

Werk

Jahr: 1936

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:12

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0012

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0012

LOG Id: LOG_0025

LOG Titel: Seismische Bodenunruhe und 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

verfrüht, Schlüsse von allgemeiner Gültigkeit zu ziehen. Aus den schon durchgeführten Versuchen lassen sich aber vielleicht schon folgende Ergebnisse zusammenfassend ableiten:

1. Es lassen sich für bestimmte seismische Untersuchungen die erforderlichen elastischen (longitudinalen) Wellen mit Hilfe der aufgespeicherten Energie von in Druckgefäßen komprimierten Gasen, die sich plötzlich ausdehnen können, verhältnismäßig einfach erzeugen.

2. Für reflexionsseismische Aufgaben und seismische Versuchszwecke, d. h. überall dort, wo verhältnismäßig geringe Sprengstoffmengen benötigt werden, können brauchbare Seismogramme mit Hilfe geringer Mengen Schwarzpulver (Treibmittel), die in Stahlrohren zur Explosion gebracht werden, verhältnismäßig einfach erhalten werden.

3. Der „seismische Wirkungsgrad“ von brisanten Sprengmitteln scheint sehr gering zu sein.

Seismische Bodenunruhe und Brandung

Von W. v. zur Mühlen — (Mit 2 Abbildungen)

Es werden für zwei Zeitabschnitte aus den Jahren 1930 und 1932 die Korrelationskoeffizienten zwischen seismischer Bodenunruhe in Hamburg, Potsdam, Taunus-Obs., Stuttgart, Straßburg und Kew einerseits und der Brandung im Norden und Westen Europas andererseits behandelt. Die Diskussion wird sowohl unter Berücksichtigung des gegenseitigen Stärkeverhältnisses der Brandungen bzw. der Größe ihrer Schwankungen als auch namentlich unter dem von Schwinner hervorgehobenen Gesichtspunkt etwaiger Beziehungen zum Verlauf des Grundgebirges durchgeführt. Nach kurzem Eingehen auf andere Möglichkeiten der Erklärung der Bodenunruhe wird schließlich unter Zusammenfassung beider Zeitabschnitte die tägliche Zyklonenlage im Norden Europas für die Tage der Maxima wie auch der Minima der Bodenunruhe in je einer Skizze festgehalten und erörtert.

Ausgangspunkt zu vorliegender Untersuchung waren die Arbeiten von E. Tams^{1, 2)} über Brandung in West- und Nordeuropa und Bodenunruhe in Hamburg, die durch die Beobachtungen von K. Jung⁴⁾ über die Bodenunruhe in Potsdam ergänzt wurden. Die Enge der dort gefundenen Beziehung zwischen Brandung an der norwegischen Küste und seismischer Unruhe, die ihren Ausdruck in hohen Korrelationskoeffizienten fand, scheint erneut die Hypothese von Wiechert, daß die Brandung an Steilküsten Ursache der Bodenunruhe weiter Gebiete sei, zu belegen. Das ist um so bemerkenswerter, als zahlreiche Beobachtungen (besonders angelsächsischer Autoren) gegen die Brandungshypothese sprechen, und die Bodenunruhe demnach auf andere Ursachen zurückzuführen sein möchte. Neben der Frage, ob die obenerwähnten engen Beziehungen sich hinsichtlich weiterer Gebiete und Zeitabschnitte verallgemeinern lassen, sind es die von R. Schwinner³⁾ entwickelten Vorstellungen über den Zusammenhang zwischen

Gebirgsbau und Verbreitung der Bodenunruhe, die dieser Untersuchung zugrunde liegen. Der Anregung von K. Jung⁵⁾ und der Initiative von E. Tams ist es zu verdanken, daß dem Problem der Ursache der Bodenunruhe unter diesen Gesichtspunkten weiter nachgegangen wurde.

I. Die folgenden Ausführungen über Bodenunruhe und Brandung stützen sich auf die Bearbeitung des Beobachtungsmaterials zweier Zeiträume, und zwar desjenigen vom 20. Januar bis 10. Februar 1932, der den Arbeiten von E. Tams zugrunde lag und desjenigen vom 1. bis 31. Januar 1930, auf dem die Arbeit von A. W. Lee⁶⁾ beruht. Die Wahl dieser Zeitabschnitte schien zweckmäßig zu sein wegen der Möglichkeit, an bereits berechnete Korrelationswerte anknüpfen zu können. Sämtliche Korrelationskoeffizienten sind in den Tabellen 3, 4 und 5 zusammengestellt, aus denen gleichzeitig auch der Umfang des verwendeten Materials ersichtlich ist. Die Bearbeitung des Materials für den Zeitraum von 1930 ist unabhängig von der Arbeit von Lee^{*)} ausgeführt worden. Die unabhängig voneinander ermittelten Korrelationen zwischen norwegischer Brandung und Unruhe in Hamburg (Tabelle 4) stimmen gut überein.

Für den Zeitabschnitt von 1932 stützen sich die Berechnungen bezüglich des Taunus-Obs. (Frankfurt a. M.) und Stuttgarts auf eigene Ausmessung geeigneter Originalseismogramme, die mir für diesen Zeitraum von dort dankenswerterweise zur Verfügung gestellt wurden. Dasselbe gilt für Hamburg und Potsdam betreffs 1930. Für die Stationen Straßburg und Kew (bei London) konnten die seismischen Daten den gedruckten Jahresberichten^{7, 8)} entnommen werden. Sofern Originalseismogramme vorlagen, ergab sich die seismische Bodenunruhe aus dem Mittelwert zwischen den beiden Amplituden je einer maximalen Welle in einem Zeitintervall von 10 Minuten, nämlich den dem Beobachtungstermin vorangehenden und nachfolgenden 5 Minuten. Soweit beide Komponenten vorhanden waren, wurde die Horizontalkomponente $A_H = \sqrt{A_N^2 + A_E^2}$ in Rechnung gestellt. Für die Stationen Taunus-Obs. und Kew standen allein die Seismogramme bzw. die Daten der N—S-Komponente zur Verfügung, so daß in diesen beiden Fällen $A_H = A_N$ gesetzt werden mußte. Diese Werte können daher hinsichtlich der Intensität nicht ohne weiteres mit den anderen Unruhwerten, in denen $A_H = \sqrt{A_N^2 + A_E^2}$ ist, verglichen werden. Das Tagesmittel wurde aus den Beobachtungsterminen um 7 und 18^h Gr. Z. gewonnen. Die bezüglich der Stationen Straßburg und Kew berechneten Mittelwerte unterscheiden sich von den anderen Unruhwerten insofern, als sie aus den Terminen von 6^h (nicht 7^h) und 18^h Gr. Z. gebildet sind. Es wurde geprüft, ob eine solche Abweichung eines Teiltermins um eine Stunde sich auf die Ergebnisse der Korrelationsrechnung merklich geltend macht. Bei Durchrechnung eines Beispiels wurde die Brandung an der norwegischen Küste zweimal mit der Bodenunruhe im Hamburg korreliert, wobei für die Be-

*) Die von Lee berechneten Korrelationen zwischen norwegischer Brandung und Bodenunruhe im Januar 1930 betragen für Hamburg: 0.57 ± 0.08 ; für Königsberg: 0.66 ± 0.07 ; für Göttingen: 0.18 ± 0.11 ; für Lund: 0.44 ± 0.10 .

rechnung der Unruhe der 7^h-Termin mit dem 6^h-Termin ausgewechselt wurde. Es erwies sich, daß die beiden Korrelationswerte praktisch übereinstimmten und somit keine Abweichung vorliegt, welche die aus dem Ergebnis zu ziehenden Schlüsse beeinflussen könnte.

In den Tabellen 1 und 2 sind neben den Amplituden A und den zugehörigen Perioden T der Bodenunruhe die Brandungswerte B eingetragen. Sie wurden

Tabelle 1

Tagesmittel der Brandungswerte B_2 (Biskaya und Kanal) und B_5 (englisch-schottische Ostküste) sowie der Amplituden mit zugehörigen Perioden der Bodenbewegung für den Zeitabschnitt vom 20. Januar bis 10. Februar 1932. [Die in der Tabelle nicht angeführten Werte von B_1 , B_3 und B_4 sind bereits anderenorts¹⁾ veröffentlicht]

Datum	B_2	B_5	Potsdam *)		Stuttgart		Taanus-Obs.		Straßburg		Kew	
			A_H	T_H	A_H	T_H	A_N	T_N	A_H	T_H	A_N	T_N
20. I.	2.93	1.19	4.83	4.7	0.94	6.4	—	—	4.19	6.2	1.30	6.4
21.	2.55	1.58	4.12	5.0	0.92	6.1	0.78	6.7	2.90	6.4	1.95	6.8
22.	2.73	1.41	4.03	4.7	0.91	6.7	0.84	6.8	3.22	6.2	1.55	6.7
23.	2.33	1.66	4.22	5.0	0.94	6.6	0.83	6.6	3.40	6.0	1.50	6.5
24.	1.88	2.18	3.78	5.5	0.81	6.5	0.75	6.2	3.76	6.5	1.60	6.4
25.	2.03	1.66	6.09	5.0	1.04	7.0	1.07	6.8	3.50	6.5	1.85	6.5
26.	2.45	1.70	14.14	6.0	1.97	6.5	1.51	6.8	4.02	6.1	1.60	6.1
27.	1.90	1.41	7.35	5.5	1.01	6.1	0.87	6.5	3.29	6.0	1.80	6.5
28.	1.68	1.47	7.57	5.5	0.94	6.5	0.79	6.5	3.65	6.0	1.80	6.3
29.	1.47	1.63	10.76	5.7	2.22	6.7	2.10	7.2	5.43	6.6	1.85	7.0
30.	1.56	1.00	13.45	6.0	2.41	6.9	1.98	7.2	5.30	6.1	1.65	6.7
31.	1.94	2.00	3.47	5.0	0.61	6.0	0.49	6.5	3.26	5.4	0.60	5.8
1. II.	1.75	1.50	8.14	5.2	1.03	6.3	0.96	7.0	2.86	6.1	0.65	6.4
2.	1.72	1.77	4.25	4.7	0.46	6.0	0.41	6.1	2.33	6.0	0.60	6.5
3.	1.53	1.38	4.30	4.5	0.53	6.0	0.41	6.2	1.99	6.0	0.50	6.0
4.	1.22	1.55	6.03	4.2	0.78	6.1	0.73	6.5	2.44	6.0	0.70	6.6
5.	1.94	1.82	2.88	5.0	0.64	6.2	0.49	7.2	2.26	6.0	0.70	6.5
6.	2.47	1.78	4.42	4.2	0.68	6.5	0.63	6.7	2.37	6.0	1.55	6.7
7.	2.37	1.28	2.12	4.5	0.55	6.3	0.63	7.0	2.76	5.6	0.80	6.0
8.	2.66	2.26	3.60	5.2	0.55	6.2	0.41	7.1	1.76	5.7	0.50	6.1
9.	3.65	3.25	3.81	4.2	0.38	6.2	0.33	7.7	1.35	5.1	0.25	5.2
10.	3.47	3.00	5.01	5.0	0.76	6.0	0.61	6.8	2.50	4.9	0.40	4.5

an Hand der Seegangsdaten folgender Stationen ermittelt: Für 1930 1. *Norwegische Küste* (B_1): Vardö, Ingöy, Andenes, Röst, Ona, Utsira und Lista; 2. *Biskaya und Kanal* (B_2): Le Havre, Brest, Rochefort, Bayonne und La Coruña; 3. *Schottische West- und Nordküste* (B_3): Stronoway, Malin Head, Blacksod Point und Valentia; 4. *Jütländisch-pommerisch-memelländische Küste* (B_4): Hanstholm, Skagen, Arkona, Rügenwaldermünde und Memel; sowie für 1932: *Biskaya und Kanal* (B_2): Le Havre, Cherbourg, Brest, Le Talut, Rochefort, Santander, Gijon und La Coruña. Betreffs der Brandung an der norwegischen, sowie an der schottisch-

*) Nach von K. Jung freundlichst zur Verfügung gestellten Ausmessungen.

irischen und an der jütländisch-pommerisch-memelländischen Küste fanden für 1932 die von E. Tams berechneten Werte Verwendung. Die Brandung an der *englisch-schottischen Ostküste* (B_5) wurde schließlich wegen der Möglichkeit eines Einflusses auf die Bodenunruhe von Kew an Hand der Seegangsdaten von Yar-

Tabelle 2

Tagesmittel der Brandungswerte B_1 (Norwegen), B_2 (Biskaya und Kanal), B_3 (Schottland-Irland) und B_4 (Jütländisch - pommerisch - memelländische Küste) sowie der Amplituden mit zugehörigen Perioden der Bodenbewegung für den Zeitabschnitt vom 1. bis 31. Januar 1930

Datum	B_1	B_2	B_3	B_4	Hamburg		Potsdam		Straßburg		Kew	
					A_H	T_H	A_H	T_H	A_H	T_H	A_N	T_N
1. I.	3.36	4.73	5.90	3.42	4.6	5.9	3.4	5.5	4.0	5.9	1.4	5.5
2.	3.86	4.78	4.81	3.29	6.3	6.1	5.2	6.0	6.8	6.5	2.4	6.6
3.	4.17	3.91	5.33	3.39	7.2	6.4	6.1	6.0	6.1	6.2	2.2	6.5
4.	5.09	4.83	4.43	4.08	11.3	6.4	8.1	6.5	8.1	6.2	2.2	6.9
5.	4.18	5.80	4.12	3.41	9.8	5.7	5.9	5.5	10.3	5.9	2.5	5.9
6.	4.45	2.43	4.60	3.35	12.2	5.7	7.9	6.0	7.7	5.7	3.1	5.7
7.	4.32	3.90	4.48	3.82	6.4	5.7	5.7	5.5	6.0	6.0	1.9	7.0
8.	4.80	3.38	4.83	3.88	7.6	5.7	6.5	6.5	6.2	6.0	2.6	7.9
9.	4.42	4.31	4.08	3.10	6.9	6.2	5.4	6.0	5.6	5.9	1.9	6.5
10.	4.36	3.70	5.57	4.11	6.2	5.5	4.5	6.0	6.9	6.1	2.1	6.2
11.	4.80	4.82	6.44	4.21	15.4	6.9	8.9	6.5	15.5	7.1	6.8	7.0
12.	4.41	5.80	6.38	2.95	12.4	7.0	8.6	7.0	17.2	7.1	5.6	7.8
13.	4.06	6.20	4.01	4.35	10.2	6.2	7.5	6.5	11.7	6.3	3.3	6.7
14.	4.18	3.54	2.88	3.21	7.5	6.1	5.7	5.5	11.4	6.1	2.6	6.6
15.	3.94	3.54	0.89	3.62	5.5	5.5	4.8	5.5	6.9	5.9	1.5	6.6
16.	3.85	2.72	4.92	2.66	6.7	6.1	4.9	6.0	8.7	6.5	2.5	6.1
17.	4.18	2.74	4.01	2.39	7.0	5.7	5.5	5.5	9.6	6.0	2.1	6.1
18.	4.67	11.32	5.08	3.32	5.9	5.9	4.2	6.0	4.0	5.3	1.3	6.1
19.	4.27	2.49	4.01	3.02	7.4	5.9	5.0	6.0	7.9	6.1	2.3	6.1
20.	4.83	3.39	3.42	2.83	10.4	6.3	6.4	6.0	6.5	6.0	1.8	6.8
21.	4.72	2.57	5.86	3.03	13.0	6.2	9.9	6.5	7.9	6.5	3.1	6.7
22.	3.84	4.32	3.22	2.55	13.9	6.0	7.3	6.5	7.3	6.2	2.7	7.1
23.	4.06	3.66	4.49	3.29	7.3	6.3	5.0	6.5	5.7	6.5	2.6	7.2
24.	3.34	4.29	4.75	2.80	6.9	6.3	5.2	6.0	8.2	6.0	2.8	6.5
25.	3.30	3.73	4.04	2.79	5.0	6.1	3.9	6.0	4.2	6.0	1.8	6.1
26.	3.48	3.15	1.55	1.79	8.0	5.7	6.7	5.5	12.3	5.2	3.9	6.0
27.	3.00	4.55	2.93	1.34	5.5	5.9	5.1	6.0	7.5	5.0	2.2	6.3
28.	3.27	3.36	4.36	1.95	5.4	6.2	4.3	6.0	4.9	5.5	1.7	6.5
29.	3.27	2.59	4.41	1.58	6.1	6.6	5.2	6.5	6.4	7.0	3.3	7.6
30.	2.74	4.22	4.34	2.28	7.6	8.0	7.0	7.5	9.5	7.6	3.8	8.3
31.	2.88	4.87	4.94	2.22	7.8	7.6	6.4	7.5	8.6	7.5	3.1	7.8

mouth, Tynemouth und Aberdeen bestimmt. Aus einer hier nicht wiedergegebenen graphischen Darstellung geht indessen ihre völlige Einflußlosigkeit klar hervor, weswegen auch die Untersuchung ihrer Wirkung nur auf den Zeitabschnitt von 1932 beschränkt wurde; aus demselben Grunde findet sie auch weiter unten keine Erwähnung mehr. Nach dem von Gutenberg eingeführten Verfahren wurden

die Quadrate der einzelnen Seegangsdaten B gebildet, wobei die B Tagesmittelwerte aus den Beobachtungen zu den Terminen um 7^h und 18^h Gr. Z. darstellen. Ferner wurden wie üblich bei Berechnung der Brandungswirkung die verschiedenen Entfernungen durch Einführung von Entfernungsfaktoren berücksichtigt. Den Werten B^2 wurden die Gewichte 1 bzw. 2, 3, 4 oder 5 zugeteilt, je nachdem die Entfernung > 2000 km bzw. 1500 bis 2000 km, 1000 bis 1500 km, 500 bis 1000 km oder < 500 km war. Dabei wurden einfachheitshalber die für Hamburg gültigen Entfernungsfaktoren auch auf die anderen seismischen Stationen bezogen, da es sich erwies, daß die dabei teilweise begangenen geringen Ungenauigkeiten vernachlässigt werden konnten, ohne daß die Korrelationswerte dabei merklich beeinflusst wurden.

II. Schon ein flüchtiger Blick auf die in den Tabellen 3, 4 und 5 zusammengefaßten Ergebnisse der Korrelationsrechnung läßt erkennen, daß die Enge des Zusammenhangs zwischen Brandung und Bodenunruhe in beiden Zeitabschnitten keineswegs gleich ist und daß die hohen Korrelationskoeffizienten bezüglich der norwegischen Brandung für den Januar/Februar 1932 im Januar 1930 nicht bestätigt werden. Es entsteht somit die Frage nach der Ursache der Erscheinung daß für einen 22tägigen Zeitraum von 1932 die Beziehung der norwegischen Brandung zur Bodenunruhe in Hamburg (0.85 ± 0.04 w. F.) und nicht nur zu dieser, sondern ebenso zu der in Potsdam (0.74 ± 0.07 w. F.), Straßburg (0.62 ± 0.09 w. F.) und Kew (0.47 ± 0.12 w. F.) sehr viel enger ist, als für den 31 tägigen Zeitraum gleicher Jahreszeit von 1930 (in derselben Reihenfolge: 0.52 ± 0.09 ; 0.44 ± 0.10 ; 0.15 ± 0.12 ; 0.08 ± 0.12). Man könnte vielleicht den Grund darin sehen, daß der Zeitabschnitt, über den sich die Untersuchung erstreckt, das eine Mal um fast ein Drittel länger ist als das andere Mal. Doch läßt es sich leicht zeigen, daß die Ungleichmäßigkeit der beiden Zeitabschnitte in der Güte der genannten Korrelationen damit nicht erklärt werden kann; denn für einen besonders günstig scheinenden kürzeren Abschnitt vom 1. bis 13. Januar 1930 betrug der Korrelationsfaktor auch nicht mehr als 0.58 ± 0.13 für Hamburg und 0.68 ± 0.11 für Potsdam. In beiden Fällen handelt es sich dabei um die Bodenunruhe gleicher Art. Die Perioden liegen zwischen 4 und 10 Sekunden und zeigen mit wachsender Amplitude Tendenz zum Zunehmen. Ganz offensichtlich haben wir nach einer anderen Erklärung zu suchen.

Die Annahme, daß das gegenseitige Stärkeverhältnis der Brandung (B_1) Norwegen, (B_2) Biskaya, (B_3) Schottland-Irland für die ungleichen Korrelationen in den beiden Zeitabschnitten in gewissem Grade verantwortlich zu machen ist, scheint sich eher begründen zu lassen. Es ist durchaus vorstellbar, daß bei starker Brandung B_2 oder B_3 die Korrelationen zu B_1 schlechter sind als im Falle schwacher Brandung B_2 und B_3 . Mendel⁹⁾ stellt fest, daß ein Einfluß der Brandung im Golf von Biskaya und an der westfranzösischen Küste dann spürbar wurde, wenn die Brandung an der norwegischen Küste zurücktrat. Diesem Umstande würde es auch entsprechen, daß bei starker Brandung im Golf von Biskaya oder an der schottisch-irischen Küste der Einfluß der norwegischen Brandung geschwächt wird.

Als Maß für die Intensität der Brandung kann der Ausdruck $\Sigma B^2/n$, das Mittel der Quadrate der Brandungswerte, gelten. Für die Enge des Zusammenhangs zwischen Brandung und Bodenunruhe scheint uns jedoch noch mehr als

Tabelle 3

20. 1. bis 10. 2. 1932	$\Sigma b^2/n$	$\Sigma B^2/n$	Hamburg (A_H)	Potsdam (A_H)	Stutt- gart (A_H)	Tannus- Obs. (A_N)	Straß- burg (A_H)	Kew (A_N)
(Norwegen) B_1^2 . . .	25 (2.7)	13 (2.6)	{ 0.85* ± 04	{ 0.74** ± 07	0.78 ± 06	0.78 ± 06	0.62 ± 09	0.47 ± 12 w. F.
(Biskaya) B_2^2 . . .	9 (1)	5 (1)	{ 0.32 ± 13	{ 0.29 ± 14	0.32 ± 13	0.29 ± 14	0.37 ± 13	0.29 ± 14 w. F.
(Schottl.-Irl.) B_3^2 . . .	20 (2.2)	7 (1.4)	{ 0.08* ± 14	{ 0.13 ± 15	0.14 ± 15	0.18 ± 15	0.21 ± 14	0.37 ± 13 w. F.

Tabelle 4

1. bis 31. 1. 1930	$\Sigma b^2/n$	$\Sigma B^2/n$	Hamburg (A_H)	Potsdam (A_H)	Straßburg (A_H)	Kew (A_N)
B_1^2	23 (1)	16 (1)	{ 0.52*** ± 09	{ 0.44† ± 10	0.15 ± 12	0.08 ± 12 w. F.
B_2^2	65 (2,8)	16 (1)	{ 0.27 ± 11	{ 0.28 ± 11	0.45†† ± 10	0.33 ± 11 w. F.
B_3^2	90 (4.0)	20 (1.2)	{ 0.29 ± 12	{ 0.29 ± 11	0.18 ± 12	0.41 ± 10 w. F.

Tabelle 5

	20. 1. bis 10. 2. 1932	Hamburg (A_H)	Potsdam (A_H)
(Jütl.-pommerisch-memell. Küste) B_4^2 {	0.56*)	0.44	
	± 10	± 12 w. F.	
	1. 1. .. 31. 1. 1930	0.29	0.29
	± 11	± 11 w. F.	

$\Sigma b^2/n$: Maß für die Stärke der Schwankung der Brandung.

$\Sigma B^2/n$: Maß für die Intensität der Brandung.

A_H : Amplitude der Horizontalkomponente der Bodenbewegung.

A_N : Amplitude der N—S-Komponente der Bodenbewegung.

die Intensität die Stärke der Schwankungen der Brandung verantwortlich und daher besonders geeignet für einen Vergleich mit den Korrelationswerten zu sein. Als Maß für die Stärke der Schwankungen führen wir die mittlere quadratische Variabilität $\Sigma b^2/n$ ein. Hierbei bedeutet b die Abweichung der Einzelwerte vom Mittel der Brandungswirkung B^2 . $\Sigma b^2/n$ ist also nichts anderes als das Mittel

*) nach E. Tams.

**) nach K. Jung.

***) 0.58 für den kürzeren Zeitabschnitt vom 1. bis 13. Januar 1930.

†) 0.68 für den kürzeren Zeitabschnitt vom 1. bis 13. Januar 1930.

††) 0.56 für den kürzeren Zeitabschnitt vom 1. bis 15. Januar 1930.

der Quadrate dieser Abweichungen. Die $\Sigma B^2/n$ und die $\Sigma b^2/n$ haben für die vorliegenden Zeitintervalle einen angenähert gleichen Gang, wie die beiden ersten Kolonnen der Tabelle 3 und 4 zeigen. In Klammern stehen hier die entsprechenden Relativwerte, bezogen auf den jeweilig kleinsten Wert. Offensichtlich besteht ein Zusammenhang zwischen den Brandungsgrößen $\Sigma b^2/n$ sowie $\Sigma B^2/n$ und der Enge der Korrelationen. Im Januar/Februar 1932 sind die Korrelationskoeffizienten bezüglich der norwegischen Brandung besonders groß, und gleichzeitig übertrifft die norwegische Brandung an Intensität und Stärke der Schwankung die beiden anderen Brandungsgruppen, die Biskaya-Brandung sogar um gut das $2\frac{1}{2}$ fache (Tabelle 3). Im Januar 1930, zur Zeit lockereren Zusammenhangs zwischen norwegischer Brandung und Bodenunruhe, sind dagegen die norwegischen Brandungsgrößen verglichen mit denen der beiden anderen Brandungsgruppen klein. So ist zumal in $\Sigma b^2/n$ B_2 2.8mal und B_3 sogar 4mal größer als B_1 (Tabelle 4). Jedenfalls scheint nach den vorliegenden Daten das gegenseitige Stärkeverhältnis der Brandungen von ganz anderer Bedeutung zu sein als etwa ihre absolute Höhe. So ist 1930 die Stärke der norwegischen Brandung größer als 1932 und die Schwankungen halten sich ungefähr die Waage, trotzdem sind die Korrelationen zwischen norwegischer Brandung und Bodenunruhe 1932 enger.

Dieser Zusammenhang zwischen den genannten Brandungsgrößen und der Enge der Korrelationen tritt bezüglich B_2 und B_3 nicht in dem Maße in Erscheinung wie für B_1 ; denn mit dem Anwachsen der Werte von $\Sigma b^2/n$ und $\Sigma B^2/n$ in Tabelle 4 für B_2 und B_3 hält das Zunehmen der zugehörigen Korrelationskoeffizienten nicht Schritt. Zwar sind 1930 (Tabelle 4) für B_2 die Korrelationswerte von Kew (0.33) und Straßburg (0.45), für B_3 die von Kew (0.41), Hamburg (0.29) und Potsdam (0.29) mit dem Anwachsen der zugehörigen Brandungsgrößen im Vergleich zu den entsprechenden Werten von 1932 (Tabelle 3) gestiegen, aber bis auf die Werte von Hamburg (0.29) und Potsdam (0.29) für B_3 liegen die Beträge des Anwachsens noch unterhalb der Fehlergrenze; und die drei übrigen Werte, Hamburg (0.27) und Potsdam (0.28) für B_2 sowie Straßburg (0.18) für B_3 , sind sogar trotz des Anwachsens der zugehörigen Brandungsgrößen um ein Geringes gesunken. Wir sehen also, daß der Wechsel in der Güte der schon an sich nur geringen Korrelationen bezüglich der Biskaya und Schottland-Irlands von einem Zeitraum zum anderen eine kaum befriedigende Erklärung im gegenseitigen Stärke- und Schwankungsverhältnis der Brandungen findet. Ferner tritt hervor, daß zwar die Enge der Beziehung zwischen norwegischer Brandung und der Bodenunruhe in Hamburg und Potsdam wesentlich herabgesetzt wird, wenn die Brandung an der schottisch-irischen Küste und im Golf von Biskaya die norwegische Brandung an Stärke bzw. an Größe der Schwankung übersteigt oder ihr doch gleichkommt, daß sich aber trotzdem der Einfluß der norwegischen Brandung als ganz besonders stark erweist und sich auch noch durchsetzt, wo die Brandungen und vor allem ihre Schwankungen in der Biskaya und an der schottisch-irischen Küste die Brandungsgrößen Norwegens zum Teil selbst um ein Mehrfaches übertreffen. Auch dann noch gehören 1930 unter allen Beziehungen der Tabelle 4 diejenigen der norwegischen

Brandung zu Hamburg und Potsdam zu den engsten. Daneben ist, nach den Korrelationen zu urteilen (Tabelle 3 und 4), der Einfluß der Brandung in der Biskaya und erst recht an der schottisch-irischen Küste schwach, zum Teil vielleicht überhaupt nicht vorhanden. 1980 übertreffen die schottisch-irischen Brandungsschwankungen die norwegischen um das Vierfache; trotzdem erreicht aber der zu B_3 gehörige größte Korrelationskoeffizient nicht mehr als 0.41 (Kew). Ebenso übertreffen die Schwankungen der Brandung in der Biskaya die norwegischen um das 2.8fache, und der größte zugehörige Korrelationskoeffizient erreicht auch nur eine Höhe von 0.45 (Straßburg).

Die Enge der Korrelationen im allgemeinen kann also, wie man sieht, nicht ausschließlich durch die von uns eingeführten Brandungsgrößen und ihr gegenseitiges Verhältnis erklärt werden; denn sonst dürfte die norwegische Brandung unter den beiden anderen Brandungsgruppen keine so ausgesprochene Sonderstellung einnehmen. Die Brandungen müßten sich vielmehr ihren Schwankungen und ihrer Intensität entsprechend durchsetzen und die zugehörigen Korrelationskoeffizienten eine dementsprechende Größe annehmen. Es müssen also noch andere Ursachen vorliegen, von der die Enge der Korrelationen anhängig ist. Neben der Möglichkeit, das starke Hervortreten der norwegischen Brandung damit zu erklären, daß Gestaltung und Lage der norwegischen Steilküste besonders geeignet für das Auffangen der Brandungsenergie ist, um dieser hinsichtlich der Bodenunruhe auch eine besondere Durchschlagskraft zu geben, sind es vor allem die von Schwinner gegebenen Gedankengänge, in denen eine Erklärung für die Sonderstellung der norwegischen Brandung zu suchen wäre. Es könnte demnach das Grundgebirge sein, das je nach seinem Verlauf die Übertragung der Bodenunruhe hemmt oder fördert.

III. Auf Grund der Arbeiten von Gutenberg¹⁰⁾ und Tams¹⁾ hat Schwinner³⁾, insbesondere geologischen Erwägungen über den Verlauf des kaledonischen Gebirges nachgehend, eine Kartenskizze entworfen, auf der er die Gebiete bezeichnet hat, in denen bei Brandung an vier verschiedenen Küsten Europas stärkere Bodenunruhe zu erwarten ist. Nach dieser Übersicht liegen Hamburg und Potsdam in erster Linie im Einflußbereich der norwegischen Brandung, Straßburg und das Taunus-Obs. in demjenigen der Brandung im Golf von Biskaya. Stuttgart liegt gerade zwischen den beiden Gebieten, die vor allem durch die Brandung in der Biskaya und durch die Brandung an der Riviera und der Küste von Dalmatien erschüttert werden, während Kew jedenfalls außerhalb eines ausschlaggebenden Einflusses der norwegischen Brandung gelegen ist. Können wir auf Grund der in den Tabellen 3 und 4 zusammengefaßten Korrelationswerte eine Bestätigung der Vorstellung von Schwinner finden?

Ein engerer Zusammenhang zwischen Brandung und Bodenunruhe, der besondere Beachtung erfordert, liegt allein für die norwegische Brandung im Zeitraum vom Januar/Februar 1982 vor (Tabelle 3). Die hohen Korrelationen derselben zur Bodenunruhe in Hamburg (0.85) und Potsdam (0.74), die von E. Tams und K. Jung berechnet wurden, können wir für denselben Zeitabschnitt

auf Stuttgart (0.78) und das Taunus-Obs. (0.78) erweitern. Das steht im Widerspruch zur Skizze von Schwinner. Beide Stationen, sowohl Stuttgart als auch das Taunus-Obs., sollten zu dem von der Brandung in der Biskaya beherrschten Gebiet gehören, zeigen aber eindeutig einen Zusammenhang mit der norwegischen Brandung, der von wesentlich gleicher Enge ist wie bei Hamburg und Potsdam.

Im übrigen sind die Korrelationswerte (Tabelle 3 und 4) auch in den günstigeren Fällen nicht hoch genug, als daß man hier an die Brandung als alleinige Ursache glauben könnte. Immerhin erreichen sie doch mehrfach noch Beträge, die hinreichen, um eine Beziehung zur Brandung, sei sie nun direkt oder indirekt, in diesen Fällen nicht ausschließen zu müssen. Im Januar 1930 sind wieder unter allen Beziehungen zur norwegischen Brandung die von Hamburg (0.52) und Potsdam (0.44) die engsten und weisen damit, die Resultate von 1932 bestätigend, erneut auf die besonders hervortretende Wirksamkeit der norwegischen Brandung hin, die ja nach Tabelle 3 bis Frankfurt und Stuttgart hinabreicht.

In Straßburg dagegen scheint der Einfluß der norwegischen Brandung bereits nachzulassen, indessen entsprechend die Wirksamkeit der spanisch-französischen Küstenbrandung zuzunehmen; denn mit einem Korrelationskoeffizienten von 0.37 (Tabelle 3) steht die Brandung in der Biskaya zur Bodenunruhe von Straßburg in einem engeren Zusammenhang als zur Unruhe an den anderen Stationen. Mit einem Wert von je 0.32 folgen Hamburg und Stuttgart. Man könnte diese etwas engere Beziehung als Zufallserscheinung werten, da ja der Betrag, um den sich der Korrelationskoeffizient von Straßburg hervorhebt, unterhalb der Fehlergrenze liegt. Wir finden aber diesen engeren Zusammenhang 1930 bestätigt: hier erreicht der Korrelationskoeffizient für Straßburg mit 0.45 bezüglich der Biskaya wieder den höchsten Wert, wobei nun Kew mit 0.33 an zweiter Stelle steht; und jetzt liegt die Differenz zwischen dem Korrelationskoeffizienten für Straßburg und dem nächstgrößten bereits eben oberhalb der Fehlergrenze. Für einen kürzeren Zeitabschnitt (1. bis 15. Januar 1930) steigt der Korrelationskoeffizient für Straßburg sogar auf 0.56 ± 0.12 w. F. Diese Verhältnisse liegen ganz im Sinne der Schwingerschen Hypothese.

Als dritte etwas stärker hervortretende Beziehung kann schließlich noch der Zusammenhang zwischen der Bodenunruhe von Kew und der Brandung an der schottisch-irischen Küste erwähnt werden. In beiden Zeitabschnitten hat die Station Kew bezüglich der schottisch-irischen Brandung den höchsten Korrelationswert. Berücksichtigt man indessen die geringe Entfernung von Kew zur schottisch-irischen Westküste, so erscheinen diese Werte (1932: 0.37; 1930: 0.41) aber doch als auffallend gering. Auch im Vergleich zur norwegischen Brandung ist der Einfluß der schottisch-irischen auf die Unruhe in Kew sehr klein, denn im Zeitabschnitt von 1932 beträgt der Korrelationskoeffizient für die erstere 0.47, für die letztere nur 0.37, wobei freilich Intensität und Schwankung der norwegischen Brandung die der schottisch-irischen (Tabelle 3) merklich übertreffen. Im Jahre 1930 verschwindet der Einfluß der norwegischen Brandung (0.08) hier allerdings voll-

kommen; die schottisch-irische (0.41) ist aber auch in $\Sigma b^2/n$ viermal, in $\Sigma B^2/n$ zwar nur 1.2 mal größer als die norwegische.

Es muß noch erwähnt werden, daß wie 1932 so noch weniger 1930 eine engere Beziehung zwischen der Bodenunruhe in Hamburg und Potsdam einerseits und der Brandung an der jütländisch-pommerisch-memelländischen Küste andererseits nicht festzustellen ist und daß somit der Einfluß dieser Flachküstenbrandung wohl gewiß als nicht wesentlich angesehen werden kann. Der Korrelationskoeffizient betrug 1932 zwar für Hamburg nach E. Tams¹⁾ immerhin noch 0.56, für Potsdam berechnete ich aber schon nur 0.44 und 1930 für beide Orte gar nur 0.29 (Tabelle 5).

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß den Erwartungen Schwinnners — nach seiner Skizze über das Auftreten der Bodenunruhe — durch einen engen Zusammenhang von Bodenunruhe in Straßburg und Brandung in der Biskaya entsprochen wird. Ebenso kann der in beiden Zeitabschnitten festgestellte engere Zusammenhang von norwegischer Brandung und Bodenunruhe in Hamburg und Potsdam in dieser Richtung gedeutet werden. Dagegen finden die von Schwinner skizzierten Zusammenhänge in der engen Beziehung der Bodenunruhe von Stuttgart und dem Taunus-Obs. zur norwegischen Brandung keine Bestätigung, wie auch der Mangel an einer klareren Parallelität zwischen Bodenunruhe in Kew und Brandung an der schottisch-irischen Küste als negatives Argument aufzufassen sein dürfte. Für die Annahme eines unterirdischen Verlaufs des kaledonischen Gebirges in zwei Ästen war ein wesentlicher Grund die Einflußlosigkeit der schottisch-irischen Brandung auf die Bodenunruhe in Hamburg. Der für einen solchen Verlauf der Kaledoniden wenigstens 1932 im Vergleich mit der Beziehung zur schottisch-irischen Brandung relativ zu eng erscheinende Zusammenhang zwischen der Unruhe von Kew und der Brandung an der norwegischen Küste ist zum mindesten keine Stütze für die Unterbrechung dieses Gebirgszuges unter der Nordsee.

Es ist bemerkenswert, daß die Korrelationswerte von Hamburg (0.85), Potsdam (0.74), Stuttgart (0.78) und Taunus-Obs. (0.78) bezüglich der norwegischen Brandung alle fast gleich groß sind. Ebenso gehören die Korrelationskoeffizienten dieser vier Stationen hinsichtlich der anderen Brandungsgruppen ihrer Größe nach zusammen (Biskaya: 0.32, 0.29, 0.32, 0.29 und Schottland-Irland: 0.08, 0.13, 0.14, 0.18). Und auch im anderen Zeitabschnitt (Tabelle 4) wiederholt sich diese Gruppenbildung, nachweisbar allerdings nur bei den Werten für Hamburg und Potsdam, da die für Stuttgart und das Taunus-Obs. mangels geeigneter Unterlagen fehlen (Norwegen: 0.52, 0.44; Biskaya: 0.27, 0.28; Schottland-Irland: 0.29, 0.29).

Haben die Korrelationswerte dieser vier (bzw. zwei) Stationen für jede der drei Brandungsgruppen je gleiche Höhe, so ist daraus, auch ohne weitere Rechnung, der Schluß erlaubt, daß die Bodenunruhe dieser vier Stationen in engster gegenseitiger Korrelation zueinander steht. Für Hamburg und Potsdam hat K. Jung einen Korrelationswert von 0.92 ± 0.05 berechnet, dessen Höhe ungefähr auch für die anderen gegenseitigen Beziehungen erreicht werden dürfte. Die Unruhe

an diesen vier Stationen müßte demnach ein und denselben Ursprung haben. Insbesondere wäre zu erwägen, ob es sich hier nicht um die Eigenschwingungen eines durch den geologischen Aufbau bedingten zusammengehörigen Krustenkomplexes handelt, der an irgendeiner Stelle angeregt, überall gleichmäßig schwach oder stark schwingt.

Ein geologischer Zusammenhang zwischen den drei Steilküstengebieten und den Regionen, in denen ein der Brandung mehr oder weniger paralleler Gang der Unruhe beobachtet wurde, kann aber natürlich nur unter der Voraussetzung in Betracht gezogen werden, daß die Steilküstenbrandung wirklich die Ursache der seismischen Bodenunruhe ist. Solange das nicht feststeht, ist selbstverständlich auch jede Schlußfolgerung aus der Parallelität zwischen Brandung an der norwegischen Küste und Bodenunruhe in Hamburg und Potsdam über den Verlauf des kaledonischen Gebirges mit demselben Maße von Unsicherheit behaftet, wie die Brandungshypothese selbst. Dagegen sind die Schlüsse auf die geologisch-tektonischen Zusammenhänge, die sich wie bei den obenerwähnten Stationen allein aus dem gegenseitig parallelen Gang der Bodenunruhe ergeben, unabhängig von der Art des Erregers der Unruhe. Ob die Unruhe durch die Brandung oder durch einen anderen Vorgang verursacht wird, ist gleichgültig für den Schluß auf das Bestehen eines solchen Zusammenhanges. Dies ist besonders deswegen hervorzuheben, weil damit der von Schwinner eingeschlagene Weg, aus der Verbreitung der Bodenunruhe auf den Verlauf des Grundgebirges zu schließen, nicht notwendig an eine bestimmte Hypothese über die Ursache der Bodenunruhe gebunden ist.

IV. Die Untersuchung einiger oben behandelte Fragen, wie etwa die nach der Ursache verschieden enger Korrelationen in verschiedenen Zeitabschnitten, und ebenso die Betrachtung der Korrelationen unter dem Gesichtspunkt geologischer Zusammenhänge im Schwinner'schen Sinne, erforderte zunächst einmal die Annahme, daß die Steilküstenbrandung ausschlaggebende Ursache der Bodenunruhe sei. Das enthebt uns nicht der Notwendigkeit, die Frage nach der Wahrscheinlichkeit der Brandungshypothese zu stellen.

Die enge Parallelität zwischen norwegischer Brandung und Bodenunruhe einiger Stationen im Januar/Februar 1932 scheint, wie bereits eingangs erwähnt, die Brandungshypothese aufs neue zu belegen. Bedenkt man noch, daß die Angaben für den Seegang nur geschätzte Größen sind, daß ferner die Beobachtungsreihen durch Lücken in den Wetterberichten nicht vollständig sind, so gewinnen die zwischen 0.85 und 0.74 liegenden Korrelationskoeffizienten weiter an Gewicht. Eine besonders hervorzuhebende Stütze für die Brandungshypothese sind aber die Ergebnisse der von Tams²⁾ durchgeführten Mehrfachkorrelation, nach denen die Brandung an den nähergelegenen südlicheren Küstengebieten Norwegens auf die Unruhe in Hamburg von entschieden stärkerer Wirkung ist als an den entfernteren nördlicheren Küstenstrichen.

Dem stehen nun aber die sehr viel schlechteren Korrelationskoeffizienten für den Januar 1930 gegenüber. Für diesen Zeitabschnitt läßt sich die Unruhe in Hamburg — und dasselbe gilt für Potsdam — jedenfalls nicht allein auf die

norwegische Brandung zurückführen, da hier der Korrelationskoeffizient nur 0.52 — und 0.44 für Potsdam — beträgt. Das gleiche trifft erst recht für die Wirkung der Brandung in der Biskaya, an der schottisch-irischen sowie an der jütländisch-pommerisch-memelländischen Küste auf die Bodenunruhe in Hamburg und Potsdam (Tabelle 4 und 5) zu. Damit dürfte aber die Brandung schlechthin als *alleinige* Ursache der Bodenunruhe an den herangezogenen vier deutschen Stationen und vielmehr noch an den beiden Stationen Straßburg und Kew nicht in Frage kommen.

In diesem Zusammenhange sei auf die neben der Brandungshypothese bestehenden Hypothesen der Bodenunruhe hingewiesen. Banerji¹¹⁾ sieht die durch die Wellenbewegung auf hoher See entstehenden Druckschwankungen als Ursache der Unruhe an. Die Druckschwankungen übertragen sich auf den Meeresboden und sollen sich als Bodenunruhe weiter fortpflanzen. Diese Hypothese stützt sich in erster Linie auf die von mehreren Autoren — neben Banerji sind es Whipple¹²⁾ und Repetti¹³⁾ — gemachte Beobachtung, daß die Bodenunruhe ihr Maximum erreicht, lange bevor die aufziehende Zyklone bis zur Küste gelangt ist, und die Brandung infolgedessen noch nicht bis zu ihrem Höhepunkt vorgeschritten sein kann. Die Zeitdifferenzen zwischen dem Eintritt des Maximums der Bodenbewegung und dem Höhepunkt der Brandung, der eintrat, wenn die Zyklone die Küste erreichte, lagen zwischen 8 und 9 Stunden. Diese Beobachtung widerspricht der Brandungshypothese.

Gherzi^{14, 15)} ist der Ansicht, daß die Bodenbewegung von 4 bis 8 Sekunden auf eine unmittelbare Wirkung der atmosphärischen Druckschwankungen zurückzuführen ist, und bringt erstere mit Lage und Zugrichtung der Zyklone in Zusammenhang, indem er gleichzeitig darauf hinweist, daß ein Tiefdruckgebiet denselben Effekt hervorrufe, einerlei ob es sich über dem Ozean oder dem Kontinent befinde. Wie Gherzi stellt auch Matuzawa¹⁷⁾, der sehr ähnlich wie jener die Bodenunruhe mit ganz bestimmter Zyklonenlage in Verbindung bringt, jeden Seegangseinfluß in Abrede. Dieser Hypothese nachgehend untersucht Bradford¹⁶⁾ den Zusammenhang zwischen atmosphärischer Druckschwankung über der Bering-See und der Unruhe in Sitka (Alaska) und errechnet eine Korrelation von 0.80, während die Korrelation zwischen Unruhe und der Brandung an der nordwestlichen kanadischen Küste nur 0.27 beträgt. Ferner findet er, daß beim Anzuge eines Tiefs über den Atlantischen Ozean aus südöstlicher Richtung der Gang der Unruhe in St. Louis fast genau parallel zum Gang der Barometerkurve in Washington steht, wobei die Entfernung dieser beiden Orte voneinander über 1000 km beträgt. Die Unruhe hatte ihr Maximum erst dann erreicht, als die Zyklone die Küste von Karolina schon lange überschritten hatte und über dem Festlande lag. Es kann also nicht recht möglich sein, hier den Seegang auf offenem Meer als direkte Ursache der Bodenunruhe anzusehen. Diese Beobachtung steht also wieder im Gegensatz zur Hypothese von Banerji.

Wenn auch gegen die mehr qualitativen Betrachtungen von Gherzi, der unter anderem behauptet, daß bei Annäherung einer Zyklone an die Küste die

Bodenbewegung ihren regelmäßigen Charakter immer mehr verliere, Einwände erhoben werden, so z. B. von Kohlbach¹⁸⁾, der eine dieser Behauptung entgegengesetzte Beobachtung gemacht hat, so sind diese Einwände aber doch mehr

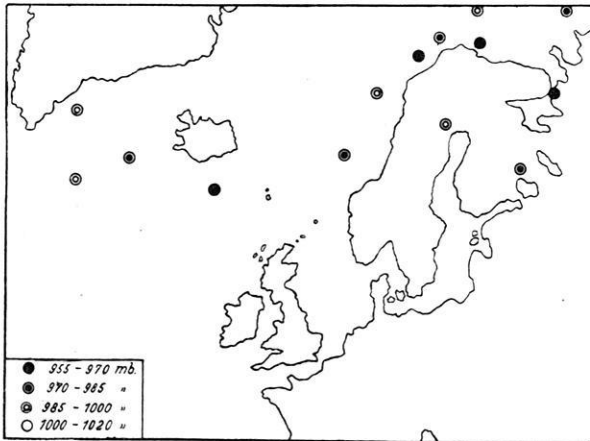


Fig. 1. Lage der Zyklonen bei maximaler seismischer Bodenunruhe in Hamburg während der beiden Zeitabschnitte vom 1. I. bis 31. I. 1930 und 20. I. bis 10. II. 1932

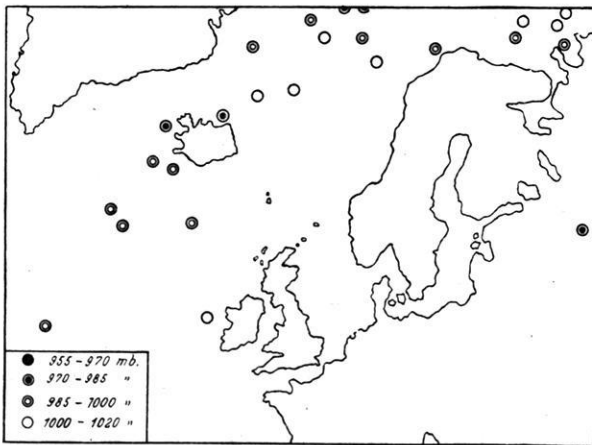


Fig. 2. Lage der Zyklonen bei minimaler seismischer Bodenunruhe in Hamburg während der beiden Zeitabschnitte vom 1. I. bis 31. I. 1930 und 20. I. bis 10. II. 1932

sekundärer Natur. Unter den drei Hypothesen scheint demnach die von Gherzi auf die geringsten Widersprüche zu stoßen.

Dieser kurze Querschnitt durch die Literatur über das Problem der Bodenunruhe zeigt, daß sich für alle drei Hypothesen — Steilküstenbrandung, Seegang auf offenem Meer und Zyklonenlage als direkte Ursache der Bodenunruhe — aus

einer Anzahl von Beobachtungen sowohl stützende Argumente als auch Gegenargumente aufstellen lassen, und wie verwickelt das Problem ist. Möglich ist natürlich auch der allgemeinste Fall, daß alle drei als Ursache der Bodenunruhe angesehenen Faktoren nebeneinander wirksam sind. Sicher wird man aber in Übereinstimmung mit allen drei Hypothesen behaupten können, daß die Bodenunruhe zum mindesten indirekt von Lage, Zugrichtung und Tiefe der Zyklonen abhängig ist.

Ohne noch näher auf die beiden neben der Brandungshypothese bestehenden Erklärungsversuche einzugehen, soll in Fig. 1 und 2 das Bild der Zyklonenlage im Laufe beider Beobachtungszeiten festgehalten werden. Während Fig. 1 die Lage der Zyklonen zu Zeiten maximaler Bodenunruhe in Hamburg wiedergibt, sind in Fig. 2 die Zyklonen zur Zeit minimaler Unruhe in Hamburg verzeichnet. Die Figuren geben also die atmosphärischen Zustände an der norwegischen Küste als demjenigen Gebiet wieder, von dem aus die Ursache der Bodenunruhe (in Hamburg) am stärksten wirksam ist, wie die guten Korrelationen zwischen norwegischer Brandung und Bodenunruhe in Hamburg zeigen. Unter maximaler Bodenunruhe sind alle über dem Gesamtdurchschnitt liegenden Maxima der Tagesmittel beider Zeiträume verstanden, unter minimaler Bodenunruhe entsprechend aller unter dem Durchschnitt liegenden Minima. Die Darstellung läßt durchaus Unterschiede zwischen beiden nach obigem Gesichtspunkt entworfenen Figuren erkennen. An Tagen starker Bodenunruhe (Fig. 1) in Hamburg — ebenso in Potsdam und zumindest im Zeitabschnitt von 1932 auch in Stuttgart und am Taunus-Obs. — sind die Zyklonen nicht nur sehr viel näher an der norwegischen Küste gelegen, sondern auch von bedeutenderer Tiefe als an Tagen schwacher Unruhe (Fig. 2) an den genannten Orten. Während im ersten Fall neun Zyklonen mit einem Druck kleiner als 985 mb und vier mit einem Druck kleiner als 970 mb im Gebiet des hier als wesentlich wiedergegebenen Teils der Wetterkarte festgestellt werden konnten, gibt es im zweiten Fall nur vier Zyklonen unterhalb 985 mb und keine unter 970 mb. Selbstverständlich läßt sich auf Grund einer solchen Darstellung nicht ersehen, ob Steilküstenbrandung, Seegang auf offenem Meer oder unmittelbare Zyklonenwirkung Ursache der Unruhe ist. Alle drei Faktoren sind eng miteinander verbunden, so daß Tagesmittel ein zu grobes und zeitlich zu wenig dichtes Material sein dürften, um die primäre Ursache der zeitlich stark variablen Bodenunruhe von deren sekundären Begleiterscheinungen trennen zu können. Da aber Luftdruckradient und Seegang als Ursache und Wirkung nicht gleichzeitig ihren Höchstwert erreichen können, indem der Seegang doch ein Vorgang von gewisser Trägheit ist, so müßte die Untersuchung eines zeitlich dichteren Materials, etwa die Korrelierung von zwei Stunden oder gar Stundenmitteln nicht aussichtslos für die Lösung der Frage sein, wie weit Brandung oder Seegang auf offenem Meer oder Luftdruckschwankung als unmittelbare Ursache der Bodenunruhe in Frage kommen, was natürlich zur Voraussetzung hätte, daß auch über Brandung usw. entsprechend eng liegende Daten verfügbar sind.

Zum Schluß möchte ich noch Herrn Prof. Tams für die in ständigem Gedankenaustausch erhaltenen Anregungen danken, desgleichen der Deutschen Forschungsgemeinschaft, durch deren Unterstützung diese Arbeit ermöglicht worden ist.

Literatur

- ¹⁾ E. Tams: Einige Korrelationen zwischen seismischer Bodenunruhe in Hamburg und der Brandung in West- und Nordeuropa. *Zeitschr. f. Geophys.* **9**, 23 (1933).
- ²⁾ E. Tams: Einige Korrelationen zwischen seismischer Bodenunruhe in Hamburg und der Brandung in West- und Nordeuropa. II. *Zeitschr. f. Geophys.* **9**, 295 (1933).
- ³⁾ R. Schwinner: Mikroseismische Bodenunruhe und Gebirgsbau (im westlichen Europa). *Zeitschr. f. Geophys.* **9**, 332 (1933).
- ⁴⁾ K. Jung: Über mikroseismische Bodenunruhe und Brandung. *Zeitschr. f. Geophys.* **10**, 325 (1934).
- ⁵⁾ K. Jung: Mikroseismische Bodenunruhe und Brandung. *Forschung und Fortschritte*, 10. Jahrg., Nr. 35/36, Dez. 1934. S. 437.
- ⁶⁾ A. W. Lee: A World-wide Survey of Microseismic Disturbances Meteorological office, *Geophys. Memoirs* Nr. 62, London 1934.
- ⁷⁾ Straßbourg: *Annuaire de L'Institut de Physique du Globe; Séismologie*. 1930 und 1932.
- ⁸⁾ Richmond (Kew Observatory): *The Observatories' Year Book 1930 u. 1932*.
- ⁹⁾ H. Mendel: Die seismische Bodenunruhe in Hamburg und ihr Zusammenhang mit der Brandung. *Zeitschr. f. Geophys.* **6**, 32 (1930).
- ¹⁰⁾ B. Gutenberg: Die seismische Bodenunruhe. *Handb. d. Geophysik* IV, S. 293, Berlin 1932.
- ¹¹⁾ S. K. Banerji: Microseisms Associated with Disturbed Weather in the Indian Seas. *Phil. Trans. Roy. Soc. London* 1930, S. 229 u. 287.
- ¹²⁾ F. J. W. Whipple: Notes on Mr. A. W. Lee's Investigation. *Publications du Bureau Central, Union Géodésique et Géophysique Internationale, Association de Séismologie*, Ser. A, Nr. 10 (1934).
- ¹³⁾ W. C. Repetti: Preliminary Investigation of Microseisms in Manila. *Gerlands Beitr. z. Geophys.* **40**, 268 (1933).
- ¹⁴⁾ E. Gherzi: Le problème des microséismes à groupes. *Zeitschr. f. Geophys.* **4**, 147 (1928).
- ¹⁵⁾ E. Gherzi: Microseisms Associated with Storms. *Gerlands Beitr. z. Geophys.* **25**, 145 (1930).
- ¹⁶⁾ D. C. Bradford: On a Study of Microseisms recorded at Sitka, Alaska, during the Period from January 1, 1929, to December 31, 1931, inclusive. *Bull. of the Seism. Soc. of America*, Vol. 25, Nr. 4 (1935).
- ¹⁷⁾ T. Matuzawa: On the Occurrence of Pulsatory Motions in the Earth's Crust. *Journal of the Faculty of Science, University of Tokyo, Sect. II, Vol. II, Part 5*, 1927.
- ¹⁸⁾ W. Kohlbach: Untersuchungen über die mikroseismische Bodenunruhe in Gr. Raum. *Mitteilungen der geophys. Warte Gr. Raum der Albertus-Universität Königsberg i. Pr.*, Nr. 12, 1931.

Hamburg, Hauptstation für Erdbebenforschung.