

Wissenschaftliche Beiträge	
Die ersten Ergebnisse von Solar Orbiter.....	5
Wiechert'sche Erdbebenwarte in Göttingen weiterhin aktiv.....	13
Eötvös' „polare Abstoßungskraft“ und kontinentale Migration: Wie hätte Eötvös' „polare Abstoßungskraft“ dazu beitragen können, Wegeners Theorie der kontinentalen Migration zu akzeptieren?.....	16
Nachrichten aus der Gesellschaft	21
Aus dem Archiv	35
Verschiedenes	40

Die ersten
Ergebnisse
von Solar Orbiter
Seite 5

Mitteilungen

2/2021

Eötvös' „polare Abstoßungskraft“ und Kontinentalverschiebung:

Wie hätte Eötvös' „polare Abstoßungskraft“ dazu beitragen können, Wegeners Theorie der Kontinentalverschiebung zu akzeptieren?

András Hágén, Dunafalva, Ungarn, <hagen.band@gmail.com>

DOI: <https://doi.org/10.23689/fidgeo-5254>

Zusammenfassung

Einer der bekanntesten Forscher in Ungarn war Loránd EÖTVÖS. Der Wissenschaftler starb 1919, vor 102 Jahren. Dieser Artikel wurde zu dessen Gedenken erstellt. Viele wissenschaftliche Theorien und Erfindungen sind mit seinem Namen verbunden. Beispiele sind der Eötvös-Effekt, das Torsionspendel oder die Vermutung einer „fünften Kraft“.

Die vorliegende Studie präsentiert jedoch eine ganz andere Seite von Eötvös und erinnert an seine Ansichten zur Theorie der Kontinentalverschiebung. Die von Eötvös entwickelte „polare Abstoßungskraft“ hätte Alfred Wegeners Theorie von 1912 erklärt. Eötvös' Theorie ging davon aus, dass sich die Trockengebiete von den Polen zum Äquator bewegen würden, während Wegener annahm, dass sich die Kontinente in nordwestlicher Richtung drehen würden. Neuere physikalische Unter-

suchungen haben gezeigt, dass sich die Kontinente sowohl in Nordwest-Südost-Richtung als auch in Ost-West-Richtung bewegen.

Eötvös' physikalische Theorie wurde auch von dem renommierten serbischen Forscher Milutin Milanković verwendet, um die Migration von Polen in der historischen Vergangenheit der Erde zu berechnen.

Nach meiner persönlichen Überzeugung nutzte László EGYED (1914–1970) die Arbeit von Eötvös auch für die räumliche Veränderung der Erde in orogenen Perioden. Die paläoklimatologischen Studien von Elemér SZÁDECZKY-KARDOSS (1973) und Zoltán DOBOSI (1973) beruhen auf den Arbeiten von Egyed.

Geophysikalische und geologische Untersuchungen der letzten Jahrzehnte haben gezeigt, dass sich Kontinente aufgrund der tiefen Strömungen in der Asthenosphäre entlang der Lithosphärenplatten bewegen. Weder Eötvös' „polare Abstoßungskraft“ noch Wegeners „Westdrift“-Theorie haben also ihre Bedeutung zur Erklärung der Plattenbewegung behalten. Daher ist die Entdeckung von Loránd Eötvös vielmehr eine historische Krume aus dem Leben eines ungarischen Forschers, die er zur Grundlagenwissenschaft der Theorie der Kontinentalverschiebung hinzufügte. Dennoch ist es wichtig, sie der wissenschaftlichen Öffentlichkeit bekanntzumachen.

Einführung

Loránd Eötvös (Abb. 1) wurde 1848 in Buda geboren und starb 1919 in Budapest als einer der renommiertesten Forscher Ungarns.

Er führte eine Reihe wissenschaftlicher und technischer Innovationen ein. Die wohl wichtigsten sind die Entdeckung des Eötvös-Gesetzes zur Messung der Kapillarität und sein Torsionspendel, das ein Vorgänger moderner geophysikalischer Messinstrumente ist.

Die Untersuchung der Trägheit der Materie sowie ihres Verhältnisses zur Schwerkraft ist seit Newton einer der zentralen Punkte der Wissenschaft. 1906 lobte die Universität Göttingen einen Preis aus für den experimentellen Nachweis der Natur von Trägheit und Gewicht. Zu diesem



Abb. 1: Loránd EÖTVÖS (1848–1919). Die Abbildungen 1 bis 4 und 7 sind HÁGÉN (2019) entnommen.

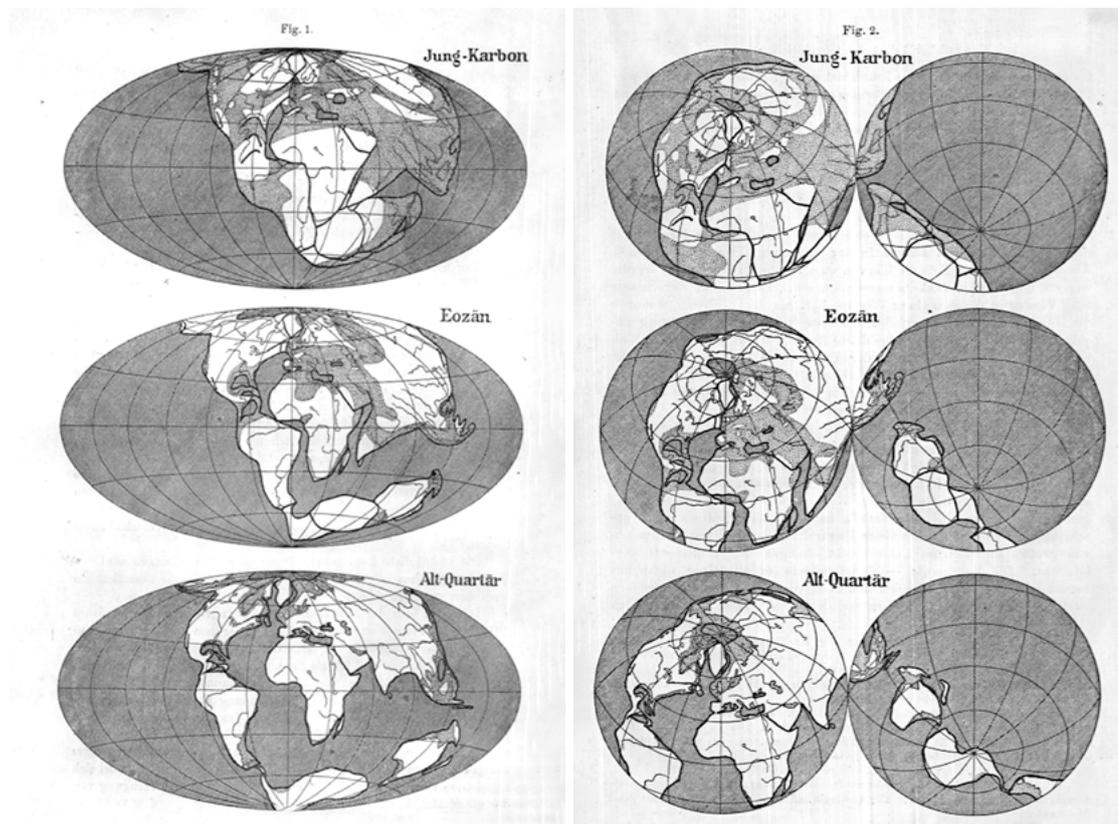


Abb. 5: Wegeners Theorie der Westdrift der Kontinentalverschiebung (WEGENER 1915)

einanderdriften der Kontinente mit keiner natürlichen Kraft in Verbindung bringen. Mit den Fragen nach dieser Kraft wurden die schwersten Angriffe begründet. Der deutsche Meteorologe stellte sich Kontinente vor, die auf der Oberfläche einer dichteren Materie schwimmen.

Im selben Jahr, 1912, kam Loránd Eötvös unabhängig von Wegener auf eine ähnliche Idee und zeigte theoretisch, dass sich die Kontinente unter bestimmten Bedingungen von den Polen zum Äquator bewegen. Dies war die von Eötvös entdeckte, aber von Wladimir KÖPPEN (Abb. 4) benannte „polare Abstoßungskraft“ – 1921 veröffentlicht in den „Ursachen und Wirkungen der Kontinentverschiebungen und Polwanderungen“ (KÖPPEN 1921).

Diese Entdeckung hätte Wegener in die Lage versetzt, seine Theorie erklären zu können, aber er nahm eine andere Kraft an, die dazu führen würde, dass die Kontinente von Ost nach West driften. Diese Kraft wurde von Wegener aufgrund ihrer Richtung als „Westdrift“ bezeichnet (Abb. 5).

Viele Wissenschaftler haben erklärt, dass die Eötvös-Theorie die Theorie des deutschen Gelehrten unterstützt hätte. Zu diesen gehörten H. JEFFREYS (1924) und der berühmte sowjetische Geograph L. BERG (1953). Der Geophysiker Jeffreys erklärte 1924: „Keine physischen Beweise stützen Wegeners Ansicht über das horizontale Schwimmen von Kontinenten.“ Nach Ansicht von Jeffreys und anderen Geologen kennt die Geophysik keine Kräfte, die eine solche Verschiebung von Trockengebieten verursachen könnten. Die größte bekannte Kraft, die in horizontaler Richtung wirkt, könnte höhere Landmassen in Richtung Äquator drücken, d.h. die kontinentalen Massen um den Äquator in Form eines breiten Gürtels kompri-

mieren. Die von Jeffreys beschriebenen Tatsachen sprechen gegen Wegener. Die Theorie des deutschen Wissenschaftlers schreibt Kontinentalplatten ein Material zu, das eine geringe Adhäsion aufweist und sich wie ein flüssiger Körper gegen die Erdzeiten verhält. Dennoch würde die Flut nach Jeffreys' Ansicht nicht in den Ozeanen, sondern im Magma auftreten.

Eötvös argumentierte, dass Gezeiten sogar Nordamerika von Europa abreißen könnten, aber das würde 10^{17} Jahre dauern und damit mehr Zeit benötigen, als für die Bildung des Universums zur Verfügung stand.

Eötvös' abstoßende Kraft

Das Experiment von Loránd Eötvös wurde auch von Gábor HORVÁTH (1988) in der Praxis getestet. Im theoretischen Test verwendete er Daten, die ein Wissenschaftler aus der Zeit von Eötvös und Wegener nicht hätte kennen können. Insgesamt erhalten wir folgende Formel:

$$S_{max} = \frac{z_0}{R} \times \frac{g_p - g_e}{g_p + g_e} \quad (1)$$

Dabei ist z_0 der vertikale Abstand des Schwerpunkts der Kontinentalplatte zum Schwerpunkt des vom Kontinent verdrängten Mantelmaterials, g_e die Gravitationsbeschleunigung an den Polen bzw. g_p die Gravitationsbeschleunigung am Äquator, R ist der Radius der Erde.

Nach Gábor HORVÁTH (1988) ergibt sich, wenn wir diese Formel verwenden und experimentell testen, dass ein länglicher Kontinent aufgrund der polaren Abstoßungskraft in Richtung Äquator driftet. Wenn der Kontinent jedoch kleinere Breiten erreicht, gibt es ein Drehmo-

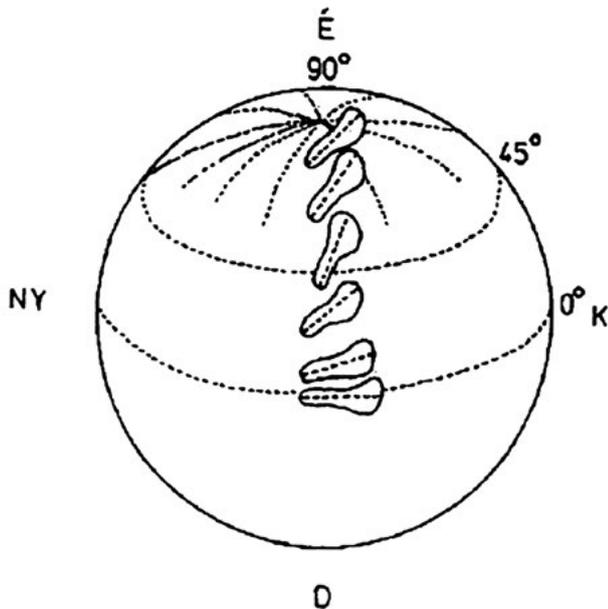


Abb. 6: Im Modellexperiment von Gábor Horváth regelt sich ein Mikrokontinent, der sich vom Pol bis zum Äquator erstreckt, unter dem Einfluss der polaren Abstoßungskraft von Eötvös durch das Drehmoment in Ost-West-Richtung ein (HORVÁTH 1988).

ment, das dazu neigt, die Trockengebiete in eine Ost-West-Richtung zu bringen (Abb. 6).

Wenn wir uns an die Meinungen von Jeffreys und anderen Geophysikern erinnern, können wir sehen, dass auch sie die Nord-Süd-Kontinentalbewegungen, das ist Eötvös' Theorie, gegenüber der Westdrift favorisierten. Insgesamt kann festgestellt werden, dass Wegener mit Eötvös' Theorie seine Theorie der kontinentalen Migration physikalisch hätte begründen können.

Nach Wegeners Theorie der Kontinentalverschiebung begannen immer mehr Menschen das Thema zu untersuchen (JARDETZKY 1948). Milutin Milanković sticht unter diesen Wissenschaftlern hervor.

Milutin Milanković und die „polare Abstoßungskraft“

Die Beschreibung der astronomischen Ursachen der letzten Eiszeit kann mit dem Namen des serbischen Wissenschaftlers (Abb. 7) verknüpft werden. Die Milanković-Zyklen beschreiben insbesondere drei Komponenten (MILANKOVIĆ 1920):

Die erste Komponente ist der Neigungswinkel der Erdrotationsachse. Die Richtung der Rotationsachse liegt derzeit in einem Winkel von $23,5^\circ$ mit der Senkrechten zur Ebene der Erdumlaufbahn. Dieser Winkel schwankt über einen Zeitraum von 41.000 Jahren zwischen $21,5^\circ$ und $24,5^\circ$. Je größer der Neigungswinkel ist, desto extremer sind die Jahreszeiten in beiden Hemisphären: Die Sommer sind wärmer und die Winter kälter.

Die zweite Komponente ist die Form der Erdumlaufbahn, die sich über einen Zeitraum von 100.000 Jahren ändert. Die Form erstreckt sich über eine Ellipse mit hoher Exzentrizität und wird dann wieder fast kreisförmig. Mit



Abb. 7: Milutin MILANKOVIĆ (1879–1958)

zunehmender Exzentrizität nimmt die Differenz zwischen dem minimalen und dem maximalen Abstand zwischen Sonne und Erde zu.

Derzeit ist die Erde am weitesten von der Sonne entfernt, wenn auf der Südhalbkugel Winter ist, infolgedessen ist der Winter auf der Südhalbkugel etwas kälter, der Sommer hingegen ist etwas wärmer als auf der Nordhalbkugel.

Die dritte Komponente ist die Präzession, d.h. die Verschiebung der Erdachse unter dem Einfluss des Drehmoments von Sonne und Mond. Die Rotationsachse beschreibt einen vollständigen Kreis relativ zu den Sternen in 23.000 Jahren. Die Präzession bestimmt, ob der Sommer in einer bestimmten Hemisphäre am nahen oder fernen Tag der Erdumlaufbahn beginnt, d.h. ob die Saisonalität des Erdklimas aufgrund von Achsenversatz den Wechsel der Jahreszeiten aufgrund der Exzentrizität der Umlaufbahn verstärkt oder schwächt. Wenn diese beiden Determinanten der Saisonalität (Achsenversatz und Exzentrizität der Umlaufbahn) auf einer Hemisphäre miteinander synchron sind, müssen sie auf der gegenüberliegenden Hemisphäre asynchron sein. Auf die Fläche der beiden Pole projiziert sind die Vereisungszyklen also entgegengesetzt.

Der serbische Wissenschaftler untersuchte, warum es am Nordpol keine zusammenhängende Landmasse gibt wie in der Antarktis auf der südlichen Hemisphäre. Mit der von Loránd Eötvös entdeckten polaren Abstoßungskraft berechnete er, mit wie viel Kraft sich Eurasien oder Nordamerika in Richtung Äquator bewegten (EÖTVÖS 1913). Er verwendete die Formel (1) mit den Parametern:

$$z_0 = 2,5 \text{ km}, R = 6371 \text{ km}, g_e = 9,78046 \text{ ms}^{-2}, g_p = 9,83232 \text{ ms}^{-2}.$$

Somit beträgt die polare Abstoßungskraft (S_{max}) $1/1.420.000$ (im Grunde ist die polare Kraft im Vergleich zur Gravitationskraft extrem klein). Infolgedessen wanderte die Arktis vor 300 Millionen Jahren vom nördlichsten Punkt Amerikas bis zur Mündung des Petschora-Flusses in Sibirien ($65^\circ 16' \text{ N}; 49^\circ 34' \text{ E}$).

Die Ergebnisse von Milanković wurden von BILIMOVIĆ (1934) untersucht und dann bestätigt. Erst spätere Untersuchungen zeigten den Fehler der Berechnungen von Milanković (PREY 1940).

Physik der Kontinentalverschiebung

Milanković kam zu dem Ergebnis, dass die polare Abstoßungskraft von Eötvös nichts anderes als eine Zentrifugalkraft war, die aus der Rotation der Erde in Richtung des Äquators resultierte. Dies ist eine parallele, genauer horizontale, Komponente zur Erdoberfläche, wenn man die Erde als kugelförmig betrachtet und die von ihr erzeugte Corioliskraft eine sehr kleine Kraft induziert, die die Kontinentalplatten in Richtung Äquator drückt. Außerdem in Ost-West-Richtung (dies würde Wegeners „Drift“-Theorie erklären), aber es reicht nicht aus, um die Gebirge aufzufalten. Mit der polaren Abstoßungskraft hätten wir eine Antwort auf die Entstehung von Gondwana und Laurasia und dann den Superkontinent Pangaea bekommen können.

Wir wissen bereits aus der Entwicklung der Geologie, dass die polare Abstoßungskraft von Eötvös keine wissenschaftliche Bedeutung hat, da sich die Kontinente nicht von selbst bewegen, sondern sich zusammen mit den Lithosphärenplatten unter dem Einfluss asthenosphärischer Tiefenströme bewegen, die eine viel größere Kraft darstellen als eine „polare Abstoßungskraft“. Die Lithosphärenplatten bedecken die Erdoberfläche vollständig, so dass es unmöglich wäre, dass diese sich in Richtung Äquator bewegen.

Meiner persönlichen Meinung nach hatte Eötvös' Arbeit – vor allem aber Wegeners Theorie der Kontinentalverschiebung – einen großen Einfluss auf László Egyed (BALKAY 1979). László EGYED (1956, 1959) hat die Größenveränderungen der Erde im Zusammenhang mit den Phasen der Gebirgsbildung herausgearbeitet. SZÁDECZKY-KARDOSS (1973) und DOBOSI (1973) verbinden das Thema Klimawandel mit tektonischen Veränderungen (HÁGEN 2020).

Literatur

- BALKAY, B. (1979): Egyed László és a tektonika [László Egyed und Tektonik]. – *Földtani tudománytörténeti évkönyv [Jahrbuch der geologischen Geschichte]*, 8: 165-181 (auf ungarisch).
- BERG, L.Sz. (1953): *Éghajlat és élet [Klima und Leben]*. – 528 S.; Budapest (Akadémiai Kiadó) (auf ungarisch).
- BILIMOVIĆ, A. (1934): *Sur la rotation de la terre qui est assimilée a un système avec six degrés de liberté*. – *Glas de l'Ac. R. Serbe*, 80: 155; Beograd.
- DOBOSI, Z. (1973): *Eljegesedések kifejlődése az új globális tektonika alapján [Entwicklung der Vereisung basierend auf neuer globaler Tektonik]*. – *Geonómia és bányászat [Geonomie und Bergbau]*, 6: 1-4.
- EGYED, L. (1956): *A Föld méreteinek változása a paleogeográfiai adatok alapján [Veränderungen der Erdgröße basierend auf paläogeografischen Daten]*. – *Földtani Közlelőny [Geological Gazette]*, 86: 120-126.
- EGYED, L. (1959): *Zsugorodástágulás, vagy magmaáramlások? [Schrumpfung, Expansion oder Magmaflüsse?]*. – *Földrajzi Közlemények [Geographical Bulletins]*, 1959 (1): 1-20.
- EÖTVÖS, L. von (1913). *Verh. d. 17. Allg. Konf. d. Intern. Erdmessung, I. Teil*.
- EÖTVÖS, R. von, PEKÁR, D. & FEKETE, Eu. (1922): *Beiträge zum Gesetze der Proportionalität von Trägheit und Gravität*. – *Annalen d. Physik*, 373 (9): 11-66; Leipzig.
- FISCHBACH, E., SUDARSKY, D., SZAFER, A., TALMADGE, C. & ARONSON, S.H. (1986): *Reanalysis of the Eötvös experiment*. – *Phys. Rev. Lett.*, 56: 1427.
- HÁGEN, A. (2019): *Sarki taszítóerő és a kontinensvándorlás elmélete – Közös pontok Eötvös és Wegener munkásságában [Arktische Abstoßungskraft und die Theorie der Kontinentalmigration – Gemeinsame Punkte in der Arbeit von Eötvös und Wegener]*. – *Természet Világa*, 150 (11): 497-501 (auf ungarisch).
- HÁGEN, A. (2020): *Paläoklima und Veränderungen des Erdvolumens*. – *Légekör*, 64 (3): 123-125 (auf ungarisch).
- HORVÁTH, G. (1988): *Az Eötvös-fele „sarki taszítóerő“ a wegeneri kontinensvándorlás tükrében [Eötvös' „polare Abstoßungskraft“ im Lichte von Wegeners Kontinentalwanderung]*. – *Fizikai Szemle [Physische Überprüfung]*, 38 (1): 31-34; Budapest (auf ungarisch).
- JARDETZKY, W. (1948): *Bewegungsmechanismus der Erdkuste*. – *Denkschriften Österr. Akademie d. Wiss., Bd 108: 1-38*.
- JEFFREYS, H. (1924): *The Earth, Its Origin, History and Physical Constitution*. – 278 S.; Cambridge (University Press).
- KÖPPEN, W. (1921): *Ursachen und Wirkungen der Kontinentverschiebungen und Polwanderungen*. – *Petermanns Geograph. Mitteilungen*, 67: 145-149, 191-194.
- MILANKOVIĆ, M. (1920): *Théorie Mathématique des Phénomènes Thermiques produits par la Radiation Solaire*. – Paris (Gauthier-Villars).
- MILANKOVIĆ, M. (1933): *Säkulare Polverlagerungen*. – In: GUTENBERG, B. von (Hrsg.): *Handbuch der Geophysik*, Bd. 1, Lieferung 2, Abschnitt VII: 438; Berlin (Gebrüder Borntraeger).
- PREY, A. (1940): *Über Polschwankungen und Polwanderungen*. – *Gerl. Beitr.*, 56: 155.
- SZÁDECZKY-KARDOSS, E. (1973): *Szublitorális gözparamagmatizmus és klímaingadozás [Sublitoraler Dampfmagmatismus und Klimaschwankungen]*. – *Geonómia és bányászat [Geonomie und Bergbau]*, 6: 163-169 (auf ungarisch).
- WEGENER, A. (1915): *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*. – 94 S.; Braunschweig (Friedrich Vieweg & Sohn).