

## Werk

**Jahr:** 1938

**Kollektion:** fid.geo

**Signatur:** 8 GEOGR PHYS 203:14

**Digitalisiert:** Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

**Werk Id:** PPN101433392X\_0014

**PURL:** [http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X\\_0014](http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0014)

**LOG Id:** LOG\_0027

**LOG Titel:** Über einige die Physik des Erdinnern betreffende atomtheoretische Beziehungen

**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](mailto:gdz@sub.uni-goettingen.de)

## Über einige die Physik des Erdinnern betreffende atomtheoretische Beziehungen

(Kompressibilität und Abstoßungskraft der Ionen im Erdinnern, Ladungstrennung als mögliche Ursache des Erdmagnetismus)

Von **H. Haalek**, Potsdam. — (Mit 2 Abbildungen)

Es werden die Beziehungen abgeleitet, welche zwischen dem Abstoßungsexponenten der Ionen, der Kompressibilität und dem Druck im Erdinnern bestehen. Die Berechnung des Kompressibilitätsfaktors auf Grund der atomtheoretischen Beziehung ergibt für den Erdkern eine Übereinstimmung mit den seismisch ermittelten Werten; für die Erdkruste ergeben sich zu kleine Werte. Die Beziehung zwischen den Abstoßungskonstanten, dem Druck und der elektrischen Feldstärke im Erdinnern wird aufgestellt und das Ergebnis in bezug auf die Möglichkeit, dadurch die Ursache des Erdmagnetismus zu erklären, kurz erörtert.

Der molekulare Aufbau der Materie im Innern der Erde ist unbekannt. Es ist sehr wahrscheinlich, daß bei den außerordentlich hohen Drucken, welche bis auf rund 3 Millionen Atm. ansteigen, tiefgehende Änderungen der Materie vor sich gehen. G. Linck\*) hat darauf hingewiesen, daß im Erdinnern folgende Anordnungen und Kombinationen der Atome und Moleküle wahrscheinlich sind:

1. Mehrfache Moleküle verbunden,
2. einfache Moleküle,
3. mehrfache Atome verbunden,
4. einfache Atome.

Nach Ansicht von G. Linck ist der Erdkern monatomig, und die Materie geht bis zur äußeren Erdkruste in den pleomolekularen Zustand über; Temperatur und Druck im Erdkern sind so stark, daß jede Kristallisation oder die Bildung chemischer Verbindungen nicht mehr möglich ist. Diese Ansicht, welche sehr viel für sich hat, wird wesentlich gestützt durch die Tatsache, daß keine transversalen Erdbebenwellen durch den *Erdkern* gehen, dieser sich also trotz des hohen Druckes *wie eine Flüssigkeit* verhält. Bei den folgenden Überlegungen gehe ich daher von der Vorstellung des *monatomigen Zustandes der Materie* aus und lasse es zunächst dahingestellt sein, wieweit das Ergebnis der Theorie für das Erdinnere zutrifft.

Soweit es erforderlich ist, eine bestimmte Form des Ionengitters anzunehmen, betrachten wir den mathematisch einfachsten Fall, d. i. die kubische Anordnung der Ionen. Bedeutet  $\sigma$  die Dichte einer Masse vom Volumen  $v$ ,  $k$  den Kompressi-

\*) G. Linck: Aufbau des Erdballs. Jena, Fischer, 1924.

bilitätsfaktor,  $A$  die Masse eines einzelnen Atoms,  $m$  die Anzahl der Atome in der Volumeneinheit,  $dp$  die Druckzunahme, so bestehen folgende Beziehungen:

$$\left. \begin{aligned} m \cdot s^3 &= 1 \\ m \cdot A &= \sigma \end{aligned} \right\} \text{d. i. } s^3 = \frac{A}{\sigma} \left. \begin{aligned} \frac{dp}{k} &= -\frac{dv}{v} = \frac{d\sigma}{\sigma} = -3 \frac{ds}{s} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

Die elektrischen Ladungen der Ionen und Atome können, wenn es sich um ihre Nahzone handelt, nicht mehr als reine Punktladungen aufgefaßt werden; es treten noch zusätzliche *abstoßende Kräfte* auf, welche mit einer höheren Potenz des Abstandes  $r$  abnehmen\*). Rein phänomenologisch setzt man für das Potential  $\Phi$  der abstoßenden Kraft\*\*) zwischen 2 Atomen bzw. Ionen die Formel an:

$$\Phi = \frac{b}{r^n} \dots \dots \dots (2)$$

in welcher die Konstante  $b$  und der Exponent  $n$  von der Natur des Stoffes abhängig sind. Die *Ursache der abstoßenden Kraft* liegt irgendwie im Aufbau der Elektronenschalen (auf die Kernladung kommt es dabei nicht an), und zwar wird sie hauptsächlich bestimmt von der Zahl der an der Oberfläche des Ions befindlichen Elektronen. (Die abstoßende Kraft ist nicht in jeder Lage zwischen 2 Ionen vorhanden; theoretisch können auch Lagen möglich sein, in welchen statt der Abstoßung eine Anziehung eintritt. Die Konstanten der Formel (2) sind daher nur als *Mittelwerte* für die abstoßende Kraft aus der Gesamtheit der Ionen und ihrer relativen Lagen zueinander aufzufassen.) Die Größe  $b$  enthält die Dimensionen der um die Elektronenanordnungen umbeschriebenen Kugeln (Ionenradien); sie besitzt für die Atomphysik keine weitere Bedeutung und ist zahlenmäßig nicht bekannt. Der *Abstoßungsexponent*  $n$  ist dagegen für die *Atomtheorie der festen Körper* sehr *wichtig*, da von ihm die Kompressibilität der Stoffe abhängt. An Kristallgittern hat man aus der Kompressibilität und dem Gitterabstand für  $n$  Werte gefunden, welche zwischen 5 und 16 schwanken, meistens aber in der Größenordnung von  $n = 9$  liegen, den M. Born als den durchschnittlichen Wert ansieht. Wir werden daher im folgenden für  $n$  die Werte 7.9 und 11 einsetzen.

Berücksichtigt man, daß die abstoßende Kraft in der Nahzone zwischen 2 Ionen bzw. Atomen von dem Aufbau der Elektronenschalen verursacht wird, so ergibt die Betrachtung der in Fig. 1 dargestellten drei Fälle:

\*) Literatur über die Abstoßungskräfte im Handb. d. Phys.: Bd. X, Abschnitt von E. Grüneisen, S. 9ff.; Bd. XXII, Abschnitt von K. F. Herzfeld, S. 453ff.; Bd. XXIV, Abschnitt von M. Born u. O. F. Bollnow, S. 420ff.; M. Born: Atomtheorie des festen Zustandes, Leipzig 1923.

\*\*) Der Einfachheit wegen bezeichnet man als abstoßende Kraft nicht die gesamte elektrostatische Kraft zwischen zwei Ionen, sondern nur die *zusätzliche Kraft* zu der (einfach als Coulombsche Kraft bezeichneten) elektrostatischen Kraft, welche vorhanden wäre, wenn die Ladungen im Mittelpunkt der Ionen vereinigt wären.

Im ersten Falle (2 Ionen, d. h. Wirkung zweier Systeme von Elektronenschalen aufeinander) ist die zusätzliche abstoßende Kraft eine vorhandene Tatsache; im dritten Falle (2 freie Elektronen) ist diese, da es sich nur um Punktladungen handelt, gleich Null. Folglich können wir annehmen, daß im mittleren Falle 2 (d. h. Wirkung zwischen einem System von Elektronenschalen und einem freien Elektron) eine abstoßende Kraft in der Nahzone vorhanden ist, welche freilich nur einen Bruchteil derjenigen im Falle 1 beträgt (vgl. S. 117). (Analog wie die abstoßende Kraft zwischen 2 Ionen ist auch die abstoßende Kraft zwischen einem Ion und einem freien Elektron in einer komprimierten Masse nur als *Mittel* über ihre Gesamtheit und über alle möglichen Lagen relativ zueinander aufzufassen.) Ihre Größe ist in der Atomtheorie nicht bekannt. (Möglicherweise tritt sie überhaupt erst bei ganz starker, experimentell nicht herstellbarer Kompression einer Masse merkbar in Erscheinung.) Wir bezeichnen daher im folgenden die Konstante des Abstoßungspotentials mit  $b'$  und nehmen für den Abstoßungsexponenten  $n$  denselben Wert an wie im vorigen Fall. (Die Annahme eines etwas davon abweichenden Wertes für  $n$  ändert das Ergebnis im Prinzip nicht.)

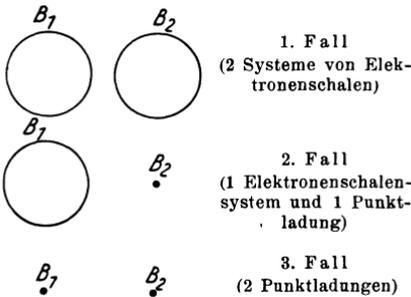


Fig. 1. Abstoßende Kraft zwischen Elektronenschalensystemen bzw. Punktladungen

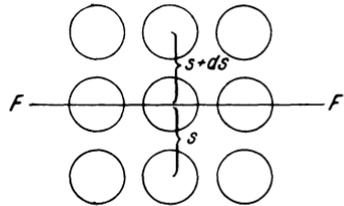


Fig. 2. Kubische Anordnung der Ionen

1. *Die Kompressibilität im Innern der Erde.* Wir denken uns jetzt eine Niveaufläche  $FF$  im Innern der Erde, also eine zum Mittelpunkt konzentrisch liegende Kugelfläche. Infolge der zunehmenden Kompression der Masse von der Oberfläche bis zum Mittelpunkt hin nimmt der Abstand der Ionen mit der Tiefe ab. Es sei  $s$  der Ionenabstand des Gitters unmittelbar *innerhalb* der Niveaufläche,  $s + ds$  derjenige unmittelbar *außerhalb* davon. (Das Ionengitter wäre also nicht mehr streng als kubisches zu bezeichnen; doch ist eine solche Abweichung als ganz unwesentlich zu vernachlässigen.) Auf der Niveaufläche laste der Druck  $p$  pro Flächeneinheit. Der Gegendruck der von der Niveaufläche eingeschlossenen Masse, der diesem das Gleichgewicht hält, ist die Resultierende aus der Gesamtheit der abstoßenden Kräfte der einzelnen Ionen der eingeschlossenen Masse auf die in der Niveaufläche befindlichen Ionen pro Flächeneinheit. Wegen der Größe des Abstoßungsexponenten  $n$  sind praktisch nur die Abstoßungskräfte der in

unmittelbarer Nähe der Niveauläche befindlichen Ionen wirksam. Ein einzelnes Ion der Grenzschicht übt nach Gleichung (2) einen Druck aus von

$$\frac{n \cdot b \cdot L}{s^{n+1}},$$

wo  $L$  einen Zahlenfaktor, der sich aus der Summierung der Abstoßungskräfte über die Gesamtheit der Ionen ergibt, bedeutet. Dieser Faktor ändert sich wegen der thermisch-kinetischen Bewegungen der Ionen um ihre Gleichgewichtslage für das einzelne Ion ununterbrochen.  $L$  ist daher als der Mittelwert des Faktors für sämtliche die Niveauläche berührenden Ionen aufzufassen. (Aus der kubischen Anordnung der Ionen ergibt sich durch eine einfache Überlegung an Hand von Fig. 2, daß  $L$  in der Größenordnung von etwa 1.2 bis 1.5 liegen muß.)

Summiert über die in der Flächeneinheit gegen die Niveauläche drückenden Ionen ergibt sich als Gegendruck der inneren Masse:

$$p = \frac{n b L}{s^{n+1}} m^{2/3} = \frac{n b L}{s^{n+3}} \dots \dots \dots (3)$$

Für differentielle Änderung von  $p$  und  $s$  gilt:

$$\frac{dp}{p} = - (n + 3) \frac{ds}{s},$$

woraus unter Berücksichtigung von (2) folgt:

$$k = \frac{n + 3}{3} p \dots \dots \dots (4)$$

Da der Faktor  $L$  aus der Gleichung herausfällt, können wir annehmen, daß die Beziehung von der Annahme einer bestimmten Form des Ionengitters nur wenig abhängt.

Mit Hilfe dieser Formel können wir jetzt den *Kompressibilitätsfaktor*  $k$  für das Erdinnere berechnen. Das Ergebnis ist in folgender Tabelle zusammengestellt (alle Größen in CGS-Einheiten; die Werte für  $p$  und  $k$  sind noch mit  $10^{12}$  zu multiplizieren). Der Druck  $p$  ist berechnet auf Grund von zwei Dichtegesetzen, welche als Grenzfälle angesehen werden können, zwischen denen das wirkliche Dichtegesetz des Erdinnern liegen muß (wahrscheinlich näher dem Grenzfall I)\*).

a) Grenzfall I ( $D_2$ )

Tiefe (in km)	$p$	$k$			$k$ (seismisch)
		$n = 7$	$n = 9$	$n = 11$	
1200	0.5	1.7	2.0	2.3	4.4
1700	0.7	2.3	2.8	3.3	5.0
2900	1.3	4.3	5.2	6.1	5.1
2900					8.0
6370	2.7	9.0	10.8	12.6	13.5

\*) Fall  $A_1$  und  $D_{11}$  nach H. Haalck: Über die Lagerung der Massen . . . , Zeitschr. f. angew. Geophys. Berlin, Verlag Borntraeger, 1924; vgl. auch B. Gutenberg: Lehrb. d. Geophys., Berlin 1929, S. 446 u. 466.

b) Grenzfall II ( $A_1$ )

Tiefe (in km)	$p$	$k$			$k$ (seismisch)
		$n = 7$	$n = 9$	$n = 11$	
1200	0.5	1.7	2.0	2.3	3.9
1700	0.7	2.3	2.8	3.3	5.2
2900	1.55	5.2	6.2	7.2	8.8
2900					6.6
6370	3.55	11.8	14.2	16.6	11.1

In der letzten Spalte sind die Werte von  $k$  angegeben, welche sich aus den Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der Erdbebenwellen in Verbindung mit dem Dichtegesetz ergeben\*). Um eine einwandfreie Vergleichsmöglichkeit zu haben, ist dabei für  $k$  das gleiche Dichtegesetz wie bei der Berechnung von  $p$  angenommen. Das Mittel aus den beiden Grenzfällen ist folgendes:

Tiefe (in km)	$p$	$k$			$k$ (seismisch)
		$n = 7$	$n = 9$	$n = 11$	
1200	0.5	1.7	2.0	2.3	4.2
1700	0.7	2.3	2.8	3.3	5.1
2900	1.42	4.7	5.7	6.7	6.9
2900					7.3
6370	3.12	10.4	12.5	14.6	12.3

Der Vergleich läßt erkennen, daß für den Erdkern die atomtheoretisch berechneten Werte des Kompressibilitätsfaktors  $k$  recht gut mit den seismisch ermittelten übereinstimmen. Für die Erdkruste liefert Gleichung (4) zu kleine Werte. Wir können daraus folgern, daß die Voraussetzungen, unter denen die Beziehung (4) aufgestellt worden ist, für die Erdkruste nicht mehr genügend zutreffen, daß also der Druck in diesen Tiefen eben noch nicht ausreicht, um den molekularen Zusammenhang hinreichend zu überwinden.

Gleichung (3) können wir dazu benutzen, um den Wert der Abstoßungskonstanten  $b$  größenordnungsmäßig für den physikalischen Zustand der Materie im Erdkern zu berechnen:

$$b_1 = \frac{p \cdot s^{n+3}}{n \cdot L} = \frac{p}{n \cdot L} \left( \frac{A}{\sigma} \right)^{\frac{n+3}{3}} \dots \dots \dots (5a)$$

In dieser Form können wir sie benutzen, indem wir für  $p$  den auf Grund der Dichtesetze berechneten Druck im Erdinnern einsetzen. Doch können wir die Formel (3) auch noch in der Form benutzen, daß wir sie unter Berücksichtigung von (4) umformen in:

$$b_2 = \frac{3k}{n(n+3)L} \left( \frac{A}{\sigma} \right)^{\frac{n+3}{3}} \dots \dots \dots (5b)$$

wobei wir jetzt für  $k$  den seismisch in Verbindung mit dem Dichtegesetz ermittelten Wert des Kompressibilitätsfaktors einsetzen.

\*) Siehe Fußnote auf voriger Seite.

Die in den Formeln (5) vorkommenden Konstanten sind etwa:

$$L \simeq 1.3$$

$$A = 9.2 \cdot 10^{-23} \text{ (Masse eines Eisenatoms).}$$

Das Ergebnis der numerischen Rechnung zeigt die folgende Tabelle:

		Grenzfall I ( $D_2$ )					
Tiefe (in km)	$\sigma$	$b_1$			$b_2$		
		$n = 7$	$n = 9$	$n = 11$	$n = 7$	$n = 9$	$n = 11$
1200	4.8	1	0.6	0.3	2.7	1.3	0.6
1700	4.92	1.3	0.7	0.4	2.9	1.3	0.6
2900	5.2	2.1	1.1	0.6	2.5	1.1	0.5
2900	11.2	0.2	0.05	0.02	0.3	0.08	0.02
6370	11.2	0.3	0.1	0.04	0.5	0.1	0.04
		$\cdot 10^{-65}$	$\cdot 10^{-80}$	$\cdot 10^{-95}$	$\cdot 10^{-65}$	$\cdot 10^{-80}$	$\cdot 10^{-95}$

		Grenzfall II ( $A_2$ )					
Tiefe (in km)	$\sigma$	$b_1$			$b_2$		
		$n = 7$	$n = 9$	$n = 11$	$n = 7$	$n = 9$	$n = 11$
1200	4.26	1.5	0.9	0.6	3.6	1.8	1.0
1700	5.63	0.9	0.4	0.2	1.9	0.8	0.36
2900	8.92	0.4	0.15	0.06	0.7	0.2	0.07
2900	9.18	0.4	0.1	0.05	0.5	0.1	0.05
6370	9.18	0.8	0.3	0.12	0.8	0.2	0.08
		$\cdot 10^{-65}$	$\cdot 10^{-80}$	$\cdot 10^{-95}$	$\cdot 10^{-65}$	$\cdot 10^{-80}$	$\cdot 10^{-95}$

Der Wert der Abstoßungskonstanten  $b$  für das Erdinnere ist also sehr stark davon abhängig, welchen Wert des Abstoßungsexponenten  $n$  man als richtig annimmt (am wahrscheinlichsten ist nach S. 112 wohl der Wert  $n = 9$ , entsprechend der Ansicht von M. Born); innerhalb der einzelnen Annahmen für  $n$  schwanken die errechneten Werte von  $b$  aber nur sehr wenig. Zu beachten ist dabei noch, daß die Voraussetzungen für die Anwendung der Formeln nach S. 115 für die Erdkruste nicht mehr ganz zutreffen; außerdem wäre hier für die Masse  $A$  eines Atoms wohl ein etwas kleinerer Wert angebracht.

2. *Ladungstrennung im Erdinnern.* Wir betrachten die Gleichgewichtsbedingung für ein in der Niveauläche  $FF$  befindliches freies Elektron. Die auf das Elektron wirkenden Kräfte bestehen: 1. aus den nach dem Coulombschen Gesetz wirkenden Kräften der Punktladungen, 2. aus den Abstoßungskräften in der Nahzone der Ionen nach Gleichung (2). Die ersteren bilden in ihrer Gesamtheit die anziehende Kraft der elektrischen Feldstärke auf das Elektron  $-e\mathfrak{E}$ , positiv nach dem Kugelmittelpunkt hin gerichtet. Nach Fig. 2 können wir für die abstoßende Kraft auf das freie Elektron setzen:

$$\frac{n \cdot b' L}{s^{n+1}} - \frac{n b' L}{(s + ds)^{n+1}},$$

wobei der Zahlenfaktor  $L$  ungefähr den auf S. 116 angegebenen Wert besitzt. Das erste Glied stellt die Abstoßungskraft durch die *innerhalb* der Niveaufläche, und das zweite diejenige durch die *außerhalb* der Niveaufläche befindlichen Ionen dar. Das gilt aber nur für ein streng kubisches Ionengitter; in Wirklichkeit befinden sich infolge der nach außen hin abnehmenden Kompression der Masse in der außerhalb der Niveaufläche befindlichen Ionenschicht im Verhältnis  $\frac{s^2}{(s + ds)^2}$  weniger Ionen pro Flächeneinheit, als auf der innerhalb der Niveaufläche befindlichen Ionenschicht. Das letzte Glied ist also, um die Abstoßungskräfte der betreffenden Ionenschichten ins richtige Verhältnis zueinander zu bringen, noch mit diesem Faktor zu multiplizieren.

Die Gleichgewichtsbedingung für das freie Elektron wird damit:

$$- e \mathfrak{E} + \frac{n b' L (n + 3)}{s^{n+1}} \cdot \frac{ds}{s} = 0.$$

Unter Berücksichtigung der Gleichungen (1), (3) und (4):

$$\mathfrak{E} = \frac{b'}{b} \cdot \frac{s^2}{e} dp$$

oder um  $dp$  auf die Längeneinheit zu beziehen:

$$\mathfrak{E} = \frac{b'}{b} \cdot \frac{A}{e} \cdot \frac{dp}{\sigma} \dots \dots \dots (6)$$

*Diese Gleichung gibt an, wie Druckgradient und elektrische Feldstärke im Innern des kosmischen Massenkörpers einander das Gleichgewicht halten. Es ist aber nicht möglich, numerische Werte für die Größe der Feldstärke aus der Atomtheorie abzuleiten, da der Faktor  $b'/b$  nicht bekannt ist.*

*Das Maximum der Feldstärke würde sich für das Erdinnere (entsprechend  $dp$  als Funktion des Abstandes vom Mittelpunkt) etwa an der Grenze des Erdkerns, also in 2900 km Tiefe ( $r = 0,55 R$ ), ergeben. Im homogenen Erdkern ist*

$$\frac{dp}{\sigma} = - \kappa \frac{4}{3} \pi r \cdot \sigma.$$

Wir erhalten damit für die maximale Feldstärke im Erdinnern nach Gleichung (6)

$$\mathfrak{E}_{\max} = - \frac{b'}{b} \cdot \frac{A}{e} \kappa \frac{4}{3} \pi \sigma \cdot 0,55 R \dots \dots \dots (7)$$

wobei  $\sigma$  die Dichte im Erdkern,  $R$  den Erdradius,  $\kappa$  die Gravitationskonstante bedeuten.

Die Frage, wie *auf Grund der Ladungstrennung im Erdinnern die Ursache des Erdmagnetismus* erklärt werden kann, habe ich bereits in vorhergehenden Arbeiten

behandelt. In erster Näherung wurde für die Feldstärke im Innern kosmischer Massenkörper angesetzt\*):

$$\mathfrak{E} = C_1 \frac{4}{3} \pi e \sigma_m \left[ 1 - \left( \frac{r}{R} \right)^\alpha \right] r,$$

wobei  $\sigma_m$  die mittlere Dichte,  $\alpha$  ein Exponent, für den verschiedene Werte eingesetzt wurden, und  $C_1$  eine universelle Konstante bedeuten. Diese wurde empirisch so angenommen, daß aus der Rotation des Erdkörpers mit seiner Ladungstrennung die Stärke des beobachteten erdmagnetischen Feldes resultierte. Damit ergab sich als maximale Feldstärke im Innern der Erde ein Wert von

$$\begin{aligned} \mathfrak{E}_{\max} &= - 5.6 \text{ bis } - 7.3 \cdot 10^{-5} \text{ (CGS).} \\ &\left( = 5.0 \text{ bis } 6.6 \cdot 10^8 \frac{\text{Volt}}{\text{cm}} \right) \end{aligned}$$

im Abstände  $r = 0.5$  bis  $0.7 R$  vom Erdmittelpunkt. Dieser Wert stimmt mit der aus Formel (7) berechneten maximalen Feldstärke überein, wenn wir für  $b'/b$  den Wert  $1.0$  bis  $1.3 \cdot 10^{-5}$  einsetzen.

Die Anwendung der Formel (6) auf die *Sonne* ist unsicher, da das Dichtegesetz für das Innere der Sonne unbekannt ist. Der Größenordnung nach läßt sich aber die maximale Feldstärke angeben, wenn man die für das Erdinnere geltende Form (7) der Beziehung benutzt, wobei für den universellen Koeffizienten  $b'/b$  der empirisch bestimmte Wert  $1.0$  bis  $1.3 \cdot 10^{-5}$  und für die Dichte  $\sigma$  die mittlere Dichte der Sonne eingesetzt wird. Mit den numerischen Werten

$$\begin{aligned} R &= 6.95 \cdot 10^{10} \\ \sigma_m &= 1.43 \end{aligned}$$

erhalten wir dann für die maximale Feldstärke im Innern der Sonne:

$$\mathfrak{E}_{\max} = - 0.87 \text{ bis } - 1.14 \cdot 10^{-3} \text{ (CGS).}$$

Nach dem in [4] als erster Näherung angenommenen mathematischen Ansatz für die Ladungstrennung im Innern kosmischer Massen ergab sich

$$\mathfrak{E}_{\max} = - 1.3 \text{ bis } - 1.7 \cdot 10^{-3} \text{ (= } 1.2 \text{ bis } 1.6 \cdot 10^{10} \text{ Volt/cm).}$$

Das Ergebnis der Anwendung von Formel (6) auf Erde und Sonne zeigt also, daß der in der früheren Arbeit [4] als erste Annäherung gewählte mathematische Ansatz für die Ladungstrennung im Innern kosmischer Massen richtig war.

Die Frage, ob die Ursache des primären erdmagnetischen Feldes durch die Ladungstrennung im Erdinnern quantitativ erklärt werden kann, läßt sich durch die atomtheoretische Ableitung nicht entscheiden (vgl. [4], S. 250 und [3], S. 193), da die in Frage kommenden Konstanten zahlenmäßig nicht bekannt sind. Als Gründe, die dafür sprechen, lassen sich anführen, daß einmal die Theorie zu quantitativen Werten von Raumladungsdichtungen und Feldstärken führt, die

---

\*) Vgl. [4], S. 253. In der angeführten Arbeit [4] ist die Feldstärke absolut genommen; das richtige Vorzeichen ist Minus.

physikalisch plausibel sind, und zweitens die Tatsache, daß der Wert für  $b'/b$ , den man annehmen muß, um das magnetische Erdfeld quantitativ zu erklären, hinreichend übereinstimmt mit dem Wert, der angesetzt werden muß, um das vorhandene sonnenmagnetische Feld zu erklären.

### Literatur

[1] Haalck: Über eine neue physikalische Erklärung der Ursache des Erd- und Sonnenmagnetismus und des luftelektrischen Vertikalstromes. Zeitschr. f. Geophys. **12** (1936), H. 2/3.

[2] Haalck: Kann bei sehr hohen Drucken in einer Masse durch einen Druckgradienten eine Ladungstrennung hervorgerufen werden? Zeitschr. f. Phys. 1937, H.1/2.

[3] Diskussion Haalck-Schlomka über die Frage nach der Ursache des Erdmagnetismus. Zeitschr. f. Geophys. **13** (1937), H. 2—5.

[4] Haalck, H.: Über die physikalischen Ursachen des Magnetismus der Erde. Neue zusammenfassende Darstellung.) Gerl. Beitr. z. Geophys. 1938, S. 243—269.

---

## Bemerkungen zum Artikel von Karl Jung: „Über vollständig isostatische Reduktion“

Von Th. Niethammer

Es wird gezeigt, daß die bisher berechneten isostatischen Schwereanomalien in großer Annäherung auch als „vollständig isostatische“ Anomalien aufgefaßt werden können, wenn die von Herrn Jung eingeführte Flächenbelegung nicht auf einer Kugelfläche in 60, sondern rund 30 km Tiefe angenommen wird.

Herr K. Jung schlägt im Heft 1/2, S. 27 ff. des laufenden Jahrganges dieser Zeitschrift vor, die topographischen Massen, die in der Berechnung der isostatischen Reduktion der Schwerebeschleunigung als Kompensationsmassen berücksichtigt werden, derart in die Erdkruste zu verschieben, daß das Potential in der Ausgleichsfläche nicht oder nur um einen konstanten Betrag geändert wird; der hydrostatische Zustand in und unter der Ausgleichsfläche bleibt dann erhalten.

Der Forderung, den hydrostatischen Zustand in der Ausgleichsfläche nicht zu ändern, entspricht die Lagerung der Kompensationsmassen nicht, von der man bisher in der Berechnung der isostatischen Reduktion ausgegangen ist. Herr Jung stellt deshalb die Frage, wie groß die Verbesserungen seien, die man an den bisher abgeleiteten isostatischen Schwereanomalien anbringen müsse, wenn man diese auf eine jener Forderung entsprechende Lagerung der Kompensationsmassen umrechnen will. Zur Beantwortung dieser Frage geht er von folgenden Überlegungen aus. Zur Vereinfachung wird von der Abplattung der Erde abgesehen. Die topographische Masse  $dm$  im Abstand  $r$  vom Erdzentrum wird ersetzt durch die Flächenbelegung einer Kugelfläche mit dem Radius  $r < r$ ; die Dichte der Flächenbelegung wird so bemessen, daß ihr Potential im Innenraum