

- [17] Waldner, F.: Die Trockenen Klammen. Ein Bergschliff bei Elsbethen in Salzburg. Spel. Jahrb., 15/17, 1934—1936, Wien.  
Meteorologische und zoologische Jahresbeobachtungen in den Jurakarsthöhlen im Elsbether Fager bei Salzburg. Mitt. über Höhlen- und Karstforschung, 1939.
- [18] Penck, A.: Die Buckelwiesen von Mittenwald am Karwendel. Mitt. Geogr. Ges. München, 33, 1940/41.

## Zur Frage der Kontinentverschiebungen Alfred Wegeners.

Von Hanns Tollner.

Im Jahre 1929 war Alfred Wegeners aufsehenerregendes Werk „Die Entstehung der Kontinente und Ozeane“ in 3. Auflage erschienen. Unter den Beweisen für die Bewegung der Kontinente war darin auf Grund von alten und neuen Messungen der geographischen Länge eine phantastisch große Grönland-Westdrift im Ausmaß von jährlich 20 bis 30 m in bestechendster Weise nachgewiesen worden.

Schon etwas früher, im Jahre 1921, hatte Burmester<sup>1</sup> die grönländischen Bestimmungen der geographischen Länge, die auf Mondbeobachtungen beruhen, als wenig gesichert angesehen. Als Fehlerquellen erkannte er: den angenommenen Uhrstand, die Auffassung der Fadendurchgangszeiten (persönliche Gleichung) und die Unsicherheit der Mondephemeride.

Kurze Zeit nach dem Erscheinen des genannten Buches hatte der Verfasser Gelegenheit, auf Jan Mayen<sup>2</sup> alte Längenbestimmungen aus dem Jahre 1882/83 zu überprüfen. Als Ergebnis erhielt er eine Westverschiebung im grönländischen Ausmaß, obwohl für die Insel in der Theorie der Entstehung der Kontinente und Ozeane seitens Alfred Wegeners eine Drift gar nicht vorgesehen war.

Diese bedeutende Änderung der geographischen Länge im Laufe eines halben Jahrhunderts wäre nun ein Beweis mehr für die Richtigkeit rascher Bewegungen an der Erdoberfläche im Sinne von Alfred Wegeners Anschauungen gewesen. Gleichwohl aber zeigten astronomisch-geodätische Überlegungen dieses Problems, daß das Ausmaß der wirklichen Westdrift von Jan Mayen und damit zwangsläufig auch von Grönland auf Grund der bisherigen astronomischen Ortsbestimmungen nicht festgestellt erscheint.

Im folgenden wird ein kurzer Bericht über die Überprüfung der geographischen Länge auf Jan Mayen und die daraus folgernden allgemeinen

---

<sup>1</sup> F. Burmester, Die Verschiebung Grönlands nach den astronomischen Längenbestimmungen. Petermanns Mitt., 1921, S. 225.

<sup>2</sup> H. Tollner, Astronomische Ortsbestimmungen auf Jan Mayen (Ergebnisse der Österreichischen Polarjahr-Unternehmung 1932/33 auf Jan Mayen, I). Sitzungsber. d. Akad. d. Wissenschaften in Wien, math.-naturw. Kl., Abt. II a, 143. Bd., 3. u. 4. Heft, 1934.

H. Tollner, Die Frage der Westdrift Jan Mayens. Petermanns Mitt., 1934, Heft 20, S. 300.

astronomisch-geodätischen Erkenntnisse gegeben. In bezug auf Einzelheiten dieser Ortsbestimmungen sei auf die ausführliche Arbeit des Verfassers in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie der Wissenschaften 1934 verwiesen. Im weiteren kann nun bei strengster Berücksichtigung aller astronomisch-geodätischen Überlegungen und den daraus sich ergebenden Unsicherheiten in den Längenmessungen aufmerksam gemacht werden, daß der Zeitpunkt gekommen ist, die fundamentale Theorie der Entstehung der Kontinente und Ozeane Alfred Wegeners in einem ihrer wesentlichsten Punkte einwandfrei nachweisen, abschwächen oder widerlegen zu können.

Die astronomischen Beobachtungen während des II. Internationalen Polarjahres 1932/33 auf Jan Mayen, die mit einem Universalinstrument des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen in Wien erfolgten, erbrachten für März—April 1933 eine geographische Länge des 50 Jahre alten astronomischen Pfeilers im Wilczektal von

$$\lambda = - 0^{\text{h}} 34^{\text{m}} 0,99^{\text{s}} \pm 0,14^{\text{s}}$$

oder

$$8^{\circ} 30' 14,85'' \text{ westlich von Greenwich.}$$

Die geographische Länge wurde aus Zenitdistanzen von elf Sternen, die dem Berliner astronomischen Jahrbuch entnommen waren, auf Grund der Zeitbestimmung nach der Formel

$$\cos t = \frac{\cos z}{\cos \varphi \cos \delta} - \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta$$

gewonnen. Dozent Mader und Dr. Norz von der wissenschaftlichen Abteilung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen hatten sie in dankenswerter Weise ein zweites Mal parallel gerechnet. Methodisch und rechnerisch ist dieser ermittelte Längenwert als gesichert anzusehen.

Trotz der Kleinheit des mittleren Fehlers von  $\pm 0,8''$  kann aber die 1933 ermittelte geographische Länge um mehrere Zehntel-Zeitsekunden vom wirklichen Längenwert abweichen. Gemäß der Gleichung

$$dt^{\text{s}} = \frac{dz''}{15 \cos \varphi \sin A}$$

bedingt ein Fehler in der Zenitdistanz einen Zeitfehler  $dt^{\text{s}}$ , der im I. Vertikal ( $A = 90^{\circ}$ ) und für  $\varphi = 71^{\circ}$

$$dt^{\text{s}} = \frac{dz''}{4,9}$$

ergibt.

Der Kreis am Universale gestattete bloß eine Ablesung von  $5''$ , so daß ein  $dz = 5''$  bereits ein  $dt$  von einer Zeitsekunde verursacht.

Die einzelnen Refraktionstafeln, die übrigens für verschiedene Zenitdistanzen auch nicht ganz übereinstimmen, sind für tiefere Breiten berechnet und können aus meteorologischen Gründen für die polaren Gebiete nicht ganz zutreffen. Eine mögliche Unsicherheit von  $2''$  bis  $3''$  in der Zenitdistanz — hervorgerufen durch geänderte Refraktionsverhältnisse — kann die geographische Länge bereits um 4 bis 6 Zehntel-Zeitsekunden fälschen.

Die persönliche Gleichung des Beobachters und des Uhrenablesers, die Abnahme der Zeitzeichen und die Übertragung auf das Chronometer bilden

noch weitere systematische Fehlerquellen; obwohl sie kaum größer als  $\pm 0,1$  bis  $0,2^s$  sein dürften, bewirken sie doch im Verein mit den früher erwähnten Ungenauigkeiten, daß die wahre geographische Länge des Pfeilers im Wilczektal nur auf  $1,0^s$  genau sein kann, obwohl der mittlere Fehler, der ja über die systematischen Fehler nichts aussagt, nicht größer ist als  $\pm 0,14^s$ .

Im I. Internationalen Polarjahr 1882/83<sup>3</sup> erfolgten im März 1883 die Längenbestimmungen aus Mondkulminationen. Für den März 1883 ergab sich eine geographische Länge

$$\lambda = - 0^h 33^m 52,52^s \pm 0,37^s$$

oder

$$8^\circ 28' 7,66'' \text{ westlich von Greenwich.}$$

Der Unterschied zwischen den geographischen Längen 1883 und 1933 beträgt demnach  $8,47^s$  oder  $2' 7,19''$ . Die geographische Länge 1933 ist daher im Vergleich zur Länge 1883 um rund 1270 m westlicher.

Durch Vermittlung von Prof. Hopfner, dem der Verfasser wertvolle Ratschläge verdankt, konnte vom Observatorium Greenwich eine Verbesserung der Mondephemeride für die Beobachtungstage im März 1883 erhalten werden. Die Korrektur der Rektaszension des Mondes von  $0,03^s$  bewirkte, daß die im Jahre 1883 bestimmte geographische Länge noch kleiner wird, und zwar

$$\lambda = - 0^h 33^m 51,65^s \pm 0,37^s$$

Damit wurde der Längenunterschied 1883 und 1933 von 8,5 Zeitsekunden auf 9,4 vergrößert. Er entspräche einer Westdrift von

$$1400 \text{ m.}$$

Jan Mayen hätte sich also in jedem Monat um rund 2 m nach Westen verschieben müssen.

Das Observatorium Greenwich teilte auf Grund von tatsächlichen Mondbeobachtungen für mehrere Tage des März 1883 Korrekturen von Mondrektaszensionen mit, die an die Rektaszensionen des Mondes im Nautical Almanac dieses Jahres anzubringen sind. Diese Fehler, die keineswegs die Folge eines von der Theorie nicht berücksichtigten kurzperiodischen Mondglides sein können, erreichten eine Größe bis zu  $0,2$  und  $0,3^s$ .

Nach den Erfahrungen der Herren Hopfner und Mader können diese Fehler nur dadurch zustande kommen, daß der Zeitpunkt, zu dem der Mondrand die Fäden im Beobachtungsfernrohr antritt, nur schwer zu erfassen ist. Der persönliche Fehler, der sich aus der Schätzung des Fadenantrittes ergibt, kann leicht  $0,2^s$ , bei manchen Beobachtern sogar noch mehr betragen. Die große Mehrzahl aller Astronomen muß aus technischen Gründen das Ereignis des Fadenantrittes des Mondes zu spät erfassen. Diese Eigentümlichkeit der persönlichen Gleichung hat jedoch zur Folge, daß die Beobachtung von Mondkulminationen in der Regel systematisch zu große Mondrektaszensionen ergeben.

Fehler in den Rektaszensionen des Mondes sind aber überaus folgenreich. Sie gehen nämlich, wie schon Burmester aufmerksam machte, in

<sup>3</sup> Beobachtungsergebnisse der Österreichischen Polarstation Jan Mayen. (Die Internationale Polarforschung 1882/83. Wien 1886. Drei Bände Denkschriften der Akademie der Wissenschaften in Wien.)

diesen hohen Breiten mit dem dreißigfachen Betrag in die geographische Länge ein. Wurde nun im Jahre 1883 durch zu spätes Erfassen des beleuchteten zunehmenden Mondes die Mondrektaszension um 0,2 bis 0,3<sup>s</sup> zu groß bestimmt, so bedeutet dies, daß die geographische Länge im März 1883 um 6 bis 9 Zeitsekunden zu klein ausfiel, d. h. irrigerweise zu nahe beim Meridian von Greenwich.

Die Längenbestimmung des Verfassers im Jahre 1933, die von diesem systematischen Fehler frei ist, führte zu einer um 8 bis 9<sup>s</sup> größeren Länge als vor 50 Jahren. Dieser Unterschied von 8 bis 9<sup>s</sup> kann aber, wie vorhin gezeigt wurde, in keiner Weise als reell betrachtet werden. Es ist sogar durchaus denkbar, daß der systematische Fehler der Mondrektaszension im Jahre 1883 die Größe von 0,3<sup>s</sup> erreichte, womit dann die Differenz von 8 bis 9<sup>s</sup> zwischen der alten und neuen Länge vollständig aus diesem Fehler erklärt erscheint.

Einen Schluß auf eine Westdrift der Insel Jan Mayen zu ziehen, wäre auf Grund der Längenbestimmung 1883, die auf unsicheren Mondmessungen beruht, und jener des Verfassers, die von diesem systematischen Fehler frei ist, wohl kaum erlaubt.

Alle vorhin angegebenen Überlegungen treffen im gleichen Maße für die grönländischen Bestimmungen der geographischen Länge zu. Alten Ortsbestimmungen mit Hilfe des Mondes, die aus systematischen Gründen zu kleine geographische Längen ergaben, folgen neuere, methodisch einwandfreie Längenmessungen, die alle zu westlicheren Positionen führten.

Alfred Wegener übersah keineswegs, daß die alten grönländischen Längenbestimmungen mit unkontrollierbaren systematischen Fehlern behaftet sein können. Da jedoch alle Wiederholungen der Längenbestimmungen in Grönland eine Westdrift anzeigten, hielt es Alfred Wegener für unwahrscheinlich, daß eine unglückliche Anhäufung extremer Beobachtungsfehler bei den alten Mondbeobachtungen vorliegt. Er konnte dies um so mehr annehmen, als ihm von großen Ephemeridenkorrekturen des Mondes, die mit dem dreißigfachen Betrag in das Längenresultat eingehen, nichts bekannt war.

Alfred Wegener glaubte auch annehmen zu können, daß der Fehlerquelle aus der persönlichen Gleichung der Charakter eines zufälligen Beobachtungsfehlers zuerkannt werden könne, so daß die Resultate verschiedener Beobachter und verschiedener Meßmethoden miteinander verglichen werden dürfen.

Diese Annahme ist aber nach den Erfahrungen der praktischen Astronomen nicht völlig gerechtfertigt. Die Fadendurchgangszeiten des Mondes werden in der Regel zu spät erfaßt, so daß der Fehler demnach vorwiegend negativ wird und darum eine zu geringe geographische Länge systematisch zur Folge hat.

Mit den vorstehenden Ausführungen glaubt der Verfasser genügend gezeigt zu haben, daß eine noch im Gange befindliche Verschiebung Grönlands und Jan Mayens auf Grund der bisherigen Längenmessungen in ihrem Ausmaß nicht bewiesen ist.

Der von Kurt Wegener<sup>4</sup> diskutierte Längenmessung auf der Sabine-Insel kann im Hinblick auf die Methode der alten Messung der geo-

<sup>4</sup> K. Wegener, Grönlandsdrift. Petermanns Mitt., 1933, S. 284.

graphischen Länge zu wenig Beweiskraft für die ermittelte Größe der Westdrift zugesprochen werden.

Um keine Mißverständnisse aufkommen zu lassen, sei nicht versäumt, ausdrücklich zu bemerken, daß aus geophysikalischen Gründen in hohen Breiten sogar verhältnismäßig rasche Bewegungen der Erdoberfläche möglich sind. R. Spitaler<sup>5</sup> führte aus, daß sich die Rotationsachse der Erde in der Eiszeit durch die Massenumlagerungen bis 4,3' (rund 8000 m) an den Polen verschieben konnte. Für unsere Scholle würde dies einen Stirndruck von je 6000 kg je Quadratzentimeter erzeugen, also den Gesteinsdruck bei Faltung (5000 bis 8000 kg je Quadratzentimeter) erreichen.

Seit dem Erscheinen der 3. Auflage des Buches „Die Entstehung der Kontinente und Ozeane“ sind nun mehr als zwölf Jahre verflossen und seit dem Beginn des Polarjahres zehn. Die letzten grönländischen exakten geographischen Ortsbestimmungen liegen noch länger zurück. Die Zeitspanne seit diesen letzten geophysikalisch so interessanten Messungen der geographischen Länge ist bereits so groß geworden, daß durch neuerliche Längenbestimmungen mit modernen geodätischen Hilfsmitteln, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll, die wahre Drift von Grönland und Jan Mayen zahlenmäßig festgestellt werden kann.

Dauert also die Verschiebung von Grönland noch an — die Theorie der Entstehung der Kontinente und Ozeane verlangt dies ja —, so wird die Westdrift, sofern sie nicht in ganz minimalen Beträgen vor sich geht, nunmehr ohne Zweifel geodätisch-astronomisch ermittelt. Damit wird ein viele wissenschaftliche Disziplinen berührendes, außerordentlich interessantes Geheimnis unserer Erde gelüftet.

Vereinzelt haben sich in den letzten Jahren Fachastronomen in Europa (u. a. auch Schumann) und in Amerika zur Grönlanddrift geäußert und, zum Teil auf den seinerzeitigen Ausführungen des Verfassers beruhend, eine abwartende Stellung eingenommen.

Wir sind es dem in Grönland gebliebenen Alfred Wegener schuldig, sobald es nur die Zeitläufte und Umstände erlauben, zur Klärung der Grönland- und Jan-Mayen-Drift an jenen Punkten exakte geographische Ortsbestimmungen auszuführen, an denen schon, sei es u. a. am Godthaabfjord und auf der Sabine-Insel auf Grönland oder im Wilczektal auf Jan Mayen, moderne Messungen der geographischen Länge existieren.

### **Bemerkungen zu dem Aufsatz von Hanns Tollner: Zur Frage der Kontinentverschiebungen Alfred Wegeners.**

Von Kurt Wegener, Graz.

Eine Verschiebung von Jan Mayen war nach der Theorie meines Bruders deshalb ausgeschlossen, weil die Inseln offenbar aus dem Meeresboden gebildet worden sind, während eine Beweglichkeit auf Grund der Erfahrungen der Geologie über den Zusammenschub der Gebirge nur für die Kontinente angenommen wurde.

Wo es sich um den Vergleich älterer Längenbestimmungen handelt, bei denen die Zeit aus Mondstrecken oder Mondkulminationen ermittelt wurde, und neuerer,

<sup>5</sup> R. Spitaler, Die Eiszeit und die Polschwankungen der Erde. Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissenschaften in Wien, math.-naturw. Kl., Bd. CXXI, Abt. II a, Nov. 1912.