

KAISERL. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN IN WIEN.

MITTEILUNGEN
DER
ERDBEBEN-KOMMISSION

DER KAISERLICHEN
AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN IN WIEN.

NEUE FOLGE.

N^o. XLIV.

DIE ZEITLICHE VERTEILUNG DER IN DEN JAHREN 1897 BIS 1907 IN
DEN ÖSTERREICHISCHEN ALPEN- UND KARSTLÄNDERN GEFÜHLTEN
ERDBEBEN (EIN BEITRAG ZUM STUDIUM DER SEKUNDÄR AUSLÖSENDE
URSACHEN DER ERDBEBEN)

(II. MITTEILUNG)

VON

PROF. V. CONRAD.

AUS DEM INSTITUT FÜR KOSMISCHE PHYSIK DER K. K. UNIVERSITÄT CZERNOWITZ.

MIT 1 TEXTFIGUR.

WIEN, 1912.

AUS DER KAISERLICH-KÖNIGLICHEN HOF- UND STAATSDRUCK

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. Juli, 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 Rebeur-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 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-Ehlert'schen Horizontalpendel im Jahre 1900, von Eduard Mazelle 1 K — h.
- VI. Das nordostböhmisches Erdbeben vom 10. Jänner 1901, von J. N. Woldřich
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-Ehlert'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 Píbram, von Dr. Hans Benndorf) 2 K 60 h.
- XX. Erdbebenstörungen zu Triest, beobachtet am Rebeur-Ehlert'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 Erdinnern, 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 Mürtzaler 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.
- XXXV. Über die pulsatorischen Oszillationen (mikroseismische Unruhe) des Erdbodens im Winter 1907/1908 in Wien, von Dr. Rudolf Schneider . 1 K 50 h.
- XXXVI. Die zeitliche Verteilung der in den österreichischen Alpen- und Karstländern gefühlten Erdbeben in den Jahren 1897 bis 1907, von Dr. Viktor Conrad 1 K — h.
- XXXVII. Die Geschwindigkeit der Erdbebenwellen in verschiedenen Tiefen, von Prof. W. Trabert — K 30 h.
- XXXVIII. Über seismische Laufzeiten, von Prof. V. Láska — K 40 h.
- XXXIX. Seismische Registrierungen in Wien, k. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, im Jahre 1909 (mit einigen Hilfstabellen zur Analyse von Bebendiagrammen), von Dr. V. Conrad 1 K 30 h.
- XL. Das Scheibbs'er Erdbeben vom 17. Juli 1876, von A. Kowatsch . 1 K 70 h.
- XLI. Seismische Registrierungen in Wien, k. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, im Jahre 1910, von Dr. Rudolf Schneider . . 1 K 20 h.
- XLII. Bericht über das Erdbeben in den Alpen vom 13. Juli 1910, von Dr. Josef Schorn 2 K — h.
- XLIII. Das mittelsteirische Erdbeben vom 22. Jänner 1912, von Dr. Franz Heritsch — K 80 h.

Die zeitliche Verteilung der in den Jahren 1897 bis 1907 in den österreichischen Alpen- und Karstländern gefühlten Erdbeben.

(Ein Beitrag zum Studium der sekundär auslösenden Ursachen der Erdbeben)

(II. Mitteilung)

von

Prof. V. Conrad.

Aus dem Institut für kosmische Physik der k. k. Universität Czernowitz.

(Mit 1 Textfigur.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 7. Juni 1912.)

Seinerzeit habe ich gezeigt,¹ daß die Häufigkeit der Erdbebenstage sowohl als der Einzelbeben in Österreich innerhalb des betrachteten Zeitraumes von 1897 bis 1907 einen sehr ausgesprochenen jährlichen Gang hat.

Es schien nun von einigem Interesse zu sein, den gefundenen jährlichen Gang, der im wesentlichen mit dem von anderen gefundenen übereinstimmt, einer näheren Diskussion zu unterwerfen und womöglich eine plausible Erklärung für denselben zu finden. Es muß gleich eingangs bemerkt werden, daß dieses Ziel nicht erreicht wurde. Dagegen scheint es dem Verfasser, Beziehungen zwischen bestimmten Luftdrucksituationen und Bebenhäufigkeit gefunden zu haben, denen vielleicht doch eine gewisse Wichtigkeit zukommt.

¹ Mitteilungen der Erdbeben-Kommission der Kaiserl. Akad. der Wissenschaften in Wien. Neue Folge, Nr. XXXVI.

Bevor wir auf die positiven Resultate übergehen, sollen einige Untersuchungen mit negativen Ergebnissen hier Platz finden, einerseits um die Aussichtslosigkeit in den betreffenden Richtungen zu zeigen, andererseits aber um darzutun, daß das verwendete Material immerhin groß genug ist, um Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen auf dasselbe mit Recht und Erfolg anzuwenden.

Die erste Untersuchung hatte den Zweck, eine allgemeine Orientierung über Beziehungen zwischen Erdbebenhäufigkeit und der Luftdruckverteilung über Europa zu gewinnen. Diese Frage wurde schon des öfteren erörtert. Eine ausgezeichnete Diskussion dieser Frage hat S. Günther¹ in den »Beiträgen zur Geophysik« niedergelegt. Im allgemeinen wurde die Untersuchung zahlenmäßig durchgeführt, ohne entscheidende Ergebnisse. Doch spricht Günther schon die Ansicht aus, »daß nicht die absolute Größe der barometrischen Veränderung, wohl aber die Veränderung im Gradienten den Eintritt der Erderschütterungen begünstigt.« Auch E. Rudolph² schließt sich dieser Ansicht an. C. G. Knött³ kommt zu dem Resultate, daß die Steilheit des Gradienten als sekundäre Auslösungsursache maßgebend ist. Omori⁴ nimmt einen Parallelismus zwischen dem Gang der Erdbebenhäufigkeit und dem jährlichen Gang des Barometers an.

Bemerkenswert scheint mir noch eine Abhandlung von Thomassen⁵ über diesen Gegenstand, der zu dem Resultate gelangt, daß die Erdbebenhäufigkeit bei einem mittleren Luftdruck ihr Maximum erreicht. Gerade dieses Ergebnis zeigt, zu was für unwahrscheinlichen Schlüssen eine falsch angewendete

¹ S. Günther, Beiträge zur Geophysik, Bd. 2, 1895, p. 71. Luftdruckschwankungen in ihrem Einfluß auf die festen und flüssigen Bestandteile der Erdoberfläche.

² Bericht über die Fortschritte der Geophysik. Wagner, Geogr. Jahrb., 15. Bd., Gotha 1892, p. 75 (zitiert nach Günther).

³ Transactions of the seismol. Soc. of Japan, Bd. IX, Part I (1886), p. 1. Earthquake frequency.

⁴ Publ. of the Earthq. Invest. Comm. No 8.

⁵ T. Ch. Thomassen, Erdbeben in ihrem Verhältnisse zur Verteilung des Luftdruckes. Bergens Museums Aarvog 1893, Nr. V.

Statistik führen kann. Selbstverständlich fallen die meisten Beben auf jenen Luftdruck, der am häufigsten auftritt.

Da es bei einem so großen Gebiete, wie es die habituellen Stoßgebiete von Österreich darbieten, schwer fiel, mit Luftdruckmitteln zu arbeiten, wurde — wie bereits angedeutet — der Ausweg gewählt, die Erdbebenhäufigkeit mit der allgemeinen Luftdruckverteilung in Vergleich zu setzen. Zu diesem Zwecke wurde das Gebiet der österreichischen Wetterkarte (herausgegeben von der k. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik in Wien) in neun Teile geteilt: einen zentralen, der einen Teil Mitteleuropas mit den österreichischen Alpen bedeckt (mit IX bezeichnet) und acht Sektoren, die um den zentralen Teil gruppiert sind. Der Oktant I liegt dabei zwischen der West- und Nordwestrichtung, der Oktant II zwischen Nordwest und Nord usw. im Sinne des Uhrzeigers, von West über Nord, Ost, Süd, nach West zurück. Nach diesem Schema wurde die Lage des Hauptminimums und Hauptmaximums des Luftdruckes für jeden Tag der oben bezeichneten 11 Jahre herausgeschrieben. Jene Fälle, wo die Wetterkarte unbestimmte Luftdruckverteilung (Sommer) erkennen läßt, wurden möglichst sinngemäß in das vorgegebene Schema eingereiht. Da sie nicht allzu häufig vorkommen, dürften sie bei der statistischen Zusammenstellung die erhaltenen Resultate nicht fälschen. Es wurde nun ein Kalendarium der 11 Jahre angelegt und zu jedem Tage die Lage des Minimums und Maximums des Luftdruckes und die Zahl der Beben notiert, die sich an dem betreffenden Tage zugetragen haben.

Auf diese Art konnte eine statistische Zusammenstellung über die Häufigkeit der einzelnen Luftdrucksituationen und der darauf fallenden Beben gewonnen werden. Das Resultat mußte unbedingt zeigen, ob eine bestimmte Höhe des Luftdruckes für die Entstehung eines Bebens günstiger ist als eine andere.

Wenn wir z. B. annehmen, daß das Maximum die Lage IX einnimmt und hoher Luftdruck auslösend wirken würde, so müßten auf diese Situation mehr Beben entfallen als auf eine andere, die unbedingt durch niedrigeren Luftdruck gekennzeichnet wäre. Man könnte noch einwenden, daß gleichzeitig mit der Maximumlage IX ein Minimum über Dalmatien eine Ver-

minderung der Erdbebenhäufigkeit daselbst zur Folge haben könnte. Eine solche Kompensation könnte jedoch nur bei einer Statistik der Einzelbeben und nicht der Bebenstage zum Ausdruck kommen. Wie wir dann unten sehen werden, verhalten sich aber Einzelbeben und Erdbebentage ziemlich gleich, wie dies auch schon in der früheren Mitteilung gezeigt worden ist.

Die nachfolgenden Tabellen enthalten nun die statistische Zusammenstellung der Anzahlen der Minima und Maxima, die innerhalb der 11 Jahre auf einen bestimmten Bezirk gefallen sind. Die zweite Zeile gibt die Zahlen der Einzelbeben, die dritte jene der Bebenstage an, die zeitlich mit den bestimmten Luftdrucksituationen zusammenfielen.

Tabelle I.

	Oktant									Σ
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Häufigkeit der Minimumsituationen und Häufigkeit von Einzelbeben und Beben Tagen in Summe der Jahre 1897 bis 1907										
Häufigkeit										
der Minimumsit. . .	1060	771	724	166	282	560	157	162	134	4016
der Einzelbeben . .	622	508	402	108	177	324	124	116	117	2498
der Bebenstage . . .	384	298	235	61	110	203	62	61	62	1476
Häufigkeit der Maximumsituationen und Häufigkeit von Einzelbeben und Beben Tagen in Summe der Jahre 1897 bis 1907										
Häufigkeit										
der Maximumsit. . .	490	281	629	318	200	128	380	690	900	4016
der Einzelbeben . .	325	179	409	189	124	89	250	396	537	2498
der Bebenstage . . .	181	99	236	116	83	51	154	250	306	1476

Tabelle II gibt nun statt der Absolutwerte die Prozente von den Gesamtsummen.

Tabelle II.

	Oktant								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Prozentuelle Häufigkeit der Minimumsituationen, der Einzelbeben und der Bebenstage in den Jahren 1897 bis 1907									
Minimumlagen (Prozent) ..	26	20	18	4	7	14	4	4	3
Einzelbeben > ..	25	20	16	4	7	13	5	5	5
Bebenstage > ..	26	20	16	4	8	14	4	4	4
Prozentuelle Häufigkeit der Maximumsituationen, der Einzelbeben und der Bebenstage in den Jahren 1897 bis 1907									
Maximumlagen (Prozent) ..	12	7	16	8	5	3	9	17	23
Einzelbeben > ..	13	7	16	8	5	4	10	15	22
Bebenstage > ..	12	7	16	8	6	3	10	17	21

Aus Tabelle II kann man zweierlei mit Evidenz ersehen:

1. daß von einem Zusammenhang zwischen der allgemeinen Luftdruckverteilung über Europa und der Erdbebenstätigkeit in Österreich keine Rede sein kann;

2. die Übereinstimmung der Prozentzahlen der Luftdrucksituationen mit jenen der Einzelbeben und der Bebenstage, die auf erstere fallen, ist eine nahezu völlige, d. h. das Material ist genügend groß und gut, um den Wahrscheinlichkeitsgesetzen zu gehorchen.

Das vorher Gesagte geht aus folgender einfacher Überlegung hervor. Wenn die Bebenstätigkeit wirklich von der allgemeinen Luftdruckverteilung unabhängig ist, darf sich bei keiner bestimmten Lage des Minimums oder Maximums eine Häufung der Beben zeigen. Wenn ich also durch ein willkürliches Anordnungsprinzip einen bestimmten Teil aller Tage des betrachteten Zeitraumes herausnehme, so hebe ich gleichzeitig einen entsprechenden Teil aller jener Tage heraus, auf die Erdbeben gefallen sind. Die Prozentzahlen für die Häufigkeit der verschiedenen Lagen an jedem Tage müssen dabei gleich sein den entsprechenden Prozentzahlen der Bebenstage (Einzel-

beben), die auf den entsprechenden Zeitabschnitt gefallen sind. Ist dies also der Fall, so kann ich einerseits die Zusammenhanglosigkeit erschließen, andererseits aber den Schluß ziehen, daß das Material genügend groß ist, um annähernde Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen an demselben anzustellen. Dieses Resultat wird für spätere Schlußfolgerungen von größter Wichtigkeit sein.

Eine ähnliche Untersuchung wurde für die Zeiten der verschiedenen Mondphasen angestellt, wobei sich wiederum ergab, daß hier ein Zusammenhang nicht existiert, beziehungsweise höchst unwahrscheinlich ist.

Es ergaben sich folgende Zahlen in Summe der 11 Jahre:

	Mondphase			
	Neumond bis Erstes Viertel	Erstes Viertel bis Vollmond	Vollmond bis Letztes Viertel	Letztes Viertel bis Neumond
Einzelbeben . . .	608	612	644	631
Prozent der Gesamtsumme ..	24·37	24·53	25·81	25·29

Nach Syzygien zusammengefaßt, ergibt sich:

	Neumond bis Erstes Viertel und Erstes bis Letztes Viertel	Letztes Viertel bis Neumond
	50·34%	49·66%

Nach Quadraturen zusammengefaßt, ergibt sich:

Neumond bis Vollmond	Vollmond bis Neumond
48·90%	51·10%

Wir sehen also wieder nahezu gleiche Verteilung. Die größte Abweichung von derselben erscheint bei der Zusammenfassung nach Quadraturen mit $\pm 1 \cdot 10\%$, die jedoch noch immer als sehr wahrscheinlich anzusehen ist, auch wenn man zufällige Verteilung der Beben über die einzelnen Mondphasen annimmt.

Eine weitere mühevollere Untersuchung wurde der Auf-
findung einer Periodizität der Bebenhäufigkeit mit einer
Periodenlänge zwischen 6 und 40 Tagen gewidmet. Für die
Bestimmung des Bereiches, in dem Perioden aufzusuchen
wären, war der Gedanke maßgebend, alle Periodenlängen und
deren Bruchteile einzuschließen, über die Untersuchungen
bereits vorliegen. Mond- und Sonneneinflüsse, einschließlich
von Flut- und Ebbeerscheinungen der flüssigen und festen Erd-
oberfläche müßten hier ebenso hervortreten, wie z. B. eine
Sonnenrotationsperiode. Das Wesentliche an der vorliegenden
Spezialuntersuchung, die, wie vorausgeschickt werden soll,
vollkommen negativ verlief, war die Anwendung eines Kriteriums
über die Wahrscheinlichkeit, mit welcher man die aufgefundenen
Amplituden der verschiedenen Periodenlängen erwarten durfte,
auch wenn die Beben über den vorliegenden Zeitraum voll-
kommen willkürlich, zufällig verteilt gedacht sind. In kurzem
möge die von A. Schuster¹ angegebene Methode skizziert
werden.

Die Bebenstage wurden nach der zu untersuchenden
Periodenlänge geordnet und die resultierenden Summenreihen
durch eine Fourier'sche Reihe dargestellt, die nach dem ersten
Glieder abgebrochen wird. Man erhält dabei die bekannte Form

$$u_0 + u_1 \cdot \sin(x + A_1) + \dots$$

Ob nun die Ereignisse nach einer periodischen Gesetzmäßigkeit oder zufällig über den gegebenen Zeitraum verteilt sind, jedenfalls wird sich eine solche Reihe bilden lassen. Das Kriterium für Zufall oder gesetzmäßige Periode wird aber durch die Größe der Amplitude gegeben sein. Dabei sagt aber die wirkliche Amplitude u_1 nichts Entscheidendes aus, da ja ihre Größe immer relativ zum Mittelwert u_0 beurteilt werden muß. Die relative Amplitude, von der im weiteren die Rede sein soll, wollen wir bezeichnen mit $\rho = \frac{u_1}{u_0}$.

¹ A. Schuster, On the investigation of hidden periodicities with application to supposed 26 day period of meteorological phenomena. Terr. Magn. Bd. III, p. 13.

A. Schuster zeigt nun, daß die Wahrscheinlichkeit, daß ρ zwischen den Grenzen ρ und $\rho + d\rho$ liegt, gegeben ist durch den Ausdruck

$$\frac{n}{2} \rho e^{-\frac{n\rho^2}{4}} d\rho,$$

wobei n die Anzahl der Ereignisse bedeutet und vollkommen zufällige zeitliche Verteilung derselben angenommen wird.

Die zu erwartende Größe von ρ selbst ist nun durch das folgende Integral gegeben:

$$\frac{n}{2} \int_0^{\infty} \rho^2 e^{-\frac{n\rho^2}{4}} d\rho = \varepsilon.$$

Diesen Ausdruck nennt nun A. Schuster die Expektanz (expectancy).

Durch Ausführung dieses Integrals ergibt sich:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{\pi}{n}}.$$

Dies ist also der Wert von ρ , den wir bei zufälliger Verteilung der Beben erwarten dürfen. Die Wahrscheinlichkeit, daß ρ k mal größer ausfällt als die Expektanz, wird durch den Ausdruck

$$W = e^{-\frac{\pi k^2}{4}}$$

gegeben. Für letztere Formel gibt A. Schuster eine Tabelle, die hier durch wenige Zahlen skizziert werden soll.

k	W
0·5	0·82
1·0	0·46
2·0	0·04
5·0	2·97·10 ⁻⁹

In dieser Tabelle liegt nun das vollkommene Kriterium, um zwischen Zufalls- und Kausalperioden zu unterscheiden.

Dabei muß man bedenken, daß diese Ableitungen nur auf Ereignisse anwendbar sind, die als voneinander unabhängig aufgefaßt werden können. Diese Forderung ist freilich

bei den Erdbeben nur in allererster Näherung erfüllt. Wenn der Verfasser auch bestrebt war, die eigentlichen Nachbeben, die ja durch die Omori'sche Formel¹ in ganz gesetzmäßigem Zusammenhange zu stehen scheinen, wegzulassen, so geht doch aus der grundlegenden Abhandlung von R. v. Kövesligethy² unleugbar hervor, daß alle Erdbeben in einem gewissen Folgezusammenhang stehen. In erster Näherung jedoch wird man immerhin die Unabhängigkeit für eine Art Überschlagsrechnung zugeben können.

Unter dieser Voraussetzung erhält man z. B. für den jährlichen Gang der Häufigkeit der Erdbebenstage folgende Zahlen in Summe der 11 Jahre:

$$\begin{aligned} u_0 &= 123, & u_1 &= 31, & \rho &= \frac{u_1}{u_0} = 0.252, \\ n &= 1476, & \varepsilon &= 0.0461, & k &= 5.46. \end{aligned}$$

Dieser Wert von k ergibt nun bei zufälliger Verteilung der Bebenstage für den aus den Beobachtungen erhaltenen Wert von ρ eine Wahrscheinlichkeit

$$W = 6.7 \cdot 10^{-11},$$

d. h. die Wahrscheinlichkeit der gefundenen Amplitude bei zufälliger Verteilung der Beben ist praktisch gleich Null zu setzen und wir können den jährlichen Häufigkeitgang der Bebenstage als eine vollkommen reelle Tatsache ansehen.

Als zweites Beispiel möge der tägliche Gang der Erdbebenhäufigkeit dienen. Es war

$$\begin{aligned} n &= 2492, & u_0 &= 104, & u_1 &= 45, \\ \text{daher} & & \rho &= 0.43, & \varepsilon &= 0.0355, & k &= 12.2. \end{aligned}$$

Die Wahrscheinlichkeit, eine derartig große, relative Amplitude ρ bei zeitlich zufälliger Verteilung zu erhalten, ist

$$W = 1.16 \times 10^{-52}.$$

¹ Publ. of the Earthquake Invest. Comm. in foreign languages, No 8, Tokyo 1902, p. 1.

² R. v. Kövesligethy, Sur l'Hystéresis sismique. Mathematisch-naturwissenschaftliche Berichte aus Ungarn, Bd. 26 (1908), p. 212.

Also auch im täglichen Häufigkeitsgange der Erdbeben haben wir ein sicher gestelltes Phänomen zu sehen. Die Erklärungshypothese bleibt natürlich nach wie vor offen; wenn auch der Verfasser sich durchaus nicht auf den Boden der psycho-physiologischen Erklärung von Montessus de Ballore stellen wollte, so kann die vorhergehende Wahrscheinlichkeitsbetrachtung nicht gegen dieselbe ins Feld geführt werden. Sie besagt eben nichts anderes, als daß es mit voller Bestimmtheit eine solche Gesetzmäßigkeit gibt. Über die Ursachen derselben, die natürlich bestehen müssen, wird gar nichts ausgesagt.

Die folgende Tabelle gibt nun eine Übersicht über die berechneten Perioden zwischen 6 und 40 Tagen. Die Bezeichnungsweise ist nach dem Vorstehenden verständlich.

Tabelle III.

T	n_0	n_1	ρ	A_1	W
6	246	4·6	0·018	244°	0·88
9	164	4·4	0·027	245	0·75
10	147	6·0	0·041	74	0·52
12	123	3·1	0·025	155	0·82
13	113	2·0	0·018	103	0·88
14	105	3·8	0·036	203	0·61
15	98	5·7	0·058	296	0·26
16	92	3·5	0·038	313	0·61
20	74	1·4	0·019	99	0·88
24	61	2·1	0·034	340	0·68
25	59	1·6	0·028	124	0·75
26	57	3·5	0·061	168	0·26
27	55	2·5	0·046	212	0·46
28	53	2·5	0·047	169	0·46
29	51	1·8	0·036	268	0·61
30	49	1·3	0·027	284	0·75
32	46	3·4	0·074	71	0·13
36	41	1·7	0·043	77	0·52
40	37	2·1	0·057	357	0·32

Mit T ist die Periodenlänge in Tagen, mit A_1 der Phasenwinkel des ersten Gliedes der Fourier'schen Reihe in der früher angeführten Form gemeint. Die Expektanz von ρ für alle diese Perioden beträgt $\epsilon = 0.0461$.

Wie man aus der Tabelle III ersieht, erreicht keine einzige der untersuchten Perioden einen Unwahrscheinlichkeitsgrad, der irgendwie auf eine reelle Gesetzmäßigkeit schließen ließe. Die kleinsten Wahrscheinlichkeiten fallen auf die Periodendauern von 15, 26 und 32 Tagen. Diese Zahlen sagen aber aus, daß ich die Bebenstage nur drei- bis viermal, respektive sieben- bis achtmal willkürlich, rein zufällig über die Zeitlinie verteilen muß, um einmal die wirklich gefundene relative Amplitude zu erhalten.

Wir müssen also schließen, daß entweder keine wie immer geartete Periode der Erdbeben innerhalb der untersuchten Periodenlängen existiert oder daß der Zeitraum von 11 Jahren mit 1476 Bebenstagen noch bedeutend zu klein ist, um eine derartige Periode mit Sicherheit feststellen zu können. Jedenfalls aber wird man schließen können, daß z. B. die Mondeinflüsse (als Gravitationseinflüsse aufgefaßt) nur äußerst geringe relative Amplituden erzeugen. Dieses Resultat befindet sich auch im besten Einklange mit den Ergebnissen von C. G. Knott,¹ dessen relative Amplituden nach anomalistischem, tropischem etc. Monat geordneten 4730 Einzelbeben von derselben Größenordnung sind, wie die oben gefundenen. Infolge der größeren Zahlen, mit denen Knott arbeiten konnte, erhält er freilich eine kleinere Expektanz und daher größere k und kleinere Wahrscheinlichkeiten.

Unter den gegebenen Umständen schien es völlig unnütz, die Lücken der Tabelle III weiter auszufüllen oder die erhaltenen Resultate näher zu diskutieren.

Bei der Aussichtslosigkeit dieser Versuche ging der Verfasser nun daran, eine ganze Reihe denkbarer meteorologischer Einflüsse auf die Erdbeben statistisch zu untersuchen, die ihrerseits einen ähnlichen jährlichen Gang wie die Erdbeben-

¹ C. G. Knott, The physics of earthquake phenomena. Oxford 1908, p. 134.

häufigkeit aufweisen. Bevor wir auf eine nähere Besprechung dieser Untersuchungen eingehen, möchte ich zur Vermeidung jedes Mißverständnisses darauf hinweisen, daß ich strikte auf dem Standpunkt stehe, in allen meteorologischen Einflüssen rein sekundäre Ursachen der Beben zu sehen. Das Primäre ist wohl immer der geologische Zustand der Gesteinsschichten. Wenn keine besondere Spannung oder hohe Labilität der Lagerung der Schichten besteht, kann es sicherlich unter keinen Umständen zu einem Erdbeben kommen. Andererseits müssen wir aber hervorheben, daß sekundäre Einflüsse sehr wohl möglich sind, auch wenn im Sinne von v. Kövesligethy (l. c.) Gesetzmäßigkeiten in der zeitlichen Folge der Erdbeben bestehen. Die sekundären Ursachen werden dann eben den Eintritt des Bebens verfrühen.

• Gelegentlich der früher erwähnten Untersuchung über den Einfluß der allgemeinen Luftdrucksituation auf die Beben fiel es mir bei Durchsicht der Wetterkarten auf, daß scheinbar häufig Erdbeben eintraten, wenn sich die Isobaren am Alpenzuge oder an der dalmatinischen Küste stark zusammendrängten, d. h. wenn es über den habituellen Stoßgebieten Österreichs zur Ausbildung starker Gradienten kam. Es wird dann die eine Seite, z. B. der Alpen, mehr belastet als die andere. Thomassen (l. c.)¹ berechnet, daß dem einseitigen Steigen des Luftdruckes um 1 *mm* Quecksilber eine Druckvermehrung von 13·6 Millionen Kilogramm pro Quadratkilometer entspricht. Man kann sich also sehr wohl denken, daß eine solche einseitige Belastung, eine elastische Welle, erregt, deren Fortschreiten den labilen Zustand der Gesteinsschichten auslöst und so den Eintritt des Bebens hervorruft.²

Das Naheliegendste wäre nun gewesen, die Untersuchung auf die Wirkung starker Luftdruckgradienten so zu führen, daß man einige günstig gelegene Orte herausucht, die Differenzen der Barometerstände für jeden Tag ausschreibt und

¹ Siehe auch Referat von J. v. Hann, Met. Zeitschr., 1895, p. 240.

² Damit soll nur ein denkbare mechanisches Bild der Auslösung angedeutet werden, ohne seine Existenz zu behaupten. Ob vielleicht hier Druckleitungsphänomene in den Gebirgsstöcken eine Rolle spielen können, müßte von den Geologen entschieden werden.

nun die Luftdruckdifferenzen den Beben zuordnet. Ist ein Zusammenhang vorhanden, so müßte sich derselbe durch Häufung der Beben bei großen Druckunterschieden zeigen. Dieser Weg, so sympathisch er durch seine volle Objektivität berührt, mußte jedoch für das erste aufgegeben werden, da er für das relativ große, in Betracht gezogene Gebiet keineswegs das leistet, was man von ihm erwarten muß. Nimmt man die Orte, z. B. nördlich und südlich der Alpen, zu nahe, so werden vielleicht Gebiete ausgeschlossen sein, die noch seismisch interessant erscheinen; nimmt man weit voneinander abstehende Stationen, so werden dieselben eventuell keine übermäßigen Luftdruckdifferenzen aufweisen, während gerade im kritischen Gebiete die Isobaren sich stark zusammendrängen.

Die soeben angeführten sowie einige rein arbeitstechnische Gründe ließen es bei weitem besser erscheinen, den Vorteil der rein quantitativen Methode aufzugeben und Schätzungen des Gradienten vorzunehmen, die den allgemeinen Überblick nicht beschränkten.

So wurden denn abermals sämtliche Wetterkarten der 11 Jahre (1897 bis 1907) einer Durchsicht unterzogen und alle jene Tage herausgeschrieben, die im Gebiete der habituellen Stoßgebiete ein Zusammendrängen der Isobaren aufwiesen. Im allgemeinen galt als obere Grenze, die noch genommen wurde, ein Abstand zweier benachbarter Isobaren (von 5 zu 5 *mm* Quecksilber gezeichnet) im Betrage von 6 *mm*. Bei dem Maßstabe der früheren österreichischen Wetterkarten entsprechen 6 *mm* etwa einer Distanz von 111 *km*; jene Tage, die im weiteren als »Situationstage« angeführt werden, weisen also im allgemeinen Gradienten von mindestens 5 *mm* Quecksilber in den betrachteten Gebieten oder deren unmittelbarer Nähe auf. Daß durch Fehler im Zeichnen der Wetterkarten Irrtümer keineswegs ausgeschlossen sind, kann und darf gewiß nicht geleugnet werden, wenn auch vielfach, namentlich in zweifelhaften Fällen, an der Hand der den Wetterkarten beigegebenen Tabelle Stichproben vorgenommen wurden.

Andererseits mag die Hoffnung berechtigt sein, daß die großen, hier in Betracht kommenden Zahlen ausgleichend wirken werden. Noch eine weitere Fehlerquelle darf nicht

unerwähnt gelassen werden. Es konnten nur die für 7^h a. vorliegenden Wetterkarten berücksichtigt werden. Die an diesem Termin herrschende Luftdruckverteilung wurde für den ganzen Tag von Mitternacht bis Mitternacht angenommen. Wenn also die Wetterkarte für 7^h a. eine oben charakterisierte »Kritische Situation« darstellte und an diesem Tage um z. B. 9^h p. ein Beben sich ereignete, so wurde dies als Treffer gezählt, trotzdem natürlich keineswegs erwiesen erscheint, daß sich die Form der Isobaren so lange halbwegs unverändert erhalten hat. Es kann ebensowohl ein Auseinanderrücken als eine Näherung der Isobaren stattgefunden haben. Wie jedoch das Resultat zeigen wird, scheinen auch hier die großen Zahlen bereits ausgleichend zu wirken.

Als Beispiele solcher »kritischer Situationen« mögen nur zwei von vielen angeführt werden.

1. Von Westen her schiebt sich ein Keil hohen Luftdruckes längs der Nordseite der Alpen vor, während sich gleichzeitig über der Adria eine Teildepression ausbildet.

2. Ein Minimum über der Adria tritt in Kombination mit einem Ostkeil hohen Druckes auf.

Die erstere Situation ergibt starke Gradienten für die Alpenkette, die zweite für die dalmatinischen Küstengebiete.

Es wurde nun ein Kalendarium angelegt, in das sowohl die »kritischen Situationstage« als die Bebenstage eingetragen wurden. Es war nun möglich, die Zahl der Bebenstage abuzählen, die auf »Situationstage« und auf belanglose Tage fielen.

Die Gesamtzahl der Tage t des betrachteten Zeitraumes (respektive die Zahl der Wetterkarten) betrug $t = 4016$. Unter diesen befanden sich S Situationstage. Es war

$$S = 1055.$$

Bevor zur Eintragung der Bebenstage in das vorerwähnte Kalendarium geschritten wurde, wurde noch eine Teilung des Materials nach drei Gebieten vorgenommen, und zwar:

1. Gebiet nördlich der Alpen (Index N);
2. Gebiet südlich der Alpen (Index S);
3. dalmatinisches Gebiet (Index D).

Eine solche Teilung schien mir einerseits die Übersichtlichkeit zu erleichtern, andererseits recht geeignet zu sein, Zufälligkeiten auszuschließen und Gesetzmäßigkeiten schärfer hervortreten zu lassen. Durch diese Trennung der Gebiete mußten selbstverständlich eine Anzahl von Beben tagen (für die ganze Monarchie) doppelt, beziehungsweise dreifach gerechnet werden, so daß die Summe der Beben tage in den drei Teilgebieten $b_N + b_S + b_D = 1731$ statt 1476 beträgt. Dies rührt daher, daß eine ganze Anzahl von Beben tagen namentlich für die Gebiete nördlich und südlich der Alpen identisch sind; dieser Vorgang kann selbstverständlich bei wirklich getrennter Behandlung der Gebiete die erhaltenen Resultate in keiner Weise fälschen.

Die folgende Tabelle enthält in der ersten Kolonne die Jahreszahl, in der zweiten die Zahl der »Situationen« in dem entsprechenden Jahre. Die dritte, vierte und fünfte Kolonne enthält die Zahl der Beben tage für die drei Gebiete, die sechste, siebente und achte die Zahl der Beben tage, die auf »Situations tage« in den einzelnen Gebieten entfallen sind.

Die Bedeutung der letzten drei Kolonnen soll noch weiter unten auseinandergesetzt werden.

Tabelle IV.

Jahr	S	b_N	b_S	b_D	b'_N	b'_S	b'_D	β_N	β_S	β_D
1897	73	48	149	30	12	43	4	10	30	6
98	70	39	115	26	7	34	7	7	22	5
99	101	65	71	66	23	25	29	18	20	18
1900	88	33	63	60	10	28	22	8	15	14
01	92	30	69	50	13	22	10	8	17	13
02	106	35	61	26	13	29	9	10	18	8
03	97	29	42	39	13	17	10	8	11	10
04	98	29	59	27	12	22	11	8	16	7
05	103	58	57	46	19	23	21	16	16	13
06	115	44	57	45	14	23	19	14	18	14
07	112	67	58	38	24	27	13	21	18	12
Summe	1055	477	801	453	160	293	155	125	211	119

Diese Tabelle muß nun den Ausgangspunkt für die Entscheidung bilden, ob die »kritischen Situationen« sekundär auslösend auf die Erdbeben wirken oder nicht. Diese Frage kann nur in der Weise gelöst werden, daß wir untersuchen:

1. Wie viele Erdbeben (β) auf kritische Situationen fallen würden, wenn erstere über den ganzen Zeitraum rein zufällig verteilt wären;

2. wie groß die Wahrscheinlichkeiten für die oben in der Tabelle mit β bezeichneten Größen sind;

3. welche Wahrscheinlichkeit bei rein zufälliger Verteilung der Beben, den beobachteten Zahlen b' (für das Zusammentreffen von Beben und Situationstagen) zukommt.

Um es mit halbwegs großen Zahlen zu tun zu haben, für welche die in der Wahrscheinlichkeitsrechnung üblichen Näherungsformeln gute Gültigkeit haben, wollen wir uns vorläufig nur mit den Summenwerten der 11 Jahre beschäftigen.

Das Problem kann nun folgendermaßen formuliert werden. Gegeben sind t Wetterkarten. Von diesen sind S »kritisch« und $t-S$ belanglos. Die Bebenstage stelle ich mir als Ziehungen vor, so daß ich b Ziehungen ausführe.

Die Wahrscheinlichkeit, bei einer Ziehung einen Situationstag zu ziehen, ist $\frac{S}{t} = p$, einen belanglosen Tag zu ziehen, $\frac{t-S}{t} = q$, wobei natürlich $p+q = 1$ ist.

Unter allen Ergebnissen ist nun jenes am wahrscheinlichsten, bei welchem kritische und belanglose Wetterkarten nach ihrem Mischungsverhältnisse gezogen werden.¹

Nennen wir nach dem früheren die Zahl der Ziehungen b , so ergibt sich als Maximum der Wahrscheinlichkeit für das Resultieren des Mischungsverhältnisses nach Czuber (l. c.):

$$W_0 = \frac{b!}{(bp)!(bq)!} p^{bp} q^{bq}.$$

¹ Siehe E. Czuber, Wahrscheinlichkeitsrechnung, I. Bd., p. 113 ff., 2. Aufl., 1908, bei Teubner, Leipzig.

Durch Einführung der gekürzten Stirling'schen Formel, nach der

$$n! = n^{n+\frac{1}{2}} e^{-n} \sqrt{2\pi},$$

erhalten wir dann für W_0 :

$$W_0 = \frac{1}{\sqrt{2\pi b p q}}.$$

In unserem Falle haben wir noch die Werte für p und q einzusetzen und erhalten:

$$W_0 = \frac{t}{\sqrt{2\pi b S(t-S)}}.$$

Die Wahrscheinlichkeit, daß das Mischungsverhältnis im Endergebnis um l überschritten wird, beträgt dann:

$$W_l = \frac{1}{\sqrt{2\pi b p q}} e^{-\frac{l^2}{2b p q}}$$

oder für unseren Fall

$$W_l = W_0 e^{-\frac{l^2}{2b S(t-S)}}.$$

Alle zur Berechnung von W_0 und W_l nötigen Größen sind in Tabelle IV gegeben. Dabei beträgt die Gesamtheit aller Tage $t = 4016$. Es sei jetzt noch bemerkt, daß die letzten Kolonnen (die β -Werte) nichts anderes darstellen als die Zahl der Beben-tage, die nach dem gegebenen Mischungsverhältnis in jedem Jahr auf »Situationstage« hätten fallen müssen. Die letzte Reihe dieser Kolonnen stellt nun natürlich nicht die Summen der letzteren dar, sondern sie ist selbst aus den Summen von S und b gebildet.

Wir erhalten so folgende Zusammenstellung:

	b'	β	W_0	W_l
Gebiet nördlich der Alpen....	160	125	0·041	$5\cdot5 \times 10^{-5}$
» südlich » »	293	211	0·032	$1\cdot2 \times 10^{-11}$
Dalmatien	155	119	0·043	$6\cdot2 \times 10^{-4}$

Zur besseren Illustration der voranstehenden Zahlen sei noch folgendes bemerkt. Die Wahrscheinlichkeiten W_0 , daß

so viele Bebenstage auf Situationstage fallen, als es dem Mischungsverhältnis von Situations- und belanglosen Tagen entspricht, sind in der Tat relativ groß. Ich muß nur die Bebenstage 24-, 31-, respektive 23mal willkürlich, rein zufällig über den ganzen Zeitraum der 11 Jahre verteilen und werde einmal die Zahl β erwarten können.

Die Wahrscheinlichkeiten W_l für die Zahlen der Bebenstage, die nach der Beobachtung auf Situationstage gefallen sind, erscheinen aber recht klein. Namentlich für das »Gebiet südlich der Alpen« ist es nahezu ausgeschlossen, das gefundene Beobachtungsergebnis durch zufällige zeitliche Verteilung zu erhalten.

Immerhin ist es auch für das Gebiet nördlich der Alpen und für Dalmatien schon sehr unwahrscheinlich, daß die gewonnenen Resultate bei zufälliger Verteilung der Beben erhalten worden wären.

Zu demselben Ergebnisse kommen wir noch durch eine andere Betrachtung. Die Wahrscheinlichkeit, daß die Zahl der Beben, die auf Situationstage fällt, zwischen

$$\frac{bS}{t} - l \quad \text{und} \quad \frac{bS}{t} + l$$

liegt, ist gegeben (siehe Czuber, l. c., p. 120 usf.) durch den Ausdruck

$$P = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\gamma} e^{-t^2} dt,$$

wenn man von einem additiven Korrektionsglied absieht. Dabei ist

$$\gamma = \frac{l't}{\sqrt{2bS(t-S)}}.$$

Die Wahrscheinlichkeit, daß das Ergebnis die vorgegebenen Grenzen übersteigt, ist dann

$$P' = 1 - P.$$

Wenn wir nun $\gamma = 2.00$ setzen, so würden wir für P' nach der Tafel für das vorgenannte Integral erhalten:

$$P' = 0.0047 = \frac{1}{212}.$$

Ein Resultat von dieser Wahrscheinlichkeit wollen wir bereits als so unwahrscheinlich annehmen, daß wir einen Kausalzusammenhang zwischen den zu untersuchenden Ereignissen annehmen. Nun können wir uns aber aus der Gleichung für γ die Werte von l'_N , l'_S , l'_D berechnen, die der obigen Wahrscheinlichkeit P' entsprechen würden. Wir finden:

$$l'_N = 27, \quad l'_S = 35, \quad l'_D = 26.$$

In Wirklichkeit betragen aber

$$l_N = 35, \quad l_S = 82, \quad l_D = 36.$$

Wie man sieht, übersteigen die wirklich gefundenen l -Werte die an und für sich schon unwahrscheinlichen l' -Werte bedeutend.

Wir müssen also den Schluß ziehen, daß die »kritischen Situationen«, d. h. Luftdruckverteilungen, die über den habituellen Stoßgebieten Österreichs kräftige Gradienten erzeugen, mit den Erdbeben in kausaler Verbindung stehen, also als sekundär auslösende Ursachen zu betrachten sind.

Zum Schlusse möchte ich noch eine Beziehung der Luftdrucksituationen, die starke Gradienten aufweisen, zu den Beben nicht unerwähnt lassen.

Wenn man sich die Häufigkeits-Jahreskurve der erwähnten Situationen, so wie dies in der nachstehenden Figur geschehen ist, und den Häufigkeitsgang der Bebenstage in einem Diagramm aufträgt, so ist man von der Ähnlichkeit der Kurven überrascht. Man könnte beinahe verleitet werden, in den »Situationen« das Moment zu sehen, das den jährlichen Häufigkeitsgang der Beben zu erklären imstande wäre.

Sämtliche für das Diagramm verwendete Zahlen sind unausgeglichen.

Die folgende kleine Tabelle V gibt dieselben als Abweichungen vom Mittelwerte wieder.

Situationshäufigkeit	$88 + 41 \sin(90^\circ + x)$,
Bebenhäufigkeit (Süd)	$67 + 26 \sin(58^\circ + x)$,
Bebenhäufigkeit (Österreich) . .	$123 + 31 \sin(48^\circ + x)$.

Wie man sieht, besteht sogar zwischen der Häufigkeit im Gebiete südlich der Alpen, dessen jährlicher Gang am besten mit jenem der Situationen übereinstimmt, eine Phasendifferenz von 32° , also zirka 32 Tagen, und zwar geht das Häufigkeitsmaximum der Situationen jenem der Bebenstage voraus.

Eine Erklärung dieser Erscheinung zu finden, wird auf Grund des vorliegenden Materials wohl schwerlich möglich sein. Immerhin bleibt die formale Übereinstimmung der dargestellten Diagrammkurven bemerkenswert und es erscheint die Möglichkeit keineswegs ausgeschlossen, daß auf dem hier betretenen Weg eine exakte Erklärung des jährlichen Ganges der Erdbebenhäufigkeit gegeben werden kann.

Jedenfalls hofft der Verfasser, in den vorangehenden Zeilen gezeigt zu haben, daß man auch bei Anwendung von scharfer Kritik mit Erfolg sekundär auslösende Ursachen der Erdbeben anzunehmen berechtigt ist.

Das größte Hindernis, auf das man immer und immer wieder stößt, ist der Mangel an Registrierungen und der Umstand, daß man nur mit subjektiven Beobachtungen zu arbeiten gezwungen ist. Lokale Registrierstationen mit Apparaten kleiner Vergrößerung wären in dieser Hinsicht äußerst wünschenswert und wären auch dann von hohem Werte, wenn die einzelnen Stationen nur über relative Zeit verfügen würden.

Auf Grund solcher lokaler Registrierungen in habituellen Stoßgebieten könnte man dann gewiß auch mit Erfolg dem schwierigen Problem des täglichen Ganges der Erdbebenhäufigkeit nähertreten.

Zusammenfassung.

1. Es wird gezeigt, daß die Erdbebenhäufigkeit in Österreich in keinerlei kausalem Zusammenhange mit der allgemeinen Luftdruckverteilung über Europa steht.

2. Eine Untersuchung auf eine Periodizität der Erdbebenhäufigkeit im Bereiche von 6 bis 40 Tagen, der vor allem sämtliche mögliche Mondperioden einschließt, verläuft ebenfalls resultatlos.

3. Mit Hilfe von Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen wird nachgewiesen, daß Luftdrucksituationen, die durch starke Gradienten über den habituellen Stoßgebieten Österreichs charakterisiert sind, als sekundär auslösende Ursachen der Erdbeben aufgefaßt werden können.
