

Das elektrische Feld der Erde

1. Ladung der Erde

In der "Dynamischen Gravitationstheorie" von Dieter Grosch wird bei der als kreisförmig angenommenen Bewegung der Erde um die Sonne die Zentripetalkraft mit der bewegungsinduzierten Ladung verknüpft:

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q^2}{r^2} = m_E \cdot \frac{v^2}{r},$$

$$Q = \sqrt{4\pi\epsilon_0 \cdot m_E v^2 r}.$$

Dies ergibt eine Ladung von $Q = 2,970 \cdot 10^{17} \text{ As}$. An der Erdoberfläche würde diese Ladung eine elektrische Feldstärke von

$$E(r_E) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r_E^2} = 6,579 \cdot 10^{13} \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

hervorrufen. Die experimentell bestimmte reale Feldstärke liegt aber (abhängig von Wetterbedingungen) bei Werten um 150 V/m .

Zur Reparatur der von seiner "Theorie" vorausgesagten irrwitzigen Feldstärke bedient sich Dieter Grosch wie meist einer seiner unsinnigen Basteleien:

"aus der Ladung von $3E17 \text{ As}$ ergibt sich ganz einfach durch Division durch $4 \cdot \text{Pi} \cdot r_E^2$ die Feldstärke des elektrischen Feldes zu 588 V/m ." (Homepage DG)

Das ist erkennbarer Unfug, denn Ladung dividiert durch eine Fläche ergibt eine Flächenladungsdichte und keine Feldstärke:

$$\sigma = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{4\pi r_E^2} = \frac{2,970 \cdot 10^{17} \text{ As}}{4\pi \cdot (6,37 \cdot 10^6)^2 \text{ m}^2} = 582,5 \frac{\text{As}}{\text{m}^2}$$

Die Flächenladungsdichte hängt aber mit der elektrischen Feldstärke zusammen:

$$\sigma = \epsilon_0 \cdot E,$$

Somit ergibt sich wieder

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \cdot r_E^2} = 6,579 \cdot 10^{13} \frac{\text{V}}{\text{m}}.$$

Anmerkung: Die Ursache des Fehlers von Dieter Grosch liegt darin, dass er nicht auf die Maßeinheit achtet. In dem von ihm bevorzugten MKS-System ist zwar die elektrische Feldstärke durch den Quotienten Q/A gegeben, der folgende Maßeinheit besitzt:

$$[E] = \left[\frac{Q}{A} \right] = \frac{\text{m}^{3/2} \text{kg}^{1/2} \text{s}^{-1}}{\text{m}^2} = \frac{\text{m}^{1/2} \text{kg}^{1/2} \text{s}^{-1}}{\text{m}}.$$

Aber diese MKS-Einheit ist natürlich nicht gleich der SI-Einheit V/m , denn die SI-Einheit Volt kann nicht durch die mechanischen Einheiten m , kg und s allein ausgedrückt werden:

$$V = J / As = \text{kg m}^2 \text{s}^{-2} (\text{As})^{-1}$$

$$V/m = \text{kg m s}^{-2} (\text{As})^{-1}$$

Wenn nun die Feldstärke in MKS-Einheiten berechnet werden soll, dann muss aber auch die Ladung in MKS-Einheiten verwendet werden, und diese beträgt:

$$Q_{MKS} = \sqrt{m v_E^2 r_{ES}} = 2,816 \cdot 10^{22} \text{ kg}^{1/2} \text{ m}^{3/2} \text{ s}^{-1}.$$

Das ergibt dann

$$E_{MKS}(r_E) = \frac{Q_{MKS}}{4 \pi \cdot r_E^2} = 5,522 \cdot 10^7 \text{ kg}^{1/2} \text{ m}^{-1/2} \text{ s}^{-1}$$

Zur Umrechnung der Werte in MKS-Einheiten in SI-Einheiten sind folgende Umformungen nötig:

$$Q_{SI} = Q_{MKS} \cdot \sqrt{4 \pi \epsilon_0} = 2,970 \cdot 10^{17} \text{ As}.$$

$$E_{SI}(r_E) = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \cdot \frac{Q_{SI}}{r_E^2} = \frac{\sqrt{4 \pi \epsilon_0} \cdot Q_{MKS}}{4 \pi \epsilon_0 r_E^2} = \frac{\sqrt{4 \pi \epsilon_0}}{\epsilon_0} \cdot E_{MKS}(r_E) = 6,579 \cdot 10^{13} \frac{\text{V}}{\text{m}}.$$

Das ist natürlich wieder die Feldstärke an der Erdoberfläche, wie sie bereits anfangs berechnet wurde:

Fazit: *Das reale elektrische Feld der Erde ist kein Beleg für die Ladungsentstehung bei Bewegung.*

Tatsächlich ist das elektrische Feld der Erde auch kein elektrostatisches Coulomb-Feld. Im Bereich der unteren Atmosphäre ist es ein Strömungsfeld, das Bestandteil des globalen elektrischen Stromkreises ist.

2. Der globale elektrische Stromkreis

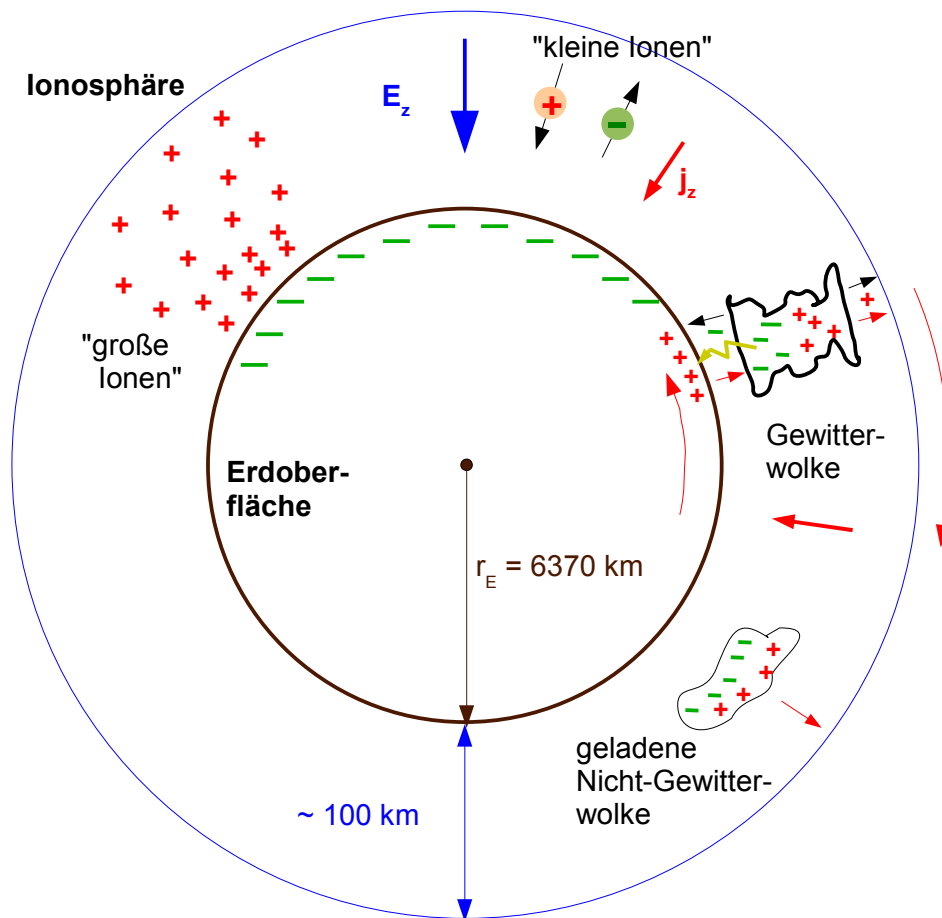
In der Erdatmosphäre treten zahlreiche elektrische Erscheinungen auf. Zu unterscheiden sind zwei wesentliche Bereiche:

- die untere Atmosphäre (bis etwa 80 km Höhe) - von der Troposphäre bis zur Ionosphäre: hier besteht der globale elektrische Stromkreis;
- die hohe Atmosphäre - Ionosphäre, Magnetosphäre, Plasmasphäre: in diesen Höhen führen kosmische Strahlung, Magnetfeld der Erde und die Plasma-Eigenschaften zu ganz anderen Erscheinungen und Gesetzmäßigkeiten als in der unteren Atmosphäre (vgl. [1]).

Eine kurze Darstellung des globalen elektrischen Stromkreises ist in [9] zu finden (S.83).

Die folgende Darstellung ist angelehnt an [2].

Bei Schönwetter ist die Erdoberfläche negativ geladen. In der Luft zwischen Erdoberfläche und Ionosphäre befindet sich eine positive Raumladung. Die positive Ladung ist gebunden an relativ unbewegliche Aerosole ("große Ionen"). Durch diese Ladungen bildet sich ein vertikal nach unten gerichtetes elektrisches Feld aus, dessen Stärke am Boden $E_z = 100 \dots 300 \text{ V/m}$ beträgt.



Die Luft ist kein perfekter Isolator sondern weist eine geringe Leitfähigkeit auf. Von der Ionosphäre fließt ein schwacher Strom zur Erdoberfläche. Er wird von "kleinen Ionen" (geladenen Molekülclustern) getragen, die kleiner und beweglicher als die "großen Ionen" sind. Für die Stromdichte gilt:

$$J_z = \sigma \cdot E_z.$$

Die elektrische Feldstärke nimmt mit der Höhe ab, die Leitfähigkeit σ nimmt dagegen mit der Höhe zu. Eine Abschätzung unter Verwendung charakteristischer Werte führt auf:

$$J_z \approx 2 \cdot 10^{-14} \Omega^{-1} \text{m}^{-1} \cdot 150 \frac{\text{V}}{\text{m}} \approx 3 \cdot 10^{-12} \frac{\text{A}}{\text{m}^2}.$$

Zwischen Ionosphäre und Erdoberfläche fließt somit ein Strom von

$$I = J_z \cdot A_E = J_z \cdot 4\pi r_E^2 \approx 3 \cdot 10^{-12} \frac{\text{A}}{\text{m}^2} \cdot 4\pi \cdot (6,37 \cdot 10^6)^2 \text{m}^2 \approx 1500 \text{ A}.$$

Aus Messungen der Feldstärke ergibt sich weiter, dass zwischen Ionosphäre und Erdoberfläche eine Potentialdifferenz von $V_I = 150 \dots 600 \text{ kV}$ besteht. Ein mehrjähriger mittlerer Wert ist $V_I = 280 \text{ kV}$

Für den Widerstand der Atmosphäre ergibt sich damit

$$R \approx \frac{280 \text{ kV}}{1500 \text{ A}} \approx 180 \Omega.$$

Weiter folgt für die Ladungsdichte der Erdoberfläche

$$\frac{Q}{A_E} = \epsilon_0 \cdot E_z \approx 8,854 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}} \cdot 150 \frac{\text{V}}{\text{m}} \approx 1,3 \cdot 10^{-9} \frac{\text{As}}{\text{m}^2}$$

und für die Gesamtladung

$$Q \approx 0,6 \cdot 10^6 \text{ As} .$$

Der von der Ionosphäre zur Erdoberfläche fließende Strom neutralisiert die Ladung auf der Erdoberfläche. Eine einfache Abschätzung liefert die Größenordnung der "Entladungszeit":

$$t = \frac{Q}{I} \approx \frac{0,6 \cdot 10^6 \text{ As}}{1500 \text{ A}} \approx 400 \text{ s} .$$

Eine solche "Entladung" findet jedoch nicht statt, so dass zu fragen ist, was für das Fortbestehen der Potentialdifferenz zwischen Ionosphäre und Erdoberfläche und des globalen elektrischen Stromkreises sorgt.

- Den Hauptbeitrag liefern Gewitter:
 - Wolken-Erd-Blitze transportieren negative Ladung zur Erde,
 - vom oberen Teil der Gewitterwolken fließt ein aufwärts gerichteter Strom positiver Ladung zur Ionosphäre.
- Weitere Beiträge zur Aufrechterhaltung der Ionosphärenspannung:
 - Ströme von Punktentladungen am Boden,
 - Beiträge von geladenen Nicht-Gewitter-Wolken,
 - Auswirkungen von elektrischen Feldern in der Magnetosphäre auf die elektrischen Vorgänge im Schönwetterfeld.

Zu den Gewittern:

"C.T.R. Wilson veröffentlichte 1920 die glänzende Idee, dass die *Gewitter auf der Erde das luftelektrische Feld aufrechterhalten und elektrische Ladungen über die Ionosphäre und die Erdoberfläche weltweit und schnell verteilt werden* würden. [...] Aus Messungen in verschiedenen Teilen der Erde und auf den Ozeanen kennt man mittlere Werte für die

Vertikalstromdichte. Sie betragen für Land: $j_{v, \text{Land}} \approx 2 \cdot 10^{-12} \text{ A/m}^2$ und für Ozeane

$j_{v, \text{Ocean}} \approx 3 \cdot 10^{-12} \text{ A/m}^2$. Diese Werte auf die Gesamtfläche der Erde abzüglich der Flächen mit Niederschlag [...] angewandt, liefern einen Gesamtvertikalstrom von ca. $I_v \approx 1300 \text{ A}$.

Nun weiß man aus Feldstärkemessungen in Funktion der Höhe $E(h)$, dass zwischen Ionosphäre und Erdoberfläche eine Spannung $V_I = 150 - 400 \text{ kV}$ herrscht, wenn man

$V_I = \int E(h) dh$ bildet. Ein mittlerer Wert ist nach eigenen Messungen über viele Jahre $V_I = 280 \text{ kV}$. [...]

Gehen wir zurück zu dem Gesamtstrom von 1300 A, der dauernd in den niederschlagsfreien Gebieten fließt und positive Ladungen zur Erde transportiert, dann stellt sich die Frage, ob die Gewitter in der Lage sind, diesen Strom zu liefern. Dazu sind mehrere Untersuchungen in den Jahren 1950 und später gemacht worden, um den Strom über Gewitterwolken zu erfassen. GISH und WAIT haben solche überflogen und sowohl Feldstärke E wie auch Luftleitfähigkeit

λ gemessen. Das Produkt $E \cdot \lambda = j_v$, integriert über die Gewitterfläche, ergab dann den gesuchten Strom. Die Autoren erhielten Werte um 0,5 bis 1 A. Inzwischen sind weitere Messresultate bekannt geworden, die sowohl kleinere wie auch größere Werte beinhalten. [...]

Das *Gesamtbild des luftelektrischen Stromkreises* [kann] so beschrieben werden [...]:

1000 - 2000 Gewitter auf der Gesamterde mit einer Stromlieferung von je ca. 1A müssen dauernd im Betrieb sein. Diese Ströme fließen auf der einen Seite wegen der nach oben zunehmenden Leitfähigkeit von der Obergrenze der Gewitterwolken zur Ionosphäre und auf der anderen Seite über Blitze und andere [...] Anteile vom Erdboden zur Wolkenuntergrenze. Die Ionosphäre und der Erdboden haben eine so gute elektrische Leitfähigkeit, dass sich die elektrischen Ladungen in Bruchteilen von Sekunden über die ganze Erde verteilen können." [1]

3. Feldstärke in der Troposphäre

Die Atmosphäre weist mehrere Schichten auf. Die unterste Schicht, die Troposphäre, erstreckt sich in eine Höhe von etwa 15 km. In der DGT soll das elektrische Feld der Erde ein Coulomb-Feld sein, also ergibt sich folgender Verlauf: Ausgehend von dem falschen Wert auf der Erdoberfläche

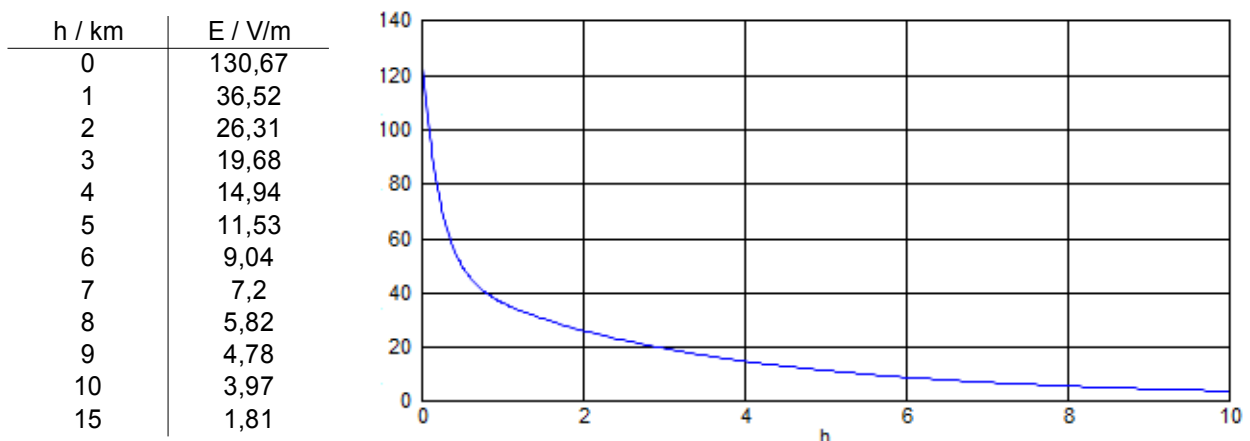
$$E(r_E) = 588 \text{ V/m} \quad \text{ergibt sich in einem radialen Abstand } r > r_E \text{ dann } E(r) = 588 \frac{\text{V}}{\text{m}} \cdot \left(\frac{r_E}{r}\right)^2.$$

Beispiel: In der Höhe von 15 km wäre dann $E = 588 \frac{\text{V}}{\text{m}} \cdot \left(\frac{6370}{6385}\right)^2 = 585,2 \frac{\text{V}}{\text{m}}$ zu erwarten, also fast keine Änderung im Vergleich zur Feldstärke an der Erdoberfläche.

Jahrzehntelange atmosphärenphysikalische Forschungen und Messungen dagegen haben folgendes Modell für die reale elektrische Feldstärke (Schönwetterfall) ergeben:

$$E(h) = \left(81,8 \cdot e^{-4,52h} + 38,6 \cdot e^{-0,375h} + 10,27 \cdot e^{-0,121h}\right) \frac{\text{V}}{\text{m}} \quad (\text{h in km}).$$

[aus 1]. Damit ergibt sich der Feldstärkeverlauf in der Troposphäre:



Die Feldstärke nimmt also deutlich stärker als mit $1/r^2$ ab. Das bedeutet:

Das elektrische Feld der Erde in der Troposphäre hat nichts mit einem Coulombfeld einer "geladenen Erde" zu tun.

4. Feldstärke in der Ionosphäre

Trotz des offensichtlichen Widerspruchs seiner Theorie zur experimentellen Realität behauptet Dieter Grosch immer noch:

"Durch die hier angegebenen Zusammenhänge ist ersichtlich, dass die Erde, entgegen der vorherrschenden Meinung, geladen sein muss. Dies stimmt auch mit den Messergebnissen zur Messung eines el-Feldes der Erde, welches man mit Hilfe von Bariumionen, deren Aufstieg man in der Atmosphäre beobachtete, zu etwa 2-20 V /km bestimmt hat." (Homepage DG)

Anmerkungen:

1. Mit "geladen" ist gemeint, dass die Erde durch die Bewegung um die Sonne die in Abschnitt 1 beschriebene DGT-Ladung erhalten haben soll, die dann ein statisches Coulombfeld hervorruft. (Dies trifft nicht zu, wie bereits dargelegt wurde.)
2. Die Feldstärke von "2 - 20 V/km" ist eine Angabe, die sich im Brockhaus, ABC Physik (VEB Brockhaus Verlag Leipzig 1971) findet. Hierbei handelt es sich um Ergebnisse von Messungen, die in der Ionosphäre und Magnetosphäre durchgeführt wurden.
3. Es wurde kein "Aufstieg von Bariumionen in der Atmosphäre" beobachtet, sondern die Driftbewegung von Ba-Ionen senkrecht zu den Magnetfeldlinien des Erdmagnetfeldes. (siehe dazu auch [9], S.131)

Die zitierten Werte der elektrischen Feldstärke sieht Dieter Grosch als Bestätigung seiner Theorie an. Tatsächlich führt sein falscher Ansatz (elektrostatisches Coulombfeld)

$$E(r) = 588 \frac{\text{V}}{\text{m}} \left(\frac{r_E}{r} \right)^2$$

in Höhen der Ionosphäre zu folgenden Werten:

h / km	E / V/m	E / V/km
100	569,96	5,70E+05
200	552,75	5,53E+05
300	536,30	5,36E+05
400	520,57	5,21E+05
500	505,53	5,06E+05
1000	439,26	4,39E+05

Von Übereinstimmung mit den zitierten Messwerten kann hier nicht die Rede sein.

Hier die vollständige Literaturstelle, auf die Dieter Grosch sich beruft:

"In der *Physik der Atmosphäre* kann die Messung des elektrischen Feldes mit Hilfe von Bariumionenwolken erfolgen. Das elektrische Feld E_{\perp} senkrecht zum geomagnetischen Feld kann in der Ionosphäre und in der Magnetosphäre aus der photographisch gemessenen Drift \vec{v}_{\perp} künstlich erzeugter Ba^{+} -Ionenwolken nach der Formel

$$\vec{E}_{\perp} \approx \frac{1+\lambda^*}{2} B \left[\frac{\vec{B}}{B} \times \vec{v}_{\perp} + \frac{1}{x_i} (\vec{v}_{\perp} - \vec{v}_{n\perp}) + \frac{\lambda^* - 1}{\lambda^* + 1} \vec{v}_n \times \frac{\vec{B}}{B} \right]$$

berechnet werden. Dabei ist λ^* das Verhältnis der integrierten Pedersen-Leitfähigkeiten [...] längs der die Wolke durchstoßenden magnetischen Feldlinie innerhalb und außerhalb der Wolke; $\vec{v}_{n\perp}$ ist die senkrechte Windgeschwindigkeit des Neutralgases

und x_i das Verhältnis von Gyrationfrequenz der Ionen und Stoßfrequenz zwischen Ionen und Neutralpartikeln. Der Beitrag des zweiten Terms in der Klammer ist gewöhnlich vernachlässigbar.

Die genannte Methode wurde sowohl in niedrigen als auch in hohen geomagnetischen Breiten angewendet. In hohen Breiten, in der Polarlichtzone, vereinfacht sich die o.a. Formel zu $\vec{E}_\perp = \vec{B} \times \vec{v}_\perp$. Das visuelle Zentrum der Ba^+ -Ionenwolke dient zur Bestimmung von \vec{v}_\perp . Während der ersten Minuten ist dieses Zentrum wohldefiniert, dann jedoch zerläuft die Wolke, und die Methode ist nicht mehr anwendbar. Die gemessenen \vec{v}_\perp liegen zwischen $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ und $80 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, daraus ergeben sich Feldstärken \vec{E}_\perp zwischen 2 und $20 \text{ V} \cdot \text{km}^{-1}$ innerhalb von Zeiten mit planetarer Kennziffer $K_p = 30$ für den Grad der Störung des geomagnetischen Feldes." (Brockhaus, ABC Physik; VEB Brockhaus Verlag Leipzig 1971, S.347)

Im Netz finden sich Originalarbeiten zu frühen Anwendungen dieser Methode [3], [4]. Sie beruht auf folgenden Grundlagen:

- In der Ionosphäre wird das elektrisch leitende Plasma durch atmosphärische Gezeiten gegen das Erdmagnetfeld bewegt.
- Dadurch werden - wie bei einem Dynamo - Ströme und elektrische Felder hervorgerufen.
- Elektrisch geladene Teilchen, die in die Ionosphäre eingebracht werden, führen zu einer Spiralbewegung um die Magnetfeldlinien aus, der - bedingt durch das entstandene elektrische Feld - eine Driftbewegung senkrecht zum Magnetfeld überlagert ist.
- Stehen Magnetfeld und Bewegungsrichtung des Plasmas senkrecht aufeinander, dann ist die Geschwindigkeit der Driftbewegung $\vec{v}_F = \vec{E} \times \vec{B} / |\vec{B}|^2$. (siehe z.B. [8])

(siehe dazu auch folgende Stichworte in [9]):

- Ionosphäre, ionosphärische elektrische Stromsysteme, ionosphärische Leitfähigkeit; S.701 - 702
- Plasma, S.1169 - 1172
- Orbittheorie, S.1102)

In [3] heißt es zu der sich ergebenden Messmethode:

"Wir benutzen [zur Bestimmung der elektrischen Felder] direkt die Driftgeschwindigkeit, die wir dadurch zu bestimmen versuchen, daß wir geladene Testteilchen in die Ionosphäre oder Magnetosphäre einbringen und sie vom Erdboden aus beobachten. Wir injizieren also eine künstliche Plasmawolke in das Erdmagnetfeld. Die geladenen Teilchen werden vom Erdmagnetfeld eingefangen und machen die magnetische Feldlinie vom Erdboden aus sichtbar."

Die erhaltenen Messergebnisse bestätigen die oben skizzierte Entstehung der elektrischen Felder in der Ionosphäre durch den Dynamo-Effekt. (Für eine Zusammenfassung des heutigen Erkenntnisstandes siehe [5], [6], [7]).

Fazit: Auch das angesprochene elektrische Feld in der Ionosphäre hat nichts mit einem Coulombfeld einer "geladenen Erde" zu tun.

Quellen:

[1] promet 2'77: Lufterlektrizität I.

http://www.dmg-ev.de/gesellschaft/publikationen/pdf/promet/promet_77/promet2_77.pdf

[2] University of Arizona, Kurs über Atmosphärenphysik, Vorlesung 1:

http://www.atmo.arizona.edu/students/courselinks/spring08/atmo336s1/courses/spring13/atmo589/ATMO489_online/lecture_1/lect1_global_elec_circuit.html

[3] R. Lüst: Extraterrestrische elektrische Felder I
Physikalische Blätter, Volume 25, Issue 6, pages 250–255, Juni 1969

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/phbl.19690250602/pdf>

[4] R. Lüst: Extraterrestrische elektrische Felder II
Physikalische Blätter; Volume 25, Issue 7, pages 302–309, Juli 1969

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/phbl.19690250704/pdf>

[5] http://de.wikipedia.org/wiki/Ionosph%C3%A4rische_Dynamoschicht

[6] The Earth's Electrical Environment. National Academy Press, Washington D.C., 1986.

<http://books.google.de/books?id=7j4rAAAAYAAJ&printsec=frontcover&hl=de#v=onepage&q&f=false>

[7] Michael C. Kelley: The Earth's Electric Field: Sources from Sun to Mud.
(1. Auflage 2014; Elsevier)

[8] Helmut O. Rucker: Einführung in die Plasmaphysik.

<ftp://ftp.iwf.oeaw.ac.at/pub/pel/Plasmaphysik/Plasmaphysik.pdf>

[9] Brockhaus, ABC Physik; VEB Brockhaus Verlag Leipzig 1971
