden, der die starken Temperaturstürze auf dem Säntis mit den gleichzeitigen Änderungen auf anderen Alpenpfeln verglichen hat. Er fand, daß „die starken Temperaturstürze auf dem Säntis und den anderen Hochstationen im Mittel von Druckfall begleitet waren, bei den tiefergelegenen Stationen und auch auf dem Peissenberg von Druckzunahme. Das Niveau der Umkehrung des Sinnes der Druckänderung liegt im

¹⁾ W. Pepppler, Zeitschrift für angewandte Meteorologie 1935, S. 148.

Wir haben in Abbildung 4 den jährlichen Gang der i. V. von Innsbruck kennen gelernt; der dort für Tagesmittel dargestellte Verlauf stimmt gut mit dem hier für Häufigkeiten ermittelten Gang zusammen, so daß wir sagen können: Der Hohenpeissenberg ist keine Hochstation, er nimmt offensichtlich noch an allen Erlebnissen der Niederung teil.

Die Eigengesetzlichkeit der beiden Hochstationen kommt auch in dem verschiedenen säkularen Gang der i. V. zum Ausdruck.

Auf der Zugspitze nimmt die Anzahl von 74.8 Fällen im Stichjahre 1908 auf 69.3 pro Jahr in dem Stichjahre 1917 (1910 bis 1924) ab und steigt hernach wieder auf den Ausgangswert. Auf dem Hohenpeissenberg endigt die Reihe bei wesentlich höheren Werten. Als gemeinsam könnte man nur gelten lassen eine Abnahme von 1909 bis 1914, eine Zunahme von 1917 bis 1924, doch erfolgen die gemeinsamen Änderungen in ganz verschiedenem Ausmaße; es ist bemerkenswert, daß sich die am Anfange nahe beisammen liegenden Werte schließlich soweit entfernen.

Angesichts der Eigengesetzlichkeit, der der Hohenpeissenberg unterworfen ist, ist es daher nicht aussichtsreich, die Veranlagung desselben über das Jahr 1901 rückwärts auszudehnen; wir würden daraus keinen Schluß auf den säkularen Gang auf der Zugspitze ziehen zu können.

Trotz dieses negativen Ergebnisses hat sich die Untersuchung gelohnt, da sie uns zeigte, daß man säkulare Schwankungen in höheren Luftschichten feststellen kann, die in den

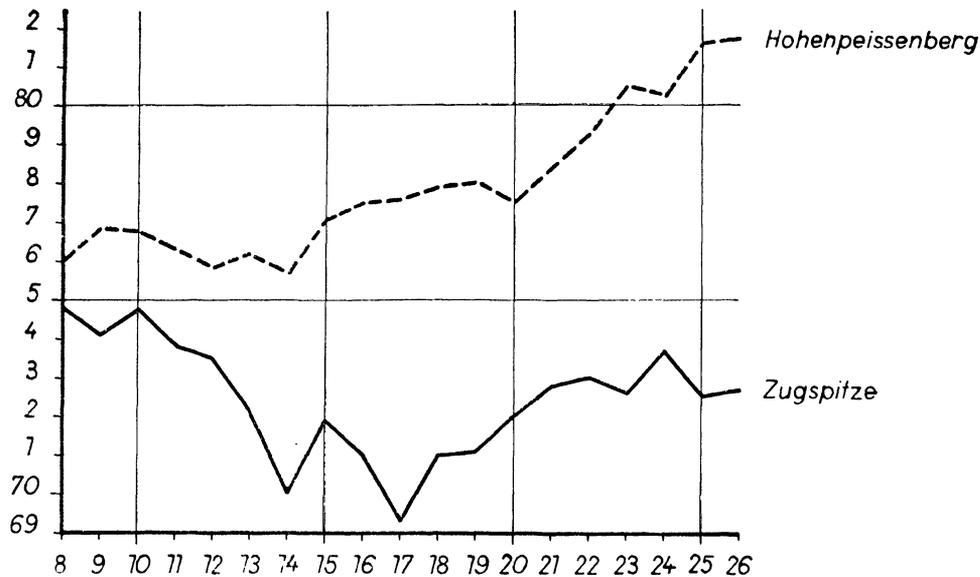


Abb. 17. Mittlere Anzahl von Fällen mit einer i. V. > 3.5 Grad in den Jahren 1901–1915 (1908), 1902–1916 (1909) usw. auf der Zugspitze (ausgezogen) und auf dem Hohenpeissenberg (gestrichelt).

Mittel dieser Fälle bei 1900–2000 m“. Auch aus dieser Untersuchung geht also hervor, daß der Hohenpeissenberg noch meist an dem Schicksal der Ebene Anteil nimmt.

8. Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. Jährlicher Gang nach Häufigkeiten (1901–1933).

Die großen interdiurnen Änderungen der Temperatur – abgekürzt i. V. – treten vorwiegend im Winter auf, sie sind ein Ausdruck des Wechsels der Luftkörper. Die Zerlegung nach den 3 Terminen 7, 14 und 19 Uhr zeigt, daß man die Luftkörper am besten mit dem 7 Uhr-Termin zu fassen bekommt, während der 14 Uhr-Termin, insbesondere im Sommer, durch Vorgänge aus den unterhalb des Zugspitzgipfels gelegenen Luftmassen lokale Luftwechsel bringen kann.

2. Jährlicher Gang nach Mittelwerten (1901–1933).

Die Berechnung erfolgte hauptsächlich wegen der Vergleichsmöglichkeit mit der i. V. Temperatur von Innsbruck und München, zu denen sich Beziehungen ergeben.

3. Singularitäten.

Die Berechnung für die einzelnen Tage des Jahres erlaubt eine wesentlich bessere, naturgemäßere Einteilung des jährlichen Ganges, als es mit Monats-Mittelwerten möglich ist. Es ergeben sich singuläre Stellen, die aus Mittelwerten der i. V., aber auch aus Terminwerten (7 a) abgeleitet wurden.

4. Rhythmische Folge von größeren Temperaturveränderungen.

Wenn eine Luftkörperablösung erfolgt ist, dauert es eine Weile bis zur nächsten, aber auch hierbei ergeben sich Gesetzmäßigkeiten.

5. Kalender der großen i. V.

Es zeigt sich eine Häufung größerer i. V. in aufeinanderfolgenden Jahren an nahe denselben Tagen, die über die Zufallserwartung hinausgeht. Die Erhaltungstendenz der Singularitäten besteht aber nur mit Unterbrechungen (Mutationen). Die Veranlagung erfolgte getrennt nach positiven und negativen

i. V., die aber meist nahe beisammenliegen. Hinweis auf die Cohärenz von Wärme- und Kältewellen in H und T. Ihre Zusammenfassung ergibt daher einen passenden Ausdruck für die „Wetterhaftigkeit“ (G. Castens). Eine Zusammenstellung der größten i. V. in den 33 Jahren ist beigelegt.

6. Säkulare Schwankungen der i. V. auf der Zugspitze.

Die Zerteilung der 33-jährigen Beobachtungsreihe in 3 Unterabschnitte läßt merkwürdige gegenseitige Verschiebungen der i. V. erkennen, so daß der Gang im Abschnitte a spiegelbildlich zu dem von c verläuft. Die i. V. ist einer säkularen Änderung unterworfen, die im Sommerhalbjahre gegenläufig zu der des Winterhalbjahres verläuft. Das Jahresmittel der i. V. hat seinen gesonderten Gang.

7. Vergleiche mit der i. V. auf dem Hohenpeissenberg.

Aus den Zugspitzbeobachtungen kann noch nicht auf den Rhythmus dieser säkularen Schwankung geschlossen werden. Es wurde daher untersucht, ob auch auf dem der Zugspitze vorgelagerten Hohenpeissenberg sich ein ähnliches Verhalten der i. V. ableiten läßt. Das war nur sehr beschränkt der Fall: Der Hohenpeissenberg gehört doch sehr häufig noch der unteren, von der Erde her gestörten Atmosphäre an, woraus sich manche Vertarnungen der Temperaturänderungen ergeben. Für die vorliegende Untersuchung war dieses Ergebnis bedauerlich, da damit die Möglichkeit entfällt, solche Fragen an dem wesentlich längeren Beobachtungsmateriale des Observatoriums auf dem Hohenpeissenberg überprüfen zu können. Andererseits wird der Wert des Zugspitzobservatoriums aufs Neue dargetan, das fern von den Vertarnungen der unteren Schichten Luftkörperablösungen besser zu ermitteln gestattet.
