

KAISERL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN IN WIEN.

MITTEILUNGEN
DER
ERDBEBEN-KOMMISSION

DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN IN WIEN.

NEUE FOLGE.

N^{o.} XXXV.

ÜBER DIE PULSATORISCHEN OSZILLATIONEN (MIKRO-
SEISMISCHE UNRUHE) DES ERDBODENS IM WINTER
1907/1908 IN WIEN

VON

DR. RUDOLF SCHNEIDER.

MIT 6 TEXTFIGUREN.

WIEN, 1909.

AUS DER KAISERLICH-KÖNIGLICHEN HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN KOMMISSION BEI ALFRED HÖLDER,

K. U. K. HOF- UND UNIVERSITÄTSBUCHHÄNDLER,

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

Die »Mitteilungen der Erdbeben-Kommission« erschienen bisher in den Sitzungsberichten der mathem.-naturw. Klasse, Abteilung I. Von nun an werden sie als besondere Ausgabe veröffentlicht werden.

Bisher sind folgende Nummern der »Mitteilungen« ausgegeben worden:

- I. Bericht über die Organisation der Erdbeben-Beobachtung nebst Mitteilungen über während des Jahres 1896 erfolgte Erdbeben, zusammengestellt von Edmund v. Mojsisovics (Sitz. Ber., Bd. 106 [1897], Abt. I, Heft II) — K 60 h.
- II. Bericht über das Erdbeben von Brüx am 3. November 1896, von Friedrich Becke (Sitz. Ber., Bd. 106 [1897], Abt. I, Heft II) — K 50 h.
- III. Bericht über das Erdbeben vom 5. Jänner 1897 im südlichen Böhmerwalde, von Friedrich Becke (Sitz. Ber., Bd. 106 [1897], Abt. I, Heft III) — K 40 h.
- IV. Bericht über die im Triester Gebiete beobachteten Erdbeben am 15. Jull, 3. August und 21. September 1897, von Eduard Mazelle (Sitz. Ber., Bd. 106 [1897], Abt. I, Heft IX) — K 40 h.
- V. Allgemeiner Bericht und Chronik der im Jahre 1897 innerhalb des Beobachtungsgebietes erfolgten Erdbeben, zusammengestellt von Edmund v. Mojsisovics (Sitz. Ber., Bd. 107 [1898], Abt. I, Heft V) 3 K 40 h.
- VI. Die Erderschütterungen Laibachs in den Jahren 1851 bis 1886, vorwiegend nach den handschriftlichen Aufzeichnungen K. Deschmanns, von Ferdinand Seidl (Sitz. Ber., Bd. 107 [1898], Abt. I, Heft VI) — K 50 h.
- VII. Verhalten der Karlsbader Thermen während des voigtländisch-westböhmisches Erdbebens im Oktober—November 1897, von Josef Knett (Sitz. Ber., Bd. 107 [1898], Abt. I, Heft VI) 2 K 60 h.
- VIII. Bericht über das Graslitzer Erdbeben vom 24. Oktober bis 25. November 1897, von Friedrich Becke (Sitz. Ber., Bd. 107 [1898], Abt. I, Heft VII) 5 K 40 h.
- IX. Bericht über die unterirdische Detonation von Melnik in Böhmen vom 8. April 1898, von Johann N. Woldfich (Sitz. Ber., Bd. 107 [1898], Abt. I, Heft X) — K 90 h.
- X. Allgemeiner Bericht und Chronik der im Jahre 1898 innerhalb des Beobachtungsgebietes erfolgten Erdbeben, zusammengestellt von Edmund v. Mojsisovics (Sitz. Ber., Bd. 108 [1899], Abt. I, Heft IV) 3 K 20 h.
- XI. Die Einrichtung der seismischen Station in Triest und die vom Horizontalpendel aufgezeichneten Erdbebenstörungen von Ende August 1898 bis Ende Februar 1899, von Eduard Mazelle (Sitz. Ber., Bd. 108 [1899], Abt. I, Heft V) 1 K — h.
- XII. Übersicht der Laibacher Osterbebenperiode für die Zeit vom 16. April 1895 bis Ende Dezember 1898, von Ferdinand Seidl (Sitz. Ber., Bd. 108 [1899], Abt. I, Heft V) — K 70 h.
- XIII. Bericht über das obersteierische Beben vom 27. November 1898, von Rudolf Hoernes (Sitz. Ber., Bd. 108 [1899], Abt. I, Heft V) 1 K 10 h.
- XIV. Bericht über die obersteierischen Beben des ersten Halbjahres 1899 (zumal über die Erschütterungen vom 1., 7. und 29. April), von Rudolf Hoernes (Sitz. Ber., Bd. 108 [1899], Abt. I, Heft VIII) 2 K 10 h.
- XV. Bericht über Erdbebenbeobachtungen in Kremsmünster, von Franz Schwab (Sitz. Ber., Bd. 109 [1900], Abt. I, Heft II) 1 K 10 h.
- XVI. Bericht über das niederösterreichische Beben vom 11. Juni 1899, von F. Noë (Sitz. Ber., Bd. 109 [1900], Abt. I, Heft II) — K 60 h.
- XVII. Erdbebenstörungen zu Triest, beobachtet am Rebur-Ehlerst'schen Horizontalpendel vom 1. März bis Ende Dezember 1899, von Eduard Mazelle (Sitz. Ber., Bd. 109 [1900], Abt. I, Heft II) — K 90 h.

- XVIII.** Allgemeiner Bericht und Chronik der im Jahre 1899 innerhalb des Beobachtungsgebietes erfolgten Erdbeben, zusammengestellt von Edmund v. Mojsisovics (Sitz. Ber., Bd. 109 [1900], Abt. I, Heft III) 3 K 30 h.
- XIX.** Die tägliche periodische Schwankung des Erdbodens nach den Aufzeichnungen eines dreifachen Horizontalpendels zu Triest, von Eduard Mazelle (Sitz. Ber., Bd. 109 [1900], Abt. I, Heft VII) 3 K 20 h.
- XX.** Über die Beziehungen zwischen Erdbeben und Detonationen, von Josef Knett (Sitz. Ber., Bd. 109 [1900], Abt. I, Heft IX) — K 80 h.
- XXI.** Bericht über das Detonationsphänomen im Duppauer Gebirge am 14. August 1899, von Josef Knett (Sitz. Ber., Bd. 109 [1900], Abt. I, Heft IX) 1 K — h.

Neue Folge.

- I.** Bericht über die Erdbebenbeobachtungen in Lemberg, von W. Láška 1 K 90 h.
- II.** Allgemeiner Bericht und Chronik der im Jahre 1900 im Beobachtungsgebiete eingetretenen Erdbeben, von Edmund v. Mojsisovics 2 K 30 h.
- III.** Bericht über die seismischen Ereignisse des Jahres 1900 in den deutschen Gebieten Böhmens, von V. Uhlig 3 K — h.
- IV.** Bericht über die Erdbebenbeobachtungen in Kremsmünster im Jahre 1900, von P. Franz Schwab — K 60 h.
- V.** Erdbebenstörungen zu Triest, beobachtet am Rebeur-Ehlerl'schen Horizontalpendel im Jahre 1900, von Eduard Mazelle 1 K — h.
- VI.** Das nordostböhmisches Erdbeben vom 10. Jänner 1901, von J. N. Wolfrieh
1 K 60 h.
- VII.** Erdbeben und Stoßlinien Steiermarks, von R. Hoernes 2 K 10 h.
- VIII.** Die Erdbeben Polens. Des historischen Teiles I. Abteilung, von W. Láška
— K 80 h.
- IX.** Bericht über die Erdbeben-Beobachtungen in Lemberg während des Jahres 1901, von Prof. Dr. W. Láška 1 K 10 h.
- X.** Allgemeiner Bericht und Chronik der im Jahre 1901 innerhalb des Beobachtungsgebietes erfolgten Erdbeben von Edmund v. Mojsisovics
3 K 30 h.
- XI.** Erdbebenstörungen zu Triest, beobachtet am Rebeur-Ehlerl'schen Horizontalpendel im Jahre 1901, nebst einem Anhang über die Aufstellung des Vicentini'schen Mikroseismographen, von Eduard Mazelle 1 K 20 h.
- XII.** Bericht über die Erdbebenbeobachtungen in Kremsmünster im Jahre 1901, von Prof. P. Franz Schwab — K 40 h.
- XIII.** Das Erdbeben von Saloniki am 5. Juli 1902 und der Zusammenhang der makedonischen Beben mit den tektonischen Vorgängen in der Rhodopemasse, von R. Hoernes 2 K — h.
- XIV.** Über die Berechnung der Fernbeben, von Prof. Dr. W. Láška — K 30 h.
- XV.** Die mikroseismische Pendelunruhe und ihr Zusammenhang mit Wind und Luftdruck, von Eduard Mazelle 2 K 60 h.
- XVI.** Vorläufiger Bericht über das erzgebirgische Schwarmbeben vom 13. Februar bis 25. März 1903, mit einem Anhang über die Nacherschütterungen bis Anfang Mai, von J. Knett — K 80 h.
- XVII.** Das Erdbeben von Sinj am 2. Juli 1898, von Adolf Faidiga 2 K 90 h.
- XVIII.** Das Erdbeben am Böhmischem Pfahl am 26. November 1902, von J. Knett
— K 80 h.
- XIX.** Allgemeiner Bericht und Chronik der im Jahre 1902 im Beobachtungsgebiete eingetretenen Erdbeben, von Edmund v. Mojsisovics. (Mit einem Anhang: Bericht über die Aufstellung zweier Seismographen in Příbram, von Dr. Hans Benndorf.) 2 K 60 h.
- XX.** Erdbebenstörungen zu Triest, beobachtet am Rebeur-Ehlerl'schen Horizontalpendel im Jahre 1902, von Eduard Mazelle 1 K 40 h.
- XXI.** Bericht über die Erdbebenbeobachtungen in Kremsmünster im Jahre 1902, von Prof. P. Franz Schwab — K 50 h.

- XXII. Bericht über die seismologischen Aufzeichnungen des Jahres 1902 in Lemberg, von Prof. Dr. W. Láska — K 70 h.
- XXIII. Über die Verwendung der Erdbebenbeobachtungen zur Erforschung des Erdinneren, von Prof. Dr. W. Láska — K 40 h.
- XXIV. Berichte über das makedonische Erdbeben vom 4. April 1904, von Prof. R. Hoernes 1 K — h.
- XXV. Allgemeiner Bericht und Chronik der im Jahre 1903 im Beobachtungsgebiete eingetretenen Erdbeben, von Edmund v. Mojsisovics 3 K 40 h.
- XXVI. Bericht über die Erdbebenbeobachtungen in Kremsmünster im Jahre 1903, von Prof. P. Franz Schwab — K 40 h.
- XXVII. Bericht über das Erdbeben in Untersteiermark und Krain am 31. März 1904, von Prof. Dr. R. Hoernes und Prof. F. Seidl 1 K — h.
- XXVIII. Jahresbericht des Geodynamischen Observatoriums zu Lemberg für das Jahr 1903, nebst Nachträgen zum Katalog der polnischen Erdbeben, von Prof. Dr. W. Láska — K 60 h.
- XXIX. Über die Art der Fortpflanzung der Erdbebenwellen im Erdinneren (I. Mitteilung), von Dr. Hans Benndorf — K 60 h.
- XXX. Erdbebenstörungen zu Triest, beobachtet am Rebeur-Ehler'schen Horizontalpendel im Jahre 1903, nebst einer Übersicht der bisherigen fünfjährigen Beobachtungsreihe, von Eduard Mazelle — K 90 h.
- XXXI. Über die Art der Fortpflanzung der Erdbebenwellen im Erdinneren (II. Mitteilung), von Dr. Hans Benndorf 1 K 50 h.
- XXXII. Über das Mürztaler Erdbeben vom 1. Mai 1885, von Dr. Franz Heritsch
2 K 40 h.
- XXXIII. Beschreibung des seismischen Observatoriums der k. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien, von Dr. Viktor Conrad . 1 K — h.
- XXXIV. Bericht über das Erdbeben vom 19. Februar 1908, von Dr. Franz Noë 1 K — h.

Über die pulsatorischen Oszillationen (mikroseismische Unruhe) des Erdbodens im Winter 1907/1908 in Wien

von

Dr. Rudolf Schneider,

Assistenten an der k. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik.

(Mit 6 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 4. März 1909.)

Einleitung.

Unter pulsatorischen Oszillationen verstehen wir jene besonders im Winter tage-, ja wochenlang andauernden, ziemlich regelmäßigen, unfühlbaren Oszillationen des Erdbodens von 3 bis 10 Sekunden Periode, welche von den Seismographen in Form von regelmäßigen, symmetrisch zur Normal-lage liegenden Wellen aufgezeichnet werden.

Diese Erscheinung wird sehr oft auch in der Fachwelt als »mikroseismische Unruhe« bezeichnet, eine Bezeichnung, die zuerst von den italienischen Seismologen gebraucht wurde und heute, nachdem der nichtseismische Charakter dieser Oszillationen außer Zweifel gestellt ist, die Erscheinung wohl nicht richtig kennzeichnet. Die kurze Periode von 3 bis 10 Sekunden unterscheidet sie von den sogenannten »Pulsationen«, ziemlich seltenen periodischen Bodenbewegungen von 2 bis 3, manchmal bis 8 Minuten Periode.

Seit ihrer Entdeckung durch die neueren Erdbebenapparate wurden die pulsatorischen Oszillationen Gegenstand vieler und eingehender Untersuchungen und auch die in neuester Zeit gegründete »Internationale seismologische Assoziation« widmet dieser Erscheinung bedeutende Aufmerksamkeit. Bereits in der ersten Sitzung der Internationalen seismologischen Konferenz im April 1901 hat Prof. Láská am Schlusse seines Vortrages

»Über die Pendelunruhe« auf die Wichtigkeit des genauen Studiums der »Pendelunruhe« hingewiesen, welche als einleitende Bewegung der Erdbeben durch die zur Auslösung gebrachten Spannungszustände der Erdkruste eine nicht zu unterschätzende Rolle zu spielen scheint.¹

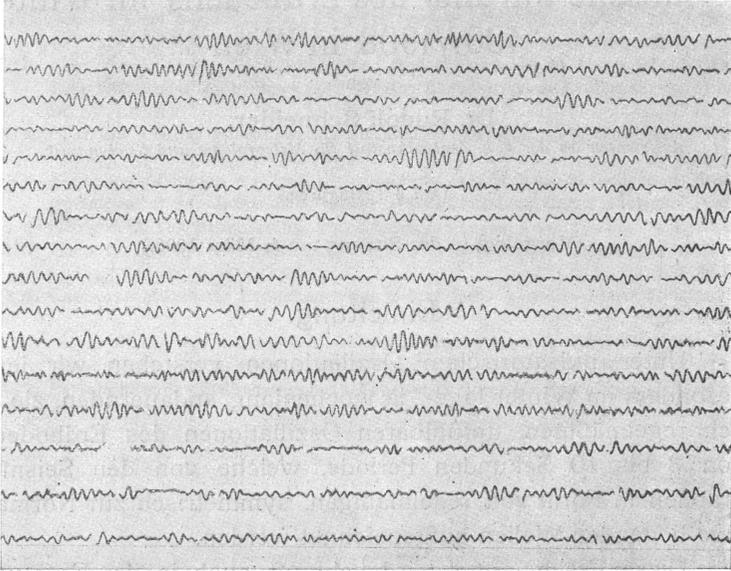


Fig. 1.

Pulsatorische Oszillationen in Wien am 9./10. März 1908.

1000 kg-Pendel von Wiechert, N—S-Komponente. Effektive Vergrößerung der Bodenbewegung ungefähr 415.

Die kleinen Lücken in den Registrierlinien sind Minutenmarken.

Seit der Zeit wurde das Interesse an diesem Rätsel der modernen Geophysik immer reger und auf der zweiten seismologischen Konferenz im Jahre 1903 war es Omori, der neuerlich auf die Wichtigkeit des Studiums der unfühlbaren Oszillationen die Aufmerksamkeit lenkte.² Seine Ausführungen wurden

¹ Prof. W. Láska, Über die Pendelunruhe. Verhandlungen der ersten internationalen seismologischen Konferenz. Gerland's Beiträge zur Geophysik, Ergänzungsband, I, 1902.

² Beiträge zur Geophysik, Ergänzungsband, II, p. 41.

lebhaft von Prof. Wiechert unterstützt, welcher dann auf der ersten Generalversammlung der Internationalen seismologischen Assoziation (September 1907) den Antrag stellte, das Studium der mikroseismischen Bewegungen in das Arbeitsprogramm der Assoziation aufzunehmen.¹ Dieser Antrag wurde in Form der Einsetzung einer Spezialkommission zur Untersuchung der Ursachen der mikroseismischen Bewegungen angenommen. Die Aufgabe dieser Kommission ist bei der ungemein komplizierten Natur der zu untersuchenden Erscheinung keine leichte. Es handelt sich hier um Erscheinungen, die sich gleichzeitig über ganze Weltteile erstrecken und welche oftmals ihre Ursache in einer Entfernung von Tausenden von Kilometern haben. Man kann diese Erscheinung in dieser Beziehung mit den meteorologischen Phänomenen vergleichen, die zu ihrer Erforschung gleichfalls eines ausgedehntere Gebiete umfassenden Materials bedürfen und nur durch eine tiefgehende und nach einem Ziele strebende Arbeitsteilung ihrer Lösung näher gebracht werden können.

Die vorliegende Arbeit, welche die pulsatorischen Oszillationen in Wien im Winter 1907/1908 zum Gegenstande hat, verfolgt in erster Linie den Zweck, einen Beitrag zur Sammlung des synoptischen Untersuchungsmaterials vorzulegen. Der unverkennbare Vorteil des hier enthaltenen Materials besteht darin, daß dasselbe — einem auf der Höhe der Zeit stehenden Apparat entnommen — vergleichbare Daten liefert. Wenn im weiteren auch der Versuch gemacht wurde, die pulsatorischen Oszillationen auf ihren Zusammenhang mit verschiedenen Faktoren zu untersuchen, so war es schon von vornherein nach den zahlreichen bisherigen Bemühungen unwahrscheinlich, zu einem positiven Resultat zu gelangen. Es wurde dadurch nur die oben ausgesprochene Ansicht bekräftigt, daß das Problem der Ursache der pulsatorischen Oszillationen, welche gerade so rätselhaft in Japan wie in Europa und in Amerika vorkommen, nur in der Weise wie die seismischen Probleme, nämlich durch systematische, gleichzeitig sich auf große Ge-

¹ Verhandlungen der vom 21. bis 25. September 1907 in Haag abgehaltenen zweiten Tagung (erste Generalversammlung) der permanenten Kommission der internationalen seismologischen Assoziation.

biete erstreckende Untersuchungen studiert werden muß. Eine derartige Untersuchung ist natürlich nur unter Führung der internationalen seismologischen Assoziation denkbar und es ist wohl zu erwarten, daß ihr Unternehmen von Erfolg gekrönt werden wird.

Der Registrierapparat.

Die hier bearbeiteten Aufzeichnungen rühren von Wiechert's astatischem Pendelseismometer her.¹ Seine stationäre Masse beträgt 1000 *kg*. Der Apparat, einer von den Seismographen der k. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien, steht in einem Kellerraume der Anstalt auf der Hohen Warte.

Da es nicht ausgeschlossen ist, daß auf die pulsatorischen Oszillationen auch verschiedene lokale Momente von Einfluß sein könnten, sei hier auch einiges über die Aufstellung des Apparates, seinen Untergrund usw. erwähnt.

Der Apparat steht auf einem 150 *cm* tiefen, vom Boden durch einen ungefähr 20 *cm* breiten Graben isolierten Betonpfeiler, dessen oberes Niveau mit dem Kellerboden ungefähr 3 *m* unter dem äußeren Erdbodenniveau und in 198 *m* Seehöhe liegt. Der Kellerraum ist ungefähr 6 *m* lang, 5 *m* breit und mit zwei ziemlich kleinen und hoch gelegenen Doppelfenstern versehen. Der Apparat selbst ist mit einem gut schließenden Holzglaskasten überdeckt, welcher nicht auf dem Pfeiler steht. Durch die im Kasten aufgestellten Schalen mit Chlorcalcium wird die sonst im Keller herrschende Feuchtigkeit von 97% auf 60 bis 70% herabgesetzt. Der Temperaturgang im Keller erwies sich nach den ganzjährigen Thermographenaufzeichnungen sehr günstig. Die tägliche Amplitude der Außentemperatur wird beinahe ganz unterdrückt und die jährliche Amplitude beträgt ungefähr 14° C., also nur ein Drittel der Amplitude der Außentemperatur. Im Gegensatze zu diesen günstigen Temperaturverhältnissen ist die Aufstellung des Apparates in bezug auf die Verkehrsverhältnisse der Um-

¹ Über den Apparat siehe Gerland's Beiträge zur Geophysik, Bd. VI, p. 435 (1903), und E. Wiechert, Ein astatisches Pendel hoher Empfindlichkeit zur mechanischen Registrierung von Erdbeben, Physik. Zeitschr., 4, p. 821, November 1903.

gebung als eine sehr ungünstige zu bezeichnen. Denn trotzdem die Fahrstraße mit den Geleisen der elektrischen Straßenbahn erst in einer Entfernung von ungefähr 25 *m* vorbeiführt, wird jeder vorüberfahrende Wagen in Form von einer je nach der Geschwindigkeit des Wagens 1 bis 2 Minuten langer Verdickung der Registrierlinie aufgezeichnet, die bei schweren Wagen eine Breite von 1 *mm* und darüber erreicht. Unter diesen Störungen hat hauptsächlich die Ost—West-Komponente zu leiden, weil die Straße westlich vom Apparat vorbeiführt. Ein weiterer ungünstiger Umstand ist der, daß der Apparat im Keller des zweistöckigen Anstaltsgebäudes aufgestellt ist und dazu noch beinahe direkt unter dem über das ganze Gebäude hinausragenden, 24 *m* hohen Turm. Der Hauptnachteil dieser Aufstellung liegt weniger in den Verkehrsstörungen des Hauses als in den Schwankungen des Gebäudes, welche durch starke Westwinde verursacht werden. Diese Störungen sind, was ausdrücklich erwähnt werden muß, eines ganz unregelmäßigen, sofort erkennbaren Charakters und ist eine prinzipielle Beeinflussung oder vielleicht sogar Verwechslung mit der Bodenunruhe auf den Diagrammen völlig ausgeschlossen. Wegen der vorherrschenden stürmischen Westwinde und der gegen Westen exponierten Frontseite des Gebäudes äußern sich diese Störungen ebenfalls mehr in den Aufzeichnungen der Ost—West-Komponente des Apparates. Bei einzelnen starken Windstößen erreicht die effektive Bodenbewegung im Keller bis 30 μ .¹

Die Station steht auf Löß, der Schotterlagen führt. Unter dem Löß befindet sich sarmatischer Tegel und Sand.

Die Konstanten des Apparates wurden im Winter 1907/1908 durchschnittlich jeden Monat bestimmt. Folgende kleine Tabelle enthält die für den Winter geltenden Konstanten, wobei T_0 die Eigenperiode des Pendels bei ausgeschalteter Dämpfung, V die Vergrößerung schneller Verrückungen, R den Reibungswiderstand in Dynen, $\epsilon : 1$ das Dämpfungsverhältnis bedeutet.

¹ Siehe auch die während des Druckes erschienene Abhandlung: »Beschreibung des seismischen Observatoriums der k. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik« von Dr. V. Conrad. Mitteil. d. Erdbeben-Kommission d. kais. Akad. d. Wiss. in Wien. Neue Folge. Nr. XXXIII.

Tabelle der Konstanten.

Datum der Eichung	N—S-Komponente				E—W-Komponente			
	T_0 sek	V	R Dyn	$\epsilon : 1$	T_0 sek	V	R Dyn	$\epsilon : 1$
20. Nov. 1907	12·1	210	0·2	4·2	11·9	180	0·2	4·4
4. Jän. 1908	11·5	210	0·2	4·3	11·5	180	0·2	4·8
1. Febr.	11·5	205	0·2	3·7	11·5	175	0·2	5·0
26. Febr.	10·6	365 ¹	0·2	5·4	11·2	175	0·2	5·4
19. März	9·4	340	0·2	4·9	10·9	200	0·2	3·2
18. April	11·3	330	0·2	(4·9)	10·6	170	0·2	5·2

Die Unabhängigkeit der Komponenten war gut.

Die Bearbeitung der Aufzeichnungen.

Die pulsatorischen Oszillationen in Wien zeigen wie an allen bis jetzt untersuchten Orten ein stark ausgesprochenes Maximum im Winter. Im Sommer fehlen sie fast ganz und erscheinen erst wieder mit der kalten Jahreszeit, und zwar nicht plötzlich, sondern setzen an einigen Tagen ein, um dann wieder für längere Zeit aufzuhören. Wegen des sehr seltenen Auftretens im Sommer haben wir uns bei der Untersuchung des zeitlichen Verlaufes der Oszillationen auf die Zeit vom Dezember 1907 bis Mitte März 1908 beschränkt. Das Hauptgewicht wurde hier auf die Nord—Süd-Komponente der Oszillationen gelegt aus dem Grunde, weil die Ost—West-Komponente unter den oben erwähnten Verkehrs- und besonders Windstörungen so stark leidet, daß die näheren Untersuchungen viele störende Lücken aufweisen würden.

Um den allgemeinen zeitlichen Verlauf der Oszillationen festzustellen, wurden zu drei Tageterminen, um 7^h a., 2^h p. und 9^h p. ihre Hauptkennzeichen, die Periode und Amplitude,

¹ Diese spontan eingetretene Steigerung der Vergrößerung bei der N—S-Komponente wird wahrscheinlich auf das Wiener Beben vom 19. Februar zurückzuführen sein, welches durch seine Intensität den Apparat beeinflussen konnte. An der Stellung der Schrauben der Vergrößerungshebel waren jedoch keine Veränderungen zu erkennen.

ausgemessen. Diese Termine wurden nur dort durch einen anderen nächstgelegenen Zeitpunkt ersetzt, wo entweder Erdbebenaufzeichnungen oder zufällige Betriebsstörungen die Ausmessung verhinderten. Solche Fälle sind in der Anmerkung notiert. Die angegebenen Zeiten wurden mit einer Genauigkeit von einigen Minuten eingehalten, die bekanntlich in diesem Falle keine Rolle spielen. Dieser kleine Spielraum in der Zeit rührt daher, daß für diese Ausmessung immer womöglich ungestörte, den jeweiligen Verlauf normal charakterisierende Partien des Diagrammes ausgewählt wurden. Bei der Bestimmung der Periode wurden immer größere, sich auf eine bis zwei Minuten erstreckende Wellengruppen zusammengefaßt, was wohl einen genaueren Mittelwert ergibt als die Ausmessung einzelner Wellen. Die Perioden sind in den ersten drei Kolumnen der beigefügten Tabellen enthalten, die vierte gibt das Mittel aus diesen drei Terminen.¹ Wenn diese Schwingungszeiten auf Zehntelsekunden angegeben sind, soll damit nicht gesagt werden, daß einer jeden Ausmessung diese Genauigkeit gebührt. Wenn auch die Periode der einzelnen Wellen selbst um einige Zehntel variiert, so schien es doch angezeigt, bei der aus größeren Wellengruppen berechneten Periode die Zehntelsekunden beizubehalten, als sie ganz wegzulassen. Wo neben der einen Schwingungszeit noch eine andere deutlich zu merken war, wurde dieselbe auch in der Anmerkung mit der zugehörigen Amplitude erwähnt.

Die Kolumnen Amplitude geben die für jene Termine berechnete Amplitude der wirklichen Bodenbewegung in Mikron an, und zwar nicht von der Ruhelage aus gerechnet, wie manchmal die Amplitude der wirklichen Bodenbewegung bei Erdbeben angegeben wird, sondern vom Wellenberg zum Wellental. Die Möglichkeit, aus den Aufzeichnungen eines gedämpften Apparates auf Grund seiner Konstanten die wirkliche Bodenbewegung zu rechnen, ist eben der große Vorteil von gedämpften Seismographen, welcher in der unmittelbaren Vergleichbarkeit der Resultate liegt.

¹ Bei den Mitteln ist zu berücksichtigen, daß das aus den Monatsmitteln der Termine gerechnete Mittel nicht mit dem mittleren Tagesmittel stimmen kann, weil einzelne Beobachtungen fehlen.

Diese Vergleichbarkeit fehlt leider den vielen mit bewunderungswürdiger Mühe zusammengestellten Ausmessungen der pulsatorischen Oszillationen, welche von älteren »unge-dämpften« Apparaten stammen und nur die Angaben der Amplituden der Aufzeichnungen in Millimetern enthalten. Wie die Theorie der Seismographen lehrt, ist die Vergrößerung, mit welcher ein Seismograph die periodischen Schwingungen aufzeichnet, in hohem Maße von der Periode dieser Schwingungen und seiner eigenen Periode abhängig und bei geringer Dämpfung, wie sie auch jene Apparate infolge der Reibungseinflüsse aufweisen müssen, werden diejenigen Schwingungen, welche der Eigenperiode des Apparates nahe kommen, sehr stark bevorzugt, weil derselbe auf sie sozusagen abgestimmt ist, und sie werden in einem Maße vergrößert, welches in keinem Verhältnis zu der wirklichen Bodenbewegung steht. Es ist also nicht zulässig, von der Maximalamplitude auf die Größe der Störung zu schließen, da große Amplituden häufig nur durch eine der Vergrößerung der Eigenschwingungen des Pendels günstige Superposition relativ kleiner Bodenbewegungen entstehen.

Durch eine intensivere Dämpfung, welche das Pendel nicht in Eigenschwingungen geraten läßt, wird die Abhängigkeit der Vergrößerung von der Periode der Schwingungen bedeutend ausgeglichen und die Vergrößerung \mathfrak{B} der Amplitude der Bodenbewegung im Diagramm ist nach Wiechert¹ gegeben durch die Formel:

$$\mathfrak{B} = \frac{V}{\sqrt{\left\{1 - \left(\frac{T}{T_0}\right)^2\right\}^2 + 4 \left(\frac{T_0}{2\pi\tau}\right)^2 \left(\frac{T}{T_0}\right)^2}}$$

Hierin bedeutet:

T die Periode der Bodenbewegung;

V die Vergrößerung solcher Schwingungen, deren Periode sehr klein ist gegen die Eigenperiode des Seismographen;

¹ E. Wiechert, Theorie der automatischen Seismographen. Abh. d. K. Gesellsch. der Wissensch. zu Göttingen. Math.-phys. Klasse, Neue Folge, Bd. II, Nr. 1 (1903).

τ die Relaxationszeit, welche mit dem Dämpfungsverhältnis $\varepsilon : 1$ durch die Gleichung

$$\frac{T_0^*}{2\tau} = \log \text{nat } \varepsilon$$

verbunden ist. T_0^* bedeutet dabei die wirkliche Schwingungsperiode bei eingeschalteter Dämpfung. Diese steht mit der reduzierten Schwingungsdauer des Pendels T_0 , d. h. derjenigen bei ausgeschalteter Dämpfung, durch die Formel

$$T_0 = T_0^* : \sqrt{1 + \left(\frac{T_0^*}{2\pi\tau}\right)^2}$$

in Verbindung. Man kann also schreiben:

$$\mathfrak{B} = \frac{V}{\sqrt{\left\{1 - \left(\frac{T}{T_0}\right)^2\right\}^2 + 4 \cdot \frac{(\log \text{nat } \varepsilon)^2}{\pi^2 + (\log \text{nat } \varepsilon)^2} \left(\frac{T}{T_0}\right)^2}}$$

Nach dieser Formel wurden die in den Tabellen angeführten Bodenbewegungen ermittelt. Von den Zehntel-Mikron und ihrer Berechtigung gilt dasselbe, was bei der Periode von den Zehnteln der Sekunden gesagt wurde.

Bei einer näheren Betrachtung der Diagramme der pulsatorischen Oszillationen sieht man, daß die Intensität der Bewegung in jeder Komponente einem bedeutenden periodischen Wechsel unterliegt. Stellen relativer Ruhe gehen mehr oder weniger rasch in eine ansteigende Amplitude über, welche dann nach dem Erreichen eines Maximalausschlages oder nach einer Gruppe von Wellen gleicher, größerer Amplitude wieder in die relative Ruhe abflaut (siehe auch Fig. 1). In dem weiteren Teile dieser Arbeit, welcher sich mit der Konstruktion der wirklichen Bewegung eines Teilchens der Oberfläche während der Bodenunruhe befaßt, werden wir sehen, daß diese periodischen An- und Abschwellungen auf periodische Azimutwechsel der Bewegungen zurückzuführen sind. Die Periode dieser Anschwellungen ist nicht immer deutlich ausgesprochen. Dort wo sie mit einer gewissen Deutlichkeit zu erkennen war, wurde sie bei der Ausmessung bestimmt und in

den weiteren Kolumnen der Tabellen angeführt. Sie ist in ganzen und Zehntelminuten angegeben. Die letzte Kolumne enthält dann Anmerkungen über eventuelle Störungen, über sekundäre Wellen und andere zwischen den Terminen beobachtete bemerkenswerte Erscheinungen.

Ergebnisse.

Um die schwer übersichtlichen, aber doch als Vergleichsmaterial notwendigen, in extenso abgedruckten Daten übersichtlicher zu machen, wurde in der nebenstehenden Fig. 2 der

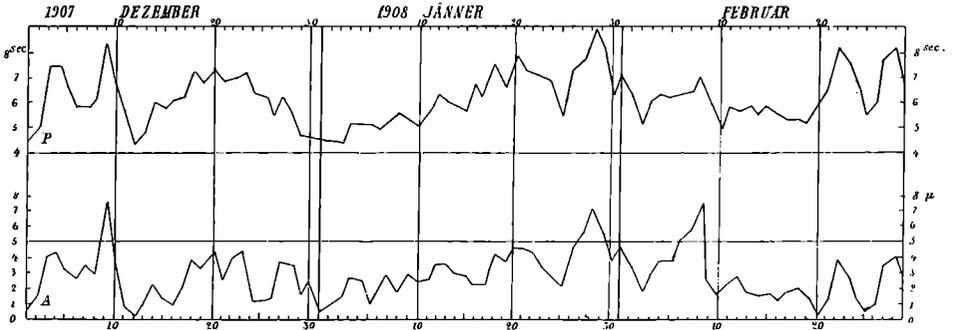


Fig. 2.

Gang der Periode (*P*) und der Amplitude (*A*) der pulsatorischen Oszillationen (Tagesmittel) in Wien im Dezember 1907 bis Februar 1908 (N—S-Komponente).

Gang der Tagesmittel der Hauptelemente der pulsatorischen Oszillationen graphisch dargestellt. Sie umfaßt die Zeit vom 1. Dezember 1907 bis 29. Februar 1908. Die oberste Kurve (*P*) stellt den Gang der Tagesmittel der Periode der Oszillationen, die zweite (*A*) die korrespondierenden Tagesmittel der wirklichen Bodenbewegung dar. Für diese Darstellung wurden die Elemente der Nord—Süd-Komponente gewählt, weil die Ost—West-Komponente infolge der oben erwähnten Störungen ziemliche Lücken aufweist. Wie einige Vergleiche zeigten, gibt es bei den allgemeinen Resultaten, die hier folgen, keinen prinzipiellen Unterschied zwischen den beiden Komponenten.

Perioden der Öszillationen und ihre Häufigkeit.

Das erste, was man bei dem Ansehen der Kurve der Perioden merkt, sind ihre bekannten bedeutenden Schwankungen. Die kleinsten in dem untersuchten Zeitabschnitte vorgefundenen wurden am 18. März im Betrage von 3·2 bis 3·5 Sekunden gemessen.

Diese kleinsten Werte kommen nur an diesem Tage, und zwar nicht allein vor, sondern als zeitweilige Begleiterscheinung von 5 Sekunden - Wellen. Die obere in Wien beobachtete Grenze der Periode kann man auf 10 Sekunden setzen (9·6 und 9·7 Sekunden am 28. Jänner 1908). Auch sie kommt ziemlich selten vor. Die zwischen diesen Grenzen von 3 bis 10 Sekunden liegenden Perioden weisen eine sehr ungleiche Häufigkeit auf. Um diese zu untersuchen, wurden alle einzelnen Termiausmessungen (ungefähr 315 an der Zahl) und auch die in den Anmerkungen erwähnten Nebenperioden auf die Häufigkeit untersucht, und zwar nach Zehntelsekunden der Periode. Die für die einzelnen Zehntelsekunden gefundenen Häufigkeitswerte wurden größerer Über-

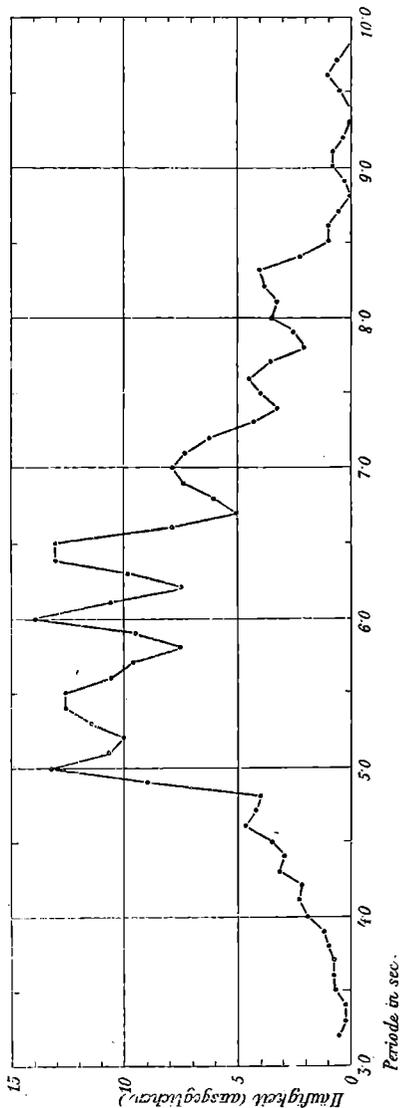


Fig. 3.
Häufigkeit der einzelnen Perioden der Öszillationen.

erwähnten Nebenperioden auf die Häufigkeit untersucht, und zwar nach Zehntelsekunden der Periode. Die für die einzelnen Zehntelsekunden gefundenen Häufigkeitswerte wurden größerer Über-

sichtigkeit wegen nach der Formel $\frac{a+2b+c}{4}$ ausgeglichen und diese ausgeglichenen Werte sind in der Fig. 3 wiedergegeben.

Man sieht, daß die Häufigkeit der Perioden von der unteren Grenze 3 Sek. bis 4·8 Sek. sehr gering ist und eine ansteigende Tendenz zeigt. Bei 4·9 Sekunden nimmt sie plötzlich zu und hält sich auf bedeutender Höhe mit Maximis bei 5·0, 5·4 bis 5·5, 6·0, 6·4 bis 6·5 Sekunden. Von hier an nimmt sie wieder bis zur oberen Grenze stetig ab, wobei noch die Perioden von 7·0, 7·6, 8·2, 9·0 und 9·6 häufiger vertreten sind.

Wenn man die Perioden in Gruppen von halben Sekunden einteilt und für diese Gruppen die Häufigkeit in Prozenten berechnet, bekommt man folgende Werte:

Prozentuelle Häufigkeit der Perioden nach Gruppen von 0·5 Sekunden.

Gruppe	Häufigkeit in Prozenten
3·1 — 3·5	0·7
3·6 — 4·0	1·9
4·1 — 4·5	4·2
4·6 — 5·0	13·0
5·1 — 5·5	17·2
5·6 — 6·0	17·5
6·1 — 6·5	16·6
6·6 — 7·0	9·8
7·1 — 7·5	7·7
7·6 — 8·0	5·4
8·1 — 8·5	4·1
8·6 — 9·0	1·0
9·1 — 9·5	0·3
9·6 — 10·0	0·6

Die größte Häufigkeit weist also die Gruppe 5·6 bis 6·0 Sekunden auf und auf das Gebiet von 5·1 bis 6·5 fallen 51% aller Fälle.

Der Vergleich dieser Werte mit anderen Orten, der wohl interessant zu werden verspricht, kann vorläufig noch nicht unternommen werden, weil unseres Wissens das vergleichbare

Material noch nicht von diesem Gesichtspunkt aus untersucht wurde.¹ Dagegen hat Omori² 70 Fälle von Oszillationen in der Zeit vom Juli 1898 bis Dezember 1899 auf ihre Häufigkeit untersucht. Nach ihm variiert in Japan die Periode der Oszillationen zwischen 3·4 bis 8·0 Sekunden, also sehr nahe in denselben Grenzen wie in Wien und man kann wohl sagen in ganz Europa. Die Häufigkeit der einzelnen Perioden zeigt dagegen in Japan ein anderes Verhalten: sie hat dort ein ausgesprochenes Maximum zwischen 3·9 bis 4·5 Sekunden. Die Periode von 6·0 Sekunden, welche in Wien am häufigsten vorkommt, ist dort äußerst selten.

Eine Abhängigkeit der Periode von der Tageszeit war in Wien ebenso wie in Japan nicht zu merken. Die Änderungen der Perioden geschehen allmählich, unregelmäßig und selten im Laufe einiger Stunden.

Es sei an dieser Stelle bemerkt, daß manchmal Oszillationen zweier Perioden gleichzeitig vorkommen, und zwar tritt diese Erscheinung, wie es scheint, öfter beim Abflauen der Oszillationen als bei ihrem Anwachsen auf. Die Perioden dieser gleichzeitig auftretenden Oszillationen scheinen in einem bestimmten Verhältnis zueinander zu stehen. Das mittlere Verhältnis von 21 untersuchten Fällen betrug $\frac{7}{5}$; auch die Verhältnisse $\frac{4}{3}$, $\frac{3}{2}$ und $\frac{8}{5}$ sind öfter vertreten. Am häufigsten scheint die Kombination von 6·4 Sekunden-Wellen mit solchen von 4·7 Sekunden Periode vorzukommen.

Die Amplitude der Oszillationen

ist in gleicher Weise wie ihre Periode einem bedeutenden Wechsel unterworfen. Als mittlere Amplitude der wirklichen

¹ Es werden sich wohl dazu besonders die in den »Seismischen Registrierungen in Göttingen« (Nachrichten der k. Gesellsch. der Wiss. zu Göttingen, math.-phys. Kl.) alljährlich publizierten Ausmessungen der mikroseismischen Bewegungen eignen. Sie enthalten für jeden Tag 8^h a. die Angaben über Periode und Amplitude der wirklichen Bodenbewegung der N—S-Komponente des Wiechert'schen astatischen Pendels. Auch die Potsdamer Registrierungen würden viel Material liefern.

² F. Omori, Results of the horizontal pendulum observations of earthquakes, July 1898 to Dec. 1899, Tokyo (Publications of the earthquake invest. committee in for. lang. 1901, No. 5).

Bodenbewegung der N—S-Komponente bei den Oszillationen in dem untersuchten Winter ergab sich 3·0 Mikron. Eine untere Grenze anzugeben, stößt auf die Schwierigkeiten der Ausmessung, die natürlich bei kleinen Amplituden rasch anwachsen. So ist eine Bodenunruhe von 1 μ Amplitude bei den normalen Vergrößerungsverhältnissen der Apparate und bei den Verkehrsstörungen wenigstens in Wien schon ziemlich schwer auszumessen. Die Amplitude von ungefähr $\frac{1}{2}$ μ muß man schon eine sehr schwache, kaum merkbare nennen. Bei dem Ausmessen der Amplituden wurden auch immer, wie bei den Perioden, mehrere normale Werte ausgemessen und der Mittelwert berechnet.

Will man die obere Grenze der Amplituden für Wien angeben, so muß man zwischen einer sozusagen normalen Amplitude zu einer bestimmten Zeit und zwischen der Amplitude jener oben erwähnten periodischen Anschwellungen unterscheiden. In Wien ist eine Oszillation von 7 bis 8 μ Amplitude der Bodenbewegung schon als stark zu bezeichnen und 9 μ dürften die obere Grenze der »normalen« Amplituden bilden. Die Elongation einzelner Oszillationen übersteigt bis um das Doppelte diesen Wert. Die größten vereinzelt beobachteten Amplituden wurden gemessen: 14·3 μ am 9. Dezember 1907 und 17·2 μ am 28. Jänner 1908.

Nun stellt sich die Frage, in welcher wechselseitigen Beziehung Amplitude und Periode zueinander stehen. Darauf gibt uns schon ein oberflächlicher Vergleich der beiden oberen Kurven der Fig. 2 die gewünschte Antwort. Das parallele Anwachsen und Abflauen der unteren Amplitudenkurve zeigt, daß die Amplitude der Oszillationen mit der Periode zunimmt. Am deutlichsten zeigt dies die Fig. 4, in welcher als Abszissen die Perioden, als Ordinaten die Amplituden eingetragen sind, und zwar entsprechen die Punkte den mittleren, für die betreffenden nach Zehntelsekunden fortschreitenden Perioden berechneten Mitteln der Amplituden. Diese Mittel wurden nicht ausgeglichen und ihre stellenweise bedeutende Divergenz ist auf das durch verschiedene Häufigkeit einzelner Perioden verursachte ungleiche Gewicht der Mittel zurückzuführen. Die ausgezogene Kurve verbindet dann die nach dem

Gewicht ausgeglichenen Mittelwerte der halbe Sekunden umfassenden Gruppen. Als Gewicht wurde hier die Anzahl aller Werte in der Gruppe angenommen. Sie zeigt uns, daß die Amplitude von ungefähr 7 Sekunden Periode viel rascher zunimmt als bei den niedrigeren Perioden. Ähnliches gegenseitiges Verhalten zeigen schon nach flüchtigem Durchsehen

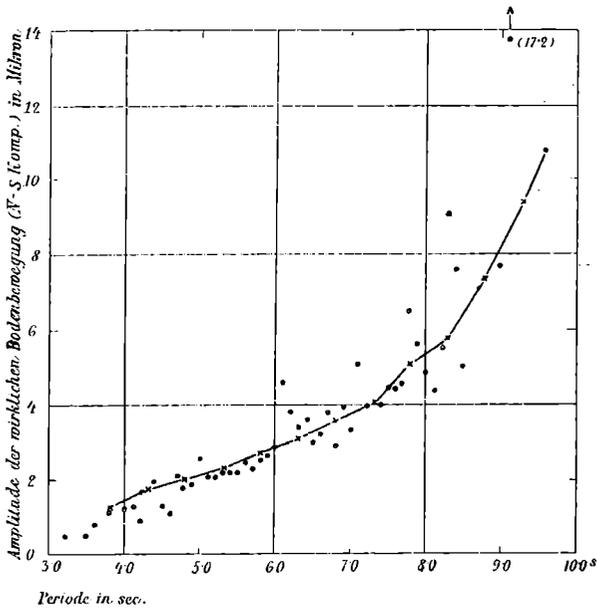


Fig. 4.

Abhängigkeit der Periode und Amplitude der Oszillationen.

x—x Mittel für Gruppen von $\frac{1}{2}$ Sekunden, nach deren Gewicht ausgeglichen.

die beiden Elemente der Oszillationen in Göttingen. Die größten Werte der Amplituden sind nur bei den langen Perioden zu finden.

Wir werden noch weiter bei der Besprechung der mutmaßlichen Ursachen der Bodenunruhe auf diesen Zusammenhang der Amplitude und Periode zu sprechen kommen.

Hier seien nur noch die Amplituden der vertikalen Komponente der Oszillationen in Wien kurz erwähnt. Anfangs Februar 1908 wurde an der k. k. Zentralanstalt für

Meteorologie und Geodynamik ein großes Vertikalpendel von Wiechert aufgestellt. Da seine Registrierungen nur eine kurze Zeit der untersuchten Periode zu Gebote standen, wurden sie bei der ausführlichen Bearbeitung der horizontalen Komponenten nicht herangezogen. Trotzdem sei wegen der Wichtigkeit der Sache der allgemeine Eindruck dieser Aufzeichnungen wiedergegeben. Beim Durchsehen der Registrierungen vom Februar und Anfang März zeigte sich, daß die vertikale Komponente der Oszillationen in Wien eine verhältnismäßig sehr kleine ist. Sehr oft sind an Tagen, wo die horizontalen Komponenten eine starke Amplitude registrieren, die Linien des Vertikalpendels ganz ruhig ohne jede periodische Bewegung. Ein anderesmal sind die Oszillationen bemerkbar, aber sie bleiben immer bedeutend schwächer als die horizontale Bewegung. Wir wollen nur ein Beispiel anführen: Die größte Amplitude in der Vertikalkomponente wurde im Laufe des Februars am 8. beobachtet. Sie betrug im Maximum 2μ , wo gleichzeitig die N—S-Komponente 6 bis 8μ effektive Bodenbewegung registrierte. Diese Beobachtungen scheinen sich durch die Erfahrungen der späteren Zeiten zu bestätigen. Jedenfalls wird man ein endgültiges Urteil erst auf Grund mehrerer systematisch ausgeführter Vergleiche geben können. Wahrscheinlich wird sich hier aber ein bedeutender Unterschied zwischen Wien und Göttingen ergeben, wo nach Zoeppritz¹ die Vertikalbewegung bei den Oszillationen etwa von der gleichen Größenordnung ist wie die Horizontalbewegung. Das Verhältnis der Horizontal- zur Vertikalbewegung schwankt in Göttingen etwa von den Werten $3 : 1$ bis $1/2 : 1$.

Zusammenhang der Oszillationen mit einigen meteorologischen und anderen Faktoren.

Schon bald nach ihrer Entdeckung und besonders oft in der letzten Zeit wurden die Oszillationen auf ihren Zusammenhang mit den meteorologischen Elementen untersucht. Es ist unmöglich, hier alle die Untersuchungen wiederzugeben, die

¹ Karl Zoeppritz, Seismische Registrierungen in Göttingen im Jahre 1906. Nachrichten der k. Gesellsch. der Wiss. zu Göttingen, math.-phys. Kl., 1908.

auch wir mit dem hier enthaltenen Material in Bezug auf seinen Zusammenhang mit den meteorologischen und anderen Faktoren angestellt haben. Es würde das eine endlose Reihe von Zahlen und Diagrammen ergeben und wir wollen uns nur auf eine kurze Skizzierung der Resultate beschränken. Um Wiederholungen zu vermeiden, wollen wir hier ein wenig vgreifen und gleich das Endresultat, eigentlich mehr den End-eindruck der ganzen Untersuchungen mitteilen: Im Laufe der ganzen Bearbeitung haben wir die Überzeugung gewonnen, daß der Hypothese Wiechert's, die Oszillationen fänden in den rhythmischen Bewegungen der durch Brandung getroffenen Meeresküste ihre Ursache, die größte Wahrscheinlichkeit zukommt.

Luftdruck. Die Untersuchungen über die Beziehungen des Luftdruckes zu der Bodenunruhe wie alle folgenden beziehen sich hauptsächlich auf den Monat Jänner 1908, wo die Oszillationen besonders in der zweiten Hälfte bedeutende und rasche Änderungen aufwiesen. Man fand, wie Mazelle¹ in seinen gründlichen und ausführlichen Untersuchungen für Triest, daß kein ausgesprochener Zusammenhang existiert. Der stärkeren Bodenunruhe stehen hohe Barometerstände wie auch niedrige gegenüber.

Der Wind zeigt schon in seiner Geschwindigkeit ähnlich wie in Triest einen größeren Parallelismus mit den pulsatorischen Oszillationen. Jedoch findet man bei einer näheren Untersuchung, daß der lokale Wind in keinem ursächlichen Zusammenhange mit der Bodenunruhe steht. Wir könnten wie Mazelle für Triest, Láska² für Lemberg und Zoeppritz für Göttingen Beispiele anführen, wo bei fast windstillem Wetter starke Oszillationen herrschen und umgekehrt bei stürmischen Winden nur eine äußerst geringe Unruhe zu merken ist. Als markantes Beispiel sei nur der 8. bis 9. März 1908 angeführt, wo in Wien einige Stunden lang vollkommene Windstille

¹ E. Mazelle, Die mikroseismische Pendelunruhe und ihr Zusammenhang mit Wind und Luftdruck. Mitteil. der Erdbeben-Kommission der kaiserl. Akad. der Wiss. in Wien, Neue Folge, XV, 1903.

² W. Láska, Über Pendelunruhe. Gerland's Beiträge zur Geophysik, Ergänzungsband I, p. 209 (1902).

herrschte und auch die weitere Umgebung nur Windstärken von 1 bis 2 Grad (der zehnteiligen Windskala) aufwies. Trotzdem herrschten starke pulsatorische Oszillationen. Auf der englischen und deutschen Küste wütete gleichzeitig ein stürmischer Wind von 8 bis 9 Grad Stärke fast senkrecht gegen die Küste.

Wenn also nicht die lokale Windstärke, dann ist vielleicht die des Windes über den weiten benachbarten Gebieten für die Oszillationen maßgebend? Wir wollen wieder nur ein Beispiel aus den vielen anführen, daß die Stärke des Windes allein die Intensität der Bodenunruhe nicht beeinflußt. Und zwar wollen wir den Winden an der Küste besondere Wichtigkeit beilegen. Am 8. Jänner 1908 hat sich über dem Canal la Manche ein tiefes Minimum (735 *mm*) gebildet. Die starken Gradienten verursachen an der englischen, französischen und westdeutschen Küste stürmische Winde von 7 bis 8 Grad Windstärke. Wenn es also nur auf die Windstärke allein ankäme, hätte man eine bedeutende Verstärkung der Oszillationen erwarten müssen. Diese trat aber, wie in Fig. 2 ersichtlich ist, nicht ein. Wenden wir aber unsere Aufmerksamkeit mehr der Richtung des Windes zu, so sehen wir auf der Wetterkarte, daß entsprechend der Lage des Zentrums der Zyklone die stürmischen Winde an der Westküste Englands mehr aus Nordost bis Nordnordost, also parallel der Küste, wehten, in den südlichen Gegenden zwar aus Nordwest und West, aber auf dem größeren Teile der deutschen Küste wieder aus Südsüdwest bis Süd, also gleichfalls der Küste entlang oder teilweise von ihr weg. Wenn wir dann die Richtung des stürmischen Windes gegen die Küste als unmittelbar mit der Stärke des Seeganges und hauptsächlich mit der Möglichkeit seiner Wirkung gegen die Küste in Verbindung stehend ansehen, können wir uns die geringe Wirkung dieser stürmischen Winde erklären.

Am 26. bis 29. Jänner 1908 ist eine andere tiefe Depression (725 *mm*) im Norden vorübergezogen. Ihre Wirkung auf die Intensität der Unruhe ist sehr deutlich in Fig. 2 zu sehen, wo die Oszillationen nach einer relativen Ruhe am 25. sehr rasch zunehmen, am 28. ihr Maximum erreichen, um dann schnell

wieder abzuflauen. Woher die intensive Wirkung dieser bedeutend entfernteren Zyklone? Die durch sie verursachte Windstärke war nicht viel stärker wie die der Depression vom 8. Jänner. Was hier entscheidend war, kann wieder nur die Richtung des Windes gegen die Küste gewesen sein. Die mittlere aus den Angaben der Küstenstationen von Christiansund bis Brest hinunter berechnete Windrichtung war wegen der nördlicheren Lage des Zentrums der Depression am 28. Jänner aus $W 7^{\circ} N$, also ein nahezu normal gegen die Küste wehender Wind.

Um diesen Einfluß der Richtung und Stärke des Windes näher untersuchen zu können, wurde für alle Tage des Jäners für 7^h, respektive 8^h a. aus den neun Küstenstationen (Christiansund, Scudenes, Stornoway, Malin Head, Valencia, Scilly, Borkum, Griz-Nez und Brest) durch geometrische Addition die mittlere Windrichtung und Windstärke berechnet. Der Vergleich dieser mittleren Werte mit der Bodenunruhe war sehr lehrreich und bestätigte das, was hier eben an zwei Beispielen gezeigt wurde: Starke Winde verursachen Zunahme der Oszillationen, aber nur dann, wenn sie gegen die Küste wehen und so einen starken, gegen die Küste gerichteten Seegang verursachen können. So erreichte die mittlere Windstärke an der Küste für das erst-erwähnte Beispiel vom 8. Jänner den 5. Grad, und zwar aus Nordost bis Nordnordost, also parallel der Küste; am 28. Jänner Windstärke 6 aus West bis Westnordwest. Die Änderung der Windrichtung und Stärke in den letzten Jännertagen und das gleichzeitige Verhalten der Bodenunruhe ist überhaupt sehr interessant. Wie schon erwähnt wurde, erreicht die Bodenunruhe am 28. ihren Maximalwert, als der am 27. gleich starke Wind sich der Westrichtung am meisten genähert hat. Am 29. dauert er noch in fast gleicher Stärke an, hat sich aber schon gegen Nordnordwest gedreht und die Oszillationen nehmen nunmehr ersichtlich ab. Diese Abnahme wird am 30. auffallend, der mittlere Wind an der Küste ist auf Windstärke 10 *km*/Stunde abgeflaut, Richtung aus Nordwest. Am 31. hat er wieder infolge einer neuen Depression auf Stärke 4 bis 5 zugenommen, weht aus Nordwest und mit dieser Zunahme

geht auch eine neue Verstärkung der Oszillationen in Wien Hand in Hand.

Um den direkten Zusammenhang des Seeganges mit der Intensität der Bodenunruhe zu untersuchen, haben wir für die durch die raschen Änderungen charakteristische Periode vom 20. bis 31. Jänner den mittleren Seegang um 8^h a. für sechs deutsche und drei westenglische Küstenstationen nach den Berichten der Deutschen Seewarte berechnet. Der Vergleich mit der gleichzeitig in Wien um 7^h a. beobachteten Amplitude der Oszillationen ergab folgende Werte:

Seegang (0—9)	Mittlere Amplitude in Mikron
0 — 1	—
1 — 2	3·8
2 — 3	4·4
3 — 4	4·5
4 — 5	5·5
5 — 6	6·2

Sie zeigen eine deutliche Zunahme der Amplitude, besonders bei höheren Graden des Seeganges.

Man wird wohl nicht immer, wie uns auch die Erfahrung zeigte, diese Parallelität beider Faktoren so deutlich und bis ins einzelne gehend vorfinden. Es wäre aber nicht richtig, nur deswegen die anderen für diese Hypothese sprechenden Erfahrungen anzuzweifeln. Es ist jedenfalls nicht zu erwarten, daß nur die englische, französische und deutsche Küste für die Bodenunruhe maßgebend ist, und man kann sich wohl denken, daß sich auch die Brandung im hohen Norden bei ruhiger deutscher Küste bei uns bemerkbar machen kann. Auch müßte für solche Untersuchungen die recht willkürliche und nur einmal täglich vorgenommene Schätzung des Seeganges durch genauere Daten ersetzt werden.¹

¹ Vgl. Zoeppritz, l. c., 1906.

Zum Schlusse dieser Ausführungen wollen wir noch erwähnen, daß auch die Änderung des Luftdruckes über Europa von Tag zu Tag im Jänner untersucht wurde, gleichfalls nach verschiedenen Richtungen und Gebieten. Es ergaben sich aber keine positiven Resultate. Man hat wohl gefunden, daß die Bodenunruhe an Tagen der stärkeren Luftdruckänderung intensiver auftritt und bei gleichmäßiger Luftdruckverteilung schwach ist, jedoch läßt sich ein kausaler Zusammenhang zwischen diesen Luftzuständen, die auch für die Windstärke maßgebend sind, kaum beweisen.

Untersuchung der effektiven Bodenbewegung in der Horizontalebene bei den pulsatorischen Oszillationen.

Die Zerlegung der Bodenbewegung in zwei senkrecht aufeinander stehende Komponenten gibt uns die Möglichkeit, aus den Aufzeichnungen der beiden Komponenten ein Bild der wirklichen Bewegung eines Teilchens der Erdoberfläche in der horizontalen Ebene zu konstruieren, welches über die eigentliche Richtung der Bewegungen und die Richtungsänderungen einen deutlicheren Aufschluß bieten kann. Wir haben solche Bilder der pulsatorischen Oszillationen in Wien für verschiedene Minuten und Tage konstruiert. Über den Vorgang dieser ziemlich delikaten Arbeit sei folgendes bemerkt.

Die N—S- und E—W-Komponente, in welche gewöhnlich die seismischen Bewegungen zerlegt werden, liefert uns bekanntlich ein nach der Zeit entwickeltes Bild der Amplituden der Bewegung in ihrer Richtung. Um den wirklichen Ort des Punktes in der Horizontalebene für einen bestimmten Zeitpunkt zu finden, braucht man nur die synchronen Werte der Amplituden in das Koordinatennetz einzutragen.

Auf die genaue zeitliche Übereinstimmung der in beiden Komponenten ausgemessenen Werte ist natürlich das Hauptgewicht zu legen, weil von ihr die Richtigkeit des erhaltenen Bildes der Bodenbewegung abhängt. Wir gingen bei diesen Ausmessungen folgendermaßen vor: Von den Aufzeichnungen beider Komponenten wurden Kontaktkopien auf Bromsilberpapier hergestellt; aus diesen die betreffenden zu untersuchenden Zeitabschnitte herausgeschnitten und die korrespondierenden

Minuten von beiden Komponenten nebeneinander geklebt, natürlich nach vorhergegangener genauer Feststellung der Bewegungsrichtungen. Die Kopien wurden dann auf einem durch Mikrometerschrauben rechtwinklig verschiebbaren Meßtisch eines Mikroskops befestigt und die korrespondierenden Minutenmarken, die durch das Abheben der Schreibstifte scharf markiert sind, mit Hilfe einer Okularmikrometerskala genau in eine der Bewegungsrichtungen gebracht, wodurch dann durch die Verschiebung in der senkrechten Richtung die zeitlich zusammengehörigen Punkte der beiden Komponenten durch einen Strich der Okularskala ausgesucht werden konnten. In der Richtung der Zeit wurde nach den in Millimetermaß umgerechneten Sekunden vorgeschritten, wobei die Zeiten der zwischen den Sekunden liegenden Wellenberge und Wellentäler und anderer charakteristischer Punkte mit Hilfe der Okularskala auf Zehntelsekunden bestimmt wurden. Für alle diese synchronen Punkte wurden dann durch Verschiebung in der Amplitudenrichtung nach jedesmaliger Einstellung des betreffenden Punktes mit Hilfe der Okularskala die zugehörigen Amplituden in Millimetern abgelesen. An den Nonien konnte man in den beiden Bewegungsrichtungen die Zehntelmillimeter direkt ablesen, die Hundertstel schätzen. Die angewendete Vergrößerung war 30fach. Sie war bei der Schärfe der Kopien noch ganz gut zulässig.

Nach diesen Ausmessungen wurden dann die Kurven der beiden Komponenten in großem Maßstab auf Millimeterpapier gezeichnet, wobei schon die Amplitude in wirkliche Bodenbewegung umgerechnet wurde. Es ist vorteilhaft, die beiden Kurven in verschiedenen Farben übereinander zu zeichnen. Auf Grund dieser Zeichnungen wurde dann in bekannter Weise die Bewegung eines Bodenteilchens im Laufe der betreffenden Minute konstruiert. Auf die Phasenverzögerung der Indikatorbewegung gegenüber der Erdbodenbewegung brauchte bei diesen Ausmessungen keine Rücksicht genommen zu werden, weil diese Phasenverzögerungen bei den angewendeten Konstanten unter den Ausmessungsfehlern liegen.

Als charakteristisches Beispiel dieser Bewegung für Wien möge die Fig. 5 wiedergegeben werden.

Es ist das die Zeit der starken Bodenunruhe am 28. Jänner 1908. Die Skalenteile sind Mikron der wirklichen Bodenbewegung, die Zeit ist auf der Kurve von 2 zu 2 Sekunden eingetragen. Wie man sieht, überwiegt die Bewegung in zwei Richtungen: Nordwest und Westsüdwest. Wenn man das auf

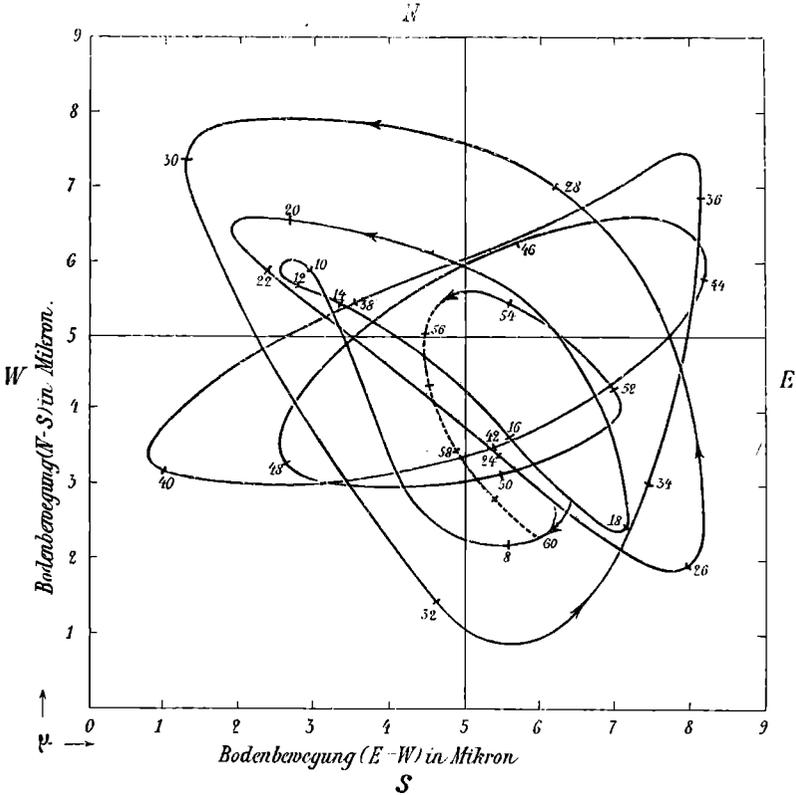


Fig. 5.

Bewegung eines Bodenteilchens in der Horizontalebene bei den pulsatorischen Oszillationen in Wien am 28. Jänner 1908, 20^h 5^m—6^m (M. E. Z.).

den ersten Blick so komplizierte Bild näher betrachtet, merkt man, wie die Amplituden der Bewegung in der Nordwestrichtung vom Anfang der Minute an immer zunehmen; nach 32 Sekunden, nach Erreichen der größten Amplitude, zeigt die Bewegung die Tendenz, in die südwestliche überzugehen, was auch um 36 Sekunden geschieht. In dieser Richtung flaut dann

die Amplitude langsam ab. Die Verhältnisse zweier aufeinanderfolgender Amplituden sind bei ihrer Zunahme in der Nordwestrichtung 1·1, 1·2, 1·3, 1·5, bei der Abnahme in der Südwestrichtung dann 0·9, 0·8, 0·7, 0·5. Die hier graphisch dargestellte Minute umfaßt eben so eine periodische Anschwellung der Bewegung, wie sie oben erwähnt wurde. Inwieweit der lokale Wind und eventuell das Schwingen des Gebäudes in dieser Minute mitwirkte, entzieht sich der Beurteilung. Es muß aber betont werden, daß dieselbe einer in bezug auf den Wind ruhigen Periode entnommen wurde und die Registrierkurven zeigen eine Regelmäßigkeit, die auf eine bedeutendere Windstörung nicht schließen läßt. Diese Windstörungen sind ihrem Charakter nach sofort zu erkennen. Eine andere Minute von demselben Tage der starken Bodenunruhe um 14^h 20—21^m zeigt auch ein deutliches Überwiegen der Nordwestrichtung, die zeitweise in die Südwestrichtung übergeht. Sie entstammt einem normalen Verlaufe der Unruhe ohne Anschwellungen.

Weiter haben wir zu diesen Untersuchungen noch einen Tag ausgewählt, den oben besprochenen 9. März 1908, und zwar die Zeit um 21^h 16—18^m, wo in Wien vollkommene Windstille herrschte. Es war also hier der direkte Einfluß des Windes ausgeschlossen. Die Bewegung dieser Minuten sieht bedeutend anders aus. Im ganzen überwiegt die Nordsüdrichtung, in der sich diese zeitweiligen Impulse bemerkbar machen. Die Südwestrichtung ist nur wenig und das nur als Übergang zu der zweiten Hauptrichtung Nordwest vertreten, in der auch deutliche periodische Verstärkungen zu merken sind, die den in der Nordsüdrichtung an Intensität nicht nachstehen. Man könnte wohl diese Verschiedenheiten durch die Richtung der von dem Seegange herrührenden Impulse erklären.

Am 28. Jänner überwog sicher die Wirkung der nordwestlichen Küste, wo der am Morgen des 28. noch westliche Wind abends schon eine Nordwestrichtung angenommen hatte. Die Südwest- bis Nordostrichtung, in der auch das Abflauen beobachtet wurde, könnte man vielleicht als die von der unterliegenden Scholle bevorzugte Schwingungsrichtung auffassen. Das Auftreten der Impulse in der Nordsüd- und Nordwest- bis

Südostrichtung am 9. März 1908 wäre dadurch erklärlich, daß an diesem Tage an der nördlichen Adria und im Golf von Genua stärkere südöstliche Winde wehten, die mit den nördlichen im hohen Norden wohl einen stärkeren Seegang und die Impulse verursachen konnten.

Es liegt der Gedanke nahe, daß solche Bilder der wirklichen Bewegung bei der Bodenunruhe oder genauer gesagt ihrer Projektion in die Horizontalebene, wenn sie gleichzeitige Daten von planmäßig über ein großes Gebiet verteilten Orten lieferten, sehr viel zur Kenntnis dieses Phänomens beitragen würden. Wir haben einen kleinen Vorversuch einer solchen synoptischen Untersuchung unternommen, indem wir für den 28. Jänner, wo eine starke Bodenunruhe herrschte, synoptische Bilder der Oszillationen für die Zeit von 8^h p. für Wien, Hamburg und Straßburg konstruierten. Diese Stationen sind wegen ihrer verschiedenen Entfernung von der Küste und wegen ihrer identischen Apparate für diese Untersuchungen sehr geeignet. Dieser Versuch ergab ein sehr interessantes Resultat, welches die Hypothese Prof. Wiechert's bedeutend bekräftigt. Von diesen synchronen Bildern sei hier außer Wien (Fig. 5) noch das von Hamburg (Fig. 6) wiedergegeben.¹

Die Intensität der Oszillationen ist dort ungefähr die sechsfache wie in Wien, wenn man die durch die größten Amplituden der Bewegung bestimmten Flächen in Betracht zieht. Der Maßstab des Bildes ist viermal kleiner wie der von Fig. 5. Um das Bild nicht sehr unübersichtlich zu machen, haben wir nur sieben Zehntel der Minute ausgezogen. Die Bewegung zeigt auch wie in Wien zwei ausgesprochene Richtungen: die südwestliche und die nordnordwestliche. Das Bild umfaßt auch eine jener starken Anschwellungen der Wellen der N—S-Komponente, die man auf der Figur von der 44. Sekunde an verfolgen kann. Die Bewegung nimmt hier eine bedeutend größere Amplitude an, die um 51 Sekunden in einer äußerst starken Elongation von 29 μ Bodenbewegung in

¹ Die Kopien von Hamburg und Straßburg wurden nur mit Lupe und Maßstab auf das genaueste ausgemessen, da der Mangel an Kontrasten die Ausmessung mit dem Mikroskop nicht zuließ.

der Richtung Nordnordwest gegen Südsüdost ihr Maximum erreicht. Dann nimmt die Amplitude wieder rasch ab und in der nächsten Minute, die auf dem Bilde nicht mehr eingezeichnet wurde, kehrt die Richtung wieder in die südwestliche mit kleineren Amplituden zurück. In Wien sind diese periodischen Impulse ungefähr viermal schwächer.

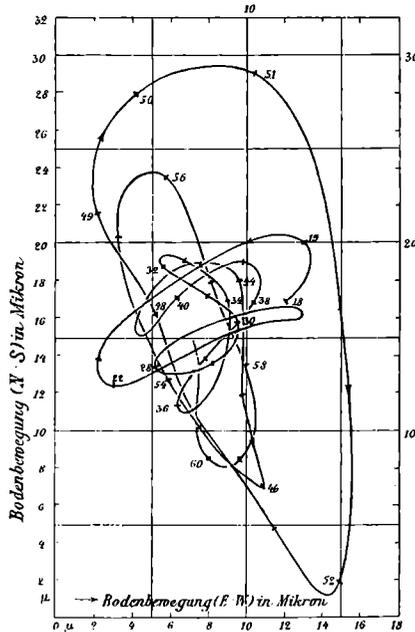


Fig. 6.

Bewegung eines Bodenteilchens in der Horizontalebene bei den pulsatorischen Oszillationen in Hamburg am 28. Jänner 1908, 20^h 11^m (M. E. Z.).

In vierfach verkleinertem Maßstab wie Fig. 5.

Straßburg zeigt ungefähr das Mittelbild zwischen Hamburg und Wien. Es überwiegt auch die SW—NE-Richtung. Was die Richtung der Impulse betrifft, ist sie dort nicht so gut ausgesprochen, wenigstens nicht in der einen untersuchten Minute, die man freilich nicht als für eine längere Zeit maßgebend ansehen darf. Doch zeigt sich auch in Straßburg eine größere Beschleunigung der Bewegung in der Richtung von

Südwest nach Nordost und Nord gegen Süd, was auch wohl gut mit der Wirkung der Brandung, die hier in zwei Richtungen deutlich zur Geltung kommen kann, stimmen würde.

Die große Zunahme der Intensität der Oszillationen gegen die Küste zu ersieht man klar aus folgenden Daten, wo als Maß der Intensität die rechtwinklige, von der Bewegung eingenommene Fläche gewählt wurde. Wenn man Wien als 1 setzt, ergibt sich:

	Wien	Straßburg	Hamburg
Intensität der Oszillationen	1·0	4·4	5·8
Entfernung von der Küste	1·0	0·5	0·1

Dieses Faktum ist wohl nach der Wiechert'schen Vermutung äußerst leicht erklärlich, schwer aber nach der Annahme, daß es die Reibung der Luftmassen über den großen Festlandflächen ist, welche die Bodenunruhe verursachen sollte. Wohl ist der Wind an der Küste auch stärker gewesen, aber die Reibungsflächen des Festlandes fehlen hier.

Es ist möglich, daß sich vielleicht bei ähnlichen Untersuchungen, zum Beispiel an einer einzelnen Zwischenstation, etwas andere Verhältnisse finden, die eine Abnahme der Oszillationen mit der Entfernung von der Küste nicht bestätigten; dann muß in Betracht gezogen werden, daß die Intensität der Bodenunruhe wohl auch in gewissem Maße von der geologischen Lage der Station und ihrem Untergrunde abhängig sein kann.

Schließlich wollen wir noch sehen, ob sich die Periode der Oszillationen und das Anwachsen der Amplitude mit dem Steigen der Periode mit der Annahme vereinigen läßt, daß die Bodenunruhe durch den rhythmischen Anprall der Wellen an die Küsten verursacht wird. Bereits Wiechert¹ verglich, um seine Hypothese zu prüfen, die in Göttingen aufgenommenen Seismogramme mit Wellenzählungen an der Küste von Skandinavien. Er fand, daß gewisse Perioden vorherrschen und

¹ Verhandlungen der vom 21. bis 25. September 1907 in Haag abgehaltenen zweiten Tagung der permanenten Kommission der Internationalen seism. Assoziation, p. 62.

besonders die Periode von 8 Sekunden war stark ausgeprägt. Da dies etwa die Hälfte der bei großen Erdbeben häufig beobachteten Periode von 17 bis 18 Sekunden ist, konnte man an eine Eigenschwingung der Erdrinde denken. Da sich aber später ergab, daß die Perioden von 5 bis 11 Sekunden variieren, liegt die Möglichkeit vor, daß es sich um eine Resonanzerscheinung der Erdrinde handle, deren Maximum in der Nähe der Periode von 7·5 Sekunden liegt. Wiechert hat wegen der zur Verfügung stehenden unzulänglichen Mittel diese Untersuchungen noch nicht abgeschlossen.

Das für dieselben notwendige Beobachtungsmaterial der Perioden der Meereswellen ist noch ziemlich spärlich und es bezieht sich meistens auf fremde Küsten. Doch zeigt sich, daß die Perioden der Meereswellen mit den Perioden der Oszillationen sehr gut in Einklang zu bringen sind. Sie variieren z. B. im indirekten Passatgebiete nach Schott¹ zwischen 4·6 bis 9 Sekunden und nehmen sehr deutlich mit der Windstärke zu:

Windstärke (0—12)....	5	6	8—9
Periode in Sekunden ...	4·6	5·4	8·8

Jedenfalls muß man die Brandung mit der zunehmenden Windstärke als stärker auffassen, was wohl die größere Amplitude der verursachten Oszillationen begründet. Natürlich kann hier auch der von Wiechert erwähnte Umstand mitspielen, daß sich die ansteigenden Perioden der Periode der Eigenschwingung der Erdrinde bis zu einer darunterliegenden, sehr nachgiebigen Magmaschicht nähern.² In diesem Falle würden die Teilchen horizontal hin- und hergehen, nur eine Ebene in der Mitte zwischen der unteren Grenze und der Erdoberfläche bliebe in Ruhe. Zu beiden Seiten dieser »Knotenfläche« wäre die Bewegung entgegengesetzt, und zwar um so größer, je

¹ Aus Supan, Grundzüge der physischen Erdkunde, IV. Aufl., 1908, p. 288.

² E. Wiechert und K. Zoeppritz, Über Erdbebenwellen, I. Teil. Nachrichten der k. Gesellsch. der Wiss. zu Göttingen, math.-phys. Kl., 1907, p. 54 und 55.

größer der Abstand von der Knotenfläche wäre. Dabei würde als Dicke D der Erdrinde bis zur Magmaschicht gelten:

$$D = \frac{T}{2} b,$$

wobei b nach beobachteten Geschwindigkeiten der Hauptwellen auf etwa $3\frac{1}{2}$ km/sec zu schätzen sei. Es ergäbe sich demnach als Dicke der schwingenden Erdrinde für $T = 8$ sec und $T = 18$ sec 14, respektive 35 km . Es erscheint auch durchaus möglich, daß die Dicke an verschiedenen Stellen verschieden ist. Da bei großen Weltbeben Perioden von 17 bis 18 Sekunden besonders häufig sind, wäre es nach Wiechert wahrscheinlich, daß eine Dicke von zirka 30 km besonders häufig vorkommt.

Die Periode der Oszillationen ist also in erster Linie von der Periode der Brandung abhängig. In jenem untersuchten Falle vom 28. Jänner 1908 war sie in Wien und Hamburg fast genau die gleiche, 7 Sekunden; in Straßburg etwas länger, 8 bis 9 Sekunden. Das sind wohl Unterschiede, die leicht durch Individualität der an dem betreffenden Orte hauptsächlich zur Geltung kommenden Brandung zu erklären sind.

Jedenfalls wird man in dieser Frage erst die von der internationalen seismologischen Assoziation in Aussicht genommenen Wellenuntersuchungen an den verschiedenen Küsten abwarten müssen. Es wäre nur zu wünschen, daß bei diesen Untersuchungen auf die Küsten von Europa das Hauptgewicht gelegt würde, wo das dichteste Netz von modernen und vergleichbares Material liefernden Apparaten zu finden ist. Ihre über ein großes Gebiet verteilten Aufzeichnungen könnten dann in Vereinigung mit den Resultaten der Küstenuntersuchungen sehr zur Aufklärung dieser Erscheinung beitragen.

Jetzt wollen wir noch das oben erwähnte periodisch wiederkehrende Anwachsen der Amplitude der Bodenbewegung eingehender betrachten. Es ist gerade so in Hamburg wie in Straßburg und Wien vorhanden. In Wien haben wir bei der Ausmessung seine Periode nach Möglichkeit bestimmt. Sie ist nicht scharf ausgesprochen, aber es kommen

doch bestimmte Perioden mit Vorliebe vor. Es sind das 1 Minute, 1·5 Minuten, 3·0 Minuten und besonders häufig die Periode von 2·2 Minuten. Im Bilde der wirklichen Bodenbewegung entsprechen sie, wie wir gesehen haben, einem starken, gewöhnlich aus dem Nordwestquadranten rasch gekommenen Impuls. Wir haben über diese periodischen Impulse und ihre Ursache noch keine nähere Erwähnung gefunden. Wie sind sie zu erklären? Im ersten Augenblick könnte man wohl an die periodischen Windstöße denken. Bei Gelegenheit eines stürmischen Windes am 3. und 4. Februar 1909 in Wien wurde die Periode der starken Windstöße auf zweierlei Weise ermittelt. Eine ungefähr $\frac{1}{2}$ Stunde dauernde direkte Beobachtung nach den heftigsten Bewegungen der Bäume ergab die mittlere Periode von 2·2 Minuten; sie schwankte zwischen 1·0 bis 3·0 Minuten. Außerdem werden die Windstöße sehr klar von dem im Garten der Zentralanstalt aufgestellten Hellmann'schen selbstregistrierenden Schneemesser verzeichnet, in dem von jedem Windstoß das Gefäß des Schneemessers etwas niedergedrückt und dadurch der Stoß deutlich registriert wird. Die Zeitskala des Apparates erlaubt es, die Periode der Windstöße im Mittel auf Bruchteile von einer Minute zu bestimmen.

Eine solche Ausmessung für ungefähr fünf Stunden ergab als mittlere Periode der Windstöße 2·1 bis 2·2 Minuten, wobei die einzelnen Stunden nur um einige Zehntelminuten variierende Werte aufwiesen. Diese Übereinstimmung der Periode der Windstöße mit der Periode der Amplitudenanschwellungen wird wohl kaum eine zufällige sein. Man kann aber kaum an eine direkte Wirkung dieser periodischen Windstöße denken; wie könnte man sonst die Anschwellungen der Oszillationen zur windstillen Zeit wie in der Fig. 1 erklären? Man könnte aber bei der Brandung an das Bestehen der besprochenen Periodizität denken. Diese Frage kann aber hier nur aufgeworfen werden, denn ehe an eine Fernwirkung der Windstöße gedacht werden könnte, wäre vor allem zu untersuchen, ob die Brandung selbst vielleicht solche eventuell durch jene Windstöße verursachte periodische Intensitätsschwankungen aufweist.

Zum Schlusse sei hier noch auf die Wichtigkeit der Untersuchungen der pulsatorischen Oszillationen in größerer Tiefe unter der Erdoberfläche hingewiesen. Es würden dabei wohl für die Art der Bewegung wichtige Resultate zutage treten. Bis jetzt wissen wir darüber sehr wenig. Rossi hat in 18 *m* Tiefe nur die halbe Amplitude wie an der Erdoberfläche beobachtet; zum ähnlichen Resultat ist Hecker für 25 *m* Tiefe in Potsdam gekommen.¹ Ein von diesem Gesichtspunkt aus einzig dastehendes Material würden dazu die Registrierungen der im Jahre 1903 bis 1904 tätigen seismographischen Doppelstation in Pöbram in Böhmen liefern, wo zwei identische Wiechert'sche astatiche Pendel aufgestellt waren, das eine an der Erdoberfläche, das andere 1100 *m* tief unter derselben. Nach einer Mitteilung des Herrn Prof. Benndorf, welcher diese Aufzeichnungen auch in dieser Hinsicht zu bearbeiten gedenkt, zeigt die Bodenunruhe, soviel sich vorläufig beurteilen läßt, keine merkliche Abnahme bis zu 1000 *m* Tiefe.

Es gereicht mir zum besonderen Vergnügen, an dieser Stelle den Herren Prof. Dr. G. Gerland, Direktor der k. Hauptstation für Erdbebenforschung in Straßburg, und Prof. Dr. R. Schütt, Direktor der Erdbebenhauptstation in Hamburg, für die mir bereitwilligst zur Verfügung gestellten Registrierungen, respektive Kopien meinen verbindlichsten Dank auszusprechen. Auch meinem Kollegen Herrn Dr. Wilhelm Schmidt danke ich bestens für sein während dieser Arbeit mir bekundetes Interesse.

¹ O. Hecker, Untersuchungen von Horizontalpendelapparaten. Zeitschr. für Instrumentenkunde, XIX, p. 268, 1899.

Zusammenfassung der Resultate.

Die Bearbeitung der pulsatorischen Oszillationen (mikroseismische Unruhe) des Erdbodens in Wien im Winter 1907/1908 nach den Aufzeichnungen des astatischen Pendelseismometers von Wiechert ergab folgende Hauptresultate:

1. Die pulsatorischen Oszillationen erreichen in Wien wie an anderen Orten ihr Maximum in den Wintermonaten; sie fehlen fast ganz im Sommer, wo sie nur äußerst selten und schwach auftreten.

2. Die Periode der Oszillationen variierte im Winter 1907/1908 zwischen 3·2 bis 9·7 Sekunden. Die häufigsten, die Hälfte aller Fälle, sind die Perioden zwischen 5·0 und 6·5 Sekunden.

3. Die Änderung der Periode geschieht allmählich, unregelmäßig und eine Abhängigkeit der Periode von der Tageszeit ist nicht bemerkbar.

4. Öfter treten Oszillationen von zwei Perioden gleichzeitig auf, deren Perioden im Mittel im Verhältnis 7 : 5 stehen.

5. Die Amplitude der wirklichen Bodenbewegung bei Oszillationen ist stark veränderlich. Im Mittel betrug sie bei der N—S-Komponente 3·0 μ . Als obere Grenze einer starken Unruhe in Wien kann man 9 μ wirklicher Bodenbewegung bezeichnen. Werte über 15 μ kamen nur vereinzelt vor.

6. Die vertikale Komponente der pulsatorischen Oszillationen in Wien scheint nach den bisherigen Beobachtungen klein zu sein.

7. Die Amplitude nimmt mit der Periode zu, besonders von 7 Sekunden Periode aufwärts.

8. Die Untersuchungen des Zusammenhanges der Oszillationen mit einzelnen meteorologischen und anderen Faktoren ergeben das Resultat, daß ein direkter Zusammenhang nicht nachweisbar ist; die größte Wahrscheinlichkeit nimmt die Hypothese Wiechert's für sich in Anspruch, daß die Pulsationen durch die rhythmischen, von der Brandung an der Meeresküste ausgelösten Bewegungen zu erklären sind.

9. Für diese Hypothese scheinen auch die konstruierten Bilder der wirklichen Bodenbewegung zu sprechen, besonders

aber die Untersuchung der gleichzeitigen Bodenbewegung an drei verschieden von der Küste entfernten Stationen: Hamburg, Straßburg und Wien. Sie zeigen eine rasche Abnahme der Oszillationen mit der Entfernung von der Küste.

10. Zur definitiven Beantwortung vieler Fragen sind noch eingehende Untersuchungen der Brandung und der Periode der Meereswellen notwendig, welche auch über die beobachtete sekundäre Periode der Oszillationen (2·2 Minuten) Aufschluß geben müssen.

K. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik.

Pulsatorische Oszillationen in Wien. Dezember 1907. N—S-Komponente.

Datum	Periode in Sekunden			Mittel	Amplitude in Mikron			Mittel	Periode der relativen Maxima			Anmerkungen
	7 ^h a.	2 ^h p.	9 ^h p.		7 ^h a.	2 ^h p.	9 ^h p.		7 ^h a.	2 ^h p.	9 ^h p.	
	Minuten											
1	4·6	(4·2)	4·6	4·5	0·8	0·8	1·3	1·0	—	—	—	sehr schwach, stellenweise ganz ruhig ganz vereinzelt Gruppen, Periode un- sicher, tagsüber Zunahme
2	(5)	(5)	5·0	5·0	1·2	2·0	2·0	1·7	—	—	—	
3	6·5	8·1	7·5	7·4	2·7	5·1	4·1	4·0	—	2·3	2·3	—
4	7·6	7·2	7·5	7·4	5·6	3·8	3·0	4·1	(1·5)	—	—	tagsüber abflauend
5	7·0	6·4	6·4	6·6	3·8	3·1	2·7	3·2	2·2-3·0	—	—	—
6	5·5	6·4	5·5	5·8	2·5	2·7	2·8	2·7	—	—	3·0	zeitweise Wellen von 5·2 ^s Periode, A = 2·5 μ, auch 6·0 ^s Periode
7	6·4	(5·1)	5·8	5·8	3·9	3·3	3·2	3·5	2·2	—	—	—
8	5·7	5·5*	7·0	6·1	2·8	2·5	4·2	3·2	2·1	—	—	abends bedeutende Zunahme; * zeit- weise 6·5 ^s , A = 3·1 μ
9	8·3	8·4	8·3	8·3	9·1	9·1	6·2	8·1	2·3	1·9, 1·5	—	Maximum der Amplitude um 2 ^h p.: 14·3 μ bei 8·3 ^s Periode
10	6·9	7·2	6·3	6·8	3·9	3·8	2·8	3·5	—	2·4	—	von Mitternacht abflauend
11	(6·0)	6·0	(4·6)	5·5	(1·2)	1·2	0·8	1·1	—	—	—	bedeutend nachgelassen, nur zeitweise
12	4·6	4·1*	—	(4·3)	0·8	0·8	0·0	0·5	—	—	—	* vereinzelt Gruppen sehr schwach
13	(3·6)*	5·0	5·5	4·7	< 0·8	1·0	1·2	1·0	—	—	—	* um 6 ^h a., um 7 ^h a. von Verkehrs- störungen überlagert; sehr schwach

14	6·2	5·4	(6·3)	6·0	3·1	2·5	2·8	2·8	—	1·9	2·6	von Mitternacht an deutliche Zunahme; zeitweise 3·8 ^s , $A = 1·6 \mu$
15	*	(5·6)	—	(5·6)	—	1·6	—	(1·6)	—	—	—	ab 6 ^h a. Windstörungen; zeitweise 4·1 ^s bei $A = 1·7 \mu$
16	(5·7)	—	6·4	(6·0)	1·2	—	2·0	1·1	—	—	—	sehr schwach, unregelmäßig (gestört)
17	6·2	6·4	6·0	6·2	2·0	2·0	2·0	2·0	—	—	—	—
18	7·2	7·3	7·4	7·3	4·2	4·6	3·4	4·1	2·2	2·4	—	morgens Zunahme
19	6·9	7·1	(6·4)	6·8	3·8	3·8	2·8	3·5	2·4	—	—	vom Wind gestört
20	6·7	8·0	6·9	7·2	3·9	4·8	4·2	4·3	—	—	—	einige Gruppen von 9·0 ^s Periode
21	6·5	7·2	6·7	6·8	2·8	3·0	2·7	2·8	—	—	2·0	morgens zeitweise 4·9 ^s , $A = 2·0 \mu$
22	6·8	6·9	7·1	6·9	3·1	3·9	4·6	3·9	1·9	1·9	—	—
23	6·8	7·6	6·8	7·1	3·9	4·9	3·9	4·2	1·5, 2·0	—	—	—
24	6·0	6·6	6·5	6·4	2·4	2·8	2·0	2·4	—	—	—	—
25	6·6	6·3	6·1	6·3	2·7	2·0	2·4	2·4	2·4	—	2·0	unregelmäßig
26	5·5	5·4	5·3	5·4	2·0	2·4	3·3	2·6	—	—	—	—
27	6·4	6·0	6·5	6·3	4·4	4·4	3·9	4·2	1·6	—	—	von Mitternacht an zunehmend
28	6·5	5·4	5·0	5·6	3·9	3·3	4·1	3·8	—	—	—	sehr regelmäßig
29	4·6	*	*	(4·6)	1·7	—	—	(1·7)	—	—	—	* Registrier-Streifen nicht vorhanden
30	*	4·3	4·7	4·5	—	3·0	1·7	2·4	—	—	—	—
31	4·4	—	—	(4·4)	1·7	0·0	0·0	0·6	—	—	—	unregelmäßig, nur zeitweise auftretend und sehr schwach
Mittel	6·1	6·2	6·0	6·0	3·0	3·0	2·8	2·8	—	—	—	

Dezember 1907. E—W-Komponente.

Datum	Periode in Sekunden			Mittel	Amplitude in Mikron			Mittel	Anmerkungen
	7h a.	2h p.	9h p.		7h a.	2h p.	9h p.		
1	4·7	(4·0)	4·5	4·4	1·0	1·0	1·0	1·0	—
2	4·7*	4·7	5·6	5·0	2·0	2·0	2·4	2·1	* nur ganz vereinzelte Gruppen, sonst schwach; Windstörungen
3	6·0	7·5	8·2	7·2	3·3	3·7	4·5	3·8	früh einzelne Gruppen von bis 8 ^s Periode
4	7·7	7·6	7·1	7·4	3·7	3·7	2·8	3·1	—
5	7·2*	—	(5·4)	6·3	2·8	—	1·4	2·1	* zeitweise Wellen von 4·7 ^s Periode, 2h p. unregelmäßig, unbestimmbar
6	(5·1)	5·9	5·3	5·4	2·0	2·4	2·4	2·3	—
7	5·9	—	—	(5·9)	2·4	—	—	(2·4)	wegen Windstörungen unbestimmbar
8	(4·5)	5·5	7·1	5·7	(2·0)	2·4	3·7	2·7	stellenweise 4·3 ^s Periode, 1·0 μ
9	8·8	8·3	8·0	8·4	6·6	6·6	4·5	5·9	—
10	7·0	6·9	6·2	6·7	2·3	1·9	1·9	2·0	tagsüber abnehmend, abends nur zeitweise
11	*	*	*		0·0	0·0	0·0	(0·0)	* sehr schwach, nicht auszählbar
12	—	(4·1)	—	(4·1)	0·0	1·0	0·0	0·3	nur zeitweise, sehr schwach
13	—	—	5·7*	(5·7)	0·0	0·0	1·4	0·5	* in Perioden von 1·7 bis 2·2 ^m auftretend
14	6·4	4·6	5·0	5·3	1·9	2·0	2·0	2·0	darunter 4·4 ^s , $A = 2·5 \mu$

15	—	—	—	—	—	—	—	—	} durch Wind gestört
16	—	—	—	—	—	—	—	—	
17	6·0	6·1	6·4	6·2	1·4	1·9	2·4	1·9	—
18	6·6	6·7	7·2	6·8	3·7	3·2	3·2	3·4	—
19	6·9	*	*	(6·9)	2·8	—	—	(2·8)	um 7 ^h a. setzt der Wind ein; * stark gestört
20	*	*	6·4	(6·4)	—	—	2·4	(2·4)	* gestört
21	6·6	6·6	6·2	6·5	3·2	2·8	1·9	2·6	—
22	*	6·2	6·6	6·4	—	2·4	2·8	2·6	* gestört, zeitweise 4·3 ^s , $A = 1·5 \mu$
23	6·5	7·4	7·0	7·0	2·8	2·8	2·4	2·7	—
24	6·6	—	6·5	6·5	2·4	—	1·9	1·4	nur zeitweise auftretend
25	*	(6·4)	(6·0)	6·2	—	(1·4)	(1·4)	(1·4)	* sehr schwach, keine regelmäßigen Wellen
26	(5·4)	5·5	5·7	5·5	1·4	1·9	2·4	1·9	Periode der Anschwellungen 2·3 bis 1·5 ^m
27	6·6	6·5	6·3	6·5	5·1	4·2	2·8	4·0	zeitweise 4·8 ^s , $A = 1·5 \mu$
28	6·2	4·9	5·1	5·4	3·2	2·9	3·4	3·2	zeitweise 4·5 ^s , $A = 2·0 \mu$; sehr regelmäßig
29	4·7	—	—	(4·9)	2·0	—	—	(2·0)	—
30	—	4·5	4·3	4·4	—	2·5	1·4	2·0	—
31	4·6	—	—	(4·6)	1·0	0·0	0·0	(0·3)	nur zeitweise auftretend
Mittel	6·1	6·0	6·4	5·8	2·4	2·3	2·2	2·2	

Pulsatorische Oszillationen in Wien. Jänner 1908. N—S-Komponente.

Datum	Periode in Sekunden			Mittel	Amplitude in Mikron			Mittel	Periode der relativen Maxima			Anmerkungen
	7h a.	2h p.	9h p.		7h a.	2h p.	9h p.		7h a.	2h p.	9h p.	
	Minuten											
1	4·6	(4)	(5)	4·4	0·8	(0·9)	(1·3)	1·0	—	—	—	wenig ausgeprägt, ganz vereinzelte Gruppen
2	(4) *	(4)	5·0	4·3	(1·3)	(1·3)	2·0	1·5	—	—	—	* um 6h a. statt 7h, da um 7h vom Beben überlagert, tagsüber etwas zunehmend
3	5·0	5·2	5·0	5·1	2·5	2·5	3·2	2·7	—	—	—	wenig ausgesprochen
4	5·1	(5)	5 .	5·0	2·1	(2·5)	(2·9)	2·5	—	2·3	—	» »
5	5	5	5 *	5·0	1·2	0·8	1·7	1·2	1·0	—	—	* nur zeitweise auftretend in Perioden von zirka 1 ^m
6	4·8	5·1	4·7	4·9	1·2	2·1	3·4	2·2	—	—	2·0	—
7	4·8	5·3	5·4	5·2	3·2	3·3	2·9	3·1	2·3	3·0	—	ziemlich unregelmäßig
8	5·5	5·5	5·4	5·5	2·0	2·0	2·0	2·0	—	—	—	—
9	5·2	5·6	5·0	5·3	3·3	2·4	2·9	2·9	2·3	—	—	4h p. bis 10h p. starker Wind
10	4·9	5·0	5·0	5·0	2·5	3·4	2·1	2·7	3·0	—	—	—
11	5·4	5·3	5·5	5·4	2·0	2·9	3·7	2·9	3·0	2·2	—	—
12	6·0	6·5	6·5	6·3	3·2	3·9	3·9	3·7	3·2	(2·6)	2·2	—
13	6·5	5·8	5·7	6·0	3·5	4·0	3·6	3·7	2·2	(3·0)	2·0	—
14	5·8	6·0	6·0	5·9	2·8	4·0	2·8	3·2	2·0	2·2	(2·3)	zieml. unregelmäßig, nachm. abnehmend

15	6.2	6.0	5.0	5.7	2.0	3.1	3.8	3.0	2.8	2.7	—	—
16	5.7	6.5	6.8	6.7	2.7	2.7	2.3	2.6	3.0	—	3.0	—
17	6.5	6.3	6.3	6.4	2.7	1.9	3.1	2.6	3.0	—	3.0	—
18	7.7	7.4	7.1*	7.4	4.1	4.6	4.1	4.3	—	—	2.6	* zeitweise 5.1s, A = 1.9 μ
19	6.7	6.5	6.5	6.6	4.1	3.9	3.9	4.0	—	2.2	—	ziemlich ruhig, vereinzelt Gruppen; stellenweise Periode 5.5s, A = 2.0 μ
20	7.7*	8.0	7.6	7.8	4.5	5.2	4.1	4.9	3.1	2.7	3.0	* um 6h a.; einzelne Gruppen von 8.0s
21	7.4	7.3	7.2	7.3	4.1	4.9	5.3	4.8	—	3.1	—	—
22	7.1	7.1	7.2	7.1	5.7	4.5	3.8	4.7	—	—	3.4	nachm. nachlassend, durch Wind gestört
23	7.2	6.6	6.6	6.8	3.7	3.9	3.5	3.7	2.2	2.3	—	—
24	6.4	6.0	5.5	6.0	3.3	3.0	2.7	3.0	(2.6)	—	3.1	nachm. stark nachlassend, 9h p. sehr kleine, feine Wellen
25	5.2	5.0*	5.6 ¹	5.3	2.5	2.2	2.5	2.4	—	—	—	* unregelmäßig, schwach; zeitweise auch Periode 4.4s, A = 1.7 μ. ¹ zeit- weise 6.0s
26	6.9	7.5	7.6	7.3	4.5	5.2	5.0	4.9	—	2.3	2.5	von 5h a. an Verstärkung.
27	(7.5)*	7.8	7.7	7.7	(5.5)	6.5	5.7	5.9	—	2.2	—	* durch Wind stark gestört
28	8.2	9.6	9.0	8.9	6.5	8.0	7.7	7.4	—	2.0	(2.5)	am stärksten 10h a. bis 6h p. Max. 3h 2m p.: P = 9.6s, A = 13.4 μ, 5h 37m p.: P = 9.1s, A = 17.2 μ
29	8.0	8.4	*	8.2	6.2	6.0	—	(6.1)	2.0	(2.0)	—	* 1h p. bis 8h a. Betriebsstörung
30	6.7*	6.2	6.0	6.3	3.6	2.8	2.4	2.9	—	—	—	* um 8h a.
31	7.2*	7.0	6.9	7.0	3.4	4.9	5.1	4.8	2.1	—	—	5h a. zunehmend; * zeitweise kleine Wellen, P = 4.5s; unregelmäßig
Mittel	6.2	6.2	6.1	6.1	3.2	3.5	3.4	3.4				

Jänner 1908. E—W-Komponente.

Datum	Periode in Sekunden			Mittel	Amplitude in Mikron			Mittel	Anmerkungen
	7h a.	2h p.	9h p.		7h a.	2h p.	9h p.		
1	4·4	(3·9)	4·8	4·4	1·0	< 1·0	1·0	(1·0)	schwach und vereinzelt
2	—	4	4·5	(4·3)	0·0	1·0	1·0	0·7	—
3	(5)	5·2	5·0	5·1	1·0	2·5	1·5	1·7	} nur zeitweise auftretend
4	4·9	(5)	(5)	5·0	1·0	1·0	1·0	1·0	
5	5	4·3	4·6	4·6	1·0	1·0	< 1·0	(1·0)	sehr schwach
6	4·8	4·2	4·6	4·5	1·0	1·5	2·0	1·5	—
7	5·3	5·3	(5)	5·2	3·5	2·5	2·0	2·7	—
8	5·5	5·5	5·4	5·5	2·5	2·5	2·5	2·5	—
9	5·5	(5·6)	5·0	5·4	3·0	3·5	3·0	3·2	Windstörungen
10	(4·6)	—	5·2	(4·9)	(3·1)	—	2·0	(1·7)	gestört
11	5·3	5·5	5·6	5·5	2·0	3·0	2·5	2·5	vereinzelte Wellengruppen
12	6·0	6·3	6·6	6·3	2·9	2·9	2·9	2·9	—
13	6·2	6·1	5·9	6·1	2·5	2·0	1·5	2·0	vereinzelt
14	5·8	*	6·2	(6·0)	1·0	—	1·5	(1·2)	* schwach und unregelmäßig

15	6·6	—	5·3	(6·0)	1·5	—	1·5	(1·5)	—
16	5·1	(6)	(6)	5·7	1·0	(1·5)	(1·5)	1·7	unregelmäßig
17	5·9	6·1	6	6·0	1·0	1·5	1·5	1·3	—
18	7·6	—	—	(7·6)	3·3	—	—	(3·3)	zeitweise 4·6 ^s , $A = 1·0 \mu$, unregelmäßig
19	6·5	5·3*	—	(5·9)	3·3	3·0	—	(3·2)	* zeitweise 4·7 ^s , $A = 1·5 \mu$, unregelmäßig
20	7·7*	7·4	7·5	7·5	4·2	3·7	3·8	3·9	* zeitweise 4·8 ^s , $A = 1·5 \mu$
21	7·5	7·2	6·9	7·2	3·3	2·8	2·8	3·0	—
22	6·9	—	7·5	(7·2)	3·3	—	2·5	(2·9)	ziemlich gestört
23	7·0	*	6·4	(6·7)	2·4	—	2·5	(2·4)	* zeitweise 4·3 ^s , $A = 1·0 \mu$; längere Wellen gestört
24	6·4	6·4*	4·9	5·9	2·4	2·4	1·5	2·1	* zeitweise 4·6 ^s , $A = 1·0 \mu$
25	4·5	4·8	5·1	4·8	1·3	2·0	2·5	1·9	früh bedeutende Abschwächung
26	5·8*	—	7	(6·4)	2·9	—	3·3	(3·1)	* um 6 ^h a. statt 7 ^h wegen Windstörungen
27	—	—	—	—	—	—	—	—	wegen Windstörungen unbestimmbar
28	(8·0)	9·4	9·4	8·9	6·5	8·0	6·6	7·3	Max. zwischen 12 ^h bis 6 ^h p., 9·7 ^s , $A = 8·8 \mu$; gegen Mitternacht abflauend
29	8·0	(8·0)*	—	(8·0)	5·5	6·5	—	(6·0)	* um 12 ^h statt 2 ^h p. wegen Betriebsstörung
30	6·3*	6·1	6·0	6·1	2·9	2·5	2·0	2·5	* um 8 ^h a. statt 7 ^h a.
31	6·8	7·0	7·2	7·0	3·3	4·3	3·7	3·8	früh zunehmend
Mittel	6·0	6·1	5·9	6·0	2·1	2·7	2·4	2·5	

Pulsatorische Oszillationen in Wien. Februar 1908. N—S-Komponente.

Datum	Periode in Sekunden			Mittel	Amplitude in Mikron			Mittel	Periode der relativen Maxima			Anmerkungen
	7h a.	2h p.	9h p.		7h a.	2h p.	9h p.		7h a.	2h p.	9h p.	
	Minuten											
1	7·0	6·0	6·0	6·3	4·9	3·2	2·8	3·6	2·5	2·6	—	deutlichere Maxima in Perioden von zirka 9 ^m ; tagsüber abnehmend
2	5·5*	(5·3)	4·9	5·2	1·6	2·0	2·5	2·0	—	—	(2)	* nur zeitweise und unregelmäßige Wellen
3	5·4	6·1	6·4	6·0	2·1	3·6	3·9	3·2	—	2·7	2·7	von zirka 8 ^h a. allmählich zunehmend
4	6·7	6·3	5·8	6·3	4·6	4·7	2·3	3·9	2·4	2·0	2·4	
5	6·0	6·0	6·2	6·1	4·0	4·0	4·3	4·1	2·0	(3·0)	2·8	
6	6·3	6·0	—	(6·2)	5·5	5·2	—	(5·3)	2·6	—	—	von zirka 6 ^h a. an Zunahme; einzelne regelmäßige Gruppen 6·4 ^s , A=9·0 μ
7	6·2	6·1	6·5	6·3	8·3	6·7	3·5	6·2	—	2·3	—	8 ^h a. im Vertikalpendel 5·3 ^s , A=1·2 μ
8	6·0	8·3	7·1	7·1	5·6	10·8	7·9	8·1	—	1·8	—	von 8 ^h a. an Zunahme, um 11 ^h a. sehr stark, nach 6 ^h p. abnehmend
9	6·4	6·2	(5·6)	6·1	3·1	4·0	2·0	3·0	—	—	—	unregelmäßig und nur zeitweise
10	5·4	4·3	(5)	4·9	2·5	(1·3)	2·1	2·0	—	—	—	vereinzelte kleine Gruppen, sonst ruhig trotz Wind!
11	5·3	6·3	5·9	5·8	1·6	3·5	3·2	2·6	—	—	2·5	sehr schwach
12	5·7	5·7	5·8	5·7	2·8	3·7	2·4	3·0	—	—	—	—

13	5·8	6·0	5·9	5·9	2·4	2·0	2·0	2·1	—	(2)	—	—
14	5·0	5·4	6·0	5·5	1·7	1·2	2·4	1·8	—	—	3·3	—
15	5·2	6·1	6·0	5·8	1·2	2·4	2·0	1·9	—	—	—	zeitweise unregelmäßig
16	5·7	5·4	5·5	5·5	1·6	1·2	1·6	1·5	—	—	—	—
17	5·4*	(5·8)	4·6	5·3	2·5	2·4	1·3	2·1	—	—	—	vom Wind gestört
18	5·5	5·2	5·2	5·3	2·0	2·5	2·1	2·2	—	2·5	—	—
19	5·2	5·2	5·2	5·2	2·1	2·1	0·8	1·7	2·0	—	—	sehr schwach und unregelmäßig; ab 6 ¹ / ₄ h a. \searrow ; 10 ^h p. »Wiener Beben«
20	*	—	—	—	*	< 1·0	< 1·0	< 1·0	—	—	—	} * schwach, vom Winde gestört
21	6·0	*	7·0	6·5	0·7	—	1·9	1·3	2·4	—	—	
22	8·1	8·0	8·3	8·1	3·5	4·0	5·2	4·2	—	3·1	(3·0)	ab 10 ^h p. Verstärkung; Wind flaut gegen 0 ^h ab
23	8·2	7·3	7·6	7·7	5·2	2·4	2·4	3·3	—	3·0	3·0	zeitweise 7·7 ^s , A = 3·8 und 8·2 ^s , A = 6·3, Max. zwischen 9 bis 10 ^h p.: 7·9 ^s , A = 8·7 μ .
24	6·5	7·0	6·5	6·7	2·2	2·4	1·2	1·9	3·2	3·4	—	nach 8 ^h p. deutliche Abnahme
25	5·7	5·3	5·4	5·5	1·0	1·0	0·7	0·9	—	—	—	früh nur mehr sporadisch
26	5·7	5·8	6·5	6·0	1·0	1·0	1·2	1·1	—	—	—	—
27	6·8	8·0	8·6	7·8	1·7	4·0	4·7	3·5	—	(2·6)	2·7	von 0 ^h an Zunahme, tagsüber rasch anwachsend; Max. 10 ^h p.
28	8·6	8·2	7·9	8·2	5·4	4·2	2·6	4·1	(4·0)	2·2	3·3	tagsüber abnehmend
29	7·0*	6·3	7·0	6·8	2·6	2·4	2·4	2·5	2·8	2·6	3·0	* um 8 ^h statt 7 ^h ; nach Mitternacht rasch abnehmend
Mittel	6·2	6·2	6·2	6·2	3·0	3·2	2·6	2·9	—	—	—	—

Februar 1908: E—W-Komponente.

Datum	Periode in Sekunden			Mittel	Amplitude in Mikron			Mittel	Anmerkungen
	7h a.	2h p.	9h p.		7h a.	2h p.	9h p.		
1	6·6	5·6	*	6·1	2·3	1·9	—	(2·1)	* vom Wind gestört, schwach
2	*	5·0	4·8	4·9	—	1·9	1·9	(1·9)	* sehr schwach und unregelmäßig
3	*	5·9	6·0	6·0	—	3·2	5·1	(4·2)	* gestört, von zirka 2h p. Zunahme, der Wind flaut ab
4	5·8	6·6	5·9	6·1	3·2	4·1	3·2	3·5	
5	5·7	6·0	5·5*	5·7	3·7	4·1	3·7	3·8	* zeitweise 6·8 ^s , $A = 6·3 \mu$
6	5·6	(6·0)	6·0	5·9	4·6	3·7	6·1	4·8	
7	*	*	6·4	(6·4)	*	*	3·2	(3·2)	* stark gestört, nicht auszählbar.
8	5·2	8·0	(7)	6·7	2·8	6·6	3·6	4·3	
9	—	—	—	—	—	—	—	—	
10	—	—	—	—	—	—	—	—	unmerklich und gestört
11	(5·8)	—	—	(5·8)	(2·2)	—	—	(2·2)	sehr unregelmäßig, keine eigentliche Unruhe
12	(4·5)	5·3	(4·8)	4·9	(3·4)	1·4	0·9	1·9	nur zeitweise sehr schwach auftretend
13	—	(5·2)	(5·5)	(5·3)	—	1·9	0·9	(1·4)	—
14	(5·3)	—	(6·3)	(5·8)	0·9	—	0·9	(0·9)	selten auftretend

15	5·1	5·5	(4·3)	5·0	0·9	0·9	(0·9)	0·9	} sehr schwach, nur zeitweise
16	5·8	(4·7)	—	(5·3)	0·9	1·4	—	(1·2)	
17	—	—	3·7*	(3·7)	—	—	0·2	(0·2)	vom Winde überlagert; gegen 3 ^h p. läßt der Wind nach. * nur zeitweise
18	4·7	5·3	5·2	5·1	1·4	1·9	2·4	1·9	—
19	(5·3)	—	—	(5·3)	(1·9)	—	—	(1·9)	von zirka 6 ¹ / ₄ ^h a. an Windstörungen; Unruhe schwach
20	—	—	—	—	—	0·0	0·0	0·0	
21	—	—	—	—	0·0	—	—	0·0	schwach, wegen Wind nicht auszählbar
22	8·1	7·8	7·8*	7·9	5·3	4·4	5·7	5·1	* darunter Wellen von 4·7 ^s , $\lambda = 2·2 \mu$
23	7·6	—	7·0	(7·3)	5·3	—	4·5	(4·9)	—
24	7·0	7·0	—	(7·0)	2·8	2·2	—	(2·5)	nachm. schwach und sehr unregelmäßig
25	—	5·0	5·7	(5·4)	—	0·9	1·4	(1·2)	vereinzelte, kleine Wellen
26	*	(5·9)*	—	(5·9)	0·0	0·9	—	(0·4)	* fast ganz ruhig, nur sporadisch
27	*	7·7	8·4 †	(8·0)	—	5·3	5·7	(5·5)	* unregelmäßig, sporadische Wellen, † um 7 ¹ / ₂ ^h p. statt 9 ^h p.
28	8·0	8·3	8·0	8·1	4·9	4·4	3·1	4·1	—
29	7·2*	7·3	7·3	7·3	4·0	3·6	4·0	3·9	* um 8 ^h a. stätt um 7 ^h a.
Mittel	6·1	6·2	6·1	6·0	2·7	2·7	2·9	2·5	

Pulsatorische Oszillationen in Wien. März 1908, N—S-Komponente.

Datum	Periode in Sekunden			Mittel	Amplitude in Mikron			Mittel	Anmerkungen
	7 ^h a.	2 ^h p.	9 ^h p.		7 ^h a.	2 ^h p.	9 ^h p.		
1	7·0	(6·0)	(5·3)	6·1	2·4	1·0	0·7	1·4	schwach und unregelmäßig
2	—	—	—	—	0·5	(0·5)	(0·5)	(0·5)	Periode zu schwach, unauszählbar
3	(4·9)	(4·5)	*	(4·7)	(0·5)	(0·7)	—	(0·6)	sehr schwach, durch Wind gestört
4	*	*	—	—	< 0·5	< 0·5	—	< 0·5	* keine regelmäßige Periode
5	*	*	—	—	< 0·5	< 0·5	< 0·5	< 0·5	* „ „ „
6	(4·2)	(5·0)	5·6	4·9	1·0	1·7	2·4	1·7	nur vereinzelt, tagsüber wird die Periode regelmäßiger und deutlicher
7	5·6	5·7	(6·0)	5·8	2·4	2·4	1·7	2·2	nachm. zeitweise Periode 4·9 ^s , $A = 2·0 \mu$, und Periode 4·7 ^s , $A = 1·2 \mu$
8	(5·3)	5·6	5·0	5·3	1·0	2·2	1·7	1·6	ziemlich variabel zwischen 4·6 bis 6·2 ^s
9	5·2	5·6	6·3	5·7	2·4	3·4	5·5	3·8	Maximum zwischen 5 ^h p. bis 12 ^h p. Anschwellungen von 6·1 ^s , $A = 7·7 \mu$
10	6·0	(5·8)*	6·0	5·9	5·3	(2·4)	3·1	3·6	früh Abnahme; * um 4 ^h p.
									zwischen dem 11. bis 16. sehr schwach und gestört

16	(6·9)	(6·8)	6·5	6·7	(2·2)	2·4	2·4	2·3	nach 6 ^h a. setzt zeitweise wieder regelmäßige Perioden ein
17	5·5*	5·3	5·4	5·4	2·2	2·9	(2·9)	2·7	* zeitweise längere Wellen; nachts Wellen: 3·5 ^s , A = < 0·5 μ; 3·2 ^s , A = < 0·5 μ
18	5·3*	5·2	3·8	4·8	2·4	2·0	0·7	1·7	* um 8 ^h statt 7 ^h a. schwach, ziemlich gestört

von hier an äußerst schwach und sporadisch

Inhaltsübersicht:

	Seite
Einleitung	1
Der Registrierapparat	4
Die Bearbeitung der Aufzeichnungen	6
Ergebnisse	10
Perioden der Oszillationen und ihre Häufigkeit	11
Die Amplitude der Oszillationen	13
Zusammenhang der Oszillationen mit einigen meteorologischen und anderen Faktoren	16
Untersuchung der effektiven Bodenbewegung in der Horizontalebene bei den pulsatorischen Oszillationen	21
Zusammenfassung der Resultate	32
Tabellen	34
