

Werk

Jahr: 1928

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:4

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0004

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0004

LOG Id: LOG_0064

LOG Titel: Der Stand der erdmagnetischen Forschung

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

OPAC: <http://opac.sub.uni-goettingen.de/DB=1/PPN?PPN=101433392X>

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

Da aber für eine 9tägige Periode kein plausibler Grund anzugeben möglich ist, unterzog ich das Material noch einer gesonderten, augenblicklich noch nicht völlig abgeschlossenen Untersuchung auf **nicht** persistente Wellen. Als Methode verwendete ich einen dem Schmidtschen Verfahren nachgebildeten Arbeitsgang. Das Schmidtsche Verfahren benutzt zum Nachweis einer nicht kohärenten Periodizität die Häufigkeit der Reste der Julianischen Zahlen und behandelt vorwiegend die relativ seltenen Störungstage vom Charakter 2. Da mir das leistungsfähige Lochkartenverfahren zur Verfügung stand, konnte ich zunächst ein vollständiges Verzeichnis der fortlaufenden Nummern (Datum) der Störungstage*) aufstellen und die Häufigkeit der Reste derselben für die Divisoren 9, 27, 28, 29, 30 mit verhältnismäßig geringem Zeitaufwand ermitteln. Alle überdurchschnittlichen Häufigkeiten der Störungstage vom Charakter 2.0 bis 1.5, durch welche sich eine wahre Periodizität bekanntlich verrät, wurden in Prozenten der erwartungsgemäßen Häufigkeit ausgedrückt und ihr Mittelwert als Maßzahl eines Häufigkeitsperiodogramms eingetragen. Eine graphische Darstellung der vorläufigen Resultate**) zeigt nun einen völlig parallelen Gang des Häufigkeits- und Amplitudenperiodogramms im Intervall von 27 bis 30 Tagen, lehrt aber weiter, daß die 9tägige Welle vollkommen zurücktritt.

Dieses Resultat besagt aber offenbar, daß die starken Störungen vom Charakter 2.0 bis 1.5 auf der ganzen Erde Intervalle von 27 bzw. 30 Tagen in ihrem Auftreten bevorzugen, während die aus dem Amplitudenperiodogramm gefolgerte 9tägige Periode für die starken magnetischen Störungen jedenfalls nicht behauptet werden kann.

Der Stand der erdmagnetischen Forschung.

Von **Adolf Schmidt**. — (Mit einer Abbildung.)

Es wird der Stand unserer Kenntnis von dem beharrlichen Hauptteil des erdmagnetischen Feldes und der Säkularvariation, von den periodischen Schwankungen und von den Störungen und der Nachstörung besprochen und auf die in bezug hierauf bestehenden Probleme hingewiesen. Dabei zeigt sich überall der hemmende Einfluß, den die ungenügende Anzahl und noch mehr die sehr ungünstige Verteilung der magnetischen Observatorien ausübt, so daß eine planmäßige Vervollständigung des Netzes dieser Anstalten als wesentliche Vorbedingung weiteren Fortschritts erscheint.

Den gegenwärtigen Stand unserer Kenntnis der erdmagnetischen Zustände und Vorgänge und unserer Einsicht in ihre Ursachen und Zusammenhänge wird

*) Die Überlegenheit des Lochkartenverfahrens wird auch dadurch demonstriert, wenn ich erwähne, daß die vom Tabulator gelieferten Abschriften von mir direkt als Manuskript der Druckerei übergeben werden.

**) Die Ausführungen des Vortragenden wurden durch Vorlage von Originalaufzeichnungen der statistischen Maschinen und durch die Bürstenabzüge des im Druck befindlichen zweiten Heftes der „Prager Geophysikalischen Studien“ belegt.

man ohne starke Übertreibung dahin kennzeichnen können, daß wir davon im allgemeinen ein in seinen Hauptzügen gesichertes Gesamtbild gewonnen haben und zu einer einigermaßen abgeschlossenen Stufe der Erkenntnis vorgedrungen sind, daß aber die Möglichkeit wesentlicher weiterer Fortschritte an die Vorbedingung einer beträchtlichen Verbreiterung der empirischen Grundlagen geknüpft erscheint. Vor allem macht sich, welche spezielle Frage man auch immer ins Auge fassen möge, die Notwendigkeit einer planmäßigen Vervollständigung des Netzes der tätigen, d. h. zuverlässig beobachtenden und schnell veröffentlichenden Magnetwarten immer empfindlicher fühlbar. Wie unzulänglich das bestehende Netz ist, und wie viel andererseits schon durch verhältnismäßig geringfügige Ergänzungen zu gewinnen ist, erkennt man ohne jedes Eingehen auf sachliche Fragen durch einfache rechnerische Fehlerabschätzungen*).

Der beharrliche Magnetismus und die Säkularvariation. Betrachten wir zunächst die von L. A. Bauer geplante und mit ebenso großer Tatkraft wie Umsicht im Laufe zweier Jahrzehnte durchgeführte magnetische Vermessung der Ozeane und weiter bisher kaum erforschter Landgebiete, so darf gesagt werden, daß sie geradezu eine neue Epoche in unserer Erkenntnis des nur sehr langsam veränderlichen, nach Gauß als beharrlich bezeichneten Hauptteils des Erdmagnetismus einleitet. Konnte Gauß für seine grundlegende Potentialberechnung nur Kartendarstellungen benutzen, die sich auf sehr dürftige Beobachtungen aus sehr verschiedenen Zeiten stützten, und litten auch die späteren Berechnungen von Adams und Neumayer trotz der wachsenden Menge und Zuverlässigkeit des verarbeiteten Materials an dessen Ungleichmäßigkeit und der vielfach ganz ungenügenden Kenntnis der zeitlichen Veränderungen, so besitzen wir jetzt, wenn auch unter Beschränkung auf das Gebiet zwischen 60° N und 60° S ein durchaus einheitliches, verhältnismäßig sicher auf denselben Zeitpunkt umgerechnetes und an sich schon genaueres Material. Es wäre unrecht, in diesem Zusammenhang nicht an A. Erman zu erinnern, der in der planmäßigen Einheitlichkeit seiner durch Petersen verwerteten Beobachtungen als Vorläufer Bauers gewürdigt zu werden verdient.

Gegenüber dem hervorgehobenen durch die Arbeit des Carnegie-Instituts im Vergleich mit seinen Vorgängern erzielten Fortschritt, ist es erstaunlich zu sehen, wie nahe die Schlußergebnisse der früheren Potentialberechnungen bereits den neuen (soweit diese bekannt sind) kommen. Der tatsächlich durch die neue Vermessung erzielte Fortschritt wird sich erst übersehen lassen, wenn die bisher mit dankenswerter Schnelligkeit veröffentlichten vorläufigen Beobachtungswerte endgültig reduziert und die darauf zu stützenden analytischen Entwicklungen durchgeführt sein werden. Die bisher vorliegenden Mitteilungen, die Bauer in mehreren Aufsätzen gemacht hat, und der weiteren Aufschluß liefernde Versuch von Peters, Potentiallinien des horizontalen Feldes zu

*) Vgl. Meteorol. Zeitschr. **31**, 271 und Beitr. z. Geophys. **3**, 225.

zeichnen*), bestätigen in weitgehendem Maße die auffallenden Ergebnisse, zu denen seinerzeit die auf Neumayers Karten für 1885 gestützte Rechnung geführt hatte, und die man bisher noch allenfalls angesichts ihrer anscheinenden physikalischen Unmöglichkeiten auf die Ungenauigkeit der Beobachtungsgrundlage zurückführen konnte. Wieder ergibt sich ein sogar noch stärkeres, rätselhaftes Außenfeld und wieder ein potentialloser Anteil. Wenigstens dem ersteren gegenüber erscheint jene Erklärungsmöglichkeit als ausgeschlossen; man müßte annehmen, daß die Inklination ihrem absoluten Betrage nach überall zu klein gemessen worden sei, und daß dieser systematische Fehler bis zu einigen Zehntelgraden ansteige. Ähnlich verhält es sich bei dem errechneten potentiallosen Anteil. Hier müßte man, um das Ergebnis als Folge bloßer Beobachtungs- oder Reduktionsfehler auffassen zu können, annehmen, daß mindestens innerhalb zweier breiter Zonen alle Deklinationswerte um 0.1 bis 0.2° falsch bestimmt seien, und zwar auf der nördlichen Halbkugel nach Osten, auf der südlichen nach Westen hin. Das läßt sich dem Sinne und auch einigermaßen der Größe des Fehlers nach anschaulich auch so ausdrücken: man müßte annehmen, daß alle Deklinationsmessungen zur Zeit des Morgenextrems angestellt worden seien.

So hat also die neue Vermessung noch keine sichere Entscheidung in der strittigen Frage nach der Existenz der sogenannten Vertikalströme gebracht**). Man wird diese Ströme nach wie vor aus bekannten Gründen für sehr unwahrscheinlich halten, aber dringend nach einer Erklärung für die nicht vollkommene Erfüllung der Potentialbedingung suchen müssen. Da es wohl in absehbarer Zeit kaum zu einer erneuten, noch dichteren und schärferen magnetischen Vermessung der Erdoberfläche kommen wird, so gewinnt der alte (seinerzeit auf Dr. Bauers Wunsch zurückgestellte) Plan einer möglichst genauen Vermessung auf einer geeigneten, die Erde annähernd längs eines magnetischen Parallels umlaufenden Linie erneute Bedeutung.

Auf die in den letzten Jahren durchgeführten, teils erstmaligen, teils wiederholten Landesaufnahmen soll hier nicht näher eingegangen werden; dagegen ist wenigstens kurz die erhöhte Aufmerksamkeit zu erwähnen, die man begonnen hat, der eingehenderen Vermessung einzelner, besonders gestörter Gebiete zuzuwenden, um daraus Aufschlüsse über die den Untergrund bildenden Gesteine zu erhalten. Die bereits seit mehreren Jahren im Rahmen der Arbeiten der Preußischen Geologischen Landesanstalt hauptsächlich von Reich durchgeführten Aufnahmen, sowie andererseits die besonders methodologisch wichtigen Untersuchungen Königsbergers haben schon manche wertvolle Ergebnisse geliefert, die rückwirkende Bedeutung auch für die erdmagnetische Forschung besitzen.

Die empfindlichste, freilich sehr schwer zu schließende, Lücke in unserer Kenntnis des Gesamtfeldes der Erde betrifft die Polargebiete. Für ihre genaue Durchforschung ist das vorzügliche, freilich nur an festen Stationen verwend-

*) Terr. Magn. 28, 83.

**) Vgl. Zeitschr. f. Geophys. 1, 281.

bare, von La Cour ausgearbeitete Verfahren zur selbständigen Messung der Vertikalintensität von besonderer Bedeutung.

Durchaus unbefriedigend ist unsere Kenntnis der allmählichen Änderung des beharrlichen Magnetismus, der sogenannten Säkularvariation, und es liegt in der Natur der Sache, daß sie auf rein empirischem Wege nur außerordentlich langsam fortschreiten kann. Um so größere Wichtigkeit gewinnt damit die Aufgabe, die in ihrem Verlauf herrschenden Gesetzmäßigkeiten aufzusuchen. Der groß angelegte Versuch Carlheim-Gyllenskölds, dies zu tun, muß als gescheitert angesehen werden. Die physikalische Grundlage seiner Theorie hat sich als unhaltbar erwiesen, und für eine rein formale, ausgleichende Zusammenfassung reicht das vorliegende Beobachtungsmaterial bei seiner räumlichen und (vor allem bei der Intensität) zeitlichen Beschränktheit bei weitem nicht aus. Innerhalb der hierdurch gezogenen Grenzen wird man Carlheim-Gyllenskölds Schlußformel, unbeschadet der von J. Bartels daran geübten berechtigten Kritik, immerhin als wohl beste Zusammenfassung unseres dürftigen auf die Vergangenheit bezüglichen Wissens ansehen dürfen.

Die Hauptschwierigkeit des Problems liegt in den zunächst gesetzlos erscheinenden Schwankungen der Variation, wie sie z. B. sehr auffallend im Gange der Deklination in Europa während der letzten 30 Jahre auftraten, und nicht minder in beträchtlichen, wahrscheinlich damit verknüpften örtlichen (lokalen oder regionalen) Anomalien. Wie bedeutend diese sind, hat der am Potsdamer Observatorium von J. Bartels durchgeführte Versuch gezeigt, die säkulare Änderung unter ausschließlicher Benutzung streng gleichzeitiger Beobachtungen an Observatorien abzuleiten*). Wenn auch den unmittelbaren Ergebnissen einer solchen Ableitung wegen der geringen Zahl und der schlechten geographischen Verteilung der Observatorien nur ein mäßiger Wert zukommt, wird man doch die Säkularvariation nur auf diesem Wege dauernd planmäßig verfolgen können, um die Lücken zwischen den natürlich nur selten zu erwartenden Vermessungen größerer Erdgebiete oder gar der ganzen Erde zu überbrücken. Gerade für diesen Zweck ist die bereits zu Anfang als notwendig betonte Vervollständigung des Netzes der Magnetwarten ungemein dringlich. Erscheinen nach dem Gesagten die Vorgänge als recht verwickelt und schwer entwirrbar, so gewinnt man einen sehr viel günstigeren Eindruck, wenn man die wenigen weit zurückreichenden Beobachtungsreihen ins Auge faßt. Nach den mehr als 300 Jahre umfassenden Beobachtungen der Deklination und der Inklination in London und Paris hat der Feldvektor dort, von kleineren Schwankungen abgesehen, annähernd den Mantel eines Kreiskegels überstrichen und würde zur Vollendung des Umlaufs rund 480 Jahre gebrauchen. Diese Tatsache drängt den Gedanken auf, daß es sich bei der Säkularvariation in der Hauptsache um einen einheitlichen, einfachen Vorgang handeln müsse, dessen Verlauf nur im einzelnen durch sekundäre Schwankungen etwas getrübt er-

*) Archiv des Erdmagnetismus, Heft 5.

scheint. Und dies führt, nachdem die Theorien von Schuster und Carlheim-Gyllensköld aufgegeben werden mußten, wiederum fast zwangläufig auf die alte Vorstellung von einem magnetischen Erdkern, der sich im Laufe der Jahrhunderte gegen die gleichfalls magnetische Erdrinde dreht. Eine andere Erklärungsmöglichkeit scheint kaum gegeben; auf jeden Fall ist noch keine vorgeschlagen worden. Und für jene Erklärung spricht überdies einerseits der Umstand, daß auch andere geophysikalische und astronomische Tatsachen auf eine langsame Verschiebung der Erdrinde und des Erdinnern gegeneinander hinweisen, und andererseits gerade das Auftreten sekundärer Schwankungen, die unschwer als Folge von Inhomogenitäten der beiden Körper zu deuten sind. Eine Schätzung ergibt, daß man den Tatsachen in großen Zügen gerecht wird, wenn man annimmt, daß die Wirkung des Kerns an der Erdoberfläche etwa einem Achtel derjenigen der Rinde gleichkommt, und daß sich seine magnetische Achse in 480 Jahren gleichförmig um eine Achse dreht, die die Oberfläche im nördlichen Europa trifft.

Dem angenommenen Vorgang entspräche natürlich auch eine periodische Schwankung sowohl der Lage der magnetischen Achse wie des Moments der Gesamterde. Die von Bauer zusammengestellten Ergebnisse der drei Potentialberechnungen für die Epochen 1842, 1885, 1922*) sind diesen Folgerungen nicht sonderlich günstig. Die Lage der Achse erscheint danach als recht beständig. Die drei Momentwerte andererseits führen, wenn man sie einer Periode von 480 Jahren einordnet, zu einem mit dem obigen fast ganz übereinstimmenden Verhältnis der Momente von Kern und Rinde; aber für das Maximum des Gesamtmoments, das danach gegen 1850 eingetreten wäre, ergibt sich eine schlechte Übereinstimmung mit der anderen Rechnung, nach der das Maximum erst im Beginn des laufenden Jahrhunderts eingetreten wäre. Aber die größere Ungenauigkeit der älteren Potentialberechnungen gestattet keinen sicheren Schluß. Dazu kommt, daß die sekundären Schwankungen einen bedeutenden, das schematische Bild stark entstellenden Einfluß haben können. Die aus den jahrhundertelangen Reihen reiner Richtungsbeobachtungen zu ziehenden Schlüsse verdienen deshalb zweifellos ein höheres Gewicht.

Als primäre Ursache der beharrlichen Magnetisierung (abgesehen von dem am besten überhaupt nicht darunter zu begreifenden Außenfelde) nimmt man jetzt wohl allgemein elektrische Konvektionsströme an, die unter dem Einfluß gewisser molekularer Vorgänge bei der Drehung der Erde entstehen. Verschiedene Theorien von Sutherland, Swann, Angenheister haben gezeigt, daß sich auf diesem Wege unter annehmbaren Voraussetzungen Ergebnisse erhalten lassen, die auch quantitativ durchaus befriedigen. Ob dabei unter dem Einfluß stofflicher Inhomogenitäten außer dem (achsensymmetrischen) Längsfeld auch ein (äquatoriales) Querfeld Erklärung finden kann, hängt von der speziellen Natur der zugrunde liegenden physikalischen Vorstellungen ab. Auf

*) Terr. Magn. 28, 15.

jeden Fall muß aber das so entstehende Feld — es mag das Grundfeld heißen — soweit es der Erdrinde entstammt, konstant sein, während allerdings dasjenige des Kerns, wenn Inhomogenitäten Einfluß ausüben, bei seiner säkularen Drehung periodisch etwas schwanken kann. Die Wirkung einer — trotz aller physikalischen Bedenken auch für den Erdkern anzunehmenden — örtlich sehr ungleichmäßigen Suszeptibilität erklärt dann zur Genüge, und zwar auch quantitativ, die Entstehung einer überall annähernd nach der Richtung des Gesamtfeldes orientierten, induzierten subpermanenten Magnetisierung und läßt zugleich eine der Änderung des Gesamtfeldes langsam folgende Ummagnetierung erwarten. Von Bedeutung ist dabei die von Nippoldt betonte starke Zunahme des Magnetitgehalts der Gesteine der Erdrinde mit wachsender Tiefe. Einem ungewöhnlich weiten Vordringen solcher stärker magnetisierten Gesteine nach oben muß die außerordentliche Intensität der Kursker Störung zugeschrieben werden. Als hervorragend durch die gewaltige Ausdehnung des Vorkommens abnorm hoher Gesteinsmagnetisierung ist das mittlere Sibirien und Ostasien zu nennen. Das Gebiet westlicher Deklination an der Ostküste Asiens weist darauf hin. Ähnlich, wenn auch in schwächerem Maße, verhält sich ein ausgedehnter Teil des südlichen Großen Ozeans, dessen Mitte in die Gegend der Osterinsel fällt. Als entscheidende Probe auf die Richtigkeit der dargelegten, dem jetzigen Stande unseres Wissens entsprechenden Anschauungen hat vor allem die dauernde, eingehende Verfolgung der säkularen Änderungen zu dienen. Von besonderer Wichtigkeit wird dabei die Feststellung sein, ob und wie auftretende Schwankungen von Ort zu Ort fortschreiten.

Die periodischen Vorgänge. Die Erklärung der täglichen Schwankung, sowohl der solaren, wie der lunaren, steht im Prinzip fest. Die auf Balfour-Stewarts Hypothese von Schuster errichtete, von Chapman weiter durchgeführte Theorie hat sich durchaus bewährt und darf als gesichert gelten. Sie hat auch bereits zu wertvollen Aufschlüssen über die Zustände einerseits im Erdinnern, andererseits in den höheren Luftschichten geführt. Jetzt kommt die Kleinarbeit der Vergleichung von Beobachtung und Theorie bis in alle Einzelheiten hinein und der immer schärferen Bestimmung der Konstanten zu ihrem Rechte. Hier gilt das zu Anfang allgemein Gesagte in besonderem Maße: es erscheint ausgeschlossen, darin wesentlich weiterzukommen, solange nicht das Netz der Magnetwarten vor allem auf der südlichen, doch vielfach auch auf der nördlichen Halbkugel eine wesentliche Vervollständigung erfahren hat. So ist es unter anderem bis jetzt nicht möglich gewesen, die Unterschiede des Ganges an verschiedenen Punkten gleicher (geographischer oder geomagnetischer) Breite selbst nur so weit zu deuten, wie sie auf die äquatorale Komponente der homogenen Magnetisierung zurückgehen. Vor allem aber haben noch sämtliche Ableitungen des Potentials der täglichen Variation in der Horizontalebene zu ganz verschiedenen Ausdrücken geführt, wenn man einerseits die Schwankung der nordsüdlichen, andererseits die der ostwestlichen Komponente zugrunde legte. Und doch darf daraus nicht ohne weiteres geschlossen werden,

daß der täglichen Variation in der Horizontalebene kein Potential zukäme. So hat die numerische Auswertung bei der ausgezeichneten, auf ein ganz homogenes Material gestützten Berechnung von van Vleuten ergeben, daß die zwei aus den Variationen von X und von Y erhaltenen, scheinbar ganz verschiedenen Ausdrücke in denjenigen Breitenzonen, für die Beobachtungen verfügbar waren, nur so wenig verschiedene Zahlenwerte liefern, daß die Unterschiede schon durch die eingeführten Vereinfachungen des Ansatzes zu erklären sind. Dafür, daß bei der täglichen Variation die Potentialbedingung innerhalb der Sicherheit der empirischen Daten erfüllt ist, hat Chapman kürzlich noch einen weiteren Beleg geliefert, indem er das Linienintegral über den Umfang eines Polygons, dessen Ecken von Magnetwarten gebildet werden, für die einzelnen Stundenwerte des täglichen Ganges berechnete.

Der Grund der auftretenden Differenzen ist ein rein rechnerischer.

Die Darstellung einer Funktion durch eine Kugelfunktionsreihe ist nur dann in eindeutiger Weise möglich, wenn die Funktionswerte für jeden Punkt

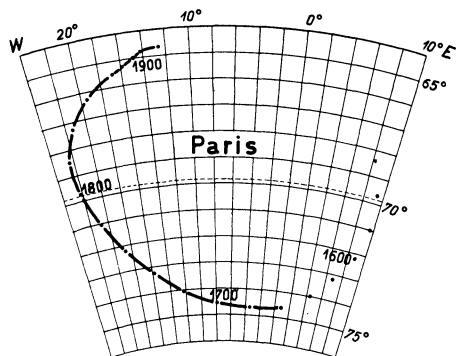


Fig. 1.

der Kugeloberfläche — in dem hier bis auf weiteres nur in Betracht kommenden Falle einer zonalen Funktion, also für jeden Punkt des Meridians — gegeben sind. Liegen nur Angaben aus einem Teile des Meridians vor, so lassen sich diese durch unendlich viele in ihren Koeffizienten unterschiedene Reihen darstellen, deren jede einer anderen Fortsetzung in das unbekannte Gebiet entspricht. Das gilt streng natürlich nur für unendliche Reihen. Bei der für die Praxis gebotenen Beschränkung auf

endliche Reihen von meistens sogar nur wenigen Gliedern, weichen die verschiedenen Darstellungen auch im bekannten Gebiet etwas voneinander ab. Sie stellen überdies den gegebenen Verlauf nur näherungsweise dar, wobei übrigens bekanntlich die Entwicklung nach Kugelfunktionen insofern günstiger als jede andere ist, als sie bei gleicher Konstantenzahl im allgemeinen die beste Annäherung gibt.

Welche der an sich möglichen Darstellungen man nun gerade durch die Rechnung erhält, hängt vor allem von dem Einfluß der vernachlässigten höheren Reihenglieder ab, der besonders dann außerordentlich groß werden kann, wenn die Beobachtungsdaten nicht einen Abschnitt des Meridians stetig erfüllen, sondern sich nur auf einzelne Punkte beziehen, wie es hier der Fall ist. Der Einfluß dieser Vernachlässigungen wie auch der Beobachtungsfehler wird um so verhängnisvoller, je kleiner das bekannte Glied ist. Die zur Ableitung der gesuchten Reihenoeffizienten dienenden Gleichungssysteme sind,

besonders wenn südliche Stationen fehlen, sehr ungünstig. Und leider ist dies gerade bei der an sich besser bekannten westöstlichen Komponente am meisten der Fall. Die allgemeine Auflösung des Gleichungssystems für die von Pawlowsk bis Batavia reichende Zone ergibt bei Y nahezu die Determinante Null, wenn man die vier ersten Koeffizienten des ganztägigen Gliedes einführt, und selbst wenn man sich auf die drei ersten Koeffizienten beschränkt, ist die Determinante noch so klein, daß die Lösung als unbrauchbar bezeichnet werden muß. Bei dem halbtägigen Gliede ist die Sachlage etwas weniger ungünstig.

Man könnte nun meinen: wenn die Beobachtungen eines beschränkten Gebiets durch mehrere Ausdrücke mit verschiedenen Koeffizienten gleich gut dargestellt werden, so seien diese eben gleichwertig; man hätte, was kein Schade sei, zwei oder mehrere Interpolationsformeln, die nur nicht zur Extrapolation benutzt werden dürften. Dagegen ist zu sagen, daß die analytische Entwicklung nur den Zweck hat, eine für theoretische Untersuchungen geeignete Gesamtdarstellung für die ganze Erde zu liefern, also eben zu extrapolieren. Für diesen Zweck bleiben die verschiedenen Darstellungen nicht gleichwertig, auch wenn sie es für die ursprüngliche Aufgabe waren. Der tiefere Grund dafür liegt darin, daß bei den Ableitungen anderer Größen aus dem Potential, ja schon bei dessen Zerlegung in den inneren und den äußeren Anteil, die Funktionen der verschiedenen Ordnungen im allgemeinen mit verschiedenen Faktoren behaftet auftreten. Das ist übrigens gerade der wesentliche Grund, der zur Anwendung der Kugelfunktionen zwingt.

Der Wunsch, mit allem Nachdruck auf die schon mehrfach betonte Unzulänglichkeit des Netzes der magnetischen Observatorien hinzuweisen, mag die vielleicht allzu große Breite dieser Ausführungen entschuldigen.

Noch sehr dürftig sind unsere Kenntnisse über die Änderungen, die die tägliche Variation im Laufe der Sonnenfleckenperiode, wie überhaupt bei Aktivitätsschwankungen erfährt. Man könnte vermuten, daß in störungsreicheren Zeiten eine verhältnismäßig stärkere Ionisierung der polaren Luftschichten auftrete, und daß infolgedessen eine gewisse Verschiebung der induzierten Stromsysteme und der daraus entspringenden Variationen stattfände. Einige erste, allenfalls in diesem Sinne zu deutende Ergebnisse sind aber durch eingehendere Untersuchungen nicht bestätigt worden. Man kann daraus vielleicht schließen, daß die Ionisierung durch die eindringenden Korpuskularstrahlen gegen diejenige durch die ultraviolette Sonnenstrahlung vollkommen zurücktritt, wie dies in allen bisherigen theoretischen Untersuchungen auch angenommen worden ist.

Noch unerklärt ist eine kleine Schwankung von nur etwa 2γ Amplitude, deren Periode der Sterntag ist. Die Feldrichtung, deren äquatoriale Komponente allein bestimmbar ist, geht ungefähr von 18^h nach 6^h in Rektaszension und liegt daher nahezu in demselben Meridian wie die fortschreitende Bewegung des Sonnensystems und damit auch wie die mittlere Bewegung der Erde. Lage des Apex: $AR = 270^\circ$, $D = 30^\circ$. Es liegt nahe, hier einen ursäch-

lichen Zusammenhang zu vermuten, obgleich gerade die sehr gute Übereinstimmung eigentlich etwas dagegen spricht; denn infolge der Induktion in den höheren Luftschichten und im Erdkörper muß das an der Erdoberfläche beobachtete Feld gegenüber dem als Ursache anzunehmenden äußeren Felde außer einer Intensitätsänderung auch eine merkliche Verschiebung in Zeit zeigen. Man könnte vermuten, daß die beobachtete Schwankung durch elektrische Ströme verursacht werde, die die magnetische Erde in dem sie umgebenden Medium durch ihre fortschreitende Bewegung induziert. Die dazu nötige Leitfähigkeit dieses Mediums ist der Größenordnung nach nur der zehntausendste Teil derjenigen, die Schuster in seiner Theorie der Säkularvariation annehmen mußte. Aber dieser Erklärungsversuch scheitert daran, daß das so entstehende induzierte Feld selbst in der unmittelbaren Umgebung der Erde nicht die einfache Gestalt des beobachteten Feldes hat.

Gegen die an sich nächstliegende Erklärung des sternzeitlichen Ganges durch das Feld der von der Sonne ausströmenden, sich mehr und mehr ihrer magnetischen Äquatorebene nähernden elektrischen Teilchen spricht der Umstand, daß dieser Gang nach den bisherigen Feststellungen von der Aktivität der Sonne unbeeinflusst zu sein scheint, doch sind diese Feststellungen, die sich nur auf ein sehr beschränktes Beobachtungsmaterial stützen, noch keineswegs als unbedingt sicher anzusprechen.

Die Störungen und die Nachstörung. Von den Störungen darf dasselbe gesagt werden, was von den periodischen Erscheinungen gilt. Wir sind im großen und ganzen über die Vorgänge unterrichtet und kennen im wesentlichen ihre Ursachen. Die tiefer dringende Untersuchung, das Eindringen in feinere Einzelheiten und damit ein grundsätzlicher Fortschritt über den jetzt erreichten allgemeinen Stand hinaus erfordert wie dort eine umfangreichere und gleichmäßigere empirische Grundlage, die nur durch den planmäßigen Ausbau des Systems der ständigen Magnetwarten verwirklicht werden kann.

Statistische Untersuchungen, wie sie zuerst von Moos in größerem Umfang durchgeführt worden sind, lassen in dem Störungsablauf drei Teile erkennen: den gewöhnlichen, nur (was schon Eschenhagen bemerkt hat) verstärkten täglichen Gang nach Ortszeit, einen überall ähnlichen Gang nach Weltzeit und eine (in die Nachstörung von Bemmelen ausklingende) aperiodisch gedämpfte Welle.

Statistische Arbeiten anderer Art haben schon vor sehr langer Zeit zu der Erkenntnis geführt, daß die letzte Ursache der Störungen in Vorgängen zu suchen sei, die von gewissen Stellen der Sonnenoberfläche ausgehen. Neben der mehr ins einzelne gehenden Vergleichung mit einem anderen Symptom dieser Vorgänge, den Sonnenflecken, ist in dieser Hinsicht an die Feststellung einer 27.3-tägigen und einer, allerdings nur bei den stärksten Störungen deutlich ausgeprägten, fast genau 30-tägigen Periodizität zu erinnern. Für die Realität dieser letzteren spricht noch eine von Angenheister aufgedeckte, an den Sonnenzyklus geknüpfte Gesetzmäßigkeit in der Wiederkehr der starken Störungen.

Die so empirisch festgestellte Beziehung zur Sonne findet ihre Erklärung durch die zuerst von Paulsen aufgestellte, und dann nach Birkelands Versuchen von Störmer ausgebildete Theorie, die im wesentlichen als gesichert gelten darf. Die Sonne schleudert von Zeit zu Zeit von eng begrenzten Stellen ihrer Oberfläche in nahezu radialer Richtung elektrische Teilchen in den Weltraum, die in geeigneten Fällen die Erde treffen, und zwar unter dem Einfluß des erdmagnetischen Feldes ausschließlich in je einer schmalen Zone um die beiden Endpunkte der magnetischen Achse. Sie rufen beim Eindringen in die Atmosphäre einerseits die hier nicht weiter zu besprechenden Polarlichterscheinungen hervor, andererseits verursachen sie eine starke Ionisation der Luft, während diese zugleich infolge der erhaltenen elektrischen Ladung explosionsartig auseinander stiebt. Die so entstehenden Strömungen der gut leitenden Luftmassen im erdmagnetischen Felde führen zu Induktionsströmen, als deren magnetische Wirkungen wir die Störungen beobachten. Die Frage nach dem Vorzeichen der von der Sonne ausgesandten, die Erde treffenden Teilchen ist viel umstritten worden. Besonders in letzter Zeit ist auch die Meinung vertreten worden, daß stets positive und negative Teilchen gleichzeitig die Sonne verlassen, weil die Sonne eine immer mehr ansteigende und schließlich jedes weitere Ausströmen verhindernde Aufladung erfahren würde, wenn nur Teilchen einer Art ausgeschleudert würden. Wäre dieses Bedenken berechtigt, so würde es auch bei der Erde zutreffen, während es doch kaum zweifelhaft sein kann, daß diese nicht von gleichstarken Strahlenbündeln der zwei Arten getroffen wird. Diese unterliegen ja ganz verschiedenen Ablenkungen, so daß ihr Auftreten in gleicher Menge auf die Erde selbst dann unwahrscheinlich wäre, wenn sie die Sonne in gleicher Menge verließen. Man müßte dann ferner das Auftreten von zwei Polarlichtzonen an jedem Pol erwarten, und schließlich ist man auch zur Erklärung der Entstehung von Luftströmungen anzunehmen genötigt, daß zum mindesten ein Überschuß von Teilchen des einen Vorzeichens vorhanden ist. Jenes Bedenken entschwindet aber, und die Möglichkeit der Annahme, daß alle ausgesandten Teilchen von derselben Art seien, bleibt offen, wenn man beachtet, daß der ganze Weltraum von solchen (freilich in außerordentlich geringer Dichte) erfüllt sein muß, falls solche immer aufs neue von zahlreichen Sternen (zum mindesten denen vom Typus der Sonne) herkommen. Dem entspräche ein annähernd stationärer Zustand: die Sonne hätte eine Ladung entgegengesetzten Vorzeichens, die jedesmal beim Ausschleudern einer Wolke von Korpuskeln etwas ansteige, aber dauernd durch Aufnahme von solchen aus dem ganzen umgebenden Raume abnähme. Die Koronastrahlen dürften in diesem langsamen Zuströmen ihren Ursprung haben. Unerklärt bliebe dabei, wie die Erde die den Korpuskeln gleichsinnige Aufladung wieder verliert. Nach dem oben Gesagten schwindet diese Schwierigkeit auch dann nicht, wenn man annimmt, daß die Sonne Teilchen beider Vorzeichen in gleicher Menge aussendet.

Die zwei ersten der zu Anfang erwähnten einander überlagerten Bestandteile einer Störung sind nach der angedeuteten Theorie leicht verständlich.

Auch für den dritten Teil, die Grundstörung, die ohne scharfe Grenze in die Nachstörung übergeht, findet sich eine befriedigende Erklärung. Man führte diese bisher meistens auf einen in großer Entfernung von der Erde in ihrer magnetischen Äquatorebene schwebenden Kreisstrom zurück, der sich aus solchen Korpuskeln bildet, die weniger tief in die Atmosphäre eindringen und sich von der Erde wieder entfernen. Jede einzelne Störung liefert einen zuerst schnellen, dann immer langsamer abnehmenden Beitrag zu dem Strome, in dem offenbar die zwischen seinen Bestandteilen herrschende elektrostatische Abstoßung sehr nahe durch die elektrodynamische Anziehung aufgehoben wird, so daß der verbleibenden Zerstreung eine Halbwertszeit von mehr als zwei Jahren entspricht. Neuerdings hat Chapman die Existenz zweier durch jede Störung ausgelöster polarer Kreisströme nachgewiesen und die anfänglich sehr schnelle Abnahme der Grundstörung durch Berücksichtigung der Induktionswirkung dieser schnell anwachsenden und bald wieder schwindenden Ströme erklärt. Das widerspricht nicht der oben erwähnten früheren Auffassung; man kann in diesen polaren Strömen, deren Entfernung von der Erde verhältnismäßig gering sein muß, den Beginn der Bahnen vermuten, auf denen die rückkehrenden Korpuskeln allmählich in den äquatorealen Kreisstrom gelangen.

Noch wenig beachtet worden sind bisher die Einzelheiten des Störungsablaufs, von denen man nur weiß, daß sie als Wirkungen wandernder Stromwirbel gedeutet werden können. Vor allem fehlt noch eine sichere Erklärung der Tatsache, daß sich oft ein charakteristisch gestalteter Störungsvorgang mehrmals nacheinander, gewöhnlich an aufeinander folgenden Tagen, wiederholt. Am nächsten liegt wohl die Annahme örtlicher, nur langsam veränderlicher Ungleichförmigkeiten im Leitungszustand der Atmosphäre, die durch geringfügige Beimengungen radioaktiver Stoffe verursacht sein können.

Magnetische Anomalien im westlichen Mecklenburg.

Von **Fr. Schuh**, Rostock. — (Mit zwei Abbildungen.)

Mittels der Schmidtschen Feldwaage für Vertikalintensität wurde der Westen Mecklenburg-Schwerins vermessen und eine Isanomalienkarte gezeichnet. Es ergab sich eine regionale Anomalie mit nordöstlichem Streichen. Die Störungsamplitude beträgt etwa 270 γ . Es wurde versucht, die Ursache dieser regionalen Anomalie, sowie einiger lokaler Anomalien geologisch zu deuten.

Es handelt sich bei den nachstehenden Ausführungen um einen vorläufigen Bericht, um die Mitteilung eines Teilergebnisses einer wesentlich größeren Arbeit, die noch nicht abgeschlossen ist. Geplant ist, eine magnetische Isanomalienkarte von ganz Mecklenburg-Schwerin zu schaffen. Diese Isanomalienkarte soll als Grundlage dienen für andere Untersuchungen geophysikalischer