

Werk

Jahr: 1930

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:6

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0006

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0006

LOG Id: LOG_0010

LOG Titel: Die seismische Bodenunruhe in Hamburg und ihr Zusammenhang mit der Brandung

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

Die seismische Bodenunruhe in Hamburg und ihr Zusammenhang mit der Brandung

[Nach H. Mendel*] — (Mit 4 Abbildungen.)

In dieser Arbeit untersucht der Verfasser an Hand eines einheitlichen und umfangreichen Materials die in Hamburg auftretende mikroseismische Bodenunruhe 1. Ordnung, und zwar hinsichtlich der Amplituden und Perioden und etwaiger Zusammenhänge zwischen diesen beiden Größen wie auch insbesondere betreffs eines ursächlichen Zusammenhanges mit der Brandung an der norwegischen Küste und im Golf von Biskaya. Für die Horizontalkomponente der Bewegung dienten die Aufzeichnungen des Wiechertschen Horizontalseismographen ($V = \text{rund } 200, T_0 = \text{rund } 10 \text{ sec}$) aus den Jahren 1909 bis 1913 und vom 1. April 1919 bis 31. März 1924 als Grundlage, für die Vertikalkomponente die Registrierungen des Wiechertschen Vertikalseismographen ($V = \text{rund } 200, T_0 = \text{rund } 4 \text{ bis } 6 \text{ sec}$) aus dem letztgenannten fünfjährigen Zeitraum. Für jeden Tag wurden Maximalamplitude und zugehörige Periode in der Zeit von 6^h 50^m bis 7^h 10^m mittlerer Greenwicher Zeit gemessen und diese Daten dann, getrennt nach den drei Komponenten der Bewegung wie nach der horizontalen und der vertikalen Komponente, zu Jahres-, Monats- und Dekadenmitteln vereinigt.

A. Amplituden und Perioden. 1. Die Amplituden. In Tabelle 1 sind die bis auf Hundertstel μ berechneten Horizontalamplituden $A_H = \sqrt{A_N^2 + A_E^2}$ nach Jahres- und Monatsmitteln zusammengestellt. Ein jährlicher Gang mit

Tabelle 1. Monatsmittel von A_H .

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
1909	10.04	4.76	3.48	2.73	1.81	0.75	0.64*	1.24	1.66	4.95	4.79	5.92	3.57
1910	9.57	7.15	4.38	4.16	1.57	1.27	0.83	0.76*	2.64	4.16	4.70	6.23	3.95
1911	8.86	8.70	5.46	3.94	1.71	1.05	0.74	0.65*	2.97	5.09	7.13	7.11	4.45
1912	7.10	6.22	5.50	2.73	1.38	1.07	1.01*	1.22	2.53	4.30	5.17	5.72	3.66
1913	8.03	7.87	7.40	3.01	1.46	1.47	0.54*	1.13	1.79	4.10	7.72	6.30	4.23
1919				3.16	1.20	1.55	0.84*	1.56	3.54	3.18	4.09	6.73	(2.87)
1920	8.67	8.86	7.71	—	2.17	1.21	0.97*	1.28	2.15	2.92	5.88	7.61	4.49
1921	9.39	5.72	7.85	3.65	2.14	1.64	—	1.23*	4.44	4.26	4.79	8.43	4.87
1922	7.60	6.37	5.43	2.80	2.47	1.55	1.39	1.33*	2.83	2.84	6.86	6.35	3.15
1923	8.72	6.77	3.29	2.92	1.74	1.99	1.05*	2.08	3.07	3.59	4.67	4.71	3.63
1924	6.25	5.88	3.80										
Mittel für den ges. Zeitraum	8.23	6.76	5.56	3.27	1.88	1.51	1.05*	1.41	3.06	3.55	5.36	6.69	4.03

einem Maximum von rund 8μ im allgemeinen im Januar und einem Minimum von rund 1μ durchweg im Juli tritt sehr ausgeprägt hervor. Das Jahresmittel beträgt im zehnjährigen Durchschnitt rund 4μ . Tabelle 2 gibt die entsprechenden Daten A_Z für die Vertikalkomponente. Auch hier ist deutlich eine jährliche Periode mit dem Maximum im Januar (1.6μ) und dem Minimum im Juli-August

*) Ausführliche Inhaltsangabe einer Dissertation (47 S., 6 Fig., 12 Tab.), Hamburg 1929.

(0.4 μ) vorhanden. Die durchschnittliche Amplitude beläuft sich auf 0.9 μ . Während A_H in dem untersuchten Zeitraum maximale Einzelwerte bis zu 25.5 μ

Tabelle 2. Monatsmittel von A_Z .

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
1919				0.89	0.43	0.39	0.31	0.44	0.81	0.68	0.57	1.16	
1920	1.72	—	1.99	—	0.63	0.41	—	0.37	0.54	0.77	1.28	1.45	1.02
1921	1.77	—	1.79	0.94	0.64	0.49	—	0.28	0.74	0.63	0.71	1.30	0.93
1922	1.51	—	—	0.77	—	0.44	0.50	0.41	0.77	0.70	1.26	1.69	0.89
1923	1.54	1.60	0.75	0.78	0.53	0.60	—	—	0.73	0.96	—	1.21	0.97
1924	—	1.15	0.97										
Mittel für den ges. Zeitraum	} 1.63 (1.38) 1.37 0.84 0.56 0.47 (0.40) 0.37* 0.72 0.75 0.95 1.36 0.90												

Tabelle 3. Verhältnis der Nord-Süd- zur Ost-West-Komponente. $A_N : A_E$.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
1909	1.07	1.09	1.06	1.23	1.17	0.91	1.00	1.00	1.00	1.06	1.06	1.27	1.08
1910	1.14	1.24	1.16	0.97	1.09	1.25	1.00	1.20	1.06	1.03	1.06	1.12	1.11
1911	1.14	1.12	1.14	1.15	1.18	1.14	1.00	1.09	1.23	1.12	1.20	1.10	1.13
1912	1.08	1.12	1.14	1.12	1.03	0.94	1.02	0.99	1.02	1.11	1.07	1.26	1.07
1913	1.12	0.97	1.02	1.13	1.07	1.01	0.83	1.07	1.05	1.00	1.27	1.23	1.06
1919				1.02	1.22	1.38	1.43	1.07	1.01	1.20	1.30	1.24	(1.21)
1920	1.15	1.07	1.14	—	1.01	1.03	0.97	0.86	1.07	1.04	0.98	1.13	1.04
1921	1.21	0.93	1.06	1.03	1.14	0.99	—	1.12	1.08	0.98	1.07	1.13	1.07
1922	1.05	0.94	1.29	1.10	1.01	1.07	1.15	1.16	1.02	1.16	1.18	1.14	1.11
1923	1.33	1.24	1.11	1.17	1.02	0.98	0.94	1.12	1.13	1.20	1.12	1.17	1.13
Mittel für den ges. Zeitraum	} 1.14 1.08 1.12 1.10 1.09 1.07 <u>1.04</u> 1.07 1.07 1.09 1.13 <u>1.18</u> 1.10												
							(Minimum)					(Maximum)	
Werte f. Göttingen 1906—1910	} 1.31 1.29 1.27 1.27 1.18 1.13 1.08 1.08 1.00 0.96 1.14 1.12 1.15												

Tabelle 4. Verhältnis der Horizontal- zur Vertikalkomponente. $A_H : A_Z$.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
1919				3.5	2.8	4.0	2.7	3.5	3.4	4.7	7.2	6.7	(4.3)
1920	5.0	—	3.9	—	3.4	3.0	—	3.5	4.0	3.8	4.6	5.2	4.0
1921	5.3	—	4.4	3.4	3.3	3.3	—	4.3	6.0	6.8	6.8	6.5	5.0
1922	5.0	—	—	3.6	—	3.5	2.8	3.2	3.7	4.1	5.4	3.8	3.9
1923	5.6	4.2	4.4	3.7	3.3	3.3	—	—	4.2	3.7	—	3.9	4.0
1924	—	5.1	3.9										
Mittel für den ges. Zeitraum	} 5.2 (4.7) 4.1 3.5 3.2 3.4 (2.8) 3.8 4.3 4.6 6.0 5.2 4.2												
Werte f. Königberg 1922	} — 1.5 2.5 — — — — 1.1 0.9 1.0 1.7 1.9 1.5												

erreicht, überschreitet A_Z keimnal den Betrag von 6 μ ; entsprechend zeigte sich in der Vertikalkomponente in 23% aller Tage überhaupt keine Bodenunruhe, dagegen in der Horizontalkomponente nur in 6% aller Fälle. Für beide Kom-

ponenten überwiegen dabei die Tage ohne Bewegung im Sommer bei weitem. Im Mittel der 10 Jahre drückt sich der jährliche Gang von A_H durch die Gleichung

$$A_H = 4.03 + 3.4 \sin(93^\circ + x) + 0.5 \sin(66^\circ + 2x) + 0.2 \sin(68^\circ + 3x) + 0.2 \sin(180^\circ + 4x)$$

aus.

Tabelle 5. Die Perioden der Bodenunruhe.

T_N .													
	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
1909	6.2	5.7	5.4	5.6	5.0	5.0	4.7	4.9	4.8	5.6	5.6	5.6	5.3
1910	6.2	6.2	5.9	5.3	4.7	4.4	4.4	3.9	5.3	5.5	5.2	6.0	5.3
1911	6.1	5.9	5.7	5.5	5.3	4.4	4.5	4.4	5.5	5.3	5.8	6.0	5.4
1912	6.0	5.6	6.4	5.1	4.7	4.8	4.5	4.1	4.8	6.1	5.8	6.6	5.4
1913	6.5	6.6	6.2	5.8	5.1	5.1	5.1	4.9	5.0	5.4	6.8	6.1	5.7
1919				5.5	5.0	5.1	4.6	4.7	5.2	5.2	5.8	6.4	—
1920	6.4	5.9	6.0	—	5.3	5.4	5.0	5.3	5.7	6.1	6.2	6.5	5.8
1921	6.5	6.3	6.7	6.0	5.7	5.1	5.2	4.8	5.6	5.7	6.0	6.2	5.8
1922	6.1	6.6	5.9	5.2	5.4	5.3	4.8	5.3	5.5	5.5	5.8	6.4	5.7
1923	6.6	6.7	6.4	6.1	5.2	5.3	5.3	5.3	5.7	5.7	5.4	6.3	5.8
1924	6.6	6.0	5.4										
Mittel für den ges. Zeitraum	6.3	6.2	6.0	5.6	5.1	5.0	4.8	4.8	5.3	5.6	5.8	6.2	5.6
T_E .													
1909	6.3	5.6	5.1	5.4	5.1	4.7	4.4	4.7	4.7	5.2	5.6	5.6	5.2
1910	5.7	6.3	5.6	5.2	4.8	4.3	4.4	4.0	5.1	5.4	5.2	6.0	5.2
1911	6.0	5.8	5.5	5.4	5.3	4.3	4.4	4.4	5.4	5.3	5.9	6.0	5.3
1912	6.0	5.7	6.4	4.9	4.8	4.6	4.6	4.2	4.9	6.1	6.1	6.3	5.4
1913	6.4	6.2	6.2	5.5	5.1	5.0	4.9	4.9	5.1	5.2	6.6	5.9	5.6
1919				5.1	4.8	5.0	4.5	4.6	5.1	5.2	5.6	6.5	—
1920	6.3	5.6	6.0	—	5.3	5.4	5.0	5.2	5.6	5.6	5.9	6.2	5.6
1921	6.1	6.2	6.5	5.5	5.4	4.9	—	4.9	5.7	5.4	6.1	6.2	5.7
1922	6.5	6.2	6.0	5.0	5.2	5.2	4.8	5.2	5.3	5.5	5.9	6.3	5.6
1923	6.4	6.7	6.2	6.0	4.7	5.3	5.4	5.1	5.5	5.4	5.4	5.9	5.7
1924	6.5	5.8	5.6										
Mittel für den ges. Zeitraum	6.2	6.0	5.9	5.3	5.1	4.9	4.7	4.7	5.2	5.3	5.8	6.1	5.5
T_Z .													
1919				4.6	4.2	4.7	4.4	4.2	4.7	4.8	5.1	6.0	(4.7)
1920	6.3	—	5.8	—	4.9	4.7	—	4.5	4.7	5.0	4.8	4.9	(5.1)
1921	5.3	—	5.8	4.8	4.5	4.2	—	4.0	4.8	4.6	4.7	5.3	4.8
1922	5.2	—	—	4.5	—	4.3	4.1	4.1	4.7	4.4	4.8	5.3	(4.6)
1923	5.2	5.5	4.8	4.7	4.2	4.2	—	—	4.5	4.4	—	4.8	(4.7)
1924	—	4.7	4.8										
Mittel für den ges. Zeitraum	5.5	(5.1)	5.3	4.6	4.4	4.4	(4.3)	4.2	4.7	4.6	4.8	5.3	4.8

Tabelle 3 und 4 enthalten die Werte des Quotienten A_N/A_E bzw. A_H/A_Z in Jahres- und Monatsmitteln. Es zeigt sich, daß in Hamburg im Mittel, von wenigen (fettgedruckten) Ausnahmen abgesehen, auch im einzelnen $A_N > A_E$

ist. Das zehnjährige Mittel ergibt für den Quotienten eine schwache jährliche Periode mit dem Maximum im Winter (1.2 im Dezember) und dem Minimum im Sommer (1.0 im Juli). Ähnliche Verhältnisse liegen nach Gutenberg auch für Göttingen vor (s. unterste Zeile von Tabelle 3). Wie Tabelle 4 lehrt, ist der Quotient A_H/A_Z in Hamburg immer entschieden größer als 1 und besitzt einen ausgeprägten jährlichen Gang mit dem Maximum im Winter (rund 6 im November) und dem Minimum im Sommer (rund 3 im Mai-Juli). Gutenberg findet für Göttingen in den Jahren 1906 bis 1910 einen mittleren Wert von 1.7, jedoch kommen hier im einzelnen auch große Schwankungen vor, wie die Werte von Zoeppritz zeigen, die zwischen 3 und $\frac{1}{2}$ liegen. Von Königsberg sind nach Errulat einige diesbezügliche Daten aus dem Jahre 1922 mitgeteilt (unterste Zeile der Tabelle 4); sie scheinen auch die für Hamburg gefundene Gesetzmäßigkeit zu bestätigen.

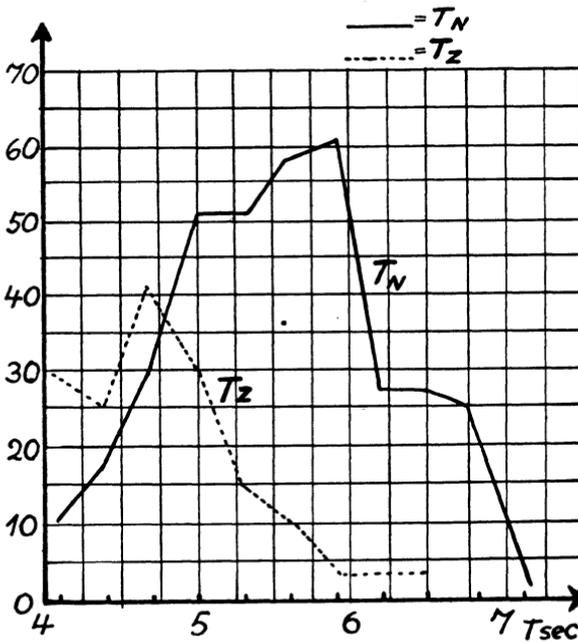


Fig. 1. Periodenhäufigkeit

2. Die Perioden. Tabelle 5 gibt die Perioden für alle drei Komponenten nach Jahres- und Monatsmitteln.

Es fällt auf, daß im allgemeinen $T_E < T_N$ ist, wenn auch die Differenz nur 0.1 sec beträgt; es sind nur wenige Fälle vorhanden, in denen $T_E > T_N$ ist. Die Perioden der Vertikalkomponente sind im Mittel um 0.7 bis 0.8 sec geringer als die der Horizontalkomponente, was mit den Beobachtungen von Geussenhainer und Errulat übereinstimmt. Letzterer findet für T_Z Werte bis 2 sec

herunter. Eine Untersuchung, inwieweit eine Bevorzugung bestimmter Perioden durch die Apparate wegen der Verschiedenheiten ihrer Konstanten stattfindet, zeigt freilich auch, daß die kleineren Perioden von dem Vertikalseismographen sicherlich begünstigt werden. Die Perioden zeigen ähnlich wie die Amplituden einen deutlichen jährlichen Gang (Maximum $T_N = 6.3$ sec im Januar; Minimum $T_N = 4.8$ sec im Juli-August).

Ein Bild über die Häufigkeit der Perioden in der N - und Z -Komponente gibt Fig. 1: in ihr beziehen sich die einzelnen Häufigkeitswerte auf Dekadenmittel. Aus der Figur erhellt, daß T_N ein Häufigkeitsmaximum für im Mittel 5.9 sec besitzt, in guter Übereinstimmung namentlich mit Geussenhainers Ergebnis, der für Göttingen 6 sec findet. In Barcelona treten nach Castrillón in der Horizontalkomponente hauptsächlich Perioden von 5.5 und 5.6 sec auf. Doch während hier die Häufigkeit der kurzen Perioden während des ganzen Jahres nahezu konstant ist, muß für Hamburg gesagt werden, daß die kurzen Perioden im Sommer überwiegen. Im ganzen entfallen bei T_N auf das Intervall von 4.9 bis 6.0 sec 61.2% aller Fälle, auf dasjenige von 4.0 bis 4.8 sec und von 6.1 bis über 7.0 sec dagegen nur 15.6 bzw. 23.2%. Die Häufigkeitskurve für T_Z zeigt ein Maximum bei 4.7 sec. Auf das Intervall von 4.0 bis 4.5 sec kommen 3.43% und auf das von 4.6 bis 5.1 sec 44.5%, während Perioden über 5.1 sec nur in 21.2% aller Fälle auftreten. Die Perioden bis zu 5 sec machen hier fast 80% aus.

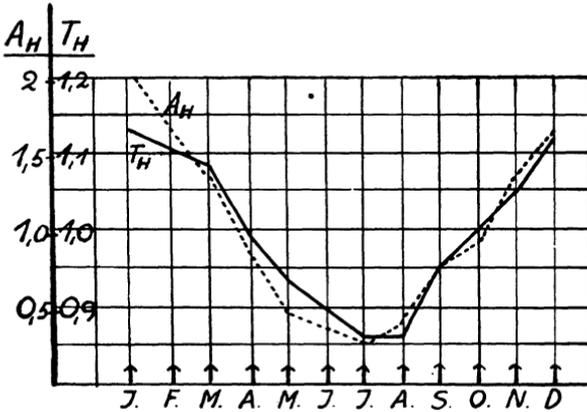


Fig. 2. Jährlicher Gang von T_H und A_H

3. Zusammenhang zwischen Amplitude und Periode. Um der bereits von verschiedenen Seiten (Schneider, Gutenberg, Hecker, Castrillón) nachgegangenen Frage des Zusammenhanges zwischen Periode und Amplitude für Hamburg näherzukommen, wurden die für die betreffende Periode, fortschreitend von Zehntelsekunde zu Zehntelsekunde, berechneten Dekadenwerte der Amplituden zusammengestellt und aus diesen Mittelwerte gebildet. Tabelle 6 gibt in Halbsekundenintervallen für die N - und für die

Z-Komponente ein deutliches Bild von dem Anwachsen der Amplitude mit der Periode.

Tabelle 6.

T_N	4—4.4	4.5—4.9	5.0—5.4	5.5—5.9	6.0—6.4	6.5—6.9 sec
A_N	0.70	0.98	1.80	3.34	4.62	5.61 μ
T_Z	< 4	4.0—4.4	4.5—4.9	5.0—5.4	5.5—5.9	< 6 sec
A_Z	0.40	0.54	0.77	1.27	1.71	1.87 μ

Fig. 2 zeigt endlich noch den jährlichen Gang von $T_H = \frac{1}{2}(T_N + T_E)$ und A_H . Dabei sind, um die Werte besser vergleichen zu können, relative Werte für die Amplituden und Perioden eingeführt, d. h. sämtliche Werte sind durch den betreffenden jährlichen Mittelwert dividiert worden; ferner wurde noch für T_H ein fünfmal größerer Maßstab gewählt als für A_H . Der Gang beider Größen weist von Monat zu Monat einen nahe übereinstimmenden Verlauf auf, was auch durch den hohen Wert des Korrelationskoeffizienten bestätigt wird, der sich zu $+0.90 \pm 0.037$ w. F. ergibt. Selbstverständlich zeigt auch die analytische Entwicklung des jährlichen Ganges von T_H , nämlich

$$T_H = 5.5 + 0.74 \sin(89^\circ + x) + 0.01 \sin(45^\circ + 2x) + 0.04 \sin(93^\circ + 3x) + 0.08 \sin(194^\circ + 4x)$$

eine nahe Verwandtschaft zu der entsprechenden oben mitgeteilten Gleichung von A_H . Hier ist nur eine ganzjährige Periode ausgesprochen vorhanden, und die Phase derselben liegt rechnerisch für T_H und A_H nur rund 4 Tage auseinander.

B. Bodenunruhe und Brandung. 1. Einfluß der Brandung an der norwegischen Küste. Nachdem einleitend besonders zu den diesbezüglichen Untersuchungen von Gherzi, Gutenberg, Lacoste und Meissnerkurz Stellung genommen ist, wird zunächst einem etwaigen Zusammenhang mit der Brandung an der norwegischen Küste nachgegangen. Zu diesem Zweck wurden den meteorologischen Berichten der Deutschen Seewarte die Angaben über den Seegang in Bodö (n), Christiansund (m) und Skudenes (s) entnommen und nach dem Vorgang von Gutenberg quadriert und mit Entfernungsfaktoren versehen. Die so nach

der Formel $B = \sqrt{\frac{n^2 + 2m^2 + 3s^2}{6}}$ für jeden Tag berechneten Werte wurden

zu Dekadenmitteln vereinigt, wieder quadriert und in Tabelle 7 für die fünf Jahre 1909 bis 1913 mit den entsprechenden Werten von A_H verglichen. Der Winddruck konnte vernachlässigt werden. Besonders die auf Grund von Tabelle 7 gezeichneten und in Fig. 3 wiedergegebenen Kurven, bei denen aber wieder Relativwerte benutzt wurden, zeigen, daß zwischen Brandung und Bodenunruhe ein sehr enger Parallelismus besteht. Entsprechend liegen auch die Korrelationskoeffizienten nahe bei 1, und zwar für die einzelnen Jahre zwischen $+0.79$ und $+0.92$; für den ganzen fünfjährigen Zeitraum ergibt er sich sogar zu $+0.96 \pm 0.009$ w. F.

Für die Koeffizienten a und c der zuerst von Gutenberg eingeführten linearen Beziehung $A_H = aB^2 + c$ berechnen sich die Werte $a = 0.698$ und

Tabelle 7.

	1909		1910		1911		1912		1913		Mittel 1909/13	
	B^2	A_H	B^2	A_H								
Jan.	14.75	9.16	18.20	13.08	12.70	7.13	9.87	7.80	16.60	8.28	14.42	9.09
	19.72	12.67	17.20	11.19	15.44	10.30	14.84	9.06	7.73	9.55	14.98	10.55
	10.88	8.29	5.22	4.43	18.85	9.16	7.56	4.44	6.87	6.28	9.88	6.52
Febr.	8.52	5.46	14.20	5.75	10.08	5.42	9.53	9.24	17.36	11.53	11.94	7.48
	8.64	5.83	20.70	8.96	17.25	8.91	6.97	3.81	11.81	6.75	13.08	6.85
	3.46	2.99	7.50	6.73	23.20	11.77	13.18	5.61	11.74	5.32	11.82	6.48
März	5.03	3.70	8.82	4.54	11.32	8.33	7.73	6.98	22.50	9.31	11.08	6.57
	4.93	3.52	9.39	4.08	5.76	3.67	8.53	4.72	15.44	8.12	8.81	4.82
	3.38	3.22	7.40	4.53	5.29	4.37	4.49	4.81	7.96	4.77	5.70	4.34
April	6.20	3.51	4.28	3.18	4.46	4.13	8.18	4.72	5.33	2.28	5.69	3.56
	3.68	2.05	8.48	5.88	9.74	4.42	5.52	1.98	11.00	3.76	7.68	3.62
	3.72	2.64	10.95	3.41	7.62	3.26	1.69	1.49	7.22	3.00	6.24	2.76
Mai	3.64	2.17	6.28	2.66	6.25	2.69	5.02	1.03	2.59	1.60	4.76	2.03
	4.23	1.46	2.25	0.91	2.34	0.56	3.96	1.97	5.57	1.43	3.87	1.27
	5.02	1.81	4.12	1.13	2.66	1.88	3.92	1.14	6.56	1.34	4.46	1.46
Juni	3.92	1.04	4.16	1.26	2.79	0.87	2.63	0.82	8.98	2.59	4.50	1.34
	2.25	0.58	3.61	1.21	3.10	0.42	3.38	1.63	5.07	1.21	3.48	1.01
	2.43	0.64	3.28	1.35	6.72	1.85	2.63	0.76	3.24	0.61	3.86	1.01
Juli	2.92	0.69	1.80	0.81	5.03	0.83	2.76	0.95	2.92	0.49	3.09	0.75
	3.46	0.96	2.25	0.63	4.46	0.45	5.38	0.95	3.13	0.52	3.94	0.70
	4.28	0.26	2.98	1.05	3.73	0.93	6.41	1.14	3.64	0.60	4.22	0.80
Aug.	5.43	0.98	1.61	0.51	4.62	0.48	6.25	1.50	4.88	1.24	4.56	0.94
	7.78	1.61	3.61	0.73	3.13	0.75	3.88	0.84	3.32	0.83	4.34	0.95
	4.80	1.13	3.54	1.05	3.24	0.71	5.96	1.33	5.62	1.31	4.63	1.11
Sept.	6.30	1.86	2.77	1.35	7.62	1.79	8.29	2.78	5.11	1.36	6.02	2.03
	3.34	1.77	5.58	2.62	9.06	3.74	5.76	1.96	5.94	2.36	5.94	2.49
	2.78	1.36	9.74	3.94	9.18	3.37	3.84	1.85	8.58	1.64	6.82	2.43
Okt.	12.96	4.16	13.40	5.43	6.11	4.70	8.81	4.11	3.46	2.59	8.95	4.20
	15.83	5.95	8.88	3.67	5.52	3.44	12.12	3.96	12.16	4.56	10.90	4.32
	10.12	4.73	5.81	3.37	10.00	7.12	8.47	4.84	11.36	5.15	9.15	5.04
Nov.	10.12	4.33	10.00	5.93	16.80	11.08	10.64	5.22	11.88	4.55	11.89	6.20
	7.68	5.68	6.73	5.53	8.48	6.12	7.23	3.87	19.94	6.88	10.01	5.62
	9.00	4.37	5.89	2.64	7.26	4.18	14.99	6.42	20.05	11.72	11.44	5.87
Dez.	7.19	6.42	8.48	5.64	17.95	10.12	10.62	4.23	18.05	7.48	12.46	6.78
	9.69	5.31	10.05	5.67	13.69	5.13	19.20	7.77	13.30	5.62	13.19	5.90
	12.82	6.03	12.40	7.37	10.63	6.08	13.18	5.16	12.10	5.79	11.83	6.09
Mittel:	6.97	3.57	7.54	3.95	8.67	4.45	7.60	3.66	9.42	4.23	8.05	3.97

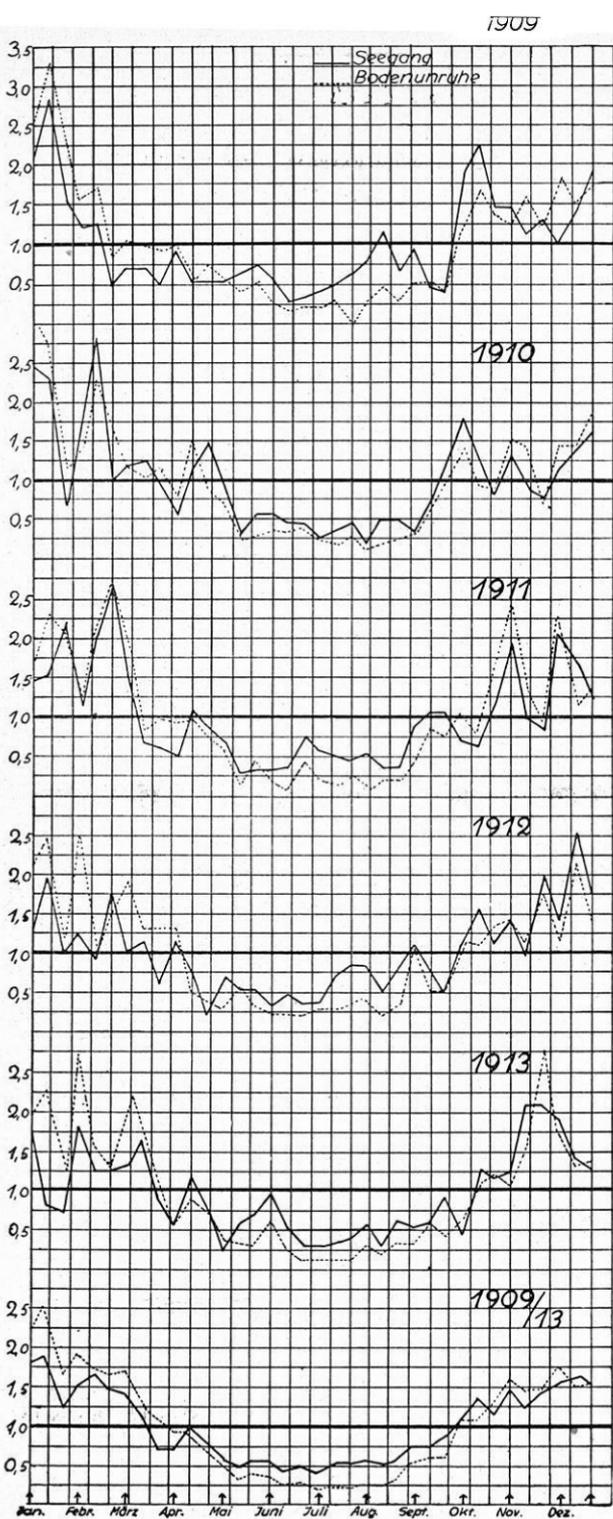


Fig. 3. Zusammenhang zwischen Seegang an der norwegischen Küste und Bodenunruhe in Hamburg

$c = -1.65$, so daß der Schwellenwert von B , der überschritten werden muß, damit in Hamburg durch Brandung an der norwegischen Küste Bodenunruhe hervorgerufen wird, $B_0 = 1.54$ beträgt. Das steht in guter Übereinstimmung mit dem Wert $B_0 = 1.92$, den Gutenberg, allerdings nur unter Berücksichtigung von A_E , für Göttingen fand; denn die Entfernung von der norwegischen Küste ist größer und der Untergrund in Göttingen wesentlich fester. Für die Relativwerte von A_H und B^2 , nämlich A_H und B^2 , folgt aus der obigen Beziehung für den fünfjährigen Zeitraum 1909 bis 1913 im Mittel $A_H = 1.42 B^2 - 0.42$. Für die allgemeine Beziehung $A_H = \alpha \cdot B^2 + \gamma$ gilt zufolge der Grundannahme $A_H = a B^2 + c$ im Mittel notwendig die Zusatzgleichung $\alpha + \gamma = 1$. Für $B^2 < 1$ ist demnach im allgemeinen $A_H < B^2$, und für $B^2 > 1$ ist entsprechend $A_H > B^2$, was in Fig. 3 auch durchweg zum Ausdruck kommt. Daraus folgt auch, daß die Jahresschwankung der Bodenunruhe größer sein muß als die der Brandung und daß dem Verhältnis von Bodenunruhe zu Brandung ein ausgesprochener jährlicher Gang eignet. Letzteres erhellt ohne weiteres auch schon aus der Beziehung $A_H/B^2 = a + c/B^2$, insofern das zweite Glied auf der rechten Seite im Winter, wo B^2 groß ist, weniger in Frage kommt als im Sommer. Der in Tabelle 3 und 4 zum Ausdruck kommende jährliche Gang der Quotienten A_N/A_E und A_H/A_Z erscheint ebenfalls auf Grund der Annahme solcher linearen Beziehungen zwischen den einzelnen Komponenten der Bodenunruhe und der Brandung begreiflich.

Die Entwicklung der Werte B^2 und A_H für den Zeitraum 1909 bis 1913 in eine Reihe von Sinuswellen ergibt

$$B^2 = 8.05 + 4.9 \sin(96^\circ + x) + 0.4 \sin(81^\circ + 2x) \\ + 0.3 \sin(346^\circ + 3x) + 0.04 \sin(214^\circ + 4x)$$

und

$$A_H = 3.97 + 3.6 \sin(86^\circ + x) + 0.3 \sin(120^\circ + 2x) \\ + 0.3 \sin(339^\circ + 3x) + 0.3 \sin(41^\circ + 4x).$$

Im jährlichen Glied, welches allein reale Bedeutung haben dürfte, ist ein Phasenunterschied von 10° , d. h. von nur rund einer Dekade vorhanden; die Übereinstimmung kann man daher als recht gut bezeichnen.

2. Einfluß der Brandung an der westfranzösischen Küste und im Golf von Biskaya. Die Untersuchung des Einflusses an anderen Küsten Westeuropas stößt deshalb auf Schwierigkeiten, weil die Brandung an diesen Küsten durchweg auch groß sein wird, wenn die Brandung an der norwegischen Küste groß ist. So konnten in dem Zeitraum 1909 bis 1913 nur drei Fälle ausfindig gemacht werden, in denen die Brandungswerte in Norwegen B für einige Zeit gegenüber denjenigen an der westfranzösischen Küste und im Golf von Biskaya B' merklich zurücktreten. Eine Unterscheidung der beiden Ursachen erweist sich erst dann als möglich, wenn B den Wert 3 nicht überschreitet und der Mittelwert von B' in Grisnez, Cherbourg, St. Martin und Biarritz größer als 5 ist. Der Einfluß

von B' auf die Bodenunruhe in Hamburg ist zwar in den angegebenen Fällen deutlich erkennbar, aber doch nur sekundärer Art. Siehe besonders die beiden in Fig. 4 dargestellten Fälle 29./XI. bis 7./XII. 1909 und 17./I. bis 29./I. 1910.

Zwischen der Bodenunruhe in Hamburg und der in Eskdalemuir (Schottland) wurde nach den Monatsmitteln von A_N für die fünf Jahre 1913 und 1919 bis 1922

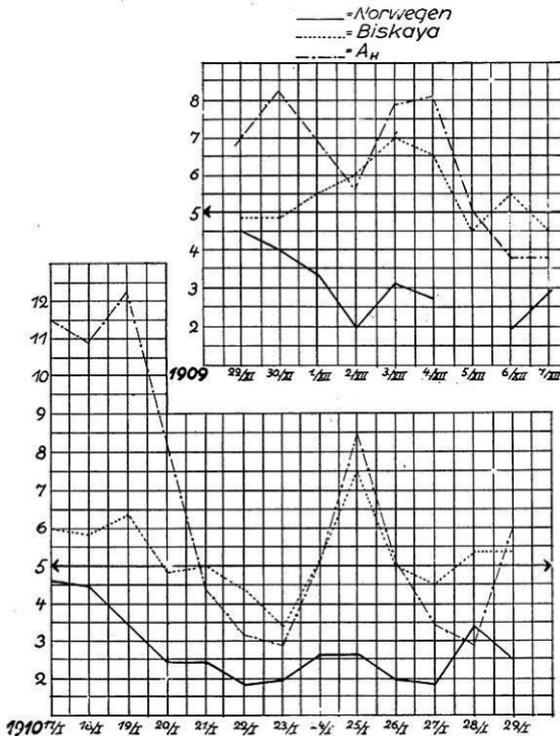


Fig. 4.

Einfluß der Brandung in der Biskaya auf die Bodenunruhe in Hamburg

ein Korrelationskoeffizient berechnet, der mit $+0.99 \pm 0.004$ w. F. praktisch den Wert 1 hat, was darauf schließen läßt, daß die Bodenunruhe in Hamburg und in Eskdalemuir wesentlich die gleiche Ursache hat.

Am Schluß der Arbeit, welche an der Hauptstation für Erdbebenforschung zu Hamburg ausgeführt wurde, findet sich ein eingehendes Literaturverzeichnis.

H. Schönemann.