

## Werk

**Jahr:** 1937

**Kollektion:** fid.geo

**Signatur:** 8 GEOGR PHYS 203:13

**Digitalisiert:** Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

**Werk Id:** PPN101433392X\_0013

**PURL:** [http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X\\_0013](http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0013)

**LOG Id:** LOG\_0035

**LOG Titel:** Ein mechanisch registrierendes Vertikalanemometer und seine Verwendung im Gelände

**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](mailto:gdz@sub.uni-goettingen.de)

Beim Doggerbank-Beben wurden für die  $P_n$ - und  $S_n$ -Wellen Laufzeitkurven in verschiedenen Profilen aufgestellt. Die Geschwindigkeit beträgt nach Nordosten 8.4 km/sec, nach Südosten 7.9 km/sec. Offenbar sind dies Scheingeschwindigkeiten, hervorgerufen durch die Neigung der Schicht, an der die  $P_n$ -Wellen entlanglaufen.

Die Anregung zu dieser Arbeit gab Herr Professor Angenheister. Für sein stets förderndes Interesse bin ich ihm zu großem Dank verpflichtet. Außerdem danke ich Herrn Dr. Jung für mancherlei Ratschläge.

### Literatur

- [1] Seismische Registrierungen in De Bilt 1932, Anhang. De Bilt 1932.
- [2] H. Landsberg: Die Ausbreitung des Erdbebens in der Nacht vom 20. zum 21. November 1932 in Westdeutschland. Frankfurt 1933.
- [3] O. Koentges: Das Erdbeben vom 21. November 1932. Karte gleicher Bebenstärke. Aachen 1933.
- [4] Geologisch Bureau Heerlen: Jaarverslag over 1931. Heerlen 1932, S. 51—54.
- [5] K. Escher: Allgemeine Geologie. Amsterdam 1934, S. 457.
- [6] V. Conrad: Erdbeben und Luftdruckänderung. Gerlands Beitr. z. Geophys. **48**, 239—253 (1936).
- [7] F. Baron Nopsca: On connections between earthquakes and atmospheric pressure. Ebenda **48**, 229—238 (1936).
- [8] Deutsche Seewarte Hamburg: Täglicher Wetterbericht. Hamburg, 18. bis 29. November 1932.
- [9] S. Yamaguti: A modal experiment of occurrence of earthquake. Bull Earthqu. Res. Inst. Tokyo **13**, 772—781 (1935).
- [10] V. Inglada: Die Berechnung der Herdkoordinaten eines Nahbebens. Gerlands Beitr. z. Geophys. **19**, 73—98 (1928).
- [11] E. Wiechert: Entfernungsberechnungen von Orten auf der Erde bei kleinen Abständen. Zeitschr. f. Geophys. **1**, 177—182 (1924/25).
- [12] University Observatory Oxford: The International Seismological Summary 1931. Oxford 1936.

Göttingen, Geophysikalisches Institut, Dezember 1936.

---

## Ein mechanisch registrierendes Vertikalanemometer und seine Verwendung im Gelände

Von H. Dieterichs, Göttingen — (Mit 11 Abbildungen)

**Einleitung.** Es gibt grundsätzlich zwei Möglichkeiten, sich Kenntnis über die Strömung, das Geschwindigkeitsprofil und die Wirbelzonen an Hindernissen zu verschaffen.

Die nächstliegende ist die Messung am Hindernis selbst in der freien Atmosphäre, die andere die am Modell im Windkanal. Die zweite Methode ist meßtechnisch bequem und hat gegen die andere den Vorzug der Zeitersparnis. Die

getreue Übertragung der Meßergebnisse der Modellströmung auf die Naturströmung fordert jedoch Gleichheit ihrer Reynolds'schen Zahlen  $Re$ . Da es sich bei den meteorologisch interessierenden Strömungen um Hindernisse von mindestens 100 m Größe handelt, ist selbst eine Näherung  $Re_{\text{Modell}}$  an  $Re_{\text{Natur}}$  nicht möglich, weil die geforderte sehr hohe Windgeschwindigkeit im Kanal nicht

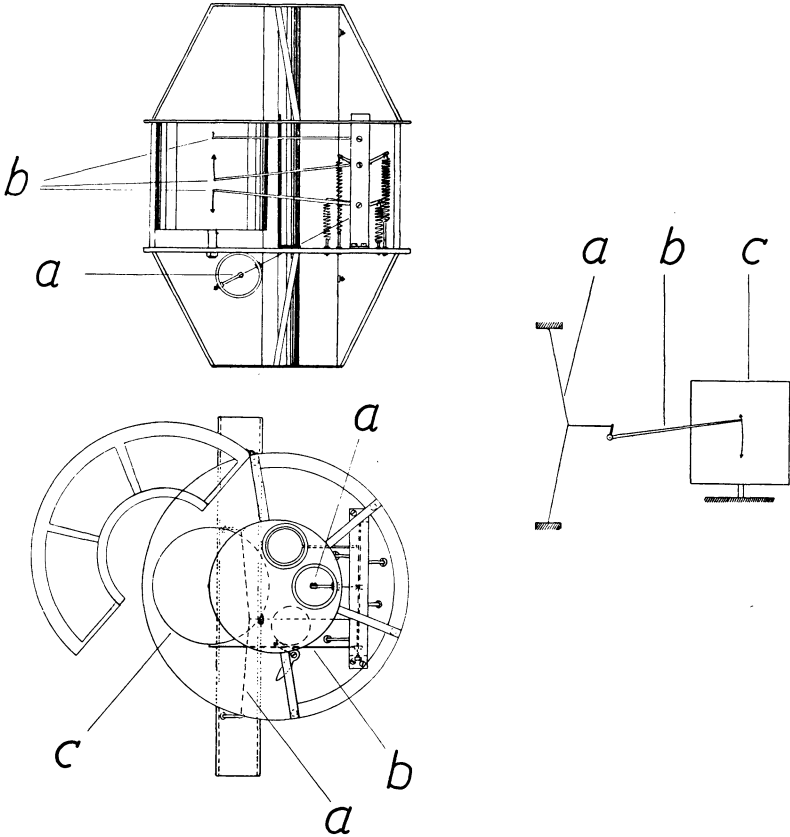


Fig. 1. Mechanisches Hitzdrahtanemometer.

Rechts: schematisch.

Links: Gerät

hergestellt werden kann. Zur Messung dieser großräumigen Strömung ist man darauf angewiesen, in der Natur selbst zu messen. Dabei muß man die wechselnde Anblasrichtung- und Geschwindigkeit, sowie die Turbulenz der Luft mit in Kauf nehmen und kann nur versuchen, diese Schwankung durch Mittelbildung über längere Zeiten unschädlich zu machen. Je nach der Größe des Hindernisses hat man verschiedene Meßmethoden angewandt. So stützt sich Baumann [1] für große Räume auf Wetterkarten und gewinnt aus ihnen Stromlinienfelder, während

für mittlere Hindernisse (Berge und Kuppen) Höhndorf [2], [3], [4] Ballonbahnen vermißt. Diese letzte Methode ergibt für einen bestimmten Raumpunkt nur einen Augenblickswert. Um die Schwankung von Anblasrichtung und Geschwindigkeit durch Mittelbildung auszuschalten, wurden Messungen der Vertikal- und Horizontalkomponente des Windes an einem festen Punkt über längere Zeiten durch Geräte elektrischer und mechanischer Art vorgenommen (Gerdien [5], Scrase [6], Field und Warden [7], Kopp [8], Hg. Müller [9]). Während diese Geräte erst bei mittlerer Windgeschwindigkeit (5 m/sec) ansprechen soll hier über ein neues Hitzdrahtanemometer berichtet werden, das schon für Geschwindigkeiten von 0.5 m/sec ab eine getrennte Aufzeichnung der Horizontal-

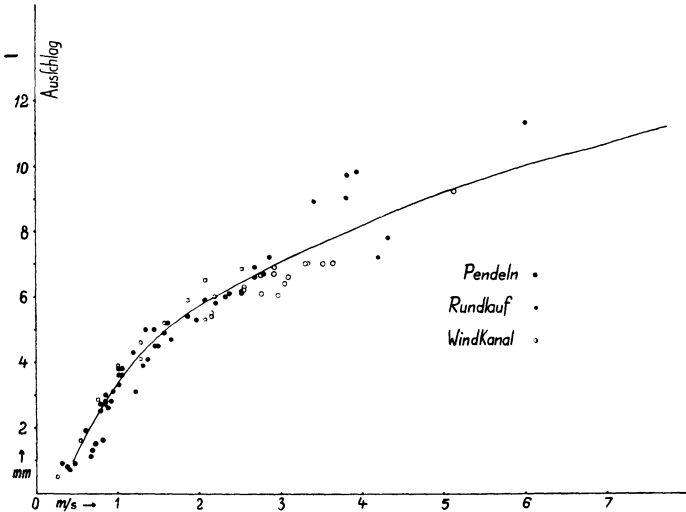


Fig. 2. Eichkurve des Vertikal-anemometers

und Vertikalkomponente ermöglicht. Mit diesem Gerät wurde das Strömungsprofil im Lee eines Hügels vermessen. Zur Messung der Windgeschwindigkeit wurden Hitzdrähte verwendet, deren Längenänderung mechanisch aufgezeichnet wurde (Viereck [10]). Ein Konstantendraht von 0.1 mm Durchmesser und 140 mm Länge wurde durch einen Strom von 0.5 Amp. geheizt. Wird ein solcher geheizter Draht einem Windstrom ausgesetzt, so kühlt sich der Draht ab und ändert dabei seine Länge. Die Länge des Drahtes ist also ein Maß für die Windgeschwindigkeit. Um die Vertikal- und Horizontalkomponente unmittelbar getrennt zu messen, wurde je 1 Hitzdraht in ein Rohr von 20 mm Durchmesser und 270 mm Länge eingeschlossen. Die beiden Rohre standen in derselben Vertikalebene aufeinander senkrecht. Der Aufbau des Gerätes ergibt sich aus Fig. 1.

Die beiden Rohre *f* sind in ein doppelkonisches Gehäuse eingebaut. Die Längenänderung der eingeschlossenen Hitzdrähte *a* wird durch die Zeiger *b* auf

der Schreibtrommel *c* aufgezeichnet. Die Federn *g* sorgen für die nötige mechanische Spannung der Hitzdrähte.

*Eichung.* Die Eichung wurde nach drei verschiedenen Methoden vorgenommen: Für Geschwindigkeiten zwischen 0 und  $2\frac{1}{2}$  m/sec wurde das Anemometer an

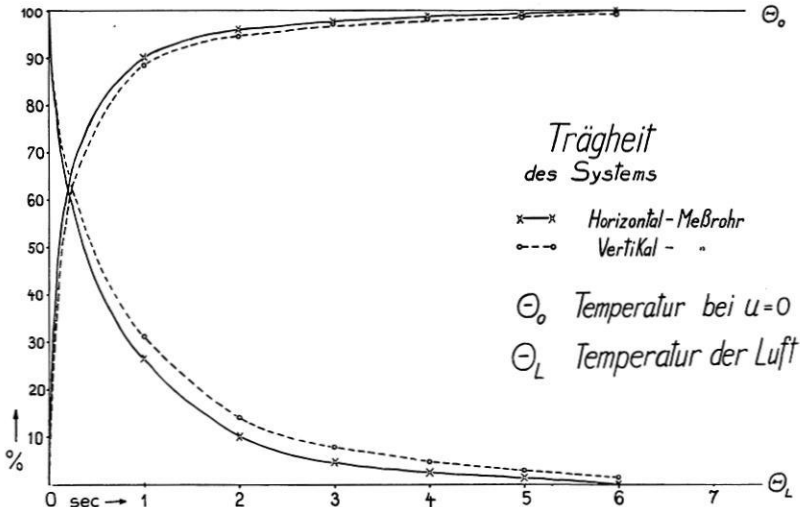


Fig. 3. Abkühlungs- und Erwärmungskurve des Hitzdrahtanemometers

einem schwingenden Pendel befestigt, für  $2\frac{1}{2}$  bis 5 m/sec wurde es im Windkanal geeicht und zur Kontrolle dieser beiden Eichungen eine dritte zwischen 0

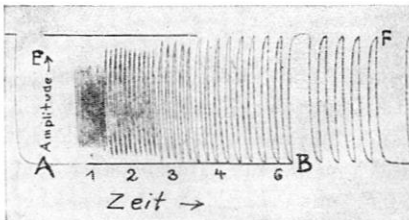


Fig. 4. Trägheitsregistrierung des Hitzdrahtanemometers

Linie A—B = Geschwindigkeit 0. Linie E—F = Stellung des ungeheizten Drahtes. (Entspricht der Geschwindigkeit unendlich.) Ausschlag nach 1, 2, 3, 4, 6 Sekunden

und 6 m/sec mittels Rundlauf vorgenommen. Die Abhängigkeit des Zeigerausschlages von der Windgeschwindigkeit ergibt sich aus der Eichkurve Fig. 2. Danach beträgt der Ausschlag bei einer mittleren Geschwindigkeit von 1.5 m/sec 2 mm pro m/sec. Bei einer Schriebbreite von 0.2 mm ist eine Ablesegenauigkeit von 0.2 mm noch möglich. Das ergibt eine Meßgenauigkeit der Windgeschwindigkeit von  $\pm 10$  cm/sec.

*Einstelldauer.* Bei den angegebenen Hitzdrahtdicken ergab sich folgendes für die Einstelldauer: Bei einer periodischen Windschwankung von 1 Sekunde war die *aufgezeichnete* Amplitude 35% kleiner als die Amplitude für einen dauernden Windstrom entsprechender Stärke, bei einer periodischen Windschwankung von 2 Sekunden Dauer wurde die

Amplitude um 15%, bei einer solchen von 3 Sekunden um 5% zu klein auf-  
gezeichnet (Fig. 3 und 4).

*Neigungsempfindlichkeit.* In dem Horizontal- und Vertikalrohr des Wind-  
meßgerätes sollte der horizontale und vertikale Anteil des Windes getrennt ge-  
messen werden. Bezeichnet man den Winkel zwischen der Windrichtung  
und der Rohrachse mit  $\alpha$ , so sollte zwischen der Windgeschwindigkeit  
außerhalb des Rohres  $v$  und der Windgeschwindigkeit  $v_R$  im Rohr die  
Beziehung bestehen:  $v_R = v \cdot \cos \alpha$ .

Es zeigte sich nun, daß durch  
Wirbelbildung an den Enden des  
Rohres diese Beziehung nur für die  
angegebene Rohrdimension und das  
Geschwindigkeitsintervall von 0 bis  
5 m/sec nicht vollständig erreicht  
werden konnte. Denn auch bei Senk-  
rechtanblasen des Rohres zeigte sich  
in dem Rohr eine gewisse, kleine  
Windgeschwindigkeit: Der Sogfehler.  
Dieser Sogfehler konnte für die  
verschiedenen Geschwindigkeiten be-  
stimmt und als Korrektur in Rech-  
nung gestellt werden. Wie weit die oben  
angegebene Beziehung  $v_R = v \cdot \cos \alpha$   
erreicht wurde, zeigt die Fig. 5 in Pol-  
arkoordinatendarstellung. Das Rohr  
wurde einem Windstrom von 2.5 m/sec  
unter verschiedenen Winkeln ausge-  
setzt. Die Darstellung *a* zeigt als  
ausgezogene Kurve die rohen, un-  
korrigierten Meßwerte in Millimeter-  
ausschlag; als gestrichelte Kurve die  
Beziehung  $v_R = v \cdot \cos \alpha$ . In der Dar-  
stellung *b* bedeutet die gestrichelte

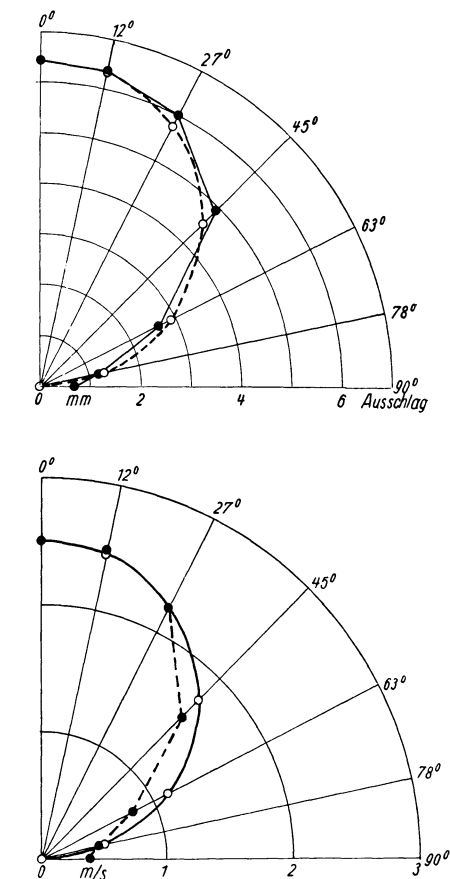


Fig. 5. Neigungsempfindlichkeit des Hitzdrahtanemometers in Polardarstellung

Kurve die gleiche Beziehung, die ausgezogene die auf den Sogfehler korrigierten  
Meßwerte in m/sec. Daraus ergibt sich, daß in dem Bereich von  $35$  bis  $70^\circ$   
die größte Abweichung zwischen gemessener und theoretischer Kurve ungefähr  
 $10$  bis  $15\%$  beträgt. Das bedeutet, daß bei einer vertikalen Windneigung  
zwischen  $35$  und  $70^\circ$  ein Fehler von  $\pm 4^\circ$  auftreten kann.

Der Einfluß der relativen Feuchte [14] auf die Abkühlung brauchte bei der  
erreichten Meßgenauigkeit nicht berücksichtigt zu werden.

**Messungen.** Zur Erprobung des entwickelten Gerätes wurden Messungen im Gelände vorgenommen. Als geeignet erschien hierfür die Untersuchung der Luftströmung am Faßberg (275.5 m) bei Göttingen, der mit seinem einfachen Aufbau beträchtliche Höhenunterschiede bei geringer Bewachsung vereint. Er hat die Gestalt eines nicht völlig symmetrischen Kegels, der Bergrücken läuft nach Osten aus, er liegt zwischen den Dörfern Nikolausberg und Weende. Trotzdem er von allen Seiten dem Winde frei zugänglich war, wurde doch eine östliche Anströmung bevorzugt, weil sich wegen der Gestalt des Berges im Westen leichter ein Überblick über die Strömungsverhältnisse im Lee verschaffen ließ als anderswo; deshalb liegen am Westhang des Hügels die Meßpunkte dichter.

*Meßpunkte.* Es wurden insgesamt 35 Punkte vermessen. Vgl. Fig. 6. Der Mast wurde verspannt und das Gerät auf 1.6 m Höhe gebracht. Die Meßpunkte wurden mit Bandmaß und Kompaß nach Geländemarken festgelegt.

*Trigonometrische Vermessung.* Die Höhenschichtlinien des Meßtischblattes erwiesen sich für diese Untersuchungen als nicht zureichend. Deshalb wurde auf 7 Profilen Höhe und Entfernung austachymetriert.

Die Strömung über und hinter dem Hindernis wird von der mittleren Windgeschwindigkeit abhängen. Da die Messungen der verschiedenen Punkte zu verschiedenen Zeiten vorgenommen werden mußten, registrierte auf der Spitze des Hügels ein Basiswindmesser den ungestörten Wind, um die Messungen im Lee miteinander vergleichen zu können. Dieses Basisgerät war im wesentlichen nach der Ausführung von Viereck [10] mit freigespanntem Hitzdraht gebaut.

Auf Grund der bisherigen Messungen im Lee eines Hindernisses konnte eine Geschwindigkeitsabnahme unmittelbar hinter dem Hindernis erwartet werden. Bei der verhältnismäßig sanften Neigung des untersuchten Berges war aber mit Luv- und Leewirbeln nicht zu rechnen. Die Geschwindigkeitsabnahme hinter dem Hindernis rührt daher, daß die Strömung hinter der Hangkante abreißt, wie auch die Ballonbahnmessungen Höhdorfs zeigen. Dieses Gebiet des Windschattens zeigt neben seiner geringeren mittleren Geschwindigkeit vor allem starke Veränderlichkeit der Windrichtung- und -stärke. Seine Gefährlichkeit für die Luftfahrt war für Field & Warden Anlaß zu ihrer eingehenden Untersuchung am Gibraltarfels.

Drei verschiedenartige Gebiete lassen sich mit Sicherheit feststellen, doch ist deren Ausmaß und Vorhandensein von Fall zu Fall verschieden.

1. Das Gebiet, dessen Windgefüge nicht durch das Hindernis beeinflusst wird.
2. Das Totluftgebiet, mit auffallender Böigkeit bei geringer mittlerer Windgeschwindigkeit.
3. Das Konvergenzgebiet, als Begrenzung gegen das ungestörte Stromfeld, ein Mischungsraum mit allen Übergangsformen der erwähnten Eigenschaften.

Über die Meßergebnisse soll in folgender Reihenfolge berichtet werden:

1. Horizontale Windrichtung.
2. Horizontalkomponente der Windgeschwindigkeit.
3. Vertikalkomponente der Windgeschwindigkeit.
4. Böigkeit des Windes.

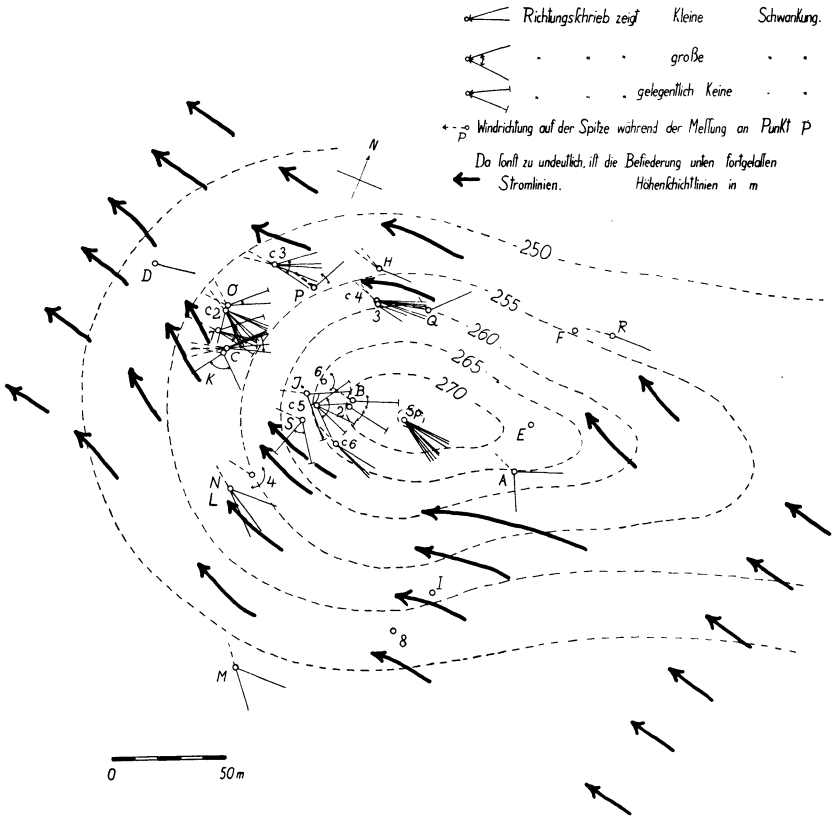


Fig. 6. Einfluß des Faßberges auf die Windrichtung

1. Außer der beweglichen Richtungsmeßanlage im Gelände wurde zum Vergleich das Windgerät des 1.6 km entfernten Geophysikalischen Instituts zu Göttingen herangezogen.

An den einzelnen Meßpunkten wurden die Abweichungen von der normalen Anblasrichtung festgestellt. Die Registrierungen wurden derart bearbeitet, daß die ausgewerteten über einige Zeit konstanten Richtungen in die Karte eingezeichnet wurden (siehe Fig. 6). Das Bild zeigt den von den Modellversuchen bekannten Zustand um ein Hindernis. Die Richtung der Stromlinien schmiegt



sich, mit einigen Ausnahmen, den Höhenschichtlinien des Berges an, zeigt also im wesentlichen zweidimensionales Umströmen.

Die Meßpunkte sind natürlich nicht an einem Tage vermessen, demnach uneinheitlich. Bei gleicher Anblasrichtung waren die Abweichungen der verschiedenen Meßtage untereinander nicht größer, als die Richtungsschwankungen während der Messung, so daß ein Vergleich ohne weiteres erlaubt ist. Betrachtet man das Konvergenzgebiet, in dem sich die Stromfäden wieder vereinen, so fallen am meisten die großen Schwankungen auf, die oft über  $180^{\circ}$  betragen, aber nur von kurzer Dauer sind. Weht der Wind aus einer bestimmten Richtung länger als 1 Minute, so geht durch den Meßpunkt eine Stromlinie, die noch dem Konvergenzpunkt zustrebt. Die Meßstelle liegt jetzt nicht mehr in der Verlängerung der Linie: Spitze-Windrichtung, sondern seitlich davon. Geringe Abweichungen in der Anströmrichtung verlagern also das Leegebiet, so daß es nicht ortsfest bleibt.

Regelmäßiges Schwanken von der einen in die entgegengesetzte Richtung kann als eben erwähnter Steuerungseffekt der Windrichtung — Umfließen des Hindernisses in der einen oder anderen Richtung — oder aber als sich ablösende Wirbel mit nicht horizontaler Achse gedeutet werden. Stationäre Wirbel wären in der Registrierung nur dann zu erkennen, wenn bei zeitlicher Konstanz eine merkliche Abweichung gegen die Normalrichtung besteht. Nähert man sich der Spitze, so bleiben keineswegs die großen Schwankungen aus, sie treten dort nur noch gelegentlich auf. Die sonst dauernde Änderung der Richtung fehlt, d. h. nur selten bewegt ein Windstoß die Windfahne. Im allgemeinen ist das Totluftgebiet windstill. Allmählich geht es in das Konvergenzgebiet über, während die Grenze gegen das ungestörte Stromfeld scharf ist. Die ungestörte Strömung kennzeichnet sich sogleich in der viel geringeren Richtungsschwankung. Das Schwankungsband ist schmal, da die Einflüsse des Geländes auf die Richtung weniger groß sind; dadurch ist die Abschätzung einer mittleren Windrichtung einfach.

2. *Horizontale Komponente der Geschwindigkeit.* Um einen Überblick über die Windgeschwindigkeit an den einzelnen Meßpunkten zu erhalten, empfahl es sich, aus den Registrierungen zunächst die Häufigkeit der vorkommenden Geschwindigkeiten darzustellen, um aus ihnen die mittleren Geschwindigkeiten berechnen zu können. Die Auswertung geschah am Leuchttisch mit Lupe und Glasmaßstab. Es bedeuten:

$U_i$  = Windgeschwindigkeit, die nach Eingang in die Eichkurve aus dem Ausschlag  $A_i$  ermittelt wurde.

$t_i$  = Zeitdauer der Geschwindigkeit  $U_i$ .

Für jedes  $U_i$  wurde das zugehörige  $t_i$  summiert. Der Bevorzugung einzelner Zahlen bei der Ausmessung wurde entgangen durch Einsetzen der mittleren Geschwindigkeit eines Intervalles  $A_i$  von je 0.5 mm. Zu jeder dieser Geschwindigkeiten wurde der Anteil an der Gesamtzeit in Hundertteilen ermittelt und als Ordinaten, die Geschwindigkeit als Abszisse in die Häufigkeitskurve eingeführt.

Die Fig. 7 zeigt für die Meßpunkte auf der Spitze die Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit im ungestörten Gebiet.

3. *Totluftgebiet im Windschatten.* Sobald man den Bereich der ungestörten Anströmung verläßt, deformiert sich die Häufigkeitskurve der Windgeschwindigkeitsverteilung, d.h. ihr Maximum nähert sich 0. Die Windruhe wird hier nur gelegentlich durch vereinzelte Windstöße unterbrochen, weshalb auch der Anteil an höheren Geschwindigkeiten dementsprechend gering ist. Im Totluftgebiet erreicht die Geschwindigkeit nie den vollen Wert der Spitze (siehe Fig. 8).

Das Gebiet der Luftruhe setzt unmittelbar hinter dem „Hindernisaquator“ ohne Übergang an. Seine Höhenbegrenzung läßt sich schätzen aus der Bewegung von Ästen, die bei 30 m Entfernung von der Bergkuppe in etwa 3 m Höhe bewegt werden, unten aber völlig in Ruhe sind.

Mit wachsender Entfernung vom Hindernisaquator beginnt die Häufigkeitskurve allmählich wieder die ungestörte, normale Form anzunehmen. Noch herrschen geringe Windgeschwindigkeiten vor, doch wächst der Anteil an höheren. Fig. 9 zeigt bereits eine Übergangsform zum ungestörten Typus. Das Maximum liegt nicht mehr bei Geschwindigkeiten unter 1.5 m/sec (bei etw 4 m/sec auf der Spitze), sondern darüber.

Die Häufigkeitsverteilung im Konvergenzgebiet ist nicht einheitlich. Die Abweichungen können auf der variierenden Anblasrichtung und der damit verbundenen Verlagerung des Konvergenzgebietes beruhen oder aber, wie hier,

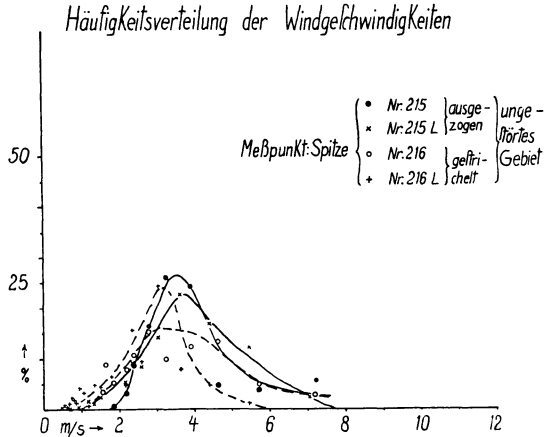


Fig. 7. Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit im Leegebiet des Berges

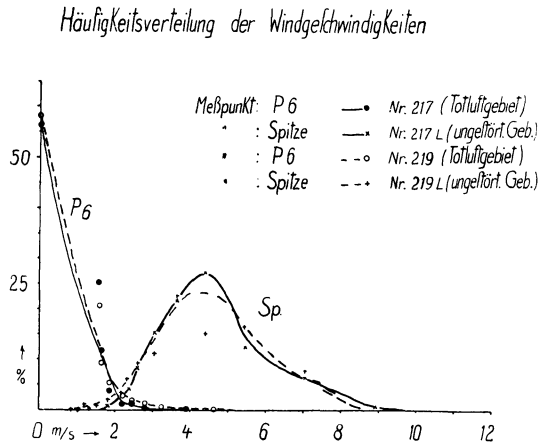


Fig. 8. Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit im Totluftgebiet des Berges

im Auffrischen des Windes liegen, denn dadurch wird das Störungsgebiet in Lee vergrößert, so daß der Meßpunkt in das Windschattengebiet hereingerückt ist (siehe Fig. 10).

Entsprechend den Verteilungskurven verhalten sich auch die mittleren Geschwindigkeiten, so daß im ungestörten Geschwindigkeitsfeld — also auf der

Spitze und in großer Entfernung vom Hindernis — die höchsten Werte, im Totluftgebiet die geringsten und im Konvergenzgebiet der Anstieg zum Normalwert zu finden ist.

Die Geschwindigkeitsverteilung hinter dem Hindernis ergibt sich aus folgenden Zahlen, die die Mittelwerte der gesamten Meßreihe darstellen:

	Spitze	Lee- gebiet	Kon- vergenz- gebiet
m/sec	4.0	0.8	1.6

In den Registrierungen der Vertikalgeschwindigkeit lassen sich abgelöste Leewirbel nicht erkennen. Diese Leewirbel sind ja auch, soviel man heute weiß, an steile Hangwinkel gebunden, so daß in diesem Falle ihr Auftreten nicht wahrscheinlich war. Deshalb wurden an den Punkten A, Spitze, B, D, aus der mittleren Horizontal- und Vertikalkomponente des Windes für 1 bis 3 Meßintervalle (30 Minuten) die mittleren vertikalen Neigungswinkel der Strömung bestimmt. Das

Ergebnis zeigt die Fig. 11. Die Neigungswinkel gelten für eine Höhe von 1.6 m über dem Erdboden. Jeder der eingezeichneten Pfeile bedeutet die mittlere Neigung für ein Meßintervall. Die mittlere Geschwindigkeit betrug bei diesen Messungen 4 m/sec.

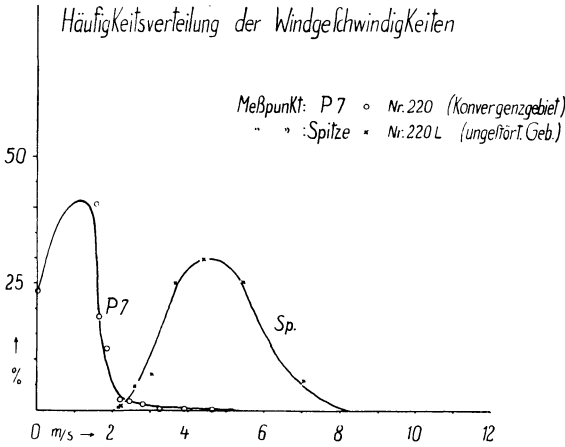


Fig. 9. Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit im Konvergenzgebiet des Berges

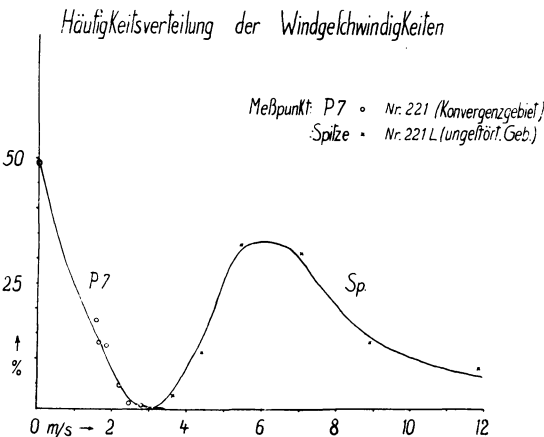


Fig. 10. Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit im Konvergenzgebiet des Berges nach Auffrischen des Windes

4. *Böigkeit*. Unter Böigkeit versteht man allgemein die zeitliche Änderung der Windgeschwindigkeit und -richtung. Zumeist treten beide gleichzeitig miteinander auf. An Versuchen, die Geschwindigkeitsböigkeit durch irgendein Maß ausdrücken, hat es nicht gefehlt. Der Quotient: Schwankung durch mittlere Windgeschwindigkeit wurde von verschiedenen Autoren für bestimmte Zeitintervalle angegeben (Robitsch, Scrase, Terada), während Barkow und Holtzmann [13] das Verhältnis der Abweichung vom Mittel als Maß einführen. In einer späteren Arbeit hat Holtzmann die Böigkeit direkt als die Beschleunigungen der Lufterelemente definiert. Diese Definition scheint physikalisch am sinnvollsten und sei deshalb auch hier verwendet. Die Berechnung der Böigkeit erfolgte nach folgenden Formeln:

$$\text{Beschleunigung} = \frac{\Sigma \Delta U}{\Sigma \Delta t}, \quad \text{Böigkeit} = \frac{\frac{\Sigma \Delta U}{\Sigma \Delta t}}{\bar{U}},$$

wobei  $|\Delta U_i|$  den Betrag der Geschwindigkeitsschwankung  $i$ ,  $\Delta t_i$  die für die Schwankung  $i$  benötigte Zeit und  $\bar{U}$  die mittlere Geschwindigkeit bedeuten.

*Neigungswinkel des Windes im Vertikalschnitt in der Windrichtung  
Höhe aller Meßpunkte über Grund 1,6 m*

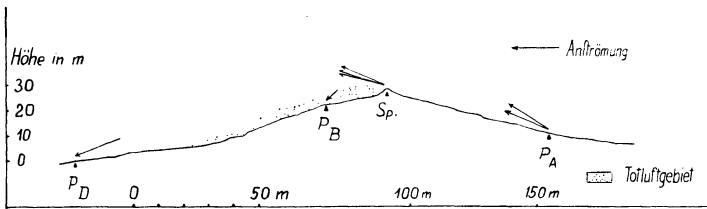


Fig. 11. Neigungswinkel des Windes am Faßberg

Aus etwa 3000 Meßwerten wurde nun die mittlere Beschleunigung auf der Spitze, im Lee und im Konvergenzgebiet des Hindernisses berechnet. Danach ergibt sich folgende Aufstellung: Mittlere Beschleunigung in  $\text{cm}/\text{sec}^2$ .

	Spitze	Leegebiet	Konvergenzgebiet
mittlere Beschleunigung $\frac{\Sigma \Delta U}{\Sigma \Delta t}$ in $\frac{\text{cm}}{\text{sec}^2}$	0.23	0.27	0.25
Böigkeit $\frac{\frac{\Sigma \Delta U}{\Sigma \Delta t}}{\bar{U}}$	0.07	0.33	0.16

Die Böigkeit ist im Leegebiet am größten, auf der Spitze am kleinsten. Es war schon bei der Beschreibung der Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit darauf hingewiesen worden, daß im Leegebiet der Wind nur in einzelnen, wenn auch schwachen Böen weht. Trotzdem die mittlere Windgeschwindigkeit im Leegebiet nur ein Viertel der mittleren Geschwindigkeit auf der Spitze beträgt, ist die Böigkeit im Lee 15% höher als auf der Spitze. Hierin erkennt man also auch zahlenmäßig die außerordentlich hohe Böigkeit im Leegebiet.

**Zusammenfassung.** Ein elektrisches Anemometer mit mechanischer Registrierung wurde entwickelt, das unter Verwendung zweier, zueinander senkrecht stehender Hitzdrähte die Komponenten des Windvektors getrennt aufzuzeichnen gestattet. Mit diesem Gerät wurde die Strömung um einen Hügel vermessen; dabei zeigte sich eine Dreiteilung des Gebietes um das Hindernis mit auffallenden Unterschieden in der Windrichtung, Stärke und in der Bögigkeit.

1. Das ungestörte Geschwindigkeitsfeld auf der Spitze des Hindernisses.

2. Das Totluftgebiet, in dem Windstille vorherrscht, die jedoch durch gelegentliche Windstöße unterbrochen wird. Dadurch wird das Gebiet sehr böig.

3. Das Konvergenzgebiet, in dessen Bereich der Einfluß des Hindernisses wieder verschwindet. Hinter dem Hügel vereinigt sich wieder die Strömung (zweidimensionales Strömen). Feststehende Wirbel mit horizontaler oder vertikaler Achse wurden bei den Geschwindigkeiten unter 10 m/sec nicht angetroffen.

Zum Schluß möchte ich Herrn Prof. Dr. G. Angenheister für sein beständiges Interesse und seine Förderung dieser Arbeit, Herrn Dr. G. A. Suckstorff für seinen vielfachen Rat und Hilfe bei der Ausführung der Arbeit danken.

#### Literatur

[1] G. Baumann: Strömungseinfluß des Mitteldeutschen Gebirgsrandes und seine Bedeutung für die Flugmeteorologie. Arch. Seewarte Bd. 49, Nr. 9 (1931).

[2] F. Höhdorf: Ergebnisse von Vermessungen statisch ausgewogener Pilotballone auf den Luvseiten der Rossittener Hauffdüne und einiger Berghänge der Rhön. Phys. fr. Atm. **26**, 138 (1930).

[3] F. Höhdorf: Über Messungen von Luftströmungen an Hindernissen im Windkanal. Ebenda **14**, 214 (1928).

[4] F. Höhdorf u. E. Müller: Schwebeballonvermessungen auf der Hornsgrinde. Ebenda **22**, 132 (1935).

[5] H. Gerdien: Der Luftgeschwindigkeitsmesser der Siemens & Halske A. G. Phys. Zeitschr. **14**, 1161 (1913).

[6] F. J. Scrase: Some characteristics of the eddy motion in the atmosphere. Met. off. London 1930.

[7] J. H. Field u. R. Warden: A survey of the air currents in the Bay of Gibraltar 1929/30. Ebenda 1933, Nr. 59.

[8] W. Kopp: Ein Gerät zur Messung der Vertikalkomponente des Windes in verschiedenen Höhen über dem Erdboden. Tät.-Ber. 1933 d. preuß. Met. Inst.

[9] Hg. Müller: Störung der Windströmung und des Austausches über einem Gebäude. Zeitschr. f. Geophys. **12**, 173 (1936).

[10] Viereck, Ein Registriergerät für geringe Windgeschwindigkeiten. Meteorol. Zeitschr. **50**, 426 (1933).

[11] M. Reiher: Nächtlicher Kaltluftfluß an Hindernissen. Biokl. Bbl. H. 4, 152, (1936).

[12] L. Prandtl u. O. Tietjens: Hydro- u. Aeromechanik. Berlin 1931.

[13] J. M. Holtzmann: Zur Methodik der Untersuchung der mechanischen Windstruktur. D. Met. Jahrb. f. Bayern 1929, C. 1.

[14] W. Paeschke: Feuchtigkeitseffekt bei Hitzdrahtmessungen. Phys. Zeitschr. **36**, 564 (1935).

Göttingen, Geophysikalisches Institut, Februar 1937.