

Werk

Jahr: 1930

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:6

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0006

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0006

LOG Id: LOG_0066

LOG Titel: Über die Feinstruktur des Temperaturgradienten längs Berghängen

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

Über die Feinstruktur des Temperaturgradienten längs Berghängen

Von A. Wagner, Innsbruck — (Mit 4 Abbildungen)

Es wird ein ventiliertes elektrisches Fernthermometer mit unmerklicher Einstellträglichkeit beschrieben, welches auf Seilbahnen und im Flugzeug erprobt wurde. An Hand von einigen Meßfahrten mit der Seilbahn Innsbruck—Hafelekar (2270 m) werden charakteristische Einzelheiten des Temperaturverlaufs und der Temperaturunruhe längs des Berghanges in ihrer Abhängigkeit von der Tageszeit diskutiert.

Wohl keine Universitätsstadt hat so günstige Möglichkeiten, die meteorologischen Verhältnisse im Gebirge zu untersuchen, wie Innsbruck. Seitdem zwei Seilbahnen von Innsbruck einerseits auf die Nordkette (Hafelekar, 2270 m), andererseits auf die Berge südlich von Innsbruck (Patscherkofel, 1980 m) führen, kann man in knapp einer Stunde vom Zentrum der Stadt aus eine Seehöhe von 2300 m erreichen. Mit Unterstützung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft und des Deutschen und Österreichischen Alpenvereins wurden mehrere Untersuchungen, die sich auf die meteorologischen Besonderheiten im Gebirge beziehen, in die Wege geleitet und zum Teil bereits abgeschlossen. So wurden fünf meteorologische Stationen mit Registrierapparaten in verschiedener Höhe errichtet, deren nunmehr über ein Jahr fortlaufende Aufzeichnungen als Basis für mannigfaltige Untersuchungen dienen können. Die beiden Seilbahnverwaltungen stellten in dankenswerter Weise Dauerfreikarten für diese Messungen zur Verfügung.

An dieser Stelle soll kurz über einige ausgewählte Meßfahrten berichtet werden, welche die Kenntnis des Temperaturgradienten längs der Berghänge in seinen Einzelheiten und in seiner Abhängigkeit von Tageszeit, Jahreszeit und Wetterlage zum Ziele haben. Es wurde versucht, durch fortlaufende Messungen von der fahrenden Kabine aus ein möglichst genaues Bild von der Temperaturverteilung und ihren Schwankungen zu erhalten. Ähnliche Seilbahnversuche, jedoch zu anderen Zwecken und mit anderen Hilfsmitteln wurden bereits früher unter Benutzung der Seilbahn auf die Zugspitze von A. Schmauss veranlaßt und von A. Büdel*) ausgeführt (Juli 1927 bis Oktober 1928). Dieser befestigte Drachenapparate auf dem Dache der Fahrkabine und erhielt so zahlreiche Registrierkurven für die Berg- und Talfahrten.

Schon damals stellte sich die nicht unerhebliche Einstellträglichkeit der Thermometerorgane als störend heraus: Auf- und Abstieg unterschieden sich systematisch — oft um 1 bis 2° C — und insbesondere war nach dem Verlassen des Bahnhofes ein Stück der Registrierung unbrauchbar, bis sich das Thermometer ungefähr

*) A. Büdel, Aerologische Zugspitzbahnaufstiege, Beitr. z. Phys. d. fr. Atm. 16, 163.

auf Freilufttemperatur eingestellt hatte. In Innsbruck wäre dieser Umstand noch störender, weil hier vom Talboden bis zur Kammhöhe drei Abfahrtsbahnhöfe in Betracht kommen.

Es gelang nach verschiedenen Versuchen ein Instrument zusammenzustellen, welches bei nahezu momentaner Einstellung eine verlässliche Ablesung von der fahrenden Kabine aus gestattet. Hierfür sind natürlich nur elektrische Thermometer brauchbar, wie sie in der Meteorologie schon wiederholt verwendet wurden. Thermoelemente kommen für den vorliegenden Zweck kaum in Betracht, da man hierzu empfindliche Galvanometer benötigt, die entweder eine feste Aufstellung oder Mikrometerablesung (Saitengalvanometer) erfordern. Widerstandsthermometer wurden in der Meteorologie eigentümlicherweise fast ausschließlich in der Weise benutzt, daß der Widerstandsdraht mit einer isolierenden Hülle versehen oder auf einen festen Zylinder aufgewickelt wurde, wodurch natürlich der Vorteil der raschen Einstellung wieder verlorengeht.

Erst nachträglich wurde ich darauf aufmerksam, daß bereits F. Albrecht*), Potsdam, Widerstandsthermometer mit frei gespanntem Platindraht zur Registrierung von kurzperiodischen Temperaturschwankungen mit gutem Erfolg benutzt hat. Nachfolgend eine kurze Beschreibung des in Innsbruck verwendeten Instrumentes.

In einem kräftigen Hartgummiring (Fig. 1) sind zwei koaxiale, vernickelte Rohre angeschraubt. In der Achse dieser Rohre ist ein Platindraht (14 cm lang, 0.02 mm dick, 45 Ohm) gespannt, dessen eines Ende mit einer Klemmschraube, das andere durch einen Querbügel mit dem inneren Schutzrohr leitend verbunden ist. Durch einen angelöteten Kupferdraht ist dieses innere Rohr mit der zweiten Klemmschraube verbunden. Es wird also das Schutzrohr als Rückleitung für den elektrischen Strom benutzt. Wenn auch ein frei gespannter dünner Draht nur geringen Strahlungseinfluß zeigt, so ist doch im vorliegenden Falle, in welchem der Platindraht durch ein Rohr gegen mechanische Eingriffe geschützt ist, eine Ventilation unbedingt notwendig. Durch diese wird nicht nur der Strahlungseinfluß sowie eine Erwärmung des Drahtes über Lufttemperatur durch den elek-

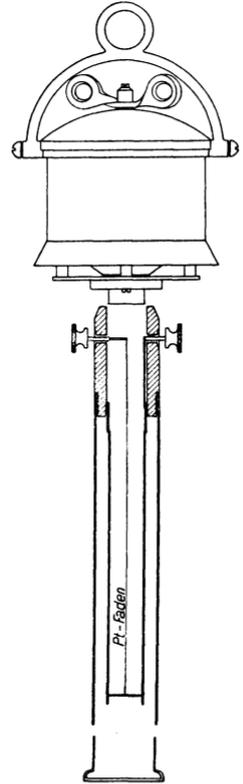


Fig. 1. Ventiliertes Widerstandsthermometer

*) F. Albrecht: Über den Zusammenhang zwischen täglichem Temperaturgang und Strahlungshaushalt, Gerlands Beitr. 25, 1; ferner: Thermometer zur Messung der wahren Lufttemperatur, Meteorol. Zeitschr. 1927, S. 420. Vgl. auch Brückmann: Über Versuche mit elektrischen Thermometern, Meteorol. Zeitschr. 1920, S. 209.

trischen Strom vermieden, sondern auch die Einstellgeschwindigkeit erhöht. Der Ventilationskopf wurde einem etwa 1912 von Hartmann & Braun konstruierten ventilierten Fernthermometer entnommen, welches ursprünglich zur Messung der Gastemperatur im Freiballon diente. Dieser Ventilator hat eine Ablaufzeit von mehr als einer halben Stunde. Desgleichen konnte das zugehörige Anzeigegerät benutzt werden, ein „Kreuzspul-Ohmmeter“, dessen Skala bereits in Grad Celsius geteilt ist und welches die Stromquelle (einen Taschenakkumulator) bereits eingebaut enthält; es weist nur einen sehr geringen Einfluß der elektrischen Spannung auf. Für die Durchführung der Konstruktion bin ich den Herren Dr. J. Tagger und Dr. E. Ekhardt zu Dank verpflichtet, letzterem auch für die Teilnahme an den Meßfahrten und das Zeichnen der Figuren.

Die Messungen wurden in der Weise ausgeführt, daß das elektrische Thermometer am Leitungskabel bis unter die fahrende Kabine herabgelassen wurde; das Ohmmeter kann durch einen Gurt über die Schultern gehängt werden und ruht auf der Brust in bequemer Sichtweite. Der Schreibblock war auf dem Anzeigegerät aufgespannt. Trotz der gelegentlichen Schwankungen der Kabine konnten die Ablesungen stehend auch bei voll besetzter Kabine völlig einwandfrei und sicher gemacht werden, wenn man sich nur so aufstellte, daß der Zeiger des Ohmmeters parallel zur Fahrtrichtung stand. Die Ablesungen wurden in rascher Aufeinanderfolge gemacht und aufnotiert, es ergab sich so etwa alle 5 Sekunden eine Ablesung. Gleichzeitig las ein zweiter Beobachter ein Aneroid ab; die wahren Seehöhen konnten daraus mit Hilfe einiger bekannter Höhen (Ausgangs- und Endpunkt, zwei Zwischenbahnhöfe und vier Stützen der Seilbahn) bequem interpoliert werden.

Da die Temperatur fast stets kleine Schwankungen aufweist, wurde grundsätzlich jener Stand abgelesen, der beim ersten Blick auf das Zeigerinstrument erfaßt wurde. Die Einstellzeit des Platinfadens und des Anzeigegerätes ist eine fast momentane, Halbwertzeit unter 1 Sekunde, so daß ungefähr bis zu dieser Grenze herunter Temperaturschwankungen erfaßt werden konnten. Dem Anschein nach genügte fast immer die Häufigkeit der Ablesungen (5 Sekunden), nur ausnahmsweise zeigte sich eine Überlagerung durch Schwankungen kürzerer Periode; zumeist war die Periodenlänge dieser Schwankungen erheblich größer als 5 Sekunden.

In Fig. 2 sind als Beispiel solcher Messungen vier Fahrten (zwei Berg- und zwei Talfahrten) vom 2. April 1930 dargestellt. Der erste Aufstieg ab Innsbruck (Kettenbrücke, 580 m) erfolgte um 8^h, Ankunft Hafelekar (2270 m) 8.50^h; Abfahrt 10.15^h, Ankunft Innsbruck 11^h; zweite Bergfahrt ab Innsbruck 15^h, an Hafelekar 15.40^h, Abfahrt 18.05^h, an Innsbruck 18.35^h. Um die Mittagszeit fand je ein weiterer Auf- und Abstieg statt, deren Ergebnisse aber, um die Figur nicht zu überladen, nicht wiedergegeben sind. Der Typus der Temperaturverteilung ist derselbe wie bei der ersten Talfahrt und der zweiten Bergfahrt in Fig. 2. Die dritte und vierte Kurve dieser Figur ist um 3^o nach rechts verschoben.

Am Morgen des 2. April war der Himmel meist bedeckt, vormittags vollständige Ausdeiterung, nachmittags Cu-Bildung, abends wieder klarer Himmel. Das Profil

der Fahrstrecke sowie die jeweilige Höhe der Fahrkabine über dem Boden ergibt sich aus Fig. 3 (zweifache Überhöhung). Von der Talsohle bis zur Hungerburg fährt die Kabine auf Schienen, so daß der Abstand des Thermometers nur wenig über 1 m betrug. Hier wurde das Thermometer immer auf der vorderen Plattform auf der von der Sonne abgekehrten Seite möglichst weit von der Waggonwand entfernt hinausgehalten. Zwischen Hungerburg und Hafelekar beträgt der Abstand vom Boden etwa 20 bis 30 m, nur bergwärts von der Seegrube geht er bis auf 70 m hinauf.

Aus Fig. 2 seien einige charakteristische Züge hervorgehoben: Vor allem muß gesagt werden, daß die Kurven kein Momentanbild darstellen, so daß die zeitlichen

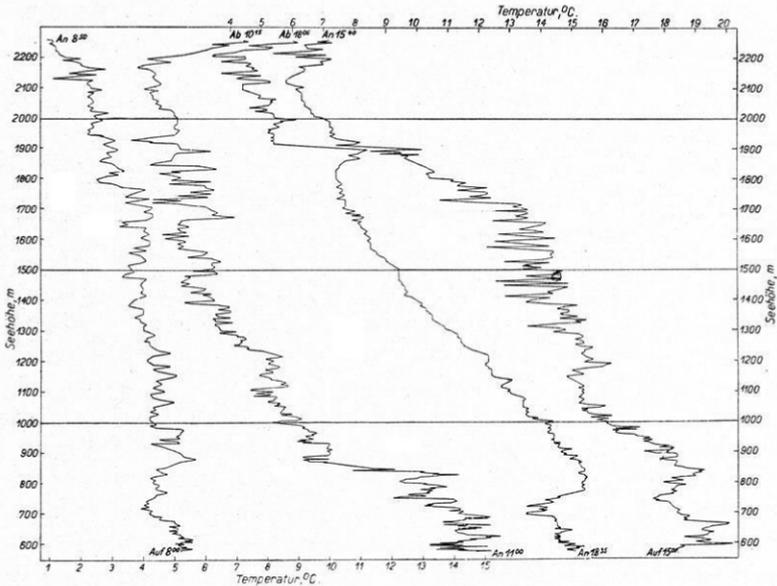


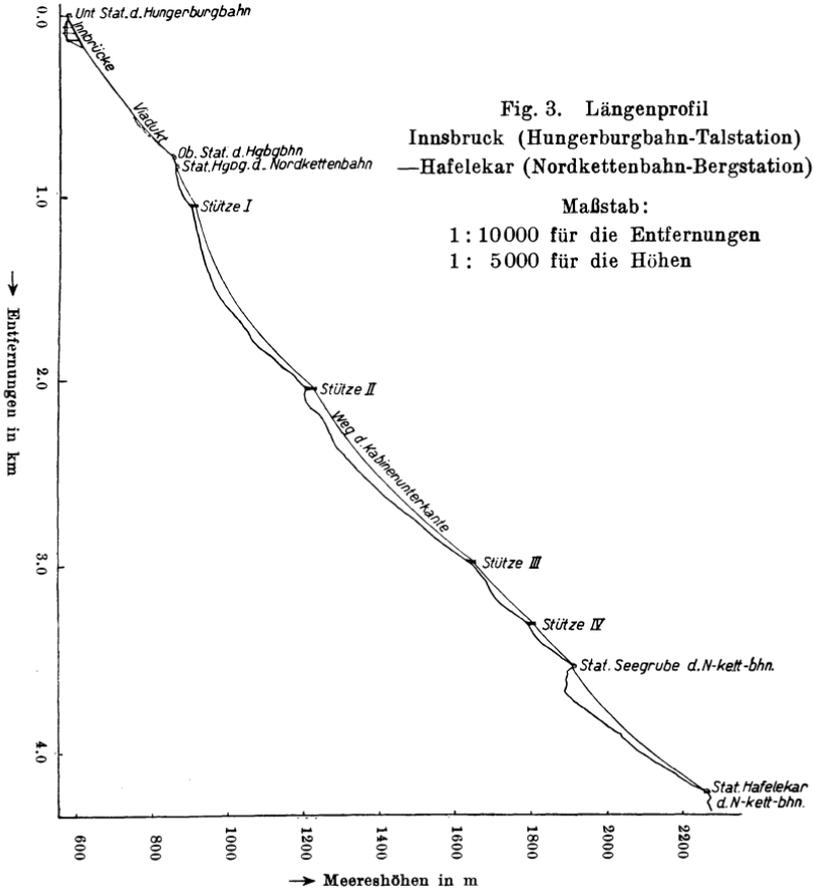
Fig. 2.

Temperaturverteilung längs des Hanges Innsbruck-Hafelekar am 2. April 1930

Temperaturänderungen, wie sie auch an einem festen Standort auftreten, auch hier im Vordergrund stehen dürften: Erwärmte Luftmassen lösen sich vom Boden ab, strudeln empor und werden vom Winde vertragen. Durch die Verschiedenheit der Bodenkonfiguration und der Vegetation werden bei Bestrahlung erhebliche Unterschiede in der Oberflächentemperatur auftreten; auch die einzelnen Strombahnen werden unregelmäßiger gestaltet sein als in der Ebene, so daß hier am Hange auch noch in einiger Höhe über dem Boden größere Temperaturschwankungen zu erwarten sind als in gleicher Höhe über einer einheitlichen Ebene. Durch Vergleich der einzelnen Teilstücke der Fahrstrecke läßt sich auch der Einfluß des Abstandes vom Boden auf diese Temperaturunruhe beurteilen.

Der erste Aufstieg zeigt nur eine sehr geringe mittlere Temperaturabnahme von rund 4° zwischen Innsbruck und Hafelekar, Höhenunterschied 1700 m; die Temperaturunruhe ist verhältnismäßig klein; die Schwankungsperiode ziemlich groß. Im ganzen Höhenintervall ist der Verlauf recht einheitlich.

Wesentlich anders sind die Verhältnisse zwischen 10 und 11 Uhr. Die Temperaturunruhe ist bedeutend größer geworden, gleichzeitig auch die Temperatur-



abnahme mit der Höhe. Insbesondere auf der untersten Teilstrecke Kettenbrücke — Hungerburg hat die Temperatur sehr stark zugenommen, an der Talstation um 9° (in der Zeit von 8 bis 11 Uhr). Oberhalb der Hungerburg nimmt um 11 Uhr die Temperatur auf kleinem Höhenintervall sehr stark ab, von 14° auf der Hungerburg bis auf 9° nur 50 m höher. Dies ist natürlich nicht als vertikaler Temperaturgradient zu deuten; vielmehr hat sich bis 11 Uhr der steile, von der Hungerburg gegen S abfallende Hang durch die Sonnenstrahlung stark erwärmt und damit

auch die Luft unmittelbar darüber. Oberhalb der Hungerburg ist der Boden nur sanft geneigt, die Sonnenstrahlen fallen also nicht so steil ein, ferner ist jetzt der Abstand des Thermometers vom Boden erheblich größer, und schließlich ist die Strecke Hungerburg bis etwa 1600 m der Hauptsache nach mit Wald bedeckt, in welchem die Sonnenstrahlung bis 11 Uhr noch nicht besonders wirksam war.

Erst oberhalb 1600 m Seehöhe, über dem freien Almboden sind wieder die raschen Temperaturschwankungen sehr groß. Vor der Einfahrt in die Station Seegrube (1910 m) nähert sich die Fahrkabine bis auf einige Meter dem Boden, und gleichzeitig nimmt die Temperatur um etwa 1° zu. Bergwärts der Station liegt eine kleine Mulde, in welcher zumeist, wie auch in diesem Falle, ein Kaltluftsee aufgestaut ist; die Temperatur nimmt hier um $2\frac{1}{2}^{\circ}$ ab und steigt dann wieder mit zunehmender Höhe. Schließlich findet sich noch knapp unter der Endstation Hafelekar eine starke Temperaturzunahme mit der Höhe, die Fahrkabine nähert sich auch hier bis auf wenige Meter dem steil nach S abfallenden, also stark besonnten steinigen Hang.

Nun die Bergfahrt von 15 bis 15.40^h: Auch hier ist die Temperaturunruhe sehr groß; das Gebiet größter Schwankung liegt aber nicht mehr wie beim früheren Aufstieg zwischen 1700 und 1900 m (Almregion), sondern tiefer (1300 bis 1700 m), im Bereich des Waldes. Hier hat sich wohl durch die anhaltende Sonnenstrahlung die Luft in Wipfelhöhe allmählich stark erwärmt, das Niveau der Baumwipfel wirkt als Strahlungsfläche. Für die freie Almregion könnte angenommen werden, daß bereits eine schwache Luftbewegung die Überhitzung des Bodens herabsetzen muß; allerdings liegen Beobachtungen der Windstärke längs der Strecke nicht vor. In der Höhe der Hungerburg ist der starke Temperatursprung verschwunden, der Hang darunter hat sich nur mehr wenig erwärmt, im Mittel um $3\frac{1}{2}^{\circ}$; im Waldgebiet oberhalb der Hungerburg ist erst jetzt der kräftige Temperaturanstieg zu verzeichnen, der in 1000 m Seehöhe rund 7° seit 11 Uhr ausmacht.

Die früher erwähnte Temperaturanomalie unterhalb und oberhalb der Station Seegrube ist geblieben; desgleichen der Temperaturanstieg mit der Höhe knapp unterhalb der Endstation Hafelekar. Im großen und ganzen ist jetzt fast adiabatische Temperaturabnahme eingetreten: in 600 m 19° , 2100 m 6° , also eine Temperaturabnahme von 13° auf 1500 m Höhendifferenz ($0.87^{\circ}/100$ m). In der Waldregion ist die Temperatur gegenüber dieser mittleren Temperaturverteilung übernormal, der Temperaturüberschuß steigt bis auf etwa 4° in 1700 m und sinkt darüber rasch ab; dies hat zwischen 1700 und 1900 m einen scheinbaren stark überadiabatischen Gradienten zur Folge.

Die letzte Talfahrt schließlich (ab Hafelekar 18.05^h, an Kettenbrücke 18.35^h) zeigt nur mehr im obersten Stück stärkere Temperaturunruhe; von der Seegrube abwärts dagegen ist die Kurve im allgemeinen ganz erstaunlich ruhig (es ist zu bedenken, daß die vielfachen Stücke konstanter Temperatur meist durch eine ganze Reihe von Ablesungen, bis zu zehn, belegt sind). Bei dieser letzten Fahrt ist die Sonne hinter den Bergen verschwunden, der Hang liegt im Schatten, und damit hat auch die Temperaturunruhe zum größten Teil aufgehört.

Auch bei dieser Fahrt finden wir die unternormale Temperatur bergwärts der Seegrube, die überrnormale knapp unter den Stationen Hafelekar und Seegrube, also dort, wo sich die Kabine dem natürlichen Boden nähert. Der Boden ist demnach auch jetzt noch wärmer als die Luft, dieser Unterschied genügt aber nicht mehr dazu, daß einzelne Luftmassen emporstrudeln. Der mittlere Temperaturgradient entspricht auch jetzt noch nahezu der Trockenadiabate, zwischen 900 und 2200 m beträgt er $0.85^{\circ}/100$ m.

Erwähnt sei noch die lokale Temperaturerniedrigung in der Höhe von 720 bis 750 m, welche bei allen Fahrten, mit Ausnahme der zweiten (11 Uhr), auftritt. Hier fährt die Bahn durch eine nur nach Süden offene Rinne, in welcher also die Sonnenstrahlung sowohl am Vormittag wie auch am Nachmittag nicht hineinkommt. Nur bei der zweiten Fahrt ist hier der Boden durch die Sonnenstrahlung in gleicher Stärke erwärmt wie die Strecken oberhalb und unterhalb.

Wenn auch für das Zustandekommen sowohl der mittleren Gradientwerte wie auch der Temperaturunruhe längs dieses nach Süden abfallenden Hanges verschiedene Umstände zusammenwirken, deren Anteil im einzelnen Falle schwer abzuschätzen ist, so ergibt doch schon dieser eine aus den bisher vorliegenden Meßfahrten herausgegriffene Fall ein recht instruktives Bild. F. Albrecht (l. c.) erhielt knapp (1 cm) über einem Sandboden Amplituden der Temperaturunruhe bis zu 7° und erwähnt, daß dieselbe mit zunehmendem Abstand vom Boden immer geringer wird. Im vorliegenden Falle treten auch noch in 20 bis 30 m Höhe über freiem bewachsenem Boden (vgl. zweite Bergfahrt, 1700 bis 1900 m, Almboden) Temperaturschwankungen von 2 bis 3° auf.

Die hier angewendete Meßmethode mit Hilfe eines fast momentan sich einstellenden Thermometers gestattet auch — abgesehen von der Temperaturunruhe —, auftretende Inversionen in aller Schärfe zu erfassen. Ein Beispiel hierfür gibt Fig. 4, in welcher nur die Verhältnisse auf dem unteren Teil der Fahrstrecke — von der Talsohle bis oberhalb der Hungerburg — dargestellt sind.

Der 23. November 1929 war föhnig, aber erst um 15 Uhr brach der Föhn bis zur Talsohle durch. Das Anemometer am Institutsgebäude, 23 m über dem Straßenpflaster, registrierte von 15 bis 18 Uhr Südwind von durchschnittlich 19 km/h.

Die erste Bergfahrt zur Hungerburg, 9 bis 9.11^h, ergibt für die Talsohle an der Ausgangsstation $6\frac{1}{2}^{\circ}$ C mit einer scharfen Bodeninversion; in 600 m Höhe, 30 m über der Talsohle, beträgt die Temperatur 13° , darüber mäßige Temperaturabnahme von $0.5^{\circ}/100$ m. Bei der unmittelbar darauf folgenden Talfahrt (9.15^h bis 9.30^h) hat sich der Hang, besonders in seinem unteren Teil, erwärmt, die Temperaturabnahme mit der Höhe oberhalb der Bodeninversion ist stärker geworden. Auch die unterste kalte Bodenschicht hat sich erwärmt, an der Kettenbrücke von $6\frac{1}{2}$ auf $9\frac{1}{2}^{\circ}$, aber nicht einheitlich; vielmehr zeigt die Kurve sehr starke Schwankungen, die wohl auf einen Mischvorgang mit der oberen warmen Schicht schließen lassen. Gleichzeitig hat sich auch die obere Grenze der kalten Bodenschicht um 30 m auf 630 m Seehöhe gehoben. Ob diese Hebung eine Folge der Mischung ist, oder ob sie als Stauerscheinung, bedingt durch den in größerer

Höhe aus Süden gegen den Hang wehenden Föhn anzusprechen ist, läßt sich nicht entscheiden.

Bei der nächsten unmittelbar anschließenden Bergfahrt, die nun bis zum Hafelekar geht, sind die Verhältnisse im wesentlichen dieselben geblieben. Oberhalb der Hungerburg findet sich eine weitere Inversion und darüber bis zum Hafelekar ziemlich reiner Föhngradient. Bis zum Abstieg nach 11 Uhr (Ankunft Kettenbrücke 11.45^b) hat sich der Hang weiter stark erwärmt (in 660 und 840 m Höhe ist die Temperatur bis auf 17.5° C angestiegen), so daß der adiabatische Gradient bis auf 660 m herunterreicht. Auf der Hungerburg war schwacher Südwind festgestellt worden. Wie die weitere Entwicklung des Föhns zeigt, hat aber diese hohe Temperatur noch nichts mit der Föhnströmung zu tun*). Die kalte Bodenschicht reicht noch immer bis 630 m, hat sich aber gegen den vorhergehenden Aufstieg weiter stark erwärmt. Es dauert dann, wie bereits erwähnt, noch über 3 Stunden, bis die nur 60 m dicke kalte Bodenschicht verschwindet und der Föhn in der Talsohle durchbricht.

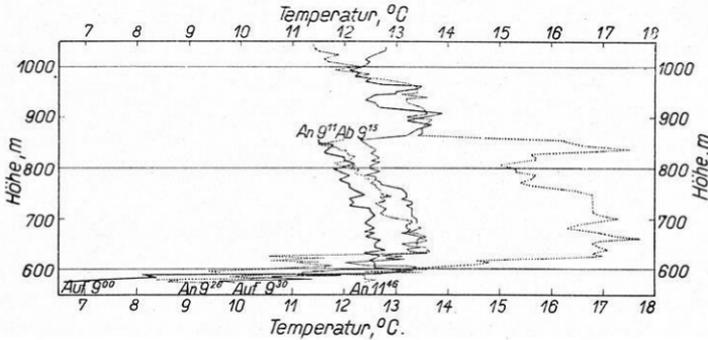


Fig. 4. Temperaturverteilung am 23. November 1929. Föhn über Bodeninversion

Es scheint in diesem Falle die kalte Bodenluft nicht im Sinne H. v. Fickers in das Unterinntal abgeflossen zu sein (sie hätte dann immer seichter werden müssen); vielmehr dürfte sich erst durch die Sonnenstrahlung der Boden der Talsohle allmählich erwärmt haben, bis die durch nächtliche Ausstrahlung erkaltete Bodenluft sich auf die potentielle Temperatur der oberen Föhnströmung erwärmte. Erst dann war die zum Durchmischen oder Aufsaugen der ruhenden Bodenschicht nötige Arbeit verschwindend klein.

Weitere diesbezügliche Untersuchungen sind im Gange; insbesondere wird angestrebt, das Widerstandsthermometer auch für Messungen im Flugzeug zu verwenden. Gerade für meteorologische Flugzeugaufstiege dürfte zur Untersuchung

*) Daß erstere vielmehr nur lokal durch die Sonnenstrahlung in nächster Nähe des nach S geneigten Hanges bedingt war, ergibt sich daraus, daß der Föhn in Innsbruck ohne Temperatursprung einsetzte, die Temperatur stieg in Innsbruck während des Föhns nicht über 14°.

von Einzelheiten, wie scharfe Erfassung der Inversionen, der Temperaturunterschiede innerhalb und außerhalb von Wolken und dergleichen, ein Thermometer notwendig sein, welches keine merkliche Einstellträchtigkeit aufweist. So könnte auch in bequemer Weise die Registrierung der Temperatur kontrolliert und die Einstellträchtigkeit eliminiert werden.

Zwei vorläufige Versuchsaufstiege mit Flugzeug ergaben die völlige Brauchbarkeit dieser elektrischen Meßmethode, die Ablesungen des Zeigergalvanometers konnten sehr sicher gemacht werden. Es gelang auch, zur Erfassung der Temperaturunruhe die Ablesegeschwindigkeit durch einen Beobachter allein wesentlich zu erhöhen: jede Meßserie, bestehend aus 25 Ablesungen, dauerte nur 70 sec (Zeit, Luftdruck, 10 Temperaturablesungen, Luftdruck, 10 Temperaturablesungen, Luftdruck, Zeit).

Was die Temperaturunruhe in der freien Atmosphäre betrifft, so lassen die bisher vorliegenden Messungen noch keinen endgültigen Schluß zu: Die Temperaturänderung mit der Höhe erfolgte äußerst gleichmäßig ohne nennenswerte Schwankungen. Es ist aber möglich, daß aus übergroßer Vorsicht — um den dünnen Platinfaden nicht zu gefährden — die Ventilation allzu stark gedrosselt wurde, so daß sie unwirksam war und rasche Temperaturschwankungen sich nicht auswirken konnten. Nachträglich zeigte sich, daß ein solcher in einem Rohr frei gespannter Platindraht selbst Windstärken von 30 m/sec ohne jede Drosselung der Luftzufuhr aushält.

Anmerkung bei der Korrektur: Nachträglich konnten noch zwei Flugzeugaufstiege, bei welchen der in der Achse eines Rohres gespannte Platindraht frei dem vollen Ventilationsstrom ausgesetzt war, gemacht werden. Es zeigte sich auch bei dieser Anordnung, daß in einiger Höhe über dem Boden die Temperaturunruhe zumeist unmerklich war.

Das unperiodische Element im Tropenklima

Von K. Knoch

Neben dem ungemein regelmäßigen Ablauf des Wetters im Tropenklima gehen charakteristische Witterungsänderungen vor sich, die als das „unperiodische Element im Tropenklima“ bezeichnet werden. Sie sind bisher in der Literatur gewöhnlich nicht richtig eingeschätzt worden. Sie können auftreten als Schwankungen in der jährlichen Verteilung der Niederschläge und deren Jahresmenge, als heftige Regengüsse in sonst regenarmen Gebieten, als unperiodische Temperaturänderungen, als kalte Winde, als Druckschwankungen und als Sturmerscheinungen. Entsprechende Beispiele werden beigebracht. Abgesehen von den Veränderungen in der jährlichen Verteilung der Niederschläge, die mit Verschiebungen der großen Windgürtel der Erde in Verbindung gebracht werden, ist in den meisten anderen Fällen der Vorstoß von Luftmassen aus höheren Breiten in die Tropen als Ursache anzusehen. Deshalb wird der Schluß gezogen, daß das unperiodische Element im Tropenklima ein Ausdruck ist für die Verbundenheit der Tropenzone mit den Klimazonen der höheren Breiten.

In der allgemeinen Charakteristik vom Tropenklima, die J. Hann in dem zweiten Bande seines Handbuches der Klimatologie gibt, bezeichnet er die größte