

Mitteilungen der Erdbeben-Kommission

Neue Folge — Nr. 51

Das Oberburger Erdbeben
vom 28. Oktober 1916 und seine Nachbeben

Von

Franz Heritsch und Norbert Stücker

(Mit 2 Textfiguren.)

Wien, 1917

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 Brück 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 26. 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. Noé (Sitz. Ber., Bd. 109 [1900], Abt. I, Heft II) — K 60 h.
- XVII. Erdbebenstörungen zu Triest, beobachtet am Rebeur-Ehler'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.

- XXII. Bericht über die seismologischen Aufzeichnungen des Jahres 1902 in Lemberg**, von Prof. Dr. W. Láška — K 70 h.
- XXIII. Über die Verwendung der Erdbebenbeobachtungen zur Erforschung des Erdinnern**, von Prof. Dr. W. Láška — K 40 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-Ehler'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-Ehler'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 makdonischen 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 Pfibram, von Dr. Hans Benndorf) 2 K 60 h.
- XX. Erdbebenstörungen zu Triest, beobachtet am Rebeur-Ehler'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.

- 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. Łaska — 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-Ehrlert'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. Seismische Laufzeitkurven, von Prof. Dr. W. Łaska — K 40 h.
- XXXIX. Seismische Registrierungen in Wien, k. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, im Jahre 1909 (mit einigen Hilfstabellen zur Analyse von Bebediagrammen), von Dr. V. Conrad 1 K 30 h.
- XL. Das Scheibser 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. Juni 1910, von Dr. Josef Schorn 2 K — h.
- XLIII. Das mittelsteirische Erdbeben vom 22. Jänner 1912 von Dr. Franz Heritsch 1 K 10 h.
- 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 auslösenden Ursachen der Erdbeben) (II. Mitteilung) von Prof. V. Conrad — K 80 h.
- XLV. Seismische Registrierungen in Wien, k. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, im Jahre 1911, von Dr. Rudolf Schneider . . 1 K 30 h.
- XLVI. Über die Bestimmung von Azimut und scheinbarem Emergenzwinkel longitudinaler Erdbebenwellen, von H. Benndorf — K 60 h.
- XLVII. Seismische Registrierungen in Wien, k. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, im Jahre 1912, von Dr. Rudolf Schneider . . 1 K 30 h.
- XLVIII. Seismische Aufzeichnungen in Laibach, gewonnen an der Erdbebenwarte im Jahre 1913, von Prof. A. Achitsch — K 30 h.
- XLIX. Das Judenburger Erdbeben vom 1. Mai 1916, von Dr. Franz Heritsch. — K 60 h.
- L. Vorrichtung zum mechanischen Auswerten von Bebenkurven, von Wilhelm Schmidt — K 50 h.

Das Oberburger Erdbeben vom 28. Oktober 1916 und seine Nachbeben

Von

F. Heritsch und N. Stücker in Graz

(Mit 2 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 3. Mai 1917)

Der erste Teil der vorliegenden Abhandlung, verfaßt von F. Heritsch, enthält die Darstellung der makroseismischen Verbreitung des Erdbeben von Oberburg, der Nachbeben und der geologischen Begründung des Bebens. Der zweite Teil, dessen Autor N. Stücker ist, beschäftigt sich mit der Auswertung der Seismogramme.

Der erstgenannte der beiden Verfasser ergreift mit Vergnügen die Gelegenheit, den Erdbebenberichterstatern für ihre Beobachtungen bestens zu danken, nämlich den Herren Oberlehrern Klemenčič, Zemljič, Tercak, Lorber, Wudler, Konjav, Andoljšek, Tramte, Pfarrdechant Bizgan; ein besonderes Verdienst hat sich Herr Oberlehrer Kocbek durch seinen Bericht aus Oberburg und durch die genaue Aufzeichnung der Nachbeben erworben. Herzlichen Dank möchte der Verfasser auch Herrn Regierungsrat F. Seidl abstatten für die freundliche Überlassung des Krainer Materials.

I.

In Oberburg (Untersteiermark) wurde am 28. Oktober 1916 um 9^h 25^m ein Erdbeben wahrgenommen, das von allen Bewohnern, auch im Freien gefühlt wurde. Zuerst spürte man einen Schlag von unten, dann einen Seitendruck, dann ein Schaukeln. Die Richtung der Bewegung war SO—NW,

ihre Dauer 12 bis 15 Sekunden. Gleichzeitig mit dem Beben ertönte ein dumpfer Knall.

Die Wirkungen der Erschütterung waren sehr bedeutende. Bilder und Spiegel fielen von den Wänden, Flaschen stürzten von Gestellen herab; Mauerbewurf bröckelte in großer Menge herab; Ziegel fielen von den Dächern; Fensterscheiben zerbrachen. In den Wandecken entstanden Mauerrisse, ebenso auch an den Zimmerdecken. Einzelne Häuser wurden stark beschädigt, eines wurde fast unbewohnbar gemacht. Von der Kirchenfassade stürzte eine 35 kg schwere, auf einer Eisenstange sitzende Steinfigur herab. Von mehreren Häusern wurden Rauchfänge abgeworfen. Ein gewölbter Schweinestall stürzte ein.

Die aus der Menina kommende Quellenleitung führte nach dem Beben trübes Wasser, ebenso der Kropabach, der sonst nur nach langem Regen gelbes Wasser führt. Vom Berge Gradisče stürzten Felsblöcke während und nach dem Beben ab.

Das Beben war, wie Herr Oberlehrer Kocbek in seinem Berichte hervorhebt, in Oberburg am stärksten. Sehr stark wurde es in Gradisče und an der Kropa¹ geführt; weniger stark war es in Bočna und St. Martin. In Kreuzdorf² entstanden Mauerrisse.

In Riez wurde, wie Herr Oberlehrer J. Klemenčič berichtet, das Beben in Gebäuden von allen, im Freien von den meisten als wellenförmige Bewegung in SW—NO wahrgenommen. Vorher wurde ein rasselndes Geräusch gehört. Der Berichterstatter schätzt die Intensität auf V der Forel-Mercalli'schen Skala.

In St. Xaveri ist, dem Bericht des Herrn Oberlehrers Tercak zufolge, das Beben auch im Freien von allen Bewohnern wahrgenommen worden; die stoßartige Bewegung

¹ Gradisče heißt die östlich von Oderburg liegende, aus Triaskalk bestehende Kuppe P. 556. Der Kropabach mündet bei Tscheppla (östlich von Oberburg); er entspringt als starker Bach aus der Menina und treibt sofort eine Mühle.

² Kreuzdorf ist die Häusergruppe nördlich vom Gehöft Kovac (Oberburg NO), auf der Karte 1 : 75,000 als Kriska vas bezeichnet.

hatte die Richtung SW—NO. Der Erderschütterung ging ein donnerndes Geräusch voraus.

Herr Oberlehrer Zemljič hat aus Leutsch berichtet, daß das Erdbeben im Orte selbst und in seiner Umgebung verspürt wurde, daß aber seine Intensität verschieden war. Die südlich vom Orte wohnenden, also gegen Oberburg zu ansässigen Leute wußten von einer starken Erschütterung zu erzählen; die Dorfbewohner selbst spürten nur wenig;¹ in geringer Stärke war das Beben auch in der östlichen Umgebung von Leutsch zu beobachten.

In Laufen wurde das Erdbeben, wie Herr Oberlehrer Wudler schreibt, um 9^h 25^m beobachtet; es war ein vertikaler Stoß, der keinen Schaden anrichtete. Weitere Erschütterungen wurden wegen des Kanonendonners von der italienischen Front nicht verspürt.

Einer freundlichen Mitteilung des Herrn Oberlehrers Kocbek zufolge wurde das Beben auch in Neustift verspürt.

Negative Nachrichten liefen aus Schönstein, Fraßlau, Sulzbach und Praßberg ein.

Dem liebenswürdigen Entgegenkommen des Referenten für Krain, Herrn Regierungsrates Seidl, verdankt der Schreiber dieser Zeilen die über das Beben eingelaufenen Nachrichten aus dem genannten Kronland.

In Mötnig wurde, wie Herr Schulleiter U. Konjav schreibt, die Erderschütterung fast allgemein als ein Seitendruck beobachtet. Die Schulkinder erkannten während des Unterrichtes das etwa 5 Sekunden dauernde Beben, da die Bänke zitterten und die Fenster klirrten. Zuerst trat ein leichter und dann ein stärkerer Stoß ein.

In Moräutsch wurde, nach dem Bericht des Herrn Pfarrdechantes J. Bizgan ein starker Stoß in 2 Sekunden Dauer beobachtet, der von einem gleichzeitig auftretenden Geräusch wie eines starken Windes begleitet war. Die Richtung war W—O. Der Berichterstatter beobachtete das Beben sitzend

¹ Das mag wohl auch mit der für eine Erdbebenbeobachtung sehr ungünstigen Tageszeit zusammenhängen.

im ersten Stockwerk. Deutlich vernahm er die Erschütterung der Türen, weniger jene der Fenster. Das Beben wurde wenig bemerkt, da fast alle Erwachsenen außerhalb der Häuser sich befanden.

In Ober Tuchein wurde, einem Berichte der Zeitung Slovenec zufolge, ein starker senkrechter Stoß verspürt. Die Gewichte der Wanduhr kamen lange Zeit nicht zur Ruhe; auch in Schüsseln befindliche Flüssigkeiten gerieten in starke Schwankungen.

In Littai wurde, wie Herr Oberlehrer R. Andoljšek ausführt, der Erdstoß von einigen verspürt; er war ohne Geräusch und ohne Wirkungen.

In Stein wurde das Beben, dem Bericht des Herrn Oberlehrers J. Tramte zufolge, in Gebäuden (in allen Schulklassen, beim Bezirksgericht, auf der Post), nicht aber im Freien wahrgenommen. Es war eine wellenförmige Erschütterung in O—W-Richtung und von 2 Sekunden Dauer. Wirkungen traten keine ein. Der Berichterstatter schreibt: Ich saß am Schreibtisch, gewendet gegen Süden; da kam es mir vor, als ob hinter mir gerüttelt würde«.

In Laibach wurde, nach der Zeitung Slovenec, das Beben von einigen Leuten als leichtes Zittern wahrgenommen. Aus Laibach stammen auch negative Nachrichten. Sonst berichteten negativ Neumarkt, Kanker, Krainburg, Oberlaibach, Franzdorf, Domzale, Tersain, Mannsburg, Töplitz-Sagor (bei Trifail), Ratschach, St. Veit bei Sittich.

Auf der beigegebenen Textfigur ist eine Anzahl von Orten wegen zu weiter Entfernung von der Schütterzone nicht angegeben, nämlich Neumarkt, Kanker, Krainburg, Oberlaibach, Franzdorf, St. Veit bei Sittich (bei Weixelburg).

Die Bestimmung der Intensitäten nach der Forel-Mercallischen Skala ergab, daß in Oberburg die Intensität VII erreicht wurde. Für St. Xaveri wird man sie mit VI, für Riez mit V ansetzen. Leider ist die Intensität für Ober Tuchein nicht bestimmbar, doch ist immerhin der sukzessorische

Charakter des Bebens, den dieser Ort mit Oberburg gemeinsam hat, zu betonen.

Daß Moräutsch und Stein der Intensität IV angehören ist sicher. Dagegen gestattet der Bericht aus Möttinig nur eine fragliche Zurechnung zu dieser Stufe. Littai wird man zur Intensität III rechnen können. Laibach gehört ebenfalls



Fig. 1.

Erdbeben vom 28. Oktober 1916.

- Orte mit positiven Berichten.
- Orte mit negativen Berichten.
- Landesgrenzen.

Erklärung der Ellipse im Text.

dazu, denn die Tatsache, daß in dieser großen Stadt nur einige Leute das Beben spürten, ist bezeichnend für die Intensität III.

Bemerkenswert ist der Umstand, daß die Erschütterung bereits nahe am Epizentrum wellenförmigen Charakter hatte.

Es ist ganz evident, daß die Erderschütterung vom 28. Oktober ihr Epizentrum nahe bei Oberburg hatte.

Auffallend ist die geringe Verbreitung des Bebens, besonders im Hinblick auf die bedeutende Intensität der Epizentralregion. Der Kranz der negativen Nachrichten schließt sich in kurzer Entfernung um Oberburg.

Ich schließe daher, daß das Hypozentrum sehr seicht liegt. Das Beben ist eine in der Lokaltektonek begründete Erscheinung und, wie später erörtert wird, mit einer Störung der obersten Erdkruste in Verbindung zu bringen.

An die Erschütterung des 28. Oktober schließt sich eine Reihe von Nachbeben an. Die Bezeichnung »Nachbeben« ist eigentlich nicht ganz richtig, denn es handelt sich eigentlich um einen Erdbebenschwarm. Die Berichte über die Nachbeben von Oberburg verdankt der Referent Herrn Oberlehrer Kocbeck, der sich damit ein herrragendes Verdienst erworben hat. Ich gebe im folgenden ein Verzeichnis derselben.

29. Oktober.

- Oberburg. 1^h 36^m. Von allen Bewohnern verspürt, auch im Freien. Mehrere zentrale Stöße vom Charakter jener des 28. Oktober. Dauer des Bebens 6 bis 8 Sekunden, gleichzeitig dumpfes Rollen.
- Oberburg. 1^h 41^m. Richtung SO—NW. Dauer eine Sekunde.
Ein zentraler Stoß.
- Oberburg. 5^h 37^m. Ein zentraler Stoß. Dauer eine Sekunde.
- Oberburg. 23^h 45^m. Ein zentraler Stoß. Dauer eine Sekunde.

30. Oktober.

- Oberburg. 1^h 17^m. Ein zentraler Stoß, zwei Sekunden Dauer. Die Bewegung war in der Art und in der Stärke des Bebens vom 28. Oktober. In Oberburg und in Kreuzdorf entstanden an einigen Häusern Risse; auch stürzten Rauchfänge ein.
- St. Xaveri. 1^h 15^m. Erdbeben nur in Häusern von einzelnen Personen gefühlt; es war eine Stoßartige Bewegung in SW—NO (Bericht des Herrn Oberlehrers Terčak).

30. Oktober,

| | | | | |
|-----------|----------------------------------|---------------------|--------------|---------------|
| Oberburg. | 3 ^h 30 ^m . | Ein zentraler Stoß. | Eine Sekunde | Dauer. |
| » | 3 50 | » | » | » |
| » | 16 45 | » | » | Zwei Sekunden |

1. November.

| | | | | |
|-----------|----------------------------------|---------------------|--------------|---------------|
| Oberburg. | 0 ^h 18 ^m . | Ein zentraler Stoß. | Eine Sekunde | » |
| » | 4 32 | » | » | » |
| » | 8 30 | » | » | » |
| » | 15 13 | » | » | Zwei Sekunden |

3. November.

| | | | | |
|-----------|-----------------------------------|---------------------|--------------|--------|
| Oberburg. | 15 ^h 30 ^m . | Ein zentraler Stoß. | Eine Sekunde | Dauer. |
|-----------|-----------------------------------|---------------------|--------------|--------|

4. November.

| | | | | |
|-----------|----------------------------------|---------------------|--------------|--------|
| Oberburg. | 0 ^h 20 ^m . | Ein zentraler Stoß. | Eine Sekunde | Dauer. |
| » | 23 30 | » | » | » |

5. November.

| | | | | |
|----------|----------------------------------|---------------------|--------------|--------|
| Oberburg | 3 ^h 30 ^m . | Ein zentraler Stoß. | Eine Sekunde | Dauer. |
|----------|----------------------------------|---------------------|--------------|--------|

19. November.

| | | | | |
|-----------|----------------------------------|---------------------|------------------------|--------|
| Oberburg. | 3 ^h 25 ^m . | Ein zentraler Stoß. | Zwei bis drei Sekunden | Dauer. |
|-----------|----------------------------------|---------------------|------------------------|--------|

20. November.

| | | | | |
|-----------|----------------------------------|---------------------|--------------|--------|
| Oberburg. | 3 ^h 45 ^m . | Ein zentraler Stoß. | Eine Sekunde | Dauer. |
|-----------|----------------------------------|---------------------|--------------|--------|

21. November.

| | | |
|-----------|----------------------------------|---|
| Oberburg. | 0 ^h 20 ^m . | Drei zentrale Stöße, verbunden mit unterirdischem Geräusch; vier bis fünf Sekunden Dauer. |
|-----------|----------------------------------|---|

| | | |
|----------|------|---|
| Fraßlau. | 0 25 | Beben von vielen Bewohnern in Gebäuden verspürt. Es war ein wellenförmiges Erdbeben in SO—NW-Richtung, das von donnerndem Geräusch begleitet war (Oberlehrer Lorber). |
|----------|------|---|

21. November.

- St. Xaveri. 0^h 10^m. Von vielen Personen als wellenförmige Bewegung in SO—NW gefühlt (Oberlehrer Tercak).
- Oberburg. 2 20 Ein zentraler Stoß. Eine Sekunde Dauer.
 » 6 00 Ein zentraler Stoß. Eine Sekunde Dauer. Mit Knall.
 » 15 45 Ein zentraler Stoß. Zwei bis drei Sekunden Dauer.
- St. Xaveri. 21 45 Beben von vielen Personen verspürt (Oberlehrer Tercak).

22. November.

- Oberburg. 4^h 45^m. Fünf zentrale Stöße. 8 bis 10 Sekunden Dauer.
- St. Xaveri. Von ziemlich vielen Leuten verspürt als wellenförmige Bewegung von drei Sekunden Dauer (Oberlehrer Tercak).

24. November.

- Oberburg. 9^h 20^m. Ein starker Stoß. Zwei Sekunden Dauer. Beim Bauer Zagradišnik (bei Gradisče) sind die Leute aus dem Hause gelaufen.

12. Jänner 1917.

- Oberburg. 22^h 10^m. Ein zentraler Stoß. Eine Sekunde Dauer.

13. Jänner.

- Oberburg. 9^h 13^m. Ein zentraler Stoß. Eine Sekunde Dauer.

15. Jänner.

- Oberburg. 8^h 32^m. Ein zentraler Stoß. Eine Sekunde Dauer.

17. Jänner.

- Oberburg. 5^h 32^m. Ein zentraler Stoß. Eine Sekunde Dauer.

20. Jänner.

Oberburg. 9^h 55^m. Ein zentraler Stoß. Zwei Sekunden Dauer. Dem Stoß ging ein unterirdisches Rollen gleich dem Geräusch eines Wagens voraus.

Sämtliche Stöße waren (mit Ausnahme derjenigen, bei welchen etwas anderes angegeben wurde) leicht, wie ein Schuß.

Die Nachbeben waren zuerst stark; da wäre die Erschütterung vom 29. Oktober um 1^h 36^m anzuführen. Nach einigen schwachen Stößen ereignete sich eine bedeutende Erschütterung am 30. Oktober um 1^h 17^m; diese erreichte in Oberburg wohl die Intensität VII, während St. Xaveri Intensität IV hatte. Es ist da besonders auf die ungemein rasche Abnahme der Intensität aufmerksam zu machen (die beiden Orte haben eine Entfernung von etwa 4 km Luftlinie!) und derselbe Schluß zu ziehen wie beim Hauptbeben, nämlich daß das Hypozentrum sehr seicht liegt.

Auf die kräftige Erschütterung folgten wieder leichte Stöße und erst am 21. November geschah ein stärkeres Beben. Leider läßt sich die Intensität für Oberburg nicht bestimmen, Fraßlau und St. Xaveri aber wird man wohl zu IV stellen müssen. Dann folgten wieder schwache Beben. Unter diesen ist die Erschütterung vom 21. November um 21^h 45^m besonders bemerkenswert, die allein in St. Xaveri, wo sie die Intensität V erreichte, verspürt wurde. Das zeigt, daß in dem habituellen Stoßgebiet eine Verlegung des Stoßgebietes eingetreten ist. Am 22. November trat um 4^h 45^m eine stärkere Erschütterung ein, der nur mehr schwache Stöße folgten.

Aus der Serie der Nachbeben geht hervor, daß das Hypozentrum unter Oberburg sehr lange Zeit tätig war.

Am 29. Jänner ereignete sich um 9^h 22^m 58^s das gewaltige Erdbeben von Rann. Dieses wurde im Gebiet von Oberburg gerade noch verspürt; Oberburg, Fraßlau, Laufen, Lantsch, Praßberg, Riez, St. Xaveri gaben positive, Sulzbach im Sanntale aber negative Nachrichten. Von den Nachbeben des Ranner Bebens wurde jenes um 11^h 29^m am 29. Jänner

in Laufen, Oberburg, Praßberg ganz schwach verspürt. Andere Nachbeben größerer Intensität, z. B. jenes vom 29. Jänner um 22^h 18^m wurden nicht mehr wahrgenommen.

Bemerkenswert sind einige Bodenbewegungen des 30. Jänner. In Oberburg allein wurde zirka um 5^h ein leichter Erdstoß verspürt. Die Zeitangabe reicht, wenn sie auch nur sehr beiläufig ist, hin zur Feststellung, daß diese Bodenbewegung nicht mit dem Ranner Nachbeben (6^h 09^m) zusammenfällt. Annähernd zur selben Zeit wurde auch Hohenegg bei Cilli erschüttert. Am selben Tage wurde nochmals Oberburg betroffen; um 18^h 45^m trat ein leichter Erdstoß ein. Um 18^h 30^m wurde in Fraßlau ein Beben beobachtet; dem Bericht des Herrn Oberlehrers Lorber zufolge wurde dasselbe von einigen Bewohnern nur in Gebäuden und nur in höheren Stockwerken als wellenförmige Bewegung in SW—NO gefühlt. Es scheint klar zu sein, daß die Beobachtungen in Oberburg und in Fraßlau sich auf dasselbe Beben beziehen.

Die angeführten Beben des 30. Jänner sind nicht direkt auf das Ranner Erdbeben zu beziehen, sondern sie sind von den Nachbeben desselben als selbständige Erschütterungen vollständig zu trennen. Sie sind daher als Auslösungen von Spannungen in dem habituellen Stoßgebiet von Oberburg anzusehen und stellen eine Fortsetzung des Oberburger Erdbebenschwarmes dar. Dabei muß es selbverständlich unentschieden bleiben, ob sie in gar keinen Kausalnexus zum Ranner Beben gebracht werden sollen oder ob man sich vorstellen soll, daß das Oberburger Stoßgebiet durch das Ranner Beben zu einer neuerlichen Auslösung von Spannungen angeregt wurde.

Das vom Ostabbruch der Steiner Alpen, vom untermiozänen Eruptivgebiet des Smrekouz, vom Boskovec und vom Bergland südlich von Praßberg eingeschlossene Gebiet ist ein häufig bewegter Landstrich.

Seit der Gründung des Erdbebenbeobachtungsdienstes in Österreich wurden folgende Einzelererschütterungen daselbst beobachtet: 6. April 1897 in Riez; 12. April 1897 in Riez; 16. Juni 1897 in Riez; 13. November 1897 in Riez;

17. Dezember 1897 in Laufen; 7. November 1898 in Oberburg (ziemlich kräftiges Beben!); 18. Dezember 1901 in Oberburg und Praßberg (diese Erschütterung ist bemerkenswert wegen des Umstandes, daß beide Orte beim Agramer Beben vom 17. Dezember 1901 negativ berichteten, während am folgenden Tage in beiden Orten ein Beben mit Intensität V auftrat, die beim Agramer Beben nur in der Umgebung von Rann auftrat. Die Analogie mit dem oben erwähnten Beben vom 30. Jänner 1917 ist vollständig, daher wird man die Erklärung wohl auf demselben Wege wie oben suchen müssen); 14. August 1903 in Oberburg; 7. März 1903 in Oberburg; 7. April 1903 in Leutsch; 27. März 1909 in Oberburg, und St. Xaveri; 27. Feber 1912 in St. Xaveri; 1. November 1912 in Oberburg. Am 11. Oktober 1903 wurden Oberburg, Laufen und Leutsch gleichzeitig erschüttert.

Die Ursache des Bebens von Oberburg und seines Nachbebens ist nur auf tektonischem Gebiet zu suchen. Von anderen Erklärungsmöglichkeiten könnten nur Einsturzbeben herangezogen werden. Zu einer solchen Erklärung könnte der zum Teil wenigstens kalkige Untergrund des Bodens im Oberburger Gebiet verleiten. Doch ist die Wahrscheinlichkeit einer solchen Erklärung gering; denn abgesehen von der Tatsache, daß ein habituelles Stoßgebiet vorliegt, müßten Einstürze, welche eine so große Erschütterung und so viele Nachbeben erzeugen, auch oberflächlich stark bemerkbar sein. Gegen die Erklärungsmöglichkeit mit Einsturzbeben spricht auch die früher erwähnte Verlegung des Stoßpunktes beim Nachbeben vom 21. November um 21^h 45^m. Daher ist eine Erklärung auf diesem Wege abzulehnen und die tektonische Begründung des Bebens zu suchen. Es ist diesbezüglich nur zu betonen, daß selten bei Erdbeben ein so klarer Zusammenhang mit dem Gebirgsbau zu beobachten ist wie bei Oberburger Beben. Ich stütze mich bei der folgenden Erörterung auf die Ausführungen Teller's deren absolute Genauigkeit ich vor Jahren anlässlich vieler Exkursionen in dem fraglichen Gebiete kennen lernte.

Oberburg liegt am Südostrand der von Oligozän und Miozän erfüllten Bucht von Laufen-Leutsch, welche durch

den komplex zusammengesetzten Rücken des Krainski Reber-Rogac in zwei Arme geteilt wird. Im vortertiären Gebirge sind kräftige Störungen vorhanden.¹ Die große Störung der Cerna dolina, an der die Steiner Alpen gegen eine tektonisch tiefere Stufe bewegt wurden, setzt von Krain einerseits nach Podwollouleg, andererseits über den Cernasattel nach Steiermark fort; sie steigt über den erwähnten Sattel herab und führt dem Nordabfall der Tomanova planina entlang in das Driethtal herab, wo sie bis nahe zum Gehöfte Drejenik gut zu verfolgen ist; sie verschwindet dann unter dem Oligozän. Diese Bruchlinie trennt tektonisch die Trias der Menina vom Rogac. Die kräftigen Störungen des Rogac sind durch Andesite, welche auch an Störungslinien liegen, ausgezeichnet. Die früher erwähnte Aufschiebung der Steiner Alpen hat ein jugendliches Alter, denn sie hat — vielleicht durch die zeitlich jüngsten Bewegungen — noch das Miozän von Stein gegen Süden überkippt;² die Steiner Alpen sind gegenüber der Masse des Krainski Reber gegen Südosten bewegt und in derselben Richtung sind auch die tertiären Sedimente des Smrekouz zusammengeschoben.³

Die Serie des transgredierenden Tertiärs beginnt im Gebiet von Oberburg mit dem Oligozän. Darüber folgt das Miozän, die Tuffsedimente des Smrekouz, die weit über den ursprünglichen Rand des oligozänen Meeresbeckens hinausreichen und im Rogac-Gebiet eine Höhe von 1120 m erreichen. Das Tertiär ist stark gestört und verdankt diesem Umstand seine verschiedene Höhenlage.

Im Süden von Oberburg liegt die Masse der Menina, welche ein Triasprofil von den Werfener Schichten bis zum Obertriaskalk zeigt. Unmittelbar bei Oberburg ist eine steile, Störung vorhanden. Werfener Schichten bilden eine Antiklinale in der ein Andesitdurchbruch aufsetzt. Über dem Südflügel der Antiklinale baut sich die regelmäßige Folge bis zum Obertriaskalk des Meninagipfels auf. Auf dem Nordflügel liegt in der Mächtigkeit sehr reduzierter Muschelkalk und

¹ Teller, Verhandlungen der k. k. Geol. Reichsanstalt 1892, p. 120 u. f.

² Profil 55 bei F. Seidl, Kamniške ali Savinske Alpe, II., Laibach 1908.

³ Kossmat, Mitteilungen der Wiener Geol. Gesellsch., 1913, p. 109.

darüber mit einer scharfen Störung Dachsteinkalk. Teller¹ bezeichnet diese als eine »tiefgreifende Längsstörung«. Dieser Bruch liegt in der Fortsetzung der Störung der Cerna Dolina, hat aber einen anderen Charakter, so daß es fraglich ist, ob er mit ihr zusammengehört; überdies ist bei Oberburg der nördliche Flügel abgesunken. Auch der Südabfall der Menina zeigt eine große Störung,² an der die Trias der Menina über das Tertiär bei Möttinig überschoben ist.

Bezüglich des Alters der Störungen im Gebiet von Oberburg³ wäre nur anzuführen, daß das Senkungsfeld am Ostrand der Steiner Alpen bereits vor Beginn der Ablagerung des Oligozäns angelegt wurde und daß die Senkung mit dem Eintritt des Miozäns ihr Maximum erreichte. Im Westen ist dieses Senkungsfeld durch den scharf markierten geraden Abbruch der Steiner Alpen begrenzt. Im Norden liegt eine große Bruchlinie, welche sich aus den Karawanken über Wöllau—Hohenegg usw. verfolgen läßt und welche durch große Andesitergüsse ausgezeichnet ist. Eine im Süden abgrenzende Bruchlinie ist jene früher von Oberburg beschriebene Störung.

In dem Senkungsfeld sind zwei Phasen des Absinkens zu erkennen; eine erste Senkung eröffnete den Raum für das Übergreifen der oligozänen Meeresbildungen; eine zweite Senkung liegt am Beginn der Miozänzeit, in der die Ergüsse des Andesits einsetzten. Dann folgt eine Zeit der Faltung; diese ist so jung, daß sie bei Stein in Krain noch das Sarmatische betroffen hat. Doch ist es von wesentlicher Bedeutung, daß bereits das Oligozän über das schon gefaltete, im Alttertiär aufgerichtete Gebirge übergreift.⁴ Aus der Karte Teller's geht hervor, daß im Untergrund des Tertiärs zwischen Oberburg und dem Smrekouz auf weite Strecken die Triasdecke durch Abtragung beseitigt sein muß, daß also das Tertiär meist auf vortriassischen Gesteinen liegt; denn die Menina,

¹ L. c., p. 133.

² Profil 22 bei Seidl, l. c., I., Laibach 1907; Kossmat, l. c., p. 70.

³ Teller, Erläuterungen zur geologischen Karte der östlichen Ausläufer der Karnischen und Julischen Alpen. Wien 1896, p. 9.

⁴ Kossmat, l. c., p. 127.

die Steiner Alpen und der Boskovec ragen als Plateaureste aus dem transgredierenden Tertiär auf.¹

Überblicken wir die erörterten Verhältnisse, so geht mit Klarheit die Beziehung des Oberburger Erdbebens zur Tektonik hervor. Die früher erwähnte seichte Lage des Hypozentrums läßt sogar eine direkte Beziehung zur steilen Störung bei Oberburg erkennen. Spannungen der Erdkruste führten zu einem Aufleben der Störung und verursachten die Beben von Oberburg. Wenn schon nicht das Hypozentrum direkt an dieser Störung gesucht werden kann, wie N. Stücker's Darstellung zeigt, so ist doch die Intensität des Bebens durch diese Bruchlinie beeinflusst. Stücker berechnet die Lage des Epizentrums derart, daß es im oberen Feistritztales in der Nähe des P. 559 hinzuverlegen ist (das ist nebenbei bemerkt eine Gegend, welche in postoligozäner Zeit nach sehr kräftige Störungen durchgemacht hat, wie die Stellung der oligozänen Meeresbildungen zeigen). Die Fehlerellipse liegt derart, daß das Beben noch 4' weiter im Südosten sein Epizentrum gehabt haben kann; das heißt nichts anderes, als daß das Hypozentrum des Bebens mit der großen, den in Südosten erfolgten Vorschub der Steiner Alpen markierenden Störung von Černa dolina zusammenhängt.

Die Lage des Epizentrums stimmt nur im allgemeinen mit der aus den makroseismischen Berichten bestimmten Position der pleistoseisten Region überein. Um diese Divergenz zu erklären, muß man die gegebenen Daten spekulativ auswerten. Der Vorschub der Steiner Alpen, als dessen Ausläufer die Krustenbewegung erscheint, erfolgte auf flacher Bahn. Der Bruch südlich von Oberburg stellt eine steile Bewegungsfläche dar. Ich stelle mir nur vor, daß die Massenbewegung der Steiner Alpen, die von dem durch Stücker errechneten Hypozentrum ausging, in der durch die steile Lage und durch die Position als Randbruch des Tertiärbeckens von Oberburg in labilem Gleichgewicht befindlichen Oberburger Störung jene Bewegung, eine Spannung auslösend, hervorrief, welche das Epizentrum in Oberburg schuf. Die Nachbeben sind

¹ Kossmat, l. c., p. 111.

sämtliche allein am Oberburger Bruch ausgelöst worden bis auf jenen Fall der Verlegung des Stoßpunktes, der früher erwähnt wurde (p. 9).

Zum Schlusse möchte ich nur noch betonen, daß solche Erdbebenschwärme wie die Oberburger Bebenserie in Steiermark zwar selten sind, daß aber doch schon ähnliche Ereignisse eingetreten sind. Ich führe da nur das Erdbeben von Reichenburg vom 14. November 1905 an; der vertikale Stoß richtete in Reichenburg bedeutenden Schaden an, bewirkte kräftige Mauerrisse. Trotz der großen Intensität wurde das Beben nur in Reichenburg und in dessen nächster Umgebung verspürt, und zwar in 5 *km* Umkreis noch schwach, in 15 *km* Entfernung kaum merklich wahrgenommen. Auch diesem Beben folgte eine Serie von Nachbeben. Auch in diesem Falle drängt sich der Schluß auf ein seichtes Hypozentrum auf.

Ich erwähne nur noch, daß auf Krainer Boden im Gebiet der Bucht von Landstraß Beben nach Art der Schwärme häufig sind. Die bemerkenswerteste Erscheinung in dieser Hinsicht ist der 50 Erschütterungen umfassende Schwarm in der Zeit vom 20. Oktober 1906 bis 20. November 1906, dessen konstantes Epizentrum Puschendorf und Zirkle war.

II.

Für die mikroseismische Behandlung des Oberburger Erdbebens dienen mir zwei Voraussetzungen aus der makroseismischen Bearbeitung. Einerseits nehme ich den Ort Oberburg selbst als mutmaßliches Epizentrum an, da er in der Zone des stärksten Schüttergebietes liegt, andererseits gehe ich bei der Auswahl der Laufzeitkurven von der geologisch begründeten Tatsache aus, daß das wahre Zentrum unmittelbar unter der Erdoberfläche zu suchen ist.

Da das Beben kein sehr starkes war, so kommen für die Berechnung des mikroseismischen Epizentrums nur die im engeren Umkreise gelegenen Stationen, also Laibach, Graz, Triest, Agram, Pola, Wien und Padua in Betracht. Von der Verwertung der Aufzeichnungen letzterer Station mußte aus begreiflichen Gründen Abstand genommen werden. Eine

| | Koordinaten | | Δ | | P | | |
|------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------|-----|--------------------------|---------------------------|-----------|
| | | | ° ' " | km | t^* | t | $t^* - t$ |
| Laibach | $\varphi = 46^\circ 3 \cdot 0'$ | $\lambda = 14^\circ 30 \cdot 7'$ | 0 19 | 36 | 8h 16m 31s | 8h 15m 57·0s | +34·0s |
| Graz..... | $\varphi = 47^\circ 4 \cdot 6'$ | $\lambda = 15^\circ 26 \cdot 9'$ | 0 53 | 99 | 8h 16m 8 $\frac{1}{2}$ s | 8h 16m 8·3s | + 0·2s |
| Triest..... | $\varphi = 45^\circ 38 \cdot 6'$ | $\lambda = 13^\circ 46 \cdot 4'$ | 0 59 | 109 | 8h 16m 9s | 8h 16m 10·1s | - 1·1s |
| Agram | $\varphi = 45^\circ 48 \cdot 9'$ | $\lambda = 15^\circ 58 \cdot 5'$ | 0 56 | 104 | 8h 16m 11·5s | 8h 16m 9·3s | + 2·2s |
| Pola | $\varphi = 44^\circ 51 \cdot 8'$ | $\lambda = 13^\circ 50 \cdot 8'$ | 1 35 | 175 | 8h 16m 20s | 8h 16m 22·0s | - 2·0s |
| Wien | $\varphi = 48^\circ 14 \cdot 9'$ | $\lambda = 16^\circ 21 \cdot 7'$ | 2 13 | 247 | 8h 16m 33s | 8h 16m 32·4s | + 0·6s |
| Epizentrum | $\varphi = 46^\circ 18 \cdot 0'$ | $\lambda = 14^\circ 48 \cdot 8'$ | — | — | — | 8h 15m 50 $\frac{1}{2}$ s | — |

Zusammenstellung der für die übrigen Stationen geltenden, beobachteten und berechneten Eintrittszeiten der ersten Vorläufer (P) ergibt das in nebenstehender Tabelle mitgeteilte Resultat.

Hierin bedeuten Δ die Entfernung vom Epizentrum, t^* die beobachtete und t die berechnete Eintrittszeit der P . Die Berechnung der t geschieht in der Weise, daß von einem hypothetischen Epizentrum (in diesem Falle der Ort Oberbürg) aus die den einzelnen Δ entsprechenden Laufzeiten zu einer beliebig angenommenen Herdzeit addiert werden und diese dann solange variiert wird, bis die algebraische Summe der Differenzen $t^* - t$ ein Minimum geworden ist.

Wie man auf den ersten Blick sieht, sind die Beobachtungen der Station Laibach nicht zu verwenden, denn es scheint sich bei denselben außer einem offensichtlichen Ablesungsfehler von einer halben Minute noch um einen Fehler in der Zeitkorrektur zu handeln. Wenn wir die Werte der übrigen fünf Stationen miteinander vergleichen, so tritt die geradezu seltene Übereinstimmung zwischen den Werten der t^* und t deutlich zutage. Es ist dies wieder ein Beweis für die große Genauigkeit der von A. Mohorovičič aufgestellten Laufzeit Tabellen.¹ Bekanntlich hat dieser Forscher die Existenz zweier verschiedener Gattungen der P nachgewiesen, von denen die eine erst bei Entfernungen über 200 *km* sichtbar wird und eine etwas größere Geschwindigkeit besitzt. Da nun verschiedene Gründe dafür sprechen, daß es sich bei den Angaben der Station Wien um diese letztere Wellengattung handelt, war ich gezwungen, mit zweierlei Laufzeiten arbeiten zu müssen.

Die Korrekturen für die geographischen Koordinaten des Herdes sowie für die Herdzeit, welche mittels der Methode der kleinsten Quadrate nach dem Verfahren von L. Geiger² aus den Ankunftszeiten der P ermittelt wurden, sind folgende:

¹ Beilage zu den wöchentlichen Erdbebenberichten von Agram 1915.

² Herdbestimmung bei Erdbeben aus den Ankunftszeiten. Nachr. v. d. königl. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, mathem.-phys. Klasse., 1910, Heft 4, p. 331.

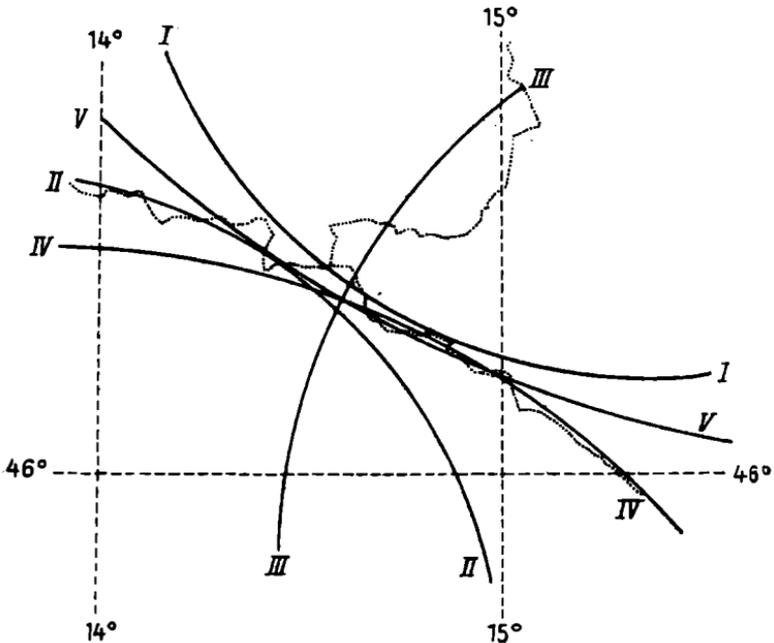
$$\begin{aligned} \delta t &= + 0.1^s, & t &= 8^h 15^m 50\frac{1}{2}^s. \\ \delta \varphi &= + 1.2', \text{ folglich } \varphi &= 46^\circ 19.2'. \\ \delta \lambda &= + 11.6', & \lambda &= 14^\circ 37.2'. \end{aligned}$$

| | Δ | | P | | | M | | | |
|-------------|----------|------------------|------|--|--|-------------------|--|--|-------------------|
| | $^\circ$ | $'$ | km | t^* | t | $t^* - t$ | t^* | t | $t^* - t$ |
| Graz..... | 0 | 56 $\frac{1}{2}$ | 104 | 8 ^h 16 ^m 81 $\frac{1}{2}$ ^s | 8 ^h 16 ^m 8.9 ^s | -0.5 ^s | 8 ^h 16 ^m 21.5 ^s | 8 ^h 16 ^m 21.3 ^s | +0.2 ^s |
| Triest..... | 0 | 54 | 100 | 8 ^h 16 ^m 9 ^s | 8 ^h 16 ^m 8.1 ^s | +1.0 ^s | 8 ^h 16 ^m 30.0 ^s | 8 ^h 16 ^m 29.8 ^s | +0.2 ^s |
| Agram..... | 1 | 4 | 118 | 8 ^h 16 ^m 11.5 ^s | 8 ^h 16 ^m 11.4 ^s | 0.0 ^s | 8 ^h 16 ^m 47.2 ^s | 8 ^h 16 ^m 47.5 ^s | -0.3 ^s |
| Pola..... | 1 | 33 | 172 | 8 ^h 16 ^m 20 ^s | 8 ^h 16 ^m 21.1 ^s | -1.0 ^s | 8 ^h 17 ^m 2.7 ^s | 8 ^h 17 ^m 2.8 ^s | -0.1 ^s |
| Wien..... | 2 | 16 | 246 | 8 ^h 16 ^m 33 ^s | 8 ^h 16 ^m 32.7 ^s | +0.5 ^s | 8 ^h 17 ^m 40.0 ^s | 8 ^h 17 ^m 40.0 ^s | 0.0 ^s |

Die Korrektion für die Herzzeit liegt innerhalb der Beobachtungsfehler und bleibt daher unberücksichtigt. Der Herd selbst liegt, wie aus dem Kärtchen in Fig. 1 zu ersehen ist, beträchtlich westlich von Oberburg auf krainischem Gebiete und bildet den Mittelpunkt zweier sich senkrecht schneidender Geraden, welche uns die beiden Achsen der sogenannten Fehlerellipse vorstellen, d. i. der Fläche, auf welcher das Epizentrum auf Grund der erreichbaren Genauigkeit zu suchen ist. In unserem Falle beträgt

der Neigungswinkel der kürzeren Achse gegen den Parallelkreis $58^{\circ} 44'$, die beiden Halbachsen selbst betragen $2 \cdot 0'$ und $3 \cdot 8'$, oder, in Flächenmaß ausgedrückt, $3\frac{1}{2}$ und 7 km .

In vorhergehender Tabelle befinden sich die den verbesserten Herdkoordinaten entsprechenden Distanzen und Eintrittzeiten der P in den fünf Beobachtungstationen. Letztere sind auf halbe Sekunden abgerundet. Da es mich interessierte, inwieweit eine solche Übereinstimmung auch für die Maximalwellen (M) zu finden ist, habe ich die Tabelle unter Beibehaltung der Herdzeit und -entfernung auch für letztere Wellen angelegt, wobei sich noch geringere Differenzen zwischen den t^* und t ergeben haben.



| | $S(M)-P$ | Δ |
|--------------|----------------|----------|
| Graz | 13^s | 192 |
| Triest | 12^s | 94 |
| Agram | $14 \cdot 2^s$ | 110 |
| Pola | 22^s | 174 |
| Wien | 34^s | 250 |

Fig. 2.

Zum Vergleich berechnete ich das Epizentrum noch aus der Zeitdifferenz zwischen den beiden Vorläufern ($S-P$), wobei mir wieder die Laufzeittabellen von Mohorovičić als Grundlage dienen, beziehungsweise da bei den näher gelegenen Stationen die S zeitlich mit den M fast zusammenfallen, aus der Zeitdifferenz $M-P$. Mit den diesen Zeitintervallen entsprechenden Distanzen zeichne ich nun von den betreffenden Beobachtungsstationen aus Kreisbogen (siehe Fig. 2) und bestimme aus deren gegenseitiger Lage graphisch das Epizentrum auf folgende Weise: Ich bezeichne die Kreisbogen, der Reihenfolge der Stationen entsprechend, mit den römischen Ziffern I bis V. Diese Kreisbogen geben miteinander nur sieben Schnittpunkte; da der Kreisbogen I die Kreisbogen II, IV und V nicht schneidet, führe ich dafür die Mitte der Zentralabstände I/II, I/IV und I/V ein, deren Werte in der vorstehenden Tabelle eingeklammert sind. Übrigens liegen die einzelnen Werte für φ und λ fast durchwegs innerhalb der Fehlerellipse, es würde daher genügen, aus den 10 Werten einfach das Mittel zu nehmen, um einen richtigen Wert für die Lage des Epizentrums zu erhalten. Der Vollständigkeit halber bringe ich in der Tabelle noch das (mit einem Sternchen bezeichnete) Mittel, in welches die sieben Schnittpunkte mit ganzem, die drei anderen Punkte aber nur

| | $\varphi = 46^\circ +$ | | | | $\lambda = 14^\circ +$ | | | |
|------------------------------|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | II | III | IV | V | II | III | IV | V |
| Schnittpunkte der Kreisbogen | | | | | | | | |
| I | (21') | 20 $\frac{1}{2}$ ' | (15') | (15') | (33') | 38' | (49') | (49') |
| II | | 17' | 19' | 22' | | 36 $\frac{1}{2}$ ' | 33 $\frac{1}{2}$ ' | 29' |
| III | | | 18 $\frac{1}{2}$ ' | 18 $\frac{1}{2}$ ' | | | 36 $\frac{1}{2}$ ' | 36 $\frac{1}{2}$ ' |
| IV | | | | 18 $\frac{1}{2}$ ' | | | | 36 $\frac{1}{2}$ ' |
| Mittel | 46° 18·5', 46° 18·7'* | | | | 14° 37·7', 14° 36·7'* | | | |

mit halbem Gewicht einbezogen wurden. Beide Mittel differieren in der Länge um eine Sekunde, in der Breite um 0·2 Minuten.

Welchen Wert man auch als den richtigeren annimmt, jedenfalls stimmt ein jeder mit den aus den Laufzeiten der *P* und *M* sich ergebenden Größen gut überein.

Auffallend ist die Tatsache, daß das mikroseismische Epizentrum mit dem makroseismischen nicht zusammenfällt.

