

ENTWICKLUNG EINER REGISTRIERENDEN UND SUMMIERENDEN
THERMISCHEN WINDMESSUNG

Development of a recording and totalising thermal
wind-measuring instrument

Développement de compteurs enregistreurs pour le
mesurage thermique du vent

Развитие регистрирующего и суммирующего термического
измерения ветра

von
G. CERNUSCA

Anschrift des Verfassers:

Ing. G. CERNUSCA

Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien

Außenstelle für subalpine Waldforschung in Innsbruck

Rennweg 1, Hofburg

A-6020 Innsbruck

EINLEITUNG

Wiederaufforstungen in der subalpinen Entwaldungszone setzen, wenn sie wissenschaftlich unterbaut sein sollten, Kenntnis der subalpinen Kleinklimatypen und Möglichkeiten ihrer Kartierung voraus.

Das Kleinrelief hat in seinen Teilflächen ein umso unterschiedlicheres Kleinklima, je weniger strauch- und baumbestanden es ist und in je größerer Meereshöhe mit seiner Oberfläche es gelegen ist.

Die gerichteten Faktoren des Windes und der Strahlung, des windgerichteten Niederschlages und des windverfrachteten Schnees, bewirken mit zunehmender Höhe an den verschiedenen gerichteten Teilflächen eine zunehmende Differenzierung der bodennahen Luftschichte, der abgelagerten Schneedecke und mit ihnen auch des unterlagerten Boden (H. FRIEDEL 1952 und 1961).

Zur Erforschung des Kleinklimas sind die im Gelände sichtbaren Verteilungen von Schneelage und Besonnung in Form von Isolinien zu kartieren und die räumliche Korrelation anderer Kleinklimafaktoren zu diesen Leitlinien zu suchen.

Zu diesem Zwecke wurde in Obergurgl-Poschach eine eigene Beobachtungsstation aufgebaut und hiezu nötige Geräte und Meßverfahren entwickelt (H. FRIEDEL 1962, E. PRUTZER und G. CERNUSCA 1965).

Einige der neu entwickelten Geräte wurden anlässlich des in Innsbruck vom 29. 31. März 1966 stattgefundenen Symposiums über die "Ökologie der Waldgrenze" im Botanischen Institut der Universität vorgeführt. Besonders wichtig ist eine Windmessung, die für den eben genannten speziellen Forschungsplan ausgebildet wird.

Sie muß:

- 1) den Beanspruchungen der subalpinen Stufe angepaßt,
- 2) kleinklimatisch und
- 3) klimaökologisch ausgerichtet sein.

HAUPTFORDERUNGEN AN DIE ENTWICKELTEN WINDMESSER

Man darf annehmen, daß sehr schwache Luftbewegungen längerer Dauer nicht minder Wärme- und Feuchtemengen ab- und antransportieren, also ökologisch ebenso stark wirken können, wie kräftige Winde entsprechend geringerer Dauer. Zur Erfassung oft kaum spürbarer mehr oder weniger lotrechter Konvektionsströmungen sind die üblichen Schalenanemometer allein schon wegen der zu hohen Ansprechschwelle nicht geeignet. Trotzdem hat es an Versuchen und Anregungen nicht gefehlt, diese Geräte zu verbessern und auch für besondere Aufgaben einzusetzen. U. BERGER

- LANDEFELD hat 1965 ein Gerät beschrieben, das abgeänderte Anemometerschalen verwendet, um - im Gegensatz zu unserem Bemühen - vertikale Windkomponenten auszublenden, sie messen und registrieren zu können.

In unseren Hochlagen haben wir das Augenmerk vor allem den Steilhängen zu widmen. In der uns interessierenden bodennahen Luftschicht können dort vielfach auch Gradientwinde hangab und hangauf abgelenkt werden. Meßgeräte, welche nur einzelne Komponenten besonders die Horizontale betonen, sind für unsere Zwecke ungeeignet. In unserem Forschungsprogramm muß die Windmessung richtungsunabhängig erfolgen können. Kleinräumig, knapp über und in der Vegetation, fungiert außerdem nur eine thermische Windmessung richtungsunabhängig.

Damit seine Verteilung im Gelände und seine Auswirkung in Bodennähe für unsere Zwecke allseitig genügend untersucht werden kann, soll außerdem der Wind nach Stärkeklassen automatisch sortierbar sein, was zugleich laufende Summierbarkeit und Registrierbarkeit über Impulszähler voraussetzt. Daher sind die für die thermische Windmessung bislang gebräuchlichen Hitzdrahtanemometer mit Ablesung über Galvanometer für unser Forschungsprogramm auch nicht geeignet. Eine Neuentwicklung wurde nötig.

Für die erwähnte räumliche Korrelationsforschung zwischen sichtbaren und unsichtbaren Faktoren bedarf es einer hinreichenden Anzahl von Meßstellen der letzteren. Die einzelnen zugehörigen Meßgeräte sollen laufend und nacheinander ihre Meßwerte mittels einer automatischen Abtasteinrichtung anliefern, wobei sowohl die jeweiligen Windsummen als auch die Tagesextremwerte erkennbar sein müssen. Der Meßvorgang muß auf alle Fälle so geartet sein, daß er selber das Windfeld nicht verändert.

I. MESSVERFAHREN

Die Messung kleinster Strömungsgeschwindigkeiten der Luft ist mit der thermischen Methode, die der King'schen Gesetzmäßigkeit folgt, lösbar. F. ALBRECHT (zitiert aus E. KLEINSCHMIDT, S. 390 397: Die elektrischen Windmeßgeräte) beschreibt zwei Arten von thermischen Windgeschwindigkeitsmessern mit deren Vor- und Nachteilen. Es werden Geräte mit frei exponierten Meßdrähten und in einer Röhre befindlichen, geheizten Körpern besprochen, wobei im zweiten Falle die Temperaturdifferenz der beiden Körper ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit ist. HÖHNE W. 1954 und 1955 verbesserte die ALBRECHT'schen Geräte und entwickelte thermische Feinwindmesser, mit welchen über Schreiber nicht nur die Intensität, sondern auch die Richtung der Strömung registriert werden kann.

In der Weiterentwicklung dieser Geräte wird nun ein Verfahren beschrieben, mittels welchem über eine Temperaturdifferenz und bekannte Hartglas-Platinthermometer Windgeschwindigkeiten erfaßbar sind.

Eine Drahtspirale ist über solch ein Thermometer gewickelt oder sie befindet sich im Glaskörper selbst, was einer späteren Konstruktion vorbehalten bleibt. Diese Spirale wird konstant erwärmt, wobei ihr in der Zeiteinheit immer konstante Wärmemengen zugeführt werden. Ihre Abkühlung durch die Luftströmung ist ein Maß für die Strömungsgeschwindigkeit.

Das Thermometer mit der Spirale mißt immer ihre momentane Temperatur. Gleichzeitig wird aber mit einem gleichartigen Thermometer die augenblickliche Lufttemperatur erfaßt.

Beide Thermometer liegen in den Zweigen der Spulen eines Kreuzspulmeßwerkes. Da beide Thermometer verschiedene Temperaturwerte gleichzeitig messen, werden auch die einzelnen Ströme, welche über diese Thermometer und die beiden Teilspulen des Kreuzspulmeßwerkes fließen, verschieden sein. Das Meßwerk wird sich nun auf die Differenz dieser Ströme, die wiederum einer Temperaturdifferenz entspricht, einstellen. (MOERDER C. beschreibt eingehend die Eigenschaften von Kreuzspulmeßwerken in seiner Arbeit über "Drehspulquotientenmesser").

Das Kreuzspulmeßwerk, an welchem die oben genannten Thermometer angeschlossen sind, wurde so abgeglichen, daß der ganzen Meßwerkskala eine Temperaturdifferenz von 50°C entspricht. Dieser Temperaturdifferenz wurde vorerst eine Windgeschwindigkeit von 0 bis 100 cm/s zugeordnet. Ist nun die Temperaturdifferenz zwischen beiden oben genannten Thermometern 50°C , so ist die gemessene Windgeschwindigkeit gleich Null. Das Meßwerk wird sich mit seinem Zeiger auf das rechte Ende der Skala, also auf 50°C einstellen. Ist die Geschwindigkeit des Windes aber unendlich groß, so ist die Temperaturdifferenz beider Thermometer gleich Null, was zur Folge hat, daß sich der Meßwerkzeiger auf den Anfang der Skala, also auf 0°C einstellen wird. Da die Windgeschwindigkeit zur Temperaturdifferenz in keinem linearen Verhältnis steht, ist auch die Skaleneinteilung auf dem Meßwerk nicht linear. Eicht man aber die Skala und das Schreibpapier in Windgeschwindigkeiten cm/s , kann etwa mit einem Fallbügelschreiber auch jederzeit registriert werden.

Um automatisch Mittelwerte von Windgeschwindigkeiten cm/s zu bilden, muß die Temperaturdifferenz in eine lineare Impulsfolge umgewandelt werden. Die Impulse sind in geeigneten elektrischen Impulszählern summierbar.

II. EINZELGERÄTE

A) Der Windgeschwindigkeitsmesser (Abb. 1)

Das Gerät besteht aus zwei Haltern (4), auf welchen die beiden Thermometer T_1 und T_2 aufmontiert sind. Man sieht über T_2 die Heizspirale (3) mit ihren Leitungszuführungen für den konstanten Heizstrom. Die beiden Leitungsenden von T_1 und T_2 sind so verbunden, daß sie an ein Dreileiterkabel angeschlossen werden können, wobei ein Leiter dieses Kabels für beide Thermometer gemeinsam geführt wird. Durch diese Anordnung kann die Dreileiterschaltung eines Kreuzspulmeßwerkes vorteilhaft ausgenützt werden. Sowohl eine veränderte Meßspannung (6 Volt) als auch Veränderungen des Zuleitungswiderstandes thermischer Art, verfälschen das Meßergebnis nicht. Die räumliche Anordnung von T_1 und T_2 soll erst durch künftige Erfahrung festgelegt werden. Vorläufig wurde die Anordnung so gewählt, wie diese in der Abb. 1 zu sehen ist. Die noch zugelassenen Leitungslängen hängen vom verwendeten Meßwerk ab, das im vorliegenden Falle für 2×10 Ohm Leitungswiderstand ausgelegt wurde. Durch Zwischenschaltung von bekannten Widerstandsferngebern können, wie bei üblichen Temperaturmessungen, sehr große Entfernungen überbrückt werden. Hiedurch zeichnet sich das beschriebene Meßverfahren besonders aus.

B) Gerät zur Bildung von Temperaturdifferenzen (Abb. 2)

Dieses Gerät ist ein umgebauter Integrator für Temperaturmessungen, wie er viele Jahre auf der Station Obergurgl-Poschach verwendet wird (E. PRUTZER und G. CERNUSCA 1964).

In der Abb. 2 sieht man das Umschaltgerät (5), welches die einzelnen Windgeschwindigkeitsmesser zur Auswertung anschließt und den zugehörigen Impulszählern zuordnet. Das Gerät (Abb. 2) kann bis 24 Meßstellen verarbeiten. Die Windmeßzeit an jeder Meßstelle beträgt 50 Sekunden. Eine Lichtzeiger-Nachführautomatik verwandelt nach einem digitalen Verfahren den Meßwerkausschlag in eine Impulszahl. Diese Zahl ist am Anfang der Skala am kleinsten und an deren Ende am größten. Als ausreichend für die beschriebene Messung wurde je Grad Temperaturdifferenz 1 Impuls gefunden. Es werden daher auf dem ganzen Zeigerweg, von Anfang bis zum Ende der Skala, 50 Impulse gebildet. Diese Impulse sind der Temperaturdifferenz linear und sind unabhängig von der Geschwindigkeit, mit welcher die Lichtzeiger-Nachführautomatik die Ablesung durchführt. Sie sind aber der gerade herrschenden Windgeschwindigkeit nicht proportional. Daher müssen sie, wie schon oben gesagt, noch linearisiert und in eine andere Impulszahl umgewandelt werden, was im Linearisierungsgerät erfolgt.

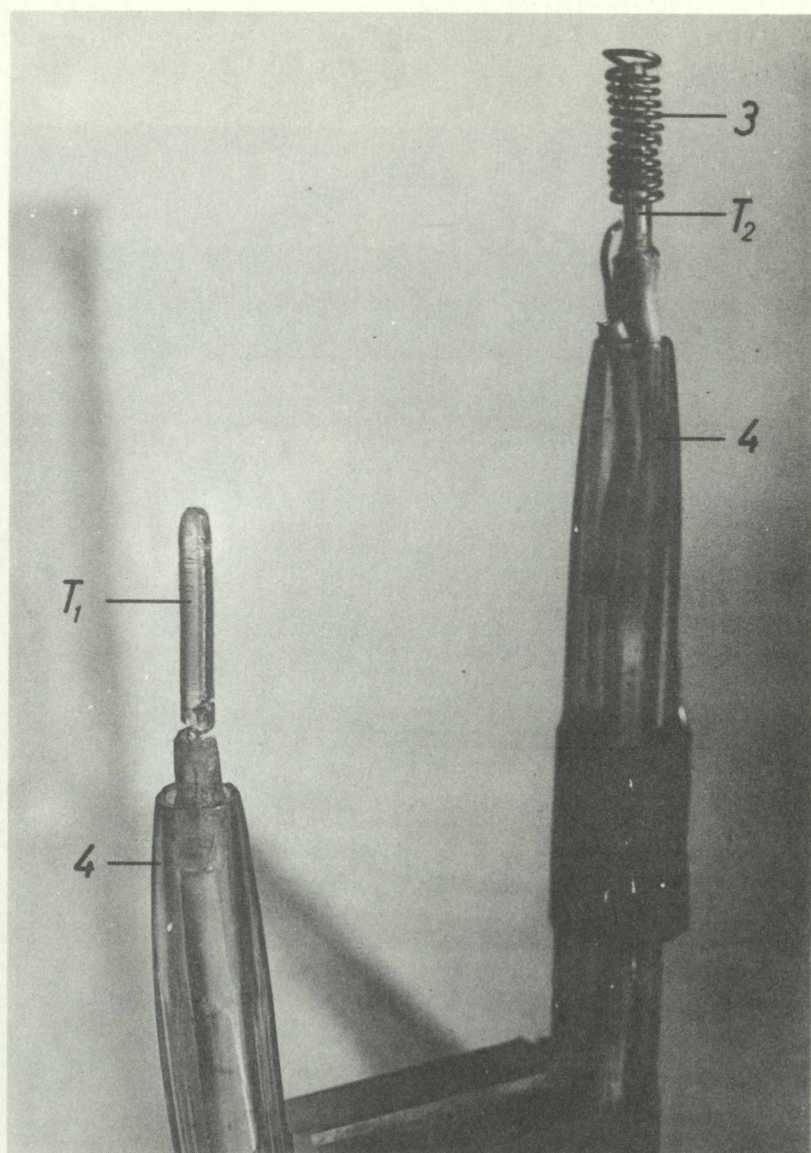


Abb. 1

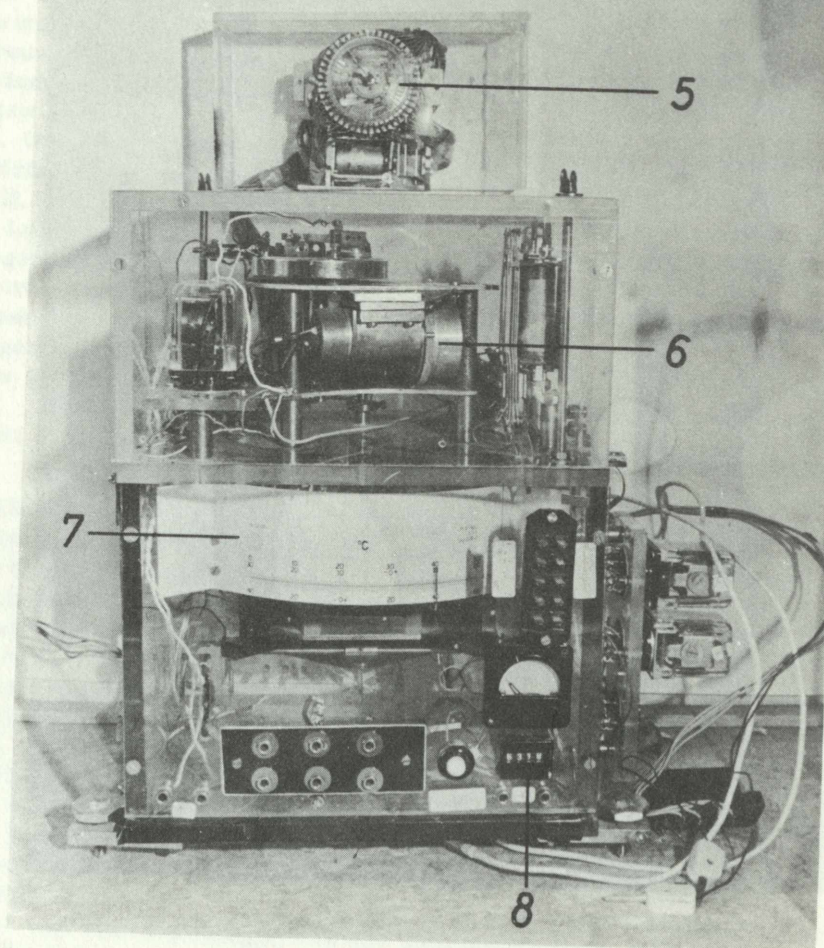


Abb. 2

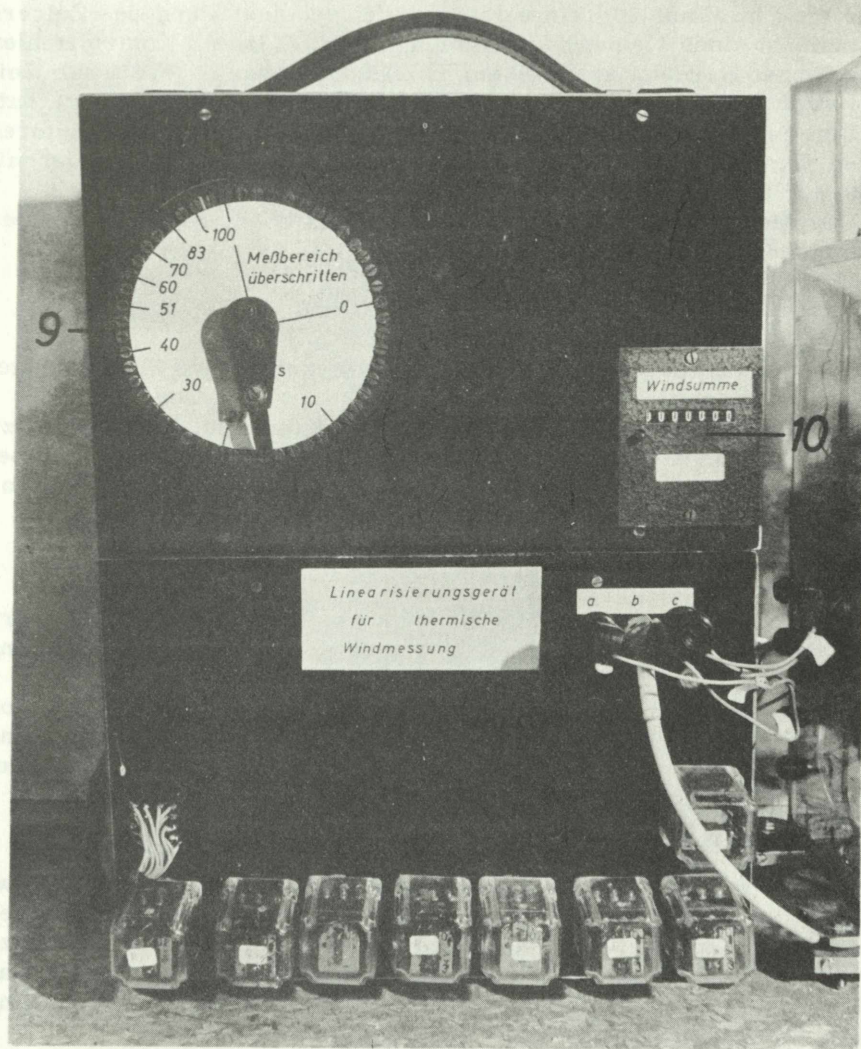


Abb. 3

In der Abb. 2 ist der Motor (6) für die Lichtzeiger-Nachführautomatik zu sehen. Dieser kommt in Gang, wenn von einer Zeitzentrale (Uhr), ein dort einprogrammierter Ableseimpuls kommt (in Abb. 2 nicht zu sehen).

Bei (7) sieht man die Kreuzspul-Meßwerkskala und auch den Zeiger, der sich hier auf 40° eingestellt hat (diese Einstellung des Zeigers entspricht einer kleinen Luftströmung). Mit (8) ist ein Kontrollzähler bezeichnet worden, an welchem man nach einer abgelaufenen Zeit feststellen kann, wieviele Ablesungen das Gerät ausgeführt hat.

Der Betrieb erfolgt mit 24 Volt Gleichstrom aus Akkumulatoren oder dem Netz über einen Gleichrichter. Der Verbrauch kann mit 240 mA als gering bezeichnet werden.

Das Meßwerk der Firma Philipp Schenk, Wien, hat drei Temperaturmeßbereiche u. zw.:

$$\begin{aligned} &0^{\circ} \text{ bis } 50^{\circ} \text{ C} \\ &20^{\circ} \text{ bis } + 40^{\circ} \text{ C und} \\ &- 40^{\circ} \text{ bis } + 60^{\circ} \text{ C.} \end{aligned}$$

So könnte man durch Umschalten der Meßbereiche und Zusatzgeräte, alle Windgeschwindigkeiten von 0 bis 30 m/s erfassen.

In der Abb. 7 ist eine Schaltung des Kreuzspul-Meßwerkes zu sehen. Bei a) die übliche Schaltung für ein Thermometer und bei b) eine Variante für Temperaturdifferenzmessung mit zwei Thermometern, ohne Änderung der elektrischen Daten des Meßwerkes.

C) Linearisierungsgerät (Abb. 3)

Die Temperaturdifferenz zwischen der heißen Spirale und dem Vergleichsthermometer wird immer geringer je stärker die Luftströmung wird. Man sieht dies aus der Abb. 8.

Wäre ein Wind von 10 cm/s, so würde man eine Abkühlung von 50° auf 43° , also um 7° feststellen. Ein um 10 cm/s stärkerer Wind (20 cm/s) kühlt die gleiche Spirale von 43° auf 36° , also wieder um 7° ab. Die Reihe setzt sich nun weiter fort:

Wind	30 cm/s	Abkühlung von	36° auf	30°	6° C	
"	40 cm/s	"	"	30° auf 26°	$= 4^{\circ} \text{ C}$	
	50 cm/s		"	26° auf 23°	3° C	u. s. w.

Aus dieser Ablesung ist zu erkennen, daß einer linear ansteigenden Strömungsgeschwindigkeit der Luft keine lineare Abkühlung der Heizspirale folgt. Würde man nun die der Temperatur der Abkühlung folgenden Impulse summieren wollen, wäre dies irreführend. Eine Linearisierungsoperation muß nun folgen.

Bezeichnet man die oben gemachten Ablesungen der Reihe nach mit a) bis e) so folgt für

a)	7°	7 Impulse
b)	7°	7 "
c)	6°	6
d)	4°	4
e)	3°	3

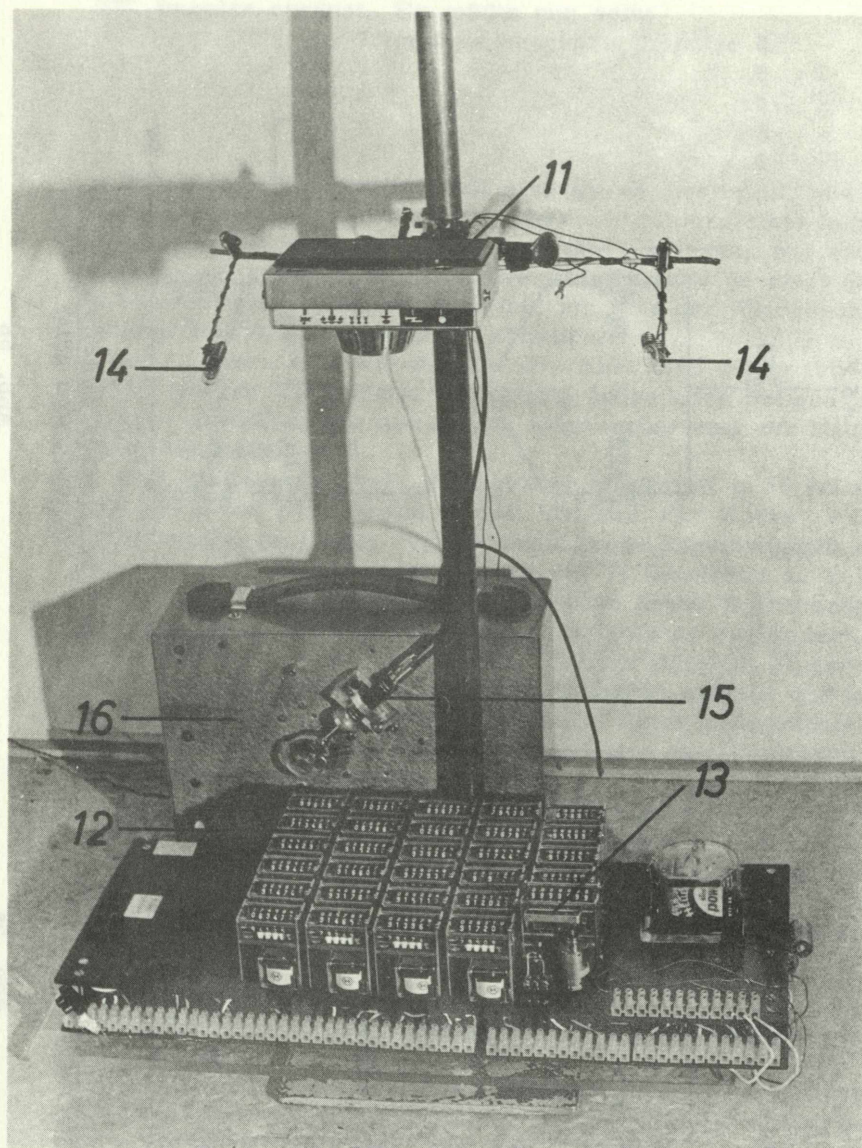
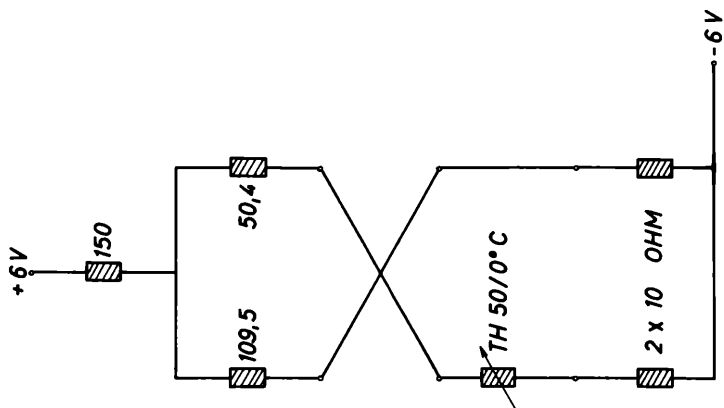
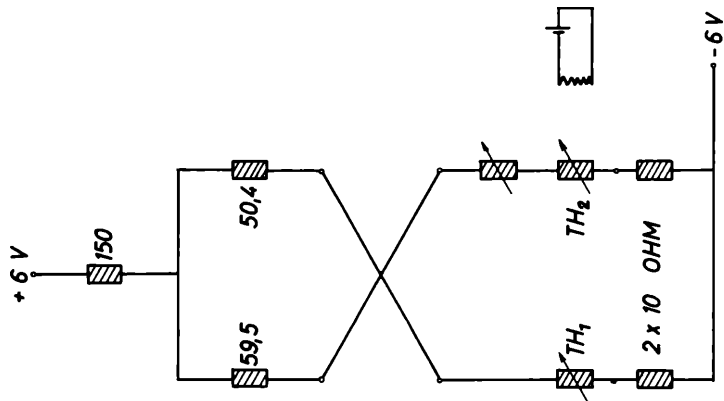


Abb. 4



TEMPERATURMESZUNG

Abb. 5a



TEMPERATUR - DIFFERENZMESZUNG
THERMISCHER WIND

Abb. 5b

Alle diese Impulse wären summierbar, wenn man jede Reihe auf "7" Impulse ergänzt. Es müßte nun sein:

a) 7 Impulse, ergänzte Impulse	0
b) 7 " " "	0
c) 6	1
d) 4	3
e) 3	4

Hat man nun experimentell eine Kurve bestimmt, die die Strömungsgeschwindigkeit der Luft über die Abkühlung einer heißen Drahtspirale wiedergibt, so kann man sofort ablesen, wie die Linearisierung zu erfolgen hat, d.h. wieviele Impulse je cm/s Strömungsgeschwindigkeit auszuwerfen sind, um eine der Windgeschwindigkeit proportionale Impulsfolge zu erhalten.

Mit einem Gerät wie dies in der Abb. 3 zu sehen ist, kann man nicht lineare Eichkurven, die stetig fallen oder steigen in Impulsfolgen umsetzen, die als solche summierbar und zur Mittelwertbildung brauchbar sind.

Das vorliegende Gerät zerlegt eine Eichkurve in 50 Teilabschnitte. Entsprechend der verschiedenen Steilheit der Kurve werden auch proportional zu dieser verschiedenen große Impulsmengen ausgeworfen. Da die Linearisierung immer von Teilabschnitt zu Teilabschnitt erfolgt, werden auch immer verschieden große Impulsmengen gebildet und hintereinander in einem Impulszähler registriert.

Dieser Vorgang wird durch ein Schrittschaltwerk (9) erreicht, das die Werte der Eichkurve in 50 Teilabschnitte aufteilt und jeden Teilabschnitt an Schalteinheiten anschließt. Diese Schalteinheiten bilden stets die für die Linearisierung notwendige, der Windgeschwindigkeit proportionale Impulsfolge.

Das vorliegende Gerät wurde so vorprogrammiert, daß bei Windstille keine und bei 100 cm/s Wind 100 Impulse in den Zähler fließen.

Ist der Wind größer als 100 cm/s, so erfolgt die Meßbereichüberschreitung. In diesem Falle wird der Wind nicht mehr gemessen und es ist vorgesehen, daß auf einen anderen Windmeßbereich umgeschaltet wird.

BEISPIEL EINER THERMISCHEN WINDMESSUNG (Abb. 7)

Annahme: Der Wind hat die Spirale (3) etwas abgekühlt und das Meßwerk hat sich (Abb. 2) auf der Skala (7) auf 40° C neu eingestellt. Der Meßwerkzeiger läuft von 50° C bis 40°, in Richtung des dort sichtbaren kleinen Pfeiles und bleibt bei 40° stehen. Dies entspricht einer Abkühlung von 10° bzw. einer noch verbliebenen Temperaturdifferenz von 40° C.

Im vorgewählten Zeitintervall wird von der Zeitzentrale (Uhr) der Motor (6) in Gang gesetzt und bewegt die Lichtzeigerautomatik so

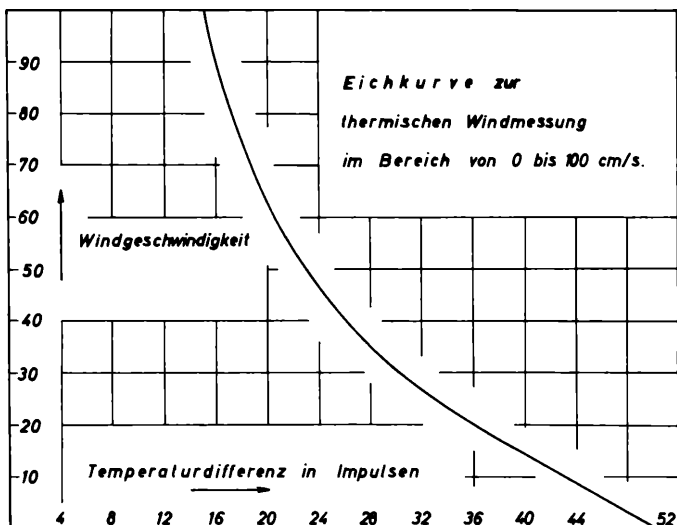


Abb. 6

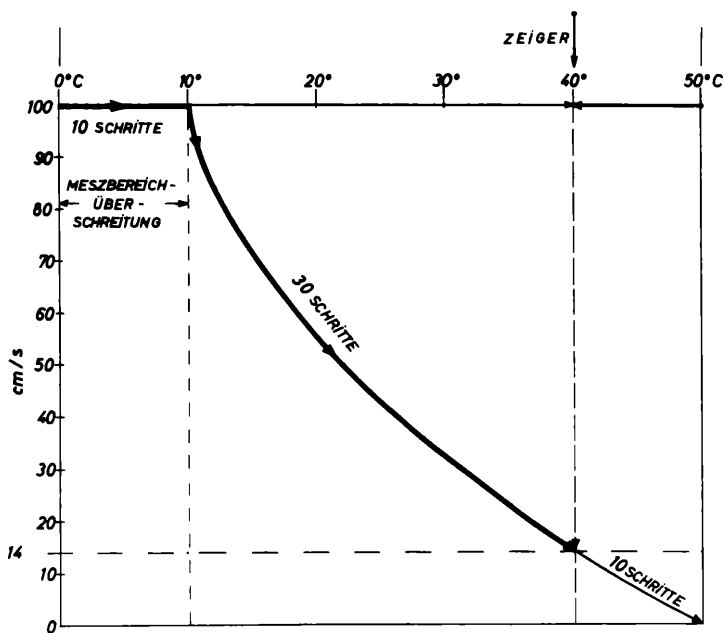


Abb. 7

lange nach rechts (langer Pfeil in Abb. 9), bis durch einen Lichtstrahl der Meßwerkzeiger auf 40° C berührt wird. Bis zu diesem Zeitpunkt wurden von der Lichtzeigerautomatik 40 Impulse weitergegeben, die an das Linearisierungsgerät gelangten. Jetzt wird ein Relais umgeschaltet. Je nach Steilheit der noch verbliebenen Abschnitte der Linearisierungskurve werden verschiedene summierbare Impulsfolgen gebildet. Lt. Abb. 8 werden 14 Impulse ausgeworfen die auch 14 cm/s Windgeschwindigkeit entsprechen. Dieser Wert erscheint nicht nur auf dem Kontrollzähler (10), sondern auch auf dem der Meßstelle zugeordneten Impulszähler, durch den die Mittelwertbildung erfolgt.

D) Elektronischer Zeitgeber und Auslöser mit fotografischem Registriergerät (Abb. 4)

Mit dieser Gerätegruppe eröffnet sich die Möglichkeit, die Meßdaten von thermischen Windmeßeinrichtungen fotografisch zu speichern. Darüber hinaus können damit aber auch Meßdaten von Windstationen in schwer oder nur zeitweilig zugänglichem Gelände zu verschiedenen Terminen aufgenommen und damit überhaupt erst möglich gemacht werden (BERNARD J. 1966). Meßdaten fotografisch festzuhalten hat auch ERICSON B. mit Erfolg versucht, wobei er Zähler und auch Meßwerkskalen fotografierte.

Die in der Abb. 4 gezeigten Geräte sind für geringsten Stromverbrauch und besondere Anforderungen ausgelegt und stellen so auch hier eine Weiterentwicklung im Sinne neuesten Standes der Technik dar.

Die Meßdaten werden in Zählern (12) aufgenommen. In einem besonderen Zähler (13), der 6-Minuteneinheiten zählt, kann die Zeit in Stunden und Zehntelstunden abgelesen werden. Mittels eines besonderen Schaltgerätes (16) kann auch eine beliebige Kamera (11) betrieben werden. Diese transportiert den Film nach jeder Aufnahme selbst weiter, tätigt den Verschuß und legt automatisch auch die Verschußzeit und Blende fest. Als Beleuchtung dienen von jeder Seite der Zähler je vier Lämpchen für 24 Volt und 0,1 Ampère. Diese Beleuchtung reicht in ihrer Intensität aus, um zusammen mit einem Film einer Empfindlichkeit von 17 Din einwandfreie Aufnahmen zu liefern.

Um elektrische Energie einzusparen, schaltet die Automatik, die selbst sehr wenig Strom verbraucht, erst kurz bevor sie die Kamera (11) mittels Auslöser (15) tätigt, die Beleuchtung (14) ein. Diese Beleuchtung wird aber sofort nach der Aufnahme wieder abgeschaltet. Die Zeit, in welcher der Vorgang der fotografischen Registrierung (Einschalten der Beleuchtung, Auslösung der Kamera u. s. w.) abläuft, beträgt ca. 1,5 Sekunden.

Die Stromversorgung aller beschriebenen Geräte erfolgt einheitlich mit 24 Volt Gleichstrom aus Akkumulatoren oder einem Gleichrichter aus dem Lichtnetz. Die gleiche Stromquelle wird auch für die Erwärmung der Heizspiralen (3) verwendet. Da verschieden lange Leitungen bis zu den einzelnen Meßstellen (Spiralen) verwendet werden, wird deren Innenwiderstand mittels Regelung der Stromstärke (in den Abbildungen nicht zu sehen) durch Regelgeräte wieder ausgeglichen.

LEGENDE ZU DEN ABBILDUNGEN

Abb. 1:

Thermischer Windgeschwindigkeitsmesser.

Es bedeuten: T_1 kaltes Thermometer (Hartglas-Platinthermometer) 50 Ohm/0° C, T_2 heißes Thermometer (Hartglas-Platinthermometer) 50 Ohm/0° C, 3) Heizspirale, 4) Halterung der Thermometer.

Abb. 2:

Gerät zur Bildung von Temperaturdifferenzen.

Unten ist das Meßwerk und oben die Impulsautomatik mit Sortierwerk. Die Ziffern bedeuten: 5) Sortierwerk zur Umschaltung von Windmessern verschiedener Standorte, 6) Motor, 7) Meßwerkskala, 8) Impulszähler der angibt, wieviele Ablesungen durch das Gerät getätigt wurden.

Abb. 3:

Linearisierungsgerät.

Die Ziffern bedeuten: 9) Schrittschaltwerk, 10) Impulszähler zur Messung der Windgeschwindigkeit in cm/s.

Abb. 4:

Fotografische Registrieranlage mit elektronischem Zeitgeber und Auslöser.

Die Ziffern stellen dar: 11) Kamera, 12) Impulszähler, auf welchen Mittelwerte der verschiedenen Windgeschwindigkeiten abgelesen werden können, 13) Rückstellimpulszähler, welcher immer um 24 Uhr auf den Wert Null rückgestellt wird. Im Laufe von 24 Stunden werden hier Impulse im Abstand von 6 Minuten gespeichert. Die momentane Zeit ist daher hier ablesbar und auch zur Zeit der fotografischen Registrierung festgehalten. 14) Beleuchtungseinrichtung: Diese wird nur zur Zeit der Aufnahme kurz eingeschaltet. 15) Auslöser für die Kamera, der hier mechanisch getätigt wird. 16) Elektronischer Zeitgeber, der zu einprogrammierten Terminen den Auslöser 15 bewegt und die Kamera 11 steuert.

Abb. 5:

Schaltung eines Drehspulmeßwerkes zur Messung einer Temperatur mit einem Platin-Thermometer 50 Ohm/0° C.

a) Für ein Thermometer, b) für zwei Thermometer zur Messung von Temperaturdifferenzen.

Abb. 6:

Die in das Linearisierungsgerät eingetragene Eichkurve für bodennahe Winde von 0 - 100 cm/s.

Abb. 7:

Beispiel einer thermischen Windmessung.

Die Pfeile bedeuten:

Pfeil von 50°C nach 40°C (rechts oben): Weg des Meßwerkzeigers nach erfolgter Abkühlung des heißen Thermometers T_2 .

Starker Pfeil von links oben, 10 Schritte, Bereich der Meßbereich-überschreitung. In diesem Bereich erfolgt keine Zählung der Windimpulse. Es wird aber ein Signal abgegeben, mit welchem die Sortierung verschieden starker Windschwellen möglich ist. Hier ist die Meßbereichüberschreitung der Bereich über 1 m/s Windgeschwindigkeit. Starker Pfeil von links oben nach rechts unten 30 Schritte, der Weg des Schrittschaltwerkes, welches von der Lichtsteuerautomatik bewegt wird. Da der Lichtzeiger den Meßwerkzeiger noch nicht gekreuzt hat, werden auch in diesem Bereich noch keine Windimpulse gezählt. Die Fortsetzung des starken Pfeiles als schwächerer Pfeil, 10 Schritte, im unteren rechten Teil ist jener Bereich, in welchem das Linearisierungsgerät angesteuert wird und zwar ab dem Zeitpunkt der Berührung des Meßwerkzeigers durch den Lichtstrahl der Automatik. Aus der gerade vorherrschenden Temperaturdifferenz der beiden Thermometer von 10°C wird die Windgeschwindigkeit von 14 cm/s errechnet. Dieser Wert erscheint auf dem Impulszähler als Ziffer 14.

ZUSAMMENFASSUNG

Der bodennahe Wind ist ein ökologisch wichtiger Faktor. Die verschiedenen Unregelmäßigkeiten und Formen des Reliefs bewirken, daß bodennahe Winde bei gleichem Gradientwind sehr verschiedene Richtung und Stärke annehmen.

Es sollen auch kleinste Intensitäten einschließlich ihrer Vertikal-komponente gemessen werden. Durch Richtungsunabhängigkeit der Messung kann man erwarten, daß die gesetzlichen Zusammenhänge zwischen Windstärken und Schneelagen für künftige Kleinklimakartierung erkennbar werden.

Die Messung des bodennahen Windes erfolgt thermisch mit genormten Platinthermometern. Eine mit konstanter Wärmemenge erhitzte Spirale wird durch den Wind abgekühlt. Die Abkühlung wird als Temperaturwert von einem Platin-Hartglasthermometer abgenommen und mit der Lufttemperatur, die von einem gleichartigen Thermometer gemessen wird, verglichen. Die gebildete Temperaturdifferenz wird in Steuerimpulse umgesetzt. Da die Temperaturdifferenz dem gerade vorherrschenden Wind nicht einfach proportional ist, müssen die Steuerimpulse in einem Linearisierungsgerät in andere Impulse umgewandelt werden. Nach der Linearisierung sind sie summierbar und können in elektrischen Impulszählern gespeichert werden.

Nach dieser Meßmethode wären auch alle Windgeschwindigkeiten erfaßbar, sofern die dem Meßgeber zugeführte Wärmemenge einer stärkeren Luftbewegung entsprechend sich immer ebenfalls vergrößert.

Es können auch mittels einer besonderen photographischen Einrichtung vor den Zählern die Meßdaten auf Schmalfilme festgehalten werden. Ein Zeitwerk läßt hierfür beliebige Intervalle vorprogrammieren. Der Vorgang kommt praktisch einer Registrierung gleich, durch die auch Extremwerte sichtbar werden. Die photographische Fixierung von Meßdaten ist besonders bei Meßstellen in schwer zugänglichem Gelände wichtig.

SUMMARY

Winds which occur close to the ground are an important ecological factor. Differences in relief mean that winds close to the ground vary in intensity and direction with the same above-ground wind.

The lowest intensities as well as the vertical component of these winds should be measured. Because measurement is independent of direction, it is to be expected that the connection between wind intensity and snowlie would be recognisable for potential microclimate mapping.

Measurement of wind near the ground is done with standardised platinum thermometers. A heated coil with a constant heat input is cooled by the wind. This cooling is measured as a temperature value by a platinum-hard glass thermometer and compared with air temperature measured by a similar instrument. The temperature difference is transposed into an impulse. Because the relationship between temperature difference and prevailing wind is not simply proportional, the impulses must be converted to other impulses through a linearisation apparatus. After conversion they can be counted on an electronic impulse counter.

Using this method it is possible to measure all wind intensities so long as the heat input to the coil is increased along with the greater air movement at higher wind speeds.

The measurements can be recorded on cine film using a special photographic setup in front of the counters. Recording intervals can be preselected through a time switch. This operation is essentially the same as a recording, as the extreme values are evident. The photographic recording is especially convenient for measurements from sites which are difficult of access.

R É S U M É

Le vent au ras du sol est un facteur écologique important. Des différentes irrégularités de terrain il résulte que les vents au ras du sol du même gradient prennent des directions et des forces très différentes.

Les plus petites intensités ainsi que leurs composants verticaux doivent être mesurées. On espère obtenir par des mesurages indépendants de la direction des cartes microclimatiques laissant reconnaître les relations périodiques entre les forces du vent et la situation de la neige.

Les vents au ras du sol sont mesurés thermiquement par des thermomètres de platine. Une spirale réchauffée d'une quantité constante de chaleur est refroidie par le vent. Ce refroidissement est enregistré comme température par un thermomètre de platine de verre dur et comparé à la température de l'air mesurée par un thermomètre analogue. La différence de température ainsi trouvée est transformée en impulsions dirigées. La différence de température n'étant pas proportionnelle au vent prédominant, les impulsions dirigées doivent être transformées en d'autres impulsions par un appareil de linéarisation. Après ce procédé elles sont additionnables et peuvent être enregistrées par un compteur d'impulsions électrique.

Selon cette méthode toutes les vitesses de vent seraient également enregistrables si la quantité de chaleur amenée au compteur augmentait aussi conformément à la force du mouvement d'air.

Des installations photographiques spéciales devant les compteurs peuvent aussi fixer les données du mesurage sur un microfilm. Un appareil de repérage du temps permet d'effectuer les enregistrements à intervalles voulus. Ce procédé équivaut pratiquement à un enregistrement rendant visible les valeurs les plus extrêmes. Le procédé photographique est surtout important pour les enregistreurs installés sur un terrain difficilement accessible.

Р е з ю м е

Ветер над почвой является важным фактором в экологическом отношении. Различные неравномерности и формы рельефа способствуют тому, что ветер над почвой принимает очень различные направления и различную силу даже при постоянном градиентном ветре.

Необходимо измерять и самые слабые ветры включительно их вертикальной компоненты. Если проводить измерения так, что результаты не подлежат влиянию направления, то можно ожидать, что удастся выявить закономерные взаимоотношения между силой ветра и высотой снежного покрова, которые в будущем могут быть использованы для картографии микроклимата.

Измерение ветра над почвой производится термически с помощью стандартизованных платиновых термометров. Спираль, нагреваемая постоянным количеством тепла, охлаждается ветром. Это охлаждение отчитывается в форме температурного значения термометром из платины и небьющегося стекла и сравнивается с температурой, измеряемой термометром такого же рода. Разница температур превращается в импульсы тока. Но так как разница температур не просто пропорциональна действующему в данное время ветру, то эти первичные импульсы должны быть преобразованы с помощью линеаризатора в другие импульсы. После линеаризации они

являются сложными и могут быть аккумулированы в электрических счетчиках импульсов.

Этот метод измерения позволяет охватить все скорости ветра при условии, что количество тепла, поданное датчику, увеличивается соответственно усиленному движению воздуха.

Возможна и запись данных счетчиков с помощью особой фотографической установки. Употребляя часовой механизм, можно программировать любые интервалы. Такой процесс, в сущности, подобает регистрации и дает возможность, выявить и экстремальные значения. Фотографическая запись измеряемых данных особенно важна в случае измерительных пунктов, находящихся в труднодоступной местности.

LITERATUR

- BERNARD J. 1966: Fotografische Registrierung von Windmeßdaten. Unveröffentlichte Untersuchungen
- BERGER U. LANDEFELDT 1965: Long Range Measurements of the Vertical Component of the Wind. Aus Arid Zone Res. 25. S. 71 75
- ERICSON B. 1965: A Photographic Data Recording System Automatic Collection of Data in a Field Experiment. Department of the Forst Yield Research Royal College Forestry Nr. 8
- FRIEDEL H. 1961: Schneedeckenandauer und Vegetationsverteilung im Gelände. Mitt. der Forstl. Bundesversuchsanstalt Mariabrunn, Heft 59, S. 317 370
- FRIEDEL H. 1952: Gesetze der Niederschlagsverteilung im Hochgebirge. Wetter und Leben Heft 3 - 7 Seite 74 - 86
- FRIEDEL H. 1962: Forschung für Land- u. Forstwirtschaft der Hochlagen. Berichte zur Landesforschung und Landesplanung. Jg. 6 Heft 1. Seite 34 - 55
- HÖHNE W. 1954: Über die Weiterentwicklung des thermischen Feinwindmessers. Zeitschr. f. Meteorologie Bd. 8. Heft 7/8 Juli/August
- HÖHNE W. 1955: Windrichtungsschreiber für schwache Luftstromungen. Zeitschr. f. Meteorologie Band 9. Heft 5
- KLEINSCHMIDT E. 1935: Handbuch der meteorologischen Instrumente. Verlag Julius Springer, Berlin
- MOERDER C. 1955: Drehspul-Quotientenmesser I/II. Seite 235 - 238 und Seite 261 - 264. ATM Archiv für Technisches Messen, Oktober und November
- MOERDER C. 1956: Drehspul-Quotientenmesser III bis V. Seite 117 - 120, 213 - 216, 233 236 ATM Archiv für Technisches Messen Monate Mai, September und Oktober
- PRUTZER E. und CERNUSCA G. 1964: Neue Meßverfahren zur Erfassung von Klimaelementen mittels Zählimpulsen (Im Manuskript)
- PRUTZER E. und CERNUSCA G. 1965: Meßprobleme und Instrumentar einer Klimakologischen Freilandstation. Mitteilungen der Forstl. Bundesversuchsanstalt Mariabrunn Heft 66 Seite 33 - 51
- SCHNEIDER R. 1955: Messung kleiner Temperaturdifferenzen mit der Hitzdrahtbrücke. ATM Archiv f. Techn. Messen Seite 217 - 220 Oktober