

**Zeitschrift:** Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft.  
Wissenschaftlicher und administrativer Teil = Actes de la Société  
Helvétique des Sciences Naturelles. Partie scientifique et administrative  
= Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali

**Herausgeber:** Schweizerische Naturforschende Gesellschaft

**Band:** 144 (1964)

**Vereinsnachrichten:** Sektion für Geophysik, Meteorologie und Astronomie

**Autor:** Schweizerische Gesellschaft für Geophysik, Meteorologie und  
Astronomie

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 27.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

### 3. Sektion für Geophysik, Meteorologie und Astronomie

Sitzung der Schweizerischen Gesellschaft für Geophysik,  
Meteorologie und Astronomie

Samstag, den 10. Oktober 1964

Präsident: FL. AMBROSETTI (Locarno-Monti)  
Sekretär: W. KUHN (Zürich)

1. ALEXANDRE PLAGET (Flugwetterzentrale Zürich-Kloten) – *Aspects de la circulation atmosphérique révélés par les photos reçues des satellites météorologiques.*

1. Les renseignements reçus des satellites «Tiros» et dernièrement de «Nimbus 1» offrent plus qu'un simple complément aux observations météorologiques terrestres. Par eux, le météorologue obtient une vue d'ensemble de certaines parties de la circulation atmosphérique en dehors de toute interprétation humaine. Si ces images tendent dès l'abord à confirmer les idées et modèles actuels, elles décèlent cependant en dernier lieu des divergences essentielles. Un réel profit ne sera retiré de leur utilisation qu'en revisant fondamentalement les conceptions courantes basées sur la mesure de la pression et non pas en essayant de les adapter.

Les satellites météorologiques n'ont pas ouvert de perspectives entièrement nouvelles: il y a cent ans, *Fitz Roy* présentait des modèles semblables de circulation (1). Malheureusement, arrivant peu de temps après la découverte des systèmes isobariques, ses idées étaient réellement trop en avance sur son temps.

2. Les avantages qu'apporte ce nouveau mode d'observation ne seront illustrés que par deux exemples intéressant les régions tempérées:

- a) les organisations de nuages en forme de spirale ou tourbillons;
- b) les organisations nuageuses des anticyclones et des dorsales mobiles, c'est-à-dire les deux éléments les plus importants de la circulation troposphérique affectant l'Europe.

a) *Les structures de nuages en forme de spirale.* Ces formations nuageuses sont en relation dans leur majorité avec les zones dépressionnaires au sol ou en altitude pour autant que le diamètre des tourbillons excède 500 km. Pour des valeurs inférieures, la densité du réseau d'observations sur la mer<sup>1</sup> ne permet pas d'établir si ces tourbillons sont également associés à une dépression. L'image prise par «Nimbus 1» le 4 septembre 1964 à 1147 gmt, le long de l'orbite 105, présente quatre tourbillons de

<sup>1</sup> La quasi-totalité des tourbillons photographiés sont situés sur les mers. Pour une explication, se reporter au chiffre 3.

grandeur différentes, les plus petits emboités dans les plus grands, le plus grand étant associé au système dépressionnaire des cartes synoptiques.

Le centre du tourbillon ne coïncide généralement pas avec celui de la dépression correspondante. La distance moyenne le séparant du centre au sol est de l'ordre de 250 km, de 150 km de celui du niveau de 500 mb pour les dépressions extratropicales; de moins de 100 km à tous les niveaux pour les cyclones tropicaux (2). Ni les inexactitudes d'analyse, ni celles dues à la rectification géographique de la photographie correspondante ne permettent d'expliquer de façon satisfaisante cette séparation. Celle-ci correspond à une réalité.

Les spirales se composent fréquemment de bras parallèles. Le sens de circulation le long de ceux-ci peut différer, c'est-à-dire que celui du bras extérieur peut être opposé au sens d'enroulement.

*b) Organisations nuageuses des anticyclones et des dorsales mobiles.* Elles se présentent le plus souvent sous la forme de lignes confluant vers les pôles séparées parfois par une bande médiane de ciel clair. Le sens de circulation de part et d'autre de cette zone est opposé. Très souvent, elles forment partiellement le prolongement de la structure en spirale. Cette particularité est spécialement en opposition avec les conceptions actuelles.

Les associations nuageuses photographiées ne sont pas organisées selon les vents observés. La direction de ces derniers peut former un angle quelconque avec celle des bandes nuageuses. Ceci avait déjà été remarqué depuis longtemps, là où il était possible d'observer du sol l'organisation des nuages, par exemple pour les cirrus en bandes (3).

La décomposition du mouvement déduit des cartes synoptiques en un mouvement de translation et une circulation interne propre au système considéré permet d'expliquer l'ordonnance des nuages telle que la révèlent les photos des satellites. Pour cela, il suffit de calculer les trajectoires en partant des vents réels et d'en déduire les trajectoires relatives au système lui-même. Ces dernières, dans le cas des tourbillons ont une forme de spirale et s'ordonnent en concordance avec les isothermes de l'atmosphère libre (les bandes de cirrus mentionnées auparavant sont toujours parallèles aux isothermes)! Les associations nuageuses sont organisées selon ces trajectoires. Il en va de même pour les jet stream (qui sont eux-mêmes parallèles aux isothermes). Une remarquable illustration de ceci est présentée par les images reçues de «Nimbus 1» le 17 septembre 1964 le long de l'orbite 294. Sur celles-ci, les nuages cirriformes coupent la bande des vents forts parallèlement à une isotherme.

Les mésosystèmes s'interprètent comme étant des systèmes secondaires circulant en bordure des grandes masses d'air froid. L'évolution de la situation du 14 au 17 septembre 1964, telle qu'elle peut être suivie sur les photos reçues de «Nimbus 1», de même que les enregistrements du barographe, le confirme.

En résumant, les associations de nuages telles qu'elles sont révélées par les photos reçues des satellites météorologiques représentent la struc-

ture interne du système observé, alors que les isobares ou les isohypsés représentent le mouvement général, compte tenu de la dérive. C'est ainsi que le centre des dépressions synoptiques se trouvera localisé au point où la dérive sera opposée au mouvement interne, c'est-à-dire que ce centre et celui du tourbillon ne coïncideront que pour un système stationnaire.

3. *Répartition des centres de tourbillons en fonction de la latitude.* Plus de 95 % des centres de spirales qui ont pu être photographiés sont situés sur les mers. Cette absence de structure en forme de spirale au-dessus des continents provient de la forte influence des terres (suite à l'insolation) sur les nuages de convection. La structure nuageuse durant la journée de la traîne d'un système est fondamentalement différente sur la terre de ce qu'elle est sur la mer. Les photos prises à l'infrarouge permettront de déterminer si cette différence persiste également durant la nuit. Une amélioration du pouvoir de résolution des caméras aidera également à mieux différencier les images nuageuses obtenues. La discussion suivante se limitera donc aux mers seules.

La répartition des centres de tourbillons est dans ses grandes lignes semblable sur les deux hémisphères, tout au moins dans la partie observée ( $60^{\circ}$  N à  $60^{\circ}$  S). Elle présente deux maxima, un maximum principal vers  $60^{\circ}$  N/S et un maximum secondaire entre  $10^{\circ}$  et  $15^{\circ}$  N/S. Le minimum se situe entre  $20^{\circ}$  et  $30^{\circ}$  N/S. Le passage de ce dernier au maximum principal ne se fait pas progressivement, mais par une suite de deux paliers. La similitude de cette variation pour les deux hémisphères semble exclure un effet du hasard.

La densité des centres de tourbillons tropicaux est nettement plus forte sur l'hémisphère nord que sur l'hémisphère sud, sauf au-dessus de l'océan Indien où le rapport est inversé.

#### LITTÉRATURE

1. *Fitz Roy R.:* The weather book. A manual of practical meteorology. 2<sup>nd</sup> ed. Longman, Green, Longman, London 1863.
2. *Boucher R.J., Bowley C.J., Merritt E.S., Rogers C.W.C., Sherr P.E., Widger W.K. jun.:* Synoptic interpretations of cloud vortex patterns as observed by meteorological satellites. Aracon Geophysics Co., Mass., Nov. 1963.
3. *Clayton H.:* Discussion of the cloud observations. "Ann. Astr. Observ.", 1896. Harvard Coll. 30, 465.

#### 2. MAX SCHÜEPP (Schweiz. Meteorologische Zentralanstalt, Zürich) – *Die neue Klimatologie der Schweiz.*

Das «Klima der Schweiz» von Maurer, Billwiller und Hess stammt aus den Jahren 1909 bis 1910. Es ist somit nicht zu früh, wenn wir jetzt daran gehen, eine neue Klimatologie herauszugeben. Wir möchten in

einem kurzen Überblick den gegenwärtigen Stand und das zukünftige Programm skizzieren und Sie bitten, allfällige Wünsche über speziell dringliche Arbeiten vorzubringen.

Die neue Klimatologie besteht im Prinzip aus drei Teilen: einem ersten Band, in welchem die ausführlichen Tabellen nach den einzelnen Elementen geordnet zusammengestellt sind, einem zweiten Band, der ähnlichen Aufbau erhalten soll wie der Textband des «Klimas der Schweiz», jedoch mit zusätzlichen Karten, sowie einem dritten Band, der die einzelnen Wetterlagen behandelt. Der erste Band ist bereits seit einigen Jahren in Arbeit. Bis jetzt sind zwei Hefte über Temperatur erschienen, ferner das Heft über Sonnenscheindauer und dasjenige über Bewölkung und Nebel. Das dritte, abschliessende Temperaturheft, welches nicht nur Mittelwerte, sondern viele Häufigkeitsstatistiken über Tages- und Monatswerte von Terminbeobachtungen sowie von Minima und Maxima enthalten wird, soll 1965 zusammengestellt werden. Das dritte Heft wird grösseren Umfang enthalten als die beiden bisherigen Temperaturhefte. Voraussichtlich wird es etwa 140 Seiten umfassen.

Im laufenden Jahr 1964 erfuhr die Arbeit einen Unterbruch, da jetzt im Rahmen der Zusatzhefte zu den Annalen eine Jubiläumsschrift zum 100jährigen Bestehen des schweizerischen Stationsnetzes herausgegeben wird. Im nächsten Jahr soll aber, mit verstärkten Kräften durch den Zuzug von Herrn Dr. Gensler an die Klimaabteilung der MZA, an der Klimatologie der Schweiz weiter gearbeitet werden, damit wenn immer möglich in den Jahren 1971–1972 mit dem Ergänzungsband 1961–1970 das Werk abgeschlossen werden kann. Da das alte «Klima der Schweiz» nur das vergangene Jahrhundert umfasste, ist in den vergangenen mehr als 60 Jahren ein grosses, bisher noch zum kleinen Teil bearbeitetes Beobachtungsmaterial zusammengekommen, so dass es nicht leicht ist, das richtige vom falschen zu sieben. Wir bearbeiten jetzt die Zeitspanne 1901–1960, wobei ein Teil des Materials für die Periode 1901–1940 zusammengestellt wurde. Zugleich handelte es sich darum, die zukünftigen Entwicklungen vorzubereiten. In den vergangenen Jahren ist ein grosser Teil der Tabellen unseres meteorologischen Stationsnetzes auf Lochkartenbearbeitung umgestellt worden, und von 1965 an werden 90 Stationen, d. h. ungefähr zwei Drittel des Netzes, mit den elektronischen Maschinen 7074 und 1401 der IBM im eidgenössischen Rechenzentrum in Bern verarbeitet, wobei sämtliche Auszählungen von den Maschinen durchgeführt werden. Eine weitere Vorbereitung konnte im vergangenen Monat an der alpinen Tagung in Villach zum Abschluss gebracht werden: die Bereinigung des Klassierungsschemas für die Witterungsklimatologie. Unter diesen Voraussetzungen können zunächst die Vorbereitungen für die neue Witterungsklimatologie durchgeführt werden: Ein Katalog der Witterungslagen wird das Vorkommen der einzelnen Lagen abklären. Nachfolgend werden die Angaben gelocht, und die Maschinen besorgen die entsprechenden Berechnungen.

Auch für die Bände I und II werden sich durch die Lochkartenbearbeitung Vorteile ergeben, doch bleibt auch im heutigen maschinellen Zeit-

alter noch ein guter Teil Handarbeit. Die Kopfarbeit wird ebenfalls nicht ausgeschaltet. Die Maschinen wollen programmiert sein, eine ziemlich langwierige Arbeit. Zugleich soll das Material sortiert sein, damit nicht gutes und schlechtes durcheinandergewürfelt wird.

In den vergangenen Jahren wurden verschiedene Versuche über die zweckmässige Darstellung der Häufigkeitsverteilungen in Band I und II durchgeführt. Wir glauben ein befriedigendes Schema gefunden zu haben, welches auf der Quartileinteilung aufgebaut ist und eine leichtverständliche Darstellung der ganzen Streuung innerhalb der Schwankungsbreite ermöglicht durch eine Aufteilung in sogenannte Duodezile.

Es gilt nun, zunächst Band I auf breiter Front in Angriff zu nehmen, wobei parallel Temperatur, Niederschlag und Luftdruck bearbeitet werden, nachfolgend die übrigen noch nicht untersuchten Elemente, wie zum Beispiel Feuchtigkeit, Wind, Schneedecke, Gewitter und Hagel. Band II, welcher die Hauptaufgabe der Jahre 1967 bis 1968 bilden wird, erfordert für die graphischen Darstellungen und die Text- und Tabellenzusammstellungen bedeutende Arbeit. Dies geht aus den wenigen, für das erste Blatt «Klima und Wetter» des schweizerischen Landesatlas zusammengestellten Karten hervor, welche im Jahre 1965 erscheinen werden. Klimatographien einzelner kleinerer Regionen, wie sie z. B. für den Wind von Herrn Dr. Bouët im Wallis und für das nördliche Gebiet des Kantons Waadt von Herrn Dr. Primault zusammengestellt wurden, werden die Bearbeitungen des Bandes II erleichtern.

Die Aufzählung all dieser Vorarbeiten mag zeigen, dass trotz beschränkten personellen Mitteln und der bisher bescheidenen Produktion von 166 Seiten von insgesamt 1500 das Werk doch weiter fortschreitet. Wir sind dankbar, wenn Sie uns durch Meinungsäusserungen Wünsche und Anregungen geben, damit die Bearbeitung möglichst den Anforderungen der Interessenten entspricht und die aufgewendete Mühe und Arbeit im praktischen Leben Nutzen bringt.

### **3. ALESSANDRO RIMA (Muralto) – *Considerazioni morfometriche sui deflussi.***

La difficoltà di previsione dei deflussi in un punto generico A di un corso d'acqua è dovuto a diversi fattori di carattere climatico, di carattere geologico e topografico (precipitazione, evaporazione, fusione della neve, permeabilità, pendenza, scabrezza). È solo possibile una approssimazione mediante la precisazione di coefficienti che riassumono tutti questi parametri. Il fatto della variazione periodica dei fenomeni naturali impone una scelta del deflusso dal lato probabilistico. La determinazione dei deflussi, sulle basi di una ridotta rete idrografica e di poche misure a disposizione ad intervalli prefissati, lungo un corso d'acqua, è possibile dal lato probabilistico e morfologico basandosi sui seguenti criteri:

1. Le frequenze cumulate dei deflussi per una modalità scelta soddisfano la seguente relazione

$$P(z) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{+z/\sqrt{z}} e^{-z^2} dz \quad (1)$$

$$z = a x + b$$

$$z = a \log x + b$$

dove  $P(z)$  = ripartizione in %. Curva cumulata

$a, b$  = parametri dipendenti dal deflusso

$x$  = deflusso =  $Q + Q_0$

2. La serie cronologica dei valori estremi per modalità di medie ha le stesse caratteristiche delle serie delle medie annuali, con scindibilità nelle stesse periodicità in fasi uguali (bibl. 2).

Questi fatti ci permettono, conoscendo una serie di eventi in un punto A e una seconda serie, con poche osservazioni in un secondo punto B dello stesso corso d'acqua, di ricostruire probabilisticamente i valori in B.

Avendo più stazioni su un corso d'acqua è possibile stabilire una relazione di dipendenza tra  $Q$  e  $F$  come alla formula generica

$$Q = k' F^\alpha \quad (2)$$

$Q$  = quantità di deflusso in  $m^3/s$

$F$  = bacino imbrifero in  $km^2$

$k$  e  $\alpha$  = parametri

Considerando  $\alpha$  e  $F$  costanti col variare di  $Q$  si vede che  $k'$  può essere espresso da  $k \cdot C_t$  dove  $k$  è costante per un corso d'acqua e  $C_t$  è la variabile probabilistica.

La formula si trasforma:

$$Q = k F^\alpha \cdot C_t \quad (3)$$

Questo monomio è rappresentabile su scala logaritmica con rette, ciò che facilita l'interpretazione, per ogni  $C_t$  le rette così interpretate sono parallele.

Di grande utilità è lo studio della relazione di  $k$  e  $\alpha$  i quali sono costanti per uno stesso corso d'acqua, altri, di una stessa regione climatica, aventi le stesse caratteristiche fisiche geografiche devono presentare delle similitudini.

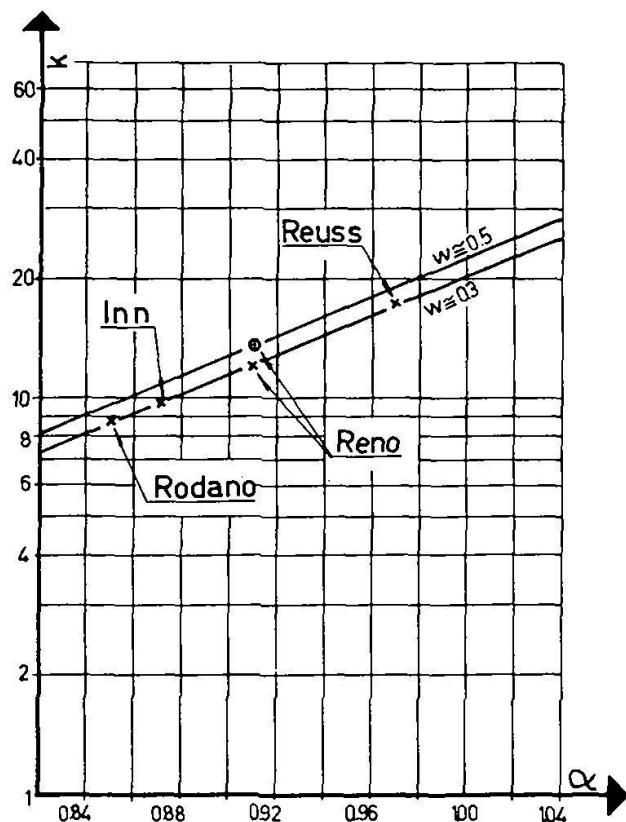


Figura 1

$k = f(\alpha)$  per i deflussi  
 $Q$  (media annua) dei fiumi del versante Nord delle Alpi

È ovvio supporre che i coefficienti  $\alpha$ ,  $k$  sono esprimibili mediante una funzione, ciò che semplificherebbe le approssimazioni nei bacini senza o con poche osservazioni. Hirsch ha già messo tale relazione in evidenza per la Francia (bibl. 1).

Considerando, a titolo esplicativo i valori medi dell'anno 1960 per il Reno, Rodano, Reuss, Inn abbiamo ricavato la figura allegata che dimostra una relazione stretta dei coefficienti  $k$ ,  $\alpha$ , dei corsi d'acqua attorno al massiccio del San Gottardo, versante Nord malgrado che esistono situazioni climatiche differenti.

Tabella 1  
*Valori di k,  $\alpha$  per i corsi d'acqua principali*

	$k$	$\alpha$	1960
Reno } 1960	12,12	0,9116	
	13,36	0,9116	
Rodano	8,65	0,851	
Reuss	17,16	0,975	
Inn	9,758	0,8719	

Conoscendo i valori  $k$ ,  $\alpha$  di diversi corsi d'acqua si può stabilire la relazione seguente

$$\log k' = \alpha m + n \quad (4)$$

deducibile dalla (3). Riferendosi ai valori della tabella 1 e figura 1 risultano i coefficienti di

$$m = 2,40$$

$$n = -1,11$$

Tali risultati dimostrano l'utilità di un approfondimento delle ricerche in questa direzione.

#### BIBLIOGRAFIA

1. *Hirsch F.*: Méthode de prévision des débits des cours d'eau par l'analyse morphométrique des réseaux fluviaires. *Revue de Géomorphologie dynamique*, Strasburg 1963.
2. *Rima A.*: Per una legge sulle periodicità delle serie cronologiche naturali. *Atti del XIIº Congresso annuale dell'Associazione Geofisica Italiana*, Roma 1962.
3. — Sugli eventi estremi nell'idrologia con particolare riguardo alle portate di piena del fiume Ticino e sulle periodicità dei deflussi. *Tesi n° 3204 del Politecnico Federale di Zurigo*, Edizioni Leemann SA, Zurigo 1963.
4. — Sulle oscillazioni periodiche dei deflussi del Reno a Basilea-St. Alban (1808 fino a 1957). *Rivista tecnica della Svizzera italiana*, n° 5 (1962).
5. — Problematica per uno studio morfometrico dei deflussi. *Acqua Industriale*, n° 31 (1964).
6. *Richards B. D.*: *Flood Estimation and Control*. Chapman & Hall, Ltd., 37 Essex Street, W.C. 2, London 1955.

#### 4. MAX WALDMEIER (Eidg. Sternwarte, Zürich) – *Ergebnisse der Expedition nach Kanada zur Beobachtung der totalen Sonnenfinsternis vom 20. Juli 1963.*

Über den Verlauf der Expedition, die vom Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung finanziert worden ist, über das Programm und einige erste Ergebnisse ist bereits an anderer Stelle berichtet worden (1). Die Finsternis wurde am Lac des Piles (zwischen Quebec und Montreal) beobachtet, wo die Totalität 66 s gedauert hat. Während dieser wurden mit einer Kamera von 15 cm Öffnung und 225 cm Brennweite elf fokale Aufnahmen der Korona erhalten. In erster Linie sollten diese Aufnahmen dem Studium der Strahlenstruktur, insbesondere der Polarstrahlen, dienen. Das Programm war jedoch so an-

gelegt, dass die Aufnahmen auch für eine photometrische Analyse der Korona verwendbar waren (2).

In den Polarstrahlen glaubt man, das solare Magnetfeld in der Korona zu erkennen. Eine Vermessung dieser Strahlen liefert die Form des Feldes. Die Polarstrahlen sind nur zur Zeit schwacher Sonnenaktivität sichtbar, von etwa drei Jahren vor bis etwa zwei Jahre nach dem Sonnenfleckeminimum. Nachdem bereits von den Sonnenfinsternissen 1961 und 1962 Aufnahmen der Polarstrahlen gewonnen worden sind, wird es, wenn noch von denjenigen von 1965 und 1966 entsprechende Aufnahmen vorliegen werden, möglich sein, die Veränderungen in der Form des solaren Magnetfeldes im elfjährigen Zyklus festzustellen.

Die Neigung der Polarstrahlen gegen die radiale Richtung sei  $\alpha(r, \vartheta)$ . Dabei ist  $r$  der Abstand vom Sonnenmittelpunkt (ausgedrückt in Einheiten des Sonnenradius) und  $\vartheta$  der Winkelabstand von der Sonnenachse. Die Messung von  $\alpha$  an sehr vielen Punkten des Koronabildes hat ergeben: erstens, dass  $\alpha$  nicht von  $r$  abhängt, und zweitens, dass  $\alpha$  linear mit  $\vartheta$  zunimmt. Die Feldlinie genügt der Differentialgleichung  $\tan \alpha = \frac{rd\vartheta}{dr}$ , für welche man mit  $\alpha = k \cdot \vartheta$  die Lösung erhält:

$$\log r = \frac{1}{k} \log \frac{\sin(k\vartheta)}{\sin(k\vartheta_0)}$$

Diese Gleichung stellt die Schar der Polarstrahlenkurven dar. Jeder einzelne Strahl ist durch seinen Parameter  $\vartheta_0$  ( $\vartheta$  für  $r = 1$ , Durchstosspunkt der Feldlinie mit der Sonnenoberfläche) festgelegt. Die Form des polaren Magnetfeldes als Ganzes wird durch die Konstante  $k$  bestimmt. Nach den bisherigen Beobachtungen zu schliessen, dürfte  $k$  sich mit der Phase des elfjährigen Zyklus verändern. Beim ersten Sichtbarwerden der Polarstrahlen beträgt  $k$  etwa 0,8; bis zum Aktivitätsminimum nimmt  $k$  bis auf etwa 1,2 zu.

1. Waldmeier M.: Astron. Mitt. Eidg. Sternwarte, Zürich, Nr. 258 (1963).
2. — Zschr. f. Astrophys. 60, 28 (1964).

## 5. MARTIN FRICK (Zürich) – *Ein Isophotometer für die Koronaphotometrie.*

Es wird ein Apparat beschrieben, der dazu bestimmt ist, Isophotenbilder von photographischen Aufnahmen der Sonnenkorona, die während Sonnenfinsternissen entstanden sind, herzustellen. Früher wurden diese Aufnahmen mit einer Schar radialer Registrierphotometerschnitte bedeckt und aus diesen schliesslich die Isophotenbilder konstruiert. Dies stellte eine überaus zeitraubende und in feinen Details ungenaue Arbeit dar.

Zunächst werden grundsätzliche Bemerkungen zur Geometrie einer solchen Aufzeichnung gemacht: wird etwa die Aufnahme in der x-Richtung eines kartesischen Koordinatensystems mit konstantem Vorschub bewegt und lässt man in y-Richtung den Apparat vermöge einer Servosteuerung selbsttätig eine an ihm eingestellte Schwärzung aufsuchen, so ist die Verfolgung und Aufzeichnung einer Kurve möglich, welche schlicht über der x-Achse liegt. Es wird sodann ausgeführt, dass für die Photometrierung der Sonnenkorona, eines Objekts mit geschlossenen Isophoten, welche nicht allzustark von der Kreisform abweichen, Polarkoordinaten angemessen sind. Diese bedingen indessen mechanische Komplizierungen, die dadurch überwunden worden sind, dass das bisher in der Photometrie übliche Zweistrahlprinzip zugunsten nur eines Lichtstrahls aufgegeben worden ist. Die Optik des Geräts wird ausführlich beschrieben.

Neben dem Prinzip der Abtastung einer Kurve nach der anderen wird erwähnt, dass kompliziertere Strukturen dazu zwingen würden, die Prinzipien des Fernsehens heranzuziehen und die Aufnahme mit einer Reihe von Zeilen zu überdecken, die abgetastet werden und jeweils beim Erreichen einer von vielen vorher im Apparat festgelegten Schwärzungen Bildpunkte erzeugen.

Es folgt eine ausführliche Beschreibung des an der Eidgenössischen Sternwarte gebauten Apparats, der Mechanik seiner Abtastung und der Elektronik seiner Servosteuerung.

Danach werden Beispiele von Isophotenbildern gezeigt unter Hinweis auf die bessere Erkennbarkeit der Polarstrahlen gegenüber den Ergebnissen der alten, manuellen Methode und unter Darstellung weiterer Vorteile.

## 6. RAYMOND SCHNEIDER (Institut suisse de météorologie) – 100 ans d'observations météorologiques en Suisse.

Les plus anciennes informations sur le temps, notées régulièrement, datent du XVI<sup>e</sup> siècle (W. de Haller, Zurich). A l'exception de Bâle (1755–1804), leur nombre restera faible jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle où, sous l'impulsion du physicien genevois M.-A. Pictet, des stations seront créées à Genève (1798) et au Grand-St-Bernard (1817). Sur sa proposition, une commission fut constituée en 1823 dans le cadre de la Société helvétique des sciences naturelles (SHSN) en vue d'établir un réseau de 12 stations, mais en raison de difficultés de personnel et financières, les travaux furent suspendus en 1837.

L'intérêt pour les phénomènes de l'atmosphère ne cessait pourtant de croître non seulement chez les hommes de science, mais aussi dans la population, incitant le conseiller fédéral Pioda à proposer à la séance de 1860 de la SHSN à Lugano l'établissement d'un réseau suisse d'observations climatologiques. Les professeurs H. Wild, Berne, G.-C. Kopp, Neuchâtel, et A. Mousson, Zurich, présentèrent l'année suivante à Lausanne un projet d'organisation qui fut accepté, puis approuvé par l'As-

semblée fédérale en février 1862. La SHSN mit en œuvre une commission, forte de 9 membres, pour l'installation, l'instruction et le contrôle de 80 postes d'observations, dont les données étaient rassemblées à l'Observatoire astronomique fédéral à Zurich, dirigé par R. Wolf. Les observations systématiques commencèrent en décembre 1863, et c'est à partir de janvier 1864 que débuta leur publication régulière. Le but que s'étaient assigné les fondateurs du réseau était non seulement d'étudier la climatologie suisse, mais de rechercher l'influence d'un pays montagneux sur les conditions météorologiques générales de l'Europe. Aussi s'avéra-t-il nécessaire de créer des stations de montagne et la première d'entre elles fut érigée au Säntis en 1882, avec l'aide du CAS notamment.

Sous l'impulsion des milieux agricoles entre autres, et suivant en cela l'exemple des pays voisins, un service de prévisions du temps fut créé en 1879 qui, vu l'augmentation des tâches attribuées, eut pour conséquence le rattachement de la station centrale suisse de météorologie au Département fédéral de l'intérieur dès 1880.

L'histoire détaillée de ce siècle de météorologie suisse faisant l'objet d'une publication qui paraîtra à fin 1964, bornons-nous à relever les trois dates suivantes :

- 1920 création des premières stations de protection météorologique pour l'aviation ;
- 1935 établissement d'une station annexe à Locarno-Monti pour la prévision du temps au sud des Alpes ;
- 1941 construction d'une station aérologique à Payerne.

Cinq directeurs se sont succédé à la tête de l'Institut depuis sa fondation :

1881–1905	R. Billwiller I
1905–1933	J. Maurer
1934–1940	P.-L. Mercanton
1941–1944	R. Billwiller II
1945–1963	J. Lugeon

A la fin de ce premier siècle d'observations systématiques en Suisse, retenons que

- a) les données climatologiques sont plus importantes que jamais dans de nombreux domaines de l'économie, allant de l'hydrologie à l'aéronautique, en passant par le génie civil, le tourisme, la lutte contre la pollution, etc. ;
- b) de nombreuses recherches seront encore nécessaires pour saisir, comprendre, expliquer et prévoir les différents phénomènes de l'atmosphère régissant le temps.

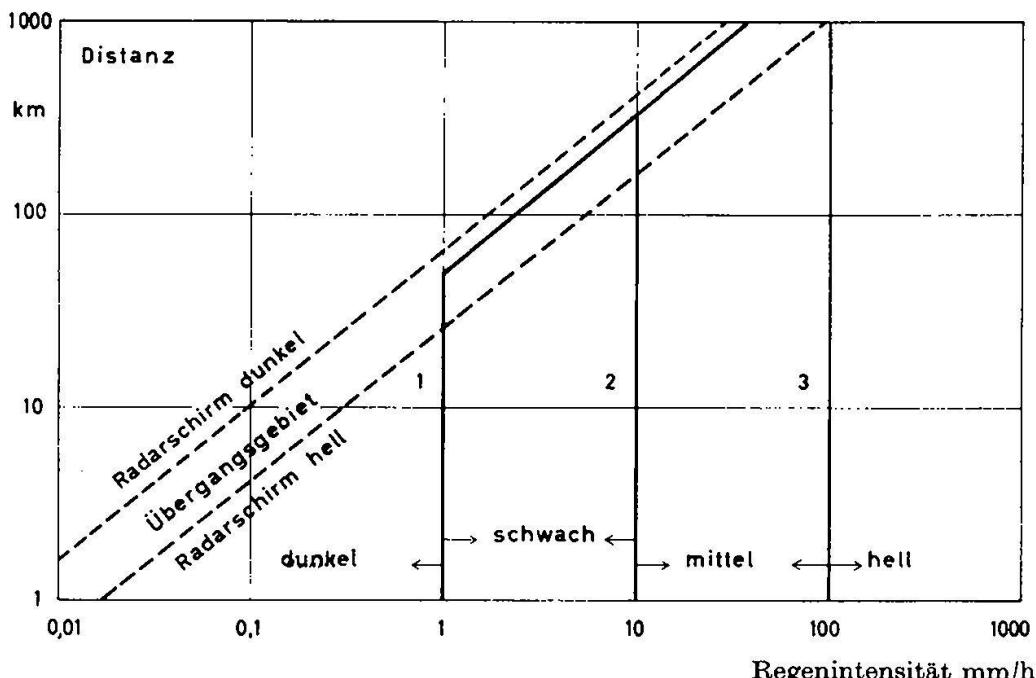
**7. J. JOSS, J. C. THAMS (Osservatorio Ticinese ISM, Locarno-Monti) –  
Über die Regenintensitätsmessung mittels Radarstrahlen und die Möglichkeit der Erkennung von Hagel.**

Neben der Kenntnis der gesamten Wetterlage ist es für Gewitteruntersuchungen wertvoll, folgende Parameter in Funktion von Ort und Zeit zu kennen: Anzahl, Grösse, Aggregatzustand und Geschwindigkeit der Hydrometeore. Ort und zeitlichen Ablauf erhalten wir von Radargeräten mit geeigneter Wellenlänge befriedigend genau, wurden doch Radargeräte ursprünglich zur Ortung von Flugzeugen und der Aufzeichnung ihrer Flugwege entwickelt. Von einem gewöhnlichen Radargerät bekommen wir als einzige zusätzliche Grösse die Echointensität. Ein Doppler-Radar würde uns darüber hinaus das radiale Geschwindigkeitsspektrum von Hydrometeoren geben; daraus können, eine geeignete Messanordnung vorausgesetzt, das Tropfenspektrum und die örtliche Aufwindkomponente bestimmt werden. Hier wollen wir nur untersuchen, welche Aussagen aus dem Signal eines gewöhnlichen Gerätes gewonnen werden können. Falls dieses mit dem üblichen linearen Empfänger ausgerüstet ist, besitzt es die in der Abbildung gestrichelt gezeichnete Empfangscharakteristik. Links vom Übergangsgebiet liegt das Echo unter der Empfindlichkeitsgrenze, der Schirm bleibt deshalb dunkel; rechts vom Übergangsgebiet ist der lineare Empfänger gesättigt, der Schirm somit hell. Wir entnehmen der Abbildung, dass in zehnfacher Entfernung die achtzehnfache Regenintensität benötigt wird, um die gleiche Erscheinung auf dem Radarschirm hervorzurufen. Ein solches Gerät besitzt somit nur *ein distanzabhängiges Niveau*.

Zum Radargerät MPS4 in Locarno wurden von uns logische Einheiten gebaut, die es erlauben, in dem vom Radar erfassbaren Gebiet gleichzeitig *drei distanzunabhängige* Regenintensitätsniveaus anzuzeigen (in der Abbildung ausgezogene, numerierte Linien). Diese Niveaus können dank der logarithmischen Verstärkercharakteristik auf beliebige Regenintensitätswerte eingestellt werden, beispielsweise so, dass der Radarschirm in den Gebieten schwach aufleuchtet, deren Niederschlagsintensität 1 mm/h überschreitet, mittelstark bei 10 mm/h und mehr und in voller Helligkeit bei äquivalenten Regenintensitäten von 100 mm/h und höher.

Um das Radargerät für diese quantitativen Messungen zu eichen, wurde in 5 km Entfernung ein Regenintensitätsmesser aufgestellt. Seine Registrierung wird mit dem entsprechenden Radarecho verglichen. Jedes Gewitter ergibt je nach Dauer einen oder mehrere Messwerte. Alle Messpunkte lassen sich nach dem bekannten empirischen Gesetz  $P = k \cdot R^c / D^2$  darstellen, wobei  $P$  die empfangene Leistung,  $R$  die Regenintensität,  $D$  die Entfernung des Gewitters,  $k$  und  $c$  Parameter darstellen, die eine Abhängigkeit vom Niederschlagstyp aufweisen können. In diesem Sommer wurden  $k$  und  $c$  aus dem gesammelten Material grob bestimmt. Dabei konnten noch keine Unterschiede zwischen den untersuchten Gewittertypen festgestellt werden.

In starken Gewittern kann man Echointensitäten messen, die unter Anwendung des erwähnten Gesetzes Regenintensitäten geben, wie sic



Schirmhelligkeit in Funktion der Regenintensität  $R = (P D^2/k)^{1/c}$  und der Distanz  $D$  von einem Radargerät mit dem üblichen linearen Empfänger (gestrichelt) und der in Locarno verwendeten Apparatur

mit Regenmessern nie festgestellt wurden, beispielsweise 600 mm/h. Wir vermuten, dass die Ursache ein Hagel enthaltendes Tropfenspektrum sei, und es besteht grosse Wahrscheinlichkeit, dass auf diese Weise Hagel in Gewittern untersucht und erkannt werden kann. Zu seiner Verifikation werden die Gebiete grösster Intensität auf dem Radarschirm einzeln ausgemessen und mit den Hagelmeldungen aus der betreffenden Gegend in Beziehung gebracht.

In diesem Jahr hat es im Tessin selten gehagelt, und es sind demzufolge noch zu wenig Vergleiche vorhanden, um definitive Schlüsse ziehen zu können.

Es wurden ausserdem Versuche angestellt, um die Reflexionseigenschaften einzelner Hagelkörner zu bestimmen, damit man die von einem gegebenen Hagelspektrum zu erwartende Echointensität berechnen kann (siehe A. Aufdermaur, Weissfluhjoch-Davos, und J. Joss, Locarno-Monti: Radar-Reflexionsquerschnitte von gefrierenden Eis-Wasser-Gemischen).

**8. ARMIN N. AUFDERMAUR** (Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung, Weissfluhjoch-Davos), **JÜRG JOSS** (Osservatorio Ticinese, Locarno-Monti) – *Radar-Reflexionsquerschnitte von gefrierenden Eis-Wasser-Gemischen.*

Möchte man mit Hilfe des Radars genauere Aussagen über die Entwicklung einer Hagelwolke machen, so begegnet man zahlreichen Schwierigkeiten, die ohne Doppler-Radar kaum zu überwinden sind. Aber selbst

wenn optimale Radargeräte zur Verfügung stehen, gibt es noch Probleme, z. B. das grundsätzliche Problem der Reflexionseigenschaften jener Hagelkörner, die flüssiges Wasser enthalten. Die Abklärung dieser Frage war das Ziel der zu besprechenden Untersuchungen.

Eine Stichprobe (J. Joss und R. List, 1963, Zur Radarrückstrahlung von Eis-Wasser-Gemischen, Z. angew. Math. Phys. 14, 376) hatte früher bereits gezeigt, dass die bestehende Theorie unzulänglich war. Nachdem eine neue, nur im Rayleigh-Gebiet gültige Theorie gefunden war (J. Joss, 1964, Die Bestimmung der Rückstreuquerschnitte von Eis-Wasser-Gemischen bei einer Wellenlänge von 5,05 cm, Z. angew. Math. Phys. 15, 509), fehlte noch die Theorie oder umfangreiche Messungen im Mie-Gebiet. Über diese Messungen soll hier kurz berichtet werden.

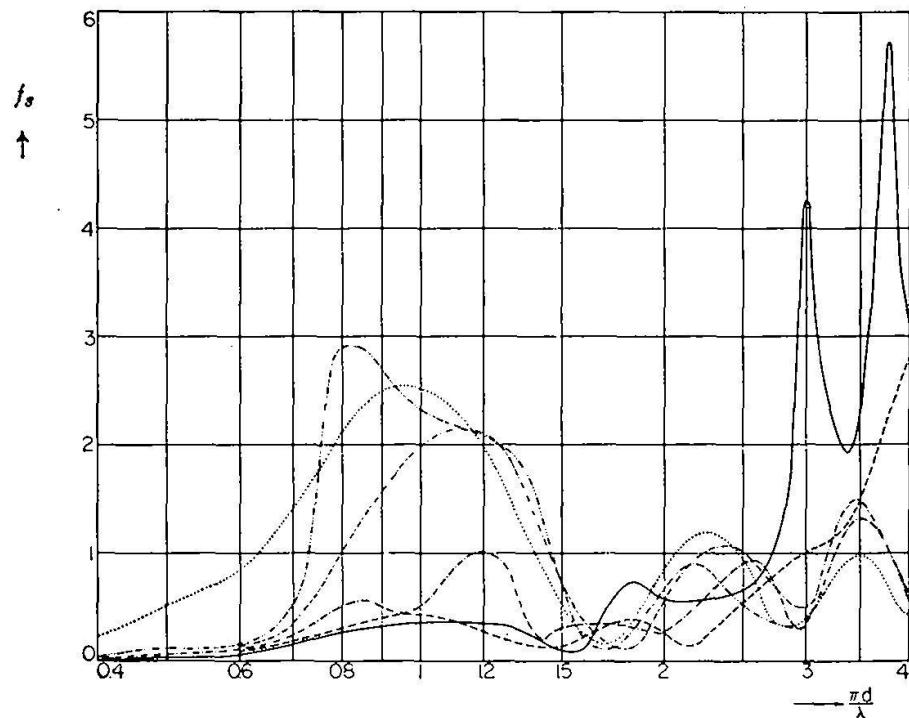
Als Testobjekte dienten in Wasser getränkte homogene Schneekugeln und im Hagelversuchskanal produzierte Hagelkornmodelle, bestehend aus einer Eiskugel und einer 1 bis 3 mm dicken äusseren Schale aus Schwammeis von verschiedenem Wassergehalt, der vor der Radarmessung durch eine Dichtebestimmung abgeschätzt wurde. Die Korndurchmesser  $d$  lagen zwischen 13 und 40 mm, der totale Wassergehalt ( $W_{tot} = \text{Wasser:Totalgewicht}$ ) zwischen 50 und 2 %. Jedes Korn wurde für die Radarmessung einzeln im Freien aufgehängt und von unten mit etwa 15 m/s ventiliert, so dass bei den herrschenden Temperaturen um  $-5^{\circ}\text{C}$  das Eis-Wasser-Gemisch allmählich gefror. Während dieser Zeit wurde die Radarrückstrahlung auf drei Wellenlängen, nämlich  $\lambda = 3,2, 4,7$  und 10 cm, gleichzeitig registriert. Diese Rückstrahlungskurven wurden jeweils nicht auf die Zeit, sondern auf den beim Gefrieren abnehmenden Wassergehalt bezogen, indem zwischen dem Anfangs- und Endpunkt des Gefrierens  $W_{tot}$  linear interpoliert wurde. Die Anfangswerte und Kurven der wenig Wasser enthaltenden Körner fügten sich meistens gut in die Kurven der Körner gleichen Durchmessers mit grösserem anfänglichem Wassergehalt. Zur weiteren Auswertung wurden deshalb nicht bloss die Anfangswerte, sondern die ganzen Kurven benutzt. Es waren über 200 im Gebiet der dimensionslosen Durchmesserzahl  $\frac{\pi d}{\lambda}$  zwischen 0,4 und 4.

Aus diesen Kurven wurde der dimensionslose Rückstreu faktor  $f_s$  bei einem totalen Wassergehalt von 30, 20, 10, 5 und 0 % (vollständig durchgefroren) herausgelesen und gegen die Durchmesserzahl aufgetragen. Die Abbildung zeigt die daraus gemittelten Kurven gleichen Wassergehaltes. Die Mittelung wurde unter Berücksichtigung aller Messpunkte und ohne Anpassung an irgendwelche theoretischen Erwägungen vorgenommen.

Die Streuung der einzelnen Messpunkte war ausser bei den durchgefrorenen Körnern erwartungsgemäss sehr gross und konnte sich im Mie-Gebiet über zwei Grössenordnungen erstrecken. Die im Mie-Gebiet auftretenden Maxima und Minima des Streufaktors sind eine Interferenzerscheinung und deshalb auf Asymmetrien sehr empfindlich. Solche Asymmetrien, z. B. in der Anordnung des flüssigen Wassers, waren bei den Modellhagelkörnern in wechselndem Masse vorhanden, ja sogar die

durchgefrorenen Körner ergaben weniger ausgeprägte Maxima und Minima als die Theorie (J.J. Stephens, 1961, Radar-Cross-Sections for Water and Ice Spheres, J. Meteor. 18, 348), wo doch im übrigen gute Übereinstimmung herrschte ( $\pm 0,5$  db).

Die Voraussetzungen, Gründe und Beweise für die Bildung von Eis-Wasser-Gemischen beim natürlichen Hagelkornwachstum können hier nicht diskutiert werden, ebensowenig die Frage der Verteilung des Wassers in den betreffenden Hagelkörnern. Die verschiedenen Möglichkeiten dürften ebenso vielfältig sein wie die Hagelkornstrukturen, die oft bei ein und demselben Gewitter gar nicht einheitlich sind. Gerade deshalb ist es aber für die Praxis wichtig, Mittelwerte der Radarreflexion von verschiedenen, nicht zu sehr idealisierenden Hagelkornmodellen zu kennen. Die Wahl der Modelle ist dabei nicht überaus kritisch, weil die Mittelwerte nur bei ausgefallenen Modellen grössere Abweichungen ergeben. Über solche Fälle und über eine gewisse Wellenlängenabhängigkeit wird später berichtet werden. Für die Praxis sollte vorläufig genügen, Radar-Reflexionsquerschnitte von wässrigen Hagelkörnern aus ihrem Gewicht (bzw. den für Kugeln berechneten Durchmesserzahlen  $\frac{\pi d}{\lambda}$ ) und ihrem Wassergehalt  $W_{tot}$  mit Hilfe der Abbildung zu bestimmen.



Gemessener mittlerer Rückstreu faktor  $f_s$  von kugeligen Hagelkornmodellen mit einem Wassergehalt  $W_{tot} = 0\%$  (—),  $5\%$  (---),  $10\%$  (-.-),  $20\%$  (....) und  $30\%$  (-...-). Theoretischer Wert für Wasser- kugeln (.....) von Stephens (im Text zitiert)

## 9. A. JUNOD (Osservatorio Ticinese ISM, Locarno-Monti) – *Quelques résultats récents en spectrométrie ionique.*

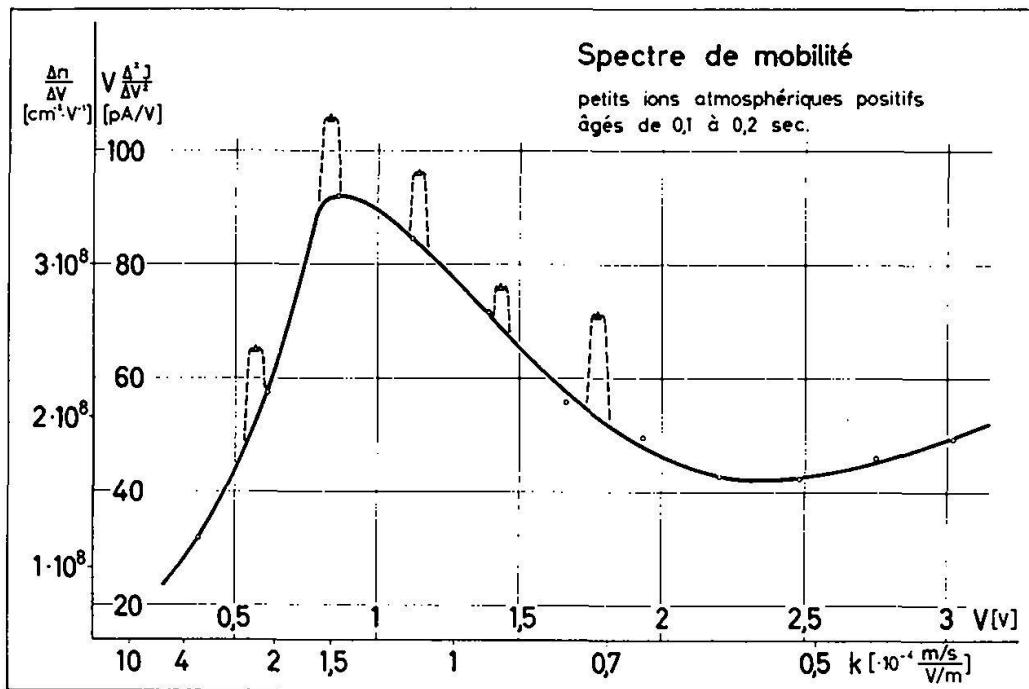
Le spectrographe ionique différentiel développé à l'Observatoire tessinois de Locarno-Monti a permis récemment d'obtenir une série d'enregistrements caractérisant la population ionique bipolaire créée en air filtré par une source radio-active de faible intensité. Le compte rendu complet de ces investigations paraîtra ultérieurement. On se bornera, dans cette brève communication, à commenter l'un des spectres ioniques moyens obtenus.

Le spectrographe ionique différentiel réalise l'enregistrement automatique, en 2 minutes de tracé continu, d'un spectre de mobilité dans le domaine des petits ions atmosphériques. Pour chaque fenêtre spectrale, le temps de réponse de l'appareil ne dépasse pas quelques dixièmes de seconde, si bien que les fluctuations rapides des courants ioniques peuvent être aisément observées. L'air du laboratoire est aspiré à travers un filtre-membrane de haute efficacité, puis ionisé de façon stable et uniforme grâce à une source radio-active annulaire avant d'être injecté dans les deux chambres de mesure parallèles du spectrographe. Le débit d'air ( $1600 \text{ cm}^3/\text{s}$ ), la température ( $20^\circ\text{C}$ ), l'humidité (50 %) et la pression barométrique (734 mmHg) sont restés constants pendant toute la durée de l'essai. Comme une parcelle d'air met environ 0,1 s pour passer du plan de la source à l'entrée des chambres de mesure et de nouveau 0,1 s pour traverser les chambres, l'on peut admettre que les ions positifs captés sont âgés de 0,1 à 0,2 s.

La courbe en trait plein de la figure 1 représente la moyenne de 10 spectres enregistrés sans interruption. Le tracé s'appuie sur 10 pointés (petits cercles) régulièrement espacés. On a choisi de rapporter la fonction de répartition ionique à la tension appliquée ( $\Delta n/\Delta V$ ) plutôt qu'à la mobilité correspondante ( $\Delta n/\Delta k$ ), car ainsi l'on peut comparer directement le spectre ionique moyen aux enregistrements isolés fournis par le spectrographe.

La distribution ionique moyenne présentée ici est très semblable, quant à son allure générale, à celle trouvée par d'autres chercheurs pour les petits ions naturels en air non filtré, bien que les concentrations respectives diffèrent de plusieurs ordres de grandeur. Il faut noter pourtant que notre spectre accuse un déplacement d'ensemble de 10 % environ vers les fortes mobilités et comporte une partie terminale (du côté des faibles mobilités) moins élevée que les spectres obtenus à l'air libre. La première de ces constatations semble indiquer que des groupes d'ions de grande mobilité ( $k > 4 \cdot 10^{-4} \text{ m/s: V/m}$ ) peuvent subsister en air pur pendant quelques dixièmes de seconde, puis se recombinent rapidement, ou s'attachent sans tarder à d'autres particules plus grosses en air pollué. Le relèvement peu marqué de notre spectre moyen pour les plus petites mobilités considérées pourrait provenir de la présence, en faible concentration, de particules filtrantes ionisées par capture des ions initiaux.

La méthode de dépouillement des enregistrements spectrographiques par 10 pointés livre un spectre moyen continu, par opposition à un spectre de raies ou de bandes. Cependant, un examen attentif des courbes originales successives montre que certaines singularités reviennent régulièrement. Ne considérant que celles d'entre elles qui apparaissent dans plus de 50 % des cas et calculant la moyenne de leurs intensités respectives, l'on obtient les «raies ioniques moyennes» représentées en trait interrompu dans la figure 1. Pour l'instant, le pouvoir de résolution insuffisant du spectrographe ne permet pas de décider si le spectre discuté ici est en fait un pur spectre de raies ou s'il est assimilable, plutôt, à la superposition d'un nombre fini de raies à un fond continu. L'allure extrêmement régulière des enregistrements du courant ionique et de sa dérivée première par rapport à la tension appliquée parlent en faveur de la seconde alternative. Mais des recherches plus poussées, actuellement en cours, sont nécessaires pour résoudre la structure fine des spectres ioniques. L'étude de la configuration des édifices ioniques et de leurs interactions avec d'autres particules dépend du résultat de telles investigations.



Spectre de mobilité ionique  
En trait plein: spectre moyen, en trait interrompu: raies ioniques superposées  
au fond continu

**10. FRANÇOIS BAATARD (Lausanne) – *Le corpuscule aléatoire R: schéma idéal de la diffusion turbulente atmosphérique.***

Dans le cas d'un régime permanent d'émission d'une source de débit  $Q$  placée dans un vent de vitesse  $\bar{u} = \text{constante}$ , Sutton, par intégration d'une équation aux dérivées partielles de diffusion, donne la répartition de la grandeur diffusée  $X$  en fonction de  $Q$ ,  $\bar{u}$  et des écarts types  $\sigma_y$  et  $\sigma_z$  dans le plan  $O_{yz}$  perpendiculaire à  $O_x$ :

$$X = \frac{Q}{2\pi\bar{u}\sigma_y\sigma_z} e^{-\frac{1}{2}\left\{\frac{y^2}{\sigma_y^2} + \frac{z^2}{\sigma_z^2}\right\}} \quad (1)$$

laquelle peut être transformée pour calculer ensuite des concentrations au sol. *La mécanique aléatoire* des météorologues Dedeant et Wehrle permet de calculer la répartition de la grandeur diffusée dans un espace positions-vitesses  $(x, u)$ , lesquelles sont considérées comme des variables aléatoires, c.-à-d. des grandeurs apparaissant avec des probabilités déterminées.  $R$  exprimant la probabilité simultanée pour que les inégalités suivantes soient réalisées :

$$\left\{ \begin{array}{l} x < x < x + dx \\ u < u < u + du \end{array} \right\}$$

est une certaine fonction  $R(u, x; t)$  dépendant d'une probabilité de présence  $\varrho(x, t)$  et d'une répartition du champ des vitesses  $f(u, x; t)$  qui lui est associée par le théorème des probabilités composées mis sous forme différentielle. Donc :

$$R(u, x; t) = \varrho(x, t) \cdot f(u, x; t).$$

En se plaçant dans les conditions de Sutton, l'équation différentielle des mouvements est  $\ddot{x} = 0$ , équivalente au système différentiel  $\dot{x} = u$  et  $\dot{u} = 0$  dont une intégrale première est  $x = ut$ . La fonction  $R$  des distributions des positions et des vitesses, dans ces circonstances, s'écrit  $R(u; x - ut)$ .

En adoptant pour  $R$  une loi de Gauss, on obtient la forme algébrique suivante :

$$R(u, x - ut) = \frac{1}{2\pi S\sigma_0} e^{-\frac{1}{2}\left\{\frac{x^2}{\sigma_0^2} + \frac{u^2}{S^2} \cdot \frac{\sigma^2}{\sigma_0^2} - \frac{2xu}{\sigma_0^2}\right\}} \quad (2)$$

qui permet de calculer les divers moments attachés à  $R$ .  $\sigma_0$  est l'écart type de  $x_0$ , condition initiale régnant à l'endroit de l'émission de la source cependant que  $S$  est celui des vitesses. D'une manière générale

$$\sigma^2 = \sigma_0^2 + S^2 \cdot t^2$$

On peut écrire aussi des équations hydrodynamiques concernant le *corpuscule aléatoire*  $R$  dont la loi de diffusion selon  $Ox$  est représentée par (2); mais il suffit de voir ici que la diffusion turbulente d'une atmosphère avec  $\bar{x} = \bar{u}t$  et  $\bar{u}$  = constante telle que la décrit Sutton, apparaît comme un cas particulier de la mécanique attachée à  $R$ .

## 11. EMIL FLACH (Physikalisch-Meteorologisches Observatorium Davos) – Weltweite Beziehungen zwischen Himmels- und Globalstrahlung.

Vor 25 Jahren schrieb *W. Mörikofer* (1) im Rahmen seiner Studie über meteorologische Strahlungsmessmethoden: «Im Gegensatz zur direkten Sonnenstrahlung (mit senkrecht zur Sonne gerichteter Empfängerfläche ermittelt) ist die gesamte von der oberen Hemisphäre einfallende kurzwellige Wärmestrahlung der Sonne und des Himmels von mindestens derselben Bedeutung, was vielfach heute noch nicht genügend erkannt wird.» Nunmehr ist mit Genugtuung festzustellen, dass sich in dieser Hinsicht die strahlungsklimatologische Verständnisbereitschaft – nicht ohne gewissen Einfluss von Seiten der Biologie und Technik – wesentlich verstärkt hat. Denn auf der Erde sind heute etwa 700 Messstationen für die Bestimmung der «Globalstrahlung» bzw. «Totalstrahlung» (T) in Betrieb. Mit ihr wird jene Größe bezeichnet, die Aufschluss über die Intensitäten der gleichzeitig von der Sonne (S) und dem gesamten Himmel (D) ausgehenden kurzweligen Wärmestrahlung, bezogen auf die horizontale Empfängerfläche und gemessen in  $\text{cal/cm}^2$ , vermittelt. Alle drei Größen (T, S, D) erfassen den Spektralbereich von 290–3000  $\mu$ , also das gesamte sichtbare Spektrum, den sehr kleinen Anteil im UV und einen breiten Abschnitt des nahen Infrarot.

An rund einem Fünftel der genannten Beobachtungspunkte wird getrennt von der Totalstrahlung (T) die diffuse Wärmestrahlung des Himmels (D) registriert. Sie ist an wolkenlosen wie auch an wolkigen und bedeckten Tagen existent; dies erhöht ihre Bedeutung erheblich. Ihre Beträge schwanken zwischen 1 und 100% der Totalstrahlung. Dieses Wechselspiel ist nicht nur auf zeitliche und regionale Unterschiede der Himmelsbedeckung mit Wolken zurückzuführen, sondern zusätzlich auch in der Wolkenart begründet. In dieser Beziehung vermittelten neuere Studien von *J. Ch. Thams* (2) und *P. Bener* (3) wertvolle Aufschlüsse.

Die messtechnische Erfassung der Globalstrahlung (T) erfolgt mit Horizontalflächen-Pyranometern verschiedener Konstruktion. Wegen der grossen Varianten dieser Strahlungsgröße und ihrer Substituenten (S, D) sind diese Geräte für fortlaufende Registrierung eingerichtet. Dies gilt auch für diejenigen Pyranometeraufstellungen, die die Himmelsstrahlung (D) allein erfassen. In diesen Fällen werden Abschattungseinrichtungen gegenüber der Sonne mit Ring- oder Scheibenanordnung verwendet.

Eine Regionalbetrachtung der mittleren jährlichen Verteilung der Globalstrahlung auf der Erde ergibt folgende Tatsachen (*H. E. Landsberg* [4]): Ihre niedrigsten Werte werden in den Polargebieten etwa nördlich des 60. Breitengrades beobachtet. Dies ist dort durch die niedrigen Sonnenstände und häufig hohen Bedeckungsgrade bedingt. Sie liegen bei rund  $70 \text{ kcal/cm}^2 \cdot \text{Jahr}$ . Die Höchstwerte finden sich innerhalb der Wüstenzonen der Erde mit  $200\text{--}220 \text{ kcal/cm}^2$ , d. h. zwischen  $15^\circ$  und  $25^\circ$  Breite zu beiden Seiten des Äquators. Sie betragen damit rund das Dreifache der Polarwerte. Im Bereich des Äquators liegt die Globalstrahlung um 15–20 % unter den Werten der wolkenarmen Wüstengebiete ( $140\text{--}160 \text{ kcal/cm}^2$ ), ein Umstand, der durch die dortigen hohen Bedeckungsgrade gegeben ist. Zwischen  $20^\circ$  und  $60^\circ$  stellt sich auf beiden Halbkugeln die stärkste Abnahme der Globalstrahlung ein. In Mitteleuropa liegen ihre Werte zwischen  $45^\circ$  und  $50^\circ$  N bei rund  $100 \text{ kcal/cm}^2 \cdot \text{Jahr}$ ; dies ist etwa die Hälfte derselben im Bereich der Trockenzonen.

Von besonderem Interesse ist die gesonderte Einbeziehung der diffusen Himmelsstrahlung (D) in die klimatologische Betrachtung. Da diese stark mit der Art und Menge der Bewölkung variiert und an heiteren Tagen auch beträchtlichen Unterschieden durch die vertikale Trübungsschichtung unterworfen ist, vermittelt ihr jahreszeitlicher und regionaler Verfolg interessante geophysikalische Perspektiven. In den Trockenzonen der Erde überragt der Anteil der Sonnenstrahlung (S) den der Himmelsstrahlung (D) in starkem Mass, da der dieselbe heraufsetzende Einfluss der Bewölkung dort in der Regel entfällt. In den häufig bewölkten Äquatorialgebieten hingegen ist bei geringen Jahresschwankungen von T und D die Intensität der letzteren um rund 100 % grösser als in den heiteren Wüstengebieten. In den gemässigten Breiten findet man die Jahreshöchstwerte von T und D im Sommerhalbjahr, die niedrigsten im Winter. Zu dieser vorwiegend trüben Zeit ist dann der Anteil von D an der Globalstrahlung wesentlich höher als im sonnenscheinreichen Halbjahr.

Die Breitenabhängigkeit der Himmelsstrahlung (D) zeigt gegenüber der Globalstrahlung (T) ein mehr eigenwilliges Verhalten. Während letztere von den Polen zum Äquator hin rasch und beträchtlich zunimmt, weist erstere eine im Mittel geringe Veränderlichkeit auf. Die Maximalwerte von D ( $200 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{d}$ ) werden im Äquatorbereich beobachtet. Hingegen ist die Himmelsstrahlung in den Polargebieten nur um rund 10 % niedriger als am Äquator. Die subtropischen Trockenzonen weisen gegenüber dem Äquatorialbereich um 100 % gesenkte Werte auf. Zunächst überraschend wirkt die Tatsache, dass in den subpolaren Gebieten zwischen etwa  $60^\circ$  und  $70^\circ$  die Himmelsstrahlung (D) die absolut tiefsten Werte auf der Erde zeigt (rund  $100 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{d}$ ). Der Grund hierfür ist in der häufigen Absinkbewegung innerhalb polarer Luftmassen zu erblicken, darüber hinaus in ihrer idiotypischen grossen Abtrocknungsfähigkeit. Die daraus resultierende hohe Transparenz der Luft bedingt besonders bei heiteren Wettersituationen niedrige Werte der Himmelsstrahlung.

Einen instruktiven Überblick in diesem Zusammenhang bietet die Betrachtung des Verhältnisses D/T (%). Es erweist sich als am grössten in den nördlichen Polarbereichen (75 %), am kleinsten in den subtropischen Trockenzonen der Erde (bei 15 %). Am Äquator beträgt das Verhältnis D/T hingegen 50 %.

Die Höhenabhängigkeit von D/T zeigt in den gemässigten nördlichen Breiten im Jahresmittel eine stetige Abnahme von etwa 55 % in Meereshöhe auf 25 % in 3000 m Seehöhe. Diese Tatsache gründet sich auf die mit zunehmender Höhe wachsende Transparenz der Luft wie auch auf die im Durchschnitt zunehmende relative Sonnenscheindauer. In den subtropischen und äquatorialen Breiten ist in den untersten Schichten eine geringfügige Abnahme von D/T mit der Höhe feststellbar, oberhalb 1000 m eine schwache Zunahme. Eine Interpretation dieser Gegebenheiten hat die Inhomogenität der Trübungs- und Bewölkungsverhältnisse in diesen an intensiven vertikalen dynamischen Vorgängen reichen Luftsichten der Troposphäre zu berücksichtigen.

Ein besonders strahlungsklimatologisches Interesse verdient die Verteilung des Verhältnisses D/T auf die Stufen der täglichen Sonnenscheindauer. Aus dem Vorangegangenen erhellt, dass seine Werte bei kleinen Sonnenschein-Tagessummen hoch liegen und umgekehrt. Ferner gilt, dass im Hochgebirge (Davos in 1600 m) das Verhältnis D/T beim Übergang von kleinen zu grossen Tagessummen der Sonnenscheindauer sehr rascher abnimmt als in den mitteleuropäischen Niederungen (Wien in 208 m) und desgleichen in der Äquatorialzone (Yangambi). In den subtropischen Trockengebieten (Alexander Bay) ist diese Abhängigkeit von D/T bei den kleinen Tagessummen der Sonnenscheindauer mehr den Äquatorialverhältnissen angeglichen, an den häufig dort vorkommenden heiteren Tagen jedoch mehr den mitteleuropäischen Hochgebirgsbedingungen.

Die klimatologische Kenntnis von den zeitlichen und regionalen Abstufungen der Globalstrahlung (T) und der diffusen Himmelsstrahlung (D) sowie von ihren gegenseitigen Unterschieden hat nicht nur rein geophysikalische Bedeutung, wie etwa für das Studium des Strahlungs- und Wärmehaushalts der Erde. Sie dient darüber hinaus auch der Beantwortung vieler biologischer und technischer Fragestellungen (Medizin, Agrarwissenschaften, Technik der Ausnutzung der Sonnenenergie).

## LITERATUR

1. *Mörikofer W.:* Meteorologische Strahlungsmessmethoden. In E. Abderhalden «Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden». Abt. II, 3 (1939). 240 Seiten.
2. *Thams J. C.:* Der Einfluss der Bewölkungsmenge und -art auf die Grösse der diffusen Himmelsstrahlung. *Geof. pura e appl.* 48, 181 (1961).
3. *Bener P.:* Der Einfluss der Bewölkung auf die Himmelsstrahlung. *Arch. Geoph. Met. Biokl. B* 12, 442 (1963).
4. *Landsberg H. E.:* Solar Radiation at the Earth's Surface. *Solar Energy* 5, 95 (1961).

**12. CHARLOTTE URFER-HENNEBERGER (Kloten) – Nachweis der lokalen Strömungsverhältnisse im Dischmatal mit Hilfe der potentiellen Äquivalenttemperatur**

In Ergänzung der Untersuchungen der lokalen Luftströmungen in einem einheitlichen, abgeschlossenen, SSE-NNW-gerichteten Gebirgstal, wie sie aufgrund von Registrierungen der Windrichtung, Windgeschwindigkeit und Temperatur dargestellt wurden (1), fügen sich Berechnungen der potentiellen Äquivalenttemperatur (p. ÄT) an. Mit ihrer Hilfe können für die 6 typischen Strömungsphasen an ungestörten Schönwettertagen die Gesetzmässigkeiten noch deutlicher abgegrenzt werden: 1. In der Nacht findet zwischen den Hängen und dem Talboden kein Luftaustausch statt; die Hangabwinde erreichen den Talgrund selber nicht. Die p. ÄT der 5 Hangstationen stimmen unter sich überein, während es an der Talsohle, in Höhe der Wetterhütte, 4 bis 6 und unter Umständen bis 8 Grad kälter ist (schneefreie Sommermonate). – 2. Bei Sonnenaufgang am E-Hang steigen gleichzeitig mit dem Einsetzen der Besonnung die p. ÄT rasch an, in den oberen Hangpartien zuerst, in den unteren erst später. Im Talgrund und am W-Hang bleiben sie noch über Stunden fast unverändert. Es handelt sich beim Hangaufwind zunächst nur um eine ganz lokale Zirkulation, was nicht nur die p. ÄT beweist, sondern auch aus der Tatsache hervorgeht, dass oben am Hang die Drehung auf den Hangaufwind schon stattgefunden hat, während in den unteren Partien noch der Abwind weht. – 3. Bescheint die Sonne das ganze Tal, so gleichen sich auch die p. ÄT des Talgrundes und W-Hangs sehr rasch denen des E-Hangs an, während gleichzeitig auch hier die Winddrehung vor sich geht. Es handelt sich um die Phase des «klassischen Tal- und Hangaufwinds», der als advektive Strömung das ganze Tal gleichzeitig erfasst. – 4. Mit dem Nachlassen der Einstrahlung am E-Hang von Mittag an tritt die Komponente des Hangaufwindes gegenüber der advektiven Strömung des Gebirgswindes zurück, so dass sich dort der Wind allmählich in Richtung des Tales dreht, wiederum in den oberen Partien zuerst, unten am Hang erst später. Noch bleiben sich die p. ÄT unter sich ähnlich. – 5. Während die p. ÄT im Tal und am E-Hang von Mittag an mehr oder weniger konstant bleiben, steigen sie bei der intensiven Besonnung am W-Hang weiter an. (Tagesamplitude am Talgrund rund 20 Grad, am W-Hang eher etwas mehr, am E-Hang etwas weniger!) Am E-Hang tritt eine leichte Hangabwindkomponente auf, woraus dort ein Westwind resultiert, der nicht nur durch sein primäres oder sekundäres Geschwindigkeitsmaximum auffällt, sondern auch durch die erwärmende Wirkung dieses Fallwindes. Der Westwind tritt zuerst in den unteren Talpartien auf und setzt sich dann nach oben fort. – 6. Während unten im Tal die Drehung auf den Talabwind vor sich gegangen ist, weht darüber hinweg der Westwind. Da sich gleichzeitig auch die Temperaturen des W-Hanges allmählich

1. Mittgl. der Schweiz. Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf ZH, 1965.

denen des E-Hanges angleichen – und sei es auch nur deshalb, weil nun auch dort die Sonne untergeht –, so darf man annehmen, dass diese abendliche Querzirkulation das ganze Tal erfasse. Hingegen bleibt die Frage offen, ob dieser Querwind die Drehung am W-Hang in den Hangabwind verzögert, oder ob vielmehr umgekehrt der Westwind so lange weht, bis sich am W-Hang die Winddrehung vollzogen hat. Während nun an den verschiedenen Hangstationen die p. ÄT unter sich fast gleich verlaufen, sinkt diejenige im Talgrund mehr und mehr weiter ab.

### **13. WILHELM KAISER (Basel-Solothurn) – *Anwendung und Grenzen des Dopplerschen Prinzips in der Astronomie.***

In seinen Abhandlungen von 1842 (vgl. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 161) weist Doppler darauf hin, dass eine Bewegung des schwingenden Körpers (Tonquelle) in der Richtung zum Beobachter hin oder von ihm weg die Tonhöhe ändert, weil dann je Sekunde mehr oder weniger Luftschwingungen das Ohr treffen. – Weil er die Wellentheorie des Lichtes anerkennt, glaubt er, die an Fixsternen, insbesondere Doppelsternen wahrnehmbaren Farbenunterschiede aus Bewegungen dieser kosmischen Körper erklären zu können: Er meint, dass weisse Sterne, welche auf die Erde zueilen, bläulich erscheinen wegen geringerer Wellenlänge, andere, welche von der Erde forteleilen, rötlich seien wegen grösser gewordener Wellenlänge. Die dazu nötigen sehr grossen Geschwindigkeiten, beträchtliche Teile der Lichtgeschwindigkeit selber, sind aber nicht erwiesen. – Klarer erfasste das Problem Fizeau, welcher im Jahre 1848 erläuterte, dass die Bewegung einer kosmischen Lichtquelle in der Blickrichtung eine Änderung der Wellenlängen im Lichtstrom und demnach bei der Brechung oder Beugung des Lichtes eine Verschiebung der Spektrallinien zur Folge haben müsse, für deren Lage im Spektrum die Wellenlänge massgeblich ist. Diesen Nachweis konnten später die Astrophysiker der folgenden Jahrzehnte in etlichen positiven Fällen erbringen:

1. *Die rotierende Sonne.* Von der Erde gesehen, rotiert die Sonne von Osten nach Westen um ihre Achse; die lichtaussendenden Teile am Ostrand der Sonne nähern sich also der Erde, jene am Westrande entfernen sich von ihr mit der Rotationsgeschwindigkeit von 2 km am Sonnenäquator. Somit erfahren Spektrallinien vom Lichte des Ostrandes der Sonne eine geringe Verschiebung nach der violetten Seite des Spektrums, Linien vom Licht des Westrandes eine Verschiebung nach Rot hin; das betrifft nur die Linien solaren Ursprungs.

2. *Die Sonnenprotuberanzen*, deren Höhen Zehntausende bis Hunderttausende von Kilometern erreichen, können dabei oft Geschwindigkeiten von Hunderten von Kilometern je Sekunde haben, auch in Richtung nach der Erde hin, was entsprechende Linienverschiebungen im Spektrum ergibt, auch Verzerrungen von Linien wegen ungleicher Geschwindigkeit der Protuberanzteile.

3. *Die Spektren von bewegten Planeten* (reflektiertes Sonnenlicht) zeigen periodische Linienverschiebungen je nach der Stellung von Erde–Planet (Mars, Jupiter, Saturn). Vor der Opposition zur Sonne geschieht eine Annäherung Erde–Planet, nach der Opposition eine Entfernung E–P.

4. *Die Spektrallinien aller Fixsterne* zeigen jährlich periodische Schwankungen um ihre mittleren Lagen im Spektrum. Es ist ein zur jährlichen Aberration der Fixsterne polar verlaufender Prozess: hier Maximum, dort Minimum des Effektes und umgekehrt. – Ursache ist, heliozentrisch betrachtet, der jährliche Lauf der Erde um die Sonne mit der mittleren Geschwindigkeit  $w_0 =$  rund 30 km je Sekunde. Geozentrisch betrachtet, ist es der jährliche Umlauf der Sonne selber mit ebenderselben Geschwindigkeit  $w_0 = 30 \text{ km/s}$ . Der Referent sieht in diesem Vektor die Geschwindigkeit der Sonne mit ihrem Kraftfeld im kosmischen Raum, wobei seine im Jahreslauf veränderliche Projektion  $w$  auf die Richtung nach einem Fixstern hin sich verbindet mit der in dieser Richtung gehenden Geschwindigkeit  $l$  des Sternenlichtes. Vor der Opposition Sonne–Stern entfernt sich die Sonne vom Stern und ergibt sich eine zur Erde gerichtete Lichtbewegung  $l + w$  je Sekunde; nach der Opposition nähert sich die Sonne dem Stern und ergibt sich der Lichtvektor  $l - w$ . Das ergibt also im Spektrum des Sternes für  $l + w$  eine Linienverschiebung nach Rot hin (verlängerte Wellen) und für  $l - w$  eine Linienverschiebung nach Violett hin (verkürzte Wellen). Die heliozentrische Deutung mit bewegter Erde im Lichtfelde ergibt dasselbe Resultat.

*Quintessenz; Ergebnis; Überschau:* Nach Abzug der jährlichen Variation haben die Spektrallinien aller Fixsterne ihre bestimmten mittleren Lagen, welche aber gewöhnlich etwas abweichen von den Lagen verwandter Linien (z. B. des Wasserstoffes) in den Vergleichspektren irdischer Lichtquellen. Eine extreme Theorie möchte auch diese Abweichungen aus Bewegungen der Sterne im Visionsradius erklären. Aber eigentlich gehört diese Lage der Spektrallinien zu den Eigentümlichkeiten der energetischen Natur des Sternes oder Typus von Sternen mit besonderen Emissionsverhältnissen, je nach den inneren Impulsen, wodurch auch Änderungen der Schwingungszahlen der Photonen und damit Änderungen der Wellenlängen im Äther erfolgen. Je nach dem Mass der inneren Regsamkeit werden also die Sterne verschiedener Typen ihre differenzierten Linienlagen im Spektrum haben. – Es gibt veränderliche Sterne mit periodischen Helligkeitsschwankungen und andere Sterne, deren zeitweise stärkere oder schwächere innere Regsamkeit sich in merklichen periodischen Verschiebungen ihrer Spektrallinien kundgibt. Das sind keine Beweise für Raumbewegungen dieser Sterne, sondern Hinweise auf Zustände in ihrem Atombau mit innerer Regsamkeit. Helle Sterne, wie Sirius, Wega u. a., haben starke innere Regsamkeit: deshalb erhöhte Photonenschwingungen, Linienverschiebungen nach Violett hin. Aber alle dünne, kältere Nebelmaterie hat nur wenig innere Regsamkeit, also langsamere Schwingung der Photonen, und zeigt demgemäß Verschiebung der Spektrallinien nach Rot hin. Die Deutung solcher Verschiebung als «Nebelflucht im Raum» ist unnötig: Gedankenflucht!

#### 14. J. KOPP (Ebikon) – *Physikalische Erscheinungen auf pathogenen Bodenreizzonen.*

In den letzten Jahrzehnten ist von Ärzten, Tierärzten, Physikern und Hydrogeologen ein umfangreiches Erfahrungsmaterial über gesundheitsschädliche Einwirkungen unterirdischer Wasserläufe und Gammastrahlungen geologischer Brüche gesammelt worden, das zum Teil in den Berichten des deutschen Forschungskreises für Geo-Biologie und in landwirtschaftlichen Zeitschriften veröffentlicht worden ist. Der Physiker Prof. *E. Brüche* (2) hat sich in seinem Buche «Zur Problematik der Wünschelrute» mit der «Erdstrahlen»-Frage befasst, und er vertritt die Ansicht, dass tatsächlich in unterirdischen Wasserläufen physikalische Kräfte auftreten, die biologische Wirkungen haben könnten, so dass eine wissenschaftliche Klärung durchaus anzustreben ist. Er bekräftigt damit die schon früher vom Geophysiker *V. Fritsch* (3) vertretene Auffassung, dass die geophysikalische Beeinflussung des Organismus für die Biologie und in weiterer Form für die Medizin von ganz wesentlicher Bedeutung ist.

In der Schweiz hat der Bundesrat das von landwirtschaftlichen Kreisen eingereichte *Postulat Schib*, das Forschungen über die Auswirkungen von Bodenreizzonen fordert, angenommen und das Eidgenössische Veterinäramt mit Untersuchungen auf diesem Gebiete beauftragt.

Ärzte und Naturforscher lehnen es indessen mehrheitlich immer noch ab, sich mit dem Erdstrahlenproblem zu befassen, weil die Ansicht vorherrscht, es seien noch keine exakten physikalischen Grundlagen für eine wissenschaftliche Bearbeitung dieses Fragenkreises vorhanden. Dass diese Auffassung dem heutigen Stande der geophysikalischen Forschung nicht gerecht wird, mögen die folgenden Ausführungen zeigen.

Schon vor 25 Jahren haben Prof. *R. Häfeli* und Ing. *W. Schaad* (4) erkannt, dass beim Strömen von Wasser durch Lockergesteine Reibungselektrizität, sog. Strömungsströme, und damit elektrische Felder entstehen, welche sich versuchstechnisch nachweisen lassen. Auf diese physikalischen Kräfte werden biologische Wirkungen wie die Entstehung des Muskel-Tonus-Reflexes (Rutenausschlag) zurückgeführt. Leider haben diese Forschungsresultate von medizinischer Seite keinerlei Beachtung gefunden. Prof. *Y. Rocard* (9) hat die Untersuchungsresultate der Zürcher Forscher, die ihm anscheinend unbekannt waren, auf Grund von hydrologischen und geophysikalischen Forschungen in der Sahara bestätigt. In seinem Buche «Le Signal du Sourcier» schreibt er: «Une attitude scientifique naturelle consiste donc à admettre que les signaux dus à l'eau (Rutenausschlag) consistent dans la perception physiologique d'une anomalie magnétique locale causé par le champ magnétique des courants d'électrofiltration ou, à la rigueur, des courants de polarisation spontanée.» Aufgrund dieser physikalischen Erkenntnisse fordert Professor Rocard physiologische Forschungen über das Rutenphänomen. Währenddem bisher die Biologen und Physiologen die Beschäftigung mit den biologischen Wirkungen der unterirdischen Wasserläufe wegen Fehlens physikalischer Grundlagen ablehnten, kehrt nun dieser Forscher

den Spiess um und ruft die Mediziner auf, nun auf den geophysikalischen Gegebenheiten geomedizinische Forschungen zu unternehmen.

Es ist seit langem bekannt, dass über unterirdischen Wasserläufen und Grundwasserströmungen die *elektrische Bodenleitfähigkeit* stark erhöht ist. Die deutschen Physiker *A. Wendler* und *J. Wüst* haben auf solchen Strömungen auch deutliche *Feldstärkeänderungen der magnetischen Horizontalintensität* festgestellt. Diese Messungen sind von Prof. *Reich* bestätigt worden.

J. Wüst hat auf den Reizzonen unterirdischer Wasserläufe auch eine Erhöhung der Feldstärke der von den Sendern ausgestrahlten *ultrakurzen Wellen* gemessen, die sich in einer Erhöhung der Lautstärke bemerkbar macht. Durch die bessere Bodenleitfähigkeit über unterirdischen Wasserläufen wird die Intensität von langen und *ulralangen elektromagnetischen Wellen* gesteigert, wie sie in Form niederfrequenter Impulse von Wetterfronten ausgehen. Auf Bodenreizzonen werden die Impulse von 5–50 km Wellenlänge mit erhöhter Intensität wahrgenommen, so dass sich hier meterotrope und geopathische Beschwerden in ähnlicher Weise äussern (J. Wüst).

Den meisten Physikern unbekannte Zusammenhänge von Auswirkungen unterirdischer Wasserläufe und geologischer Brüche hat *P. Fr. Renner* (8) aufgedeckt. Bei Versuchen zur akustischen Sanierung von Kirchen und Konzertsälen erkannte er, dass durch Quellen und Grundwasserströme die *Akustik* in vielen Fällen in ungünstigem Sinne verändert wird. Durch Aufstellung von Entstörungsgeräten gelang es ihm oft, die Akustik derart zu verbessern, dass Musikexperten, denen Tonbandaufnahmen vom Orgelspiel vor und nach der Entstörung vorgeführt worden waren, vermuteten, dass nun eine andere Orgel aufgestellt worden sei. Nach Entfernung der Entstörungsgeräte zeigte sich in einigen Minuten eine Rückbildung zu den früheren akustisch ungünstigen Verhältnissen. Die Erfahrungen von P. Renner eröffnen sehr wertvolle Perspektiven hinsichtlich der vielumstrittenen Möglichkeit der Neutralisation der physikalisch und biologisch wirksamen Bodenreize durch einfache physikalische Geräte und Vorrichtungen.

Von den meisten Physikern wird das Vorhandensein von sog. «Erdstrahlen» auf unterirdischen Wasserläufen verneint, da keine physikalischen Beweise dafür vorhanden seien. Die Ergebnisse neuester Forschungen mahnen indessen zu Vorsicht auf diesem Gebiete. Aus den Veröffentlichungen der Akademie der medizinischen Wissenschaften in Moskau (6) geht hervor, dass, wie schon früher von deutscher Seite behauptet worden ist, auf unterirdischen Wasserläufen *Zentimeterwellen* mit physikalischen Geräten gemessen werden können. Die mannigfachen pathogenen Wirkungen dieser Wellen werden ausführlich beschrieben. Eine ganze Reihe von gesundheitlichen Beschwerden und Krankheiten werden auf andauernden Einfluss der Reizzonen unterirdischer Wasserläufe zurückgeführt, so dass es angezeigt erscheint, diesen geopathogenen Erscheinungen in der vorbeugenden Medizin besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Der Geophysiker *R. Ambronn* wies wohl als erster nach, dass über Verwerfungen und Klüften, welche Rutengänger angaben, erhöhte Emanationen gegenüber der Umgebung festzustellen waren, so dass ihm ein Zusammenhang zwischen geologischen Besonderheiten, Rutenausschlägen und charakteristischen Änderungen der radioaktiven Werte sicher schien.

Zur Abklärung des Problems Krebs und Bodeneinflüsse sind in mehreren europäischen Ländern Messungen der Luftionisation über Krebsorten und Gammastrahlmessungen durchgeführt worden. Eine sehr bedeutende Untersuchung über den Betten Krebskranker wurde in einem von Grundwasserströmungen durchzogenen Schwemmlandgebiet der Stadt Le Havre (6) durchgeführt, das eine gegenüber andern Stadtgebieten 4,5mal stärkere Krebssterblichkeit aufwies. Aus 7000 Messungen über Krebsstellen ergab sich, dass an diesen Orten die Luftionisation gegenüber der Umgebung um 10- bis 100mal erhöht war, was auf eine ionisierende Strahlung schliessen lässt, die selbst Bleifolien nach kurzer Zeit durchdrang. Diese mit dem Elektrometer von Elster und Geitel durchgeführten Messungen sind vom Nobelpreisträger Prinz Broglie kontrolliert worden, so dass Zweifel an deren Richtigkeit ausgeschlossen erscheinen. Leider hat es die medizinische Welt unterlassen, aus der im Jahre 1939 erschienenen Arbeit von Ing. *Cody* die Konsequenzen zu ziehen.

In Deutschland haben die Ärzte J. Wüst und E. Hartmann an einer Reihe von Krebsstellen Messungen der Gammastrahlintensität vorgenommen und eine stark erhöhte Strahlung festgestellt. Die Krebsstellen lagen mehrmals auf geologischen Verwerfungen im Buntsandstein, so dass hier ein Zusammenhang zwischen erhöhter Gammastrahlintensität und Krebsentstehung nicht von der Hand zu weisen ist. Von der Krebsstelle auf einem Reizstreifen fielen die Werte 11,5-13 Mikroröntgen/h rasch zu Werten von 8-8,5 Mikroröntgen/h ab.

Der deutsche Wasserfachmann *Jak. W. F. Stangle* (10) hat mit einem Szintillationszähler von Prof. Berthold, dessen Szintillationszählkopf zur Verminderung der Umgebungsstrahlung mit einem Bleiüberwurf versehen worden war, auf zahlreichen unterirdischen Quellen, die erbohrt worden sind, eine deutlich messbare Strahlung festgestellt. Wahrscheinlich handelt es sich um eine Strahlung, die beim Durchgang durch das Gestein nur unwesentlich gebremst, jedoch vom strömenden Wasser beeinflusst wird und erst innerhalb des Messkopfes in eine messbare Strahlung umgewandelt wird. Nach Ansicht von J. Wüst dürfte es sich um eine *Neutronenstrahlung* aus Kernumwandlungsprozessen des Erdinnern handeln, die vom unterirdischen Wasser abgebremst wird, so dass radioaktive Strahlen entstehen, welche gemessen werden können. Ist es die gleiche harte Erdstrahlung, welche der Physiker *Bogojavlensky* gemessen hat?

Die indischen Forscher *S. S. Nehru* und *R. D. Nehru* (7) haben bei der Messung der von oben und unten einfallenden *kosmischen Strahlung* beobachtet, dass die aus dem Boden kommende Strahlung regelmässig zeitweise 5mal stärker ist als die von oben aus dem Kosmos stammende.

Sie vermuten, dass im Erdinnern eine Nuklearenergiequelle vorhanden ist, welche diese Erdstrahlung erzeugt.

Der Physiker *Lakhovsky* und später *Marietta Blau* haben beobachtet, dass auf geologisch oder hydrologisch ausgezeichneten Bodenzenen die kosmische Strahlung mehr oder weniger reflektiert wird. Es ist daher anzustreben, dass auf pathogenen Bodenreizzonen exakte Messungen der kosmischen Strahlung durchgeführt werden. Bei der unter dem Patronat der Eidgenössischen Kommission zur Überwachung der Radioaktivität vorgenommenen Messung des natürlichen Strahlenpegels in der Schweiz sind leider keine Messungen auf solchen Zonen erfolgt, so dass ihr Wert für die prophylaktische Medizin kaum von Bedeutung ist.

Über Bodenreizzonen unterirdischer Wasserläufe sind von *J. Wüst* und *E. Hartmann* zahlreiche Messungen der Feldstärke der UK-Wellen ausgeführt worden, welche gegenüber der Umgebung eine starke Erhöhung der Feldstärke ergeben haben. In manchen Fällen zeigten sich bei Maxima und Minima der Feldstärke Erkrankungsherde bei Menschen, die sich auf Reizzonen befanden. Feldstärkemessgeräte für UK-Wellen werden von mehreren Ärzten benutzt, um pathogene Reizzonen unterirdischer Wasserläufe zu lokalisieren und Rutenbeobachtungen zu kontrollieren.

Die Bedeutung der Bodenreizzonen erhellt nicht nur aus dem Erfahrungsschatz über höhere Krankheitsanfälligkeit auf solchen Zonen, sondern auch aus der Tatsache, dass auf Reizzonen *physiologische Anomalien* gemessen werden können. Der Arzt *K. Beck* (1) hat auf unterirdischen Wasserläufen eine starke *Erhöhung der Extrasystolie* im EKG sowie eine *Erhöhung des Blutdruckes* festgestellt. Auf Bodenreizzonen verläuft nach Hartmann die *Blutsenkungsreaktion* abnorm. Der Arzt *Schwamm* fand, dass die *Ultrarotstrahlung* des Menschen durch Reizstreifeneinfluss eine wesentliche Veränderung erfährt.

Ausserordentlich ergebnisreiche Resultate erzielte *E. Hartmann* (5) mit *Messungen des Gleichstromwiderstandes* an sich über Bodenreizzonen befindlichen Menschen. Das bei solchen Messungen resultierende «*Geo-Rhythmogramm*» erwies sich in jedem Falle als gestört. Durch einfache physikalische Entstörungsgeräte, z. B. Drahtspulen besonderer Art, sog. Bio-Resonatoren, konnte das gestörte Geo-Rhythmogramm in vielen Fällen wieder normalisiert werden. Auf den Bodenreizzonen treten demnach ausser dem Muskel-Tonus-Effekt noch eine Reihe anderer messbarer biologischer Effekte auf.

Von seiten der Physiker ist die Grundlagenforschung auf dem Gebiete der Bodenreizzonen mit wenigen Ausnahmen vernachlässigt worden. Der Geophysik kommt indessen als medizinischer Hilfswissenschaft auf dem Gebiete der Präventivmedizin eine erhebliche Bedeutung zu. Wie schon der Zürcher Hygieniker *v. Gonzenbach* erkannt und insbesondere *E. Hartmann* bestätigt hat, erwächst der prophylaktischen Medizin hoher Gewinn aus den in biologisches Neuland zielenden Bodenreizzonenforschungen. Die Geophysik ist aufgerufen, einen wichtigen Beitrag an diesen geomedizinischen Forschungszweig zu leisten.

## LITERATUR

1. *Beck F.A.:* Zum objektiven Nachweis der Wirkung von geopathischen Zonen und von Entstrahlungsgeräten durch das EKG, Erfahrungsheilkunde Nr. 3 (1956).
2. *Brüche E.:* Zur Problematik der Wünschelrute, Documenta Geigy, Basel 1962.
3. *Fritsch V.:* Das Problem geopathischer Erscheinungen vom Standpunkt der Geophysik, J.-F.-Lehmann-Verlag, München 1955.
4. *Häfeli R., Schaad W.:* Elektrokinetische Erscheinungen und ihre Anwendung in der Bodenmechanik, Schw. Bauzeitung, Nrn. 16–18 (1947).
5. *Hartmann E.:* Vorstoss in biologisches Neuland, Verlag Haug, Ulm 1964.
6. *Kopp J.:* Gesundheitsschädliche Bodeneinflüsse und ihre Verhütung, illustrierte Broschüre, Schweiz. Verlagshaus AG, Zürich 1965.
7. *Nehru S.S., Nehru R.D.:* Metalleffekt und kosmische Strahlung in der Krebstherapie, Erf. Heilkunde, Nr. 9 (1960).
8. *Renner P. Fr.:* Raumakustik und Erdkraftfeld, Herold-Verlag, München-Solln 1961.
9. *Rocard Y.:* Le Signal du Sourcier, Verlag Dunod, Paris 1962.
10. *Stängle Jak. W.F.:* Strahlungsmessungen über unterirdischen Quellführungen, Bohrtechnik, Brunnenbau, Rohrleitungsbau, Heft 11 (1960).
11. *Wüst J.:* Gammastrahlmessungen auf geopathischen Zonen, Erf. Heilkunde, Heft 2 (1956).

### **15. MAX BIDER, HANS WINTER (Binningen-Basel) – Untersuchungen über die Nebelverhältnisse bei Basel.**

Im Rahmen von Untersuchungen über die meteorologischen Einflüsse auf die Luftverunreinigung in Basel wurden die Nebelverhältnisse studiert, da ja die Katastrophen im Maastal, in London und in den USA gezeigt haben, dass sich Luftverunreinigung besonders bei Nebel verhängnisvoll auswirkt. Zur Verfügung standen die Nebelbeobachtungen (Stunden) der Astronomisch-Meteorologischen Anstalt der Universität Basel auf St. Margarethen, rund 40 m über dem Stadtniveau am südlichen Stadtrand und des Flugplatzes Basel-Mülhausen, der etwa 3 km nordwestlich des Stadtrandes in der Rheinebene liegt; verwendet wurden meist die Jahre 1951–1960. Im Hinblick auf den Zweck der Untersuchungen sind die üblichen klimatologischen Angaben von untergeordne-

ter Bedeutung. Immerhin sei erwähnt, dass die Nebelhäufigkeit (Stunden) nach den vorliegenden Beobachtungen auf dem Flugplatz etwa 40 % grösser ist als auf St. Margarethen (hier beträgt die mittlere Jahressumme rund 210 Stunden mit Nebel). Der Tagesgang zeigt an beiden Stationen das bekannte Maximum in den frühen Vormittagsstunden, wobei auf dem Flugplatz von Mittag bis 6 Uhr früh häufiger Nebel herrscht als auf St. Margarethen, während in den frühen Vormittagsstunden die Nebelhäufigkeit an beiden Stationen etwa gleich gross ist. Der Jahresgang zeigt an beiden Stationen das Maximum im Oktober, wobei es sich meist um Nebel in den frühen Vormittagsstunden handelt, während im Winter auch um Mittag und Nachmittag relativ häufig Nebel herrscht. Die mittlere Dauer der einzelnen Nebelfälle (jährlich rund 40) beträgt auf St. Margarethen 5,7 Stunden (im Herbst 4,4–5,5, im Winter 6,2–7,5 Stunden): aber in der Hälfte aller Fälle erreicht die Dauer höchstens 4 Stunden. In den 10 untersuchten Jahren gab es 4 Fälle von mindestens 24stündiger Dauer (Maximum 37 Stunden), alle im Dezember und Januar.

Von besonderem Interesse für unser Problem sind nun die *Windverhältnisse*. In der folgenden Tabelle ist die Anzahl der Nebelstunden in Stufen der Windgeschwindigkeit (Stundenmittel, m/s) für die hauptsächlichsten Monate mit Nebel zusammengestellt (Summen 1951–1960), wobei die mittlere Windgeschwindigkeit für jeden Monat beigefügt ist.

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.
Calmen 0–0,5 m/s	76	262	121	153	78	159
0,8–1,0 m/s	31	114	40	80	35	54
1,2–1,8 m/s	81	163	59	104	79	97
> 2,0 m/s	3	27	46	61	62	14
Mittlere Geschwindigkeit (m/s)	0,94	0,82	1,04	1,07	1,38	0,82

Der Tabelle kann man entnehmen, dass, wie erwartet, bei Nebel geringe Windgeschwindigkeiten weit überwiegen. In allen Monaten (ausser dem Januar) erreicht in mehr als der Hälfte der Fälle die Windgeschwindigkeit höchstens 1,0 m/s; immerhin sei erwähnt, dass in einzelnen Fällen Werte bis zu 4,2 und 4,4 m/s vorkommen. Die mittlere Windgeschwindigkeit zeigt deutliches Maximum im Januar und ist auch im Dezember und November noch relativ hoch.

Fast noch wichtiger ist die Kenntnis der Häufigkeit der einzelnen Windrichtungen bei Nebel. Die folgende Zusammenstellung greift die wichtigsten *Nebelwindrosen* (1951–1960) heraus, wobei stets nur Windgeschwindigkeiten über 0,5 m/s berücksichtigt wurden.

Nebelwindrosen (1951-1960) in Prozenten

	St. Margarethen						Flugplatz alle Fälle
	alle Fälle	Geschw.	Herbst	Winter	1-10 h	11-24 h	
	> 2,0 m/s						
N	1,3	0,4	2,3	0,5	1,2	1,2	6,0
NNE	0,3	0	0	0,7	0,3	0,2	1,9
NE	0,5	0	0,7	0,3	0,5	0,5	1,4
ENE	3,0	2,8	3,5	2,6	3,2	2,2	1,2
E	23,8	36,7	20,5	28,9	25,5	20,8	3,1
ESE	21,6	40,0	31,8	12,4	27,0	9,8	1,9
SE	7,0	2,7	10,9	3,7	8,5	3,8	5,3
SSE	1,6	0	1,9	1,0	2,0	1,0	14,3
S	1,9	0	1,4	1,4	2,1	1,2	11,9
SSW	1,6	0,2	1,2	1,4	1,6	1,5	3,9
SW	1,7	1,8	1,2	2,2	1,3	2,5	1,0
WSW	1,0	1,3	1,1	1,0	0,6	2,0	1,2
W	3,1	1,8	1,6	4,1	2,0	5,8	2,9
WNW	10,4	3,7	6,6	9,8	7,5	13,2	8,4
NW	22,0	8,6	13,0	26,7	14,4	30,5	16,1
NNW	3,5	0	2,3	3,3	2,5	3,8	19,3

Auf St. Margarethen tritt Nebel vorzugsweise bei E- bis ESE- und NW-Winden auf, mit grossen Windgeschwindigkeiten fast ausschliesslich bei solchen aus E bis ESE. Im Herbst sind ESE-Winde vorherrschend, im Winter aber sind NW-Winde fast gleich häufig wie solche aus E. In den Vormittagsstunden überwiegen deutlich E bis ESE-Winde, am Nachmittag aber diejenigen aus NW. Auf dem Flugplatz sind die Windverhältnisse bei Nebel von denjenigen auf St. Margarethen stark verschieden, indem dort fast keine E-Winde, dafür aber solche aus S bis SSE und aus NW bis NNW wehen. Weitere Untersuchungen deuten an, dass es zwei prinzipiell voneinander verschiedene Nebellagen auf St. Margarethen gibt: nämlich eine, bei der während Nebel E- bis ESE-Wind weht, und eine zweite, bei der der Nebel von NW, d.h. aus der unteren Rheinebene kommt.

**16. GÉRARD BERSET** (Institut für Geophysik, ETH) – *Eine Apparatur zur Messung von kleinen magnetischen Remanenzen an Gesteinen.*

In den letzten Jahren hat in der ganzen Welt das Interesse am Ge steinsmagnetismus und allen damit zusammenhängenden Fragen sehr

stark zugenommen. Zwei der wichtigsten Problemkreise, die in starkem gegenseitigem Zusammenhang stehen, sind die Geschichte des erdmagnetischen Feldes und Kontinentalbewegungen. Am Institut für Geophysik der ETH steht gegenwärtig eine Apparatur zur Messung der remanenten Magnetisierung in Gesteinen nach Betrag und Richtung kurz vor der Fertigstellung.

Zur Bearbeitung der hängigen Probleme ist ein Apparat erwünscht, der die Richtung auch der schwächsten interessierenden Magnetisierungen in der Größenordnung von  $10^{-7}$  Gauss mit einem mittleren Fehler von zirka  $1^\circ$  zu messen imstande ist. Die Stärke der Magnetisierung interessiert weniger und muss nur auf einige Prozente bekannt sein, in erster Linie in Verbindung mit Entmagnetisierungsexperimenten.

Es gibt zwei Gruppen von Apparaten, welche die gestellte Aufgabe mehr oder weniger zufriedenstellend zu lösen vermögen: astatiche Magnetometer und Induktionsapparate (rock generators). Von beiden Gruppen wurden in der ganzen Welt schon Dutzende von Ausführungen mit sehr verschiedenem Aufwand und Erfolg gebaut. Die Unempfindlichkeit der Induktionsapparate gegen Erschütterungen und Temperaturschwankungen und die weitgehende Unanfälligkeit gegenüber magnetischen Störfeldern (Strassenbahn!) waren die Hauptgründe unserer Wahl zu Gunsten dieser Bauart. Die kurze Dauer der Messungen und die zeitliche Stabilität der Einstellungen sind weitere Annehmlichkeiten. Ferner scheinen die astaticchen Instrumente am Ende ihrer Entwicklung angelangt zu sein, während für Induktionsapparate noch Möglichkeiten zur Weiterentwicklung offenstehen. Heute ist die erreichte Empfindlichkeit mit beiden Instrumententypen etwa gleich.

Die Konstruktion der neuen Apparatur wurde von vornherein auf eine höchstmögliche Empfindlichkeit und Genauigkeit ausgerichtet. Bei einer Messung rotiert eine zylindrische Gesteinsprobe in der Nähe eines Spulensatzes nacheinander um drei senkrecht zueinander stehende Achsen, wobei Amplitude und Phase der im Spulensatz induzierten Wechselspannung bestimmt werden. Die Phase der Signalspannung wird auf eine zweite Wechselspannung bezogen, die ein mitrotierender kleiner Magnet in einem besonderen Spulensatz erzeugt.

Im folgenden sind einige besondere Merkmale der Konstruktion erwähnt:

1. Mechanischer Teil: Die gewählte hohe Drehzahl von 7200 U/min und der erforderliche Abstand von zirka 1 m zwischen Gesteinsprobe und mitrotierendem Magneten stellten ganz besondere konstruktive Probleme. Diese beiden Teile werden durch eine mit überkritischer Drehzahl rotierende dünne Welle starr miteinander verbunden. Bei geringer Lagerbeanspruchung ergibt sich dadurch ein sehr ruhiger Lauf. Ein 1-PS-Synchronmotor mit Bremse sorgt für ein rasches Durchfahren der kritischen Drehzahl. Die grössten Schwierigkeiten erwuchsen aus der Notwendigkeit, für alle rotierenden Teile unmagnetische Materialien zu benutzen (für hochbelastete Teile Monelmetall). Deshalb war der Gebrauch

von Kugellagern ausgeschlossen. Nach einem misslungenen Versuch mit Sintermetalllagern musste auf Mehrgleitflächenlager mit Druckumlaufschmierung zurückgegriffen werden. Diese Lager laufen auch bei geringer statischer Belastung sehr ruhig. Eine Zahnrämenübersetzung 2,4:1 überträgt das Drehmoment des Synchronmotors schlupffrei auf die Hauptwelle. Der Motor treibt die Übersetzung über eine ebenfalls überkritisch laufende 2,1 m lange Welle an.

2. Elektrischer Teil: Die Detektionsspulen wurden in bezug auf das Verhältnis Signal/Rauschen optimiert. Gleichzeitig war die Forderung zu erfüllen, dass das Magnetfeld der Spulen im Raum der Probe möglichst homogen sei, um einfache Voraussetzungen für die Auswertung der Messungen zu schaffen. Die geforderte weitgehende Unempfindlichkeit gegenüber äusseren Magnetfeldern wird durch einen Kompensationsspulensatz mit der gleichen Windungsfläche wie der Hauptspulensatz, aber entgegengesetztem Wicklungssinn erreicht. Da die Kopplung zwischen der Probe und den Kompensationsspulen viel loser gehalten ist als zu den Hauptspulen, geht in den Kompensationsspulen nur ein kleiner Bruchteil der Signalspannung verloren. Durch eine Parallelverschiebung zwischen den beiden Spulensätzen kann auch der inhomogene Anteil eines Störfeldes, z.B. herrührend vom Antriebsmotor, kompensiert werden.

Damit ein optimales Signal/Rauschen-Verhältnis erzielt werden kann, muss der ohmsche Widerstand der Spule wesentlich grösser sein als der äquivalente Rauschwiderstand am Eingang der ersten Verstärkerstufe. Eine Spule mit dem erforderlichen Widerstand in der Größenordnung von 100 Kiloohm herzustellen, ist jedoch sehr schwierig und kostspielig. Statt dessen wird eine niederohmige Spule von zirka 500 Ohm mit einem Transformator an den Verstärker angepasst. Die Spannung am Spulensatz ist etwa 1 Volt/Gauss für eine Probengrösse von 42 mm Durchmesser und 36 mm Länge. Der Transformator hat ein Übersetzungsverhältnis von 1:40, so dass die kleinsten zu verstarkenden Signale am Verstärkereingang einige Mikrovolt betragen, also in der gleichen Größenordnung liegen wie das thermische Rauschen.

Nach vier aufeinanderfolgenden, in Stufen regelbaren Differenzverstärkern folgt eine Mischstufe mit den beiden Aufgaben, die Phasen von Proben- und Referenzsignal zu vergleichen und das Rauschen durch eine Bandbreitenbegrenzung auf weniger als 1 Hz praktisch vollkommen zu unterdrücken. Bei der Phasenmessung wird die Phase des Referenzsignals mit einem Resolver (Analogrechentransformator) so verschoben, bis sie der Phase des Probensignals um  $90^\circ$  vor- oder nacheilt (Null-durchgang der Ausgangsspannung der Mischstufe). Der Phasenwinkel kann dann am Einstellknopf des Resolvers abgelesen werden. Bei Phasengleichheit der beiden Spannungen ist die Ausgangsspannung der Mischstufe proportional der Signalspannung und damit der Magnetisierung.

Die Apparatur wurde am Institut für Geophysik der ETH unter der Leitung von Prof. Dr. M. Weber gebaut.