

**Zeitschrift:** Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
**Herausgeber:** Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke  
**Band:** 34 (1943)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Ueber Gewitterregistrierung  
**Autor:** Lugeon, Jean  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1061704>

### **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:** 03.04.2026

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

REDAKTION:

Sekretariat des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins  
Zürich 8, Seefeldstrasse 301

ADMINISTRATION:

Zürich, Stauffacherquai 36 ♦ Telefon 5 17 42  
Postcheck-Konto VIII 8481

Nachdruck von Text oder Figuren ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit Quellenangabe gestattet

XXXIV. Jahrgang

N<sup>o</sup> 2

Mittwoch, 27. Januar 1943

Ueber Gewitterregistrierung

Nach einem Vortrag, gehalten an der 9. Mitgliederversammlung der Forschungskommission des SEV und VSE für Hochspannungsfragen (FKH), am 18. Juni 1942 in Zürich

von Jean Lugeon, Zürich

621.396.91:551.51

Die Entwicklung der Methoden zur Feststellung von weit entfernten Gewittern wird dargelegt. Der Autor baute 1926 den Atmoradiographen, der die Zahl der atmosphärischen Gewitterparasiten pro Minute registriert. Als zweites konnte durch den vom Autor mit G. Nobile 1939 gebauten Radiomaximographen der absolute Wert und die Entfernung der Parasiten festgestellt und registriert werden. Schliesslich steht von Watson Watt und Bureau (1928/31), vom Autor (1931/34) und, in vollkommenerer Form, von G. Nobile (1940) der Radiogoniograph zur Verfügung, der das Azimut auf ein Grad genau angibt.

Die Gewitter werden klassiert und es wird auf die Gebundenheit verschiedener Gewittertypen an bevorzugte Regionen der Schweiz hingewiesen. Einige Gewittertypen werden beschrieben. Die Theorie der am besten bekannten Wärmegewitter wird dargestellt und es wird über das Entstehen und den Verlauf einiger bedeutender Böenlinien berichtet. Die Arbeit zeigt, wie leistungsfähig und wie genau die vom Autor und seinem Kollegen geschaffene Apparatur ist. Es geht aus dem Aufsatz auch die grosse Bedeutung dieser Arbeiten für den Betrieb der schweizerischen Kraftübertragungsanlagen hervor. Der Autor stellt das Postulat auf, ausser der Registrieranlage der Schweiz. Meteorologischen Zentralanstalt in Zürich analoge Anlagen im Tessin und an der Grenze der Westschweiz aufzustellen, um mit Hilfe dieser drei Anlagen die Gewitter mehrere Stunden vorauszusagen. Er appelliert an die Elektrizitätswerke, bei der Verwirklichung dieses Programms mitzuhelfen.

Les méthodes radio-électriques pour le repérage des orages à grande distance est exposé. L'auteur a construit en 1926 un atmoradiographe enregistrant le nombre de parasites par minute et en 1939, avec G. Nobile, le radiomaximographe donnant l'intensité absolue des parasites et permettant de définir approximativement la distance de leurs foyers. Watson Watt et Bureau en 1928/31, l'auteur en 1931/34 ont construit divers radiogoniographes donnant l'azimut des parasites; en 1940, G. Nobile a construit pour l'Institut central météorologique à Zurich un tel appareil, considérablement amélioré, avec une précision de 1 degré.

Les orages sont classés en divers types d'après les observations du réseau suisse. Quelques types d'orages sont décrits. La meilleure théorie actuelle sur la formation des orages de chaleur est résumée. Diverses lignes de grains orageuses traversant la Suisse sont décrites. Le travail montre la précision des résultats obtenus par l'auteur et ses collègues, quant aux appareils actuels. De là ressort l'importance de ces recherches pour l'exploitation des lignes de transmission d'énergie électrique suisse. L'auteur propose que le poste d'enregistrement de la Station centrale de Zurich soit complété par un réseau de recoupement radiogonométrique avec un second enregistreur au Tessin et un troisième à la frontière occidentale de la Suisse française. Ce triangle permettrait de prévoir quelques heures à l'avance l'arrivée et l'évolution des orages en Suisse. L'auteur adresse dans cet esprit un appel à l'industrie hydro-électrique du pays.

1. Historischer Ueberblick

Die Registrierapparate

Definition: Ein Gewitter ist ein hydrometeorologisches Phänomen, das starke Veränderungen im elektrischen Feld hervorruft und sich durch mehr oder weniger leuchtende Entladungen, als Blitzschlag und als Blitzstrahl (Wetterleuchten) äussert und fast immer von Donner begleitet wird.

Die Aenderungen im elektrischen Zustand der Luft sind leicht zu beobachten und zu registrieren. Die Hauptkomponente, das statische Feld oder das Potentialgefälle, wird mit Hilfe eines Elektrometers gemessen, das einerseits mit der Erde, andererseits mit einem Potentialkollektor verbunden ist. Ferner verwendet man zur Messung eine de Saussure'sche Stange mit Spitze, einen brennenden Docht oder eine Zelle aus einem Radiumpräparat wie Radium, Polonium usw. Die Veränderungen der elektrischen Leitfähigkeit der Luft werden aus den Beobachtungen der Elektronendichte einer Luftströmung

abgeleitet, die einen röhrenförmigen Kondensator entladet. Die übrigen Elemente schliesslich werden mit relativ einfachen Apparaten gemessen, die in den luftelektrischen Abhandlungen von Chauveau, Mathias, Maurain, Israel, Kähler usw. beschrieben sind.

Die elektrischen Grössen des Gewitters, die besonders die synoptische oder praktische Meteorologie, sowie die Elektrizitätsversorgung und Radiotelephonie usw. interessieren, sind ohne Zweifel die atmosphärischen Parasiten. Diese komplexen Erschütterungen des elektromagnetischen Hertz'schen Feldes, auf den drei Maxwell'schen Komponenten, werden durch alle leuchtenden Entladungen erzeugt, durch den Blitzschlag oder Blitzstrahl, in der Art der ausstrahlenden Antenne eines Radiosenders. Die Energie und die Länge der Wellen, ebenso die Reichweite dieser natürlichen Wellen, variieren bedeutend, nicht nur am Ursprung der Quelle selbst, sondern auch die befreite elektrische Energie im Raume verursacht Wellenformen, die

durch die Ausbreitung mit zunehmender Entfernung ändern.

Die Form und die charakteristischen Hauptmerkmale dieser Wellen, die den stark gedämpften Funkwellen der ehemaligen Radio-Sender gleichen, sind leicht zu analysieren. Sie werden mit einer Antenne aufgefangen, detektiert und auf die Platte eines kathodischen Oszilloskops geführt. Watson Watt, Norinder, viele andere Autoren und ich selbst haben auf diese Weise mehr als 400 verschiedene Wellenformen erkannt.

Die Idee, Gewitter aus grossen Entfernungen mit ausgesandten Hertzischen Wellen zu verfolgen, ist alt und datiert aus der Zeit des Kohärers von Branly und des Turpainschen Bolometers. Es ist unbestritten, dass der russische Wissenschaftler Popoff der erste war, der am Anfang des Jahrhunderts

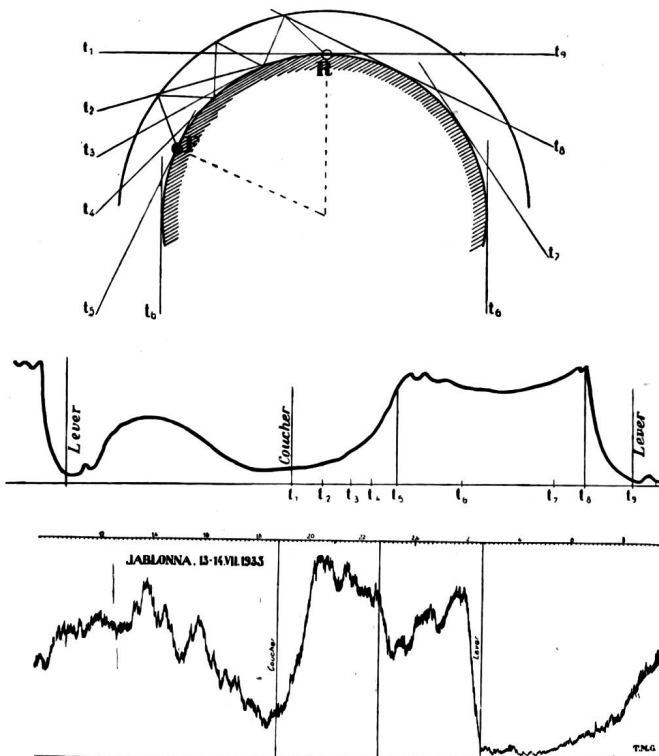


Fig. 1.

Zahl der Parasiten pro Minute im Verlaufe eines Tages

den ersten Detektor für Gewitter konstruierte, der auf eine Entfernung von 100 bis 200 km auf diese Kundgebungen reagierte.

Seither sind wenig ernsthafte Arbeiten über dieses Problem publiziert worden. Erst nach dem ersten Weltkriege, zwischen 1920 und 1925, anlässlich des Aufkommens der Radio-Lampen, wurde diese wichtige Frage mit Eifer aufgenommen. Uebrigens fanden wir nur einige zehn Spezialisten, die sich bis zum gegenwärtigen Kriege in den drei Weltteilen völlig dem Studium der Parasiten widmeten. Unsere internationale radiowissenschaftliche Union (URSI = Union radioscientifique internationale) erleichterte die internationale Zusammenarbeit, die uns einzig ermöglichte, Gesamtergebnisse über die Störungen des elektromagnetischen Feldes im Universum einzuziehen.

Der verstorbene Präsident der URSI, Austin, war der erste, der in den USA seit 1919, während ca. 10 Jahren, sorgfältige Aufzeichnungen über das Azimut der mit einer gewöhnlichen Rahmenantenne aufgefangenen Parasiten machte. Watson Watt in England, Herath in Deutschland, Bureau in Frankreich und ich selbst in der Schweiz, unternahmen, ohne uns gegenseitig zu kennen, die Parasiten von 1920—1924 zu registrieren<sup>1)</sup>. Im Jahre 1926 konstruierte ich in Zürich den ersten *Atmoradiographen*, der ohne Unterbruch auf einem Zylinder die Zahl der Parasiten pro Minute registrierte<sup>2)</sup>, (Fig. 1). Sie werden durch eine Antenne aufgefangen, stark verstärkt, detektiert und in Form eines telegraphischen Stromes auf das Relais eines Richardschen Cinemographen befördert. Seitdem habe ich diese Aufzeichnungen sozusagen fortdauernd verfolgt, und zwar bei ungefähr 10 Stationen der Schweiz, dann in Polen, im Polargebiet, auf der Bäreninsel, Tromsö, in Spanien, auf den Azoren, in der Sahara usw.<sup>3)</sup>. Während dieser Zeit führten Watson Watt und seine Mitarbeiter mit einem anderen Apparat Typ Messungen aus in England, Südafrika, in Australien, Noto und andere in Japan, und Bureau legte mit seinen Radiocinemographen ein Beobachtungsnetz an, parallel dem meinigen, in Frankreich, Marokko, Algerien und Tunesien<sup>4)</sup>.

Durch eigenartige Umstände arbeiteten wir von Anfang an fast genau auf der gleichen Wellenlänge, was wir erst später erfuhren anlässlich der Zusammenkünfte der URSI in Brüssel 1927 und in Kopenhagen 1931, wo wir die Resultate der betreffenden Netze miteinander vergleichen konnten. Die Wellenlänge von ungefähr 27 kHz (11 000 m) erwies sich als die allerbeste, besonders für den Vergleich der Registrierungen mit den meteorologischen Phänomenen, die diese Störungen verursachten. Ich möchte noch beifügen, dass alle Parasiten, ohne Ausnahme, das Ergebnis von meteorologischen Phänomenen der niederen Schichten der Atmosphäre sind. Eine Parasitenquelle ist weder in der Stratosphäre noch in der Ionosphäre vorhanden. Die Hypothese der kosmischen Parasiten gehört ins Reich der Phantasie. Das erdmagnetische Feld beeinflusst die gewählte Empfangsfrequenz wenig oder gar nicht.

Die grossen Wellenlängen, die 25 bis 30 km überholen, geben flache Tageskurven und bieten wenig Interesse für die praktische Verwendung. Die Wellenlängen von weniger als 3000 m, besonders diejenigen der Aeronautik, der Marine, des Radiodienstes, sind dermassen beansprucht, dass es unmöglich ist, sie tagsüber für die Registrierung zu verwenden, ausser wenn man sehr selektive Apparate zuzieht, die viele Naturphänomene auslöschen.

In einer kurzen Abhandlung der «Académie des Sciences de France» zeigte ich zum ersten Male im Jahre 1929 mit gleichzeitigen Atmoradiographen-Registrierungen an den äussersten Enden einer Basis von 2000 km: Zürich—Zentrum der Wüste Sahara, dass die Reichweite der Gewitterparasiten in der Nacht beträchtlich sein kann, 10000 km über-

<sup>1)</sup> Literatur siehe am Schlusse.

steigend, aber tagsüber, auf der beleuchteten Seite der Erdkugel, ist sie immer viel schwächer (2000 bis 3000 km). Diese ersten Ziffern wurden später von andern Autoren kontrolliert. Die Theorie über den Einfluss, den Tag und Nacht auf die Fortpflanzung der Parasiten ausüben, leitete ich von diesen Betrachtungen ab. Dieser Vorgang wurde von meinen Apparaten während des Polartages und der Polarnacht vollständig nachgeprüft anlässlich meiner Expedition im Polarjahr 1932/33 auf die Bäreninsel und nach dem Eismeer. Die zum Vergleich bestimmten Registrierapparate waren in Polen aufgestellt; die Länge der Basis betrug 2800 km. Auf diese Weise wurden seit 1933 die Gesetze des Universalregimes der Parasiten aufgefunden gemacht. Damit war die Verteilung und die *erste Komponente* des elektromagnetischen Mechanismus der Gewitter erkannt.

Um die *zweite Komponente* aufzuzeichnen, habe ich mit meinem Kollegen, Guido Nobile, im Jahre 1939 einen Apparat ausgedacht — den *Radiomaximographen*<sup>5)</sup> —, der den absoluten Wert der Intensität der Parasiten registriert<sup>\*</sup>). Er beruht darauf, den Impuls der Parasiten, welche Form sie

Nachdem der Radiomaximograph einige Wochen registriert hatte, bemerkten wir, dass er uns, von den Gewittern getrennt, eine gute Idee der Entfernung gab. Bei Beginn des Krieges verfügten wir über ein genügend grosses Netz meteorologischer Beobachtungsposten, das sich von Osteuropa bis zum Ozean erstreckte und uns ermöglichte, die Registrierungen mit den Gewitterbeobachtungen in einem Bezirk von 2000 km um Zürich herum zu vergleichen. Mit Hilfe statistischer Regeln wurde es uns so leicht gemacht, bei einer grossen Anzahl radiometeorologischer Situationen zu beweisen, dass die Höhe der Spitzen der Diagrammpunkte in direkter Verbindung mit der Entfernung der Gewitter steht. Also lässt ein sehr fernes Gewitter die Feder aus ihrer Ruhelage auf 5 mA steigen, ein Gewitter von 500 km Entfernung bis auf 3 mA und schliesslich ein Gewitter nahe der Station bis auf 1 mA (Fig. 3). Diese Fertigkeit erlaubt also, den Registrierapparat in einen Distanzmesser umzuzeichnen, denn es gibt in einem Gewitter zu jeder Jahreszeit immer genügend Blitzschläge, um das Exponentialgesetz der Fortpflanzung der Wellen anzuwenden, indem man annimmt, dass die stärk-

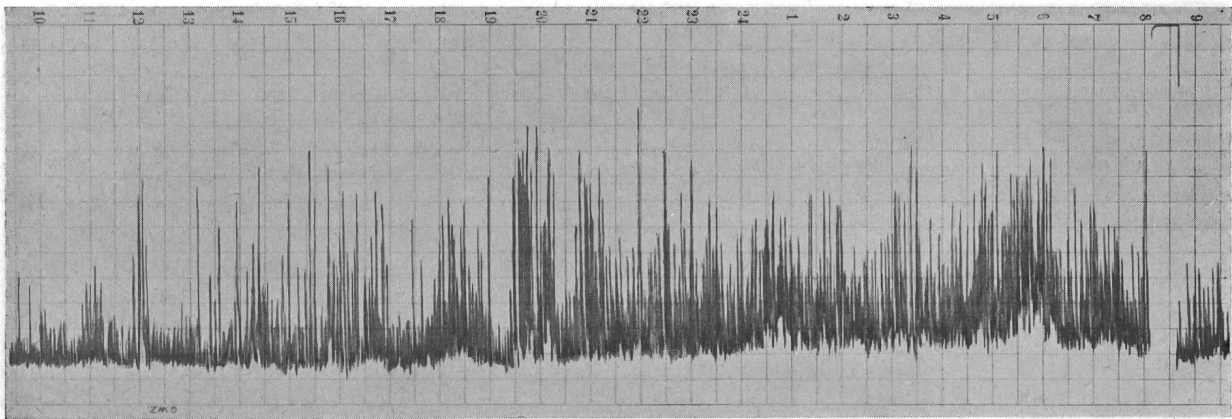


Fig. 2.

Aufzeichnung des Radiomaximographen von Lugeon und Nobile  
Absoluter Wert der Intensität der Parasiten am Empfangsort.

auch immer haben mögen, auf eine elektrometrische Lampe zu lenken und von da aus auf ein gewöhnliches Registriermilliamperemeter. Jeder Parasit wirft die Schreibfeder in die Höhe, die Feder sinkt dann langsam durch eine elektrische Dämpfungsvorrichtung, deren Zeitkonstante derart gewählt wurde, dass der Apparat sehr klare Bilder geben kann, sei es bei einer starken oder schwachen Gewittertätigkeit (Fig. 2).

Die Spitzen der erhaltenen Kurven bedeuten die absolute effektive Intensität des Feldes eines jeden Parasiten beim Empfang. Durch ein neues Verfahren registriert der Radiomaximograph auf einmal die nahen und fernen Gewitter auf einem Papierstreifen von 15 cm Breite, gleicherweise für Felder der Grössenordnung von  $\mu\text{V}/\text{m}$  und einige tausend  $\text{V}/\text{m}$ .

<sup>\*</sup>) Der Radiomaximograph ist natürlich etwas völlig anderes als der «Maxigraph» von Landis & Gyr, der zur Tarifierung der elektrischen Energie dient.

sten Entladungen eine relativ konstante Intensität besitzen. Im Kommentar der Diagramme nehmen

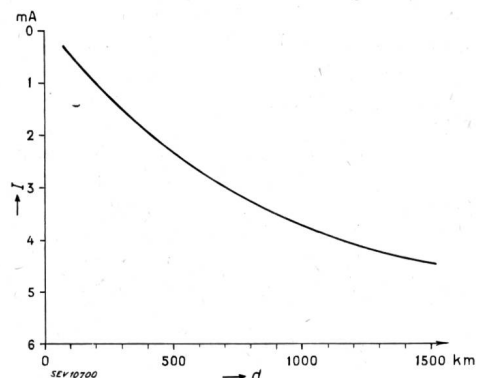


Fig. 3.

Zusammenhang zwischen dem Ausschlag  $I$  des Radiomaximographen und der Entfernung  $d$  des Parasiten

wir also nur die absoluten Maxima des Feldes beim Empfang der Gewitter an. Die Grössenord-

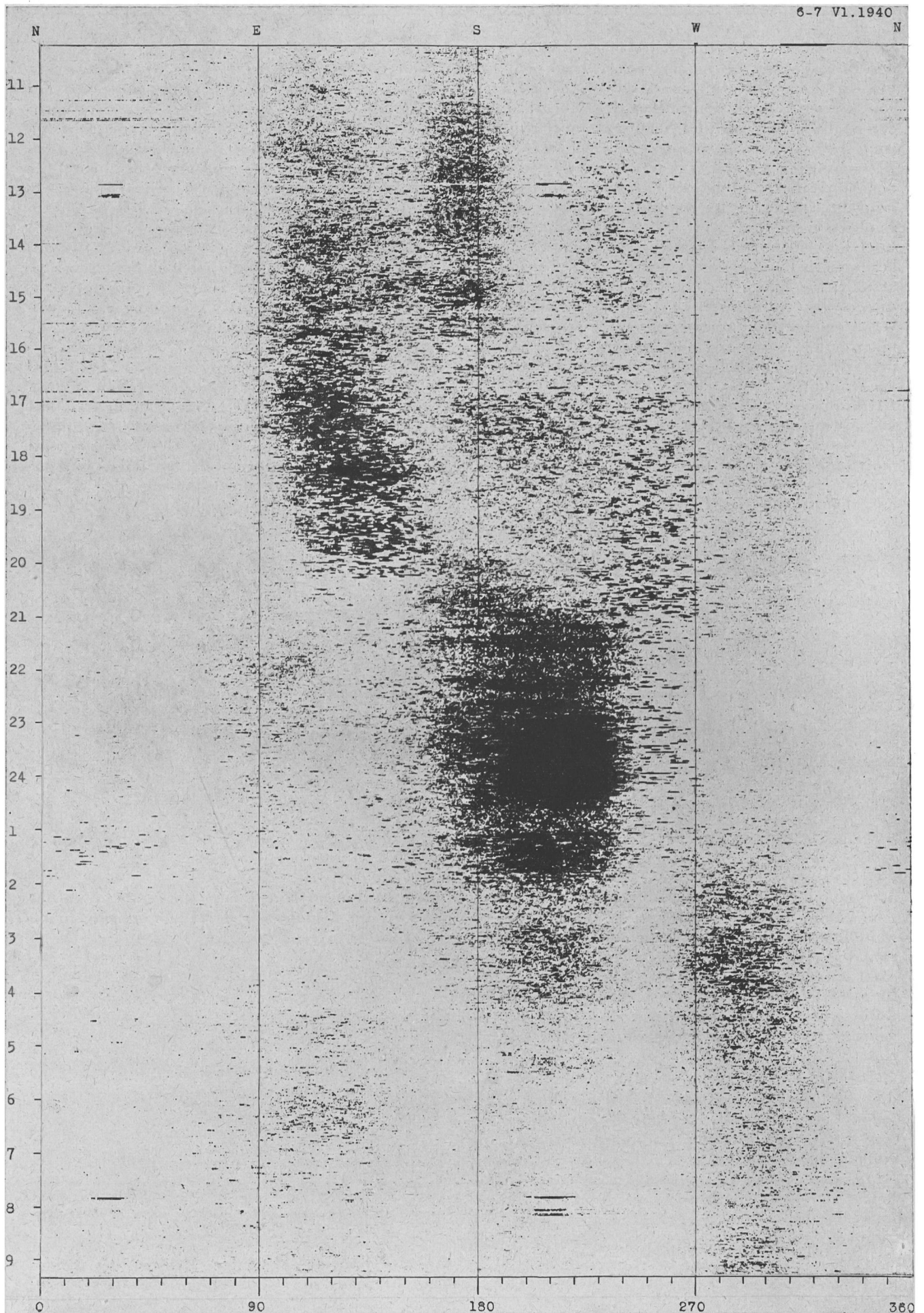


Fig. 4a.  
Fig. 4a, b, c.

Beispiele von Aufzeichnungen des Radiogoniographen der Meteorologischen Zentralanstalt Zürich, gebaut von G. Nobile

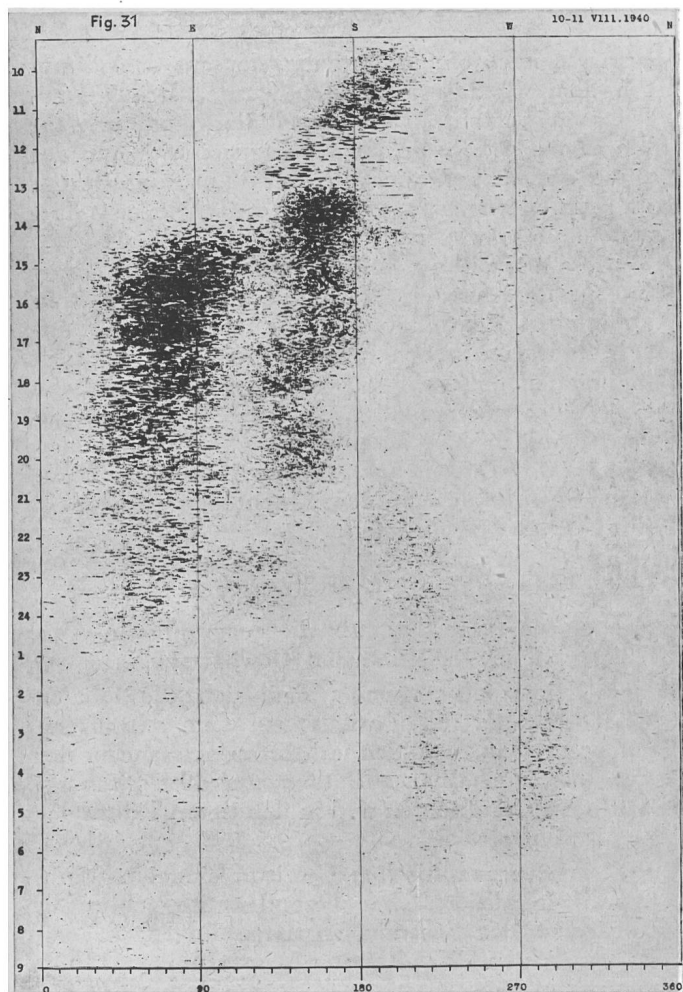


Fig. 4b.

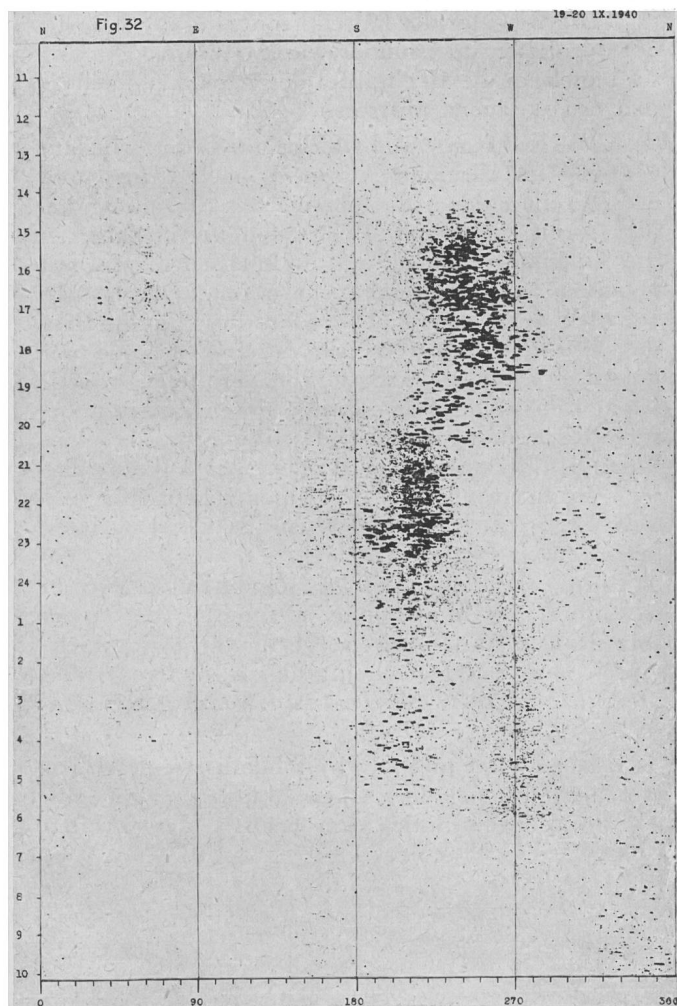


Fig. 4c.

nung der Entfernung der Gewitter ist auf diese Art annähernd bekannt, für die meteorologischen Bedürfnisse oft genügend. Zum Beispiel weiss man, dass ein Gewitter in einer Entfernung zwischen 1000 und 1500 km oder 200 und 300 km oder weniger als 50 km ist. Da wir, meteorologisch gesprochen, gegenwärtig von der Welt abgeschlossen leben, ist schon diese Erkenntnis für uns sehr wertvoll.

Die dritte Komponente der Gewitter-Parasiten wird durch den Radiogoniographen registriert, der das Azimut angibt und wovon Watson Watt, dann Bureau in den Jahren 1928/31 die ersten Exemplare zur Ausführung brachten. Meine, die Richtung angegebenden Registrierapparate, die in Warschau nach verschiedenartigen Prinzipien konstruiert wurden, datieren aus den Jahren 1931 und 1934<sup>3)</sup>. Anlässlich der Zusammenkunft der URSI im Jahre 1934 in London vereinbarten wir eine Gleichschaltung unserer Methoden bezüglich der Grundlagen des Radiogoniographen mit engem Sektor, der von Lutkin 1926 vorgeschlagen wurde. Der von Guido Nobile 1940 für die Meteorologische Zentralanstalt Zürich konstruierte Apparat ist von derselben Art, aber bedeutend vervollständigt<sup>6)</sup> \*\*). Dieser Apparat besitzt Eigenschaften, die denen meiner in Polen hergestellten Goniographen weit überlegen sind, weil das Instrument weder einen Kollektor, noch Relais, noch Kontakte besitzt und dadurch praktisch die Zeitkonstante unterdrückt. Nach den mit blossem Auge gemachten Blitzbeobachtungen auf dem Balkan, in Italien und auf der Iberischen Halbinsel haben die Diagramme schon bei Beginn der Registrierung gezeigt, dass der schweizerische Radiogoniograph nicht nur die Richtung der leuchtenden Entladungen auf 1° genau angibt, sondern selbst auch die Struktur der Gewitterherde aufzeichnet (Fig. 4a, b, c). Eine Kolonie von feinen, dünnen Punkten strahlt Gewitter in Entfernungen von mehr als 1000 km aus; die grossen Punkte geben Lagen zwischen 500 und 300 km an, die kleinen Striche zwischen 300 und 200 km, die grossen Striche von 1 bis 3 mm Länge zwischen 250 und 0 km. Der Radiogoniograph ist also, zusammen mit dem Atmoradiograph und dem Radiomaximograph, ein wertvolles Hilfsmittel für die radiometeorologische Diagnose, d. h. für die Abgrenzung solidarischer elektromagnetischer Störungen der grossen Tätigkeitzentren in der Atmosphäre, als da sind: die Depressionen, Fronten und die Luftkörper verschiedenen geographischen Ursprungs.

## 2. Klassifikation der Gewitter für die Alpenregion

In den Annalen 1925 der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt gab ich eine Abhandlung über die Klassifikation der verschiedenen Gewittertypen, die für die Alpenregion von Interesse sind<sup>7)</sup>. Es ist dies die Zusammenfassung der Sichtung einiger tausend Beobachtungen und Wahrnehmungen, die an den 400 meteorologischen und Regenmess-Stationen im Jahre 1925 gemacht wurden. Die Aufzählung wurde später durch andere Verfasser vervollständigt, mit Berücksichtigung der maritimen Verhältnisse und anderer Klimata. Was die Schweiz anbetrifft, glaube ich, in dieser Beziehung nichts ändern zu müssen.

\*\*\*) Siehe den nächsten Artikel.

Man unterscheidet:

a) *Die einfachen Wärmegewitter* der Ebene nach der Vorstellung, die sich meine Vorgänger gemacht haben und wovon Sir Georges Simpson die einzig gute Erklärung gegeben hat. Diese Gewitter sind von kurzer Dauer und entwickeln sich während des Tages.

b) *Die orographischen Gewitter der Abhänge*, analog den vorhergehenden, haben bei uns einen ausgesprochenen Charakter. Sie sind ebenfalls von kurzer Dauer und entwickeln sich fast immer tagsüber.

c) *Die Gewitter der kalten Front oder der frontalen Okklusion sind die Böenlinien*, wovon man viele sekundäre Typen unterscheidet, je nach Ursprung der gegenwärtigen Luftmassen, ihrer Turbulenz, Geschwindigkeit und Temperatur, je nach Jahreszeit, der Wirkung des Reliefs, die manchmal die Entwicklung verändert. Sie werden längs der Diskontinuitätsfläche gesät und können sehr grosse Fortpflanzungsgeschwindigkeiten erreichen, bis zu 80 km/h.

d) *Die Warmfront-Gewitter*, die von einigen Autoren der Ebene abgesprochen werden, sind die Beigabe der warmen Diskontinuität, die über die Westgrenze sich der Schweiz nähern. Diese Reliefgewitter, die sich langsam fortbewegen, komplizieren sich oft durch sekundäre Erscheinungen; sie sind von der Frontrichtung abhängig, ferner vom barometrischen Gradienten der Depressionen, die von Frankreich gegen Böhmen ziehen. Die Warmfront-Gewitter haben hauptsächlich einen sich täglich entwickelnden Charakter.

e) *Die Gewitterzonen* von 200 bis 300 km Breite sind gewöhnlich zwischen zwei parallelen Diskontinuitäten eingeschlossen und auf einigen hundert Kilometern Länge gegen NS orientiert, sehr gut sichtbar auf der meteorologischen Karte, und verlagern sich durch Translation ziemlich regelmässig von Frankreich über die Alpen bis zu den Karpathen oder nach Dalmatien. Diese Gewitterzonen erreichen so einen beträchtlichen Umfang, manchmal einige zehntausend km<sup>2</sup>. Bei allgemein schwachem barometrischem Gefälle entstehen ungeheure Flächen, über denen die Luft stark labil ist und unregelmässig gewaltige Wasserdampfmassen in die Höhe hebt, die sich langsam entwickeln und sich mit einer Geschwindigkeit von 20 bis 35 km/h gegen Westen verlagern. Sie verkeilen sich oft gegen die Alpenkette, um grosse Niederschläge hervorzu- bringen. Diese Staulagen können einige Tage dauern. Häufig formen sie in der heterogenen Gewittermasse kleine Böenlinien, die vom Relief rasch verändert werden und deren Fortpflanzungsbahnen sehr variieren.

f) *Die Föhnmauer-Gewitter* werden durch die klassische Kanal-Depression dirigiert und entstehen, wenn der antizyklonale Föhn infolge der Zunahme des barometrischen Gefälles dem zyklonalen Föhn Platz macht. In diesem Augenblick kondensieren sich enorme Massen feuchter Luft auf dem Südhang der Alpen, wo sie starke Potentialgefälle erzeugen und demzufolge Gewitter hervor-

bringen, nach einem Vorgang, der aus dem Simpsonschen Prozess abgeleitet wurde. Das Wetterleuchten beginnt in den Hochtälern und erreicht die Ebene gewöhnlich einen Tag später. Wenn der Föhn einrückt, nimmt die Bewölkung im Berner und Neuenburger Jura stark zu und verursacht dort oft lokale Gewitter.

Diese Aufzählung sollte immerhin nicht zu streng interpretiert werden. Die Atmosphäre geht oft in komplexen Kombinationen vor und lässt die aufgezählten Gewittertypen besonders in den Alpen ineinander übergreifen, wo selbst eine schwache Föhnkomponente genügt, um diese Phänomene zu beschleunigen oder aufzuhalten. Die kontinentalen und lokalen Zwischenakte müssen für die vollständige Gewitteranalyse der Alpenregion immer in Betracht gezogen werden.

### 3. Geographische Verteilung der Gewitter

Hier folgt approximativ die geographische Verteilung dieser verschiedenen Gewittertypen.

1. Es ist angenommen, dass sich die lokalen Wärmegewitter mit Vorliebe auf dem schweizerischen Plateau, vor den schroffen Abhängen der Vor- und Hochalpen aufhalten, nur sehr selten im Wallis, in Graubünden und in den tiefen Tälern der Zentralschweiz.

2. Die orographischen Gewitter sind ein wenig überall lokalisiert, aber besonders im gebirgigen Nordosten der Schweiz, in Graubünden, in den Berner Alpen, Waadtländer Alpen und im Jura, manchmal auch zwischen Martigny und dem Genfersee.

3. Die Gewitter der kalten Front sind die Beigabe der Jurakette, im Sommer wie im Winter, aber sie sind auch an die Hochgipfel der Alpenkette gebunden, wo sie zuerst auftreten.

4. Die Kaltfront- und Okklusions-Gewitter pflanzen sich im allgemeinen von W nach E fort, und es sind diejenigen, die am meisten Brandung haben, wenn sie sich in Böenlinien umwandeln, an die Alpenkette stossen und die höchsten Gipfel mit bedeutender Leichtigkeit passieren. Die Hauptgewitter der Schweiz, besonders des Bündnerlandes, brechen aus, wenn sie durch das Ende der kalten Fronten ziehen, die von veralteten ozeanischen Depressionen herrühren, deren Zentrum bereits Dänemark und den Baltikum passiert hat. Wenn die barometrische Tendenz bei Ankunft dieser Störungen beidseits der Alpen regelmässig verteilt ist, wird das Tessin ebenfalls von Gewittern betroffen.

Die Gewitter der kleinen Böenlinien schlängeln sich über die Ebene, ohne bestimmten Regeln zu folgen; nur ausnahmsweise «erklettern» sie Hochgipfel. Ihre Energie scheint sich besonders in den niederen Schichten der Troposphäre zu verschwenden.

5. Die Föhnmauer-Gewitter lokalisieren sich zuerst am Südhang der Alpen, wandern dann zum Nordhang, gewöhnlich am Schluss der zweiten Phase dieses Phänomens.

4. Beschreibung einiger Gewitter

Ein Gewittertypus der kalten Front, der nur einen Teil der Schweiz interessierte, fand am 3. Juni 1925 statt (Fig. 5). Ein vorspringender Fetzen kalter Luft, von Dänemark in Richtung nach Dalmatien herabkommend, traversiert die Schweiz auf der Höhe von Zurzach-Konstanz via Luzern-Sargans nach Bellinzona-Schuls-Tarasp als Vorläuferin einer Diskontinuität (Fig. 6). Die Westschweiz meldet kein einziges Gewitter.

Am 4. August 1925 registrierten wir typische Warmfront-Gewitter. Das Zentrum einer jungen Bjerknesschen ellipsenförmigen Depression (Fig. 7) hatte sich vom 3. August auf den 5. August 1925 mit einer mittleren Geschwindigkeit von 37 km/h von Spanien nach Deutschland verlagert, einer von SW

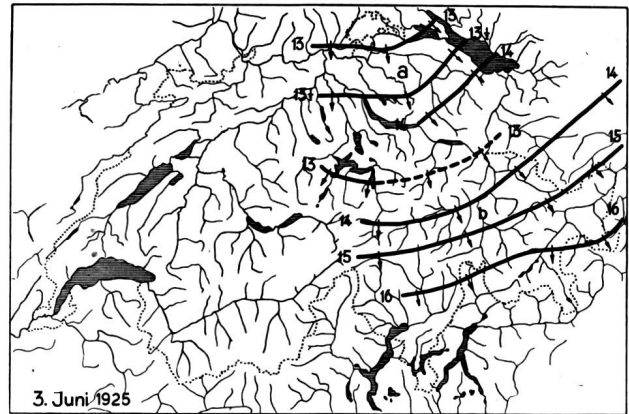
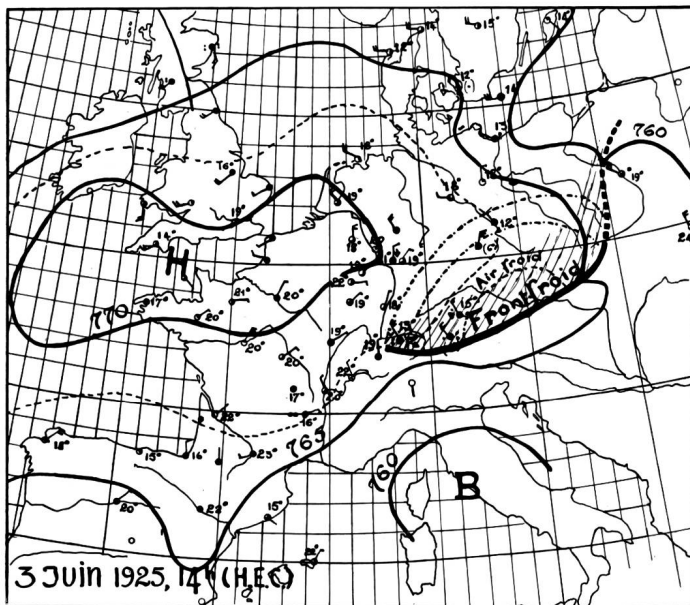


Fig. 5.  
Verlauf der Gewitterfronten vom 3. Juni 1925



am 19. Juni ihre Tätigkeit wieder zu, und von überall her werden wichtige elektrische Entladungen und verschiedene Böenlinien gemeldet.

Die Isobrontenkarte vom 13. Juni 1925 zeigt die durch eine sehr wichtige Gewitterlage verursachte Verwirrung, die einer stationären Gewitterzone beidseits der Alpen zuzuschreiben ist (Fig. 11). Auch die Karte vom 17. Juli zeigt, wie die Gewitterfront sich während eines Tages in verschiedenen Richtungen bewegt (Fig. 12).

Einem Beschluss des Internationalen Meteorologischen Komitees folgend, etablierte Clemens Hess auf der Basis von mehreren 10 000 Gewitterbeobachtungen des Netzes der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt eine Gewitterkarte, die mittlere Ge-

Fig. 6.  
Synoptische Wetterkarte vom 3. Juni 1925

nach NE laufenden Bahn folgend, und so blieb die Schweiz rechts liegen.

Am 4. August 1925, um 13 Uhr, wird die Schweiz von Cirren-Vorläufern erreicht und um 15 Uhr steht der obere Teil der Diskontinuität mit den Hochgipfeln der Berner Alpen im Streit (Fig. 8). Eine Gewitterzone lässt sich auf die beiden Alpenhänge nieder (Sion, Gsteig, Lauterbrunnen, Riederalp), dann, gegen 19 Uhr, steigen die niedern Schichten der Front und die Niederschläge den Jura aufwärts und lösen nach allen Regionen hin Gewitter aus (Fig. 9).

Die Wetterkarte vom 17. Juni 1925 zeigt eine zwischen zwei Diskontinuitäten eingeklemmte Gewitterzone, die am Boden folgendes Tracé wiedergibt: Toulouse-Hamburg; Bordeaux-Zuidersee (Fig. 10). Die Gewitterzone erreicht die Schweiz am 18. Juni 1925, ohne Gewitter heraufzubeschwören. Indessen nimmt

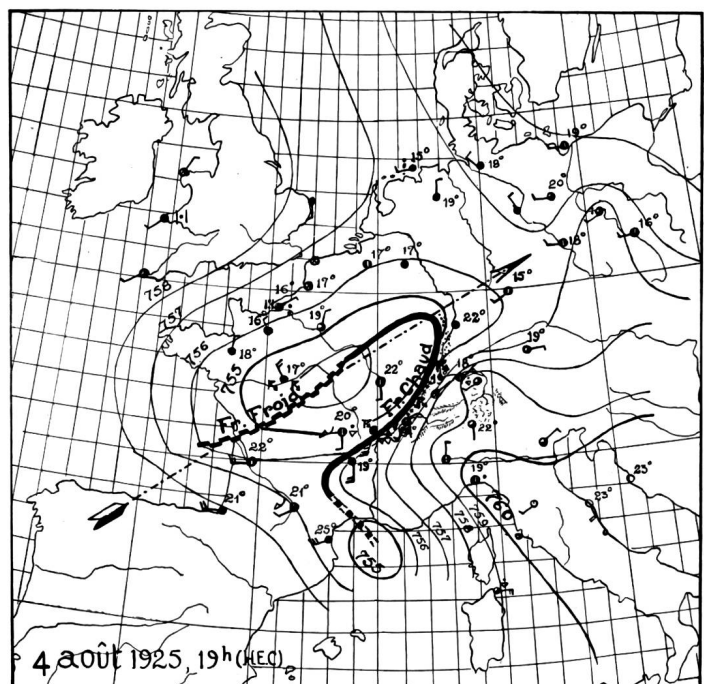


Fig. 7.  
Synoptische Wetterkarte vom 4. August 1925

witterhäufigkeit darstellen. Dieser Artikel wurde in der bekannten Publikation «Das Klima der Schweiz» von Maurer, Billwiller und Hess im

einer unserer wichtigsten klimatischen Faktoren ist. Während vieler Jahre liess die Schweiz. Meteorologische Zentralanstalt Jahresberichte über Blitz-

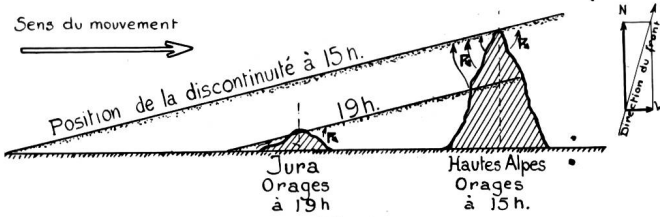


Fig. 8.  
Gewitterartige Warmfrontpassage durch die Schweiz am 4. August 1925  
Nachmittags Gewitter in den Hochalpen, abends Gewitter im Jura.

Jahre 1909 publiziert. Zu jener Zeit war die Bjerknessche Polartheorie, die die Bildung der Depressionen erklärt, noch gar nicht vorhanden, und

schläge und Donner in unserem Lande publizieren. Dazu wurden Isobrontenkarten gezeichnet, d. h. Linien, wo der Donner zum ersten Male gehört wurde. Diese Dokumente sollten im Lichte unse-

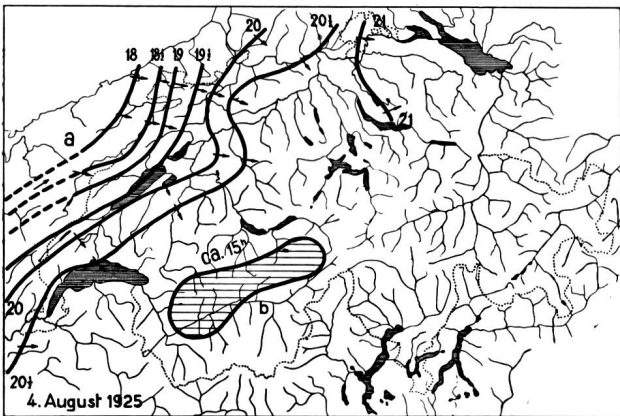


Fig. 9.  
Verlauf der Gewitterfronten vom 4. August 1925

deshalb erlaubt diese Karte keine Unterscheidung der verschiedenen Gewittertypen, auch nicht die Definition ihrer bevorzugten Region. Immerhin zeigt sie deutlich die Wirkung des Alpenreliefs, das

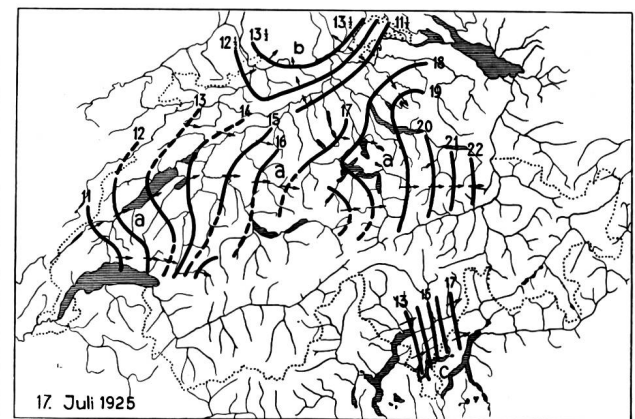
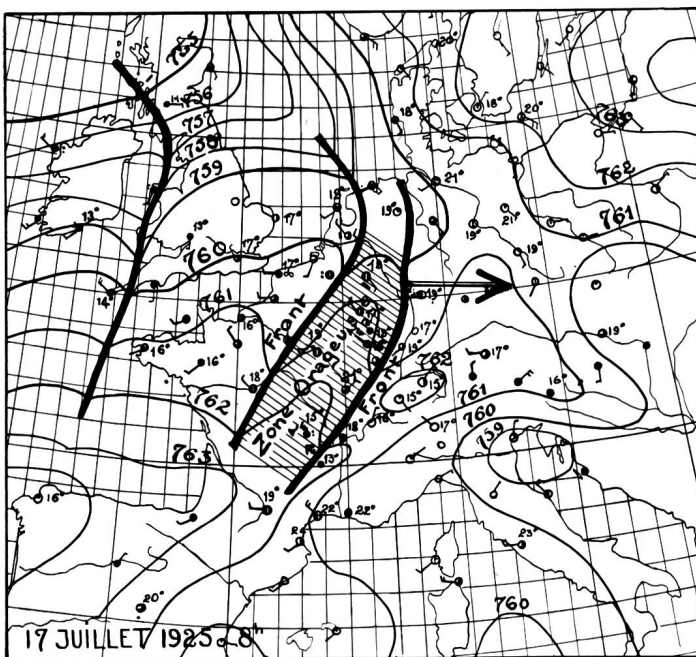


Fig. 12.  
Verlauf der Gewitterfronten vom 17. Juli 1925



rer modernen Vorstellungen miteinander verglichen werden und würden vielleicht Anlass geben, neue Karten eines jeglichen Gewittertyps zu zeichnen. Ich zweifle nicht daran, dass diese langatmige Arbeit die Betriebsleitungen unserer Elektrizitätsversorgungen interessieren würde.

### 5. Zusammenfassung der Theorie der Wärmegewitter (Simpson-Lugeon)

Hier ist nicht der Platz, um die Theorie dieser verschiedenen Gewittertypen auszulegen. Immerhin glaube ich, in vereinfachter Weise die Simpsonsche Theorie in Erinnerung bringen zu müssen, besonders in bezug auf den thermodynamischen und elektrischen Prozess der am meisten bekannten Wärmegewitter.

Fig. 10.  
Synoptische Wetterkarte vom 17. Juli 1925

Wenn der Boden sich erwärmt, steigt die feuchte Luft auf einer grossen Fläche bis zum Niveau der Kondensation der Cumuli. Falls die Energie und die Labilität genügt, setzt die kondensierte Masse ihren Aufstieg fort. Die Cumuluswolken wandeln sich in Cumulus-congestus, dann in Cumulus-castellatus und Cumulo-Nimbus, deren Spitzen später die «Eiskeimschicht» von Bergeron erreicht, bei einer Höhe von ungefähr 5000 bis 8000 m (Fig. 13). Dort

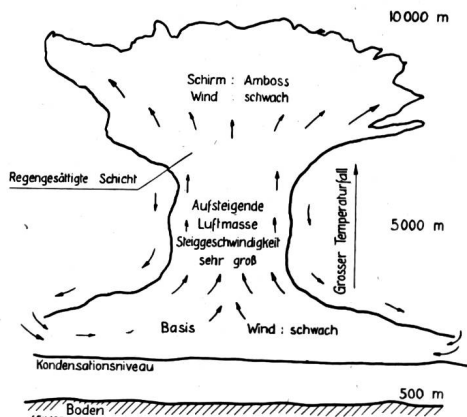


Fig. 13. Simpsonsche Theorie der Wärmegewitter

steht die Temperatur merklich unter dem Gefrierpunkt, und die Gipfel der cumulusartigen Wolken entfalten sich sozusagen horizontal, um einen Amboss aus Eiskristallen zu formen. Der Aufstieg verursacht starke elektrische Ladungen der zwei Zeichen, die sich in der Wolke verteilen nach der Vorstellung, die sich Simpson nach zahlreichen, mit registrierenden Elektrometern ausgerüsteten Ballonsondierungen gemacht hat (Fig. 14).

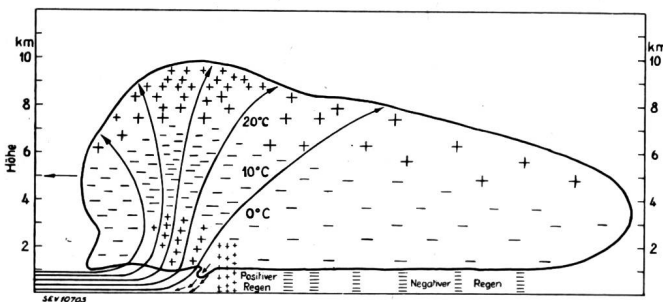


Fig. 14. Resultate von Ballonsondierungen mit registrierenden Elektrometern (Sir George Simpson)

Wenn die Steiggeschwindigkeit der Konvektionsströmung 8 m/s im Innern der Wolke übersteigt, werden die Tröpfchen in der Luft hängend zurückgehalten und häufen sich mehr und mehr gegen die Wolkenhöhe, um eine Art Reservoir zu bilden, das in einer sehr wenig Gleichgewicht haltenden Lage aufgehängt ist. Eine grosse Menge Tröpfchen werden während des Aufstiegs gebrochen und erzeugen eine Trennung der Elektrizität, wo das Wasser positiv und die Luft negativ geladen wird. Derart lassen sich ganz bedeutende Unterschiede des Potentials im Innern der kondensierten Masse feststellen. Sobald das Potential einen gewissen Punkt

übersteigt, entladet der Blitz den geschaffenen ungeheuren Kondensator. Die Masse der aufgehängten Tröpfchen, durch die Explosion des Luftschlauches des Blitzes zum Erzittern gebracht, fällt plötzlich gewaltig zur Erde. Es ist dies der Platzregen der Deutschen. Dank dem abwechselnden Spiel des Auf- und Abstiegs kompliziert sich das Phänomen, wiederholt sich verschiedene Male, bis sich der Nährstrom ermüdet und abnimmt, sei es mangels Besonnung, sei es durch adiabatische Entspannung oder durch Bildung eines Windgradienten, der das Verfahren zerstört.

Diese Theorie meines berühmten Kollegen sagt nichts über die Art der Beobachtung der Entwicklung des Gewitters durch die atmosphärischen Parasiten, die immerhin ein bedeutendes Zeugnis ablegen.

Deshalb versuchte ich im Jahre 1929 durch Interpretation von Diagrammen meines Atmoradiographen das Simpsonsche Vorbild zu vervollständigen, indem ich die neue Idee einer ionisierten Schicht einführte, die vor dem Gewittertag in den Niveaus von 4000 bis 6000 m aerologisch disponiert ist. Diese durch Watson Watt im Jahre 1930 verteidigte Theorie hat übrigens später viele Anhänger gefunden und ist durch die Messungen des Autors selbst bestätigt worden, dank der radioelektrischen Sondierungen der Troposphäre mittels ultraschem Echo. Die Existenz des ionisierten Siebes wurde ebenfalls durch verschiedene amerikanische Wissenschaftler geprüft, die diesen Vorgang bis zu den niederen Schichten von 1000 m lokalisiert haben. Auf meinem aerologischen und radiometeorologischen Observatorium von Jablonna (Warschau) konstatierte ich in den Jahren 1933—1935 (und auf dem Mont Blanc 1928) bei Sondierungen mit Drachen und Fesselballonen, die mit einem Elektrometer von Lejay-Idrac ausgerüstet waren, eine starke Veränderung des Ionisationsansatzes in 3000 und 5000 m.

Hier gebe ich einen Teil des Textes wieder, den ich in einer wissenschaftlichen Note der «Académie des Sciences de France» publizierte:

«Während ungefähr 30 Sommertagen, die des morgens bis zur Höhe von 8000 m windstill waren, konstatierte ich einen sehr deutlichen Haken auf der Kurve, die das gewohnte Sinken der Parasiten vor Sonnenaufgang andeutet. Dieser Haken wird nicht erzeugt, wenn der Tag gewitterfrei bleibt, trotz der Anwesenheit von Cumuli und einer starken Konvektion. Wenn man darauf die in einer vorhergehenden Note (Comptes rendus, 188, p. 1114) beschriebene Methode der elektromagnetischen Sondierungen mit Hilfe der photoelektrischen Eigenschaften der rasanten Sonnenstrahlen anwendet, berechnet man, dass der Haken einer dichten stratusartigen, elektrisierten Luftschicht entspricht, die in den Höhen zwischen 4500 und 6000 m schwebt. Es ist sehr wahrscheinlich eine Temperatur-Inversion, übrigens unsichtbar, weil sie keinen kondensierten Dampf enthält.

Während des Aufstiegs der Cumuli, zwischen 11 und 14 Uhr, sind die Parasiten wesentlich kurz und klar (clicks), selten und wenig intensiv. Dann, zwischen 11 und 14 Uhr, beschreibt ihre Kurve einen sehr plötzlichen Bogen und die Frequenz pro Minute geht in einigen Minuten von 10 auf 100 Entladungen. Zur gleichen Zeit hüllt sich der Cumulus-Kopf in einen milchigen Schleier (falsche Cirren), der nach und nach den ganzen Himmel überzieht. Die Parasiten ändern dann ihre Struktur und Wellenlänge und fangen an,

in sehr intensive Schwingungen (grinders) überzugehen. Der Blitzschlag und der Regen folgen 1 bis 2 Stunden später.

Der Schleier entfaltet sich genau in den Höhen von 4500 bis 6000 m, wie es die Ballon- und Flugzeugsondierungen verraten. Dieses Phänomen stimmt mit dem Augenblicke überein, wo die kondensierten Dampfmassen, durch die Konvektion in die Höhe gehoben, sich nach der Simpsonschen Methode positive Elektrizität erwerben und mit der obgenannten, anfänglich gegenteilig polarisierten Schicht in Kontakt treten.

In dem Masse ihrer Ankunft auf diesem Niveau werden die Tröpfchen zerstreut, teilweise neutralisiert — bildlich gesprochen — wie ein Wasserfall, der auf eine Schwelle fällt, horizontal zurückgestrahlt. Die Schicht wird sich wie eine elektrische Wehr der aufsteigenden Bewegung entgegenstellen, ihr nur einen Augenblick gewähren, nachdem sie sich ihrer ganzen anfänglichen Ladung entledigt hat; diesem entspricht übrigens, einige Minuten später nach dem jähen Aufstieg, die Abbiegung der Parasitenkurve. Dann wird sich die Schichtwolke rasch auf dem Potential des Cumuli-Kopfes stellen, um ihn zu bedecken. Durch den Brillouinschen Effekt wird diese Wolke noch mehr geladen und bildet so die Armatur eines gigantischen Kondensators mit der negativen Oberfläche der Erde. Die durch den Regen weggetragenen positiven Ladungen, die das Dielektrikum auf einige hundert oder tausend Meter traversieren, werden nicht genügen, um den Kondensator zu entladen, wenigstens nicht während der Dauer seiner elektrischen Nahrung durch Konvektionströme. Sobald aber diese aufhören, sei es aus adiabatischen Gründen oder durch Abschwächung der Sonnen-

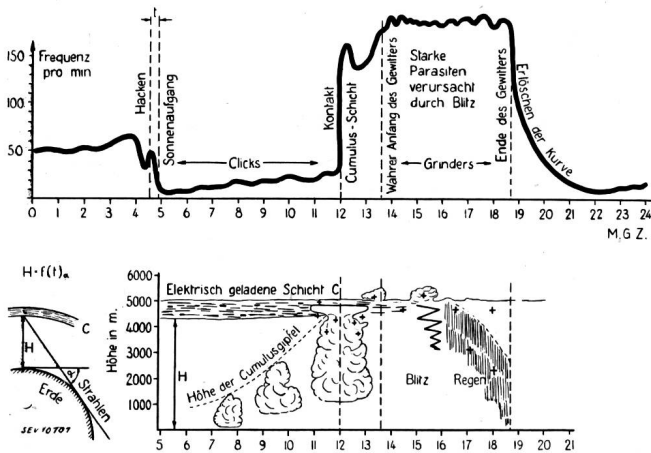


Fig. 15.

Parasitenkurve im Verlaufe eines Tages und Ergänzung der Simpsonschen Theorie durch eine elektrisch geladene Schicht (Lugeon).

strahlung, werden einige Blitzschläge die ganze kondensierte Masse neutralisieren und das Gewitter wird in wenigen Minuten aufhören. Die Parasiten werden dies getreulich durch eine sehr betonte «Expirationskurve» wiedergeben. Diese Note hat den Zweck, zu zeigen, dass es kaum möglich ist, Wärmegewitter mit Hilfe eines auf Hertzsche Wellen basierenden Anzeigers mehr als 1 oder 2 Stunden vorauszusagen, ebenso wenig den Blitzschlag und den Niederschlag. Hinwiederum kann man sie schon bei der Morgendämmerung mit Hilfe eines präkonisierenden Sondierungsverfahrens voraussehen, indem man auf die Fortdauer der tagsüber hohen elektrisierten Schicht rechnet, was der Fall ist, wenn das Wetter — infolge schwachen barometrischen Gradientens — besondere Gewitterneigung aufweist.» (Fig. 15.)

### 6. Die Zone des Schweigens

Wenn die Mehrzahl der Luftkörper sich fortwährend vom Äquator zu den Polen entwickelt, je nach ihrem geographischen Ursprung verschiedene Bezeichnungen annehmend, als da sind: polar, maritim, kontinental, tropisch usw., vermögen diese in gewissen meteorologischen Situationen Anlass

zum Entstehen von Gewittern zu geben. Daraus muss man nicht schliessen, dass auf allen Punkten der Erde sich atmosphärische Parasiten befinden. Unterscheiden wir auch, dass die drei Komponenten der Registrierung die Existenz schwacher Entladungen von kurzer Tragweite beweisen, Beigabe der Polarluft im besonderen, ohne direkte Verbindung mit der Gewitterbildung, z. B. die elektrischen Niederschläge.

Wenn man die Vorgeschichte der meteorologischen Gewitterneigung kennen will, muss man eine genaue Diagnose der sich in Zirkulation befindenden Luftkörper geben, in Beziehung zum barometrischen Feld, indem man die antagonistische Regel als Folge der Zone des Schweigens benutzt.

Eine typische Depression nach Bjerknes besteht aus zwei grossen Luftmassen verschiedener Temperatur, die sich herausfordern, indem sie sich um ein Zentrum drehen und deren Flutlinien Sinistorsum-Richtung haben. Im SE-SW-Quadranten ist die Luft warm, bildet den warmen Sektor, während in den 3 andern Quadranten die Luft kalt ist. Die Luft des warmen Sektors, indem sie sich vor der entstandenen Depression mit Dichteunterschieden

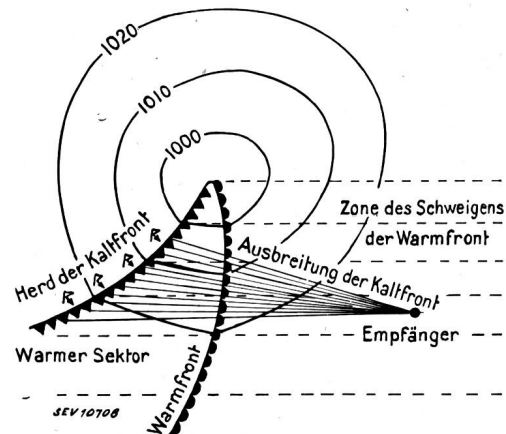


Fig. 16.

Die Verteilung der Parasiten in einer Zyklone in der Zone des Schweigens und in der aktiven Zone

über die kalten Massen erhebt, schafft eine zum Horizont wenig geneigte Diskontinuität, d.h. die warme Front. Die Zirkulation längs dieser Fläche hat einen ausgeprägt laminaren Charakter. Demzufolge gibt es keine Ascendenz, daher keine Gewitter. Die Wolken sind schichtenförmig. Die warme Front sichtet in irgendeiner Weise die Parasiten und ist genau der Anfang der grossen Zone des Schweigens, die sich über den ganzen warmen Sektor ausbreitet, wo ebenfalls keine Gewitter sind, da die konvektionellen Ströme fehlen. Im Gegensatz ist die Polarluft, die den warmen Sektor auf seiner Westseite schliesst, besonders turbulent. Indem sie sich von W nach E verlagert, jagt die Diskontinuität die warme Luft vor sich her und schafft so eine starke aufsteigende Komponente. Es bilden sich cumuliartige Wolken. Die Gewitter sind längs der kalten Front gesät (Fig. 16). Die Temperatur-Differenzen zwischen der vorderen und hinteren Seite der Front bedingen die Energie und die Ausdehnung. Um mit Hilfe

der Parasiten eine Depression in grosser Entfernung festzulegen, muss man die beiden antagonistischen Komponenten der warmen und kalten Front zu unterscheiden verstehen. Das Phänomen ist oft schwer zu analysieren, weil die Tragweite der Hertzischen Wellen i. allg. viel grösser ist als die Dimension der Depression selbst. Um seiner radiometeorologischen Diagnose eine möglichst sichere Grundlage zu geben, wird sich der aufmerksame Beobachter trotzdem zu helfen wissen, unter Zuziehung zahlreicher lokaler Faktoren, als da sind die Windrichtung und der Zug der Wolken in den höheren Schichten der Atmosphäre.

pengipfeln in Kontakt getreten. Ungefähr 24 Stunden früher bemerkte man in der Zone des Schweigens nur den fernen Lärm der Kaltfront-Gewitter, die in einem kleinen Winkelgebiet der Radiogoniographen aufgezeichnet wurden.

Die Gewitter der aktiven Zone sind in der Zone des Schweigens tagsüber in 2000 km und des Nachts in 10 000 km Entfernung auffindbar.

### 7. Die Peilung der Gewitter und insbesondere der Böenlinien in der Schweiz

Die Schweiz. Meteorologische Zentralanstalt, die mit den Einrichtungen zur Bestimmung der 3 Kom-

ponenten: Frequenz, Intensität und Richtung der Parasiten ausgerüstet ist, befindet sich in der Lage, das Parasitenfeld des europäischen Kontinents und eines grossen Teiles der Nord-Hemisphäre ständig zu überwachen. Demzufolge kann dieses Observatorium die Verlagerung der Gewitterzentren verfolgen, ohne die Wetterkarte zu befragen.

Die Gewitter sind nicht nur die Beigabe der Sommertage, denn man beobachtet sie auch im Winter. Die Gewitter der Kaltfronten, von Dezember bis Januar, die gewöhnlich überhört werden, sind für die elektrischen Hochspannungsleitungen besonders gefährlich.

Die Verteilung der statischen Ladungen konzentriert sich im Winter viel näher am Boden als im Sommer. Wenn dieser gefroren und isoliert ist, bildet er einen gewaltigen Kondensator in Verbindung mit den tiefen Wolken des Schneestadiums. Dieses erklärt oft das auf dem Plateau beobachtete bedeutende Potential vor den Schneefällen.

An dieser Stelle kann ich nicht die einigen hundert Gewittertage verschiedener Art beschreiben, die in Zürich registriert wurden, sondern ich gebe nur von den vielen die Geschichte der beiden mächtigen

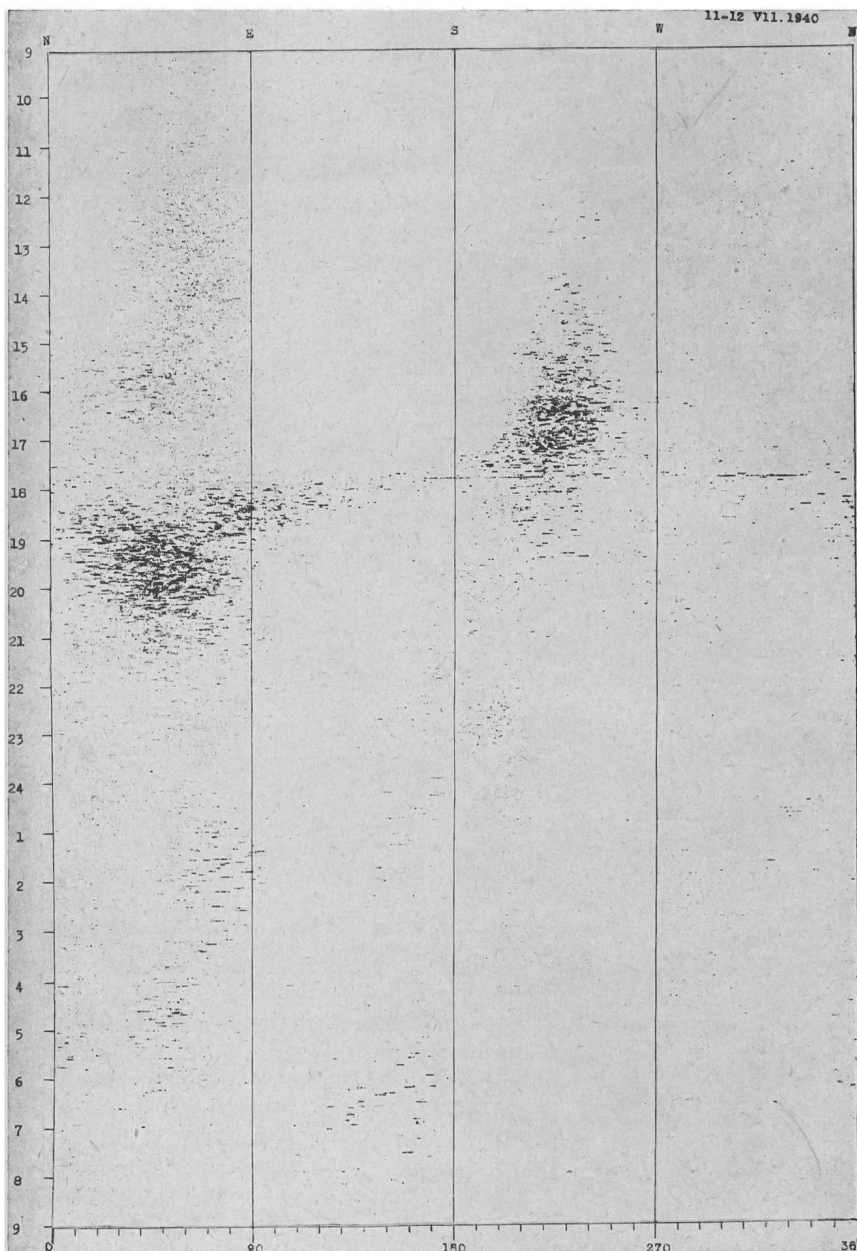


Fig. 17.  
Aufzeichnung des Radiogoniographen am 11. Juli 1940

Das Gesetz, das ich soeben summarisch beschrieben habe, kompliziert sich in der Alpenregion, weil die warme Front oft von Gewittern begleitet ist, wie der 4. August 1925 beweist. Aber in diesen Fällen war die Diskontinuität bereits mit den Al-

Gewitterböenlinien, die unser Land traversierten und bedeutende Registrierungen hinterliessen.

### 8. Gewitterböenlinie vom 11. Juli 1940

Um 9 Uhr gibt der Goniograph eine Aufzeichnung einer sehr entfernten, weiten Fläche zwischen

40 und 80°, ebenfalls eines weniger entfernten diffusen Herdes zwischen 290 und 340° (Fig. 17).

Um 12 Uhr 30 reagiert der auf den SW-Sektor orientierte Radiomaximograph auf Blitzschläge in 300 km Entfernung (Fig. 18). Der Goniograph registriert die ersten Spuren einer Böe in der Richtung von 230°, im französischen Rhonetal.

Um 13 Uhr wandeln sich diese Punkte in Striche, andeutend, dass das Gewitter sich der Schweizergrenze nähert. Um 13 Uhr 30 meldet Genf Blitze über dem Salève und dem südlichen Jura. Die Böenlinie hat das schweizerische Plateau durchdrungen, und der Goniograph gibt genau die Richtung an (235 bis 240°).

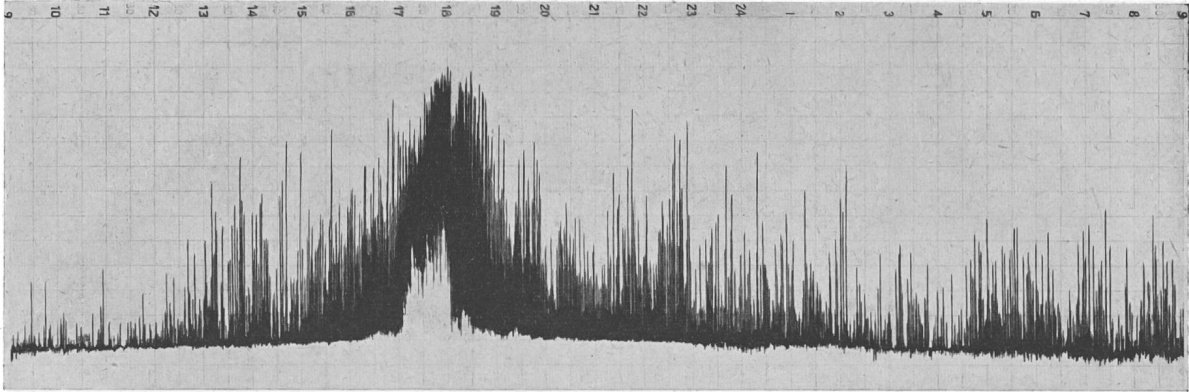
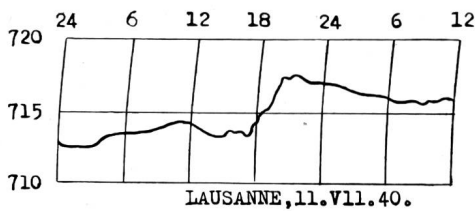
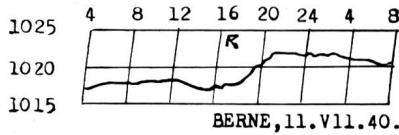


Fig. 18.

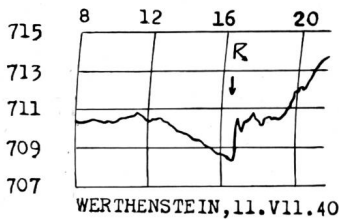
Aufzeichnung des Radiomaximographen am 11. Juli 1940



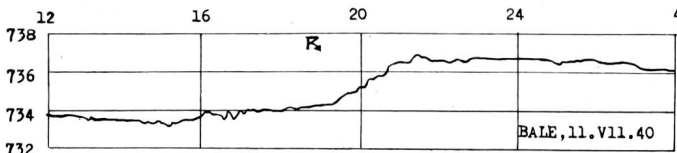
LAUSANNE, 11. VII. 40.



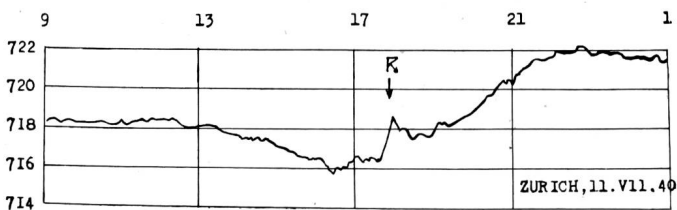
BERNE, 11. VII. 40.



WERTHENSTEIN, 11. VII. 40



BALE, 11. VII. 40



ZURICH, 11. VII. 40

Fig. 19.

Barometeraufzeichnungen in Lausanne, Bern, Werthenstein, Basel und Zürich am 11. Juli 1940

Nach 14 Uhr erweitert sich der Herd und nimmt die Form einer Pyramide an. Die frontale Isobronte dehnt sich vom «Petit Léman» bis zum «Lac de Joux» aus.

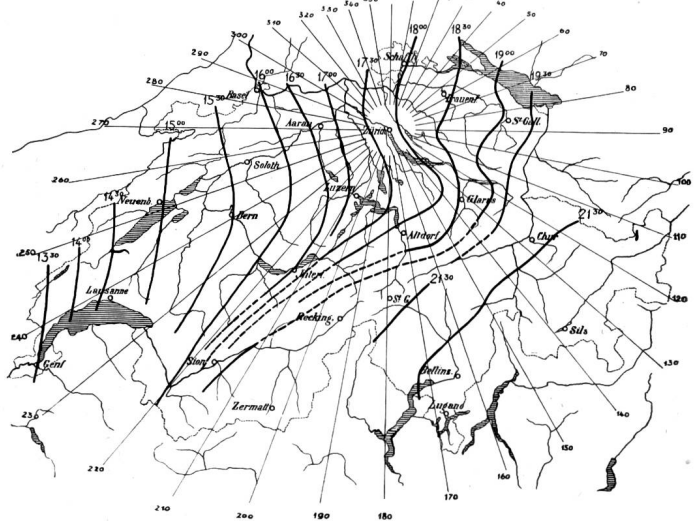


Fig. 20.

Isobrontenkarte vom 11. Juli 1940

Um 15.30 Uhr fegt die Böenlinie über den Kanton Waadt hinweg. Die Isobronte reicht von den Voralpen des Kantons Fribourg bis zum Bielersee. Einige Augenblicke später fällt der Blitz auf das Bundeshaus und lässt die Lichtleitungen schmelzen.

Um 16 Uhr 30 berührt die Böenlinie den Kanton Luzern. Das Barometer der Station Werthenstein registriert einen schönen Haken (Fig. 19).

Um 17 Uhr 50 wird der Böenvorhang von Zürich aus erblickt, breitet sich dann mit grossem Getöse über die Stadt aus. Es hagelt im Ueberfluss, und der Wind springt von SSW nach NNW.

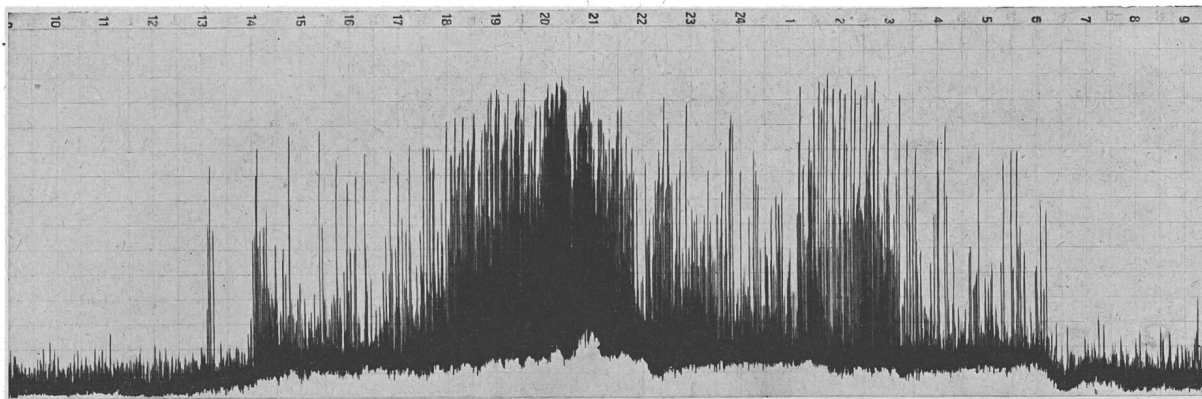


Fig. 21.

Aufzeichnung des Radiomaximographen am 24. September 1940

Um 18 Uhr passiert die Böenlinie genau den Zenith der Station und vereinigt sich mit der Axe des schmalen Sektors. Der Goniograph zeichnet eine schmale Fläche, die Azimute von 0 bis zu 360° umschliessend, für die Durchgangsdauer von einigen Minuten.

Um 18 Uhr 05 springt die Böe endgültig von SW nach NE und entfernt sich von der Stadt. Um 18 Uhr 45 nimmt die Intensität auf dem Radiomaximograph bereits rasch ab. Gegen 19 Uhr erweitert sich der Sektor wieder; das Gewitter erneuert sich in den aufsteigenden Hügeln des Zürcher Oberlandes, überzieht die Kantone St. Gallen und Appenzell, um gegen 21 Uhr 30 jenseits des Bodensees aufzuhören.

Die nach den Beobachtungen von 200 im Durchgangsgebiet der Störungen zerstreut liegenden Posten errichtete Isobrontenkarte entspricht in bemerkenswerter Weise den vom Radiogoniographen aufgezeichneten Spuren. Die Schnelligkeit der Böenlinie betrug 45 km/h (Fig. 20).

#### 9. Gewitterböenlinie vom 24. September 1940

Die Aufzeichnung gleicht auffallend derjenigen vom 11. Juli 1940. Gegen 13 Uhr lassen sich auf dem Radiomaximographen die ersten Symptome naher Gewitter erkennen (Fig. 21). Seit 14 Uhr unterscheidet man zwei stark geladene Fronten in den NE- und WSW-Sektoren. Die erste verlagert sich in den Kantonen Thurgau, St. Gallen und im Norden Graubündens. Die zweite, interessantere Front verläuft längs der ganzen Nordschweiz.

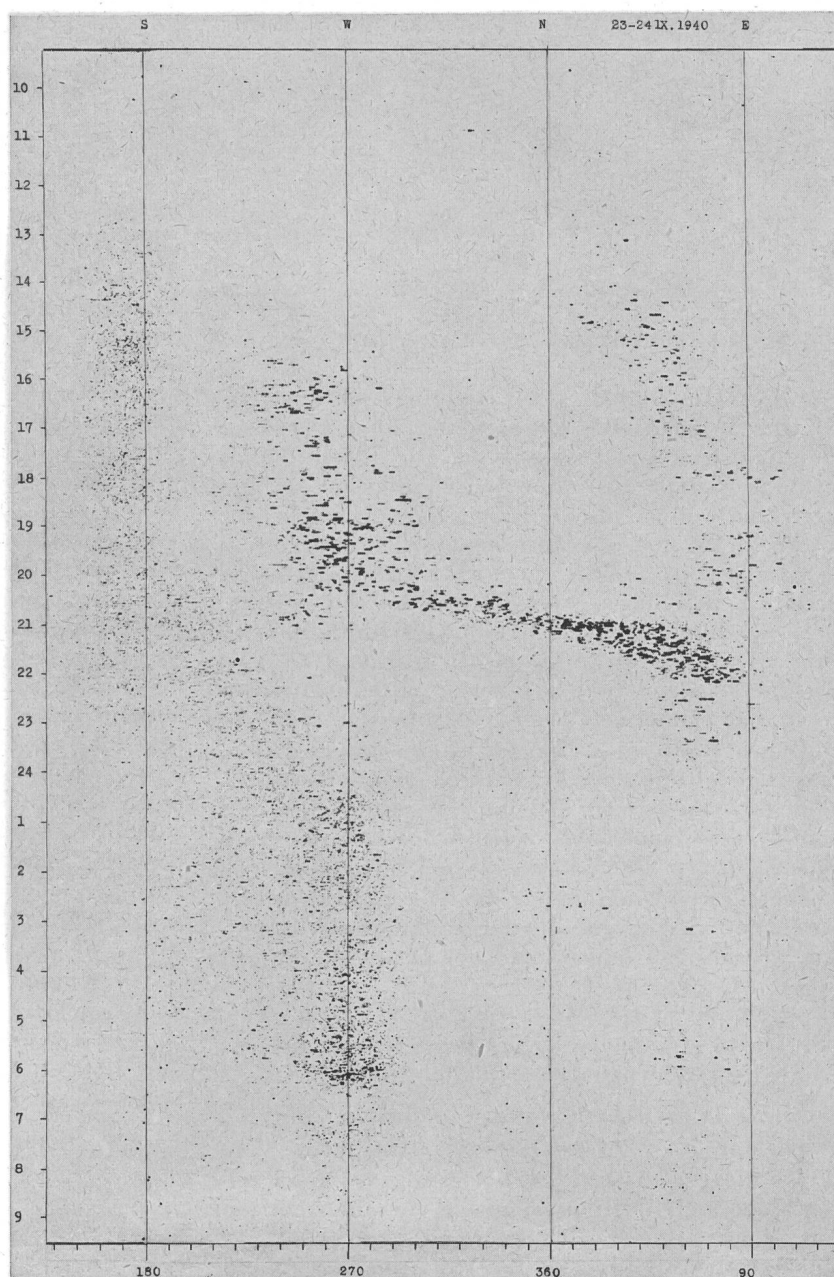


Fig. 22.

Aufzeichnung des Radiogoniographen am 24. September 1940

Gegen 15 Uhr bezeichnet der Radiomaximograph 250 bis 280 km als approximative Entfernung des Gewitters, in der Richtung  $W \frac{1}{4} SW$ . Die Fläche des Goniographen ist relativ schmal, die Front verlagert sich jenseits unserer Grenze bis um 17 Uhr (Fig. 22); um 18 Uhr bricht die Front vom Jura gegen Chaux-de-Fonds ein. Die Intensität nimmt stark zu. Um 19 Uhr verbindet die Isobronte in gerader Linie Basel und Bern (Fig. 23). Um 20 Uhr stellt sie sich zwischen Baden und den Hallwilersee, um nicht mehr nach Süden zu fallen. Dies ist ge-

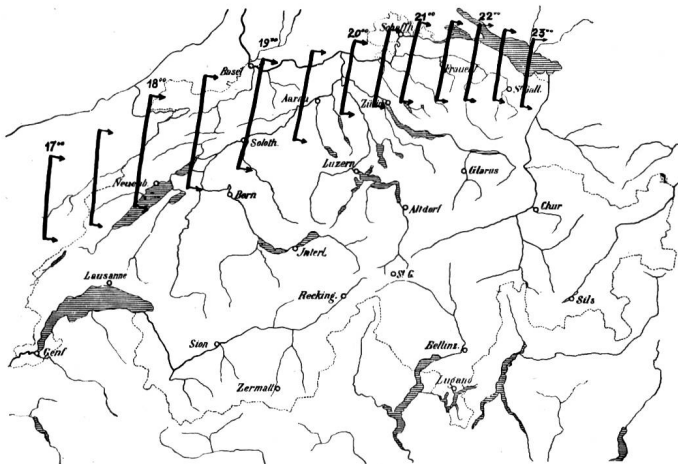


Fig. 23.  
Isobrontenkarte vom 24. September 1940

nau die vom Goniographen gepeilte Richtung. Um 20 Uhr 50 zieht sich das Gewitter über Oerlikon, den Registrierapparat streifend. Die Fläche dehnt sich im Azimut aus, ohne jedoch die  $360^\circ$  zu bestreichen, weil sie nur in Tangenten vorbeigeht. Insofern bleibt sich die Spur ausserordentlich getreu.

Um 21 Uhr meldet man über Dübendorf sehr heftige Blitzschläge, wo der Wind um  $180^\circ$  springt. Die Böenlinie entfernt sich vom Zürichberg in östlicher Richtung, um zwischen 21 Uhr und 23 Uhr das zuerst gemeldete Gewitter im Rheintal einzuholen. Die Schnelligkeit der Böenlinie war 42 km/h.

Dieses Beispiel ist um so interessanter, da die Feder gleichzeitig wichtige ferne Herde aufzeichnete, die von S nach SW und W wanderten und damit die bemerkenswerten Eigenschaften des neuen Zürcher Radiogoniographen vorzeigten.

Diese zwei Diagramme, die wir im Laufe der ersten Sommerperiode des Funktionierens von vielen ersten auswählten, zeigen, wie genau die Peilungen sind.

## 10. Die Verfallzeit der radiometeorologischen Gewittervorhersage in der Schweiz

### Aufruf an die Betriebsleitungen der Kraftübertragungsanlagen

Die bisherigen Darlegungen genügen, um zu zeigen, dass die Gewittervorhersage vor allen Dingen von einer guten radiometeorologischen Diagnose abhängt, die 500 bis 1000 km rund um unser Land erfasst. Dieser Bezirk hängt von der Jahreszeit ab, welche die Typen und die Schnelligkeit der Verla-

gerung der verschiedenen Gewitter bedingt, die im Winter gross ist, 50 bis 80 km/h, und im Sommer klein, 25 bis 60 km/h. Der allgemeine Anblick der Parasiten-Registrierungen bleibt merklich derselbe. Es ist also nicht gegeben, für alle von mir aufgezählten Gewitter Regeln über die Verfallzeit aufzustellen. Indessen kann man sagen, wenn besondere aerologische Disposition für lokale Gewitter vorliegt, dass diese höchstens 4 bis 8 Stunden vorausgesagt werden können. Hingegen lassen sich die Kaltfront-Gewitter und diejenigen der Gewitterzonen auf 24 Stunden voraussagen, aber ihre künftige Lokalisierung ist in unserem Lande in diesem Falle schwieriger zu bestimmen.

Wenn die Azimut-Komponente der Gewitter durch den Radiogoniographen mit bemerkenswerter Genauigkeit bekannt ist, genügen die beiden andern Komponenten, die Häufigkeit pro Minute und die absolute Intensität nur, um die Grössenordnung ihres Volumens und ihrer Entfernung anzugeben. Nach meiner Meinung ist ein einziger schweizerischer Posten, der mit diesen drei Apparaten ausgerüstet ist, ungenügend für die Gewittervorhersage, wenn man nicht ein gutes internationales Netz besitzt; dies ist gegenwärtig leider nicht der Fall.

Um die Verlagerung der Gewitter mit der erwünschten Genauigkeit für die praktische Anwendung zu verfolgen, d. h. mit einem Missgriff von nur einigen Kilometern bei Entfernungen von 200 bis 3000 km, wäre es nötig, dass wir über zwei vollständige radiogoniometrische Posten verfügen könnten zur Ausführung der Schnitte im Sinne des gewöhnlichen Triangulationsverfahrens. Einer dieser Posten sollte im Tessin liegen und der zweite an der Grenze der französischen Schweiz. Dieses Dreieck von 160 bis 180 km Seitenlänge würde völlig genügen, um die geographische Lage aller unser Land interessierenden fremdländischen Gewitter zu peilen, um in einem Bezirk, der vom Mittelmeer bis zum Atlantischen Ozean reicht, trigonometrisch aufzunehmen. Diese Posten würden telephonisch synchronisiert, auch könnten sie gewiss schätzbare Dienste zugunsten der Kraftübertragungsanlagen leisten, weil sie nicht nur die Ankunft der Böenlinie voraussehen und die Entwicklung der Gewitter jeder Art zu verfolgen erlauben, sondern auch für jeden Augenblick die genaue Lage für die ganze Schweiz und besonders für die Alpen bestimmen, wo wir keine Beobachter haben.

Die Kosten der Ausführung und Ueberwachung einer solchen Triangulation wären nicht hoch. Es ist eine einfache Organisationsfrage, und ich appelliere hier an die Elektrizitätswerke, die uns helfen mögen, diese Idee weiter zu entwickeln.

### Literatur

1) Jean Lugeon: «Variation de la transparence de l'atmosphère dans la région du Lac Léman.» Bull. Soc. Vaudoise des Sciences Naturelles 1920, Lausanne 1920.

2) Jean Lugeon: «Un appareil radioélectrique pour déceler l'origine géographique de l'air.» Séance de la G. M. A. 1927. Archives Sc. Phy. et Nat., 5<sup>e</sup> Période, Vol. 10, Genève 1928.

<sup>3</sup>) Jean Lugeon: «Sur la nécessité d'une station polaire permanente d'observations radiométéorologiques pour les services de prévision du temps, suivi d'un appendice donnant la description sommaire des atmoradiographes et radiogoniographes.» In-8°, 96 pages, 65 figures, Warszawa 1935. (Dieses Buch enthält ein Résumé der Arbeiten des Verfassers und eine bibliographische Liste von 1920 bis 1935.)

<sup>4</sup>) Robert Bureau: «Les foyers d'atmosphériques.» Mémorial de l'Office National Météorologique de France, No. 25, Paris 1936. (Es handelt sich um die grundlegende Arbeit von R. Bureau. Sie enthält die Zusammenfassung seiner hauptsächlichsten Ideen und eine vortreffliche Bibliographie seiner von 1924 bis 1936 erschienenen Arbeiten; es sei hier

ausdrücklich darauf hingewiesen.) Siehe auch: «Les atmosphériques de la radio auxiliaires du météorologiste, du radioélectricien, de l'astronome.» Bulletin SEV 1939, Nr. 10, S. 257.

<sup>5</sup>) Jean Lugeon et Guido Nobile: «Le radiomaximographe-enregistreur d'intensité des parasites atmosphériques de la Station centrale suisse de météorologie.» Annales MZA 1938, Zürich 1939.

<sup>6</sup>) Jean Lugeon: «Le radiogoniographe de la Station centrale suisse de météorologie et son utilisation pour la prévision du temps.» Annales MZA 1939, Zürich 1940.

<sup>7</sup>) Jean Lugeon: «Brèves remarques concernant le mécanisme des orages de l'année 1925.» Annales MZA 1925, Zürich 1926.

## Peilgerät für atmosphärische Störungen

Vortrag, gehalten an der 6. Hochfrequenztagung des SEV am 6. Juni 1942 in Bern, von Guido Nobile, Zürich

621.396.91

*Es wird das vom Autor für die schweiz. Meteorologische Zentralanstalt gebaute automatische Peilgerät für die atmosphärischen Gewitterstörungen beschrieben. Mit diesem Gerät, Radiogoniograph genannt, werden die azimutalen Richtungen elektrischer Störungen, die von den Blitzen erzeugt werden, automatisch in Funktion der Zeit registriert, und zwar auf 1° genau, gleichgültig, ob das Gewitter ganz nahe oder sehr weit entfernt, beispielsweise an der amerikanischen Küste des Atlantiks, liegt. Die Peilungen sehr weit entfernter Gewitter sind auch dann ohne weiteres möglich, wenn in der Nähe stärkste Gewitterherde vorhanden sind.*

*L'auteur décrit le radiogoniographe de parasites atmosphériques, qu'il a construit pour la Station centrale suisse de météorologie. Cet appareil enregistre automatiquement avec une précision de 1° les directions azimutales des parasites électriques produit par des éclairs, ceci indépendamment de la distance à laquelle se trouve l'orage, par exemple à la côte américaine de l'Atlantique. La radiogoniométrie des orages très éloignés est possible, même s'il se trouve à proximité immédiate de l'enregistreur des foyers orageux des plus violents.*

Die Fortschritte der Hochfrequenztechnik haben vielen Wissenschaften neue Möglichkeiten und neue Wege eröffnet. So verwendet die moderne Meteorologie mehr und mehr technische Geräte, deren Entwicklung und Konstruktion Aufgabe des Hochfrequenz-Ingenieurs ist. Ich möchte hier zum Beispiel die Radiosonden, die Apparaturen für die Messung der Höhe der ionisierten reflektierenden Schichten usw. erwähnen.

Ein neuer Apparat, der dazu gekommen ist und sich als wertvoll erwiesen hat, ist das automatische Peilgerät für die atmosphärischen Gewitterstörungen. Mit Hilfe dieses Gerätes, Radiogoniograph genannt, werden die azimutalen Richtungen der elektrischen Störungen, die von den Blitzen der Gewitter erzeugt werden, automatisch in Funktion der Zeit registriert.

Es ist damit möglich geworden, warme Fronten und Böenlinien, d. h. gewitterreiche Luftmassen, rein elektrisch zu peilen und deren Fortpflanzung kontinuierlich zu verfolgen. Die Reichweite des Radiogoniographen ist ausserordentlich gross: Gewitterhafte Zonen, welche sich vor der amerikanischen Küste befinden, werden mit Sicherheit registriert, und zwar auch dann, wenn über der Schweiz starke Gewitter vorhanden sind. Was für eine wertvolle Hilfe dieser Apparat für den Meteorologen darstellt, insbesondere für die Wettervoraussage, ist ohne weiteres einleuchtend.

Von der Schweiz. Meteorologischen Zentralanstalt in Zürich (MZA) wurde mir vor einigen Jahren auf Anregung von J. Lugeon, dem schweizerischen Pionier und Gründer der Radiometeorologie, die Aufgabe gestellt, einen solchen Apparat zu entwickeln und zu konstruieren. Der Goniograph arbeitet seit mehr als zwei Jahren zu voller Zufrie-

denheit; er erfüllt vollständig jede Erwartung, die man an ihn gesetzt hatte.

Die von den Wolkenentladungen erzeugten elektromagnetischen Signale zeigen normalerweise einen aperiodischen Verlauf und sind imstande, elektrische Resonanzkreise in einem sehr grossen Frequenzbereich zu erregen. Die Fouriersche Analyse des Verlaufes dieser Störungen, sowie die praktische Erfahrung ergeben, dass die Energie in einem Frequenzband von einigen kHz bis zu einigen MHz reicht. Das Maximum liegt im Bereich der sogenannten langen Wellen.

Der Empfang dieser Störungen kann also entweder mit aperiodischen oder mit selektiven Empfängern erfolgen. Für die Registrierung ist es aber erforderlich, dass der Empfang nicht von Telegraphie- und Rundfunksendern gestört wird. Nur ein hochselektiver Empfänger ist imstande, diese Bedingung zu erfüllen, wenn die Signale, die registriert werden müssen, aus grosser Entfernung kommen und demzufolge sehr schwach sind. Es ist dabei zu bemerken, dass das von den Störungen hervorgerufene Signal der Wurzel der Bandbreite des Apparates proportional ist, und aus diesem Grunde muss die Empfindlichkeit des Empfängers mit seiner Selektivität gesteigert werden. Für den Empfang auf sehr langen Wellen (z. B. 11 000 m) hat sich eine Bandbreite von ca. 3 kHz als sehr vorteilhaft erwiesen.

Bei sehr grossen Selektivitäten, die durch Verwendung von Kreisen hoher Güte zu erreichen sind, tritt zwangsläufig eine grosse Verlängerung der einzelnen Störungen ein. Bei grosser Frequenz der Störungen ist es dann möglich, dass die einzelnen Störungen nicht genug Zeit finden, um sauber abzuklingen, und sie sich in ungewünschter Weise gegenseitig beeinflussen. Es ist daher vorteilhaft, die