

Werk

Jahr: 1929

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:5

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0005

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0005

LOG Id: LOG_0088

LOG Titel: Strömungsforschung in freier Luft

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

als Folge von geänderten Verdunstungsverhältnissen, also als Wirkung einer geänderten Energiezufuhr und einer geänderten Intensität der allgemeinen Zirkulation auftreten.

3. Der für die Aufrechterhaltung der allgemeinen Zirkulation notwendige Energiebetrag könnte auch bei konstanter Energiezufuhr erhöht werden, wenn die für andere Zwecke verbrauchte Energie aus irgendeinem Grunde herabgesetzt wird; mit anderen Worten, eine Verstärkung der allgemeinen Zirkulation müßte vom Reservekapital zehren, müßte aufgespeicherte Wärmemengen in Anspruch nehmen. Es müßte also gleichzeitig etwa die Temperatur des Meeresswassers abnehmen oder die Kältereservoirs an den Polen müßten sich auffüllen. Würden aus irgendeinem Grunde pro Tag und Quadratcentimeter 10 g/cal weniger dem Meeresswasser zugute kommen, so stünde dieser Betrag als Zusatzenergie der allgemeinen Zirkulation zur Verfügung. Das Meeresswasser würde sich dadurch in zehn Jahren bis zum Grunde nur um 0.1°C abkühlen; dennoch müßte sich eine solche systematische Änderung der Temperatur des Meeresswassers feststellen lassen, was meines Wissens nicht der Fall ist.

Am Schluß sei noch kurz ausgeführt, daß wir in einem Falle in der Lage sind, Klimaschwankungen, die sich über die ganze Erde erstrecken, auf eine bestimmte Ursache zurückzuführen, wenn wir auch Einzelheiten noch nicht klar zu erkennen vermögen; dies betrifft den Einfluß der Sonnenflecken in ihrer elfjährigen Periode auf die meteorologischen Elemente der Erde. Seit langem wird als erwiesen angesehen, daß die Mitteltemperatur der Erde bei einem Sonnenfleckenmaximum niedriger ist. Weitere Untersuchungen von Nisters, Innsbruck, zeigen, daß auch die Schwankungen von Luftdruck und Niederschlag so zu deuten sind, daß bei einem Sonnenfleckenmaximum die allgemeine Zirkulation abgeschwächt, die zugeführte Strahlungsenergie verringert ist.

Strömungsforschung in freier Luft.

Von **Wilhelm Schmidt**, Wien. (Mit vier Abbildungen.)

Der erste Teil des am 9. Oktober 1929 in der Hauptversammlung der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft zu Dresden gehaltenen Referates behandelte im wesentlichen die Beobachtungsmethode der Verwendung schwingender Druckplatten und Festhalten des Augenblickszustandes durch kinematographische Aufnahmen, ferner die ersten damit erzielten Ergebnisse; er deckt sich mit dem Inhalt der Notiz, die in dieser Zeitschrift, Jahrg. 4, S. 376 (1928) erschien. Hier folgt ein Auszug aus jenem Teil, der die seither erlangten neuen Ergebnisse beschreibt.

Unsere Beobachtungen*) wurden mit ständig verbesserten Mitteln fortgeführt und lieferten eine Reihe neuer Aufschlüsse. So z. B. die Aufnahmen vom Flug-

*) Vgl. hierzu: „Die Struktur des Windes“ (1. Mitt.), Wiener Sitzber., m.-n. Kl. IIa, 138, 85 (1929).

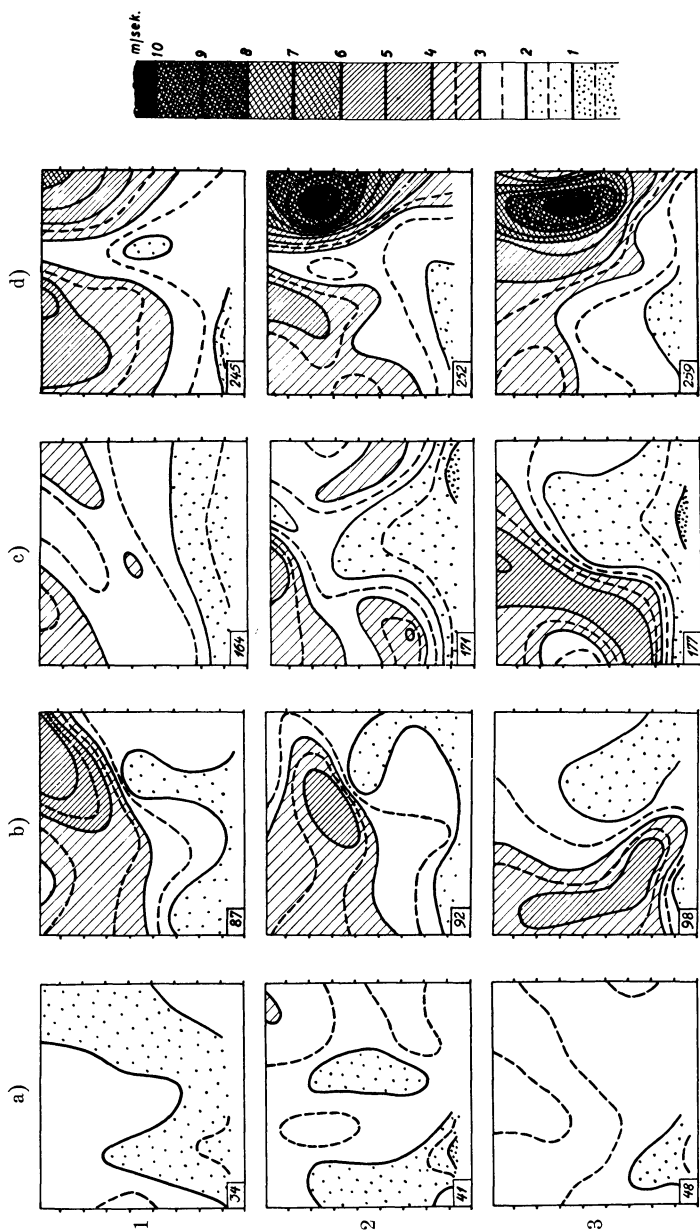


Fig. 1.

Augenblicks isotachen des Windes vom Flugfeld Aspern, 14. Juli 1928, in einem Querschnitt von 10×10 m. Teilung an den seitlichen Rändern in Metern. Die untereinander liegenden Bilder liegen je eine Sekunde auseinander. Von a) weg, wo die Luftströmung recht schwach, dabei ziemlich ausgeglichen war, hat sich der Wind innerhalb 17 Sekunden zur Reihe b) verstärkt. Hier treten sich verlagernde Inseln und Bänder größerer Geschwindigkeiten auf; ebenso wenig wie in der für 27 Sekunden später geltenden Figur c) ist von normaler Windschichtung etwas zu merken, die stärksten Gegensätze treten in der Waagerechten auf. In d) endlich das Eindringen eines besonders kräftigen, dabei isolierten Windschalles.

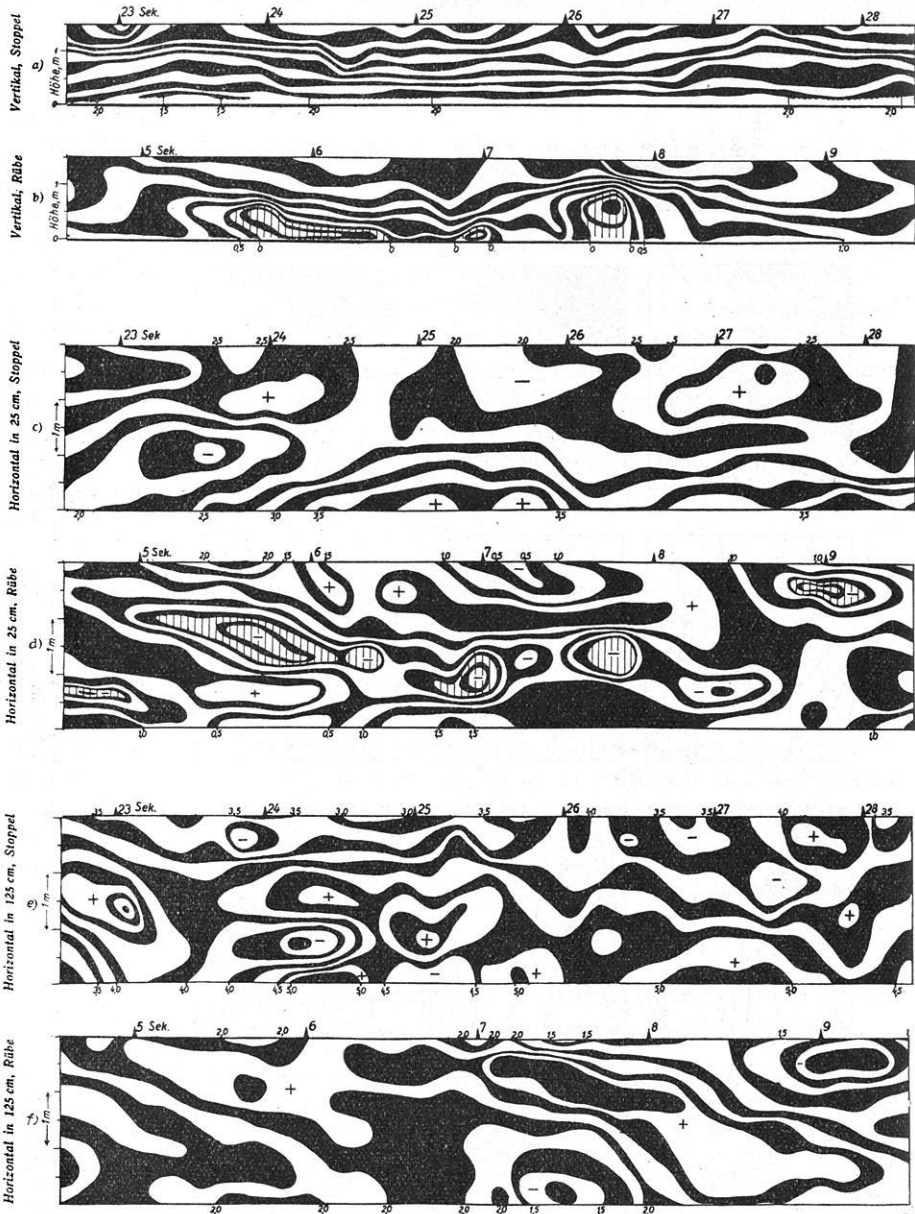


Fig. 2.

Isoplethendarstellung der Windaufzeichnungen von Hommelsheim, Oktober 1928. Teilung links Meter, große Zahlen oben geben Sekunden an, kleine oben und unten die Bezeichnung (m/sek) der Geschwindigkeitslinien, die hier als Ränder der geschwärzten Streifen auftreten; Bereiche negativer Geschwindigkeit schraffiert. a) und b) Vertikalschnitte, c) und d) Horizontalschnitte in 25 cm, e) und f) in 125 cm Höhe. a), c) und e) über Stoppelfeld, b), d) und f) über Rübenkraut. Die dem Boden gleichlaufenden Streifen in a) weisen auf ruhige Windschichtung hin, in b) dagegen treten starke Störungen, insbesondere Strömungen gegen die allgemeine Windrichtung auf. In 25 cm über dem Boden ist der Wind über Stoppeln, c), wesentlich ausgeglichener als über Rübe, d); in 125 cm ist das Verhältnis umgekehrt, über Stoppeln, e), unruhiger als über Rübe, f).

platz Aspern bei Wien, die seinerzeit bereits erwähnt wurden, aber nun erst ausgewertet vorliegen. An 25 Punkten eines quer zur Windrichtung aufgerichteten Quadrates von 10 m Seitenlänge wurden die Augenblicksgeschwindigkeiten des Windes alle Siebentel Sekunden bestimmt und damit zunächst Isotachen für diese Zeitpunkte gezeichnet. Ausschnitte daraus gibt Fig. 1: jedesmal senkrecht untereinander drei Augenblicke, die je eine Sekunde auseinander liegen; der Zeitraum zwischen 1a und 1b betrug 17 Sekunden, zwischen 1b und 1c 26 Sekunden, von da zu 1d 27 Sekunden. Man sieht bestätigt, was teilweise schon früher aus geringem Material geschlossen wurde: keine einheitliche Zunahme der Windgeschwindigkeit zu größeren Höhen in jedem Augenblick; eine Unsumme der verschiedensten Störungen, wie Geschosse dringen rascher bewegte Luftmassen in die allgemeine Strömung ein. So entstehen überraschend große Unterschiede der Geschwindigkeit selbst an benachbarten Punkten. Jedenfalls kann man gelegentlich mit einem Verhältnis der Druckkräfte gleich 1 : 20 rechnen, wenn die zwei Punkte auch nur 2 m voneinander abstehen (Fig. 1d).

Vielleicht noch eindrucksvoller ergibt sich diese Unabhängigkeit benachbarter Stromfäden, wenn man aus den Isotachendarstellungen andere ableitet, die den zeitlichen Verlauf der Geschwindigkeit längs senkrechter oder waagerechter Schnitte durch die Front vermittelt Isoplethen darstellen. Dafür wird hier (Fig. 2) ein Beleg aus einer anderen Versuchsreihe gegeben, angestellt in Hommelsheim bei Düren (Rheinland) im Herbst 1928. Man hatte dort

scharfe Gegensätze in der Rauigkeit des Bodens zur Verfügung, als Extreme einerseits Stoppelfeld, ziemlich eben, ganz anschließend an die flache Umgebung, andererseits ein Rübenfeld, dessen Kraut sehr einheitlich stand. Es wurde mindestens auf einer Strecke von 200 m überweht, was sicherlich genügte, um der Strömung bis $1\frac{1}{2}$ m Höhe hinauf ihren endgültigen Charakter zu erteilen.

In Fig. 2 a und b sind senkrechte Schnitte dargestellt, gewonnen dadurch, daß in das Zeit-Höhen-Koordinatensystem die jedem Punkt entsprechende Geschwindigkeit eingetragen, dazwischen Linien gleicher Geschwindigkeit in Stufen von je 25 cm/sek gezogen und endlich die zwischen zwei solchen liegenden Streifen abwechselnd geschwärzt und weiß gelassen wurden. Man verzichtet dabei allerdings auf eine rasche Übersicht über die absoluten Werte der Geschwindigkeit, hat aber Gefälle und Störungen um so deutlicher vor Augen, und insbesondere müßte sich in dieser Darstellung eine Wirbelbewegung klar herausheben. Sie müßte ja, unabhängig von einer Fortbewegung der etwa waagrecht anzunehmenden Wirbelachse, ähnlich aussehen wie Fig. 3. Tatsächlich fanden wir in allen bisher untersuchten Streifen keine einzige Stelle, die einem solchen Bild nur annähernd so entsprechen würde, wie die Stelle in der Sekunde 7 über

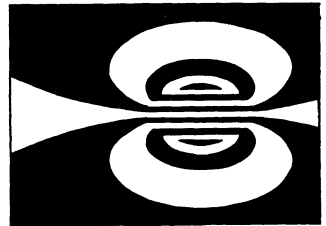


Fig. 3.

Bild eines Wirbels mit einer zur Bildebene senkrechten Achse in derselben Darstellung wie Fig. 2.

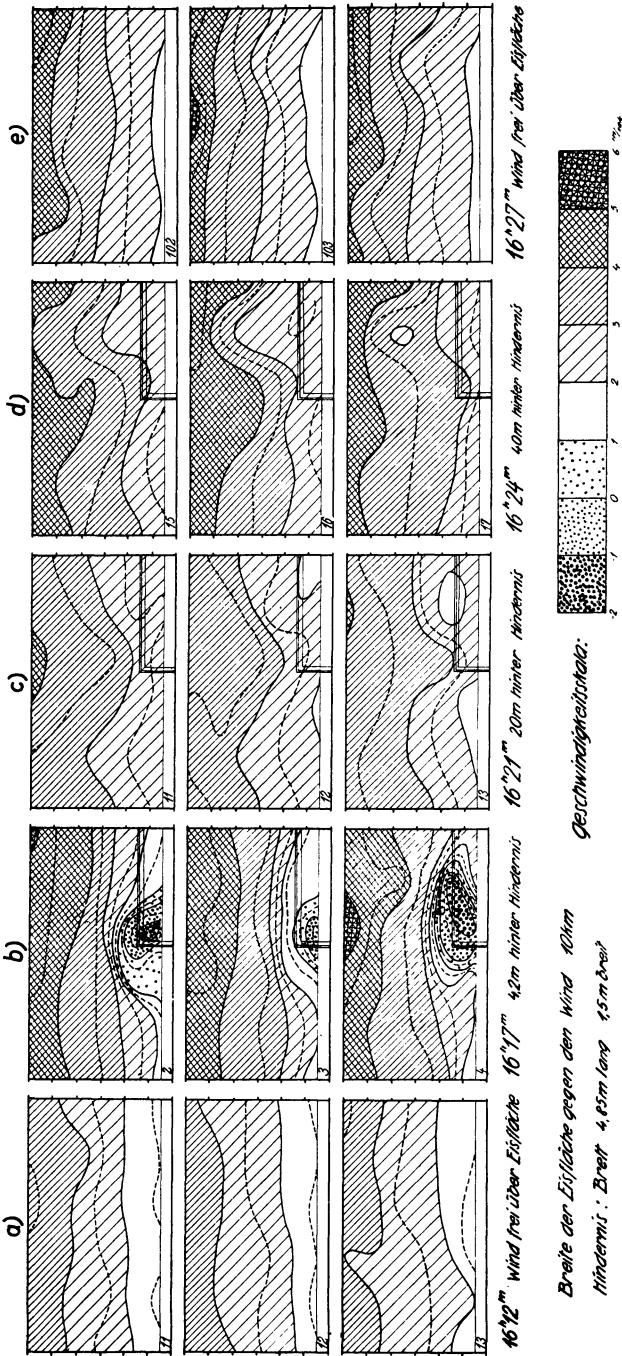
Rübe, Fig. 2 b, wo oben etwas größere Geschwindigkeiten als die mittlere auftraten, unten aber der letzteren direkt entgegengesetzte Strömung. Und doch entspricht auch dieser Fall nicht der Vorstellung, die wir uns machen; das geht aus Fig. 2 d und f hervor, die zwei waagerechte Schnitte, in 0.25 und 1.25 m Höhe, in gleicher Weise behandeln. Sicherlich ist da kein Anzeichen einer waagerechten Achse zu sehen, ebensowenig aber ein Abbiegen der Achse nach oben oder unten. Wenn man also nicht schon jeden Geschwindigkeitsunterschied als Wirbel auffassen will, dann hat man vollkommen von der Vorstellung abzugehen, die Turbulenz bestehe darin, daß der ganze Raum von Wirbelbewegungen erfüllt sei. Es sind vielmehr wirklich ganz unregelmäßige Strömungsfäden, die wir da antreffen. Eigentliche Wirbel wird man vielleicht bloß in ganz kleinen Dimensionen anzunehmen haben, in denen sich eben die Turbulenzenergie durch Reibung aufzehrt.

Wenn wir nach Gegenständen, die der Wind mit sich nimmt, urteilen, so drängen sich uns allerdings Wirbel als scheinbar wesentlich auf; wir dürfen aber nicht vergessen, daß da fast immer einzelne Hindernisse in der Nähe sind, an denen naturgemäß Wirbel entstehen, ferner, daß man sich gerade bei einem durchsichtigen Medium sehr leicht in der Entfernung täuscht und dann fälschlich auf Wirbel geführt wird. Bei aufmerksamem Betrachten z. B. von Rauchfahnen konnte nur sehr selten eine Andeutung von wirklicher Rotation gefunden werden, und da gab sie auf keinen Fall den allgemeinen Charakter an.

Aus Fig. 2 entnehmen wir aber weiteres: Der Unterschied der Unterlage macht sich in der Weise deutlich, daß im allgemeinen die Zunahme der Windgeschwindigkeit mit der Höhe über dem ebenen Boden (Fig. 2 a) klar hervortritt (waagerechte, mehr parallele Streifen); daß aber davon im Falle größerer Rauigkeit (Fig. 2 b) nicht mehr viel übrigbleibt, wenigstens nicht in den alleruntersten Schichten. Ferner entstehen die negativen Geschwindigkeiten (in der Figur durch senkrechte Schraffur hervorgehoben) durchaus nicht, wie man vielleicht erwarten könnte, ganz am Boden, sondern in einiger Höhe darüber. Daß der waagerechte Schnitt in 25 cm Höhe über Rübe (2 d) wesentlich unruhiger wirkt als der über Stoppeln (2 c), wird nicht weiter verwundern, wohl aber, daß das Verhältnis in 125 cm (2 e und f) deutlich umgekehrt ist. Man darf darin wohl den Beleg sehen, daß ein Teil der Unordnung der Bewegung spontan inmitten der Strömung, also in größerer Höhe über dem Boden, entsteht, wo ja die Einschränkung durch die Begrenzung weniger fühlbar ist; ein anderer Teil aber wird unmittelbarer durch die Rauigkeit der Unterlage erzeugt, macht sich in die Höhe hinauf zwar fühlbar, aber mit rasch abnehmender Stärke. Wir haben hier offenbar in dem Bereich bis etwa 1 m hinauf das vor uns, was bei Laboratoriumsversuchen als Grenzschicht definiert wurde.

Wesentlichen Fortschritt in der Versuchstechnik bedeutete es, als im vergangenen, durch seine langanhaltende Frostperiode dafür günstigen Winter ein großes Stahlrohrgerüst von 12 m Breite bei 6 m Höhe zur Anbringung der Druckplatten verwendet werden konnte. Es war auf 5 Kufen auf den gefrorenen

*Windstruktur hinter einem Hindernis
Aufnahme auf dem gefrorenen Neusiedlersee. 2. Februar 1929. Bei NW-Wind, klar, -18,9°C*



*Breite der Eisfläche gegen den Wind 10km
Hindernis: Breit 4,65m lang 1,5m breit*

Fig. 4.

Augenblicksaufnahmen vom gefrorenen Neusiedlersee, 2. Februar 1929, in einem Querschnitt von 12 m Breite und 6 m Höhe. Die untereinander stehenden Bilder in je einer Sekunde Zeitintervall, Teilung an der Seite in Meter. a) und e) ohne Hindernis, Wind strömt frei über 11 km schneebedeckter Seefläche heran. In b) wurde etwa 4 m vor der Front eine 1,5 m hohe Bretterwand aufgestellt, die das Rechteck angedeutete Gebiet abschirmte. In c) und d) war diese Wand in 20 bzw. 40 m Entfernung aufgestellt. Man beachte, wie die sonst, a) und e), doch recht gute Windschichtung durch das Hindernis gestört wird, auch wenn dieses erheblichen Abstand hat.

Seeflächen leicht schwenkbar und an Punkte zu schieben, die besonderen Anschluß liefern konnten, etwa in verschiedenen Abstand vom gegenüberliegenden Ufer oder von niedrigen Inseln. Es wurden mit bestem Erfolge sowohl am gefrorenen Neusiedlersee (südöstlich von Wien, mehr als 10 km Breite) wie auch am Lunzersee (südwestlich von Wien) benutzt. Bemerkenswert war es, daß die über die schneebedeckte Eisfläche heranwehende Luft offenbar sehr ruhig floß, ruhiger als dies ein Versuch über Wasser an derselben Stelle (Herbst 1927) ergeben hatte. Mit gleicher Einrichtung wurde die Wirkung eines kleineren künstlichen Hindernisses verfolgt, einer Bretterwand, die insbesondere an den Ecken Wirbelströmungen erzeugte (Fig. 4), die noch auf weite Strecken dahinter scharf abgesetzt merkbar blieben.

Von den verschiedenartigen Wirkungen der Turbulenz, oder allgemeiner gesagt des „Austausches“ wurde im Zusammenhang damit gelegentlich der Kohlensäuregehalt der Luft erforscht, und zwar mit einer neuen Methode, die es gestattet, rasch hintereinander Proben zu entnehmen. Was aus der Analyse der Windstruktur notwendig gefolgert werden mußte, was sich übrigens auch aus anderen meteorologischen Überlegungen als wahrscheinlich ergeben hatte, nämlich das Vorkommen sehr starker Schwankungen innerhalb ganz kurzer Zeit, konnte überzeugend nachgewiesen werden*).

Daß man durch die ganzen Untersuchungen ein neues Arbeitsgebiet mit einer Fülle von Zusammenhängen und Aufschlüssen erst angeschnitten hat, das ergab sich außer dem Dargelegten auch aus einer Vorführung von Beispielen aus verschiedenen zeitlich auseinander liegenden Reihen durch Laufbilder. Solche Aufnahmen legen es nahe, für das Studium des Windes auch die unmittelbar gegebenen Kennzeichen von Luftbewegung, etwa das Wogen von Getreidefeldern oder die Rauchfahnen von Schornsteinen, zu verwenden.

Wien, Hochsch. f. Bodenkultur, Lehrkanzel f. Meteorologie u. Klimatologie.

Das Lochkartenverfahren.

Von **Leo Wenzel Pollak**, Prag. — (Mit Demonstrationen.)

An Lichtbildern und durch Vorführung eines vollständigen statistischen Maschinenaggregates wurde die Technik des Lochkartenverfahrens erläutert und die Aufstellung von Verteilungstafeln, die Analyse periodischer Vorgänge und Berechnung von Korrelationen mit Lochkarten und nach neuen Verfahren besprochen. Insbesondere wurde eine von Pollak angegebene neue Sortiermaschine zur Gezeitenanalyse erklärt und Referent legte vielversprechende Spektren meteorologischer Elemente von Stumpff vor.

Der Vortragende behandelte im ersten Teil seines Referates die Rationalisierung und Mechanisierung der Verwaltung und Verrechnung geophysikalischen

*) Vgl. P. Lehmann: Fortschritte der Landwirtschaft (1929).