

**Deutsches Reich**  
**Reichsamt für Wetterdienst**

---

**Wissenschaftliche Abhandlungen**  
Band II

Nr. 9

**Über die Aufstellung der Thermometerhütte auf der Zugspitze**

von

**A. Agricola**

ISBN 978-3-662-01724-1      ISBN 978-3-662-02019-7 (eBook)  
DOI 10.1007/978-3-662-02019-7

## Inhaltsverzeichnis

A. Zweck der Untersuchung . . . . .	3
B. Die Kontrollmessungen . . . . .	4
1. Meßmethode . . . . .	4
2. Einzelergebnisse der Messungen . . . . .	7
3. Mittelwerte der Temperaturabweichungen . . . . .	10
4. Einfluß des Windes . . . . .	10
a) Die Jahresmittel des Windeinflusses . . . . .	11
b) Der Jahresgang des Windeinflusses . . . . .	13
C. Schluß und Zusammenfassung . . . . .	13
Tabellen 1-3 . . . . .	14

## A. Zweck der Untersuchung.

Die Aufstellung der Thermometerhütte oder des Schreines<sup>1)</sup>, wie das Wort Screen bei Huber treffend verdeutscht ist, ist für das Zugspitzobservatorium bereits im Jahre 1913 beschrieben worden.<sup>2)</sup> Der Schrein befindet sich heute noch unverändert vor dem NW-Fenster im 2. Stock des Observatoriums, 3½ m über der Mündung einer ins Bayerische Schneekar abfallenden Steilrinne.

Von großer Wichtigkeit ist, daß die Instrumente vom Arbeitsraum des Observatoriums aus direkt bedient werden können, sodaß ein ungehinderter Streifenwechsel auch bei schlechtestem Wetter erfolgen kann. Dieser rein praktische Gesichtspunkt dürfte bei der Auswahl des Aufstellungsortes für den Schrein maßgebend gewesen sein. Sind doch die Tage garnicht selten, in denen die Bedienung von Meßinstrumenten auf Punkten des Zugspitzgipfels außerhalb des Observatoriums, ja selbst auf der Plattform des Beobachterturmes nur unter Lebensgefahr für den Beobachter möglich wäre. Das gilt besonders für Tage mit orkanartigem Sturm und für Tage mit Gewitter.

Noch ein zweiter wesentlicher praktischer Nachteil scheint die Aufstellung eines Schreines auf dem Zugspitzgipfel außerhalb des Observatoriums oder auf der Plattform desselben zu verbieten. Das ist die Gefahr von Schneeverwehungen um den Schrein herum, die zu Ventilationsstörungen führen müssen. Bei der jetzigen Aufstellung ist diese Gefahr auf ein Minimum herabgemindert. Wenigstens ist die Bildung von Schneemulden um den Schrein herum durch seinen hohen Aufhängeplatz unmöglich gemacht. Diese wären aber gerade an Tagen mit kleinen und mittleren Windgeschwindigkeiten zu befürchten, an denen die Gefahr einer schlechten Schreinbelüftung an sich groß ist.

Den genannten Vorteilen der Schreinaufstellung stehen einige Nachteile gegenüber. Die hervorstechendsten sind folgende:

1. Durch den Arbeitsraum, vor dessen Fenster der Schrein angebracht ist, werden mindestens beim Instrumentenwechsel Störungen in den normalen Gang der Registrierungen gebracht. Es gilt deshalb als oberstes Gesetz, das Öffnen des Bedienungsfensters während des Streifenwechsels auf das äußerste zu beschränken. Da häufig eine mühsame Reinigung des mit Schnee und Rauhreif verstopften Schreines notwendig ist, kann das Fenster nicht immer nach wenigen Sekunden wieder geschlossen werden. Bei mäßiger Ventilation wird deshalb die Registrierung auch bei größter Vorsicht immerhin auf ½ bis 1 Stunde sichtlich gestört.

Besonders stark ist der Einfluß in der kältesten Jahreszeit, in der die Temperaturdifferenz zwischen innen und außen trotz der sehr schwachen Beheizung des Arbeitsraumes 20 bis 30° beträgt. In dieser Zeit spielt die Erwärmung der Instrumente während des Streifenwechsels eine große Rolle. Ist dieser Einfluß auch nach der ersten Stunde meist abgeklungen, so ist doch tagsüber noch mit einer Störung durch Wärmeleitung der Hauswand und des Schreinfensters zu rechnen. Eine weitere Gefahrenquelle für Registrierfehler besteht in folgendem: der im 1. Stock unter dem Arbeitsraum gelegene Wohnraum des Beobachters besitzt eine noch wesentlich höhere Temperatur als der Arbeitsraum. Zu Zeiten geringer Schreinbelüftung nimmt deshalb die Schreintemperatur zu, wenn das NW-Fenster des Wohnraumes geöffnet wird. Nun ist es aber gerade dieses Fenster, welches in erster Linie zum Durchlüften des Wohn- und Schlafraumes geeignet ist; unentbehrlich ist es dem Beobachter für die Entfernung von Abfällen. Wird die unumgängliche Zeit für das Öffnen des Fensters auch gewissenhaft auf das Mindestmaß beschränkt, so ist dadurch doch eine beständige Gefahrenquelle für Registrierfehler gegeben, die hier nicht übersehen werden darf.

2. Durch die Aufhängung des Schreines an einer Breitseite des Turmes ist die Ventilation nicht bei allen Windrichtungen gleichmäßig gut.

3. Der Schrein wird durch die Luft des Bayerischen Schneekars belüftet, das nur selten ein wenig besonnt ist. Bisweilen tritt bei herrschender S- bis SE-Luftströmung eine seichte N- bis NW-Strömung

<sup>1)</sup> Wir werden in dieser Arbeit die Verdeutschung „Schrein“ für das Wort Screen beibehalten, obgleich sie nicht allgemein üblich ist. Die gebräuchliche Verdeutschung „Hütte“ ist ein auch für Berggasthäuser viel benutzter Ausdruck, sodaß unter „Zugspitzhütte“ das „Münchener Haus“ des Deutsch-Österreichischen Alpenvereins auf dem Zugspitzgipfel verstanden wird.

<sup>2)</sup> Huber, Klimatologie der Zugspitze. D. Met. Jahrb. für Bayern 1913, Anhang I, Seite 11.

auf, die dann in den Schrein eindringt. In diesem Fall entspricht die registrierte Temperatur durch die Aufstellung des Schreines nicht der Lufttemperatur des Gipfels.

Wir können trotzdem ohne umfangreiche Messungen mit einiger Sicherheit damit rechnen, daß die erwähnten 3 Nachteile auf der NW-Seite des Observatoriums am schwächsten hervortreten, wenn wir für die Schreinaufhängung unter den 4 Seiten nach NW, NE, SE, SW zu wählen haben. Hierfür gibt es zwei wichtige Gründe:

a) Die größte Häufigkeit der Windrichtungen entfällt auf NW-Winde. Sie sind nach Huber zu 45.8% aller Windrichtungen vertreten, weitere 21.5% entfallen auf N-Winde, sodaß von 67.3% aller Winde der Schrein sicher gut belüftet wird. Die Westwinde, die mit 9.3% Häufigkeit vertreten sind, können nicht zu den gut belüftenden Winden des Schreines auf der NW-Seite gerechnet werden, weil der Westgipfel als ein Felsblock dem Observatorium vorgelagert ist und Brandungserscheinungen hervorruft. Der Schrein liegt gerade bei W-Winden oft im Windschatten des eigentlichen Gipfels.<sup>1)</sup>

Die entgegengesetzten Winde aus SE sind nur mit 5.6%, die S-Winde nur mit 3.1% unter der Gesamtzahl vertreten. Ein Schrein auf der SE-Seite wäre deshalb im Mittel ganz ungleich schlechter belüftet als auf der NW-Seite des Beobachterturmes. Ähnlich ungünstige Verhältnisse liegen für die NE- und die SW-Seite des Turmes vor, da NE-Winde mit 3.4% und SW-Winde mit 3.9% Häufigkeit vertreten sind.

b) Hierzu tritt an wolkenarmen Tagen der Einfluß des Besonnung des Schreines. Während auf der SE-Seite der Mittagseinfluß besonders groß wäre, würde auf der NE-Seite der Morgeneinfluß, auf der SW-Seite der Nachmittags- und Abendeinfluß eine vollkommene Verschiebung des Tagesmaximums hervorgerufen.

Gilt schon im Tal eine Schreinaufhängung an Gebäuden nur als einwandfrei, wenn sie auf der N-Seite ausgeführt wird, so hat diese Regel noch viel größere Bedeutung in 3000 m Höhe. Aus der Arbeit von Lipp<sup>2)</sup> entnehmen wir, daß die Zugspitze im Monatsmittel bis zu etwa 85% größere Energiemengen der Wärmestrahlung zugestrahlt erhält als Potsdam. Schon hieraus ist ersichtlich, daß ein der Sonnenstrahlung ausgesetzter Schrein in Zugspitzhöhe bei gleicher Ventilation größere Temperaturfehler messen würde, als derselbe Schrein im Flachland. Selbst wenn die Ventilationsverhältnisse auf der NW-Seite des Observatoriums nicht so günstig lägen, wie sie es tatsächlich tun, würde man allein aus Rücksicht auf die Besonnung weder die NE-, noch die SE- noch die SW-Seite für die Aufhängung des Schreines wählen können. Auch die NW-Seite des Turmes wird in den späteren Nachmittagsstunden von Sonnenstrahlen getroffen. Um im Schrein keinen unsymmetrischen Temperaturgang entstehen zu lassen, ist er auf seiner Westseite durch eine bereits von Huber beschriebene Bretterwand geschützt. Nur zur Zeit der längsten Tage treffen die Strahlen der untergehenden Sonne noch auf den Schrein. Der Bretterschirm ist mit Hinblick auf das oben über dem Westgipfel Gesagte für die Ventilation des Schreines nicht besonders nachteilig.

Müssen wir durch einfache Überlegungen nun auch zu dem Ziel kommen, daß die NW-Seite unter den 4 Wänden der Wetterwarte die einzige ist, die die Aufhängung eines Fensterschreines ermöglicht, so bleibt doch noch die Frage zu beantworten, ob nicht die Aufstellung des Schreines auf der Plattform noch bessere Resultate liefern würde. Diese Aufstellung hat das Bestechende, daß damit die Verhältnisse der Talstationen nachgebildet wären, deren Schrein auf offenem Feld den ganzen Tag über gleichmäßig der Sonne ausgesetzt ist. Außerdem mag man auch bei unbefangener Betrachtung annehmen, daß eine gleichmäßige Belüftung des Schreines bei allen vorkommenden Windrichtungen auf der Plattform besser gesichert ist, als an einer Seitenwand des Turmes. Welche Fehler bei einer Temperaturmessung auf der Plattform auftreten und wie groß diese im Verhältnis zu den Fehlern der augenblicklich vorhandenen Aufstellung sind, wurde in 10-monatiger Messung (November 1931 bis August 1932) festgestellt; im folgenden wird über diese Vergleichsmessungen näher berichtet.

## B. Die Kontrollmessungen.

### 1. Die Meßmethode.

Legt man die Temperaturaufzeichnung einer Talstation und der Zugspitze nebeneinander, so empfindet man es als Mangel, daß der eine Schrein normal besonnt, der andere sorgfältig der Sonne

<sup>1</sup> Vergl. z. B. die Abbildungen auf Tafel II der Klimatologie der Zugspitze a. a. O. gegenüber Seite 8.

<sup>2</sup>) A. a. O. S. 47.

entzogen ist. Die Tagesamplitude ist an sonnigen Tagen bei der Talstation bedeutend größer als an trüben Tagen, während der Tagesgang der Temperatur auf dem Berge an sonnigen und trüben Tagen ziemlich gleichmäßig ist. Kann man nun auch sicher sein, daß unter normalen Verhältnissen der größte Teil des Unterschiedes zwischen heiteren und trüben Tagen im Tal auf die Anheizung des Erdbodens zurückzuführen ist, die auf dem spitzen Zugspitzgipfel in sehr viel geringerem Maß zur Geltung kommen muß, so wird man sich doch sagen müssen, daß ein Teil der Amplitude auch stets der direkten Schreinbeheizung durch Sonnenstrahlung zu verdanken ist, die auf der Zugspitze ebenfalls fehlt. Man wird deshalb den Schluß zu ziehen geneigt sein, daß zumindest die Vergleichbarkeit der Tal- und Gipfelstation günstiger sein muß, wenn beide Schreine der Sonnenbestrahlung ausgesetzt sind. Das ist jedoch ein Fehlschluß; denn erstens wird dem Schrein in 3 000 m Höhe in den Sommermonaten bis zu 85% mehr Wärme zugestrahlt als dem Schrein im Tale, zweitens entfernt sich die Temperatur im Zugspitzschrein viel stärker von der Lufttemperatur als unter sonst gleichen Verhältnissen im Talschrein, weil die gleichzeitig beheizte Bodenfläche auf der Zugspitze fast völlig fehlt und drittens sind die Ventilationsverhältnisse im Tal und auf dem Berg am gleichen Tage meist so unterschiedlich, daß schon deshalb ein Vergleich beider Stationen nicht möglich wäre.

A. B ü d e l<sup>1)</sup> hat gleichzeitige Temperaturlaufzeichnungen von 4 Stationen in verschiedener Höhenlage während einer Zeit von 6 aufeinanderfolgenden Tagen veröffentlicht. Es handelt sich um die Stationen Partenkirchen 717 m, Obermoos 1234 m (Talstation der österreichischen Zugspitzbahn), Wettersteinkamm 2804 m (Bergstation der österreichischen Zugspitzbahn) und Zugspitze 2962 m. Die Messung erstreckte sich vom 31. August bis zum 5. September 1927. Die ersten 4 Tage dieser Zeit waren sonnig, die beiden letzten trübe. Alle Schreine mit Ausnahme des Zugspitzschreines waren der Sonnenstrahlung ausgesetzt. Ganz auffällig tritt der Unterschied der Tagesamplitude zwischen der Zugspitze und den 3 übrigen Stationen hervor. Selbst die Station Wettersteinkamm zeigt den charakteristischen Temperaturgang der Talstationen an heiteren Tagen. Der Unterschied zwischen Zugspitze und Wettersteinkamm geht soweit, daß hier die Mittagstemperatur nur an sonnigen Tagen die Zugspitztemperatur übertrifft, an den beiden trüben Tagen liegen die Temperaturen von Wettersteinkamm 1–2° unter der Zugspitztemperatur.

Wie groß der Strahlungseinfluß in der 3 000 m-Region ist, zeigt das Diagramm der Station Wettersteinkamm recht gut. Zur Zeit der ersten Besonnung, die erst im Laufe des Vormittags eintrat, ist an allen sonnigen Tagen ein sehr kräftiger Temperaturanstieg festzustellen.

Auch ziffernmäßig kommt, außer weiter unten in den Zugspitzkontrollmessungen, der Strahlungseinfluß in einer etwa vierwöchigen Meßreihe zum Ausdruck (Abbildung 1), die im Januar–Februar 1932 auf dem Schneefernerhaus 2650 m durchgeführt worden ist und die mir der Beobachter, Herr Dr. Wellenstein, freundlicherweise zur Verfügung gestellt hat. Die Schreintemperatur wurde zu den Terminen 7, 14 und 21 Uhr abgelesen und gleichzeitig mit dem Abmann-Psychrometer außerhalb des Schreines kontrolliert. In den Morgen- und Abendstunden bleiben die Temperaturdifferenzen in den Grenzen von  $\pm 1^\circ \text{C}$ , wobei Abweichungen von mehr als  $\pm 0.5^\circ$  morgens in 26%, abends in 32% aller Fälle auftreten und die positiven und negativen Abweichungen ziemlich gleichmäßig verteilt sind. In der Mittagszeit dagegen sind die Schreintemperaturen in 76% aller Fälle um mindestens  $+0.5^\circ$  höher als die Lufttemperaturen. Abweichungen von  $+4^\circ$  und mehr treten wiederholt auf.

Der Einfluß der Sonnenstrahlung auf die Schreintemperatur ist in 3000 m Höhe also sehr beträchtlich. Da diese Tatsache, wenn auch nicht quantitativ, von Anfang an feststand, wurde auf die Aufstellung eines Schreines auf der Plattform des Zugspitzobservatoriums verzichtet und mit Hilfe des Abmann-Psychrometers die Temperatur der Luft über der Plattform festgestellt. Die Kontrollmessungen geben also nur die Strahlungseinflüsse wieder, die die Plattform an sich hervorruft, nicht jedoch die

<sup>1)</sup> A. B ü d e l, Die Zugspitzbahn-Versuche. D. Met. Jahrb. für Bayern 1929, Anhang E, S. 10–11.

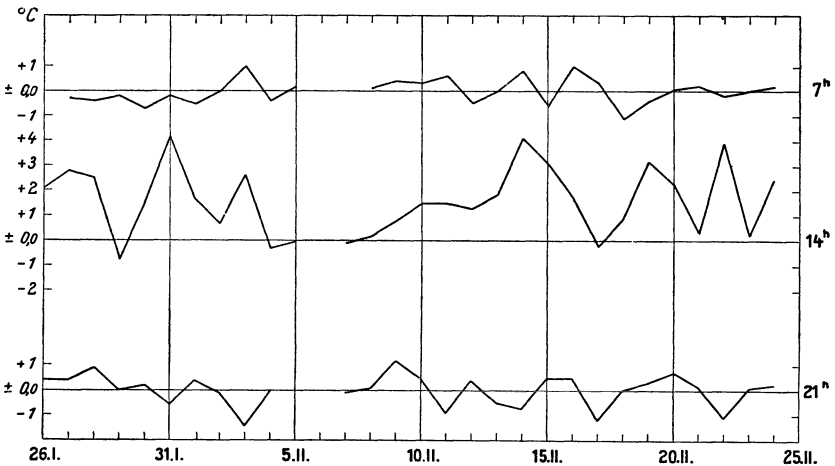


Abb. 1. Temperaturfehler eines der Bestrahlung ausgesetzten Schreines: Schneefernerhaus 2650 m, 26. I. . . . 25. II. 1932.



Abb. 2. Verteilung der Meßstellen mit dem Åbmannschen Aspirations-Psychrometer über der Plattform und innerhalb der herrschenden Luftströmung.

Strahlungseinflüsse, die sich durch die für Registrierungen notwendige Verwendung eines Schreines außerdem ergeben würden.

In der Zeit von November 1931 bis August 1932 wurden tagsüber an 5 Terminen gleichzeitig mit Ablesungen im Schrein regelmäßige Messungen auf der Plattform ausgeführt. Die Zeiten waren 7, 10, 12, 14, 21 Uhr Ortszeit. Ab 1. Januar 1932 wurde mit Rücksicht auf den zu erwartenden Einfluß der Abendbesonnung des Zugspitzschreines im Sommer der letzte Termin der Åbmann-Messung auf 18<sup>h</sup> verlegt, sodaß Kontrollmessungen für den 21<sup>h</sup>-Termin nur für November und Dezember vorliegen. Da sowohl der 18<sup>h</sup>- wie der 21<sup>h</sup>-Termin im November und Dezember mehrere Stunden nach dem Sonnenuntergang liegen, dürfte die Vorverlegung für unsere Zwecke ohne Einfluß sein. Bei der Mittelbildung wurden die Abweichungen des letzten Termines deshalb als gleichwertig behandelt.

Die Aufhängung des Aspirationsapparates erfolgte regelmäßig an derselben Stelle (Abbildung 2) am Gestänge des Beobachterturmes<sup>1)</sup>; die Mündung des Apparates befand sich etwa 1.60 m über der Plattform. Der Einfluß durch Reflexstrahlung von der überschneiten Plattform auf die Angabe des Aspirationsthermometers wurde mehrfach durch Bedeckung der Schneefläche mit einer dunklen Decke beseitigt. Der Einfluß ist in jedem Fall klein gegen die gefundenen Temperaturunterschiede der Plattformluft gegen die Temperatur der Gipfelluft.

Als richtige Temperatur wurde die Temperatur der herrschenden Luftströmung angesehen, d. h. die Temperatur der von der Windfahne angezeigten Strömung. Die Temperatur der herrschenden Luftströmung wurde dabei in Luv etwa 1 m außerhalb der Plattform und in Plattformhöhe in der üblichen Art mit dem Åbmann-Psychrometer gemessen.

Bald ergab sich, daß die Lufttemperatur über der Plattform, besonders bei starker Bestrahlung, erheblich von der Temperatur der herrschenden Luftströmung abweichen kann. So wurde sogar an Tagen mit überschneiter, also gut reflektierender Plattform festgestellt, daß sich über ihr trotz der nur 20 m<sup>2</sup> großen Fläche eine eigene Temperaturschichtung ausbildet, die mehrere Meter mächtig sein kann.

An einzelnen Tagen mit mäßiger NW-Strömung, an denen die Temperatur in 1.60 m über der Plattform bis zu 4<sup>o</sup> gegen die Temperatur der herrschenden Luftströmung (und des Schreines) abwich, war selbst in 4 m Höhe über der Plattform noch eine Abweichung von 1 bis 2<sup>o</sup> zu beobachten. Gelegentlich beobachtete Beispiele sind Mittagsmessungen an folgenden Tagen:

- 22. November,
- 24. Dezember,
- 22. Januar,
- 1. bis 5., 15., 20. Februar,
- 13., 20., 25. März,
- 17. Juni
- 25. Juli,
- 9., 16., 17., 23. August.

Alle diese Beispiele eines Eigenklimas der Plattform wurden an strahlungsreichen Tagen mit schwachen N- und NW-Winden beobachtet. Da die Strahlung im Sommer durch verstärkte Wolken- und Gewitterbildung im 3000 m-Niveau mittags herabgesetzt ist, treten die Abweichungen im Sommer weniger hervor als im Winter, was zunächst befremdlich erscheinen mag.

Die Tatsache, daß die Lufttemperatur bis dicht unter die Windfahne nicht der Temperatur der herrschenden Luftströmung entspricht, ist überraschend. In Abbildung 3 ist ein Schnitt von NW nach SE durch den Turm und den obersten Teil des Berggipfels dargestellt, der erkennen läßt, wie die Strömungslinien im Fall schwacher NW- oder SE-Strömung verlaufen. Durch die starke Hangneigung erhält die Luft eine beträchtliche Vertikalkomponente, und durch die 7 m hohen lotrechten Turmwände wird die Strömungsrichtung vollends vertikal. Erst mehrere Meter über der Plattform krümmen sich die Strömungslinien wieder, sodaß die auffallende Temperaturschichtung entstehen kann.

<sup>1)</sup> Die Luke wurde während der Messung auf der Plattform geschlossen.

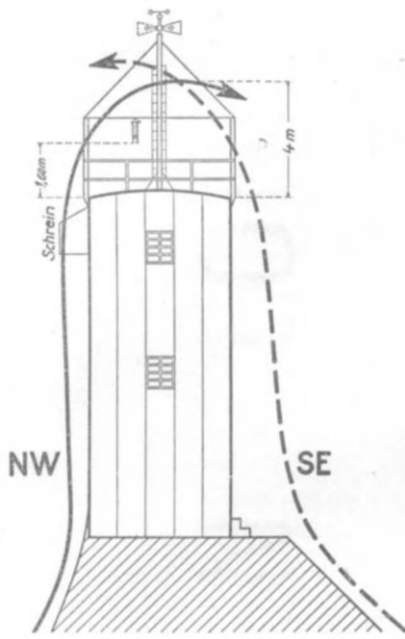


Abb.3. Verlauf der Stromlinien bei leichtem NW- und SE-Wind nach Messungen in 4 m Höhe über der Plattform.

Man wird freilich einwenden, daß man mikroklimatische Temperaturunterschiede überall auf Berggipfeln antreffen kann. Es ist in diesem Fall schließlich Geschmacksache, welche Stelle des Gipfels man als maßgebend für die Gipfeltemperatur ansehen will. Dieser Einwand ist nahelegend; im vorliegenden Fall darf aber nicht übersehen werden, daß das Expositions-klima auf der Plattform des Turmes durch künstliche Veränderung der Gipfelgestalt erst erzeugt worden ist. Die beiden Zugspitzgipfel wie ihr Verbindungsgrat, auf dem nach Einebnung das Münchener Haus und das Observatorium erbaut worden sind, waren in ungebautem Zustand durchaus spitz und ohne größere Expositionsflächen. Und selbst auf Gipfeln, auf denen diese vorhanden sind, wird man keinen geeigneten Aufstellungsplatz für Schreine haben, wenn man in den Bereich von Flächen mit Eigenklima hineingerät. So interessant Messungen auf derartigen Flächen für den Mikroklimatiker sind, so sehr muß für den praktischen Wetterdienst, wie für die vergleichende Klimatologie danach gestrebt werden, mikroklimatische Einflüsse auszuschalten.

Die Eigenarten der Bergatmosphäre sind hiernach am allgemeingültigsten in der vorherrschenden Luftströmung zu messen, die ja lokale Kleinklimate ausgleicht. Hält man hieran fest, so ist die Frage, an welcher Stelle des Gipfels und in welcher Höhe gemessen wird, meist von untergeordneter Bedeutung. Als gegebene Meßhöhe ist auf der Zugspitze die Höhe des Schreines anzusehen, die etwa der Gipfelhöhe entspricht (2962 m).

Die Kontrollmessungen auf der Plattform wurden etwa 2 m höher, wie oben beschrieben, ausgeführt. Mindestens jedesmal, wenn sich hier eine Temperaturdifferenz gegen die Schreinalesung von  $\Delta t \geq \pm 1.0^\circ$  zeigte, wurden weitere Aßmann-Messungen in der vorherrschenden Luftströmung ausgeführt. Dazu wurde der Aspirationsapparat an einem Stab etwa 1 m von der Plattform entfernt gehalten, so daß sich die Mündung etwa in gleicher Höhe wie die Plattform befand. Als Meßstellen wurden nach einer größeren Zahl von Probemessungen die N- und die S-Kante des Turmes gewählt. In besondern Fällen wurden auch Messungen an der E-Kante, in 4 m Höhe über der Plattform und an anderen Punkten ausgeführt. An der N-Kante, an der das Treppenhaus der Wetterwarte in einer Luke auf der Plattform mündet, wurde das Gelände der Plattform als Schutz gegen Temperaturerhöhung von der Treppe her mit einer Bretterverkleidung versehen.

## 2. Einzelergebnisse der Messungen.

Sämtliche Abweichungen der Plattformtemperatur von der Schreintemperatur wurden am Ende eines Monats in einem Diagramm zusammengestellt und für jeden Beobachtungstermin Bewölkung, Besonnung, Niederschlag und Windverhältnisse beige-schrieben. Aus der daraus gewonnenen Übersicht konnte der Grund für jede einzelne Abweichung fast stets ohne Schwierigkeiten angegeben werden. Als Grundlage dienten hierbei die größeren Abweichungen von mehr als  $\pm 1^\circ$ , für die die Temperatur der herrschenden Luftströmung exakt gemessen war. Für kleinere Abweichungen wurde die Temperatur der herrschenden Luftströmung aus den vorliegenden Messungen der Temperaturen im Schrein und auf der Plattform sowie der anderen Witterungselemente ermittelt.

Die auftretenden Differenzen zwischen beiden Meßstellen sind insgesamt auf eine nur kleine Anzahl von Einflüssen zurückzuführen.

a) Oft ist die Ventilation im Schrein oder auf der Plattform zu gering. Im Schrein ist dies fast regelmäßig bei schwachen Winden aus östlichen, südlichen und westlichen Richtungen der Fall. Auf der Plattform in erster Linie bei N- und NW-Strömung, aber auch beispielsweise bei SE-Wind, wie bereits oben gezeigt wurde. Bei Windstille (C) sind beide Meßstellen schlecht ventiliert; als maßgebende Temperatur wurde in den wenigen Fällen, in denen Windstille herrschte, die Temperatur schattiger Stellen außerhalb der Plattform betrachtet.

b) Ein zweiter häufig vorkommender Grund für die Temperaturdifferenzen, der mit dem ersten meist eng zusammenhängt, ist die Trägheit des Temperaturganges im Schrein und auf der Plattform. An beiden Meßplätzen wird beispielsweise durch eine Schneedecke in der Umgebung der Meßinstrumente sowohl die Ventilation gehemmt, als die Kälte und Wärme speichernde Masse erhöht, die den Temperatur-



angleich an die Temperatur der herrschenden Luftströmung verzögert. Die Verzögerung addiert sich zu der gewohnten thermischen Trägheit der Meßinstrumente, der Schreiwände usw. Auch die Verdunstung von Schnee und von Feuchtigkeitsniederschlag mag bei starker Austrocknung der Luft während einer antizyklonalen Atmosphärenschrumpfung gelegentlich im Schrein und auf der Plattform eine Abkühlung unter die Normaltemperatur hervorrufen. Wird doch bei „antizyklonalem Föhn“ meist ein beträchtliches Sättigungsdefizit erreicht, das sich bisweilen in Werten der relativen Feuchtigkeit von weniger als 10% ausdrückt.

c) Der Schrein nimmt eine zu niedrige Temperatur an, wenn bei NW-Wind eine kalte Grundströmung aus dem Bayerischen Schneekar mitgerissen oder wenn eine solche bei SE-Strömung angesogen wird.

d) Der häufigste Grund für größere positive Abweichungen der Lufttemperatur über der Plattform ist die Sonnenstrahlung, die, wie erwähnt, bei schwachen Winden auf der Plattform ein Sonderklima bis zu einer Höhe von 3 bis 4 m entstehen läßt.

Für die Arten der Abweichungen ergibt sich somit das in Tabelle 1 gegebene Schema.

Die beige-schriebenen Buchstaben und Zeichen in der letzten Spalte wurden in Tabelle 2 benutzt, um den Grund für die Abweichung kurz zu kennzeichnen. Die Tabelle enthält sämtliche Abweichungen von der Temperatur der herrschenden Luftströmung von 1° C und mehr. Die Aufzählung umfaßt also die größeren Abweichungen, ohne alle Messungen zu bringen, bei denen Kontrollmessungen in der herrschenden Luftströmung gemacht wurden.

Bei näherer Betrachtung der Tabelle 2 fällt auf, daß die Zahl der Abweichungen zur Zeit des 7<sup>h</sup>-Termins am geringsten ist, auch abends tritt die Zahl der Abweichungen gegen die der Mittagstermine zurück.

Mittags finden wir recht häufig positive Temperaturabweichungen; meist ist mangelhafte Ventilation der Grund für zu hohe Schreintemperaturen. So bei südlichen Winden am

11., 13., 20., 27., 28., 30. November,  
 1. Dezember,  
 11. Januar,  
 3., 5., 28., 31. März,  
 11., 14., 23., 26., 27., 28. April,  
 3., bis 7., 16., 18., 19., 21., 22., 25. bis 28. Mai,  
 5., 6., 20., 30. Juni,  
 1., 2., 7., 11., 12., 15., 16., 18., 20., 26., 27. Juli,  
 2., 13., 18., 19., 21., 22., 25., 27., 29., 30. August,  
 oder bei W-Winden am 24. November; 9. Februar; 10., 12. März; 19. Mai; 1., 19., 27. Juni.

Mangelhafte Ventilation auf der Plattform tritt in erster Linie bei N- und NW-Winden auf, z. B. am

21. bis 23. November,  
 3., 5., 8., 9., 14., 17., 24., 25., 27. Dezember,  
 17., 18., 22., 26. Januar,  
 1. bis 5., 15., 20., 21., 26. Februar,  
 13. bis 15., 19., 20., 24., 25., 27. März,  
 14., 29. April,  
 13., 15., 17. Mai,  
 14., 17., 18. Juni,  
 1., 17., 24., 25., 31. Juli,  
 6. bis 10., 12., 13., 16. bis 19., 23. August.

An diesen Tagen nimmt die ruhende Luft über der Plattform infolge von Strahlung zu hohe Temperatur an. Wenn der Fehler auch bei fehlender Schneedecke im Sommer besonders häufig in Erscheinung tritt, so ist er doch auch im Winter stark ausgeprägt. Obgleich bei den Messungen also keinerlei Schutzwände um das Thermometer die Luftzirkulation hemmten, waren die Abweichungen doch häufiger und größer als die der Temperaturen im Schrein.

Auch negative Temperaturabweichungen der Schreintemperatur sind häufig auf zu geringe Ventilation zurückzuführen. Diese ist nach vorhergehendem Schneegestöber oder Schneetreiben vorhanden, wenn der Schrein mit Schnee verstopft ist und der Wind abflaut. Ein anderer Fall zu niedriger Schrein-

temperatur tritt zeitweise bei gut belüftetem Schrein und herrschender E- bis S-Strömung auf, nämlich dann, wenn durch die vorherrschende Strömung feuchte Kaltluft aus dem Bayerischen Schneekar angesogen wird (in der Tabelle mit B bezeichnet), z. B.

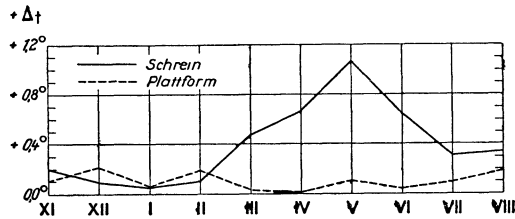


Abb. 4. Jahresgang der mittleren positiven Temperaturabweichung im Schrein und auf der Plattform, 18<sup>h</sup> Ortszeit.

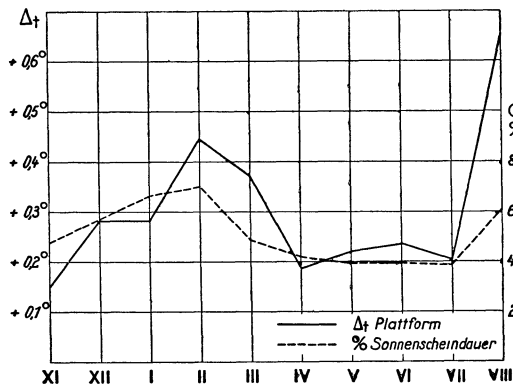


Abb. 5. Jahresgang von  $\Delta t$  über der Plattform u. der prozentualen Sonnenscheindauer. ( $\Delta t$  = Abweichung gegen die Temperatur der herrschenden Luftströmung.)

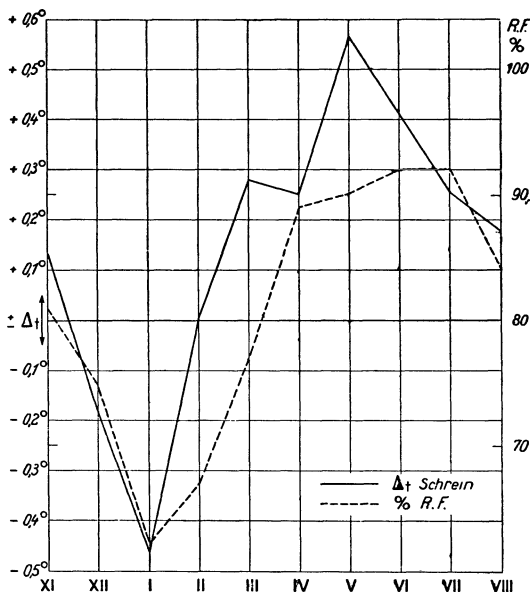


Abb. 6. Jahresgang von  $\Delta t$  im Schrein und der relativen Feuchtigkeit.

R. f. W. Wiss. Abhandlungen II, 9.

25. November,  
4., 22., 23., 27. Dezember,  
6., 11., 13., 18., 28., 31. Januar,  
14., 19., 23. Februar,  
13., 17. März,  
5., 7., 9., 15. April,  
13., 14., 16. Mai,  
17. Juni,  
4., 25. Juli,  
9., 19., 20., 26. August.

Nur selten ist auch die Plattform einmal um mehr als 1° kälter als die herrschende Luftströmung. Der Fall tritt bei bedecktem Himmel gelegentlich an Sturmtagen auf, so am 2. und 3. Januar bei NW 6 und NW 10. Der Grund ist in der Trägheit der Luftschicht über der Plattform und wohl auch in dem Ansaugen von SE-Luft durch die NW-Strömung zu suchen. Es fällt besonders in den Wintermonaten Dezember, Januar und Februar auf, daß die Temperaturabweichung des Schreines vorwiegend negativ, die der Plattform durchweg positiv ist. Von März ab treten positive Temperaturdifferenzen im Schrein, anfangs vor allem in der zweiten Tageshälfte mehr und mehr hervor. Von der zweiten Aprilhälfte ab kommen negative Abweichungen so gut wie nicht mehr vor, erst im August sind sie wieder zu bemerken. Mehr als einmal sind die Temperaturabweichungen des Schreines und der Plattform gleichzeitig positiv, so am 15. Mai an 3, am 14. Juni an 1, am 11. Juli und am 18. August an 3, am 25. und 29. August an 2 Terminen. — Während die großen Abweichungen im Schrein positiv und negativ sind, sind sie auf der Plattform stets positiv. Im Mittel ist deshalb der Temperaturfehler auf der Plattform größer.

Die Zahl der großen Temperaturabweichungen der Plattformluft wird im Sommer durch die mittägliche Wolken- und Nebelbildung herabgesetzt. Bedenkt man, daß bei den Schreinemessungen die Fehler des Schreines und mangelhafter Thermometerventilation mit eingegangen sind, die bei den Plattformmessungen noch völlig ausgeschaltet waren, so erkennt man die Überlegenheit der derzeitigen Thermometeraufstellung auf der NW-Seite der Wetterwarte.

Besondere Aufmerksamkeit wurde dem Einfluß der Abendbesonnung auf den Temperaturgang der Schreinluft geschenkt. Bereits Ende April wächst der Temperaturfehler während des 18<sup>h</sup>-Termines nach der positiven Seite hin. Im Mai hat die positive Abweichung ein Maximum (Abbildung 4), auch in den Sommermonaten Juni bis August bleibt die Abweichung meist positiv. Im Mai liegt der positive Fehler 2 bis 3mal so hoch, als im Juni und Juli; daran erkennt man, daß der Temperaturfehler des Schreines von der abendlichen Bestrahlung um die Mittsommerzeit nicht wesentlich beeinflusst wird. Auch eine mehr ins einzelne gehende Untersuchung ergibt dasselbe: An Tagen mit und ohne Abendsonne ist der positive Temperaturfehler des Schreines gleich häufig. Das zeigt, daß die zunehmende positive Tem-

peraturabweichung mit der im Sommer abnehmenden Ventilation des Schreines einhergeht. Die Sommermonate sind reich an schwachen SE-Winden, die den Schrein bekanntlich schlecht belüften. Die NW-Winde nehmen gleichzeitig an Zahl und Stärke ab, und außerdem fehlt auch die Schneedecke im oberen Teil des Bayerischen Schneekars, sodaß die hochstehende Sonne hier Gestein und Erdreich erwärmt, die indirekt auf den Schrein einwirken.

An heiteren und trüben Tagen mit großem positiven Temperaturfehler der Schreinluft wurden zur weiteren Untersuchung der Frage in den Stunden zwischen 18 und 21<sup>h</sup> besonders im Mai eine Anzahl von Kontrollmessungen durchgeführt. Ganz allgemein nahm der Temperaturfehler mit fortschreitender Dämmerung ab. Man darf sagen, daß der Temperaturfehler, der durch Abendbesonnung des Schreines entsteht, klein ist gegen die Einflüsse der sommerlichen Jahreszeit, die sich besonders in mangelhafter Belüftung geltend machen.

### 3. Mittelwerte der Abweichungen.

a) J a h r e s g a n g. In Tabelle 3 sind die monatlichen Mittelwerte der Temperaturabweichungen enthalten. Die Abweichungen der Plattformmessungen sind durchweg positiv (Abbildung 5), die der Schreintemperaturen in den Wintermonaten negativ (Abbildung 6). Die Höchstwerte der ersten liegen in der strahlungsreichsten Zeit, sie erreichen im Februar bei 70% der möglichen Sonnenscheindauer  $+0.45^{\circ}$ , im August bei 61% der möglichen Sonnenscheindauer  $+0.65^{\circ}$ . Die Abweichung der Schreintemperatur zeigt von  $-0.46^{\circ}$  im Januar bis  $+0.57^{\circ}$  im Mai einen weit größeren Jahresgang. Auffallend ist hier die gute Übereinstimmung mit dem Gang der relativen Feuchtigkeit. Winterliches Strahlungswetter, bei dem in Zugspitzhöhe die Ausstrahlung stark überwiegt, bedingt negative Temperaturabweichungen im Schrein, gleichzeitig aber auch geringe relative Feuchtigkeit. Sommerliches Wetter dagegen mit überwiegender Einstrahlung und schwindender Schneedecke bedingt positive Temperaturabweichungen und gleichzeitig Wolken- und Nebelbildung in Zugspitzhöhe. An dem Beispiel des Februar ist zu erkennen, wie außerordentlich stark der Einfluß der Sonnenstrahlung selbst auf der offenen Plattform mitspricht. Man kann sich ein Bild davon machen, wie stark der Einfluß hervortreten würde, wenn das Thermometer in einem auf der Plattform stehenden Schrein aufgehängt wäre.

b) T a g e s g a n g (Abbildung 7). Die negativen Temperaturabweichungen der Schreinluft auf der NW-Seite des Observatoriums gehen bereits im Februar, dem Monat mit vorwiegender Strahlungswitterung, zwischen 12 und 14<sup>h</sup> in positive Abweichungen über. Deutlich zeigt sich nicht nur hier, sondern auch in allen anderen Monaten der Einfluß der Schreinträgheit im Monatsmittel des Tagesganges. Morgens ist die Temperaturabweichung der Schreinluft fast stets nach Betrag und Vorzeichen kleiner als die der Plattformluft. Gegen Mittag wächst die Abweichung der Schreintemperatur stark an und übertrifft dann mit Ausnahme der 3 Wintermonate Dezember, Januar und Februar nach Vorzeichen und Betrag die Abweichung der Plattform-Lufttemperatur. Während der Temperaturfehler der Plattformluft gegen Abend regelmäßig abnimmt, übertrifft der Fehler der Schreinluft den der Plattformluft am meisten am 18<sup>h</sup>-Termin.

Die mittleren  $\Delta t$ -Extreme der Schreinluft sind  $-0.55^{\circ}$  im Januar um 7<sup>h</sup> und  $+1.07^{\circ}$  im Mai um 18<sup>h</sup>. In den Jahresmittelwerten kommt die zeitweise negative Abweichung dadurch zum Ausdruck, daß die Schreintemperatur günstiger liegt als die Plattformtemperatur. Es ergeben sich als mittlere jährliche Abweichungen von der Temperatur der herrschenden Luftströmung:

$$\begin{aligned} \text{Schrein} & \dots \dots = +0.14^{\circ} \text{ C,} \\ \text{Plattform} & \dots \dots = +0.31^{\circ} \text{ C.} \end{aligned}$$

### 4. Der Einfluß des Windes.

Wie aus dem bisher Gesagten bereits hervorgeht, ist der Einfluß der Windrichtung auf die Größe des auftretenden Fehlers von großer Bedeutung. Es besteht außerdem eine Abhängigkeit von der Windstärke, die ebenso wie die der Windrichtung im Laufe des Jahres verschieden auftritt. Zur Ermittlung der Abhängigkeiten wurden für jeden der 5 Ter-

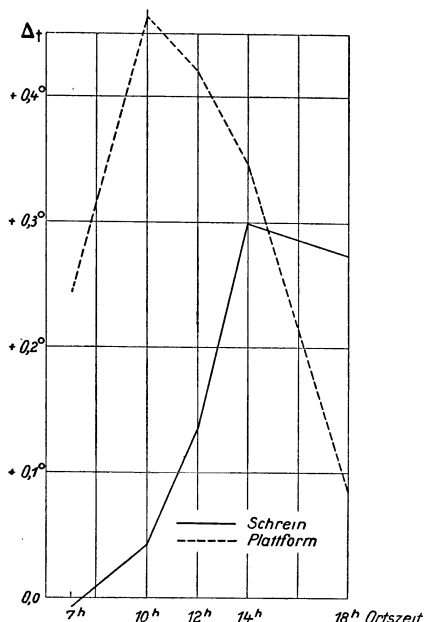


Abb. 7. Jahresmittel des Tagesganges von  $\Delta t$ .

mine sämtliche im Laufe der einzelnen Monate auftretenden Abweichungen der Schrein- und der Plattformtemperatur nach acht Windrichtungen getrennt niedergeschrieben. Für jede der acht Windrichtungen wurde in leichte, mittlere und stürmische Winde unterschieden. Die erste Klasse umfaßte die Windstärke 1–3 der Beaufort-Skala, die zweite die Windstärken 4–7, die dritte die Windstärken 8–12. Für Luftruhe (Calme C) wurde eine eigene Klasse ausgewertet; sie enthielt neben der Klasse der NE-Winde das kleinste Beobachtungsmaterial.

a) Die Jahresmittel des Windeinflusses.

Abbildung 8 zeigt die Jahresmittel der Abweichungen bei schwachen Winden für die einzelnen Termine. Im Zentrum ist der quadratische Grundriß des Observatoriums skizziert, das auf seiner NW-Seite den Schrein trägt. Die beiden Meßstellen im Schrein und auf der Plattform sind durch umrahmte Kreuze angedeutet, die beiden meist benutzten Meßstellen für die Temperatur der herrschenden Luftströmung an der N- und S-Kante des Turmes durch einfache Kreuze. Von innen nach außen fortschreitend kommen die Meßergebnisse von 7<sup>h</sup>, 10<sup>h</sup>, 12<sup>h</sup>, 14<sup>h</sup> und 18<sup>h</sup> zur Darstellung, so daß auf jede Windrichtung die zugehörigen Temperaturabweichungen aufgetragen sind. Die Temperatur der herrschenden Luftströmung ist als Normaltemperatur gestrichelt eingetragen, die Abweichung der Schreintemperatur stark, die der Plattformtemperatur schwach ausgezogen.

Beginnen wir mit der häufigsten Windrichtung NW. Wir bemerken, daß die Abweichung der Schreintemperatur gegen die Temperatur der herrschenden Luftströmung ganz verschwindend gering ist. Nur nachmittags steigt an den Terminen 14<sup>h</sup> und 18<sup>h</sup> die Abweichung bis auf +0.2°, bei stärkeren Winden ist selbst dieser geringe Fehler nicht vorhanden. Die Abweichung der Lufttemperatur auf der Plattform erreicht im Gegensatz dazu vormittags sowohl bei leichten als bei mittleren Winden +0.7°. Die

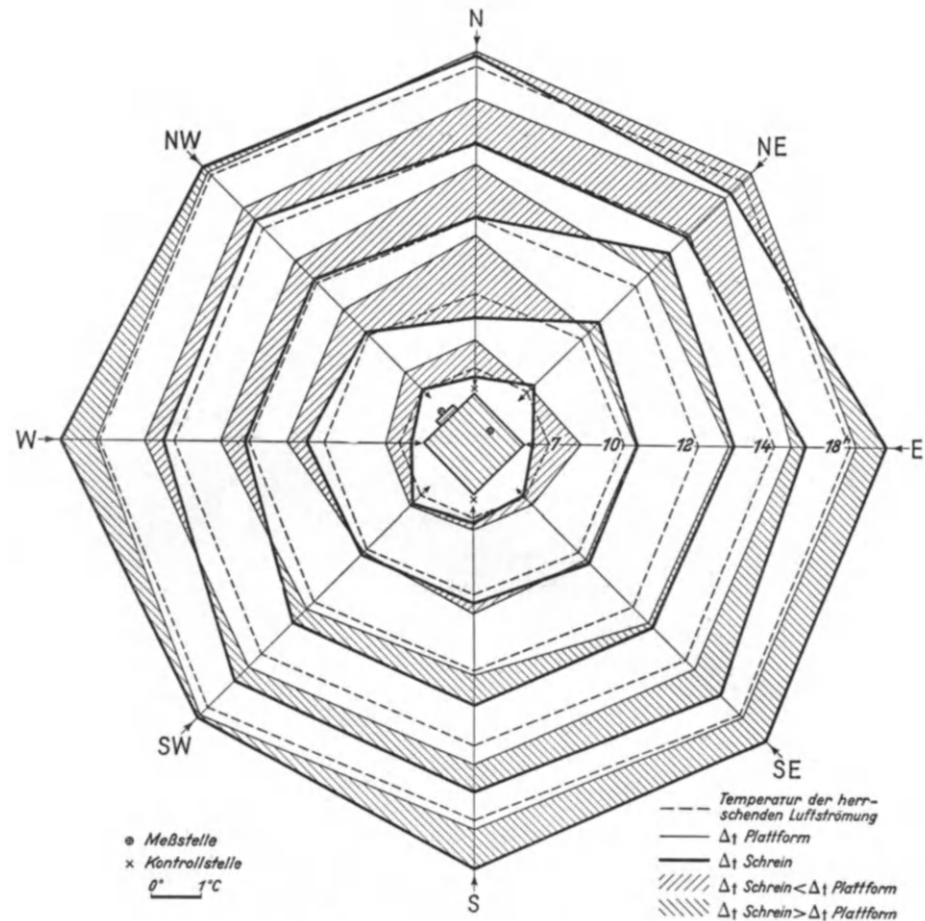


Abb. 8. Jahresmittel von  $\Delta t$  bei schwachen Winden (Beaufort 1 . . . 3) nach Windrichtung und Beobachtungszeit geordnet.

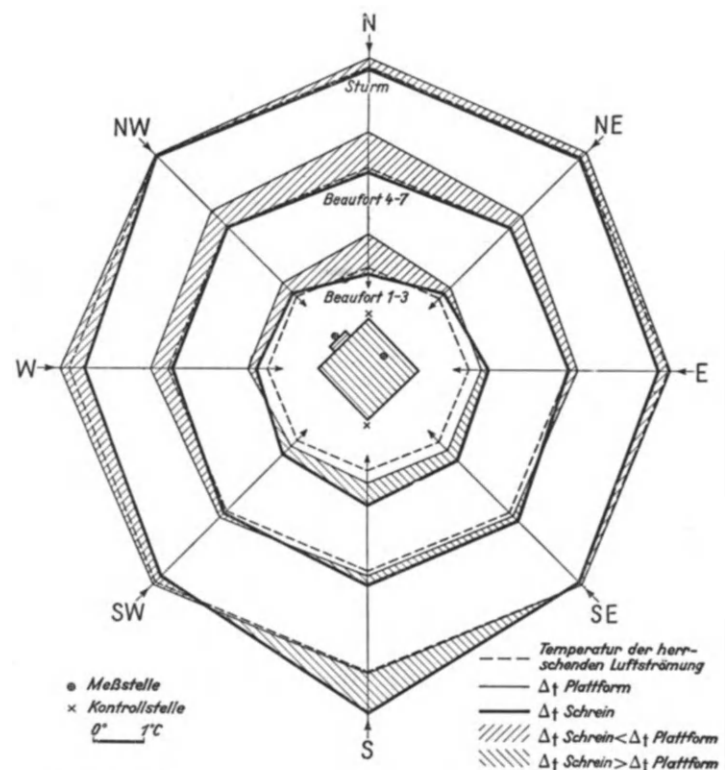


Abb. 9. Jahresmittel von  $\Delta t$  bei verschiedenen Windrichtungen und Windstärken.

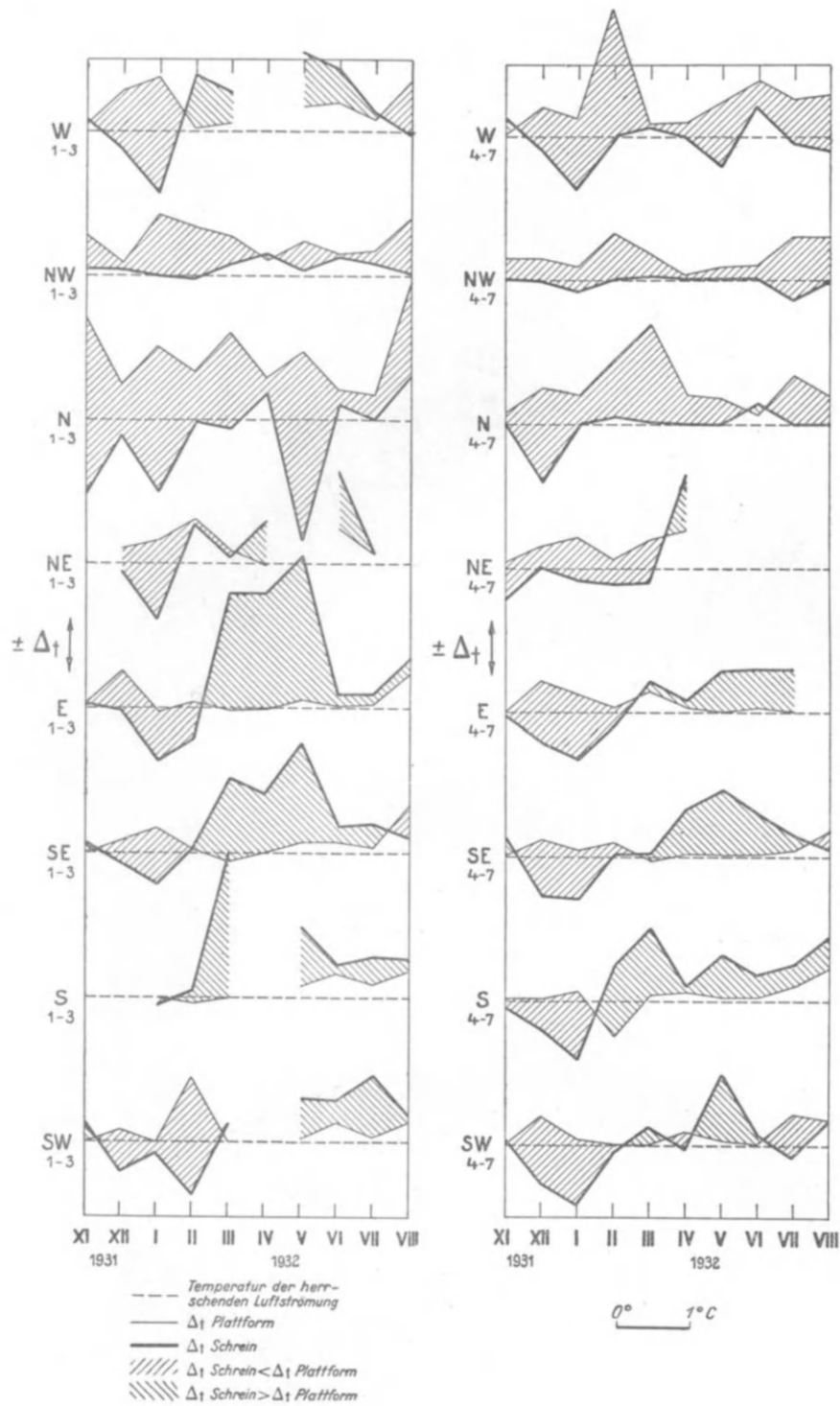


Abb. 10. Jahresgang von  $\Delta t$  für die einzelnen Windrichtungen bei schwachen und mittleren Windstärken.

obachten ist, bei stärkerem aber fehlt. Die mittleren Abweichungen sind nachmittags und abends am größten; sie betragen:

	um	7h	10h	12h	14h	18h
bei NE		+0.1	+0.5	<b>+0.9</b>	-0.1	-0.4
E		-0.3	+0.3	<b>+0.7</b>	+0.6	+0.6
SE		-0.0	+0.2	+0.6	<b>+1.0</b>	+0.7
S		+0.1	+0.1	+0.7	+0.9	<b>+1.0</b>
SW		+0.2	+0.1	+0.5	<b>+0.7</b>	+0.2
W		-0.2	+0.3	+0.1	+0.2	<b>+0.7</b>
NW		+0.0	-0.0	+0.1	+0.2	<b>+0.3</b>
N		-0.1	-0.5	+0.0	-0.1	<b>+0.2</b>

Überlegenheit der Schreinemessung kommt erst zur Geltung, wenn man berücksichtigt, daß 45.8% aller Zugspitzwinde NW-Winde sind, und daß die unvermeidlichen Nachteile des Schreineinflusses wohl bei der günstigen nicht aber bei der ungünstigen Messung eingerechnet sind.

Die größten Fehler der Plattformlufttemperaturen treten bei N-Winden auf. Schon um 7 Uhr beträgt der mittlere Fehler hier  $0.5^\circ$ , beim 10<sup>h</sup>- und 12<sup>h</sup>-Termin überschreitet der Fehler  $+1^\circ$ ; auch bei stärkeren Winden ist er recht beträchtlich (12<sup>h</sup>  $+1.2^\circ$ ). Der Fehler der Schreintemperatur ist auch bei dieser Windrichtung verschwindend klein, im allgemeinen ist er negativ als Folge einer Ventilation des Schreines durch eine seichte kalte Grundströmung.

Bei schwachen Winden aus den übrigen Richtungen zeigen die Schreintemperaturabweichungen ein eigenartiges Verhalten: Sie haben vormittags bei NE-Wind, nachmittags bei SE- und S-Wind und abends bei W-Wind positive Höchstwerte; diese wandern also mit der Sonne. Die Erklärung liegt darin, daß bei schwachen Winden der Schrein durch seichte Bodenströmungen ventiliert wird, die durch erwärmtes Gestein wärmer sind als die herrschende Luftströmung, solange sie von der Sonnenseite auf den Schrein zuwehen. Weht der Wind von der entgegengesetzten Seite, also morgens von Westen, abends von E, so gelangt die auf den eng begrenzten Gesteinflächen der Sonnenseite lokal erwärmte Luft nicht zum Schrein, und die Ventilationsluft hat die Temperatur der herrschenden Strömung. Für diese Annahme spricht es, daß der auffällige Tagesgang des Windeinflusses nur bei leichtem Wind zu beobachten ist, bei stärkerem aber fehlt.

Wie im einzelnen der Tagesgang zustande kommt, und auf welchem Wege die Ventilationsluft beispielsweise bei S-Winden die höhere Temperatur annimmt, mag hier nicht näher erörtert werden. Es gibt hier verschiedene Erklärungsmöglichkeiten, die zu untersuchen recht reizvoll wäre.

Bei den stärkeren Winden sind alle Abweichungen kleiner. Der Schrein ist besonders in den Nachmittagsstunden bei SE- und S-Winden zu warm. Die größte Abweichung tritt bei SE-Wind um 18<sup>h</sup>, bei S-Wind um 14<sup>h</sup> mit je  $+0.6^{\circ}$  C auf. Die Plattformlufttemperaturen sind nur bei schwachen S- und E-Winden zu hoch; im Maximum erreichen die Differenzen bei S-Wind  $+0.4^{\circ}$ , bei E-Wind  $+0.6^{\circ}$ .

Ein Vergleich der verschiedenen Windstärken ermöglicht Abbildung 9, in der die Meßergebnisse der 5 Termine 7, 10, 12, 14 und 18<sup>h</sup> gemittelt für schwache, mittlere und stürmische Winde dargestellt sind. Bei der Berechnung der Tagesmittel konnten auch die einzelnen Richtungen der stürmischen Winde berücksichtigt werden, für die wegen der Kürze des Beobachtungszeitraumes nicht jeder Tagetermin mit genügend Meßwerten zu einer getrennten Darstellung versehen ist.

Die Abweichungen der Schreintemperatur sind am geringsten für mittlere Windstärke. Im Maximum werden bei S-Wind  $+0.3^{\circ}$  erreicht. Bei derselben Windstärke beträgt der Fehler der Plattformlufttemperatur bis zu  $+0.7^{\circ}$  bei N-Wind. Bei schwachen Winden sind die entsprechenden Maxima  $+0.7^{\circ}$  je für den Schrein und für die Plattform; bei stürmischen Winden  $+0.8^{\circ}$  für den Schrein und  $+0.2^{\circ}$  für die Plattform.

#### b) Der Jahresgang des Windeinflusses.

Im Laufe des Jahres zeigt sich ein bestimmter Gang des Windeinflusses, der für schwache und mittlere Windstärken in Abbildung 10 zur Darstellung gekommen ist. Am klarsten ist der Jahresgang bei mittleren Windstärken zu verfolgen. Bei NW-Winden ist die Temperaturabweichung der Schreinluft durchweg gering, die der Plattformluft erreicht im Januar  $+0.7^{\circ}$  und im Juli und August  $+0.6^{\circ}$ . Auch bei N- und W-Wind ist der Temperaturfehler des Schreines gering, der der Plattform fast durchweg größer. Bei östlichen und südlichen Windrichtungen tritt im Laufe des Jahres ein Übergang von negativen Abweichungen der Schreinlufttemperatur zu positiven ein, der in den Frühjahrsmonaten erfolgt. Der Temperaturfehler der Schreinluft überwiegt bei diesen Windrichtungen den der Plattformluft.

Das gleiche Verhalten zeigt sich in verstärktem Maße bei schwachen Winden. Hier tritt auch bei Westwinden von Februar bis Juli ein Überwiegen der Schreinlufttemperatur-Fehler auf, als eine Folge der Ventilationsstörungen durch den Westgipfel. Bei E- und S-Winden sind die positiven, bei N-Winden die negativen Abweichungen in einigen Monaten des Frühjahrs besonders stark ausgeprägt. Für schwache S-, SW- und W-Winde fehlen Messungen im April, für schwache NE-Winde im Mai und für stärkere NE-Winde von Mai bis August, sodaß einzelne Lücken in den Diagrammen entstanden sind.

### C. Schluss und Zusammenfassung.

Die Untersuchung der Schreinaufstellung hat neben zahlenmäßigen Unterlagen für die Temperaturmeßfehler, die unter verschiedenen Bedingungen auftreten, auch einige mikroklimatische Zusammenhänge erkennen lassen. Da m. W. bereits früher Untersuchungen auf diesem interessanten Gebiet geplant waren, soll hier auf die wichtigen Ergebnisse nochmals kurz hingewiesen werden.

Oft tritt auf dem Gipfel eine seichte Grundströmung aus dem Bayerischen Schneekar auf, die von einer vom Platt heraufwehenden Luftströmung angesogen wird. Während in diesen Fällen also die Windfahne beispielsweise auf SE steht, ist auf der NW-Seite des Beobachterturmes ein kühler NW-Wind feststellbar. Da dieser den Schrein ventiliert, ist die Erscheinung einwandfrei meßbar.

Als weiterer mikroklimatischer Einfluß ist die Temperaturschichtung über der Plattform zu nennen, die sich bei schwachen und mittleren Winden aus NW und SE einstellt. Obgleich die Plattform nur  $20\text{ m}^2$  groß ist und eine geringe Wölbung besitzt, bildet sich eine selbständige Temperaturschichtung aus, die oft bis zu einer Höhe von 4 m reicht und selbst in dieser Höhe noch Abweichungen von mehr als  $1^{\circ}$  C gegen die Temperatur der herrschenden Luftströmung besitzt.

Schließlich fiel der Tagesgang des Windeinflusses auf die Größe der Temperaturabweichungen im Schrein auf. Im Jahresmittel sind die Schreinabweichungen morgens bei schwachen E-Winden, mittags bei schwachen S-Winden und abends bei schwachen W-Winden größer als die Plattformabweichungen (Abbildung 8). Man muß annehmen, daß dieser Gang auf die Einwirkung kleiner lokal erwärmter Luftkörper zurückzuführen ist, die als seichte Grundströmung von dem vorherrschenden Wind mitgenom-

men werden und in den Schrein gelangen. Die Luftkörper erwärmen sich auf den stark geneigten Hängen, die der Sonne zugekehrt sind; auf der der Sonne abgewandten Seite entstehen ähnliche Luftkörper nicht, da hier eine stärkere Gesteinserwärmung nicht in Frage kommt. Der Tagesgang des Windeinflusses auf die Abweichungen der Schreintemperatur ist eine typische mikroklimatische Angelegenheit des schroffen Zugspitzgipfels.

Die Hauptergebnisse der Messungen sind folgende:

In Einzelfällen werden Temperaturabweichungen sowohl im Schrein als auf der Plattform von 3–4° C erreicht. In der Plattformmessung sind dabei die unvermeidlichen Fehler, die durch eine Thermometerhütte besonders bei Besonnung entstehen, nicht mit enthalten. Als Meßort ist deshalb die Plattform der NW-Seite der Wetterwarte, an der der Schrein aufgehängt ist, unterlegen. Das zeigt sich auch in dem Vorzeichen des Meßfehlers, der für die Plattformmessung meist positiv, für die Schreintemperatur sowohl von Tag zu Tag als im Verlaufe des Jahres abwechselnd positiv und negativ ist.

Im Jahresmittel ist deshalb der Temperaturfehler der Plattformluft gut doppelt so groß, wie der der Schreinfluft, nämlich über der Plattform +0.31°, im Schrein +0.14° C. Der Jahresgang von  $\Delta t$  folgt über der Plattform der prozentualen Sonnenscheindauer; im Schrein sind Anklänge an den Gang der relativen Feuchtigkeit vorhanden. Der Tagesgang des Jahresmittels zeigt über der Plattform ein Maximum von +0.46° vormittags, das bereits zwischen 10 und 14<sup>h</sup> wieder abnimmt und bis 18<sup>h</sup> unter den 7<sup>h</sup>-Wert zurückgeht; im Schrein ist ab 10<sup>h</sup> eine starke Zunahme des Temperaturfehlers vorhanden, die um 14<sup>h</sup> +0.30° erreicht und nachmittags eine sehr langsame Abnahme aufweist. Im ersten Falle machte sich der Strahlungseinfluß bemerkbar, im zweiten die Trägheit des Schreines.

Der Windeinfluß zeigt sich derart, daß die Temperaturfehler bei NW- und W- Winden im Schrein ihre kleinsten, auf der Plattform ihre größten Werte annehmen. Da NW- und N-Winde zusammen 67.3% aller Zugspitzwinde ausmachen, ist die Schreinaufstellung auf der NW-Seite der Wetterwarte von vornherein die gegebene. Bei den übrigen Windrichtungen zeigen die Schreintemperaturen während der wärmeren Jahreszeit größere positive Temperaturfehler als die Plattformmessungen; das erklärt sich aber in erster Linie damit, daß wegen abnehmender Ventilation und zunehmender Strahlung bei schwindender Schneedecke der Einfluß des Schreines auf den Thermometergang besonders stark ist, der ja bei der Plattformmessung nicht berücksichtigt werden konnte.

Abschließend läßt sich daher sagen, daß der alte Platz des Schreines auf der NW-Seite der Wetterwarte kleinere Meßfehler als irgend ein anderer gewährleistet.

Tabelle 1.

Meßstelle	Art der Abweichung	Grund der Abweichung	Zeichen
Schrein	zu warm	Ventilation Trägheit Schneeverwehung	V T ⊗
	zu kalt	Kalte Grundströmung oder kalte Saugluft aus dem Bayr. Schneekar (BSK) Trägheit Schneeverwehung	B T ⊗
Plattform	zu warm	Ventilation Strahlung	V ⊙
	zu kalt	Ventilation Trägheit Schneedecke	V T ⊗



Tab. 2. Abweichungen  $\Delta t \geq 1.0^\circ$  von der Temperatur der herrschenden Luftströmung.

P = Plattform H = Schrein (Hütte)

Datum	7h	10h	12h	14h	21h	Wind	Ursache für $\Delta t^*$	Datum	7h	10h	12h	14h	18h	Wind	Ursache für $\Delta t^*$
November 1931															
11.	—	H +1.0	—	—	—	SE 4	✓	8.	—	—	P +1.0	—	—	NW 4	V ⊙
13.	—	H +1.0	—	—	—	SE 3	✓	9.	—	H +2.6	H +1.4	H +1.8	—	W 1-2, C	✓
20.	—	—	H +1.5	H +1.8	—	SE 3-SW 2	✓	10.	—	—	H +1.6	—	—	E 5	✓
21.	—	P +2.5	—	—	—	NW 4	V ⊙	11.	—	—	H +2.9	H +2.2	—	E 1-2	✓
22.	—	P +2.9	P +3.5	P +1.5	—	NW 3-4	V ⊙	14.	H -1.0	—	H -1.0	—	—	E 1	B
23.	—	P +1.1	—	—	—	NW 5	V ⊙	15.	—	—	P +1.0	—	P +2.8	N 2-5	V ⊙
24.	—	—	H +1.1	—	—	W 5	✓	19.	—	H -1.0	H -1.0	—	—	E 7, NE 6	B
25.	—	—	—	H -2.1	—	N 3	B	20.	—	P +3.5	—	—	—	NW 5	V ⊙
				P +1.0	P +2.0		V ⊙	21.	—	—	P +1.1	P +2.8	—	NW 5, N 5	V ⊙
27.	—	—	H +1.3	—	—	SE 5	✓	23.	H +1.0	H -1.7	H -1.5	—	—	NW 3-5, SW 3	T, B
28.	—	—	—	—	H +1.5	SE 5	✓	26.	P +1.1	—	—	—	H +1.1	NW 7, N 5	T, V ⊙
30.	—	H -2.3	—	—	—	SE 5	✓	März 1932							
Dezember 1931															
1.	—	P +1.2	—	—	H +1.3	E 3	✓, V ⊙	1.	—	—	—	—	H +1.2	SE 7	T
3.	—	—	P +1.4	P +1.8	—	NW 4-5	V ⊙	3.	—	H +1.1	—	H +3.2	H +1.8	SW 1, S 4, E 4	✓
5.	—	—	—	—	H -1.1	NW 4	⊗	4.	—	—	—	H +1.6	—	E 2	✓
6.	H -2.1	H -1.9	H -1.0	—	H -1.4	SW 9-8 7	✓ ⊗	5.	—	—	H +2.5	H +2.9	—	SE 2, S 2	✓
8.	—	H -3.3	—	H -1.4	H -1.7	N 1-1, NW 3, SW 3	B	10.	—	H +1.4	H +2.0	H +1.2	—	W 3, NW 1-3	✓
				P +1.0	P +1.3		V ⊙	12.	—	—	—	H +1.4	—	W 2	✓
9.	—	—	P +1.0	—	P +1.0	NW 4-6	V ⊙	13.	—	H -1.0	H -1.7	—	—	NW 2-3, N 2	B
14.	—	—	H -1.6	—	—	W 1, SW 4, N 4	B	14.	P +1.4	P +2.0	P +1.8	—	—	N 4, C	V ⊙
				P +1.4	—		V ⊙	15.	P +1.3	P +2.1	—	—	—	NW 3-4	V ⊙
17.	—	P +1.6	P +2.0	P +1.4	—	NW 4	V ⊙	16.	—	—	—	—	H +1.6	SW 5	T
22.	—	H -1.0	—	—	—	SE 6	B	17.	—	—	H -2.3	—	—	SE 4	B
23.	—	H -1.4	H -1.1	—	—	SE 4, E 6	B	19.	—	—	—	P +1.0	—	NE 5	V ⊙
24.	—	—	—	P +1.6	—	N 3	V ⊗	20.	P +1.4	P +2.0	P +2.2	P +2.4	—	N 4-5, NW 4	V ⊙
25.	—	—	—	—	P +1.1	N 1	V	23.	—	—	P +1.0	H +1.4	H +1.3	E 4, SE 3	V ⊙ T
27.	—	P +1.2	H -1.8	—	—	SW 6	B, V	24.	P +1.4	P +1.8	P +2.8	P +1.0	—	NW 4, C	V ⊙
				—	—			25.	P +2.1	P +3.1	P +2.4	P +2.5	—	NW 3, N 1-3	V ⊙
				—	—			27.	P +2.2	P +1.8	—	—	—	N 3, C	V ⊙
				—	—			28.	—	—	—	H +1.2	—	SW 5	✓
				—	—			31.	—	H +1.2	—	—	—	SW 8	✓
				—	—			April 1932							
Januar 1932															
2.	—	—	P -1.3	—	—	NW 6	T ⊗	5.	—	—	—	H -1.2	—	SE 8	B
3.	—	—	P -1.7	—	—	NW 10	T ⊗	7.	—	H -2.2	H -1.4	—	—	SW 7-8	B
5.	H -1.5	H -1.4	H -1.5	H -2.3	H -1.4	W 3-6	T ⊗	9.	—	—	—	—	H -1.7	NW 6	B
				P +1.2	—		V ⊙	10.	—	P +1.5	H -2.2	H -1.6	—	W 6, SW 6	T ⊗ V
6.	H -1.5	H -1.5	—	—	—	W 6-7	B	11.	—	H +1.1	H +1.0	H +1.1	—	SW 7, SE 4-5	✓
10.	H -3.0	H -1.5	H -2.7	—	—	C, SE 6	✓ ⊗	14.	—	—	H +1.4	H +2.2	H +1.4	NW 2-SE 4	✓
11.	H -2.6	—	—	—	H +1.0	SW 6, S 8	B ✓	15.	H -1.0	—	—	P +1.4	—	SE 4	✓
12.	—	H -1.2	—	—	—	SW 5	✓								B, V ⊙
13.	H -1.2	—	—	—	—	W 4	B	23.	—	H +1.2	H +1.5	H +2.2	H +1.3	SE 3-4, E 3	✓
14.	—	—	—	H -1.0	—	C	T	24.	—	H +1.0	—	—	—	NE 1	✓
15.	—	—	H -1.1	—	—	W 2	✓	26.	—	—	H +1.1	H +1.2	H +1.4	SE 5-W 4	✓
				P +1.2	—		V ⊙	27.	—	H +2.0	H +1.4	H +2.4	—	E 1-W 3	✓
17.	—	P +1.4	—	—	—	NW 4	V ⊙	28.	H +1.0	—	—	H +1.3	H +1.5	SW 5, SE 4	✓
18.	—	H -1.1	—	H -1.0	—	NW 4	B	29.	P +1.1	—	—	H +1.5	—	NW 1, SE 5	✓, V ⊙
				—	—			30.	—	—	—	—	H +1.9	SE 5	V ⊙
21.	H -1.1	—	H -1.2	—	—	S 4, SE 4	✓	Mai 1932							
22.	—	P +1.7	P +2.0	P +3.1	—	NW 3	V ⊙	3.	—	—	—	—	H +1.1	SW 3	✓
23.	—	H -1.1	H -1.1	H -1.0	—	SE 6-7	✓	4.	H +1.5	H +1.5	H +1.3	H +2.3	H +1.6	SW 4-SE 2	✓
25.	—	—	—	—	H -1.3	C	✓	5.	—	—	H +2.6	H +2.4	H +1.2	SW 3-4, S 4	✓
26.	—	P +1.7	P +1.3	—	—	NW 3	V ⊙	6.	—	H +1.2	H +1.1	H +2.0	H +1.0	SW 6-7, S 6	✓
28.	—	—	—	—	H -1.8	NE 3	B	7.	H +1.0	H +1.0	H +1.1	H +1.0	H +1.8	SE 7-SW 6	✓
29.	H -1.8	—	P +1.2	—	—	C, SE 3	T, V ⊙	11.	—	—	—	H +1.9	H +1.1	NW 3	T
30.	—	P +1.7	P +2.2	—	—	N 1, W 3	V ⊙	13.	—	H -2.6	H -1.4	H -1.5	—	NW 5-7	B
31.	—	—	H -1.8	H -2.0	—	N 2-3, W 3	B								V
				P +2.0	P +2.0		V ⊙	14.	H -3.0	H -3.0	—	—	—	N 3	B
Februar 1932								15.	P +1.9	P +1.0	P +1.0	P +1.0	H +2.1	C, (N, W, SE)	✓
1.	—	P +1.4	P +2.1	P +1.1	—	N 3-4, W 4	V ⊙	16.	—	—	H -1.2	H +1.6	H +1.9	SE 3	B, V
2.	H +1.0	P +2.0	P +2.8	P +2.6	—	NW 1-4, NE 3	T, V ⊙	17.	P +1.3	H +1.0	—	H +2.1	—	NW 3, SE 3	✓, V
3.	—	P +1.4	P +3.2	P +3.0	—	NW 3-5	V ⊙	18.	—	P +1.3	—	H +1.4	H +2.6	W 2-3, S 3	✓, V
4.	—	P +2.2	P +1.3	P +1.1	—	NW 3-4	V ⊙	19.	P +1.8	H +1.1	—	H +3.2	H +3.0	W 3, S 1-2	✓, V ⊙
5.	—	P +2.5	P +2.0	P +2.0	—	NW 3-4	V ⊙								

1) Erklärung der Zeichen in Tab. 1.



Tabelle 2. (Fortsetzung).

Datum	7h	10h	12h	14h	18h	Wind	Ursache für Δt	Datum	7h	10h	12h	14h	18h	Wind	Ursache für Δt
Mai 1932 (Fortsetzung)															
21.	—	—	—	—	H +1.2	SE 5	V ⊙	17.	—	—	P +1.3	—	—	NW 2	V ⊙
22.	—	—	H +1.8	—	—	SE 4	V	18.	—	H +1.1	H +1.0	H +1.3	H +1.7	E 2, C	V
23.	—	—	—	H +1.4	H +2.5	C	V	20.	H +1.0	—	H +1.7	H +1.4	—	SW 2-3, S 2	V
24.	—	H +1.5	H +2.4	H +1.9	—	SE 3, E 2	V	23.	—	—	H +2.1	H +1.3	—	NW 1-2	T
25.	—	H +1.5	H +2.0	H +1.7	H +2.0	SE 2-4	V	24.	—	—	P +1.2	P +1.6	—	N 4	V ⊙
26.	—	H +1.1	H +1.2	H +1.0	H +2.7	SE 4	V	25.	H -1.3	—	—	—	—	—	B
27.	—	—	—	H +1.7	H +1.6	SE 3-4	V	25.	P +2.0	P +1.0	H -1.5	P +1.2	—	NW 4-SW 5	V ⊙
28.	—	—	H +2.2	H +1.0	—	SE 1-3	V	26.	—	—	H +1.1	—	—	SE 3	V
29.	—	H +1.7	—	—	—	C	V	27.	—	—	H +1.8	H +1.3	—	S 4-SE 3	V
31.	—	—	—	—	H +1.5	NW 3	T	30.	—	—	P +1.3	—	—	SW 2	V ⊙
Juni 1932								August 1932							
1.	—	H +1.8	—	—	—	W 3	V	2.	—	—	—	H +2.1	—	SE 4	V
5.	—	—	H +1.2	—	—	SE 3	V	6.	—	P +1.0	—	—	—	NW 5	V
6.	—	—	H +1.6	H +1.2	—	SW 4-SE 4	V	7.	—	P +1.7	—	—	—	NW 5	V ⊙
7.	H +1.0	—	H +2.6	—	—	C	V	8.	—	—	P +1.2	—	—	NW 3	V
10.	—	P +1.2	P +1.4	—	H +1.1	NW 4-W 3	V ⊙	9.	—	—	H -1.0	—	—	NW 3-4, N 3	B
14.	—	H -1.3	H +1.3	H +1.9	H +3.4	N 1-3	V	10.	P +1.7	P +3.7	P +2.1	P +3.5	—	—	V
15.	—	P +1.5	—	P +1.2	—	—	V ⊙	12.	P +1.5	P +2.2	—	—	—	N 4, W 2	V
16.	—	—	H +1.3	H +1.6	—	E 4	T	12.	P +3.1	P +1.6	P +1.6	—	—	NW 3, SE 2-5	V ⊙
17.	H -1.2	H -1.3	—	—	H +1.2	SE 4, NW 3	V	13.	P +1.5	—	P +1.2	H +1.7	—	C, E 2-3	V ⊙
18.	P +1.5	P +1.0	—	P +1.2	—	NW 1-3, N 2-3	B	14.	—	—	—	—	H +1.1	SE 2	V ⊙
19.	—	—	—	P +1.1	H +1.0	NW 2-3	V ⊙	15.	—	H +3.2	—	—	H +1.5	S 3-5	V (⊙)
20.	—	H +1.0	—	—	H +1.1	S 3, W 2	V, V ⊙	16.	—	P +1.0	P +2.1	P +1.5	—	W 2, NW 3	V ⊙
27.	P +1.2	H +2.0	—	P +1.0	—	SE 7, S 5	V ⊙	17.	—	P +3.7	P +2.6	P +2.9	—	NW 3-5	V ⊙
29.	—	—	—	—	H +1.1	W 3, C	T ⊙, V ⊙	18.	—	P +2.5	P +2.2	P +1.0	H +1.4	NW 2, SE 2	V ⊙, V
30.	H +1.0	H +1.5	H +1.3	—	H +1.2	SE 3	T	19.	—	H -1.7	—	—	H +1.5	NW 3, SE 3	B, V ⊙
Juli 1932								August 1932							
1.	P +1.2	—	—	—	H +1.0	N 2, S 3	V, V ⊙	20.	P +2.4	P +1.9	P +1.8	—	—	SE 4	B
2.	—	H +1.0	—	—	—	SE 3	V	21.	—	—	—	H +1.3	—	SE 4	V
4.	H -1.3	—	H -1.8	—	—	SW 6, S 4	B	22.	—	—	H +1.0	—	—	SW 2	V
7.	—	—	H +1.3	—	—	SE 4	V	23.	—	—	P +1.0	P +2.2	—	W 4, NW 3	V ⊙
11.	—	H +1.8	—	H +1.4	—	SE 2-3	V	25.	—	—	—	H +1.0	—	SW 3	V
12.	—	—	H +1.8	H +1.9	H +1.2	S 4-W 5	V	26.	—	—	—	H -1.0	—	W 2	B
15.	—	H +1.1	—	—	—	S 4	V	27.	—	H +1.5	—	—	—	SE 2	V
16.	—	—	H +1.7	H +1.1	—	S 4-SE 4	V	28.	P +1.0	—	—	—	—	SW 2	V ⊙
August 1932								August 1932							
17.	—	—	—	—	—	—	—	29.	P +1.0	—	H +1.2	H +1.4	—	W 1, S 2-3	V, V ⊙
30.	—	—	—	—	—	—	—	30.	—	—	—	H +2.0	—	S 3	V

Tabelle 3. Zugspitze 1931/32. Mittlere monatliche Abweichung von der Temperatur der herrschenden Luftströmung.

Monat	Schrein						Plattform						
	7h	10h	12h	14h	18h	Mittel	7h	10h	12h	14h	18h	Mittel	
1931													
November	+0.008	+0.036	+0.192	+0.315	+0.124	+0.14	+0.036	+0.232	+0.228	+0.172	+0.080	+0.15	
Dezember	-0.045	-0.339	-0.293	-0.132	-0.100	-0.18	+0.020	+0.429	+0.502	+0.329	+0.168	+0.29	
1932													
Januar	-0.553	-0.541	-0.515	-0.402	-0.287	-0.46	+0.090	+0.519	+0.553	+0.242	+0.039	+0.29	
Februar	-0.018	-0.086	-0.048	+0.139	+0.045	+0.01	+0.059	+0.692	+0.709	+0.641	+0.145	+0.45	
März	+0.097	+0.164	+0.161	+0.538	+0.441	+0.28	+0.473	+0.625	+0.442	+0.319	+0.019	+0.38	
April	+0.043	+0.255	+0.300	+0.501	+0.154	+0.25	+0.213	+0.259	+0.196	+0.268	+0.004	+0.19	
Mai	+0.200	+0.284	+0.488	+0.792	+1.070	+0.57	+0.300	+0.303	+0.238	+0.190	+0.094	+0.23	
Juni	+0.273	+0.187	+0.503	+0.443	+0.637	+0.41	+0.253	+0.387	+0.253	+0.273	+0.030	+0.24	
Juli	-0.084	+0.248	+0.402	+0.422	+0.280	+0.25	+0.341	+0.245	+0.296	+0.287	+0.074	+0.21	
August	-0.003	+0.003	+0.158	+0.363	+0.360	+0.18	+0.640	+0.930	+0.768	+0.715	+0.084	+0.65	
Mittel	-0.01	+0.02	+0.13	+0.30	+0.27	+0.14	+0.24	+0.46	+0.42	+0.34	+0.08	+0.31	