

FUNKTECHNISCHE MONATSHEFTE

FÜR RUNDFUNK / HOCHFREQUENZTECHNIK UND GRENZGEBIETE
BEGRÜNDET VON DR. P. GEHNE UND PROF. DR. G. LEITHÄUSER



Bezugspreis vierteljährlich RM 3,— / Beim Postbezug sind hierin die Zeitungsgebühr von 9 Pf. und die Verpackungskosten von 2 Pf. enthalten / Die Zustellungsgebühr beträgt im Vierteljahr 6 Pf.

JANUAR 1938

HEFT 1

Neues über den Dellinger-Effekt

Von G. LEITHÄUSER und B. BECKMANN

Mitteilung aus dem Institut für Schwingungsforschung

Der seit einigen Jahren beobachtete Dellinger-Effekt besteht bekanntlich in dem plötzlichen Auftreten eines Empfangsschwundes im Gebiete der kurzen Wellen. Es werden hiervon vorwiegend die Wellen zwischen 14 und 80 m bei der Weitausbreitung betroffen. Nach den Angaben DELLINGERS steht die Erscheinung in unmittelbarem Zusammenhang mit Vorgängen auf der Sonne. Es ist für das Auftreten des Effektes nicht die normale Sonnenstrahlung maßgeblich, sondern vornehmlich die Fleckentätigkeit. Insbesondere scheinen die Fackelbildung am Rande der Sonnenflecken und Ausbrüche aus der Sonnenoberfläche für das Entstehen des Effektes entscheidend zu sein. Daher ist es grundsätzlich falsch, jedes Auftreten eines Schwundeffektes in dem erwähnten Wellengebiet als „Dellinger-Effekt“ zu bezeichnen; vielmehr dürfen nur diejenigen Ausfälle in der Funkverbindung über größere Entfernungen dazu gerechnet werden, bei denen tatsächlich eine veränderte Sonnentätigkeit stattgefunden hat.

Da für die Ausbreitung der kurzen Wellen in erster Linie das F-Gebiet der Ionosphäre in Frage kommt, so muß beim Auftreten des Dellinger-Effektes eine Veränderung der F-Schicht feststellbar sein. Eine solche ist von dem einen von uns in einer früheren Veröffentlichung gezeigt worden¹⁾. Zur Klärung des Effektes an sich ist es nun von großer Wichtigkeit, an mehreren Orten der Erde gleichzeitig Höhenregistrierungen der Ionosphäre vorzunehmen, da nur durch den Vergleich solchen Beobachtungsmaterials hinsichtlich zeitlichen Auftretens und Aussehens der Veränderung richtige Schlüsse über seine Natur gezogen werden können.

Neuerdings hat Dr. DELLINGER in den Proceedings of the Institute of Radio Engineers im Oktoberheft 1937 eine ausführliche Arbeit über den Effekt veröffentlicht. Die in der Arbeit mitgeteilten Schwundzeiten liegen im Jahr 1936. Da in diesem Jahr unter der Leitung des einen von uns ebenfalls Dauerregistrierungen der Ionosphärenschichten in der Nähe von Berlin durchgeführt worden sind, so besteht die Möglichkeit, die von DELLINGER angegebenen Schwundzeiten an den betreffenden Registrierstreifen nachzuprüfen und damit Vergleiche über den Effekt anzustellen.

Bei Betrachtung der angegebenen Tage und Stunden fällt sofort auf, daß in unseren Registrierstreifen niemals eine Schichtveränderung nachzuweisen ist, wenn sich unser Beobachtungsort auf der Nachtseite der Erde befindet. Damit wird die auch schon von DELLINGER geäußerte Ansicht bestätigt, daß der Effekt nur auf der sonnenbeschienenen Erdseite auftritt. Tatsächlich finden wir zu allen angegebenen Beobachtungszeiten, bei denen sowohl in Amerika als auch an unserem Beobachtungsort

gleichzeitig Sonnenstrahlung vorhanden gewesen ist, den Effekt als solchen aufgezeichnet. Bemerkenswert ist die recht genaue Übereinstimmung der Zeit des Einsetzens.

Es soll nun ein Vergleich der Erscheinungen an unseren Registrierstreifen mit den von DELLINGER angegebenen erfolgen. Angeführt sind in der betreffenden Arbeit die Tage: April 6. und 8.; Mai 28.; August 25.; November 6. Sämtliche Tage liegen im Beobachtungsjahr 1936. Am 25. August tritt in Amerika der Effekt um 18 Uhr 30 mittlerer Greenwicher Zeit ein, am 6. November um 16 Uhr 20. In beiden Fällen haben wir gemäß unserer Ortszeit bereits den Sonnenuntergang hinter uns, wir liegen demnach auf der nicht von den Sonnenstrahlen getroffenen Erdseite. Wie bereits oben erwähnt, zeigen die zugehörigen Registrierstreifen zu diesen Zeiten nichts Ungewöhnliches.

Am 6. April findet DELLINGER den Einsatz des Schwundeffektes um 13 Uhr 50 MGZ. Für unsere Ortszeit müßte demnach um 14 Uhr 50 die Erscheinung zu beobachten sein. Der betreffende Registrierstreifen zeigt genau zu dieser Zeit den Ausfall der Reflexion an der F-Schicht. Die Dauer dieses Ausfalls beträgt bei uns etwa 20 Min. Um 15 Uhr 10 ist bereits wieder Reflexion zu erkennen. Auch in Amerika setzt um diese Zeit der Empfang sowohl für die Frequenz 13,5 als auch für 6,05 MHz wieder ein.

Der Zeitpunkt des Auftretens liegt in Amerika in den Morgenstunden, etwa um 9 Uhr Ortszeit, während es gleichzeitig bei uns die frühen Nachmittagsstunden sind, in denen die F-Schicht im normalen Zustand bereits gleichmäßige Reflexion zu zeigen beginnt (Abb. 1). Das einfache Aussetzen der Reflexion zur kritischen Zeit ergibt natürlich über den Mechanismus der Erscheinung wenig Anhaltspunkte. Günstiger hierfür ist der Vorgang, der sich am 8. April auf unserem Registrierstreifen erkennen läßt. Hier tritt die Erscheinung bei uns um 17 Uhr 50 ein, während die Reflexionstätigkeit bereits wieder um 18 Uhr beginnt (Abb. 2). Der Sonnenuntergang liegt bei 18 Uhr 45. Die F-Schicht ist zur kritischen Zeit bereits wieder stark reflektorisch. Man erkennt um 17 Uhr 30 bereits das Vorhandensein von Mehrfachreflexionen. Beim Eintreten des Effektes schwindet nun zunächst die Mehrfachreflexion größter Häufigkeit, sodann die Doppelreflexion, bis schließlich auch die direkte Reflexion an der F-Schicht aufhört. Das Wiedereinsetzen nach Aufhören des Effektes vollzieht sich genau im umgekehrten Sinne. Nachdem zunächst die einfache Reflexion aufgetreten ist, kommen nacheinander die Mehrfachreflexionen gesteigerter Häufigkeit wieder zum Vorschein. Von größter Bedeutung ist es, daß auch innerhalb der Ausfallszeit zwischen 17 Uhr 50 und 18 Uhr 00 gelegentlich sporadische Reflexionen kurzer Dauer eintreten. Bei diesen Reflexionen ist festzustellen, daß die Höhe sich während des Vorgangs nicht geändert hat.

¹⁾ „F. T. M.“ 1936, Heft 7, Seite 241.

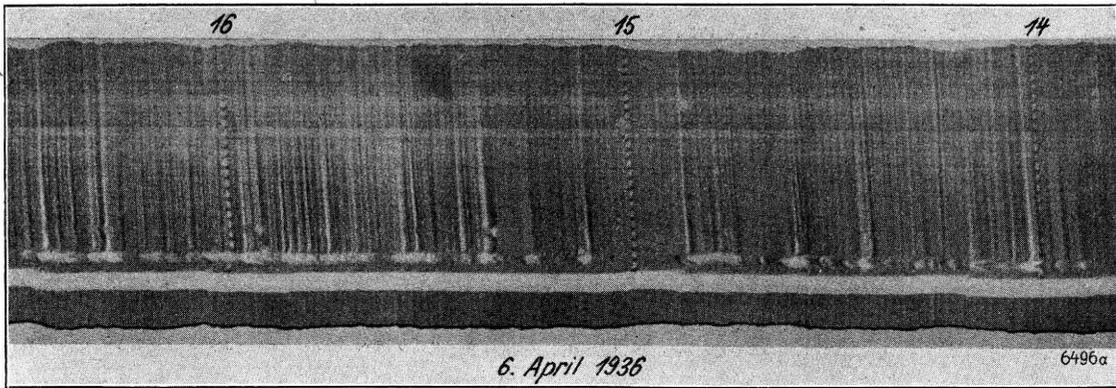


Abb. 1. Registrierstreifen vom 6. April 1936

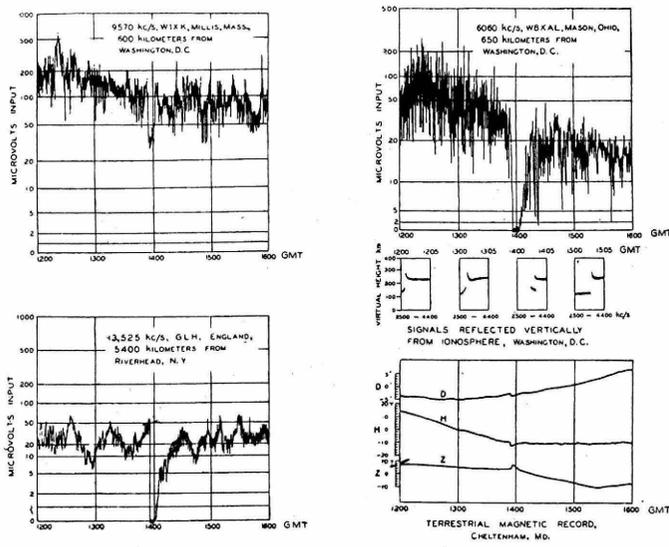


Abb. 1a. Plötzliche Ionosphären-Störung am 6. April 1936

Eine Veränderung der Ladungsträgerdichte findet demnach bei dem Vorgang nicht statt. Das ganze Aussehen der Erscheinung spricht für eine plötzliche Vermehrung der Dämpfung innerhalb der F-Schicht. Auf diesen Punkt wird weiter unten eingegangen werden.

Einen weiteren Vergleich bietet das Auftreten des Effektes am 28. Mai (Abb. 3). Hier tritt um 18 Uhr mittlerer Greenwicher Zeit wieder ein Schwundeffekt auf, der in Amerika für eine Frequenz von 6,05 MHz eine Ausfallzeit von etwa $\frac{3}{4}$ Stunden bewirkt. Für eine Frequenz von 9,57 MHz beträgt diese Zeit für den gleichen Stationsabstand nur etwa 17 Min. Auf unserem Registrierstreifen setzt ganz kurz nach 19 Uhr Ortszeit, praktisch wieder gleichzeitig, der Ausfall der Reflexion ein. Etwa 19 Uhr 18 beginnt von neuem die Dauer-

reflexion der F-Schicht. Auch auf diesem Registrierstreifen erkennt man sehr deutlich, etwa um 19 Uhr 12, das Auftreten einer kurzzeitigen Reflexion, die sich mit guter Stärke heraushebt. Auch vorher sind kurzzeitige Ansätze zur Reflexion auf dem Originalstreifen bemerkbar. Wieder zeigt sich auch in diesem die Reflexionshöhe der F-Schicht unverändert. Der betreffende Registrierstreifen zeigt ebenfalls recht deutlich, daß diese Veränderung nicht etwa durch eine Veränderung der E-Schicht hervorgerufen sein kann. Auf dem gleichen Streifen erkennt man um 20,30 Uhr das Auftreten der

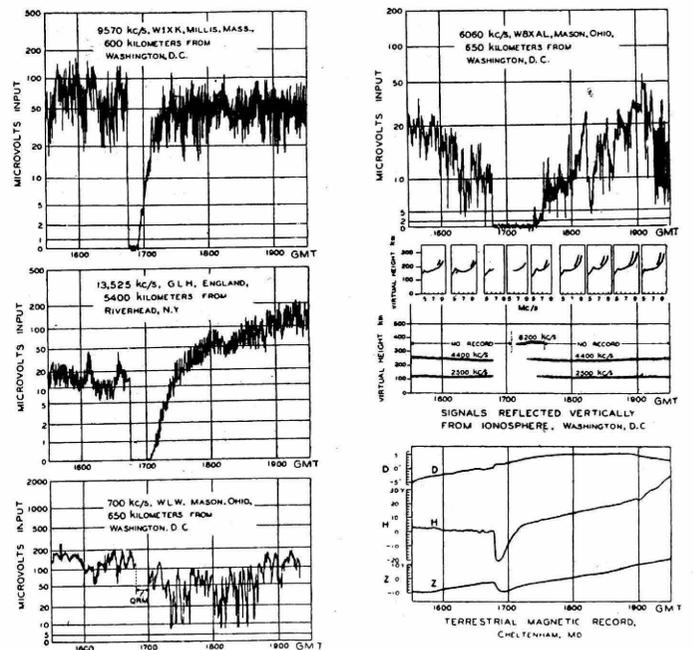


Abb. 2a. Plötzliche Ionosphären-Störung am 8. April 1936

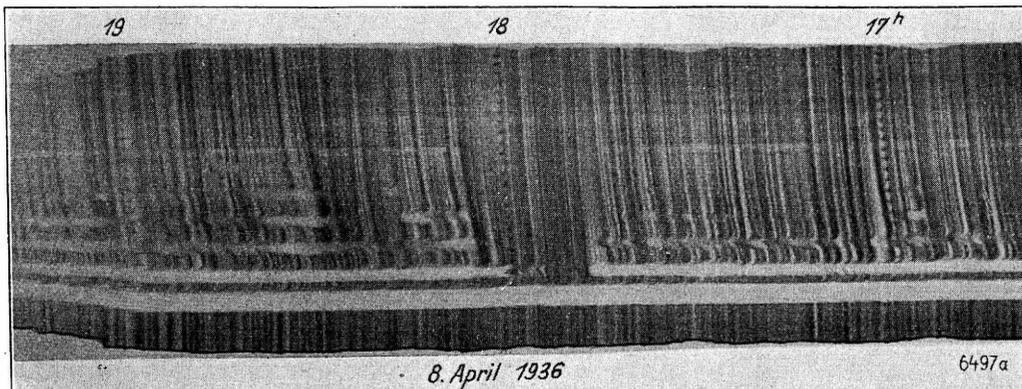


Abb. 2. Registrierstreifen vom 8. April 1936

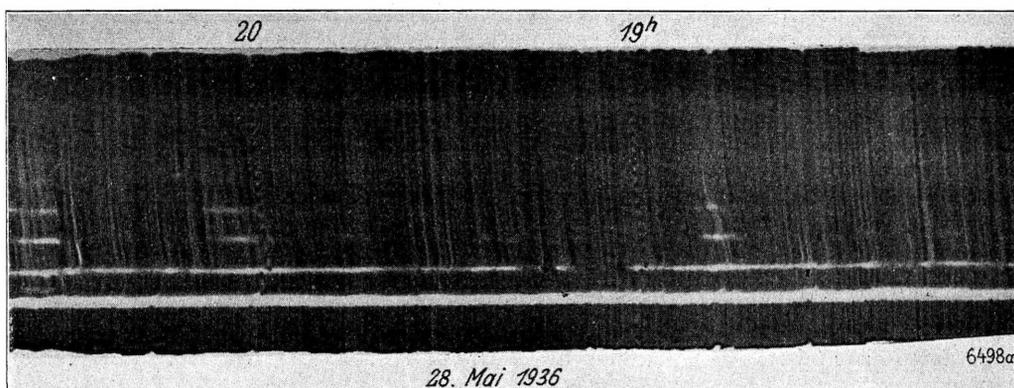


Abb. 3. Registrierstreifen vom 28. Mai 1936

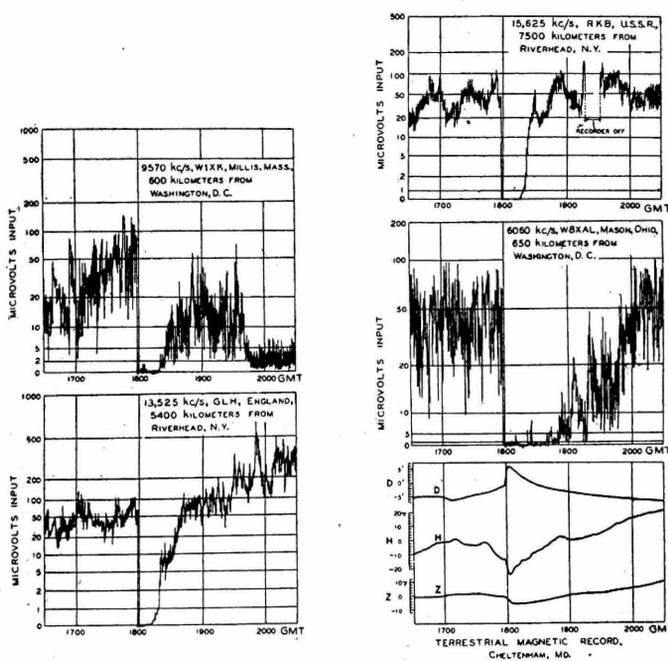


Abb. 3a. Plötzliche Ionosphären-Störung am 28. Mai 1936

E-Schicht, ohne daß dabei eine merkliche Beeinflussung des Reflexionsvermögens der F-Schicht zu bemerken wäre.

Auf Grund des Vergleiches unserer Registrierstreifen mit den Angaben in der Arbeit von DELLINGER scheint uns nun eine Erklärungsmöglichkeit für das Auftreten des Effektes gegeben zu sein. Nach der jetzigen Kenntnis der Ausbreitungserscheinungen der Funkwellen erfolgen die Reflexionen solcher Wellen bis zur Frequenz von etwa 9 MHz bei schrägem Einfall an der E-Schicht, während an der F-Schicht die Reflexion der Frequenzen von 9 bis 30 MHz erfolgt. Danach besteht die Wahrscheinlichkeit, daß beim Auftreten des Effektes vornehmlich im F-Gebiet eine plötzliche Veränderung stattfindet, da gerade die Wellen, die ihre Fortpflanzung der Spiegelung an der F-Schicht verdanken, vorwiegend beeinflußt werden. Die längeren, bereits an der E-Schicht reflektierten Wellen erleiden kaum einen Schwund. DELLINGER steht auf dem Standpunkte, daß im unteren Schichtgebiete die hauptsächliche Veränderung stattfindet und der Durchgang der kürzeren Wellen durch die unteren Schichten sich ändert. Mit dieser Auffassung stehen unsere Aufnahmen nicht im Einklang. Die veränderte Ionisation in den unteren Schichten müßte zum Auftreten einer reflektierenden Schicht führen. Nun zeigt aber gerade die Aufnahme vom 28. Mai, daß selbst beim Auftreten einer reflektierenden E-Schicht noch die F-Schicht als solche aufgefunden werden kann. Es ist daher nicht einzusehen, daß bei Vorgängen, die lediglich das E-Gebiet betreffen, nicht in irgendeinem Zeitpunkt eine hin-

reichend reflektierende E-Schicht bemerkbar werden sollte. Nach unserer Meinung spielen sich daher diese Vorgänge mindestens vorwiegend im F-Gebiet ab. Es läßt sich daher auf Grund vorstehender Beobachtungen folgendes über den Dellinger-Effekt aussagen:

Die Reflexion in der F-Schicht erfolgt in einer Höhe, in der die dielektrische Konstante, die in einem ionisierten Gas in erster Näherung durch die Beziehung:

$$\epsilon = 1 - \frac{4 \pi N e^2}{m \omega^2};$$

(N Zahl der Ladungsträger, m ihre Masse, e Elementarladung u. ω Kreisfrequenz)

gegeben ist, sich beliebig weit dem Werte Null nähert. Wesentliche Änderungen des Quotienten N/m verlagern den Reflexionspunkt nach oben bzw. unten. Ebenso ist dies der Fall, wenn auf dem von der Welle zurückgelegten Wege unterhalb des Reflexionspunktes eine starke Änderung in der Ladungsmenge bzw. Ladungsverteilung stattfindet. Die Abbildungen zeigen aber deutlich, daß während des Effektes keine Höhenänderung eintritt. Es muß sich hier also um einen Dämpfungseffekt handeln, der nicht durch obige Veränderungen bedingt ist. Die Dämpfung ist nach der Theorie proportional der Leitfähigkeit, die gekennzeichnet ist durch den Ausdruck:

$$\sigma = \frac{N}{m} \cdot \frac{e^2}{\omega^2} \cdot \rho \quad (\rho \text{ Stoßzahl})$$

Sie hängt also außer von N/m noch von der Stoßzahl ρ ab. Letztere ist der Quotient der thermischen Geschwindigkeit der Elektronen bzw. Gasionen durch ihre freie Weglänge. Der Effekt kann durch plötzliche Schwankungen dieser Daten, die von der Sonneneinstrahlung abhängen, hervorgerufen sein. Außer anderen Ursachen kann auch durch plötzliche Veränderung der zwischen den Ionenpaaren wirksamen Felder eine wesentliche Veränderung der freien Weglänge der Elektronen bedingt sein, da diese nicht nur durch thermische Einflüsse verändert wird.

Der hier beschriebene plötzlich einsetzende kurzzeitige Vorgang ähnelt im Ablauf durchaus demjenigen, der sich langfristig stets von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang abspielt. An Tagen, die durch keine „Einbrüche“¹⁾ gestört sind, pflegt bei Sonnenaufgang zunächst die Vielfachreflexion zu verschwinden, die Einfachreflexion zunächst weiterzubestehen und diese dann in den Mittagsstunden zeitlich gelegentlich auszusetzen. Während der Nachmittagstunden stellt sich zunächst die durchgehende Einfachreflexion wieder ein, die dann allmählich zum Wiederauftreten der Mehrfachreflexionen führt. Die während des ganzen Vorgangs beobachtbare geringe Änderung der absoluten Schichthöhe scheint hierbei von sekundärer Bedeutung. Das Wesentliche ist, daß der Gang der Dämpfung innerhalb des F-Gebiets während der Zeit der Lichteinstrahlung sich in genau gleichem Verlauf abspielt, wie er in der kurzen Zeit des Auftretens der

¹⁾ Z. f. techn. Physik 18, Nr. 10 (1937), 290.

veränderten Sonnenstrahlung beim Dellinger-Effekt es auch tut.

Auf Grund dieser Betrachtung wird auch das Aussehen der mittäglichen Pause der Reflexion des F-Gebietes an verschiedenen Tagen verständlich. Während an manchen Tagen längere Ausfallszeiten mit nur seltenen kurzzeitigen Reflexionen sich bemerkbar machen, zeigen sich an anderen Tagen verhältnismäßig häufigere Reflexionen, die nur kurzzeitig unterbrochen werden und die sogar öfters Mehrfachreflexionen beispielsweise für die Zeit einer Viertelstunde auftreten lassen. Durch Vergleich mit dem Verlauf beim Dellinger-Effekt sind wir der Meinung, daß das verschiedene Aussehen und Verhalten der Reflexionen zur Mittagszeit an den ungestörten Tagen durch die unterschiedliche Art der Sonnenstrahlung und möglicherweise durch die schwankende Ultraviolettgrenze desselben bedingt ist. Damit würde durch die Beobachtung der mittäglichen Pause und deren täglichem Vergleich eine Möglichkeit gegeben sein, den Charakter der Sonnenstrahlung zu verfolgen.

Unsere Ansicht, daß das Auftreten des Dellinger-Effektes hauptsächlich durch eine durch Veränderung der Lichtstrahlung bedingte Dämpfungsvermehrung hervorgerufen ist, wird auch durch die eigenen Ergebnisse DELLINGERS gestützt. In seiner Wiedergabe der Registrierungen der F-Schicht Höhen, die am 8. April mit verschiedenen Wellenlängen durchgeführt wurde, zeigt sich, daß bei der höchsten Frequenz die F-Schicht noch reflektiert, wenn für die tieferen Frequenzen bereits ein Aussetzen der Reflexion vorhanden ist. Da im Ausdruck für die Leitfähigkeit im Nenner das Produkt der Trägermasse mit der Summe der Quadrate der Frequenz und der Anzahl der Zusammenstöße vorkommt, erkennt man, daß die Leitfähigkeit um so kleiner wird, je mehr das Quadrat der Frequenz anwächst. Damit nimmt bei höheren Frequenzen die Dämpfung ab und die Reflexionsfähigkeit zu. Mit dieser Tatsache sind die in DELLINGERS Arbeit angeführten Zeiten für die Schwunddauer in Übereinstimmung. Je höher die Frequenz der beobachteten Station ist, desto kleiner wird die Zeit des Schwundeffektes gefunden. Auch stimmt hiermit eine frühere von HESS¹⁾ angegebene Beobachtung überein, wonach beim Auftreten des Dellinger-Effektes mit der 10-m-Welle ein transkontinentaler Verkehr möglich war, während er mit einer Welle von 14 m bereits versagte.

Endlich soll noch auf die magnetischen Begleiterscheinungen des Effektes eingegangen werden. Aus DELLINGERS Beobachtungen zeigt sich, daß die stoßartige magnetische Schwankung hauptsächlich dann gefunden wird, wenn der Effekt zur Mittagszeit des Beobachtungsortes auftritt. Im Augenblick des Beginnes der Veränderung in der F-Schicht ist die Steilheit der magnetischen Änderung am größten. Es handelt sich praktisch im Unterschied zu magnetischen Stürmen um einen einzelnen Stoß. Die Beobachtung der magnetischen Kurven zur Ausfallzeit auf unsern Registrierstreifen zeigt, daß bei schrägem Lichteinfall, wie er bei unsern Ortszeiten vorliegt, die magnetische Störung praktisch nicht mehr vorhanden ist. Dieses legt die Vermutung nahe, daß, falls die Änderung der freien Weglänge und damit die Dämpfungsvermehrung durch die oben erwähnte Änderung der Ionenverteilung im F-Gebiet zutrifft, im Augenblick des Einsetzens durch das Auftreten neuer Ionenpaare, die bei senkrechter Einstrahlung besonders zahlreich ist, bis zur Herstellung eines Gleichgewichts eine stärkere Absorption von vorhandenen Elektronen einsetzt. Ruht die Ionosphäre relativ zur Erde, so würde infolge der relativen Erddrehung hierdurch eine Stromstörung eintreten müssen, welche eine Abnahme der Horizontalintensität zur Folge hat. Eine solche Abnahme ist tatsächlich in sämtlichen Kurven der DELLINGERSchen Arbeit festzustellen. Bei schräger Inzidenz ist infolge

der bereits durchstrahlten Schichtlänge die Anzahl der plötzlich neugebildeten Ionen und damit die Absorption von Elektronen viel geringer. Daher ist das Fortfallen des magnetischen Stoßes zu unseren Beobachtungszeiten einleuchtend.

Wir kommen auf Grund der obigen Ausführungen daher zu dem Schluß, daß der Dellinger-Effekt in einer durch plötzlich veränderte Sonnenstrahlung bedingten Dämpfungsvermehrung hauptsächlich im F-Gebiet seine Ursache hat.

Aufnahmen der Verfasser, Zeichnungen nach Dellinger

Interstellare Funkstörungen?

Vor einigen Jahren hat der Amerikaner JANSKY von den Bell Telephone Laboratories eine Untersuchung durchgeführt, welche die rätselhafte Einstrahlung von Störwellen der Wellenlänge 14,6 m bei etwa 2 m Bandbreite zum Gegenstand hatte. Mittels einer ungerichteten, rotierenden Antenne und einer selbsttätigen Registrier Vorrichtung für die Aufzeichnung der Feldstärke fand er, daß eine kontinuierliche Welleneinstrahlung aus dem Weltraum erfolge, und zwar soll sie aus dem Milchstraßenzentrum im Sternbild des Sagittarius (Schütze) ausgehen. JANSKY vermutet, daß die Strahlung auf eine der folgenden Ursachen zurückzuführen sein könnte: 1. sie geht von den Sternen aus, 2. sie entsteht durch von den Sternen in der Erdatmosphäre hervorgerufene Sekundärstrahlung, 3. sie entsteht durch thermische Anregung im interstellaren Raum befindlicher geladener Teilchen hoher Temperatur.



Milchstraßenwolken in der Umgebung des Milchstraßenzentrums

In den „Proceedings of the National Academy of Sciences“, Vol. 23, Nr. 3, werden von FRED L. WHIPPLE und JESSE L. GREENSTEIN die vorstehenden drei Hypothesen diskutiert. Hiernach hätten die ersten beiden Annahmen von vornherein auszuschließen, weil die Sonne — mithin auch die Sterne, die ja ferne Sonnen darstellen — keinen merklichen Einfluß auf die Intensität einer empfangenen Welle ausübt. Somit wird auch die Herkunft aus Sekundärradiation in der Erdatmosphäre ausgeschlossen. Auch die dritte Annahme wird von den Verfassern als verfehlt bezeichnet, da die Energie, die man aus den im Zentrum der Milchstraße gelagerten, durch Strahlung der Sterne erwärmten kosmischen Staubmassen erwarten darf (in der Wellenlänge 14,6 m = $2 \cdot 10^4$ khz), um den Faktor 10^4 zu klein ist gegenüber der, die JANSKY beobachtet hat.

Die Arbeit schließt mit dem Hinweis, daß eine eingehende Untersuchung des Problems seitens der Verfasser erfolgen wird. Man hofft, eine befriedigende Erklärung für den Ursprung der merkwürdigen Einstrahlung zu gewinnen.

O. Morgenroth

Aufnahme der Universitätssternwarte Berlin-Babelsberg, Abteilung Sonneberg

¹⁾ „F. T. M.“ 1937, Heft 7, Seite 217.