

## Luftelektrische Erfahrungen in den Polargebieten

Von Prof. Dr. H. Israë l.

Meteorologisches Observatorium Aachen des Deutschen Wetterdienstes,

Die außergewöhnlichen Klimaverhältnisse der polaren Eis- und Schneewüsten bieten für das Studium der atmosphärischen Geschehnisse und ihrer Ursachen die Möglichkeit zur Untersuchung extremster Grenzfälle. Die Expeditionsarbeit in den Polarzonen vermag deshalb die Aufdeckung der inneren Kausalzusammenhänge u. U. nicht unwesentlich zu erleichtern. Ein besonders interessantes Beispiel dafür bietet die Entwicklung der luftelektrischen Forschung.

Die ersten luftelektrischen Messungen in den Polargebieten kommen in der 2. Hälfte des vorigen Jahrhunderts zur Durchführung. Anlaß dazu gibt die in dieser Zeit einsetzende Erweiterung und Fortentwicklung der luftelektrischen Forschung, die der Erkenntnis entspringt, daß man zum Verständnis dieser Erscheinungen ihr Verhalten in möglichst verschiedenen Gegenden und Klimaten untersuchen muß. Im Zuge dieser Entwicklung gewinnen die Arbeiten in den Polargebieten rasch an Interesse, so daß bei fast allen wissenschaftlichen Polarfahrten luftelektrische Untersuchungen mit auf dem Forschungsprogramm stehen.

Diese Erweiterung sollte sich rasch als besonders fruchtbar erweisen; denn gerade auf Grund der in den Polargebieten gewonnenen Erfahrungen über die atmosphärisch-elektrischen Variationen wurden die ersten entscheidenden Schritte zur Lösung des luftelektrischen Grund- und Existenzproblems getan. Wir wollen diese Entwicklung kurz verfolgen.

Das erste wichtige Ergebnis stammt zwar nicht aus der eigentlichen Polarregion, aber aus einem Gebiet mit ähnlichen Klimabedingungen und zwar aus Mittelsibirien z. Z. des Hochwinters:

Franz Exner in Wien hatte folgende Vorstellung entwickelt: Der Erde ist von ihrer Entstehung an eine negative Ladung mitgegeben, die sich als atmosphärisch-elektrisches Feld manifestiert. Da die Luft ein Isolator ist, kann von dieser Ladung nichts verlorengehen. Verdunstet Wasser von der Erdoberfläche, so geht damit ein Teil der Ladung in die Atmosphäre über; das Feld in Bodennähe muß sich also abschwächen, und zwar um so stärker, je mehr Wasserdampf in die Atmosphäre gelangt. Da der atmosphärische Wasserdampfgehalt regelmäßigen Schwankungen im Laufe eines Tages und Jahres unterliegt, so muß das elektrische Feld in Bodennähe entsprechende Variationen durchlaufen.

Exners Schüler, H. Bennndorf, der 1899/1900 im extrem wasserdampfarmen Winterklima Mittelsibiriens nach den von Exner dort zu erwartenden hohen Potentialgefälle-Werten suchte, fand stattdessen ein Potentialgefälle gleicher Größenordnung wie in Mitteleuropa.

Da nach diesem Ergebnis die Exnersche Hypothese aufgegeben werden mußte, leitet Bennndorfs Sibirienfahrt einen neuen Abschnitt ein; an Stelle des Exnerschen Suchens nach einem Zusammenhang zwischen den meteorologischen und elektrischen Vorgängen in der Atmosphäre tritt in der Folgezeit das Bestreben nach möglichst völliger Trennung zwischen beiden. Diese Entwicklung wird zwar, wie wir heute wissen, den wirklichen Gegebenheiten nicht gerecht, hat aber gerade durch die Abstraktion vom meteorologischen Geschehen die Möglichkeit geliefert für die Aufdeckung der weltweiten Zusammenhänge und für die Unterscheidung zwischen den beiden uns heute bekannten Steuerungsmechanismen in der Luftelektrizität.

Fast gleichzeitig mit dem Bennndorfschen Ergebnis wurde durch die Entdeckung der Luftionisation die Anschauung vom Wesen der luftelektrischen Erscheinung grundlegend verändert; danach ist die Luft kein absoluter Nichtleiter, wie man bis zu Exner annahm, sondern sie besitzt eine wenn auch geringe elektrische Leitfähigkeit. Jetzt erschien das Potentialgefälle in der Atmosphäre als Ausdruck eines Gleichgewichtszustandes zwischen zwei einander entgegenwirkenden Vorgängen, von denen der eine eine Ladungsverteilung schafft, die ein elektrisches Feld zur Folge hat, während der andere diese Ladungstrennung und damit

das Feld zum Verschwinden zu bringen sucht, — Der zweite Vorgang war sofort als die Folge der Leitfähigkeit der Luft zu erkennen, während der erste vorläufig lange Zeit im Verborgenen blieb.

Damit ist das bekannte luftelektrische Grundproblem skizziert, wie es sich am Anfang des Jahrhunderts darbot. Seine Lösung bereitete bekanntlich außerordentliche Schwierigkeiten, die erst im Verlauf von Jahrzehnten überwunden werden konnten. In dieser Entwicklung sollte den luftelektrischen Untersuchungen im Polargebiet entscheidende Bedeutung zufallen.

Man kann leicht zeigen, daß der Tagesgang des luftelektrischen Potentialgefälles unter gewissen Voraussetzungen ein Abbild für die tägliche Veränderlichkeit des gesuchten Aufrechterhaltungsvorganges zu liefern vermag (1). Voraussetzung dafür ist, daß die örtlichen meteorologischen Variationen in ihrer Einwirkung auf die luftelektrischen Verhältnisse gering bleiben. Diese Voraussetzung ist, wie wir heute wissen, über den weiten Eis- und Schneeflächen der Polargebiete weitgehend erfüllt, sofern man hier die Betrachtung auf sogen. „ungestörte Zeiten“ beschränkt, d. h. alle Zeiten mit elektrisch getönten örtlichen Einflüssen (z. B. Niederschlagszeiten u. ä.) ausschließt.



Oben: Mittlerer Tagesgang des luftelektrischen Potentialgefälles an ungestörten Tagen in Prozentual-Darstellung in Karasjok/Lapland nach G. C. Simpson (2), aufgetragen nach Ortszeit.  
Unten: Das gleiche für Kap Evans nach G. C. Simpson (3).

Im Jahre 1903/04 führte G. C. Simpson in Karasjok/Lapland ( $69,3^{\circ}$  N;  $25,6^{\circ}$  E) ein Jahr lang Registrierungen des luftelektrischen Potentialgefälles durch und erhielt für ungestörte Zeiten den in Abb. 1 oben dargestellten Tagesgang. 1911/12 fand er während der britischen antarktischen Expedition in Kap Evans ( $77,6^{\circ}$  S;  $166,5^{\circ}$  E) den in Abb. 1 unten wiedergegebenen Gang, der nahezu spiegelbildlich zu dem von Lapland verlief. Gleichzeitig ergab sich, daß er auch mit anderen bei französischen Expeditionen in ähnlichen antarktischen Breiten — Graham-Land und Petermanninsel — gefundenen Tagesgängen nicht übereinstimmte.

Die Unstimmigkeiten fanden ihre Aufklärung, als man die Tagesgänge des Potentialgefälles nicht mehr nach Ortszeit, sondern nach Weltzeit aufzeichnete (4);

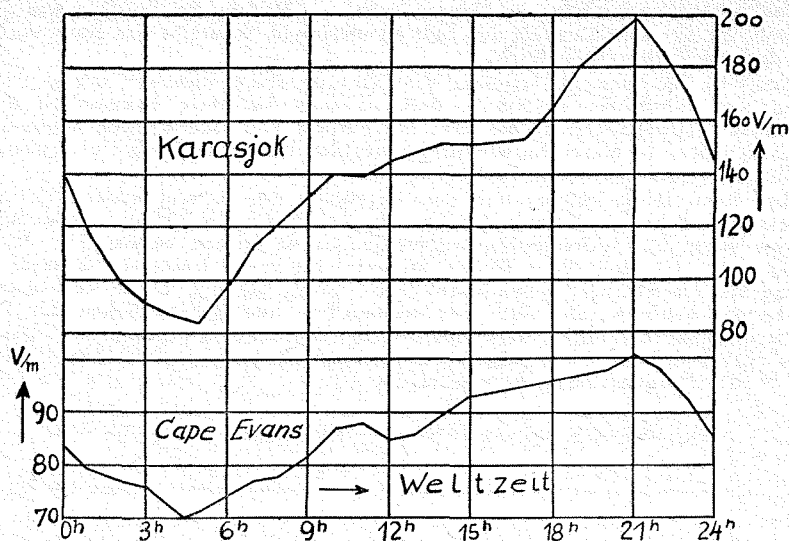


Abbildung 2: Das gleiche wie in Abbildung 1, aufgetragen nach Weltzeit (GMT).

wie aus den beiden Teilbildern der Abb. 2 hervorgeht, werden dann z. B. die Aufzeichnungen von Karasjok und Kap Evans phasengleich. Es lag die Vermutung nahe, daß die Tagesgänge des Potentialgefälles in den Polarregionen auf der ganzen Erde gleichartig und phasengleich verlaufen. Dies hat sich in der Tat bestätigt.

Wie Abb. 3 für sechs verschiedene Polarstationen zeigt, fallen in den „ungestörten“ Tagesgängen die Maxima und Minima zeitlich zusammen.

Diese Eigenschaft des luftelektrischen Feldes ist, wie sich später zeigte, nicht auf die Polargebiete beschränkt:

S. J. M a u c h l y (9) kam 1921 bei der Bearbeitung der Potentialgefälle-Untersuchungen der Carnegie-Institution auf den verschiedenen Weltmeeren zu dem gleichen Ergebnis.

Da sich die beiden Gangtypen — der polare und der ozeanische Tagesgang — als gleichartig und gleichphasig erwiesen, war damit eine Erkenntnis von außerordentlich weittragender Bedeutung gewonnen; denn der Befund einer weltweitsynchronen Tagesschwankung des luftelektrischen Feldes über wasser- und eisbedeckten Gebieten der Erde ließ vermuten, daß sich darin ein luftelektrisches Grundphänomen der Gesamtatmosphäre manifestiert. In der Tat sollte die Ausdeutung dessen zur Aufklärung des Grundproblems (Aufrechterhaltung eines luftelektrischen Zustandes) führen.

Ohne hier auf die Einzelheiten dieser Entwicklung näher eingehen zu können, soll ihr Endergebnis betrachtet werden.

Grundursache des atmosphärisch-elektrischen Geschehens ist die Gewittertätigkeit. Diese erzeugt als „Generator“ eine Potentialdifferenz zwischen der Erdoberfläche und den leitfähigen Schichten der Hochatmosphäre, die als luftelektrisches Feld kenntlich wird.

Die Schwankungen der Gewittertätigkeit, die infolge der ungleichmäßigen Verteilung von Land und Wasser im Laufe einer Erdumdrehung um ihre Achse zustandekommen, treten als die — auf der ganzen Erde phasengleich verlaufenden — Schwankungen des luftelektrischen Feldes in Erscheinung.

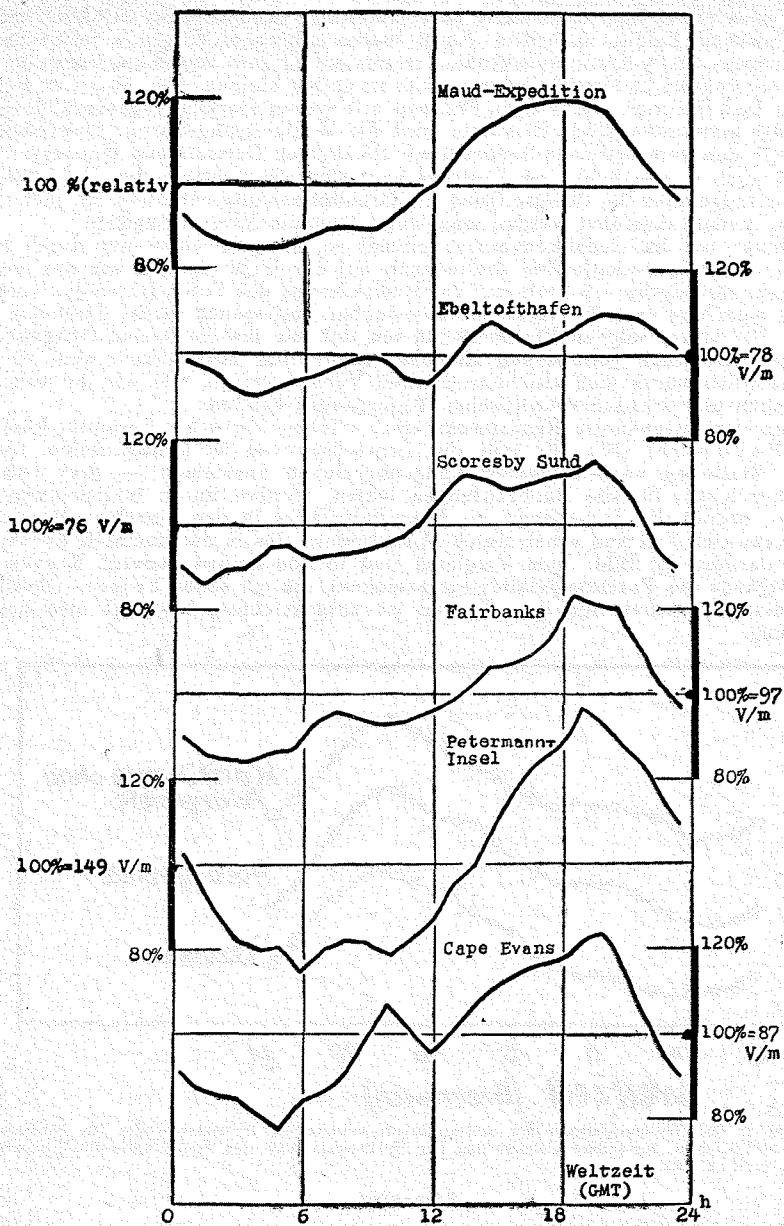


Abbildung 3: Mittlere Tagesgänge des luftelektrischen Potentialgefälles an arktischen und antarktischen Stationen in Prozentualdarstellung, nach Weltzeit (GMT) geordnet: Maud-Expedition (Aketic) (5) — Ebeltothafen/Spitzbergen (79,1 N; 11,6 E) (4) — Scoresby-Sound/Grönland (70,5 N; 22,0 W) (6) — Fairbanks/Alaska (64,9 N; 147,8 W) (7) — Petermann-Insel/Grahamland (65,2 S; 64,2 W) (8) — Cape Evans/Südpolarkontinent (77,6 S; 166,5 E) (3).

Da nach einem hier nicht näher zu erläuternden Mechanismus der Verlauf des luftelektrischen Feldes außerdem durch meteorologische Vorgänge mitbestimmt wird, so kann der weltweit-synchrone Verlauf nur da zum Vorschein kommen, wo die meteorologisch bedingten Tagesvariationen gering bleiben, d. h. über den Polargebieten und Ozeanen. Über dem Festland mit seinen starken Tagesveränderlichkeiten der meteorologischen Elemente wird der Weltzeitgang bis zur Unkenntlichkeit durch den vom örtlichen Sonnenstand abhängigen Ortszeitgang überlagert.

Daß auch in den über dem Festland nach Ortszeit verlaufenden Tagesgängen des Potentialgefälles der Weltzeitgang als Grundphänomen enthalten ist, läßt sich, wie zum Schluß angeführt werden mag, auf folgendem Wege beweisen:

Nehmen wir im Gedankenversuch einmal an, es gäbe einen nur durch festländische Gebiete verlaufenden Breitenkreis auf der Erde, denken wir uns weiter auf diesem eine Reihe von Stationen zur Registrierung des Potentialgefälles verteilt und die einzelnen nach Universalzeit geordneten Tagesgänge dieser Stationen gemittelt. Bei einem solchen Verfahren müssen sich die jeweils in den Gängen enthaltenen ortszeitlich gebundenen Einflüsse gegenseitig ausgleichen; eine so gewonnene Mittelkurve muß also den gleichen Verlauf zeigen, wie wir ihn von den ozeanischen und arktisch/antarktischen Tagesgängen kennen.

Über eine angenäherte Realisierung eines solchen Versuches berichtet kürzlich N. A. Paramoff (10). Er faßt die Ergebnisse von 60 kontinentalen, nichtpolaren Stationen nach einzelnen Längenbereichen zusammen — drei von 24 Längenbereichen, für die Beobachtungen fehlen, werden durch Interpolation ergänzt —, ordnet die Tagesgänge des Potentialgefälles in den einzelnen Bereichen nach Greenwich-Zeit und erhält durch Mittelbildung das in der obersten Kurve der Abb. 4 dargestellte Bild. Zum Vergleich sind in den beiden anderen Kurven die Weltzeitgänge des Potentialgefälles eingezeichnet, die wir schon kennen. Die Übereinstimmung zwischen den drei Kurven ist ausgezeichnet, bestätigt also unsere Erwartung.

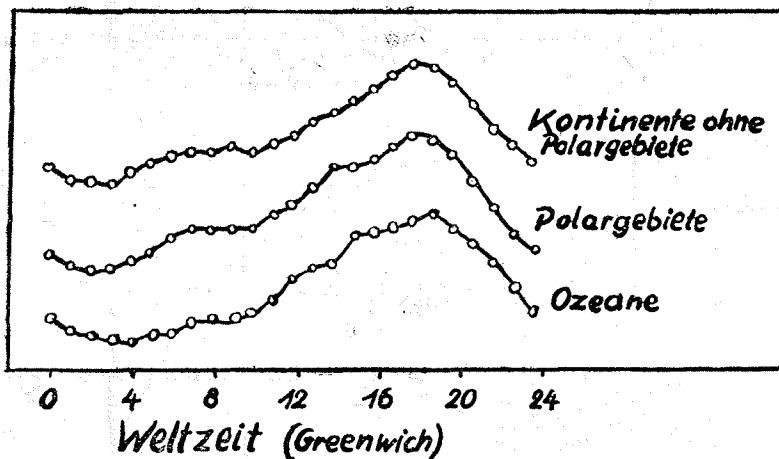


Abbildung 4: Die Weltzeitperiode des atmosphärisch-elektrischen Potentialgefälles für kontinentale, nichtpolare Stationen, für polare Gebiete und für die Ozeane nach der Zusammenstellung von N. A. Paramoff (10).

#### Literatur

- (1) H. Israël. Die elektrischen Verhältnisse der Atmosphäre. Ministère de l'armement, Laboratoire d'Etudes Ballistiques de Saint-Louis, Rapport Nr. 33/46, Tagungsber. „Physik der hohen Atmosphäre“ 8.85—100, St. Louis 25. 9. 1946.
- (2) G. C. Simpson. Atmospheric electricity in high latitudes. Phil. Trans. R. Soc., A 205, 61—97 (1905).
- (3) G. C. Simpson. British antarctic expedition 1910—1913. Kalkutta 1919 (s. a. Quart. Journ. Roy. Met. Soc. 40, 221 ff. 1914).

- (4) K. Hoffmann. Bericht über die in Ebeltoftshafen auf Spitzbergen ( $11^{\circ} 36' 15''$  E.,  $79^{\circ} 9' 14''$  N.) in den Jahren 1913/14 durchgeführten luftelektrischen Messungen. Beitr. z. Phys. der fr. Atm. 11, 1—19, 1924.
- (5) H. U. Sverdrup. Ergebnisse der Messungen des Potentialgefälles auf der „Maud“-Expedition. Zeitschrift f. Geophys. 3, 93 ff. 1927
- (6) M. A. Dauvillier. L'électricité atmosphérique. Année polaire internationale 1932—1933, Tome II, Paris 1938.
- (7) O. H. Gish u. K. L. Sherman. Analysis of local atmospheric-electric phenomena at College, Alaska. Terr. Magn. 45, 173—190, 1940.
- (8) J. Rouch. Observatoires d'électricité atmosphérique faites dans l'Antarctique pendant l'expédition Charcot (1909). — Ann. Soc. met. France, Mai, 1912 et deuxième expédition antarctique française, 1908—1910, Paris 1913. (s. a. Compt. Rend. 151, 225, 1910 und Annuaire Soc. Mét. France 59, 117, 1911).
- (9) S. J. Mauchly. Studies in atmospheric electricity based on observatoins made on the Carnegie, 1915—1921. Res. Dept. Terr. Mag. Carnegie Inst. Wash., Pub. 175, 5, 385—424 (1926) (s. a. Phys. Rev. 18, 161—162 (1921); Terr. Mag. 28, 61—81 (1923)).
- (10) N. A. Paramonoff. Über die Weltzeitperiode des atmosphärisch-elektrischen Potentialgradienten (russisch) Dokl. Akad. Nauk S. S. R. 70, 37—38, 1950.

## Eisinseln in der Arktis

Von Karl-Heinz T i e d e m a n n , Kiel.

Am 14. August 1946 wurde von einem Flugzeug der US-Air-Force eine 500 qkm große Insel auf  $76^{\circ} 15' N$  und  $160^{\circ} 15' W$  festgestellt, die sich als eine riesige Eisscholle entpuppte. Diese Entdeckung wurde zunächst geheimgehalten, und der Insel die Bezeichnung „Target 1“ gegeben. Diese Eisinsel trieb mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 2,2 km pro Tag. Die Bewegung ging in westlicher Richtung bis  $179^{\circ} W$ , um dann allmählich nach Norden und später nach Nordost umzuschwenken. Auf ihrer Drift näherte sich die Insel bis auf drei Breitengrade dem Pol. Hier wurde sie auf  $100^{\circ} W$  von nördlichen Strömungen erfaßt. Trotz laufender Beobachtungen verlor man diese Eisinsel am 6. 10. 1949 aus den Augen und fand sie erst 26 Monate später, am 23. 12. 1951, an der Küste von Ellesmere Land wieder. Hier befand sie sich erneut in einer Westdrift, mit der sie in den nächsten vier Monaten über 90 km nach Westen trieb.

Diese Eisinsel hat eine verhältnismäßig ebene Oberfläche, auf der sich in Abständen von etwa 900 m parallele Wälle von einem halben Meter Höhe befinden. Sie unterscheidet sich durch ihre einheitliche Struktur vollkommen vom Packeis. Die Gesamtdicke beträgt etwa 20 m. Auf der Oberfläche zeigen sich Rinnen von Tauperioden. Diese Eisinseln sind wegen ihrer Dicke stärksten Stürmen und Meeresströmungen gewachsen. Man kann daher bei ihnen mit einer Lebensdauer von vielen Jahren rechnen. Auch besteht keine Gefahr, daß sie in den Sommermonaten zu stark abschmelzen; der durch Schmelzen verursachte Verlust an Dicke beträgt höchstens 60 cm bis 1 m. Die Wälle auf dem Eis sind charakteristisch für Schelfeis und finden sich in dieser Form sowohl in der Antarktis als auch an der Küste von Ellesmere Land. Ihre Entstehung ist noch nicht eindeutig erklärt. Man führt sie auf die Einwirkung verschiedener Faktoren zurück wie Seegang, Windeinfluß, Gezeiten und Pressung durch Packeis.

Später entdeckte man weitere Eisinseln. Ein Vergleich der Eisinseln mit Beschreibungen aus der älteren Polarliteratur läßt vermuten, daß solche schon früher beobachtet, aber nicht näher erkannt sind. So finden sich Beschreibungen über derartige Inseln bei Parry, Hayes, Nares, Greely, O. Sverdrup, Peary, F. A. Cook, Bernier, Storkerson und Stefansson.

Am 21. Juli 1950 wurde eine weitere große Eisinsel auf  $86^{\circ} 40' N$ ,  $167^{\circ} O$  festgestellt. Dieses ist die größte der bisher gefundenen Inseln mit rund 775 qkm. Sie erhielt die Bezeichnung „T 2“. Die weitere Drift führte sie unmittelbar am Nordpol vorbei und auf  $20^{\circ} W$  wieder nach Süden. Sie treibt jetzt in Richtung auf Nordgrönland, wobei abzuwarten ist, ob sie sich im weiteren Verlauf wieder nach Westen wendet oder vom Ostgrönlandstrom erfaßt wird. Auch diese Insel