

# Jahresbericht

des

# Schweizerischen Erdbebendienstes 1919.

Von Prof. A. de Quervain.

1. Allgemeines und Notiz über das Pseudo-Erdbeben der Explosion von Nendaz.
2. Die 1919 in der Schweiz gespürten und die an der Erdbebenwarte Zürich registrierten Nahebeben, nebst Uebersicht der Fernbeben, von Dr. A. de Weck und Dr. A. de Quervain. (Mit 1 Tafel.)

## Anhang:

1. Ueber identische Seismogramme identischer Herde, von A. de Quervain und A. de Weck. (Mit 2 Fig.)
2. Ein erster Fall diametraler Ausbildung des anormalen Schallgebietes (Explosion von Vergiate vom 26. November 1920) von A. de Quervain. (Mit einer Karte.)

GEOPHYSICS LIBRARY



# Jahresbericht 1919 des Erdbebendienstes

der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt.

Von Prof. Dr. A. de Quervain.

1. Allgemeines und Notiz über das Pseudo-Erdbeben der Explosion von Nendaz.
2. Die 1919 in der Schweiz gespürten und die an der Erdbebenwarte Zürich registrierten Nahebeben, nebst Uebersicht der Fernbeben, von Dr. A. de Weck und Dr. A. de Quervain. (Mit 1 Tafel.)

## Anhang:

1. Ueber identische Seismogramme identischer Herde, von A. de Quervain und A. de Weck. (Mit 2 Fig.)
2. Ein erster Fall diametraler Ausbildung des anormalen Schallgebietes (Explosion von Vergiate vom 26. November 1920) von A. de Quervain. (Mit einer Karte.)

## 1. Allgemeines.

Wie bisher bearbeitete Herr Assistent Dr. A. de Weck hauptsächlich die Beobachtungen gemeinsam mit dem Berichterstatter; bei der Bureauarbeit und gelegentlichen Vertretungen beteiligte sich Frl. Steiner.

Was den makroseismischen Dienst betrifft, wurde er in der bisherigen Weise fortgeführt. Die Ausarbeitung einer einheitlichen Erdbebenkarten-Zusammenstellung für die ganze Zeit unserer Beobachtungsreihe wurde weiter gefördert, zum Teil mit Zurückgreifen auf das Originalmaterial.

Was die Apparatkonstruktion betrifft, konnte das transportable Modell auf Wunsch der Kommission an deren Sitzung vorgezeigt werden; einige sich ergebende Aenderungen und Ergänzungen zogen sich in die Länge. Die Inangriffnahme des Baues eines besonderen unterirdischen Raumes im Degenried, für welchen die Mittel bewilligt worden sind, wurde durch die Kollision des Platzes mit dem grossen Quellhorizont, auf welchen die Erdbebenwarte gebaut worden ist und die daran sich anknüpfenden extremen Forderungen der Stadt Zürich, trotz allen unsern Bemühungen unmöglich gemacht. Inzwischen wurde an einem am jetzigen Vertikalapparat angebrachten Modell das richtige Funktionieren der geplanten Kompensationseinrichtung für den grossen Apparat durch Herrn Piccard erprobt.

Von blossen, nicht näher deutbaren Spuren abgesehen, wurden 51 Nahebeben und 30 Fernbeben registriert.

Die Konstanten der Apparate waren im Mittel folgende:

|   | Bosch-Mainka 450 kg-Pendel |                       | Spindler & Hoyer-Wiechert'scher |
|---|----------------------------|-----------------------|---------------------------------|
|   | Nord-Süd-Komp.             | Ost-West-Komp.        | Vertikalapparat 80 kg           |
|   |                            |                       | Vertikal-Komponente             |
| Vergrösserung für schnelle Schwing.           | 211                        | 227                   | 106                             |
| Eigenperiode . . . . .                        | 5,0 <sup>s</sup>           | 4,6 <sup>s</sup>      | 3,2 <sup>s</sup>                |
| Dämpfung . . . . .                            | 4,8                        | 2,2                   | 3,3                             |
| Reibung . . . . .                             | 1,2                        | 0,5                   | 0,4                             |
| Registriergeschwindigkeit . . . . .           | ca. 30 <sup>m/m</sup>      | ca. 30 <sup>m/m</sup> | ca. 30 <sup>m/m</sup>           |
| Mittlerer Zeit-Interpolationsfehler . . . . . | ± 0,1 <sup>s</sup>         | ± 0,1 <sup>s</sup>    | ± 0,3 <sup>s</sup>              |

Die Reibung wurde nach der allgemeinen Formel  $r = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_{n-1} - v_0(l_2 + l_3 + \dots + l_n)}{2(n-1) \cdot (v_0 + 1)}$  berechnet, wobei  $l_1, l_2, \dots, l_n$  die aufeinanderfolgenden doppelten Ausschläge sind und wo  $v_0$  die Restdämpfung  $= \frac{l_1 - l_{n-1}}{l_2 - l_n}$  bedeutet. Es wurde — ohne Erfolg — versucht, die Reibung noch mehr zu vermindern.

*Pseudo-Erdbeben von Nendaz.* Die betreffenden Angaben finden sich in Tabelle I und auf der Kartentafel.

## 2. Die im Jahre 1919 in der Schweiz verspürten Erdbeben.

Im Jahre 1919 wurden im ganzen 57 Erdstösse in der Schweiz verspürt. Sie verteilen sich wie folgt auf die Monate:

| Januar | Februar | März | April | Mai | Juni | Juli | August | September | Oktober | November | Dezember |
|--------|---------|------|-------|-----|------|------|--------|-----------|---------|----------|----------|
| 8      | 6       | 3    | 1     | 1   | 6    | 1    | 2      | 13        | 0       | 8        | 8        |

Es fielen 47 in die Zeit der Ruhe (20—8<sup>h</sup>) und 10 in die Zeit der Tätigkeit (8—20<sup>h</sup>), 14 wurden auf der Erdbebenwarte in Zürich registriert. Alle hatten ihren Herd innerhalb der Schweiz.

### Bemerkungen zu besonders bemerkenswerten Erdbeben.

3. *Januar. Bex.* Die Erdbebenserie sehr lokalen Charakters vom Dezember 1918 (4., 28. und 31. Dezember) nahm am 3. Januar durch 3 Stösse ihren Abschluss.

17. *Februar, 19. Februar und 5. Juni. Zweilütschinen.* Nachdem das Berner Oberland viele Jahre hindurch kein Erdbeben aufgewiesen hatte, trat im Februar ein bescheidener neuer Herd in Zweilütschinen auf. Die beiden ersten Stösse wurden gespürt in Zweilütschinen und Umgebung (Int. V), der letztere bloss in Zweilütschinen selbst. (Int. III).

1. und 14. *März. Sarnen.* Der Reihe der Sarnerbeben von 1917 und 1918 fügen sich noch diese zwei Stösse hinzu (Int. V).

16. *September. Graubünden: Engadin, Puschlav, Bergell.* Nach dem Beben vom 22. Januar mit ziemlich ausgedehntem Erschütterungsgebiet (Albulatal, Oberhalbstein, Domleschg) war eine Pause in der Erdbeben-tätigkeit des Kantons Graubünden eingetreten; am 12. Mai und im Juni kamen wieder einzelne Stösse vor (Oberengadin), und am 13. Sept. begann eine Erdbebenreihe im Oberengadin und Puschlav mit Hauptbeben am 16. Sept. und mehreren Nachbeben.

16. *November. Wallis.* Beim Erdbeben an der Grenze Wallis-Bern-Waadt ist sehr bemerkenswert, dass das sicher festgestellte makroseismische Epizentrum in Mont-d'Orge bei Sitten (Int. VI) nahe am Rande des Schüttergebietes gelegen ist. Einen so ausgesprochenen Fall dieser Art haben wir bisher nicht beobachtet.

*Klöntaler Lokalbebenserie.* Vom 16. November bis 7. Dezember wurden in Klöntal (Seerüti) Kanton Glarus sechs Erdstösse von ganz lokaler Natur gespürt; bloss einer von denselben, der Hauptstoss vom 22. November 10<sup>h</sup> 45<sup>m</sup> wurde von den Seismographen registriert (Distanz Zürich-Klöntal ca. 48 km). In Vorauen (1.5 km westlich vom Klöntaler See) wurden sämtliche Stösse schon nicht mehr wahrgenommen. — Auf unsere Zeitungsmeldungen wurde uns mehr als einen Monat später mitgeteilt, aber ohne Datum- und Zeitangabe, einer oder vielleicht mehrere dieser Stösse seien auch in Krummenau (Toggenburg), in ca. 25 km Entfernung von Klöntal, beobachtet worden, was allerdings sehr unwahrscheinlich ist. — Die Erklärung dieser auffallenden Lokalbeben ist vielleicht in der Tatsache zu suchen, dass der Klöntaler See ein Stausee mit stark wechselndem Druck auf die Unterlage ist. Es erscheint gar nicht ausgeschlossen, dass diese Druckschwankungen auslösend auf lokale Spannungen in den obersten Erdschichten wirken.

Tabelle I. In der Schweiz verspürte Erdbeben. 1919.

| Nr. | Monat und Tag | M.-E. Zeit<br>0—24 h | Erschütterte Gegend und Epizentralgebiet   | Grad Forel-Kossi | Grösste Ausdehnung<br>km | Zahl d. pos. Meldungen | Zahl d. neg. Meldungen | Registriert in Zürich | Bemerkungen<br>(Charakter, Zahl der Stösse, Dauer,<br>bes. Wirkung)  |
|-----|---------------|----------------------|--|------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|--|
|     | Jan. 3.       | h m<br>5, 00         | Bex (Vaud)   | II?              | —                        | 1                      | —                      | —                     | „Forte secousse“ (pas confirmée).  |
| 1   | Jan. 3.       | 6, 55                | Bex (Vaud)   | V                | 5                        | 2                      | —                      | —                     | Forte secousse verticale, bruit pareil à détonation. Durée 1—2 sec.  |
| 2   | „ 3.          | 7, 05                | Bex  | V                | 5                        | 2                      | —                      | —                     | Forte secousse verticale, suivie de trépidations pendant env. 2 <sup>m</sup> .                                 |
| 3   | „ 3.          | 7, 10                | Bex (Centre des secousses successives: colline du „Montet“ à 1,5 km au Nord de Bex, comme pour les secousses des 4, 28 et 31 XII 18) | V                | 5                        | 2                      | —                      | —                     | Secousse moins forte.  |
| 4   | „ 4.          | 1, 40                | St. Gallen   | III              | —                        | Ztg.                   | —                      | —                     | Stoss.   |
| 5   | „ 4.          | 4, 18                | Kt. St. Gallen: Gespürt in St. Gallen, Berg, Goldach, Rorschach. Auch in Bischofszell u. Egnach (Thurgau) u. Herisau                 | IV               | 25                       | 4                      | 10                     | R                     | Ziemlich starker Stoss. Dauer 3 Sek.   |
|     | „ 5.          | 3, 30                | St. Peterzell (Kt. St. Gallen)   | IV?              | —                        | 1                      | —                      | —                     | Seitl. Zittern! Zweifelh., da äusserst heft. Föhnsturm!  |
| 6   | „ 5.          | 7, 00                | Urnäsch (Appenzell)  | III              | —                        | 1                      | —                      | —                     | Vertik. Stoss. („Im Gegensatz zu den seitl. Erschütterungen wegen Föhnsturm!“) Von anderen Personen bestätigt. |

Tabelle I (Fortsetzung).

| Nr. | Monat und Tag | M.-E. Zeit<br>0—24 h                   | Erschütterte Gegend und Epizentralgebiet  | Grad Forel-Rossi | Grösste Ausdehnung<br>km | Zahl d. pos. Meldungen | Zahl d. neg. Meldungen | Registriert in Zürich | Bemerkungen<br>(Charakter, Zahl der Stösse, Dauer,<br>bes. Wirkung)   |
|-----|---------------|--|---|------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|---|
|     |               |  |   |                  |                          |                        |                        |                       |   |
| 7   | Jan. 22.      | 20, 24                                 | Graubünden: Albulatal, Oberhalbstein, Domleschg. Auch gespürt in Arosa, Chur und Lenzerheide.   | V                | 40                       | 12 u. Z.               | 3                      | R                     | Allgemein nur als „Zittern“ wahrgenommen, mit dumpfem Geräusch. Dauer 1–2 Sek.  |
| 8   | „ 28.         | 22, 35                                 | Bottminger-mühle (ca. 1 km. nördlich von Bottmingen, Kt. Basel)   | III              | —                        | 1                      | —                      | —                     | Erschütterung W-E; unterird. Geräusch v. mehreren Pers. beobachtet (lokal.)   |
| 9   | Febr. 5.      | 1, 00                                  | Weesen und Amden (am Walensee)  | III              | 5                        | 2                      | 2                      | —                     | Stoss und Zittern. Dauer 2 Sek. In drei verschiedenen Häusern beob. (lokal.)  |
| 10  | „ 7.          | 23, 25                                 | Bottmingen (Kt. Basel)  | II               | —                        | 1                      | —                      | —                     | Viermaliges Erzittern. Einzelne Beob. von Dr. Th. de Q.: Anfang 23 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup> 52 <sup>s</sup> . Dauer 10 Sek. |
| 11  | „ 11.         | 15, 15ca.                              | Russo Val Onsernone (près Locarno, Tessin)  | II               | —                        | 1                      | —                      | —                     | 1 secousse. Durée 1/2 sec. (Obs. par 2 pers.)   |
| 12  | „ 17.         | 17, 50                                 | Berner Oberld.: Zweilütschinen, Gündlischwand und Wilderswil  | V                | 7                        | 1                      | —                      | —                     | Heftiger Stoss in Zweilütschinen. Richtung SW-NE.   |
| 13  | „ 19.         | 5, 34                                  | Zweilütschinen, Gündlischwand, Gsteigwiler, Wilderswil, Lüschtenthal und Grindelwald. In Zweilütschinen gleiche Richtung, aber schwächer als das vorangehende                   | V                | 17                       | 1                      | —                      | —                     | Erschütterung, begleitet von schwachem, donnerartigem Rollen. Dauer 2 Sek.  |
| 14  | „ 23.         | 1, 38                                  | Sion  | III              | —                        | 1                      | 3                      | R                     | Secousse E-W. Durée 1 sec. (local.)   |
| 15  | März 1.       | 16, 22                                 | Sarnen (Int. V) und Sachseln (Int. II)  | V                | 3                        | 2                      | 1                      | —                     | Starker Stoss, senkrecht. Dauer 3 Sek.  |
| 16  | „ 14.         | geg. 6, 30                             | Sarnen  | V                | —                        | 1 u. Z.                | 1                      | —                     | Stoss W-E (lokal.)  |
| 17  | „ 26.         | 11, 14                                 | Dornachbrugg (Kt. Basel)  | III              | —                        | 1                      | —                      | —                     | 3 Stösse von je 2 Sek., 10 Sek. Zwischenzeit. Schwach, mit leichtem Rollen.   |
| 18  | April 8.      | 13, 33                                 | Bourg St. Pierre (Valais)   | II-III           | —                        | 1                      | 2                      | R                     | 1 secousse très courte (étages supér.).   |
| 19  | Mai 12.       | 5, 04                                  | St. Moritz (Graubünd.), gespürt am See und in St. Moritzbad   | III              | —                        | 3                      | 2                      | —                     | Zittern, rollendes Geräusch. Dauer 5 Sek.   |
| 20  | „ 21.         | 23, 39                                 | Russo (Tessin)  | II               | —                        | 1                      | —                      | —                     | Trépidations, obs. par 1 pers. Douteux.   |
| 21  | Juni 5.       | 20, 52                                 | Zweilütschinen (Berner Oberland)  | III              | —                        | 1                      | —                      | —                     | Stoss, NE-SW. Dauer 1 Sek.  |
| 22  | „ 19.         | 20, 50                                 | Oberengadin: Morteratsch und Fextal   | IV               | 15                       | 2 u. Z.                | —                      | —                     | Stoss mit donnerart. Geräusch. Dauer 3 S.   |
| 23  | „ 20.         | 3, 15ca.                               | Oberhelfenswil [Toggenburg], (Negat. Berichte aus Brunnadern, Degersheim und St. Peterzell)   | II               | —                        | 1                      | 3                      | —                     | Stoss NE-SW. Erzittern des Hauses. Zweifelhaft, keine Bestätigung.  |
| 24  | „ 20.         | 23, 19                                 | Morteratsch   | IV               | —                        | 1                      | —                      | —                     | Schwache Erschütterg. mit heft. Rollen.   |
| 25  | „ 22.         | 14, 15                                 | Fextal (Oberengadin)  | III              | —                        | 1                      | —                      | —                     | „Leichtes Erdbeben“.  |
| 26  | „ 24.         | 6, 38                                  | Splügen (Graubünden)  | IV               | —                        | 1                      | —                      | R                     | 1 Stoss.  |
| 27  | „ 24.         | 22, 25                                 | Sion  | III              | —                        | 1                      | —                      | —                     | Secousse, confirmée par les journaux.   |
| 28  | Juli 8.       | geg. 2, 00                             | Märstetten (Kt. Thurgau)  | II               | —                        | 1                      | —                      | —                     | Heben und Krachen. Klirren der Gefässe in einem Kasten.   |
| 29  | „ 18.         | 0, 00                                  | Russo (Tessin)  | II?              | —                        | 1                      | —                      | —                     | Deux balancements très brefs. (Douteux.)  |
| 30  | Aug. 13.      | 5, 27                                  | Gadmen (Kt. Bern)   | V                | —                        | 1                      | 1                      | —                     | Mit „einstürzendem“ Charakter; nachher während 3 Sek. Rollen in süd-östlicher Richtung (lokal.)                                 |
| 31  | „ 16.         | 22, 25                                 | Wallis: Epizentrum im Simplongebiet. Am stärksten in Binn (Int. V), Simplon, Gondo, Brig u. Naters (IV-V). Beob. im Rhonetal v. Grengiols bis Turtmann, im Visptal und Saastal. | V                | 40                       | 15                     | 11                     | R                     | 1–2 Stösse, Zittern. Dauer ca. 3 Sek. (Simplon-Dorf: Stoss heftig und kurz.)  |
| 32  | „ 17.         | entre 0 <sup>h</sup> et 3 <sup>h</sup> | Châlet à Gobet sur Lausanne   | I-II             | —                        | 1                      | —                      | —                     | 2 secousses, fort ébralement d'une porte. Obs. par 1 pers. Pas de confirmation, local.  |
| 33  | Sept. 2.      | 4, 58                                  | Sion  | III              | —                        | 1                      | 2                      | —                     | 1 secousse, direction W-E, durée 1 <sup>s</sup> (local.)  |
| 34  | „ 13.         | 1, 00ca.                               | St. Moritz  | II               | —                        | 1                      | —                      | —                     | Leichtes Beben.   |
| 35  | „ 13.         | 8, 00                                  | Cavaglia  | II               | —                        | 1                      | —                      | —                     | Leichtes Rollen und Beben. Keine Bestätigung erhältlich.  |
| 36  | „ 14.         | 4, 23                                  | Uster (Kt. Zürich)  | II               | —                        | 1                      | —                      | —                     | Leichter Stoss, 10–15 Sek. später ein stärkerer. Von 1 Pers. (Zweifelhaft.)   |
| 37  | „ 14.         | 22, 51                                 | Graubünden: Morteratsch (V), St. Moritz (IV), Cavaglia  | V                | 25                       | 3                      | —                      | —                     | Stoss und Zittern; in St. Moritz donnerähnliches Rollen gleichzeitig.   |
| 38  | „ 14.         | 23, 45                                 | Graub.: Morteratsch (V), St. Moritz (IV)  | V                | 13                       | 2                      | —                      | —                     | Stoss und Zittern.  |
| 39  | „ 15.         | 3, 02                                  | Graubünden: Oberengadin, Bernina und Puschlav   | V                | 40                       | 12                     | —                      | R                     | Stoss und Erschütterung mit dumpfem Rollen. Dauer ca. 3 Sek.  |
| 40  | „ 15.         | 7, 50                                  | Graubünden: Sils und Morteratsch  | IV?              | 15                       | 2                      | —                      | R                     | Zittern. Dauer 3 Sek.   |
| 41  | „ 16.         | 0, 1/2ca.                              | Brusio (Graubünden)   | III-IV           | —                        | 1                      | —                      | —                     | Zittern (Zeitangabe vielleicht irrtümlich und Meldung auf das Erdbeben Nr. 36 zu beziehen?)                                     |

Tabelle I (Fortsetzung).

| Nr. | Monat und Tag  | M.-E. Zeit<br>0—24 <sup>h</sup> | Erschütterte Gegend und Epizentralgebiet   | Grad Forel-Rossi | Grösste Ausdehnung<br>km | Zahl d. pos. Meldungen | Zahl d. neg. Meldungen | Registriert in Zürich | Bemerkungen<br>(Charakter, Zahl der Stösse, Dauer,<br>bes. Wirkung)   |
|-----|--|---------------------------------|--|------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|---|
| 36  | Sep. 16.   | 3, 18                           | Graubünden: Oberengadin, Bergell, Oberhalbstein, Puschlav (Int. V). Gesp. im grössten Teil v. Kt. Graubünden, in einer Zone nördl. begrenzt durch Buffalora, Davos, Arosa, Rhäzuns und Vals. Auch beobachtet im Misoxtal und im Kant. Tessin in Bellinzona, Ravecchio, Minusio und Comprovasco . . . . .   | V                | 120                      | 36                     | —                      | R                     | Stoss und Zittern, begleitet von donnerähnlichem Rollen. In St. Moritz Rollen beobachtet 3-3 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup> und um 3 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> .   |
| 37  | " 16.  | 3, 41                           | Oberengadin: Sils und St. Moritz . . . . .   | III              | 10                       | 2                      | —                      | —                     | Beben mit unterirdischem Rollen. In St. Moritz nur Rollen.  |
| 38  | " 16.  | 4, 04                           | Oberengadin: Sils, St. Moritz und Morteratsch . . . . .  | III              | 13                       | 3                      | —                      | —                     | Sils: Beben mit Rollen. In St. Moritz u. Morteratsch nur Rollen.  |
| 39  | " 16.  | 4, 15                           | Oberengadin: Sils (Beben mit unterirdisch. Donnern); Silvaplana (Rollen, ohne Erschütterung)   | III              | 4                        | 2                      | —                      | —                     | In Silvaplana von mehreren Personen, in verschiedenen Häusern beobachtet.   |
| 40  | " 16.  | ca. 5, 00                       | Oberengadin: Splügen (Graubünden)  | II               | —                        | 1                      | —                      | —                     | Schwacher Stoss.  |
|     | " 16.  | ca. 5, 45                       | Basel (Feierabendstrasse)  | I                | —                        | 1                      | —                      | —                     | Zittern, Dauer 10 Sek. Von 1 Person beobachtet. Keine Bestätigung.  |
| 41  | " 21.  | ca. 4, 20                       | Oberengadin: St. Moritz . . . . .  | V                | —                        | 1                      | —                      | —                     | Erschütterung (vertikal), gleichz. unterirdisches Rollen. Dauer 2—3 Sek.  |
|     | " 30.  | ca. 0, 00                       | Russo (Tessin) . . . . .   | II               | —                        | 1                      | 1                      | —                     | 2 secousses, durée 1/2 sec., à une demi-heure d'interv., de SE. Obs. par 1 pers. Douteux.   |
|     | Okt. 27.   | geg. 23, 00                     | Steckborn (Thurgau)  | I                | —                        | 1                      | —                      | —                     | Schwaches Zittern, Knacken. Von 1 Pers. beob., als fraglich gemeldet. (Windstoss?)  |
| 42  | Nov. 16.   | 1, 00                           | Klöntal (Kt. Glarus) . . . . .   | IV-V             | —                        | 1                      | 1                      | —                     | Sehr starke Erschütterung. Erwachen der vier Hausbewohner (lokal).  |
| 43  | " 16.  | 5, 25                           | Valais et alpes vaudoises et bernoises. Vallée du Rhône: de St-Léonard près Sierre à Riddes (Mont d'Orge, Sion, Vex, Bramois, Vétroz, Ardon, Chamoson, Leytron, Isérables, Riddes). Obs. aussi à Châble et Bourg-St-Pierre; dans le Cant. de Vaud à Gryon et Vers-l'Eglise (Ormont-dessus); dans le Canton de Berne à Lenk, Saanen, Gsteig et Schönried . . . . .  | VI               | 65                       | 19                     | 21                     | R                     | Secousse et trépidations, accompagnées d'un bruit sourd. (A Ardon sembl. à explosion). Durée 2 sec. — Intens. maxima (VI) presque à la limite de la zone ébranlée: Mont d'Orge (VI), près Sion: les habitants sortent croyant à l'éroulement des maisons. Sion (V-VI): habitants effrayés.                  |
| 44  | " 16.  | 23, 00                          | Gryon (Vaud) . . . . .   | IV               | —                        | 1                      | —                      | —                     | Secousse.   |
| 45  | " 21.  | 8, 30                           | Klöntal (Kt. Glarus) . . . . .   | IV-V             | —                        | 1                      | 1                      | —                     | Sehr starke Erschütterung (lokal.)  |
| 46  | " 22.  | 4, 45                           | Klöntal . . . . .  | IV-V             | —                        | 1                      | 1                      | —                     | Sehr starke Erschütterung (lokal.)  |
| 47  | " 22.  | 10, 45                          | Klöntal . . . . .  | V                | —                        | 1                      | 1                      | R                     | Sehr starke Erschütterung (lokal.)  |
| 48  | " 23.  | 2, 47                           | Russo (Tessin) . . . . .   | III              | —                        | 1                      | 2                      | R                     | Secousse, balancement. Direct. E-W. Durée 1/2 sec.  |
|     | " 23.  | 16, 00                          | Glarus . . . . .   | II?              | —                        | 1                      | —                      | —                     | Kurze Erschütterung auf einer Bühne. Zweifelhaft.   |
|     | " 23.  | 16, 15                          | Zürich (Seefeldstrasse) . . . . .  | II               | —                        | 1                      | —                      | —                     | Ruck und Schwanken, von 2 Personen beobachtet in demselben Haus (lokal.)  |
| 49  | " 26.  | 2, 10                           | Klöntal . . . . .  | IV-V             | —                        | 1                      | —                      | —                     | Stoss, Schaukeln, Zittern (lokal.)  |
|     | Dez. 5.  | 23, 50                          | Bözingen (bei Biel) . . . . .  | III              | —                        | 1                      | —                      | —                     | Stoss W-E. Von mehr. Pers. beob. (Windwirkung?)   |
| 50  | Dez. 7.  | 2, 00                           | Klöntal . . . . .  | IV-V             | —                        | 1                      | —                      | —                     | Starker Stoss, Erwachen der fünf Hausbewohner und der Nachbarn.   |
| 51  | " 7.   | 3, 00                           | Ronco sopra Ascona (bei Locarno) . . . . .   | II               | —                        | 1                      | —                      | —                     | Starkes Erdbeben (von 1 Pers. beob.). Keine Bestätigung. (lokal.)   |
|     | " 9.   | 2, 29                           | Madretsch (bei Biel) . . . . .   | II               | —                        | 1                      | —                      | —                     | Rütteln des Bettes hin u. her, Dauer 5—6 Sek., wiederholt nach einigen Sekunden. Von 1 Pers. beob. Nicht bestätigt.   |
| —   | " 10.<br>(Pseudo-Erdb.)<br>Expl. b. Nendaz<br>(Wallis) | 13, 15                          | Wahrnehmung der Schallwirkung u. der Lufterschütterg., hervorgerufen durch die Explos. v. ca. 1000 kg. Dynamit in der Anthrazitmine bei Nendaz (Wallis), in ca. 1150 m Höhe, am Steilhang gegen das Rhonetal. — Merkwürdigerweise ausschliessl. beob. in der NW-Schweiz in dem Raum zwischen Zürich-Luzern und Waldenburg (Basel), 120 km bis 160 km vom Explosionsort entfernt . . . . . (Siehe die Karte.) | —                | 160                      | 11                     | —                      | —                     | Mehrere rasch aufeinanderfolgende Detonationen. Donnerähnliche Geräusche. Erklirren von Fenstern. In Sitten (Bahnhofquartier) Fensterscheiben gesprungen. In Zürich Klappern von Schiebetüren (Zittern). Aus Schaffhausen sehr fragliche Meldung: „Wanken eines Stuhles!“ — (Z. T. als Erdbeben empfunden.) |

Tabelle I (Schluss).

| Nr. | Monat und Tag        | M.-E. Zeit<br>0—24 h | Erschütterte Gegend und Epizentralgebiet  | Grad Forel-Kossi | Grösste Ausdehnung | Zahl d. pos. Meldungen | Zahl d. neg. Meldungen | Registriert in Zürich | Bemerkungen<br>(Charakter, Zahl der Stösse, Dauer, bes. Wirkung)  |
|-----|----------------------|----------------------|---|------------------|--------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|---|
|     |                      |                      |   |                  |                    |                        |                        |                       |   |
| —   | Dez. 10. od. 11. (?) | 16 ca.               | Zürich (Meldung vielleicht suggeriert durch die Zeitungsmeldung der Nahebeben-Registrierung vom 11. Dezember 15 <sup>h</sup> 38 <sup>m</sup> ). | —                | —                  | 1                      | —                      | —                     | Klirren der Fenster und Türen. Dauer 6 Sek. Bestätigt durch eine zweite Person an einem anderen Ort: Zittern des Hauses. (Dat. unsicher).             |
| 52  | Dez. 12.             | 3, 48                | Ronco s. Ascona (bei Locarno)   | II               | —                  | 1                      | —                      | —                     | Zwei Stösse, ziemlich stark aber kurz. (Von 1 Person beobachtet.)   |
| 53  | " 14.                | 3, 35                | Wallis: Lötschental (Goppenstein, Gampel, Kippel), Rhonetal (Turtmann, Visp) und Gegend von Visp (Unterbach, Zeneggen, Visperterminen)          | V-VI             | 20                 | 8                      | 8                      | R                     | Stoss, Schaukeln, Zittern. Am stärksten in Goppenstein (Int. V-VI, 3 Stösse), sonst meistens Int. III.  |
| 54  | " 19.                | 4, 28                | Wallis: Nikolaital (Zermatt, Täsch [3 <sup>h</sup> 42 <sup>m</sup> ?], Randa)   | III              | 10                 | 3                      | —                      | —                     | Zittern, Dauer 4 Sek.   |
| 55  | " 22.                | 15, 08               | Sils-Maria (Oberengadin)  | III?             | —                  | 1                      | —                      | —                     | Leichtes Erdbeben, Dauer 1 Sek.   |
| 56  | " 23.                | 5, 34                | Winterthur  | III              | —                  | 1                      | —                      | R                     | Zittern (vertikal), Dauer 3 Sek.  |
| 57  | " 25.                | 18, 18               | Braggio (Graubünden)  | IV               | —                  | 1                      | 3                      | —                     | Zittern, Dauer 3 Sek. NE-SW (lokal).  |
|     | Dez. 27.             | 12, 29               | Winterthur  | II?              | —                  | 1                      | —                      | —                     | Stoss, Dauer 1 Sek. Knacken in einer Wand; Schwanken von lose aufgehängten Bildern. Von 1 Familie beobachtet. Zweifelhafte, wahrscheinlich Windstoss. |

Tabelle II. In Zürich registrierte Nahebeben.<sup>1)</sup>

Zürich 1919. Mitteleurop. Zeit; Mitternacht = 0<sup>h</sup>; H = 604.2 m; Länge: 8° 34' 49.5" E; Untergrund: Molassesandstein und Mergel, wechsellagernd. Breite: 47° 22' 7.2" N;

| Nr. | Datum     | Phase              | M.-E. Z.                           | N                    | E                    | V            | Periode       |                   |             | Amplitude         |                   |             | Epizentral-entfernung nach S-P | Bemerkungen  |
|-----|-----------|--------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------|--------------|---------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------------|-------------|--------------------------------|--|
|     |           |                    |                                    |                      |                      |              | N             | E                 | V           | N                 | E                 | V           |                                |  |
|     |           |                    | h m                                | s                    | s                    | s            | s             | s                 | μ           | μ                 | μ                 | km          |                                |  |
| 1   | Jan. 4.   | eP<br>e<br>iS<br>F | 4 18<br>18<br>18<br>20ca.          | —<br>34,9<br>37,2    | 28,2<br>—<br>36,3    | —<br>—<br>—  | —<br>—<br>0,7 | —<br>—<br>0,6     | —<br>—<br>— | —<br>0,3<br>0,9   | —<br>—<br>0,7     | —<br>—<br>— | 60                             | Herd an der Grenze der Kantone St. Gallen, Thurgau und Appenzell. S. makroseism. Bericht Nr. 5.  |
| 2   | " 22.     | eP<br>iS<br>F      | 20 23<br>24<br>25ca.               | —<br>2,4             | 49,8<br>2,6          | —<br>—       | —<br>—        | 0,6<br>0,5        | —<br>—      | —<br>0,3          | 0,2<br>0,4        | —<br>—      | 100                            | Herd in Graubünden (Albulatal). S. makroseism. Bericht Nr. 7. — Anfang in der Minutenlücke.  |
| 3   | Febr. 21. | eP<br>iS<br>M<br>F | 13 27<br>27<br>27<br>29ca.         | 23,8<br>29,8<br>30,5 | 23,9<br>30,0<br>30,4 | —<br>—<br>—  | —<br>—<br>0,6 | 0,8<br>0,6<br>0,7 | —<br>—<br>— | 0,1<br>0,5<br>1,2 | 0,3<br>2,2<br>3,1 | —<br>—<br>— | 43                             | Herd unbekannt.  |
| 4   | " 23.     | e?<br>i<br>F       | 1 38<br>38<br>39ca.                | 2,7<br>4,5           | 2,8<br>5,0           | —<br>—       | —<br>0,6      | —<br>0,6          | —<br>—      | 0,1<br>0,3        | 0,2<br>0,3        | —<br>—      | —                              | Ressenti à Sion (local). V. Tabl. macrosismique Nr. 14.  |
| 5   | April 8.  | e<br>e<br>F        | 1 25<br>25<br>37                   | 26,8<br>33,4         | 26,2<br>—<br>31,2    | —<br>—<br>—  | —<br>—<br>—   | 0,5<br>—<br>—     | —<br>—<br>— | 0,1<br>0,1<br>—   | —<br>—<br>1,4     | —<br>—<br>— | —                              | Herd unbekannt. Spuren, keine Phase! Vertikale Komponente: scharfer Einsatz (i).   |
| 6   | " 8.      | e<br>F             | 13 33<br>34ca                      | 17,2                 | 18,0                 | —            | —             | 0,6               | —           | 0,1               | 0,1               | —           | —                              | Ressenti à Bourg St. Pierre (Valais). V. Tabl. macrosismique Nr. 18.   |
| 7   | Juni 4.   | eP<br>iS<br>F      | 8 22<br>23<br>26ca.                | 55,2<br>15,7         | 55,0<br>15,8         | 54,8<br>15,7 | —<br>0,8      | —<br>0,6          | —<br>—      | 0,1<br>0,5        | 0,2<br>0,7        | 0,5<br>0,5  | 164                            | Herd unbekannt; östlich? (Chur hat: P 8 <sup>h</sup> 22 <sup>m</sup> 46 <sup>s</sup> , iS 8 <sup>h</sup> 23 <sup>m</sup> 03 <sup>s</sup> , d = 135 km ca.).  |
| 8   | " 19.     |                    | 21 <sup>h</sup> 49–22 <sup>h</sup> | —                    | —                    | —            | —             | —                 | —           | —                 | —                 | —           | —                              | Mehrfaches Auftreten von nicht näher deutbaren Spuren.   |
| 9   | " 24.     | e<br>F             | 6 38<br>39                         | 31,0                 | 28,5                 | —            | —             | 0,6               | —           | 0,1               | 0,3               | —           | —                              | Spuren, keine Phase! Vermutl. gespürt in Splügen (Graub.). Zeitangabe ca. 7 <sup>h</sup> ? S. makroseism. Bericht Nr. 24.  |
| 10  | " 29.     | e<br>F             | 8 45<br>49 <sup>1/2</sup>          | 38,9                 | 26,7                 | 33,2         | —             | —                 | —           | 0,1               | 0,2               | 0,2         | —                              | Anfang unsicher. — Vorbeben z. Hauptbeben v. 29. Juni 16 <sup>h</sup> 07 <sup>m</sup> . Für letzteres war das Hauptschüttergebiet im Mugellotal (Toscana). Nach vorl. Berechnung v. A. Mohorovicic Herd wahrscheinl. 43° 54' N, 11° 40' E. Gr. |

<sup>1)</sup> Zur Bearbeitung der Nahebeben standen uns die italienischen meteorologischen Bulletins, die seismologischen Bulletins des Observatoriums von Valle di Pompei und diejenigen von Hamburg zur Verfügung. — In manchen Fällen waren uns wie bisher die Angaben der Erdbebenstation Chur (freiwillig von Prof. Kreis geführt) und Neuchâtel (Dir. Arndt) von Nutzen.







Zürich 1919. Mitteleurop. Zeit; Mitternacht = 0<sup>h</sup>; H = 604.2 m; Länge: 8° 34' 49.5" E; Untergrund: Molassesandstein; Breite: 47° 22' 7.2" N; und Mergel, wechsellagerter Sandstein.

| Nr. | Datum    | Phase                         | M.-E. Z.                           | N                    | E                    | V              | Periode         |                 |             | Amplitude         |                   |            | Epizentral-<br>entfernung<br>nach S-P | Bemerkungen  |
|-----|----------|-------------------------------|------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------|-------------------|-------------------|------------|---------------------------------------|--|
|     |          |                               |                                    |                      |                      |                | N               | E               | V           | N                 | E                 | V          |                                       |  |
|     |          |                               | h m                                | s                    | s                    | s              | s               | s               | s           | μ                 | μ                 | μ          | km                                    |  |
| 43  | Nov. 12. | eP<br>iS <sup>!</sup><br>F    | 5 05<br>06<br>09                   | 11,3?<br>35,7        | 13,6<br>33,0         | —              | —               | —               | —           | 0,2<br>0,9        | 0,3<br>0,9        | —          | 520?                                  | Herd unbekannt.  |
| 44  | , 16.    | eP<br>e<br>iS<br>iM<br>M<br>F | 5 25<br>25<br>26<br>26<br>26<br>28 | 47,3<br>—            | 48,2<br>—            | —<br>56,7      | —<br>—          | —<br>—          | —<br>—      | 0,2<br>—          | 0,4<br>—          | —<br>0,5   | 156                                   | Foyer en Valais, région de Sion. Ressenti en Valais et dans les Alpes Vaudoises. V. rapp. macros. Nr. 43.  |
| 45  | , 22.    | eP<br>iS<br>M<br>F            | 10 45<br>45<br>45<br>47            | 27,5<br>33,3<br>36,2 | 27,1<br>33,1<br>39,1 | —<br>33,0<br>— | —<br>0,6<br>0,9 | —<br>0,6<br>0,7 | —<br>—<br>— | 0,2<br>0,7<br>2,1 | 0,2<br>0,9<br>2,2 | —<br>0,9   | 43                                    | Lokalbeben in Klöntal (Kt. Glarus). S. makros. Bericht Nr. 47. Anfang eP unsicher; tritt bald nach der Minutenlücke ein. Distanz Zürich-Klöntal ca. 48 km.   |
| 46  | , 23.    | eP<br>i<br>iS<br>M<br>F       | 2 47<br>47<br>47<br>47<br>51       | 25,8<br>53,3         | 25,5<br>—            | (27,1)<br>—    | 0,5<br>—        | 0,6<br>—        | 0,5<br>—    | 0,2<br>1,9        | 0,1<br>—          | 0,3<br>—   | 220                                   | Herd vermutl. in Norditalien, nach ital. Bull. gefühlt in Salò, am Gardasee. Gesp. in Russo b. Locarno. Int. III. S. makros. Bericht Nr. 48. Anf. der P wäre vielleicht 2—3 Sek. früher anzunehmen (Minutenlücke). |
| 47  | , 28.    | e<br>S <sup>!</sup><br>F      | 22 39<br>39<br>44                  | —                    | —                    | 13,1<br>55,7   | —               | —               | 1,0<br>1,6  | —                 | —                 | 0,6<br>2,3 | —                                     | Herd in Ligurien. Gesp. in San Remo. Horiz. Kompon. fehlen (Uhrwerk stillgestanden).   |
| 48  | , 29.    | e<br>F                        | 1 27<br>32                         | —                    | —                    | 30,1           | —               | —               | —           | —                 | —                 | 0,5        | —                                     | Gespürt in Bohi (Spanien) und Luchon (Ariège).   |
| 49  | Dez. 11. | e<br>eS <sup>!</sup><br>F     | 15 38<br>39<br>39 <sup>1/2</sup>   | 40,8<br>2,7          | 43,8<br>4,0          | 45,7<br>—      | —               | —               | —           | 0,2<br>0,2        | 0,2<br>0,4        | 0,3<br>—   | —                                     | Herd unbekannt.  |
| 50  | , 14.    | eS<br>F                       | 3 35<br>36                         | 42,4                 | 42,8                 | —              | 0,6             | 0,5             | —           | 0,5               | 0,2               | —          | —                                     | Herd im Kt. Wallis. Gesp. in der Gegend v. Goppenstein, Visp u. Gampel. S. makros. Bericht Nr. 53.   |
| 51  | , 23.    | iS<br>F                       | 5 34<br>34 <sup>1/4</sup>          | 05,6                 | 05,6                 | —              | 1,1             | 1,0             | —           | 0,7               | 0,7               | —          | —                                     | Lokalbeben in Winterthur. S. makros. Bericht Nr. 56.   |

### Registrierte Fernbeben im Jahre 1919. (Mitteleuropäische Zeit.) <sup>1)</sup>

Nr. 1. 1. Januar. iS 2<sup>h</sup> 58<sup>m</sup> 28,8<sup>s</sup>. — Nr. 2. 1. Januar. eP 4<sup>h</sup> 19<sup>m</sup> 25<sup>s</sup>; iP 4<sup>h</sup> 19<sup>m</sup> 33,2<sup>s</sup> (Stiller Ozean?) — Nr. 3. 2. Februar. eP 21<sup>h</sup> 08<sup>m</sup> 31<sup>s</sup>. — Nr. 4. 24. Februar. e 2<sup>h</sup> 59<sup>m</sup> 27<sup>s</sup>; eS 3<sup>h</sup> 02<sup>m</sup> 21,5<sup>s</sup>; eL 3<sup>h</sup> 04<sup>m</sup> 19,6<sup>s</sup>. d = 1700 km? Jonisches Meer. Gespürt in Mineo (Sizilien). — Nr. 5. 2. März. eL 5<sup>h</sup> 28<sup>m</sup> 55<sup>s</sup> ca. — Nr. 6. 2. April. e 1<sup>h</sup> 49<sup>m</sup> ca.; eS 1<sup>h</sup> 59<sup>m</sup> 01<sup>s</sup> (Niederländ. Indien, nach seismolog. Bulletin von Batavia). — Nr. 7. 17. April. e 12<sup>h</sup> 42<sup>m</sup> 08<sup>s</sup>. — Nr. 8. 17. April. e 22<sup>h</sup> 05<sup>m</sup> 47<sup>s</sup>; eL 22<sup>h</sup> 40<sup>m</sup> 4<sup>s</sup>. — Nr. 9. 21. April. eP 12<sup>h</sup> 35<sup>m</sup> 47<sup>s</sup>; eS 12<sup>h</sup> 43<sup>m</sup> 48<sup>s</sup>; eL 52<sup>m</sup> ca. d = 6500 km? — Nr. 10. 30. April. eP 8<sup>h</sup> 37<sup>m</sup> 01<sup>s</sup>. Herd vermutlich im Stillen Ozean. Azimut SE. (Sehr stark). S fehlt. Vertik. Kompon. ausserordentl. klein gegenüber den horiz. Komp. — Nr. 11. 3. Mai. eP 2<sup>h</sup> 04<sup>m</sup> 34<sup>s</sup>; eS 2<sup>h</sup> 14<sup>m</sup> 58<sup>s</sup>. d = 9300 km. Azimut NE. — Nr. 12. 6. Mai. eP 21<sup>h</sup> 00<sup>m</sup> 12<sup>s</sup>; eL 21<sup>h</sup> 25<sup>m</sup> ca. — Nr. 13. 27. Mai. e 11<sup>h</sup> 36<sup>m</sup> 06<sup>s</sup>; e 11<sup>h</sup> 39<sup>m</sup> 22<sup>s</sup>. — Nr. 14. 1. Juni. e 8<sup>h</sup> 03<sup>m</sup> 40<sup>s</sup>. — Nr. 15. 9. Juni. e 8<sup>h</sup> 18<sup>m</sup> 06<sup>s</sup>. — Nr. 16. 15. Juni. e 19<sup>h</sup> 58<sup>m</sup> 11<sup>s</sup>. — Nr. 17. 30. Juni. e 0<sup>h</sup> 26<sup>m</sup> 47<sup>s</sup> ca. — Nr. 18. 8. Juli. e 22<sup>h</sup> 16<sup>m</sup> 12<sup>s</sup>. Herd in südöstl. Richtung. — Nr. 19. 8. Juli. e 22<sup>h</sup> 31<sup>m</sup> 08<sup>s</sup>. — Nr. 20. 24. Juli. e(P?) 3<sup>h</sup> 12<sup>m</sup> 03<sup>s</sup>; d = 6—7000 km (Asien?). — Nr. 21. 18. August. e 18<sup>h</sup> 14<sup>m</sup> 46<sup>s</sup> (Stiller Ozean?) — Nr. 22. 22. August. e 23<sup>h</sup> 38<sup>m</sup> 56<sup>s</sup>. — Nr. 23. 31. August. e 18<sup>h</sup> 40<sup>m</sup> 04<sup>s</sup>. — Nr. 24. 10. September. e 11<sup>h</sup> 43<sup>m</sup> 23<sup>s</sup>?; e 11<sup>h</sup> 46<sup>m</sup> 36<sup>s</sup> ca. Nach Obs. Fabra in Barcelona: Herd in Almoradi (Alicante). — Nr. 25. 12. Oktober. eP 23<sup>h</sup> 01<sup>m</sup> 57<sup>s</sup>. Niederländisch Indien (d = 620 km. von Batavia, nach seismolog. Bulletin von Batavia). — Nr. 26. 25. Oktober. eP 18<sup>h</sup> 14<sup>m</sup> 0<sup>s</sup>; eS 17<sup>m</sup> 20<sup>s</sup> ca.; d = 2000 km ca. Herd in südöstl. Richtung? — Nr. 27. 18. November. eP 22<sup>h</sup> 58<sup>m</sup> 26,9<sup>s</sup>; iS 23<sup>h</sup> 01<sup>m</sup> 38,2<sup>s</sup> (Fehlen der S auf der vertikal. Komp., siehe Text); iM 03<sup>m</sup> 24<sup>s</sup> ca. (Minutenlücke); d = 1860 km (sehr stark). Kleinasien; Gegend von Uschak und Soma, nord-östlich von Smyrna. Azimut S 76° E. — Nr. 28. 20. November. e 15<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> 42<sup>s</sup>. — Nr. 29. 20. Dezember. e 21<sup>h</sup> 50<sup>m</sup> 25<sup>s</sup>; eL 22<sup>h</sup> 23<sup>m</sup> ca. — Nr. 30. 23. Dezember. eP 0<sup>h</sup> 43<sup>m</sup> 45,8<sup>s</sup>; iS 46<sup>m</sup> 04<sup>s</sup>; ME-W 48<sup>m</sup> 7,4<sup>s</sup>; MN-S 48<sup>m</sup> 14,6<sup>s</sup>. d = 1300 km. Heftiges Erdbeben in Epirus. — Auf der vertikalen Komponente keine Spur von Aufzeichnung.

Bemerkung zum Fernbeben vom 18. November. Kleinasien. Ein heftiges Erdbeben aus der Gegend von Uschak und Soma wurde am 18. November registriert (Entfernung von Zürich ca. 1850 km). Auf den beiden Diagrammen der horizontalen Komponenten sind ausser dem Anfang eP ein scharfer Einsatz S (Amplitude 1 <sup>m</sup>/<sub>m</sub>) und ein ausgeprägtes Maximum (bis 25 <sup>m</sup>/<sub>m</sub> Amplitude) vorhanden. Besonders auffallend ist aber das Fehlen der S-Wellen auf der vertikalen Komponente, während auf derselben die P-Wellen, die Maximalphase und ausgeprägte lange Wellen aufgezeichnet wurden. Um zu erfahren, ob die S-Wellen auf der vertikalen Komponente anderer Observatorien ebenfalls fehlen, richteten wir

<sup>1)</sup> Zur Bearbeitung der Fernbeben bedienen wir uns in einigen Fällen der seismologischen Berichte von Barcelona (Obs. Fabra), Batavia (Java), Berkeley und Lick (California), Hamburg, Ottawa und Valle di Pompei (Napoli).

eine besondere Anfrage an verschiedene Stationen. Unter sechs befragten Erdbebenwarten war leider bei vier derselben zur Zeit dieses Erdbebens der Vertikalseismograph ausser Betrieb; aber die Hauptstationen Strassburg und Göttingen lieferten uns in entgegenkommender Weise Kopien ihrer Seismogramme. Es war folgendes zu konstatieren: in Strassburg fehlen die S (wie in Zürich) auf der vertikalen Komponente, während sie auf den horizontalen Komponenten ausserordentlich scharf aufgezeichnet sind; in Göttingen zeigt dagegen die Registrierung des vertikalen Seismographen einen ganz ausgesprochenen Einsatz der S-Wellen.

## Anhang.

### 1. Ueber identische Seismogramme,

speziell diejenigen des italienischen Erdbebenschwarms vom August 1916.

Von A. de Quervain und A. de Weck.

Die Nachrichten, die wir aus dem Epizentralgebiet heftiger Erdbeben erhalten, lassen meistens eher auf einen komplizierten als einen sehr einfachen Charakter der primären Erregung in der Tiefe schliessen. Zum allermindesten ist sehr oft die Rede von einem Wechsel hin- und herschüttelnder und senkrechter Stösse. Noch mehr führt auf die Annahme eher verwickelter Primärbewegungen der erste Anblick eines in einigen hundert Kilometer Herdabstand gewonnenen Seismogrammes.

Aber wie jener gefühlte Wechsel der Stossrichtungen im Epizentralgebiet erklärt worden ist<sup>1)</sup> als das Spürbarwerden der beiden Hauptarten der Bodenschwingung, nämlich der nacheinander ankommenden Longitudinal- und Transversalwellen, so können auch andere Einsätze der Seismogramme gedeutet werden als Eintreffensmomente verschiedener Wellenarten, wie solche bei dem nicht ganz homogenen Charakter der obersten Erdschichten auch theoretisch, z. B. von Rudski, postuliert worden sind. Am auffallendsten ist wohl bisher der Nachweis der doppelten P-phase durch Mohorovicic gewesen, der für die Erdbeben von 2—600 km Entfernung ganz deutlich festzustellen ist. Andere Phasen sind von Hecker und seinen Mitarbeitern bei der Bearbeitung des mitteleuropäischen Erdbebens vom 16. November 1911 gefunden worden. Es würden sich anschliessen die regelmässigen Einsätze von einfach oder mehrfach reflektierten P- oder S-Wellen, die bei entfernten Erdbeben auftraten, und wohl zuerst durch die Göttingerarbeiten der Wiechert'schen Schule bekannt geworden sind; doch sollen hier nur Nahebeben ins Auge gefasst werden. Wenn dergestalt manches in der scheinbaren Komplikation der Seismogramme durch ganz bestimmte Postulate der elastischen Fortpflanzung erklärt und vereinfachend dargestellt werden kann, so bleiben doch noch sehr viele Wellenzüge übrig, die zunächst nur die Erklärung finden, dass sie eben den Ausdruck einer primären Komplikation darstellen, die hier ihre Wiedergabe findet. Es wird dann nichts regelmässiges in all diesem Detail gesucht werden dürfen. Die Dispersion — wenn eine solche in gewissen Grenzen angenommen werden darf, wie neuerdings theoretisch dargelegt worden ist<sup>2)</sup> — würde dann allenfalls die verwickelten primären Erregungen nach und nach auseinanderlösen.

Nun aber stehen wir vor einer höchst merkwürdigen Tatsache, welche wohl schon vom Beginn der Gewinnung seismischer Registrierungen je und je Beachtung gefunden hat und sich in dem Hinweis wiedergibt, dass Seismogramme von vermutlich übereinstimmenden Herden sich oft ähnlich sehen. Diagramme dieser Art sind uns allerdings bisher veröffentlicht nicht zu Gesicht gekommen<sup>3)</sup>.

Nun wurden wir durch eine Anfrage der französischen seismologischen Station Strassburg (Direktor gegenwärtig Prof. Rothé), welche sich auf einen solchen auffallenden Fall (vom 29. und 30. Mai 1920, mit Herd nach unsern Erkundigungen wahrscheinlich in der Gegend von Zara [Dalmatien]) bezogen hat, darauf geführt, dieser Erscheinung etwas nachzugehen, bei Gelegenheit der Zusammenstellung unserer Originalseismogramme nach ihrem Charakter. Dabei haben wir mit einem glücklichen Griff vorweggenommen die Serie des Erdbebenschwarmes an der italienischen Adriaküste von der zweiten Hälfte des August 1916

Hauptstösse am 15. August 8<sup>h</sup>31<sup>m</sup>, 8<sup>h</sup>49<sup>m</sup>, 10<sup>h</sup>18<sup>m</sup>, 15<sup>h</sup>01<sup>m</sup>, 15<sup>h</sup>19<sup>m</sup>, 17<sup>h</sup>39<sup>m</sup>, 22<sup>h</sup>04<sup>m</sup>,  
am 16. August 9<sup>h</sup>16<sup>m</sup> und 10<sup>h</sup>45<sup>m</sup> (mitteleuropäische Zeit).

Obschon die Umstände eine Heranziehung auswärtigen Materials und erschöpfende Bearbeitung nicht erlauben, erschien es doch im Interesse der Sache zu liegen, auf diesen Fall und die sich zunächst ergebenden Folgerungen hinzuweisen:

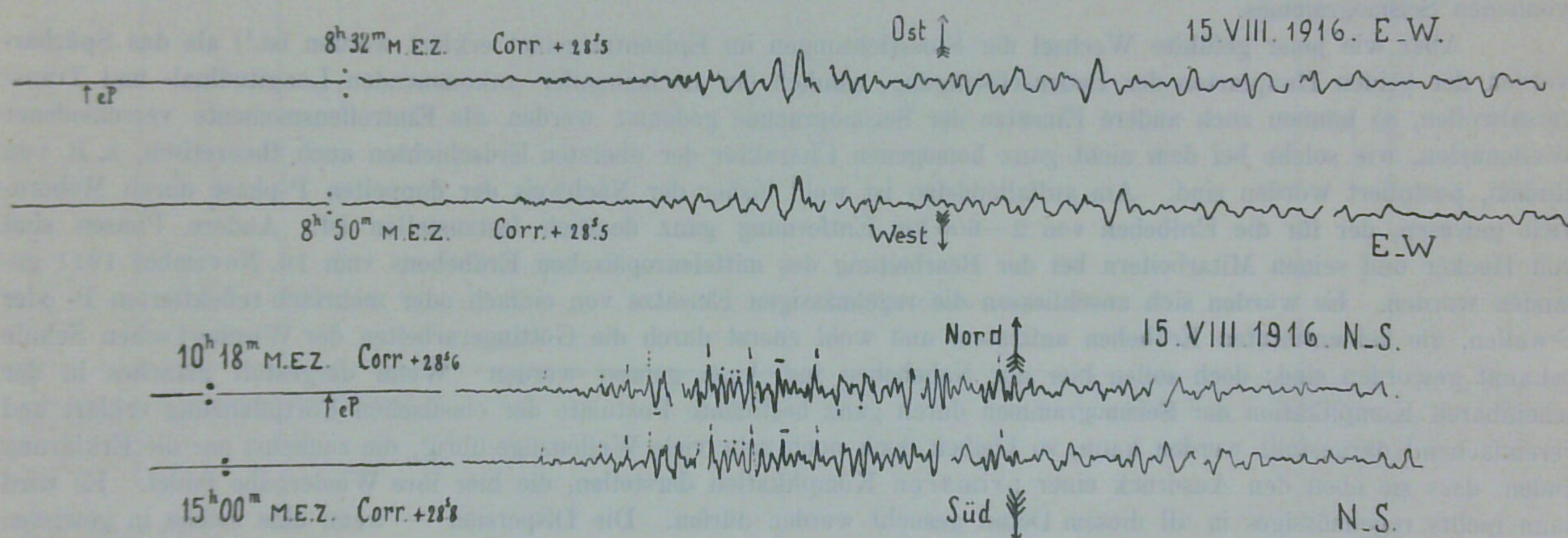
<sup>1)</sup> Siehe diesen Jahresbericht für das Jahr 1911 und 1912.

<sup>2)</sup> Meissner, Jahresversammlung der Schweiz. Naturf. Ges. 1920.

<sup>3)</sup> Nach Ausarbeitung dieser Mitteilung fanden wir in dem Protokoll über die erste internationale Seismologenkonferenz in Strassburg 1901 (Ergänzungsband I zu Beiträge zur Geophysik [Leipzig 1902] pag. 278) eine Angabe von Wiechert, welche völlig dem zu entsprechen scheint, wovon hier die Rede ist; auch die Schlussfolgerungen sind fast wörtlich dieselben, welche wir in einer kleinen Mitteilung an der Schweizerischen Naturforscherversammlung im August 1920 gezogen haben. (Siehe den Bericht . . .) Leider ist dem Wiechert'schen Vortrag keine Reproduktion des vorgewiesenen Seismogrammes beigelegt, das auch sonst nicht näher gekennzeichnet ist.

Wir gehen aus von den Seismogrammen vom 15. August 8<sup>h</sup>31<sup>m</sup> und 8<sup>h</sup>49<sup>m</sup>, also zwei fast gleich starken kurz aufeinanderfolgenden Stössen mit registrierter Maximalamplitude der Bodenbewegung von 10,9  $\mu$  und 9,9  $\mu$ . Hier ist die Uebereinstimmung der Seismogramme in beiden Komponenten eine so völlige, dass es immer wieder einer besondern Sorgfalt bedarf, um nicht beide zu verwechseln; sie scheinen vom gleichen Negativ kopiert! Die Uebereinstimmung geht bis in alle Einzelheiten, und — was sehr wichtig ist — erstreckt sich auch auf den ganzen Anfang des Seismogramms. Gegen den Schluss kommt hie und da eine Stelle, wo die Uebereinstimmung für einige Sekunden zu wünschen übrig lässt. Eine Reproduktion, die wir hier versuchen, kann der überzeugenden Wirkung eigentlich nur Abbruch tun, weil ein Nachfahren mit der Feder da und dort nötig wird, und dies nie im Sinn einer auch unwillkürlichen „Verbesserung“, sondern nur einer Entstellung der letzten Feinheiten der Uebereinstimmung wirkt. Eine Vergleichung auch der andern Diagramme dieses Erdbebenschwarms ergibt folgendes:

Es ist noch ein weiterer Fall von Uebereinstimmung da, ein ganz ebenso eklatanter, und zwar bei einem stärkern Stosse mit maximaler Bodenbewegung von 30  $\mu$ . Dabei sind aber nicht etwa stärkerer und schwächerer Stoss unter sich identisch. Die Wellen des schwächern sind bei dem stärkern nicht wieder aufzufinden. Wenn das naturgemäss wenig zahlreiche Material mit Beziehung von andern, wenig oder keine Uebereinstimmung zeigenden Stössen desselben Schwarms einen solchen quantitativen Ausspruch überhaupt erlaubt, möchte man sagen: damit überhaupt Uebereinstimmung zu erwarten ist, dürfen die Amplituden nicht um mehr als etwa 20% differieren. Solcher unter sich ungefähr gleich starker Paare mit fast absoluter Identität gibt es nun in diesem Material 2. — Wir versuchen hier mit den schon gemachten Vorbehalten eine Wiedergabe derselben.



#### Identische Seismogramme zweier Erdbebenpaare desselben Herdes.

Erdbebenwarte Zürich, Mainka-Apparat. — Das obere Paar (8<sup>h</sup>32 und 8<sup>h</sup>50) ist aufs Doppelte vergrössert.

Die Marken des untern Paares dienen der Erleichterung der Feststellung der Identität.

Freilich ist zu sagen, dass es in diesem Erdbebenschwarm auch Paare ungefähr gleicher Intensität gibt, welche keine derartige Uebereinstimmung aufweisen, oder nur eine teilweise. So die folgenden:

15. August: 8<sup>h</sup>49<sup>m</sup> und 15<sup>h</sup>19<sup>m</sup>, 8<sup>h</sup>49<sup>m</sup> und 22<sup>h</sup>04<sup>m</sup> (einige Identität in den S-Wellen, E-W-Komponente); 15. August 15<sup>h</sup>01<sup>m</sup> und 16. August 9<sup>h</sup>16<sup>m</sup> (einige Identität in den S-Wellen, N-S-Komponente); 15. August: 15<sup>h</sup>19<sup>m</sup> und 22<sup>h</sup>04<sup>m</sup>, 15. August 17<sup>h</sup>39<sup>m</sup> und 16. August 10<sup>h</sup>45<sup>m</sup> (einige Identität in der Maximum-Phase, E-W-Komponente).

Beim Anblick so vieler für das Auge völlig identischer Punkte im Diagramm wird man auf den Gedanken geführt, dass hier eine ganz ausserordentlich scharfe Bestimmung der Zeitdifferenz zweier Stösse möglich werden müsse, welche die zufälligen Ungenauigkeiten der Zeitinterpolation völlig eliminieren, und wohl auf die Grössenordnung einer Zehntelssekunde genau werden müsse. Eine grosse Zahl früherer Kontrollversuche hatte uns seiner Zeit gezeigt, dass die Interpolationsunsicherheit unserer Diagramme zwischen den Minutenzeichen durchschnittlich 0,1—0,2 Sekunden nicht übersteige; Einzelfälle von 0,4—0,5 Sekunden bildeten eine Ausnahme. (Jahresbericht 1916, pag. 2.)

Wir haben daher untersucht, ob eine sorgfältige Nachmessung der Zeitdifferenzen für 10 scharfe, offenbar identische Punkte ein entsprechendes Resultat ergab:

| Stösse vom 15. August: 8 <sup>h</sup> 31 <sup>m</sup> und 8 <sup>h</sup> 49 <sup>m</sup> E-W-Komponente. |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Punkt Nr.  | 1                 | 2                 | 3                 | 4                 | 5                 | 6                 | 7                 | 8                 | 9                 | 10                |
| Zeitdifferenz 17 <sup>m</sup>  | 58,7 <sup>s</sup> | 59,0 <sup>s</sup> | 59,1 <sup>s</sup> | 59,2 <sup>s</sup> | 60,1 <sup>s</sup> | 60,0 <sup>s</sup> | 59,8 <sup>s</sup> | 59,9 <sup>s</sup> | 60,3 <sup>s</sup> | 59,8 <sup>s</sup> |
| Abweichung vom Mittel  | -0,9 <sup>s</sup> | -0,6 <sup>s</sup> | -0,5 <sup>s</sup> | -0,4 <sup>s</sup> | +0,5 <sup>s</sup> | +0,4 <sup>s</sup> | +0,2 <sup>s</sup> | +0,3 <sup>s</sup> | +0,7 <sup>s</sup> | +0,2 <sup>s</sup> |

Diese Abweichungen sind zum Teil etwas grösser, als es nach der Regelmässigkeit des Triebwerks zu erwarten war. Das würde heissen, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von einem Erdbeben zum andern ganz geringen Schwankungen unterworfen war — eine zunächst unwahrscheinliche Sache, die aber weiter geprüft werden kann.

Aufzeichnung identischer Seismogramme an verschiedenen Stationen. Unsere Bemühungen, Mitteilungen über die Art der Aufzeichnungen dieser Erdbeben an andern Stationen zu erhalten, haben bis zu dieser Niederschrift zufällig noch zu keinem Resultat geführt<sup>1)</sup>. Hingegen hat die anfangs erwähnte Anfrage von Strassburg uns zu Erkundigungen über den Herd jener Stösse (vom Mai 1920) geführt, welche dann ergeben haben, dass diese Identitäten auch anderswo registriert worden sind — so in Jugenheim und Rom, welche letztere Station in ihrem Antwortschreiben auf die seltsame Uebereinstimmung hinwies. Durch die Liebenswürdigkeit der Stationen von Strassburg und Jugenheim konnten wir die Kopieen der Seismogramme mit den unsern direkt vergleichen. Es zeigte sich dabei, dass von Ort zu Ort die Uebereinstimmung gar nicht mehr vorhanden ist — wie anzunehmen war, möchte man sagen.

Die Suche nach weiterem Material dieser Art hat uns bisher keine so auffallenden Fälle mehr in die Hände geführt.

Immerhin hat es uns besonders interessiert, bei den Aufzeichnungen von Schweizer-Erdbeben zwei junge Fälle für das Wallis zu finden, vom 30. März 1920: 2<sup>h</sup> 04<sup>m</sup> und vom 1. April 1920: 19<sup>h</sup> 26<sup>m</sup>, wo der Anfang der P, die Phasen P und P bis in die Einzelheiten übereinstimmen<sup>2)</sup>.

Und nun ein Versuch, die beschriebenen Beobachtungen zu deuten: Es scheint ihnen nur die Annahme gerecht zu werden, dass die primäre Erregung in diesen Fällen ungemein einfach war, vergleichbar einem musikalischen Klang mit einem Grundton — und vielleicht einigen Obertönen. Das allermeiste, was nun im Seismogramm als Komplikation auftritt, ist am besten zu deuten durch den Ausdruck: Echo — eine mannigfaltige Reflexion an allen Unregelmässigkeiten in der Dichteverteilung der obersten Schichten. Man kann geradezu sagen, dass die Unregelmässigkeiten des Seismogramms in diesem Falle Abbildungen der komplizierten Alpenwurzeln waren, welche von den Erdbebenwellen gequert worden sind; und zwar muss es sich zum Teil um höchst komplizierte Reflexionswege handeln, die ein Mehrfaches des direkten Weges betragen.

Und wie in einem Bergtal ein Schall, der von einer bestimmten Stelle zweimal hintereinander in gleicher Stärke und Klangart ausgeht, auch zweimal hintereinander genau dasselbe, wenn auch noch so komplizierte Echo hervorbringt — falls die atmosphärischen Umstände unverändert bleiben —, ebenso kann es nur ein in identischer, einfacher Weise schwingender Erdbebenstoss sein, der zweimal dasselbe unterirdische Echo, nur dem Seismographen hörbar, hervorruft.

Was sich aus solchen Tatsachen für den Seismologen ergibt, das ist zunächst eine gewisse Zuversicht in die Bedeutung und Deutbarkeit von Seismogrammen auch bis in die letzte Einzelheit. Allerdings liegt zwischen den grundsätzlichen und der praktischen Deutbarkeit hier ein weiter Weg, ja ein Abgrund. Aber es ist doch wenigstens ein schöner, Stoff und Abgrund überwindender Gedanke:

„Wenn der Alpenkörper in seinen Grundfesten  $n$  reflexionsbewirkende Unregelmässigkeiten besitzt, so brauchen wir im nördlichen Alpenvorland nur eine genügende Zahl, etwa  $s = n^x$  Seismographen zu verteilen, um damit einem übergewaltigen Genie, wie es Laplace für sein Problem forderte, diejenige Grundlage in die Hand zu geben, deren er bedarf, um uns eine Abbildung jener nie geschauten Tiefen zu entwerfen.“

Ueber den Exponenten von  $n$ , oder allgemeiner die Funktion  $s = f(n)$ , unter verschiedenen Vorbedingungen sich auszusprechen, wäre eine — vielleicht in andern Zusammenhang schon bearbeitete — Aufgabe des Mathematikers.

## 2. Ein erster Fall diametraler Ausbildung des anormalen Schallgebietes und seine Bedeutung.

(Explosion von Vergiate vom 26. November 1920.)

Von A. de Quervain.

Die beiden ersten Fälle der anormalen Schallausbreitung, die genau bearbeitet worden sind, sind diejenigen von Witten-Annen 1906, beschrieben von v. d. Borne, und von der Jungfraubahn 1908, beschrieben vom Verfasser. Die beiden Bearbeiter haben damals zwei sehr verschiedene Erklärungsversuche gemacht. Mit Anwendung des von Stokes und Rayleigh aufgestellten Prinzips der „Translationsrefraktion“ der Schallstrahlen, das im Kleinen durch Nebelsignalversuche von Tyndall und Mohn erprobt schien, habe ich damals nachgewiesen, dass solche Anomalien in einem konkreten typischen Fall erklärt werden konnten durch die atmosphärischen Bedingungen von Temperaturabnahme und von Windzunahme mit der Höhe, wie sie tatsächlich vorkommen. (Jahrgang 1908 und 1914 dieser Berichte.) v. d. Borne hingegen, die Richtigkeit des von mir benützten Prinzips bestreitend, sah die einzig zutreffende Erklärung

<sup>1)</sup> Inzwischen hatte ich Gelegenheit, in die entsprechenden Aufzeichnungen der Galitzinapparate in Uccle und De Bilt Einsicht zu nehmen und mich zu überzeugen, dass auch dort Diagramme mit prachtvoller Identität vorliegen.

<sup>2)</sup> Diese Seismogramme zeigen nämlich ganz unverkennbar diese beiden Anfangsphasen bei einer Epizentralentfernung von nur 160 km, während Mohorovicic diese Trennung nach seinem Material erst bei 220 km beginnen lässt. Auch andere Schweizerbeben haben uns schon auf eine etwas frühere Trennung der direkten und indirekten P hingewiesen.

in der Leitung der Schallstrahlen vom primären Gebiet über die Schweigenszone weg in das Gebiet abnormaler Hörbarkeit hoch durch die von Hann und Wregener wahrscheinlich gemachte Wasserstoffsphäre, die bei etwa 70 km Höhe beginnen soll. Meiner Meinung nach schliesst dieses Erklärungsprinzip das erste „meteorologische“ nicht aus.

Ich hatte darauf hingewiesen, dass die beiden Erklärungen sich an ihren Konsequenzen prüfen liessen: Die Wasserstoffhypothese forderte ein einigermaßen kreisförmiges Gebiet der anormalen Hörbarkeit, mit annähernd konstantem Radius von Fall zu Fall. Die „meteorologische“ Erklärung schloss eine solche Form des anormalen Gebiets praktisch fast ganz aus und forderte eine ganz einseitige Ausbildung mit einem ziemlich beschränkten Zentriwinkel der begrenzenden Radius-Vektoren.

Seither sind nun eine grosse Reihe von Fällen beschrieben worden (z. T. in diesen Berichten 1914, 1915, 1916, 1917, 1918, 1919), welche die Vornahme dieser Prüfung erlauben. Aus einer Arbeit, die Hr. H. Morf auf meine Anregung unternommen hat (s. Jahrgang 1918), ergibt sich, nach Sichtung des ganzen zugänglichen dort angeführten Materials, dass alle bekannten Fälle einseitig ausgebildet waren, und also für die „meteorologische“ und gegen die Wasserstoffklärung sprachen. Diese letztere, auch theoretisch angefochten, ist also einigermaßen in den Hintergrund getreten, während vom geophysischen Standpunkt aus ihre Bewahrheitung eigentlich höchst interessant gewesen wäre. Mir persönlich schien immerhin das Problem noch einer besseren Klärung auf Grund sorgfältigerer Beobachtungen zu bedürfen, als es die unverhofften Gelegenheiten einer zufälligen Explosion und der ebenso unvollständigen wie unerfreulichen der Kriegszeit möglich machten. Die internationale Kommission für die Erforschung der höhern Atmosphäre hat denn auch, meinem Vorschlag entsprechend, die Veranstaltung eigentlicher Experimente in grossem Stil, wo möglich mit Nutzbarmachung von Explosivbeständen aus dem Kriege, bei ihrer Neukonstituierung in Paris (Oktober 1919), auf ihr Programm gesetzt. Wenn dieser Vorschlag bisher auf dem Papier geblieben ist — wie van Dijk bei Anlass einer sehr schätzenswerten Untersuchung über dieses Gebiet bedauernd bemerkt —, so braucht das nicht so zu bleiben.

Denn inzwischen hat der Zufall oder die Unvorsichtigkeit eines Arbeiters einen neuen Fall herbeigeführt (die Explosion von Vergiate, am Südfuss der Alpen, am 26. November 1920), der — leider um den Preis zahlreicher Opfer — das Interesse an dem Problem durch seine bemerkenswerten Tatsachen neu zu beleben geeignet ist. Denn hier können wir — um das wesentliche Ergebnis voranzunehmen — nun wohl zum erstenmal ein Gebiet der anormalen Hörbarkeit feststellen, das auf nahezu diametral zur Schallquelle liegenden Gegenden mit grosser Deutlichkeit, ja mit Heftigkeit auftritt!

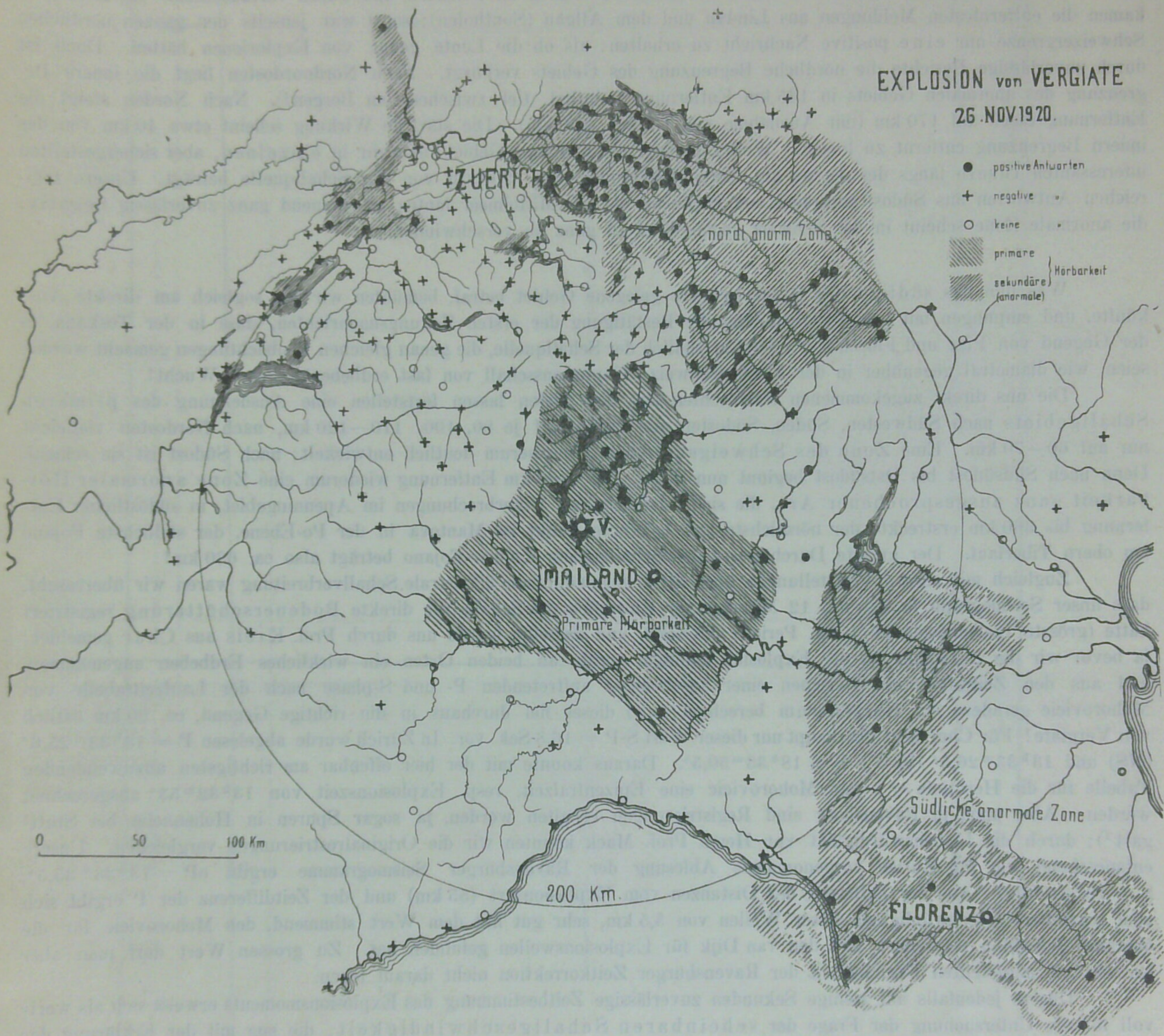
Gehen wir zur nähern Feststellung der Tatsachen von den Beobachtungen<sup>1)</sup> in der Schweiz aus, wo anscheinend der grössere Teil der anormalen Zone liegt, und wo auch der schweizerische Erdbebendienst — in meiner Abwesenheit zunächst unter Herrn A. de Wecks Bemühung — in Fortsetzung unserer Tradition sogleich die nötigen Erhebungen durch öffentliche Aufrufe und Versendung sehr zahlreicher Fragekarten ans Inland und auch ans angrenzende Ausland eingeleitet hat. Wir danken an dieser Stelle speziell auch den zahlreichen ausländischen Gelegenheitskorrespondenten und den Instituten von Paris, Strassburg, Antibes, Karlsruhe, Stuttgart, München für ihre Auskünfte; die Antwort italienischer Observatorien steht noch aus.

Die Ausdehnung des Schallgebietes war folgende (wobei die beigegegebene Uebersichtskarte zu vergleichen ist, welche für die Schweiz das Phänomen wohl definitiv darstellt, für das Ausland naturgemäss in etwas gröberen, in Einzelheiten vielleicht noch zu modifizierenden Zügen, die aber dem Wesentlichen der Erscheinung, auf welches es uns in dieser Zusammenfassung ankommt, nichts ändern dürften):

Ein grosser Teil des Kantons Tessin, bis zu etwa 75—90 km Entfernung, gehörte naturgemäss zum primären Schallgebiet der Explosion, welche am südlichen Ende des Lago Maggiore, also in verhältnismässiger Nachbarschaft, stattgefunden hatte. Vielfach wurde hier ein Erdbeben angenommen; im Süden des Kantons wurden Kamine umgeworfen, Fenster eingedrückt, diese oder jene defekte Gipsdecke stürzte herab! Aber schon das Tessental aufwärts von Bellinzona liegt in der Schweigenszone. Diese Schweigenszone nun ist nach Nordosten hin an der Schweizergrenze im Veltlin festzustellen, läuft dann, hier ziemlich schmal, durch das Bergell und mit ihrer äussern Begrenzung längs der Hinterrheinlinie gegen den Kanton Glarus; sie bedeckt weiter, durch zahlreiche zuverlässige negative Nachrichten verbürgt, das Wallis, den grössten Teil der Westschweiz bis an den Jura, die Zentralschweiz und Nordwestschweiz.

Die Zone anormaler Hörbarkeit ist klassisch entwickelt. Sie begreift den grössten Teil des Kts. Graubünden in sich, von etwa 120 km Entfernung an, und anscheinend grösster Intensität in etwa 175 km Entfernung. (In Remüs, im Unterengadin, entstand eine Panik; die Leute liefen entsetzt aus den Häusern, die Kinder in der Schule brachen in ein allgemeines Weinen und Jammern aus ob den fürchterlichen, langgezogenen Donnerschlägen bei wolkenlosem Winterhimmel!). Fraglos gehört auch Vorarlberg zu diesem Gebiet; aber am allgemeinsten war es entwickelt in den Kantonen Zürich, Appenzell, St. Gallen und namentlich Thurgau; meistens in der Art starker Donnerschläge oder

<sup>1)</sup> Alles folgende bezieht sich auf die stärkste Explosion um 13<sup>h</sup> 33<sup>m</sup>; eine Reihe anderer, z. T. nicht viel weniger heftiger, sind ebenfalls an manchen Orten der Schweiz gehört worden; für dieselben wurden uns aus dem Tessin die Stunden: 12<sup>h</sup> 50, 13<sup>h</sup> 10, 14<sup>h</sup> 20<sup>m</sup>, 16<sup>h</sup>, 23<sup>h</sup> gemeldet.



**Uebersicht der Schallausbreitung der Explosion von Vergiate**

am 26. November 1920, 13<sup>h</sup> 33<sup>m</sup>, mit diametraler Verteilung des anormalen Schallgebiets, nach den Ermittlungen des schweizerischen Erdbebendienstes.

nahen Geschützfeuers schwersten Kalibers, in mehreren Schüssen, mit nachfolgendem Echo an den Höhenzügen, die Richtung meist von Süden her, einige Male aber hoch aus der Luft (vereinzelt auch aus Norden!) angegeben. Vielfach hatten die Luftwellen eine solche Wucht, dass sie, auch ohne direkt mehr hörbar zu sein, mit fürchterlichem Rauschen durch die noch belaubten Wälder strichen, oder Erdbebenwirkung an Fenstern und Türen vortäuschten. Im Nordosten kamen die entferntesten Meldungen aus Lindau und dem Allgäu (Sonthofen); sonst war jenseits der ganzen nördlichen Schweizergrenze nur eine positive Nachricht zu erhalten: als ob die Leute genug von Explosionen hätten. Doch ist durch zuverlässige Berichte die nördliche Begrenzung des Gebiets verbürgt. Nach Nordnordosten liegt die innere Begrenzung des anormalen Gebiets in 135 km Entfernung (Linthal, tief zwischen den Bergen!). Nach Norden steigt die Entfernung rasch auf 170 km (mit Ausnahme von Luzern, 150 km). Die stärkste Wirkung scheint etwa 40 km von der innern Begrenzung entfernt zu liegen. Weiterhin tritt das anormale Gebiet nur mehr in einzelnen, aber sichergestellten interessanten Inseln längs des Juras auf, deren Entfernung 180—200 km von der Schallquelle beträgt. Unsere zahlreichen Antworten aus Südostfrankreich von Besançon bis ans Mittelmeer lauten anscheinend ganz zuverlässig negativ: die anormale Zone scheint in der Schweiz gegen Genf zu ganz zu verschwinden.

\* \* \*

Was nun das südlich der Schallquelle gelegene Gebiet betraf, bemühten wir uns sogleich um direkte Ankünfte, und empfingen mit grösster Spannung die Bestätigung der ersten Zeitungsnachrichten, dass in der Toskana, in der Gegend von Pisa und Florenz, 2—300 km südlich der Schallquelle, die genau gleichen Beobachtungen gemacht worden seien, wie diametral gegenüber in der Nordostschweiz: Explosionsschall von fast erdbebenähnlicher Wucht!

Die uns direkt zugekommenen Nachrichten aus dem Süden lassen feststellen eine Ausdehnung des primären Schallgebiets nach Südwesten, Süden, Südosten und Osten auf je 80, 100, 110—120 km, nach Nordosten vielleicht nur auf 60—70 km. Eine Zone des Schweigens scheint ringsherum deutlich entwickelt; nach Südost ist sie schmal. Denn nach Südsüdost bis Ostsüdost beginnt nun in ca. 170—180 km Entfernung wiederum eine Zone anormaler Hörbarkeit ganz ausgesprochener Art, die sich, vielleicht mit Unterbrechungen im Apenningebiet, in südöstlicher Entfernung bis 360 km erstreckt; der nördlichste uns bekannte Punkt ist Mantova in der Po-Ebene, der südlichste Fojano am obern Tiberlauf. Der grösste Durchmesser des Schallgebiets Kolmar-Fojano beträgt also ca. 630 km!

Zugleich mit unsern Feststellungen über diese ungewöhnliche diametrale Schallverbreitung waren wir überrascht, dass unser Seismograph in Zürich 12 Minuten vor Eintreffen des Schalls die direkte Bodenerschütterung registriert hatte (grösste Bodenbewegung  $1,2 \mu$ , Periode 0,8 Sek.), und dasselbe wurde uns durch Prof. Kreis aus Chur gemeldet: ja bevor wir die Beziehung zu der Explosion kannten, wurde an beiden Orten ein wirkliches Erdbeben angenommen, und aus den Zeitdifferenzen zwischen einer anscheinend auftretenden P- und S-phase nach der Laufzeitabelle von Mohorovicic geradezu ein Epizentrum berechnet; und dieses fiel durchaus in die richtige Gegend, ca. 20 km östlich von Vergiate! Für Chur liegt überhaupt nur dieser Wert  $S-P = 16,8$  Sek. vor. In Zürich wurde abgelesen  $P = 13^h 33^m 25,6^s$  (NS) und  $13^h 33^m 26,5^s$  (E-W),  $S = 18^h 33^m 50,5^s$ . Daraus konnte mit der hier offenbar am richtigsten anzuwendenden Tabelle für die Herdtiefe = 0 von Mohorovicic eine Epizentralzeit, resp. Explosionszeit von  $13^h 32^m 53^s$  ausgerechnet werden. Aber auch in Ravensburg sind Registrierungen erhalten worden, ja sogar Spuren in Hohenheim bei Stuttgart<sup>1)</sup>; durch die Liebenswürdigkeit von Herrn Prof. Mack konnten wir die Originalregistrierungen vergleichen. Unsere entsprechend wie für Zürich vorgenommene Ablesung der Ravensburger Seismogramme ergibt  $eP = 13^h 33^m 35,5^s$ ,  $S = 13^h 34^m 08^s$ . Aus der Differenz der Distanzen vom Explosionsort (55 km) und der Zeitdifferenz der P ergibt sich eine scheinbare Geschwindigkeit dieser Wellen von 5,5 km, sehr gut mit dem Wert stimmend, den Mohorovicic für die obersten Schichten verwendet, und den van Dijk für Explosionswellen gefunden hat. Zu grossen Wert darf man aber bei der uns mitgeteilten Unsicherheit der Ravensburger Zeitkorrektur nicht darauf legen.

Unsere jedenfalls auf wenige Sekunden zuverlässige Zeitbestimmung des Explosionsmoments erweist sich als wertvoll für die Untersuchung der Frage der scheinbaren Schallgeschwindigkeit, die eng mit der Erklärung der ganzen Erscheinung zusammenhängt. Eine ganz genaue Zeitbeobachtung für die Schallankunft ist leider nirgends gemacht worden; dagegen liegen immerhin 14 Ablesungen bis auf die einzelne Minute vor, deren zufällige Fehler infolge Vor- oder Nachgehens der Uhren sich bis zu einem erheblichen Grad aufheben werden; einzelne dieser Ablesungen sind übrigens durch Vergleichung mit Post- oder Bahnuhren jedenfalls auf die Minute sicher.

Diese Orte mit den zugehörigen Beobachtungszeiten, angenäherten Distanzen und Schallgeschwindigkeiten sind:

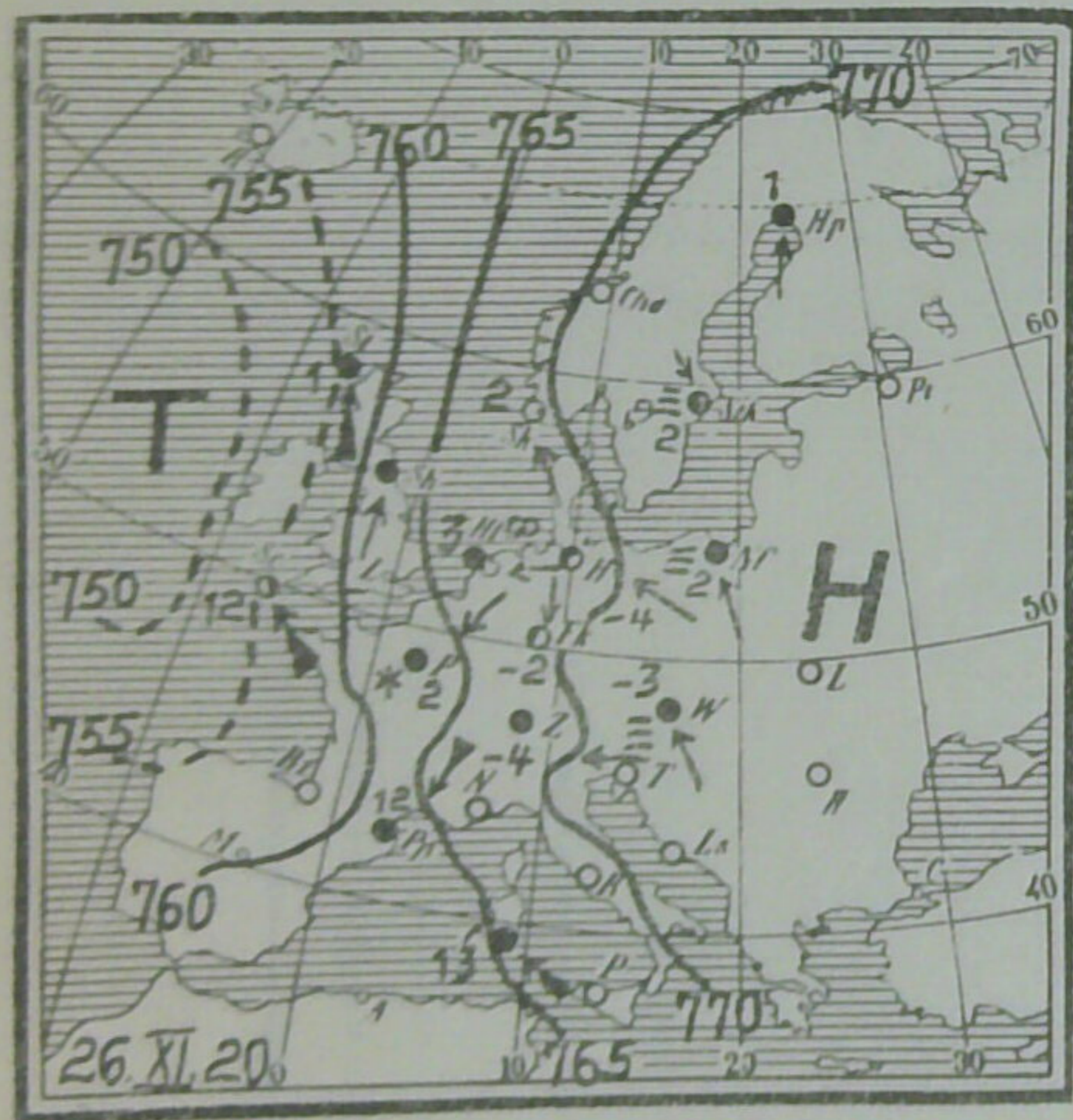
| Nr.             | Ort              | Entfernung | Zeit (Min.) | Zeitdifferenz | Scheinbare Geschwindigkeit |
|-----------------|------------------|------------|-------------|---------------|----------------------------|
| 1               | St. Moritz . . . | 124 km     | 41          | 480 Sek.      | 258 m/s                    |
| 2               | Clavadel . . .   | 142 "      | 41          | 480 "         | 296 "                      |
| 3               | Davos . . .      | 144 "      | 44          | 660 "         | 218 "                      |
| Gruppen-Mittel: |                  |            |             |               | 257 m/s                    |

<sup>1)</sup> Dagegen ist in München, Strassburg, Paris, Besançon, Antibes nichts registriert worden, wie wohl verständlich.

| Nr.                     | Entfernung | Zeit (Min.)       | Zeitdifferenz  | Scheinbare Geschwindigkeit |
|-------------------------|------------|-------------------|----------------|----------------------------|
| 4 Hinwil . . . . .      | 175 km     | 43                | 600 Sek.       | 292 m/s                    |
| 5 Gais . . . . .        | 180 "      | 45                | 720 "          | 250 "                      |
| 6 Zürich . . . . .      | 183 "      | 45                | 720 "          | 254 "                      |
| 7 Teufen . . . . .      | 191 "      | 43                | 600 "          | 318 "                      |
| 8 Baden . . . . .       | 191 "      | 44                | 660 "          | 289 "                      |
| 9 St. Gallen . . . . .  | 196 "      | 48                | 900 "          | 217 "                      |
| 9a " . . . . .          | 196 "      | 46                | 780 "          | 251 "                      |
| 10 Winterthur . . . . . | 198 "      | 44                | 660 "          | 300 "                      |
| 11 Sulgen . . . . .     | 205 "      | 47 <sup>1/2</sup> | 870 "          | 236 "                      |
| 12 Arbon . . . . .      | 214 "      | 48                | 900 "          | 238 "                      |
| 13 Stein . . . . .      | 217 "      | 47                | 840 "          | 258 "                      |
| 14 Mannenbach . . . . . | 218 "      | 46                | 780 "          | 279 "                      |
|                         |            |                   | Gruppen-Mittel | 265 m/s                    |

Mit Rücksicht auf die verschiedene Gegend und Entfernung habe ich die Graubündner Zahlen getrennt von den übrigen; beide Gruppen-Mittel stimmen übrigens gut zu einander. Nach der Methode der kleinsten Quadrate gerechnet, ergibt sich als wahrscheinlicher Fehler für die letzte Gruppe:  $\pm 6$  m/s.

Der Grad der Annäherung dieser scheinbaren Geschwindigkeit an die wahre Geschwindigkeit hat mir schon bei der Diskussion der Jungfraubahnexplosion zum Kriterium über den Schallweg gedient. Seither hat van Dijk gemeinschaftlich mit Somville an zahlreichen Fällen scheinbar zu kleine Schallgeschwindigkeiten nachgewiesen, für deren Umweg Somville Scheitelhöhen berechnet hat. Wenn wir in unserm Fall von einer Mitteltemperatur von  $-40^{\circ}$  ausgehen, so ergibt sich für eine Entfernung von 200 km in erster Annäherung eine Scheitelhöhe der Schallbahn von der Grössenordnung 40—50 km. Dies würde sich schon der Wasserstoffsphäre nähern. Nimmt man das Mittel der Geschwindigkeiten nur aus den am besten verbürgten, wohl auf  $+1/2$  Min. richtigen Fällen von Sulgen und Stein, = 247 m/s, so folgt schon eine Scheitelhöhe von 50—60 km. Für die Beurteilung der scheinbaren Schallgeschwindigkeiten ist übrigens zu berücksichtigen, dass unter Umständen beim Eintauchen in eine Wasserstoffsphäre mit viel grössern Geschwindigkeiten bei grossen Distanzen ein Fall eintreten kann, der den Verhältnissen entspricht, die von Mohorovicic für die P- und  $\underline{P}$ -wellen der Nahebeben angenommen worden sind — wo die in die schnell leitende Schicht eintauchenden Wellen auf längerem Wege doch früher ankommen, als die direkten Wellen. — Kommen wir wiederum auf die gesamte Würdigung des vorliegenden Falles zurück, so ist nicht ausser acht zu lassen, dass eine ununterbrochene ringförmige Ausbildung der anormalen Zone ja nicht nachgewiesen werden konnte; obschon in Italien im Westen und Osten durch das Meer unterbrochen, setzt sie sich auch im französisch-italienischen Grenzgebiet nicht fort, und keilt auch in der Schweiz von Osten nach Westen deutlich aus. Aber Ringstücke sind doch unverkennbar vorhanden, und was wesentlich ist, solche Stücke liegen sich fast diametral gegenüber.



Wetterkarte vom 26. November 1920. 7 a.

Die nach den Isobaren zu erwartende mit der Höhe zunehmende allgemein südliche Strömung und die starke Temperaturumkehr nördlich der Alpen (7—11 Grad nach deutschen aërolog. Stationen) lässt eine meteorologische Erklärung der nördlichen anormalen Zone zu; anscheinend aber nicht für die südliche Zone; es sei denn, dass dort die Windwirkung aufhörte oder sich umkehrte (Depressionsbildung über der Adria bei Ls gegen Abend des 26., nördliche Winde auf Rückseite). Wenn irgend eine solche sonst sehr gesucht erscheinende Divergenz der Strömungen angenommen werden darf, so ist dies über den Alpen der Fall. Genauere Luftdruckangaben von Italien fehlen uns zur Zeit.

Ein Erklärungsversuch aus den wahrscheinlichen Strömungen der Troposphäre braucht in diesem Falle — (vergleiche das beigegebene Luftdruckkärtchen für 7<sup>h</sup> morgens, das sich für den Abend wie angegeben verändert hat) — einiges Erklärungstalent. H. Morf hat freilich gezeigt, dass ein kreisförmiges anormales Gebiet auch mit Bedingungen der untern Atmosphärenschichten konstruiert werden kann; aber hier dürften eher nebenstehende Erwägungen in Betracht kommen.

Man wird sich angesichts dieses Falls auch erinnern, dass — wie schon v. Everdingen bemerkte — der Zentriwinkel einiger anormaler Schallgebiete auch in frühern Fällen etwas gross war, und die innere Krümmung der Begrenzung Tendenz zu konzentrischer Form hatte (was ja [siehe die Arbeit von Morf] freilich in einzelnen Fällen auch „meteorologisch“ gedeutet werden kann); auch des andern, dass manchmal überhaupt nur einseitige Beobachtungen möglich waren<sup>1)</sup>. Lebt die Wasserstoff-Erklärung wieder auf?

Die Schlussfolgerung, die aus allem vorhergehenden zu ziehen ist, und auf welche es mir bei dieser Darstellung auch wesentlich ankam<sup>2)</sup>, ist die, dass durch die Explosion von Vergiate die Frage wieder so sehr aufgerollt scheint, dass nun ernstlich an die experimentellen Versuche grossen Stils herantreten werden sollte, welche von der internationalen Kommission in Aussicht genommen worden sind.

<sup>1)</sup> In dem einzigen sehr günstigen Fall, wo ich noch vor dem Kriege eine solche Untersuchung anregen wollte, ist mir von dem kommandierenden General des betreffenden Wetterdienstes geantwortet worden, diese Erscheinungen hätten mit der Atmosphäre überhaupt nichts zu tun!

<sup>2)</sup> Wie wir vernehmen, beabsichtigt die Meteorologische Zentralanstalt in Rom, welche in Italien ebenfalls sehr umfassende Erhebungen angestellt hat, eine erschöpfende Bearbeitung aller mit dieser Explosion zusammenhängenden Erscheinungen durch Hrn. Prof. E. Oddone. Wir haben dieser Publikation, welcher mit grösstem Interesse entgegenzusehen ist, unser gesamtes Material zur Verfügung gestellt, auf dessen völlige Ausschöpfung an dieser Stelle wir infolgedessen verzichten, ebenso wie auf Eintragung einiger nachträglich aus Rom erhaltener Ergänzungen, die nichts Wesentliches ändern.