

Werk

Jahr: 1933

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 GEOGR PHYS 203:9

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0009

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0009

LOG Id: LOG_0010

LOG Titel: Einige Korrelationen zwischen seismischer Bodenunruhe in Hamburg und der Brandung in West- und Nordeuropa

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

Einige Korrelationen zwischen seismischer Bodenunruhe in Hamburg und der Brandung in West- und Nordeuropa

Von E. Tams, Hamburg — (Mit 2 Abbildungen)

Es werden für einen 22tägigen Zeitabschnitt starker Schwankungen der seismischen Bodenunruhe (Januar—Februar 1932) Korrelationen zwischen der Bodenunruhe in Hamburg und der Brandung an der schottisch-irischen Westküste, der norwegischen Küste sowie der jütischen Küste und der deutschen Ostseeküste berechnet. Von ausschlaggebender Bedeutung erweist sich allein die Brandung an der norwegischen Küste. Die Beziehung zu derselben stellt sich unter Verwendung von Tagesmitteln wie auch lediglich der Einzelbeobachtungen um 7^h und 18^h Gr. Z. als ähnlich eng (Korrelationskoeffizient ≥ 0.8) dar, wie sie bereits früher für verschiedene Jahre auf Grund von Dekadenmittelwerten gefunden war. Eine Berücksichtigung der Windrichtung verbessert die Korrelation noch etwas. Der Zusammenhang mit der Vertikalkomponente der Bodenunruhe ist nur um ein Weniges geringer ausgeprägt als derjenige mit der Horizontalkomponente. Schließlich wird die Geeignetheit der gewählten zahlenmäßigen Charakterisierung der Bodenunruhe geprüft und noch gezeigt, daß schon aus den hier vorliegenden nicht sehr zahlreichen Messungen das Gesetz des Wachsens der Amplitude mit der Periode deutlich hervorgeht.

In einer von mir veranlaßten Untersuchung über den Zusammenhang der seismischen Bodenunruhe in Hamburg mit der Brandung behandelt H. Mendel*) insbesondere die Beziehungen zur Brandung an der norwegischen Küste und zeigt unter anderem, daß auf Grund von Dekadenmittelwerten der Bodenunruhe bzw. der Brandung um 7^h Gr. Z. im Gesamtdurchschnitt von 5 Jahren die außerordentlich hohe Korrelation von 0.96 ± 0.009 w. F. besteht. Für die einzelnen Jahre liegt der Wert des Korrelationskoeffizienten zwischen 0.79 ± 0.042 und 0.92 ± 0.017 w. F. Zweifellos wird nun durch die mit der Mittelbildung verbundene Ausglättung der benutzten Daten, sofern eine gegenseitige Beziehung überhaupt vorhanden ist, eine engere Korrelation erzielt, als den einzelnen Tageswerten für sich genommen entspricht, wie dies ja auch dem Wesen nach durch die obigen Zahlen belegt wird. Ich habe deshalb einmal für einen begrenzten Zeitraum von 22 Tagen mit besonders starken Schwankungen der Bodenunruhe (20. Januar bis 10. Februar 1932) die Korrelation zwischen den Tageswerten ermittelt und dabei neben der norwegischen Brandung auch die Brandung an der schottischen und irischen Westküste sowie an der jütischen Küste und der deutschen Ostseeküste in Betracht gezogen. Natürlich müssen die Einzelwerte beider Art dann hinreichend gesichert sein. Das trifft für die Brandung infolge neuerlicher Vermehrung der Beobachtungsstationen, namentlich auch an der norwegischen Küste, zu und ist für die Bodenunruhe auf dem Wege der Ausmessung zu erreichen.

*) Die seismische Bodenunruhe in Hamburg und ihr Zusammenhang mit der Brandung. [Dissertation, Hamburg 1929, und Zeitschr. f. Geophys. 6, 32ff. (1930).]

Leider fehlen aber gegenwärtig Seegangsangaben aus dem Meerbusen von Biskaya, so daß die Brandung dort nicht mit einbezogen werden konnte, obwohl sie nach Mendel gelegentlich auch für die Bodenunruhe in Hamburg von Bedeutung ist.

W. Kohlbach*) hat in einer eingehenden Arbeit über die mikroseismische Unruhe in Groß-Raum bei Königsberg bereits für diesen Ort ähnliche Rechnungen angestellt und für begrenzte Zeiträume speziell auch zwischen der Horizontal-komponente der dortigen Bodenunruhe und der Brandung an der norwegischen Küste durch Beziehung je zweier einzelner Tageswerte am Morgen und Abend auf einander zum Teil sehr gute Korrelationen gefunden, von denen sich eine für eine elftägige Periode im Januar 1925 sogar auf 0.899 ± 0.028 w. F. stellt. [In manchen Fällen, in denen offenbar noch Brandung an anderen Küsten zur Geltung kommt oder überhaupt ein anderer Charakter der Bodenunruhe vorliegt, wie des Näheren gezeigt wird, treten aber natürlich bei alleiniger Inbetrachtung der norwegischen Brandung auch nur geringe positive (< 0.5) und sogar negative Korrelationskoeffizienten auf.] Wird bei Bewertung der Brandung an der norwegischen Küste auch die Windrichtung berücksichtigt, so zeigt sich aber nach den durchgeführten Rechnungen auch in den Fällen, in welchen eben diese Brandung als wesentliche Ursache anzusprechen sein dürfte, kein einheitliches Bild, indem sich teilweise eine Erhöhung und teilweise auch eine Erniedrigung des Korrelationskoeffizienten ergibt. Doch scheint uns das Gewicht dieser Resultate dadurch etwas herabgesetzt zu sein, daß die Abenddaten über Wind und Seegang, wie man aus Angaben im Text und in den Tabellen schließen muß, nicht mit der Bodenunruhe zur Zeit des Beobachtungstermins um 19^h M. E. Z., sondern mit derjenigen um 20^h M. E. Z. in Beziehung gesetzt worden sind. Für einen allerdings nur 5 Tage umfassenden Zeitabschnitt fand sich aber sogar eine Korrelation von 0.962 ± 0.021 w. F. Im übrigen überlagert sich nach Kohlbach in Groß-Raum der Wirkung der Fernbrandung an der norwegischen Küste vielfach besonders diejenige der lokalen Brandung an der Küste des Samlandes, zu der sich auch oft recht hohe Korrelationen zeigen (in einigen Fällen mit gleichzeitig guter Korrelation von rund $\frac{3}{4}$ bis $\frac{9}{10}$ zur Brandung in Norwegen ebenfalls zwischen $\frac{3}{4}$ und $\frac{9}{10}$). Die Brandung am Samland macht aber in Übereinstimmung mit der sonstigen Erfahrung ihre lokale Bedeutung für Groß-Raum noch dahin geltend, daß die Unruhe ihr regelmäßiges Aussehen verliert, indem auch kürzerperiodische Wellen (< 4 sec) auftreten, und kann hier natürlich auch für sich allein Bodenunruhe erzeugen. (Als allgemeine Ursache aber möchte dieser Autor die Brandung nicht aufgefaßt wissen.)

Für Hamburg kommt eine eigentlich lokale Brandung nicht in Frage; und die Brandung an den nächstgelegenen Küsten der westlichen Ostsee sowie an der holländisch-deutschen Nordseeküste war durchweg wenig bedeutend. Bei Helder, Helgoland (von wo allerdings nur sehr lückenhafte Angaben vorliegen) und List

*) Untersuchungen über die mikroseismische Bodenunruhe in Groß-Raum. [Schriften d. Phys.-ökon. Ges. zu Königsberg i. Pr. 67, 2 (1931).]

(Sylt) war im Gesamtmittel an den einzelnen Tagen mit Ausnahme des 8., 9. und 10. Februar der Seegang nach der zehnteiligen Skale 0 bis 9 nicht stärker, meistens sogar deutlich schwächer als 2; und an den drei genannten Tagen wurde vom Mittel auch nur der Stärkegrad 2 bis 3 erreicht bzw. eben überschritten ($3\frac{1}{4}$). In den mehr oder weniger abgeschlossenen Teilen der westlichen Ostsee (Mecklenburger und Kieler Bucht, Fehmarn Belt) war die See, soweit beobachtet wurde, während der in Frage kommenden Tage des Januar im Tagesmittel der drei Stationen Warnemünde, Marienleuchte und Bülk immer nur mäßig oder leicht bewegt oder auch ganz ruhig (0 bis 3); und in der ersten Februardekade wird allein am 1., 9. und 10. im Mittel $3\frac{1}{2}$ bis 4^0 erreicht. Wie sich aber diese Anstiege des Seegangs deutlich auch in den mitberücksichtigten Daten von Arkona (Rügen) widerspiegeln, so sehen wir die eben skizzierte Zunahme der Brandung an der Nordseeküste in ähnlicher Weise auch durch eine Verstärkung des in unsere Berechnungen mit einbezogenen Seeganges in Hanstholm und Skagen an der jütischen Küste angezeigt.

Ebenfalls überschritt der örtliche Wind während der in Betracht kommenden Tage niemals die Stärke 5 der zwölfteiligen Beaufortskala und erreichte diesen Grad, bei dem es sich um noch nicht mehr als eine „frische Brise“ handelt, auch nur vorübergehend an vier Beobachtungsterminen. So handelt es sich also hier in dem gewählten Zeitabschnitt ganz wesentlich um Bodenunruhe mit fernliegender Ursache und zwar ihrer spezielleren Gattung nach um solche mit einem Periodenbereich von rund 4 bis 10 sec. Für Groß-Raum wird für die vergleichbare Unruhe als Bereich 4 bis 6 sec angegeben, und in Hamburg lagen die Perioden während des untersuchten Zeitraums zwischen 4 und 7 sec.

So verfolgten wir denn im einzelnen die Beziehungen zur Brandung westlich von Schottland (Butt of Lewis, Hebriden) und im Norden und Westen von Irland (Malin Head, Blacksod Point und Valentia), an der norwegischen Küste [auf Grund der Beobachtungen an den neun Stationen Vardö, Ingöy, Andenes, Röst (Nord-Norwegen und Lofoten), Nordöyan (Mittel-Norwegen), Ona, Krakenes, Utsira, Lista (Süd-Norwegen)], an der Küste Jütlands (Skagen und Hanstholm) und an der freigelegenen deutschen Ostseeküste (Memel, Rügenwaldermünde und Arkona). Zur allgemeinen Charakterisierung sei hinzugefügt, daß es sich auf den Hebriden und auf Irland zwar um gebirgiges Küstenland handelt, daß aber der Seegang hier nur zwei- bzw. einmal, und auch dann nur an einer einzigen Station, auf 5 bzw. 7^0 geschätzt wurde, sonst aber schwächer war und vielfach nur Stärke 1 bzw. 2, vereinzelt auch 0 aufwies. An der norwegischen Steilküste dagegen wurde etwa gleich häufig Stärke 4 bis 7 wie Stärke 2 bis 3 beobachtet; zweimal stieg der Seegang lokal auf 8^0 an und sank nur in wenigen Fällen bis auf 1^0 herab. An der jütischen Flachküste wurde vielfach Stärke 4 bis 6, sonst 2 bis 3, selten 0 bis 1 und an der ja ebenfalls gebirgsfreien deutschen Ostseeküste etwa gleich häufig Stärke 4 bis 7 bzw. 2 bis 3 bzw. 0 bis 1 festgestellt.

Nach dem üblichen, von Gutenberg eingeführten Verfahren bildeten wir die Quadrate B^2 der einzelnen Seegangswerte B und errechneten aus ihnen unter

Tabelle 1

Bodenunruhe in Hamburg und Brandungswerte in West- und Nord-
europa in der Zeit vom 20. Januar bis zum 10. Februar 1932

| Zeit | | Bodenunruhe | | | | Brandungswerte | | | | |
|-------|--------|-------------|---------|---------|---------|----------------|-------|--------|-------|-------|
| Tag | Stunde | T_H | A_H | T_Z | A_Z | I | II | | III | I-III |
| Jan. | Gr. Z. | sec | μ | sec | μ | B_1 | B_2 | B'_2 | B_3 | B |
| 20. | 7 | 5.2 | 9.5 | 4.8 | 1.8 | | 3.61 | 3.27 | | |
| | 18 | 6.5 | 6.0 | 5.2 | 1.5 | 1.63 | 3.21 | 2.48 | 2.44 | 2.85 |
| 21. | 7 | 5.4 | 5.7 | 5.3 | 1.5 | | 3.54 | 2.92 | | |
| | 18 | 5.9 | 8.8 | 4.7 | 1.9 | 2.55 | 4.36 | 3.19 | 1.85 | 3.04 |
| 22. | 7 | 5.6 | 8.5 | 4.3 | 1.6 | | 3.97 | 3.67 | | |
| | 18 | 5.9 | 6.5 | 5.1 | 1.6 | 2.58 | 3.30 | 2.92 | 2.00 | 2.87 |
| 23. | 7 | 5.8 | 6.2 | 4.5 | 1.3 | | 3.48 | 2.98 | | |
| | 18 | 5.6 | 7.5 | 5.1 | 1.5 | 4.05 | 2.74 | 2.08 | 1.91 | 2.87 |
| 24. | 7 | 5.7 | 6.6 | 4.5 | 0.9 | | 3.30 | 2.56 | | |
| | 18 | 5.7 | 7.2 | 4.7 | 1.3 | 3.79 | 3.30 | 2.61 | 1.79 | 2.82 |
| 25. | 7 | 6.5 | 12.4 | 4.6 | 1.6 | | 3.63 | 3.39 | | |
| | 18 | 6.5 | 14.2 | 4.8 | 2.2 | 1.95 | 4.15 | 3.86 | 2.26 | 3.05 |
| 26. | 7 | 5.9 | 25.7 | 5.7 | 4.2 | | 4.16 | 4.05 | | |
| | 18 | 6.4 | 27.4 | 5.8 | 4.8 | 3.46 | 3.85 | 3.38 | 2.93 | 3.53 |
| 27. | 7 | 5.6 | 17.7 | 4.4*) | 1.8*) | | 4.00 | 3.25 | | |
| | 18 | 5.9 | 13.0 | 5.3 | 2.1 | 3.40 | 4.05 | 3.46 | 4.77 | 4.20 |
| 28. | 7 | 5.6 | 11.2 | 4.9 | 1.9 | | 3.62 | 3.12 | | |
| | 18 | 6.2 | 9.2 | 5.5 | 2.2 | 3.51 | 4.10 | 3.47 | 5.15 | 4.37 |
| 29. | 7 | 6.3 | 20.6 | 6.1 | 2.7 | | 4.31 | 4.10 | | |
| | 18 | 6.6 | 37.2 | 6.0 | 7.4 | 2.83 | 4.90 | 4.55 | 4.97 | 4.53 |
| 30. | 7 | 6.8 | 37.4 | 5.5 | 6.0 | | 5.00 | 3.93 | | |
| | 18 | 6.7 | 30.7 | 6.8 | 4.7 | 2.04 | 4.95 | 4.03 | 5.07 | 4.60 |
| 31. | 7 | 6.1 | 11.0 | 4.9 | 1.6 | | 4.00 | 2.45 | | |
| | 18 | 5.2 | 6.1 | 4.4 | 1.1 | 1.32 | 3.87 | 3.40 | 2.67 | 2.98 |
| Febr. | 7 | 6.1 | 16.7 | —**) | —**) | | 4.98 | 3.45 | | |
| 1. | 18 | 6.8 | 16.7 | 6.0 | 2.4 | 1.83 | 4.43 | 3.92 | 5.76 | 4.84 |
| 2. | 7 | 5.7 | 5.5 | 4.5 | 1.3 | | 3.47 | 2.95 | | |
| | 18 | 5.8 | 4.1 | 4.4 | 0.9 | 1.46 | 3.28 | 2.55 | 2.29 | 2.80 |
| 3. | 7 | 6.0***) | 2.9***) | 4.1***) | 0.7***) | | 3.10 | 2.46 | | |
| | 18 | 5.7 | 5.7 | 4.2 | 0.7 | 1.66 | 3.00 | 2.63 | 2.92 | 2.89 |
| 4. | 7 | 6.2 | 9.8 | 5.3 | 1.8 | | 3.61 | 3.17 | | |
| | 18 | 5.8 | 6.8 | 4.9 | 1.0 | 0.87 | 3.15 | 2.17 | 2.62 | 2.86 |
| 5. | 7 | 6.1 | 5.0 | 4.6 | 1.2 | | 2.63 | 1.80 | | |
| | 18 | 5.5 | 3.9 | 4.9 | 0.6 | 2.71 | 2.88 | 2.32 | 3.43 | 3.07 |
| 6. | 7 | 5.6 | 4.7 | 4.0 | 1.0 | | 3.24 | 3.00 | | |
| | 18 | 5.5 | 4.1 | 4.5 | 1.7 | 2.37 | 2.32 | 1.80 | 1.82 | 2.39 |
| 7. | 7 | 5.6 | 3.3 | —**) | —**) | | 2.14 | 1.59 | | |
| | 18 | 5.8 | 3.5 | —**) | —**) | 2.29 | 2.24 | 1.70 | 2.45 | 2.32 |
| 8. | 7 | 6.1 | 6.3 | —**) | —**) | | 3.79 | 2.30 | | |
| | 18 | 5.7 | 5.4 | 4.8 | 0.9 | 2.00 | 3.13 | 1.48 | 4.24 | 3.62 |
| 9. | 7 | 5.9 | 2.9 | 4.3 | 0.4 | | 2.59 | 1.47 | | |
| | 18 | 4.8 | 2.9 | 4.1 | 0.6 | 2.55 | 2.55 | 1.36 | 3.48 | 3.12 |
| 10. | 7 | 5.9 | 4.2 | 4.2 | 1.0 | | 2.57 | 2.08 | | |
| | 18 | 6.6 | 11.5 | 4.7 | 1.3 | 3.85 | 3.16 | 2.57 | 3.74 | 3.43 |

*) Angaben beziehen sich auf 5h; vorher Störung.

***) Registrierung in der Z-Komponente gestört.

****) Angaben beziehen sich auf 6h; um 7h Beben.

gleichzeitiger Berücksichtigung geeigneter Entfernungsfaktoren zunächst die für Hamburg resultierende Gesamtbrandungswirkung zu jedem der 44 Beobachtungstermine um 7^h und 18^h Gr. Z.; und zwar wurde den Werten B^2 das Gewicht 1 bzw. 2, 3, 4 und 5 zuerteilt, je nachdem die Entfernung > 2000 km bzw. 1500 bis 2000 km, 1000 bis 1500 km, 500 bis 1000 km und < 500 km war. Dann faßten wir aus naheliegenden Gründen die Seegangdaten zu drei verschiedenen Gruppen zusammen, indem wir eine schottisch-irische (I, B_1^2), eine norwegische (II, B_2^2) und eine Flachküsten- (jütisch-pommersch-memelländische, III, B_3^2) Brandungsgruppe mit vier bzw. neun und fünf Stationen bildeten. Von diesen drei Gruppen beanspruchte im Einklang mit der bisherigen Erfahrung die norwegische Gruppe eine erhöhte Aufmerksamkeit und wurde daher in ihrer Beziehung zur seismischen Bodenunruhe in Hamburg noch weiter behandelt.

Die seismische Bodenunruhe setzten wir mit der Amplitude der Bodenbewegung in Rechnung, welche sich als Mittelwert zwischen der Amplitude je einer Maximalwelle innerhalb der den beiden Beobachtungsterminen vorangehenden und nachfolgenden 5 Minuten für die Horizontalkomponente ($A_H = \sqrt{A_N^2 + A_E^2}$) und für die Vertikalkomponente (A_Z) ergab. Um zu sehen, wie weit durch ein solches Verfahren die Bodenunruhe zu einem gegebenen Zeitpunkt für die in Betracht kommenden Zusammenhänge wirklich charakterisiert ist, ermittelten wir aber A_H unter sonst gleichen Bedingungen auch noch, indem wir die beiden zu berücksichtigenden Zeiträume auf je 15 Minuten vor und nach dem Beobachtungstermin ausdehnten. In der Tabelle 1 sind die Amplituden (A_H und A_Z) und Perioden ($T_H = \frac{1}{2}[T_N + T_E]$ und T_Z) der Bodenunruhe bei Inbetrachtung eines jeweiligen Gesamtzeitraumes von 10 Minuten sowie die zugehörigen Brandungswerte getrennt nach den drei Gruppen (B_1, B_2, B_3) und zusammengefaßt zu einer einzigen Resultante (B) aufgeführt. Neben B_2 findet sich außerdem noch ein besonderer unter Einbeziehung der Windrichtung abgeleiteter Wert B'_2 (siehe unten) angegeben. Die Korrelationen beziehen sich also auf die Quadrate der hier mitgeteilten B_1 -, B_2 - usw. Werte und die entsprechenden Amplituden. Bezüglich der letzteren sei vorweg hervorgehoben, daß A_H am 29. und 30. Januar bis auf abgerundet 30 bis 40 μ ansteigt und dann auch A_Z seine maximalen Beträge mit $4\frac{1}{2}$ bis $7\frac{1}{2}$ μ erreicht; die Periode lag dabei zwischen rund $5\frac{1}{2}$ und 7 sec.

Verknüpft man nun zunächst die resultierende Gesamtbrandung (B^2) mit den Tagesmitteln von A_H , so ergibt sich eine Korrelation mit dem Koeffizienten $h = 0.732 \pm 0.067$ w. F., der zwar nicht besonders hoch liegt, immerhin aber fast elfmal größer ist als sein wahrscheinlicher Fehler, so daß irgendein Zusammenhang vorhanden sein muß (Fig. 1). In der Tat verschleiert hier nur die Einbeziehung der jütisch-pommersch-memelländischen (III) und namentlich der schottisch-irischen Brandungsgruppe (I) das wahre Bild; denn die Korrelation zu jener Gruppe ergibt sich zu $h_3 = 0.563 \pm 0.098$ w. F. und diejenige zu dieser Gruppe gar nur zu $h_1 = 0.081 \pm 0.143$ w. F. Das heißt: Der Einfluß der Flachküsten-

brandung der Gruppe III tritt, obwohl zur Hauptsache in Entfernungen < 500 km stattfindend, ganz zurück; der Korrelationskoeffizient ist nur wenig größer als $\frac{1}{2}$ und nicht ganz sechsmal größer als sein wahrscheinlicher Fehler. Dabei wuchsen die Brandungswerte B_3 zeitweilig zu beachtlichen Beträgen an; aber insbesondere entspricht z. B. dem bei mäßigen bis stürmischen westlichen Winden statthabenden starken Ansteigen der Brandung am 27. und 28. Januar eine ganz ausgesprochene Abnahme der Bodenunruhe. Ferner hat ein Zusammenhang mit der Brandung an der schottisch-irischen Westküste in dem gewählten Zeitabschnitt überhaupt nicht bestanden; der Korrelationskoeffizient ist praktisch gleich Null und macht nur wenig mehr als die Hälfte seines wahrscheinlichen Fehlers aus. Angesichts des nach Obigem durchweg nicht bedeutenden Seegangs kann dies Resultat

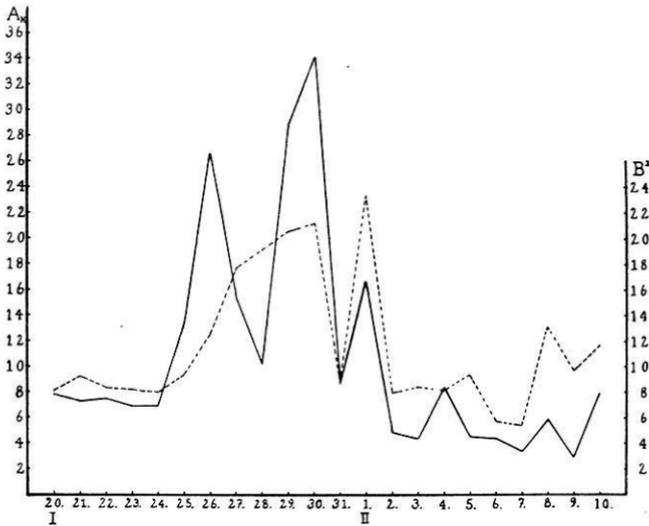


Fig. 1. Zusammenhang zwischen AH (—) und B^2 (---)

trotz des gebirgigen Charakters der Küsten weniger überraschen, wenn auch hier auffallen muß, daß u. a. den relativ hohen Brandungswerten am 23. und 24. Januar bei frischen bis steifen südlichen Winden, die erst am Abend des 24. unter Drehung nach Westen abflauen, nur ganz niedrige Werte der Bodenunruhe zugeordnet sind.

Ein ganz anderes Bild erhält man nun aber, wenn allein die norwegische Brandungsgruppe II in Betracht genommen wird. Da steigt bei Rechnung mit Tagesmitteln der Korrelationskoeffizient auf $\underline{h_2 = 0.853 \pm 0.039 \text{ w. F.}}$, so daß — auch in Ansehung des sehr kleinen wahrscheinlichen Fehlers ($< \frac{1}{20} h_2$) — an dem Vorhandensein einer engen Beziehung nicht gezweifelt werden kann. Es ist hiermit für diese an sich willkürlich herausgegriffene 22 tägige Periode starker Schwankungen der Bodenunruhe in Hamburg in dem Auf und Ab von Tag zu

Tag eine ähnlich hohe Korrelation zu der Brandung an der norwegischen Steilküste aufgezeigt worden, wie sie Mendel auf Grund von Dekadenmitteln für einzelne Jahre nachgewiesen hat. Die Vermutung erscheint nicht unberechtigt, daß sich eine noch engere Korrelation ergeben hätte, wenn alle Brandungszahlen gleichmäßig auf einer vollständigen Beobachtungsreihe an den oben genannten neun Stationen beruhten; doch sind von den zu erwarten gewesenen neunmal 44 gleich 396 Gesamtbeobachtungen 60 Beobachtungen aus irgendeinem Grunde ausgefallen.

Dieses Ergebnis wird weiter gestützt, wenn jetzt auch noch die Windrichtung berücksichtigt wird. Unter Einteilung der Windrose in acht Sektoren wurde je

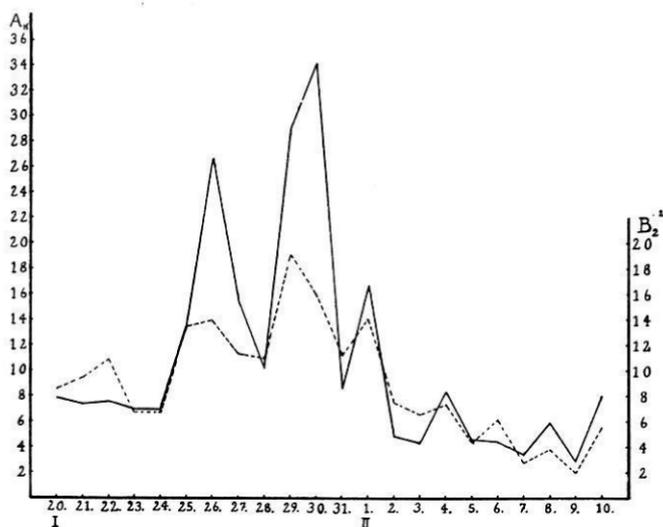


Fig. 2. Zusammenhang zwischen AH (—) und B_2^4 (---)

nach der besonderen Streichungsrichtung der einzelnen Küstenstrecken bei den Beobachtungsstationen der Seegang hinsichtlich seiner Brandungswirkung bei aufländigem Wind mit vierfachem Gewicht, bei ablandigem Wind mit dem Gewicht Null, bei schräg auf die Küste treffendem Wind mit dem Gewicht 3, bei schräg seewärts gerichtetem Wind mit dem Gewicht 1 und bei ungefähr zur Küste paralleler Windrichtung mit dem Gewicht 2 gewertet. Von den beiden extremen Fällen trat unter den insgesamt 336 Einzelbeobachtungen genau aufländiger Wind zwar immerhin 61mal, aber genau ablandiger Wind, dessen Einfluß auf die Brandung durch die obige Gewichts-zuteilung im allgemeinen wohl etwas hoch veranschlagt wurde, nur 17mal auf. Die nach diesem Verfahren und natürlich wieder gleichzeitiger Verwendung der Entfernungsfaktoren abgeleiteten Brandungszahlen finden sich in der Kolumne B_2' eingetragen. Die Korrelation ihrer Quadrate zu den entsprechenden Werten

von A_H ist in der Tat noch ein wenig enger, indem sich der Korrelationskoeffizient bei Zugrundelegung von Tagesmitteln nun auf $h'_2 = 0.861 \pm 0.037$ w. F. beläuft (Fig. 2). Zwar ist der Unterschied von h'_2 und h_2 kleiner als der wahrscheinliche Fehler, doch hat er das bei Bestehen eines unmittelbaren Zusammenhangs zwischen Bodenunruhe und Brandung zu erwartende Vorzeichen. Auch ist zu bedenken, daß bei der großen Zerrissenheit des Küstenverlaufs der Einfluß der Windrichtung auf die Wirkung des Seegangs an der Küste durch die oben skizzierte Methode nur unvollkommen erfaßt werden kann.

Bei den weiteren Rechnungen haben wir die Quadrate der Brandungswerte B'_2 benutzt. So zeigt sich auch zwischen B'_2 und dem Tagesmittel der Vertikalkomponente A_Z allein die enge Korrelation $v'_2 = 0.839 \pm 0.044$ w. F. Aber selbst dann, wenn man von einer Mittelbildung über den Tag absieht und die einzelnen Beobachtungen um 7^h und 18^h Gr. Z. für sich nimmt, ergeben sich aus den nunmehr 44 Wertepaaren für die Horizontalkomponente und den 40 Wertepaaren für die Vertikalkomponente noch Korrelationskoeffizienten im Betrage von $\frac{4}{5}$ bzw. gut $\frac{3}{4}$, nämlich $h'_2{}^* = 0.804 \pm 0.036$ w. F. und $v'_2{}^* = 0.768 \pm 0.044$ w. F. Das sind ähnlich enge Korrelationen, wie sie Kohlbach in entsprechenden Beispielen für die Horizontalkomponente der Bodenunruhe in Groß-Raum fand, wenn man dabei bedenkt, daß es sich für Hamburg um einen 22tägigen Zeitabschnitt, für Groß-Raum dagegen in den vergleichbaren Fällen (Beziehung zur Brandung an der norwegischen Küste mit Berücksichtigung der Windrichtung, Korrelationskoeffizient $> \frac{3}{4}$) im Maximum um nur 11 Tage, im übrigen aber um nicht mehr als 3 bis 7 Tage handelt.

Wählt man endlich, wie schon weiter oben angedeutet, als Maß der Bodenunruhe das Mittel aus je einer Maximalamplitude innerhalb der letzten Viertelstunde vor und der ersten Viertelstunde nach dem Beobachtungstermin des Seegangs, so daß die Zeitspanne, aus welcher die Maximalamplitude gewonnen wird, um je 10 Minuten verlängert ist, so muß man, falls die Seegangsdaten nach Zeit und Intensität als im ganzen wirklich zuverlässig angesehen werden können und andererseits die betrachtete Bodenunruhe durch die Art der Ausmessung hinlänglich erfaßt worden ist und wesentlich auf der Brandung beruht, eine etwas weniger gute Korrelation erwarten. Doch wird die Verschlechterung nicht erheblich sein können, da die zur Charakterisierung der Bodenunruhe verwendete Größe in beiden Fällen nur wenig verschieden (und zwar dann bei dem zweiten Verfahren immer größer als bei dem ersten), nicht selten aber auch praktisch die gleiche sein wird. Tatsächlich stellt sich nun der Korrelationskoeffizient zwischen den Tagesmitteln von B'_2 und denen der Horizontalkomponente der Bodenunruhe bei 22 Wertepaaren auf $(h'_2) = 0.842 \pm 0.042$ w. F. und derjenige zwischen den einander entsprechenden Einzelbeobachtungen um 7^h und 18^h Gr. Z. bei 44 Wertepaaren auf $(h'_2{}^*) = 0.792 \pm 0.038$ w. F. Die Unterschiede $h'_2 - (h'_2)$ = 0.019 und $h'_2{}^* - (h'_2{}^*) = 0.012$ liegen in der erwarteten Richtung, sind aber, wie ebenfalls vermutet wurde, nur klein; sie könnten daher, obwohl sie die

wahrscheinlichen Fehler unterschreiten, in dem soeben angegebenen Sinne zu deuten sein.

Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß die bei der in Rede stehenden Art von Bodenunruhe immer wieder erkannte Gesetzmäßigkeit des im allgemeinen statthabenden Anwachsens der Amplitude mit der Periode sich auch schon deutlich, obgleich nicht in regelmäßiger Weise, in dem an sich ja wenig umfang-

Tabelle 2. Zusammenhang zwischen Amplitude und Periode

| <i>T</i> in sec | 4.0—4.3 | 4.4—4.7 | 4.8—5.1 | 5.2—5.5 | 5.6—5.9 | 6.0—6.3 | 6.4—6.8 |
|---------------------------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| Mittel von A_H in μ . . . | — | — | 2.90 (1) | 5.86 (5) | 7.87 (21) | 10.19 (8) | 21.50 (9) |
| " " A_Z " μ . . . | 0.86 (7) | 1.36 (12) | 1.46 (9) | 2.52 (6) | 4.50 (2) | 4.17 (3) | 4.70 (1) |

reichen hier verwendeten Beobachtungsmaterial ausprägt, und zwar, wie die Daten der Tabelle 2 lehren, bei einem Fortschreiten in der Periode von nur je 0.4 bis 0.5 sec sowohl in der *H*- als auch in der *Z*-Komponente. Die unter den Amplitudenwerten in Klammern stehenden Zahlen geben die Anzahl der Einzelwerte an, aus denen gemittelt wurde. Allein bei A_Z fällt der Wert in der vorletzten Kolonne heraus, was jedoch seinen Grund nur in der zu geringen Anzahl der Beobachtungen für die drei letzten Kolonnen haben dürfte.

Hamburg, Hauptstation für Erdbebenforschung.

Seismische Untersuchungen des Geophysikalischen Instituts in Göttingen

Fortsetzung von VI. (siehe diese Zeitschr. Jahrg. VIII, S. 144)

VIII. Das Nordtiroler Beben vom 8. Oktober 1930. II. Teil

Die Kräfte im Herd des Bebens

Von **H. Gräfe**, Göttingen — (Mit 14 Abbildungen)

Auf Grund der Verrückungen an der Erdoberfläche werden Rückschlüsse auf die Kräfte im Herd des Bebens gemacht. Danach sind Scherungskräfte im Herd, die gegen die Horizontale geneigt sind, die Ursache des Nordtiroler Bebens gewesen.

Die Auswertung der Registrierungen. Schon im Erdbebenbericht des württembergischen statistischen Landesamtes gibt W. Hiller¹⁾ die Bodenbewegung bei diesem Beben bei einigen Stationen an und leitet daraus die Bewegung im Herd ab. Mit Hilfe des wesentlich größeren Materials, das mir zur