

Jahresbericht

des

Schweizerischen Erdbebendienstes 1915.

1. Allgemeines.

2. Die 1915 in der Schweiz gespürten und die an der Erdbebenwarte Zürich registrierten Nahebeben, nebst Uebersicht der Fernbeben, von Dr. A. de Quervain und Dr. A. de Weck. — Mit 2 Tafeln.

Anhang: 1. Die Zuordnung makroseismischer Zeitbeobachtungen zu der mikroseismischen Phase, nach unsern Beobachtungen von 1915.

2. Weitere Beiträge zur Frage der atmosphärischen Schallausbreitung.

(25. April, 25. Dezember, 31. Dezember 1915, jährliche Periode 1915/1916), mit 1 Tafel.

Von Prof. Dr. **A. de Quervain.**

GEOPHYSICS LIBRARY

Jahresbericht 1915 des Erdbebendienstes der Schweizerischen Meteorologischen Zentralanstalt.

1. Allgemeines.

2. Die 1915 in der Schweiz gespürten und die an der Erdbebenwarte Zürich registrierten Nahebeben, nebst Uebersicht der Fernbeben, von Dr. A. de Quervain und Dr. A. de Weck. — Mit 2 Tafeln.

Anhang: 1. Die Zuordnung makroseismischer Zeitbeobachtungen zu der mikroseismischen Phase, nach unsern Beobachtungen von 1915.

2. Weitere Beiträge zur Frage der atmosphärischen Schallausbreitung, (25. April, 25. Dezember, 31. Dezember 1915, jährliche Periode 1915/1916), mit 1 Tafel.

Von Prof. Dr. **A. de Quervain.**

1. Allgemeines.

Bis zum Juli wurde der laufende Erdbebendienst durch den Berichterstatter besorgt, gelegentlich vertreten durch Dr. Billwiller, und für die Bureauarbeit unterstützt von Frä. Steiner. Mit Juli trat Dr. A. de Weck als Assistent für den Erdbebendienst ein, der unter Leitung des Unterzeichneten blieb. Herr de Weck beteiligt sich wesentlich am laufenden mikroseismischen und makroseismischen Dienst und an der statistischen Bearbeitung für den Jahresbericht.

In der Einrichtung des makroseismischen Dienstes trat keine Aenderung ein. Ausser den gewöhnlichen, die Erdbeben betreffenden zum Teil wiederum recht umfassenden Erhebungen wurden mit Rücksicht auf das besondere Interesse der Sache noch solche angestellt über das Meteorbeben vom 28. Juli, und die Ausbreitung des Kanonendonners am 25. April und 25. Dezember 1915, und der Explosion vom 31. Dezember 1915. Ueber das Ergebnis letzterer Erhebungen ist im Anhang berichtet. Die Bearbeitung des Meteorbebens kann noch nicht beigefügt werden¹⁾, da die zum Abschluss nötigen Resultate der astronomischen Bearbeitung durch die eidgenössische Sternwarte uns noch nicht vorliegen.

Der auf der Zentralanstalt eingerichtete Zeitvergleichungsdienst zu makroseismischen Zwecken trat erfreulicherweise öfters in Funktion mit guten Erfolgen, wie im Anhang 1 näher besprochen ist. Da es sich dabei als wünschenswert zeigte, den Chronometer unter Umständen für nächtliche Vergleichen nach Hause nehmen zu können, ergab sich das Bedürfnis nach einer zweiten Uhr. Da sich in der Sammlung des Physikal. Instituts der Technischen Hochschule ein unbenütztes elektrisches Hipp-Pendel mit Vacuumglocke fand, und jenes Institut bei uns zur Kontrolle seiner Uhren die genaue Zeit zu holen pflegte, wurde in gemeinschaftlichem Interesse dieses Pendel durch einen Spezialisten der frühern Firma Hipp in einem 10 m unter dem Boden liegenden unbenützten Kellerraum bei annähernd konstanter Temperatur aufgestellt, und das Zählwerk in der Zentralanstalt im Zimmer des Berichterstatters angebracht. Der Gang dieser Uhr entspricht den Bedürfnissen; die Variation scheint durchschnittlich 0,1 Sekunde nicht zu überschreiten.

Hinsichtlich des mikroseismischen Dienstes ist zunächst zu erwähnen die Einführung des elektrischen Starkstroms für Beleuchtung und Heizung in die Erdbebenwarte Ende Mai 1915 als Ergebnis unserer wiederholten Eingaben bei den städtischen und eidgenössischen Behörden. Die Lage der Erdbebenwarte mitten im Wald, über 1 km von der nächsten Stelle der Lichtleitung entfernt, hatte die Sache bis dahin als zu kostspielig erscheinen lassen.

Ausser einer starken Deckenbeleuchtung und einer Lampe mit Steckkontakt wurde vor jedem Registrierbogen eine 200 Kerzen starke Rohrlampe angebracht, welche die geringste Erdbebenaufzeichnung noch vor dem Wechseln des Papiers zu erkennen erlaubt. Die ganze Verbesserung erwies sich sehr bald als für den Betrieb und die Instandhaltung der Instrumente sehr wesentlich. — Da sich für die sonst gut gehende Kontaktuhr Rosat ein von unvollständiger Kompensation herrührender jährlicher Gang zu ergeben schien, wurde Ende April mit Zusetzen von Quecksilber Abhilfe versucht; das Gefäss konnte aber die berechnete Menge nur zu $\frac{2}{3}$ fassen; der Erfolg war mässig. — Die Kontrolle wurde wie bisher durch die eidgenössische Sternwarte besorgt.

¹⁾ Eine kurze Mitteilung darüber findet sich im Jahresbericht 1915 der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft. Bd. II, S 176.

Angeregt durch die bei der Konstruktion des unten erwähnten Modells gewonnene Erfahrung, versuchten wir nochmals — diesmal mit Erfolg — die Beseitigung eines Uebelstandes bei dem Mainka'schen Apparate, welcher trotz aller Verhandlungen mit den bei der Herstellung Beteiligten nicht hatte entdeckt und beseitigt werden können. Um dem Apparat nämlich die von uns gewünschte Eigenperiode von 5 Sekunden zu geben, musste die träge Masse für sich allein auf eine solche von 25 Sekunden gebracht werden. (Der angeratene Ersatz der Hauptlamellen der Masse durch dünnere Stücke hatte [was nachträglich als wohlverständlich erscheint] ebensowenig Erfolg gehabt wie das Dünnerschleifen der Dämpfungslamellen, bis auf eine Eigenperiode der Dämpfung von 8^s). — Es zeigte sich, dass der Fehler an der Verbindung der letzten Stosstange mit der Schreibfeder lag. Die Spitze der Stosstange wird durch eine zylindrische Feder gegen ihr Lager gedrückt; die Richtkraft dieser Feder kam an dieser Stelle, wo die stärkste Winkelbewegung stattfindet, zu sehr zur Geltung, um so mehr als die Befestigungsösen in der Ebene Stosstange-Schreibfeder angebracht waren, anstatt senkrecht dazu. Nachdem die Oesen senkrecht zu dieser Ebene gedreht und statt direkter Verbindung mit der Spannfeder mit dieser durch zwei 2 cm lange, 0,2 dicke, beiderseits angelötete Stahldrähtchen verbunden waren, war die Periodendifferenz zwischen Masse allein und Gesamtapparat grösstenteils verschwunden und liess sich durch weitere Entspannung der Spannfeder sogar bis auf 1/2 Sekunde herabmindern. Die Einstellung auf eine bestimmte Periode kann nun innerhalb gewisser Grenzen geradezu durch eine Spannungsregulierung dieser Feder bewirkt werden.

Zu gleicher Zeit wurde der Horizontalapparat neu justiert zu dem Zweck, die Vergrösserungen beider Komponenten gleich und möglichst hoch zu machen (rund 200). Wenn seither sich naturgemäss der Reibungseinfluss auch noch mehr geltend macht, so hat sich doch diese Massnahme bewährt, insofern nun doch wohl bei einigen Nahebeben der Einsatz schwacher P-Wellen sicherer erkannt werden konnte als bei der frühern Vergrösserung.

Viele Zeit wurde gemeinsam mit Herrn Dr. A. Piccard Modellversuchen zu dem früher erwähnten Projekt eines Universalapparates gewidmet. Ein erstes Modell mit einer Vertikal- und einer Horizontalkomponente wurden aus Teilen eines Erschütterungsmessers für technische Zwecke zusammengestellt, und ein zweites dann mit einer Tragfeder und Astasirvorrichtung, deren Periode und Wirkungsweise den Verhältnissen eines definitiven Apparates entsprechen sollte.

* * *

Die Ueberwachung der Erdbebenwarte geschah durch 50 Besuche unsererseits. Am 17. April wurde dieselbe von der Meteorologischen Kommission besucht. Die tägliche Bedienung der Apparate wurde weiterhin von Stadtförster Peter besorgt, oder in seiner Vertretung von Frl. Anny Peter, nachdem ihre gewissenhafte Vorgängerin, Frl. E. Peter, diesem Dienst durch Heirat entrissen worden ist. Die Apparate waren, abgesehen von der Zeit ihrer Neujustierung (13.—27. Juli), ohne nennenswerte Unterbrechung in Funktion; ihre Konstanten wurden 17mal bestimmt; dieselben betragen vor und nach der Justierung durchschnittlich:

	Bosch-Mainka 450 kg-Pendel				Spindler & Hoyer-Wiechert'scher Vertikalapparat 80 kg Vertikal-Komponente
	Nord-Süd-Komp.		Ost-West-Komp.		
	vor	nach	vor	nach	
Vergrösserung für schnelle Schw.	128	194	165	195	112
Eigenperiode	4.9	5.1	5.0	5.1	3.4
Dämpfung	2.2	3.5	2.4	2.6	3.8
Reibung	0.9	1.8	1.0	2.0	1.2
Registriergeschwindigkeit pro Minute	ca. 30 $\frac{m}{m}$		ca. 30 $\frac{m}{m}$		ca. 30 $\frac{m}{m}$
Mittlerer Zeit-Interpolationsfehler	$\pm 0,15^s$		$\pm 0,15^s$		$\pm 0,25^s$

Was die Verarbeitung der Registrierungen¹⁾ betrifft, wurde zur Sicherung der wirklichen Genauigkeit, namentlich mit Rücksicht auf die scharfen Phasendifferenzen bei ganz nahen Beben, die Zehntelssekunde bei der Ablesung und Wiedergabe beibehalten, wenn auch durch Summierung verschiedener Einflüsse der absolute Fehler manchmal 0.5^s erreichen mag.

Die Epizentraldistanzen der Nahebeben aus *S-P* wurden überall angegeben nach der Tabelle von Mohorovicic (für 25 km mittlere Herdtiefe) im Jahresbericht von Zagreb 1915. Dieselbe stimmt ziemlich gut einerseits zu der von uns früher verwendeten empirischen Conrad'schen Formel, anderseits zu den von uns selbst für einige unserer Nahebeben ermittelten Geschwindigkeiten. Sie hat den Vorteil, nicht nur die Distanz als Funktion von *S-P* zu geben, sondern die Laufzeiten *P-o* und *S-o* für sich. Ausserdem gibt sie von 200 km an gesondert die Laufzeiten für die schwach einsetzenden, normalen *P* und die etwas später kommenden, stärker einsetzenden direkten *P*. Dies ist bei der Ableitung von Epizentraldistanzen über 200 km in der Praxis sehr wichtig.

¹⁾ Auf Tafel II werden einige typische Fern- und Nahbebendiagramme wiedergegeben (3. Okt. 1914 Kleinasien, 26. Okt. 1914 Turin, 13. Jan. 1915 Avezzano, 18. Jan. 1915 Solothurn, die wir schon in Archives des Sciences phys. et nat. Genève, Januar und April 1915, publiziert und besprochen hatten).

Zur Uebersicht über die Unterschiede, die sich bei Nahebeben ergeben, je nach dem man die Werte von Mohorovicic, oder die klassischen von Wiechert-Zöppritz benützt, die wir für Fernbeben verwenden, diene folgende Tabelle:

Vergleichstabelle für Epizentraldistanzen von Nahebeben nach Mohorovicic und nach Wiechert-Zöppritz.

Epizentralentfernungen nach Mohorovicic	0 km	50 km	100 km	200 km	300 km	400 km	500 km	600 km
$P-o$	—	—	—	30,6 ^s	43,2 ^s	55,8 ^s	1 ^m 08,5 ^s	1 ^m 21,2 ^s
$P-o$	0 ^s	5,55 ^s	13,7 ^s	31,4 ^s	49,2 ^s	1 ^m 06,8 ^s	1 ^m 24,2 ^s	1 ^m 41,6 ^s
$\bar{S}-o$	3,1 ^s	12,6 ^s	26,4 ^s	56,5 ^s	1 ^m 26,6 ^s	1 ^m 56,7 ^s	2 ^m 26,2 ^s	2 ^m 55,7 ^s
$S-P$	—	—	—	25,9 ^s	43,4 ^s	60,9 ^s	1 ^m 17,7 ^s	1 ^m 34,7 ^s
Epizentralentfernung nach Wiechert-Zöppritz	—	—	—	230 km	394 km	550 km	709 km	873 km
$S-P$	3,1 ^s	7,05 ^s	12,7 ^s	25,1 ^s	37,4 ^s	49,9 ^s	1 ^m 02,0 ^s	1 ^m 14,1 ^s
Epizentralentfernung nach Wiechert-Zöppritz	31 km	61 km	117 km	226 km	334 km	449 km	560 km	676 km

Zur Ergänzung der Registrierungen in Zürich leisteten uns die Angaben benachbarter Erdbebenwarten, namentlich diejenigen von Neuchâtel, Besançon, Strassburg und Hohenheim gute Dienste zur mikroseismischen Epizentralbestimmung. — Besonders begrüsst sei die an der Kantonsschule Chur Ende 1915 in Tätigkeit getretene Station, ausgestattet mit einem 100 km Boschpendel des im Krieg gefallenen Dr. Dietz in Davos, und besorgt von Prof. A. Kreis.

In mehreren Fällen von Nahebeben, wo wir zunächst allein auf die Zürcher Registrierung angewiesen waren, gewährte es eine gewisse Genugtuung, dass wir auf Grund von Epizentral- und Azimutbestimmungen die Herdegend mit ziemlicher Bestimmtheit und Genauigkeit mitteilen konnten, bevor sonst noch Meldungen vorlagen (die Beben im fränkischen Jura am 2. Juni und 10. Oktober; Beben in der schwäbischen Alb am 13. Juni; Beben in Martigny [„Savoyen“] am 25. August). So auch bei den Fernbeben vom 1. Mai (NE-Asien) und 11. Juli (Kanar. Inseln).

2. Die im Jahre 1915 in der Schweiz verspürten Erdbeben.

Uebersicht.

Im Jahre 1915 wurden im ganzen 64 Erdstösse in der Schweiz verspürt. Dieselben verteilen sich wie folgt auf die Monate:

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
17	11	1	2	1	10	4	5	1	11	1	0

Von denselben fielen 36 in die Zeit der Ruhe (8^hp–8^ha) und 28 in die Zeit der Tätigkeit. 19 wurden durch unsere Seismographen registriert. 5 hatten ihren Herd ausserhalb der Schweiz. Es wurden im ganzen 520 Erdbebenmeldungen verarbeitet.

Unter den schweizerischen Beben sind von besonderem Interesse dasjenige vom 18. Januar (Gegend vom Berner Jura-Solothurn) und die 4 Urnerbeben; ebenso die Beben vom 2. Juni (Fränk. Jura) und 25. August (Martigny, Wallis), durch welche der grösste Teil der Schweiz erschüttert wurde. Sehr eigentümlich war das Beben vom 9. Oktober. Der Graubündner Erdbebenschwarm von 1913—1914 zeigte keine Fortsetzung im Jahre 1915; von Chur wurden 5 mal nur lokale Erdstösse gemeldet. Dagegen trat das Wallis mit einer ganzen Anzahl stärkerer Erdstösse ein, welche schliesslich die Bevölkerung ein wenig beunruhigten.

Beschreibung besonders bemerkenswerter Erdbeben.

Das Solothurner Beben vom 18. Januar 1915. Das Beben vom 18. Januar 1915 erschütterte die ganze Westschweiz und wurde auch gespürt in den Kantonen Schaffhausen, Luzern und im westlichen Teil von Unterwalden und Wallis. Sein Epizentrum liegt in der Gegend zwischen dem Bielersee und Olten. Die Intensität V verteilt sich ohne ein ausgesprochenes Intensitätsmaximum im Vieleck: Choindez, Olten, Herzogenbuchsee, Neuenburg und bildet eine in der Richtung Olten-Biel sich erstreckende Zone, in welcher aber auch manchen Stellen die Intensität IV zukommt. Der Schwerpunkt liegt zwischen Biel und Solothurn; auf dieses Epizentrum weisen auch die Registrierungen. Es gingen im ganzen 210 Berichte ein, 120 als Antworten auf unsere Fragekarten und 90 spontane schriftliche Meldungen. Die Bearbeitung dieses ausserordentlich reichen Materials liess folgendes feststellen:

Als Vorbeben wurden aus der Epizentralgegend 2 schwache Stösse gemeldet: Grenchen (Solothurn) 22^h30, Lyss (Bern) 22^h52. Das Beben wurde begleitet von einem windartigen Geräusch und einem dumpfen Rollen; ersteres wurde fast ausschliesslich in der Zone der Intensität V wahrgenommen, jedoch auch vereinzelt in der Entfernung 70—100 km vom Epizentrum in La Valsainte (Freiburg), Lauterbrunnen (Bern) und Villy et Ollon (Waadt). Das Rollen wurde in einem grösseren Bereich beobachtet (Zonen V, IV, III) und an manchen Orten wurde es vor dem Stosse wahrgenommen.

Was die Zahl der Stösse anbetrifft, so melden einige Orte 3 Stösse, der erste stärker, die 2 andern schwach [Wolfwil (Bern), Bottmingen (Basel), Chaumont, Morat, Malvilliers, St. Sulpice]. An vielen Stellen der Zonen V und IV wurden 2 Stösse beobachtet; die Intensitätszonen IV und III verzeichnen meistens nur 1 Stoss.

Als Dauer des Bebens geben die Meldungen 1—5 Sekunden an, viele Orte der Epizentralgegend melden 4—5 Sekunden. Die Angaben über die Zwischenzeiten zwischen den Stössen variieren im allgemeinen von 1—4 Sekunden und vertragen sich gewöhnlich gut mit der Herdentfernung des betreffenden Ortes, im Sinn der de Quervain'schen Auffassung der Doppelstösse.

Aus dem Eisenwerk in Choindez erhielten wir die folgende Beschreibung des Bebens: „Das Erdbeben begann mit schwachem Rollen (ähnlich der Durchfahrt eines nahenden Eisenbahnzuges); dieses Rollen verstärkte sich und war von einem immer heftiger werdenden Zittern der Gebäude begleitet bis zum Höhepunkt des Bebens, das in donnerähnlichem Rollen bestand. Der Schluss dieses Rollens war ein heftiger Stoss. Der Vorgang dauerte nach Aussagen von einigen Personen bis 5 Sekunden und nach anderen bis 10 Sekunden. Die Gebäude kamen in merkliches Schwanken; Zimmergeräte wie elektrische Stehlampen drohten umzufallen.“

Die in den Berichten angegebenen Richtungen des Erdstosses wurden auf einer Karte eingetragen; es liess sich aber daraus nichts feststellen; diese Richtungen sind manchmal sehr unsicher; man vergleiche hiezu die Erörterungen des Anhangs Nr. 1.

Herr Mörkofer, Assistent am Bernoullianum in Basel, sandte uns das von ihm gesammelte Material und berichtete uns über die Erdbebenwahrnehmung in Basel: „Es geht mit ziemlich grosser Sicherheit hervor, dass der Stoss in Basel in der Richtung E—W oder W—E erfolgte; aus gewissen Nebenumständen ist anzunehmen, dass er von E kam“. Das Beben wurde dort von vielen gespürt, nämlich von den meisten wachen Personen. Obgleich einige dadurch geweckt wurden, wurde es jedoch nicht ganz allgemein wahrgenommen; auch liegen von im Freien befindlichen Personen keine Meldungen vor. Aus Basel erhielten wir auch 3 präzise Zeitangaben. (Prof. A. Riggenbach, Dr. Th. de Quervain, Dr. Th. Niethammer.) Dieselben haben interessante Schlüsse erlaubt, wie im Anhang ausgeführt wird.

Zirka 18 Minuten nach dem Hauptstoss erfolgte ein weiterer schwacher Stoss, und am andern Morgen früh ein zweites Nachbeben mit einem gegenüber dem Hauptstoss immer mehr nach Nordosten verschobenen Schüttergebiet.“

Als Beleg für eine physiologische Wirkung mag hier angeführt werden die damals durch die Zeitungen gegangene Mitteilung über das „Erdbebenpferd“ von Schwarzenburg, welches, wie angeblich bei einigen frühern Erdbeben, so auch diesmal im voraus(?) in eine stundenlang nicht zu beruhigende Aufregung geraten sei. Wir versuchten, ohne Erfolg, etwas über das spätere Verhalten dieses überklugen Hans in Erfahrung zu bringen.

27. Januar 1915. 3^h35. *Erdbeben in der Gegend von Chexbres, Clarens, Lausanne.* Das Beben wurde nur in einem sehr beschränkten Gebiet zwischen Clarens und Lausanne verspürt. Maximum der Intensität (IV) in Chexbres. Auffallend ist es, dass dasselbe Beben auch in Castagnola bei Lugano (ca. 180 km von Chexbres) verspürt wurde. Die Meldung aus Castagnola (auf den betr. Zeitungsbericht) sagt: „le tremblement de terre a réveillé 2 personnes couchant à l'étage supérieur, dans 2 chambres assez éloignées l'une de l'autre; secousse ondulatoire de courte durée, probablement Est-Ouest“.

Eine Meldung aus Neuendorf (Solethurn) verzeichnete ein schwaches Erdbeben in der Nacht vom 26.—27. Januar; da die Zeitangabe fehlt, so ist es zweifelhaft, ob es sich hier um das waadtländische Erdbeben handelt.

Die Urnerbeben. Erstes Beben Sonntag, 14. Februar 1915. 13^h40. Dieses Beben wurde verspürt in den Kantonen Uri, Schwyz, in der südlichen Hälfte vom Kanton Glarus, sowie in Gadmern, Meiringen, Alpnach, Luzern, Wiedikon (Zürich). Die grösste Intensität (VI) wurde in Erstfeld beobachtet; es entstand dort eine Panik in der Kirche. Die Intensität V verteilt sich auf das Schächental, die Ufer der Linth von Silenen bis Flüelen, das Maderanertal und Göschenen. Einige Meldungen sprechen von einem vertikalen Stoss; ein zuverlässiger Beobachter aus Altdorf behauptete, es seien vertikale Schwingungen gewesen und gar keine horizontale Bewegungen. Es ist interessant zu erwähnen, dass in der „Neuen Rheinfelder Zeitung“ vom 11. Februar eine Voraussage eines bevorstehenden Bebens von einem Korrespondent aus dem Fricktal (Aargau) erschien. Nach diesem sollte spätestens am 13. Februar früh ein Erdbeben stattfinden, das seinen Herd „südlich vom Fricktal“ haben würde. Langjährige Beobachtungen, sagte er, hätten ihn zu dieser Voraussage veranlasst.

Dieses erste Urnerbeben hatte ein viel grösseres Erschütterungsgebiet als die folgenden vom 24. Juni 1915, 26. Juni 1915 und 4. Juli 1915. Die letzteren wurden ausschliesslich in der Nähe des östlichen Ufers des Urnersees verspürt (von Altdorf bis Morschach), ihre Intensitätsmaxima liegen in der Gegend von Sisikon (Uri) und Riemenstalden (Schwyz), also ca. 14 km nördlicher als beim ersten Beben vom 14. Januar 1915, in der Gegend von Erstfeld-Altdorf. Die ausgesprochene Verlagerung des Epizentrums der Nachbeben erscheint, dank sofortigen Erhebungen, so gut ausgeprägt, dass der Fall in 4 besondern Kärtchen unten auf Tafel I dargestellt wurde. Man vergleiche dazu auch die entsprechenden Verlagerungen für den 18. Januar, und für die Beben von Sion und Siders vom 16. Juni bis zum 24. Oktober.

In mikroseismischer Hinsicht ist an diesem Erdbeben überraschend die verhältnismässig schwache Aufzeichnung in Zürich. Trotzdem das erste Beben im Epizentrum die Intensität VI aufwies und die Entfernung nur 62 km betrug, wurde von den ersten Vorläufern nur eine schwache Spur aufgezeichnet, die kaum eine sichere mikroseismische Entfernungsmessung gestattet. Immerhin bestätigen diese unabhängig festgestellten Entfernungen recht genau die makroseismisch gefundene Verlagerung nach Norden.

Das Erdbeben von Martigny (Unterwallis) am 25. August 1915. Es ist dies das stärkste Erdbeben, das seit dem 16. November 1911 in der Schweiz gespürt wurde; wird doch aus Martigny von verschiedenen heruntergefallenen Kaminen berichtet. Die Erschütterung ist denn auch im grössten Teil der Schweiz gespürt worden. Es ist aber um so auffälliger, dass jene heftige Wirkung ganz auf Martigny beschränkt blieb, und das Gebiet der Intensität V (siehe die Karte, Tafel I) schon recht beschränkte Ausdehnung hat. — Es besteht jedenfalls eine Beziehung zwischen diesem Erdbeben und dem kurz vorangegangenen vom 22. Juli in den Waadtländer Alpen.

Nach der mikroseismischen Seite bot dieses Erdbeben insofern besonderes Interesse, als es dank der besonders deutlichen Registrierung das erste schweizerische war, für welches (durch Dr. de Weck) nicht nur die Bestimmung der Entfernung, sondern auch des Azimutes mit dem Erfolg versucht werden konnte, dass man den Herd sogleich in der annähernd richtigen Gegend suchte (allerdings in Savoyen). Aus Savoyen sind aber in Paris keine Meldungen eingegangen, auch nicht aus dem Chamonixtal. Die Registrierungen von Zürich, Neuchâtel und Besançon ergaben anderseits in vorzüglicher Uebereinstimmung unter sich und mit den vorliegenden makroseismischen Angaben ein mikroseismisches Epizentrum, 10 km südlich von Martigny, so dass ohne Zweifel der Herd sich wirklich in der Schweiz befand.

Von der Beobachtung dieses Erdbebens in Basel soll unten im Anhang noch die Rede sein.

Das Erdbeben vom 9. Oktober. Um 16^h55^m wurde ein Nahebeben registriert, welches sich zunächst als vermutliches Vorbeben zum starken Beben des folgenden Tages im fränkischen Jura darstellte, wobei dann allerdings der Einsatz der *P*-Wellen gefehlt hätte. Auf unsere bezügliche Mitteilung an die Zeitungen erhielten wir von Herrn Pfr. Fischer aus Meiringen die Angabe, dass er um 16^h55^m ein schwaches Erdbeben beobachtet und sofort notiert habe. Seine Umfrage im Ort, sowie unsere Anfragen in den Ortschaften um Meiringen herum ergaben keine weitere Bestätigung. Beim Eintreffen des Jahresberichtes von Hohenheim zeigte sich, dass das Beben dort fehlte, also unsere erste Annahme nicht stimmen konnte. Die daraufhin vorgenommene erneute Untersuchung der Registrierung zeigte nun zweifellos, dass es sich um ein Nahebeben mit nur 4,1 Sekunden betragender Differenz für *S-P* handelte (Herddistanz ca. 32 km), wobei die Einsätze *P* bei den Horizontalkomponenten auffallend schwach, dagegen beim Vertikalapparat ungewöhnlich stark waren. Dies ist zu erwarten bei einem nahen, verhältnismässig tiefen Herd (vergl. die Deutung des ähnlichen Falls vom 17. Juli 1916 durch A. de Quervain, im Jahresbericht der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft 1916).

Die Wahrnehmung nur in dem weit über die Herddistanz entfernten Meiringen bleibt freilich noch rätselhaft; man mag an eine Resonanzerscheinung oder sekundäre Auslösung denken. Der Versuch, zur Bestimmung des Epizentrums die in Zürich noch deutliche Phase *S* auch auf dem uns freundlich zur Verfügung gestellten Seismogramm von Neuchâtel zu finden, ergab kein Resultat. — Jedenfalls ist der Fall für die Deutung künftiger Registrierungen wertvoll.

Tabelle I. In der Schweiz verspürte Erdbeben. (S. auch Tafel I.)

Nr.	Monat und Tag		M.-E. Zeit 0—24 h	Erschütterte Gegend und Epizentralgebiet	Grad Forel-Kossi	Grösste Ausdehnung	Zahl d. pos. Meldungen	Zahl d. neg. Meldungen	Registriert in Zürich	Bemerkungen (Charakter, Zahl der Stösse, Dauer, bes. Wirkung)
	h	m								
1	Jan.	3.	8, 30	Wädenswil (Kt. Zürich)	II	—	1	—	—	Zittern. Dauer ca. 3 ^s . 2. Erschütterg. ca. 9 ^h .
2	"	11.	5, 12	Trasadingen, Unterhallau (Kt. Schaffhausen)	III	4	2	—	—	" " " 2 ^s . Stoss. — 5 Beobacht.
3	"	12.	0, 30	Haudères (Val d'Hérens, Valais)	II	—	Zeitg.	1	—	2 secousses à quelques secondes d'intervalle. (A Sion rien remarqué).
—	"	12.	0, 31	Russo Val Onsernone (b. Locarno, Tessin)						
4	"	12.	4, 57	Chur	I	—	1	—	—	Deutliche Erschütterung von liegender, wacher Person beobachtet.
—	"	13.	10, 30	Basel	II?	—	—	—	—	Mündl. Bericht an Meteorol. Anstalt in Basel (Hr. Mörikofer). Nähere Angaben fehlen.
5	"	13.	16, 30	Chur	II?	—	Zeitg.	—	—	„Leichtes Erdbeben“.
6	"	13.	20, 10	Rodanenberg (Klöntalersee, Glarus)	III	—	1	—	—	1 Stoss, Dauer 1 ^s . S-N, beob. v. 3 Pers.
—	"	14.	0	Basel	II?	—	—	—	—	Mündl. Bericht an Meteorol. Anstalt Basel, wie oben, vor Bekanntsein der Katastrophe von Avezzano.
7	"	14.	2, 38	Basel	I?	—	1	—	—	Stoss aus N-E. Von 1 Person.

Tabelle I (Fortsetzung).

Nr.	Monat und Tag	M.-E. Zeit 0-24 ^h	Erschütterte Gegend und Epizentralgebiet	Grad Forel-Rossi	Grösste Ausdehnung km	Zahl d. pos. Meldungen	Zahl d. neg. Meldungen	Registriert in Zürich	Bemerkungen (Charakter, Zahl der Stösse, Dauer, bes. Wirkung)
8	Jan. 14.	16, 10	St. Gotthard	III	—	1	—	—	1 Stoss, Dauer 1 ^s , N-W.
9	" 15.	0-1	Luzern	II?	—	Zeitg.	—	—	Kurze Schüttelbewegungen. Sonderb. Rauschen in der Luft, wie beim letzten in Luzern verspürten Beben.
—	" 16.	ca. 10, 30	Unterhallau (Schaffhausen)	—	—	1	—	—	
10	" 16.	1, 22	Chur	III	—	2	—	—	Richtung S-N, kurzer Stoss.
—	" 18.	22, 30	Grenchen (Vorbeben?)	I?	—	—	—	—	
—	" 18.	22, 52	Lyss (Vorbeben?)	I?	—	—	—	—	
11	" 18.	23, 35	Solothurner Beben (s. Text) Epizentrum ziemlich unbestimmt in der Gegend zwischen dem Bielersee und Olten. Gespürt in der ganzen Westschweiz bis Unterwallis und andererseits in den Kt. Schaffhausen, Luzern, westl. Teil von Unterwalden. — Int. V im Vieleck: Choindez, Olten, Herzogenbuchsee, Neuenburg; Mittelpunkt ca. 5 km SW von Solothurn	V	230	208	6	R	2 Stösse, Dauer 1-5 ^s . Windartiges Geräusch, dumpfes Rollen, unterirdischer Donner, meistens als dem Stosse vorangehend beobachtet. In manchen Orten zog das Rollen nach einer bestimmten Richtung.
12	" 18.	23, 53	Nachbeben zum vorigen. Gespürt in Basel (3 Meldungen), Choindez, Derendingen b. Solothurn, Olten, Feldbrunnen (Soloth.), Waldenburg (Basel)	—	—	8	—	—	Der Mittelpunkt der Orte mit Nachbeben-Meldungen (abgesehen von Basel) liegt ganz in der östlichen Hälfte des primären Hauptschüttergebiets.
—	" 19.	1, 17	Nachbeben? Le Locle	I	—	1	—	—	Faible, désigné comme incertain.
13	" 19.	5, 00	Nachbeben? Aarau (von 1 Pers.) Zofingen (Zeitungsmeldung)	—	—	2	—	—	Dies „Nachbeben“ liegt noch weiter östlich.
14	" 20.	3, 35	Romainmôtier (Vaud)	II	—	2	—	—	1 Stoss, Dauer 1 ^s . Von 2 Personen beobachtet. (Siehe 1. März 1916.)
15	" 21.	5, 50	Valens (St. Gallen)	IV	—	1	—	—	1 Stoss, Dauer 1 ^s .
16	" 22.	19, 30	Ardez (Unter-Engadin)	—	—	Zeitg.	—	—	
—	" 25.	21, 53	Lyss (Bern)	I	—	1	—	—	Ungenügend verbürgt.
—	" 26.	12, 25	Bourg St-Pierre (Valais)	II	—	1	—	—	1 Stoss, Dauer 3 ^s . Von 1 Person beobachtet und als fraglich angemeldet.
—	" 26./27.	Nacht	Neuendorf (Solothurn)	II	—	1	—	—	Dauer 3 ^s , schwach. Von 1 Person.
17	" 27.	3, 35	Kt. Waadt: Chexbres, Clarens, Lausanne, Cully. Auch gespürt in Castagnola bei Lugano (Tessin)	IV	25	12	—	—	1 oder 2 Stösse (Lausanne), Dauer 2-3 ^s . Dumpfes Rollen (begleitend?).
—	" 29.	17, 00	Bern: Mattenhof (südwestl. Aussenquartier der Stadt Bern)	II?	—	Zeitg.	—	—	Zittern des Bodens, im Freien gespürt. Dauer 4-5 ^s . Wahrscheinlich ganz lokal. Von 2 auf der Strasse sprechenden Personen gespürt.
18	Febr. 5.	3, 15	Misox (Graubünden)	V?	—	1	—	—	1 Stoss, Dauer 1 ^s , gran rumore.
—	" 6.	0, 32	Vevey	—	—	1	—	—	Douteux ou très faible; aucune confirmation.
19	" 11.	22, 07	Vicosoprano (Graubünden)	III	—	1	—	—	Geräusche wie Windstoss.
20	" 14.	13, 43	Erstes Urnerbeben (s. Text), Herd in Erstfeld-Altdorf. Gespürt im Kt. Uri, Schwyz, südliche Hälfte v. Glarus, in Meiringen, Gadmen (Bern), in Alpnach, Luzern, Wiedikon (Zürich)	VI	85	41 + 3 Zeitg.	12	R	Erstes Urnerbeben. 1-3 Stösse. Dauer ca. 3 ^s . Auch im Freien gespürt. Knall- oder donnerähnl. Geräusch (wie Schnee vom Dach herunterfallend).
21	" 14.	geg. 16	Altdorf Nachstoss	II	—	1	—	—	Von einigen beobachtet.
22	" 14.	17, 00	Bristen "	III	—	1	—	—	" " "
23	" 14.	ca. 18	Altdorf "	III	—	1	—	—	" " "
24	" 14.	23, 52	Altdorf "	II	—	1	—	—	" " "
25	" 18.	1, 18	Chur	—	—	Zeitg.	—	—	Eindruck des Fässerrollens im Keller.
26	" 18.	geg. 4	Orsières (Valais)	IV	—	—	—	—	1 Stoss, Dauer 3 ^s .
27	" 18.	14, 35	Bourg St-Pierre (Valais)	IV	—	2	—	—	1 Stoss, Dauer 2 ^s . Dumpfes Rollen.
28	" 20.	3, 44	Chur	III	—	Zeitg.	—	—	Von mehreren gespürt.
29	März 4.	7, 57	Erdbeben bei Florenz. Gespürt in Meiringen, Engelberg, Olivone, Grono	III	—	4	—	R	1 Stoss.
—	" 29.	3, 17	Zürich (Riedtlistrasse)	II	—	1	—	—	Von 1 Person beobachtet.
—	" 29.	geg. 4	Zürich (Lindenbachstrasse)	II	—	1	—	—	" 1 " "
—	" 29.	3, 50 ca.	Binningen b. Basel (lokal, zu Rutschungen geneigt)	III	—	1	—	—	Von 1 Familie beob. 2 Stösse. Nicht registriert! Diese drei Meldungen, deren halbes Uebereinstimmen auffällt, dürften auf die Wirkung des heftigen Schneesturmes dieser Nacht zurückzuführen sein.

Tabelle I (Fortsetzung).

Nr.	Monat und Tag	M.-E. Zeit 0—24 ^h	Erschütterte Gegend und Epizentralgebiet	Grad Forel-Rossi	Grösste Ausdehnung km	Zahl d. pos. Meldungen	Zahl d. neg. Meldungen	Registriert in Zürich	Bemerkungen (Charakter, Zahl der Stösse, Dauer, bes. Wirkung)
30	April 1.	16, 25	Pontresina (Graubünden)	II?	—	1	—	—	1 Stoss, Dauer 2 ^s .
31	" 15.	12, 50	Lyss (Bern)	III	—	1	—	—	1 Stoss. Bestätigung nicht erhältlich.
32	Mai 10.	2, 47	Grand St-Bernard (Valais), St-Oyen (Italie)	IV	—	1	—	—	Dauer 3 ^s .
—	" 31.	15, 38	Rorschach	III?	—	—	—	—	Ganz verspät. Meldung, vielleicht das folgende betreff.
33	Juni 2.	3, 34	Herd nach makroseism. Berichten in der Gegend Eichstätt-Kipfenberg. (Fränkischer Jura, Bayern.) Das Beben wurde gespürt in der Nord- und Zentralschweiz: in den Kt. St. Gallen, Thurgau, Schaffhausen, Zürich, Aargau, Basel, Schwyz, Glarus. Es wurde auch beobachtet in Heiden (Appenzell), Meiringen und Gaden (Bern), Rodi (Tessin), Davos, Remüs und Martinsbruck (Graubünden)	IV	—	47	1 Zeitg.	R	1—3 Stösse, Dauer 2—7 ^s . Rollen.
34	" 4.	1, 40 a	Luzern	II?	—	—	—	—	Ueber Basel gemeldet (Mörikofer); keinerlei Einzelheiten
35	" 5.	16, 08	Herd im Rheintal (ca. 8 km östl. von Altstätten). Gespürt im Kt. St. Gallen: St. Gallen, Altstätten, Oberriet, St. Margrethen; im Kt. Appenzell: Appenzell, Heiden	IV	23	6	5 2 Ztg.	R	1 Stoss, Dauer 3—4 ^s . 9 Anfragen bei den Gemeindebehörden blieben unbeantwortet
36	" 6.	geg. 3, 00	Oberriet (St. Gallen)	II?	—	Zeitg.	—	—	Nachbeben zum vorhergehenden.
—	" 6.	3, 1/2	"	II?	—	"	—	—	" " "
37	" 6.	19, 12	Rheintal	II?	—	—	—	—	Nachbeben zum vorhergehenden. (Meldung von Basel, Mörikofer.)
38	" 13.	15, 16	Schwäb. Alb. (Gegend von Balingen und Ebingen.) Gespürt im Kt. Schaffhausen, Kt. Zürich, Frauenfeld, Zofingen, Oberkirch (St. Gallen)	IV	—	12	1	R	1—3 Stösse, Dauer 1—5 ^s .
39	" 13.	15, 21	Unterhallau (zweiter Stoss)	—	—	—	1	R	Nachbeben zum vorigen.
40	" 16.	4, 27	Valais: Sion, Sierre, St. Martin, Nax	V	18	3	3	R	2 secousses, Durée 1 ^s .
—	" 24.	10, 56	Lyss (Bern)	II	—	1	—	—	Dauer 4 ^s .
41	" 24.	22, 0	Uri-Schwyz (am rechten Ufer des Urnersees): Riemenstalden, Sisikon, Morschach, Altdorf	V	15	5	5	R	Zweites Urnerbeben. Max. Int. in Riemenstalden. 2 Stösse, Dauer 3 ^s . (Sisikon: Vertik. Stoss.)
42	" 26.	14, 40	Uri-Schwyz: Sisikon, Riemenstalden, Altdorf	V-VI	10	5	5	R	Drittes Urnerbeben. 1 Stoss, Dauer 3 ^s . In Sisikon stärker verspürt als das Beben vom 24. Juni 1916. Am ganzen rechten Ufer des Urnersees gespürt, auch auf den Bergen.
43	Juli 4.	13, 57	Uri-Schwyz (am rechten Ufer des Urnersees): Sisikon, Altdorf, Muotathal, Morschach, Schönenbuch	V	17	6	11	R	Viertes Urnerbeben. 1 Stoss, Dauer 2—3 ^s . In Sisikon: Tosen, kanonenschussartiger Knall.
44	" 7.	15, 45	Rüdlingen (Kt. Schaffhausen)	III	—	2	3	—	4 Stösse S-N?, Dauer ca. 10 ^s . Im Freien gespürt; starke Erschütterung eines Tisches, doch ganz lokal; Erkundigungen in Berg, Flaach, Rafz geben negatives Resultat.
45	" 11.	21, 10	Kunkels, Tamins (Graubünden)	IV	9	2	5	—	Donnerähnliches Geräusch (Kunkels).
46	" 13.	23, 28	Käpfnach, Horgen (Zürich)	II	—	2	1	—	Käpfnach: Krachen des Hauses, Wanduhr auf Konsolbrett verstellt. Horgen: Erzittern des Hauses; begleitet von starkem Donner. (Gewitter in d. gleichen Nacht.)
47	" 22.	10, 10	Alpes Vaudoises: Gryon (Epic.?), Aigle, Bex, Diablerets, Château-d'Oex, Clarens. Valais: Sion, Ardon, Ornaz s. Leytron	V	34	14	12	R	1—2 secousses. Bruit sourd avant la secousse. 35 communes interrogées, 19 réponses.
—	Aug. 1.	4, 35	La Tour de Peilz (Vaud)	—	—	1	—	—	Roulement?
—	" 3.	6, 03	" " " "	—	—	1	—	—	Roulement, par de secousse? Durée 2 ^m .
—	" 5.	11, 35	Lyss (Bern)	II	—	1	—	—	1 Stoss, Dauer 2 ^s .
48	" 7.	3, 27	Chaumont (Neuchâtel)	III	—	1	—	—	1 secousse. Durée 2 ^s . Réveil brusque de plusieurs personnes. Vomissement d'un jeune homme.
49	" 11.	18, 03	Valais (ressenti surtout sur la rive droite du Rhône entre Sierre et Ardon): Sion, Sierre, Ardon, Montana, Savièse, St-Léonard, Hérémente	IV	27	7	10	R	2 secousses: 1 ^{re} légère, 2 ^e assez forte, Durée 2—3 ^s . Bruit sourd. Heure épicertrale exacte d'après observation du Père Sulpice (Sion): 18 ^h 3 ^m 15 ^s .

Tabelle I (Schluss).

Nr.	Monat und Tag	M.-E. Zeit 0—24 ^h	Erschütterte Gegend und Epizentralgebiet	Grad Forel-Rossi	Grösste Ausdehnung km	Zahl d. pos. Meldungen	Zahl d. neg. Meldungen	Registriert in Zürich	Bemerkungen (Charakter, Zahl der Stösse, Dauer, bes. Wirkung)
50	Aug. 11.	geg. 21, 00	St. Jean (Val d'Anniviers)	—	—	—	—	—	1 secousse.
51	" 17.	15, 46	Sion	IV	—	1	—	R	2 secousses. (Bruit comme à l'arrivée de 2 coups de vent.) Deuxième secousse beau coup plus forte.
52	" 25.	3, 12	Herd in der Gegend v. Martigny (Wallis). Gespürt fast in der ganzen Schweiz, bes. im Kt. Wallis (Gegend von Martigny, St. Maurice, Vallée d'Entremont), und im südöstl. Teil vom Kt. Waadt (Intens. VIII, V u. IV). Wurde auch beobachtet im Berner Oberland (Intens. III) und in der übrigen Schweiz, sogar in Unter- hallau. Von den Kt. Tessin, Graubünden, St. Gallen, Thurgau liegen keine positiven Meldungen vor.	VIII	240	60	38	R	1—2 Stösse, Dauer 1—5 ^s . In Martigny: Umstürzen von Kaminen! Unter- irdisches Rollen den Stoss begleitend oder auch ihm vorangehend (Waadt, Wallis). An einigen Orten windartiges Geräusch. Genaue Zeitbeobachtung in Basel: 1 ^h 12 ^m 24—26 ^s . (Siehe Text und Anhang 1.)
—	" 25.	8, —	Lauenen (Nachstoss)	—	—	—	—	—	
—	Sept. 5.	1, 20	Sion	II	—	1	—	—	1 secousse, Durée 1 ^s . Par 1 pers. Annoncé comme douteux.
53	" 6.	10, 24	Lyss	—	—	1	—	—	Bew. von bewegl. Gegenständen; Klirren der Fenster.
—	" 8.	geg. 4, —	Sion	II	—	1	—	—	2 secousses, Durée 2 ^s . Par 1 pers.; douteux.
—	" 18.	11, 15	Sierre	II	—	1	—	—	1 secousse. Par 1 pers.
—	" 22.	10, 40	Lenk (Bern)	—	—	Zeitg.	—	—	
54	Okt. 9.	16, 55	Meiringen (Bern), Herd im fränk. Jura	II	—	1	3	R	Von 1 Person beobachtet.
55	" 11.	0, 9	Russo-Val Onsernone (b. Locarno), Herd in der Gegend von Reggio Emilia (Italien)	II	—	1	—	R	
56	" 23.	9, 19	Sierre, Varen, Raron	V	22	3	2	R	Am stärksten in Sierre. Epiz. östl. v. Sierre.
57	" 23.	9, 31	Sierre, Raron, St-Maurice de Lac, Sion, Kippel	V	38	4	2	R	Am stärksten in Sierre. 2 Stösse. Genaue Zeit s. Anhang 1.
58	" 24.	8, 49	Sierre, St. Maurice de Lac, Venthône	V	3	1	—	—	
59	" 24.	8, 55	Sierre	V	—	1	—	—	
60	" 25.	19, 55	"	—	—	1 Ztg.	—	—	
61	" 25.	20, 41	"	—	—	1	—	—	
62	" 26.	3, 27	Unterhallau (Schaffhausen)	III	—	1	—	—	3 Stösse, Dauer 6—8 ^s . Von 1 Person.
—	" 29.	4, 35	Bourg St-Pierre	II	—	1	—	—	Von mehreren Personen.
63	" 29.	6, 58	Kreuzlingen (Thurgau)	—	—	1	—	—	2 Stösse, Dauer 3—4 ^s .
64	Nov. 24.	3, 58	Lyss (Bern)	III	—	1	—	—	Zweifelhaft.
—	Nov. 25. od. 26.	ca. 6, 00	Unterhallau	II	—	1	—	—	Von 2 Personen. Gleichzeitig Sturm.
—	Dez. 11.	19, 53	Speicher (Appenzell)	II	—	1	—	—	

Registrierte Fernbeben im Jahre 1915. (Mitteleuropäische Zeit.)¹⁾

Nr. 1. 5. Januar. 15^h 52^m 29^s. Entfernter Herd in nördl. Richtung? — Nr. 2. 6. Januar. P 0^h 39^m 6,4^s, S 0^h 49^m 15,5^s, 9000 km. — Nr. 3. 18. Januar. 21^h 10^m, entspricht Nachbeben Avezzano, Nr. 568, Katalog Cavasino; in Rocca di Papa, Intensität 4. — Nr. 4. 19. Januar. 0^h 33^m, entspricht Nachbeben Avezzano, Nr. 572; in Rocca di Papa, Intensität 4. — Nr. 5. 25. Febr. 21^h 55^m, 8400 km? — Nr. 6. 28. Febr. 20^h 12^m, 9600 km? — Nr. 7. 17. März. P 19^h 57^m 7,1^s, S 20^h 07^m 08^s, 8800 km. — Nr. 8. 23. April. eP 16^h 41^m 5^s, S 16^h 50^m 37,5^s, 8250 km. — Nr. 9. 30. April. P 2^h 55^m 35^s. S? — Nr. 10. 1. Mai. P 6^h 12^m 16^s (iP 19^s), S 6^h 22^m 26^s, 8900 km, N-Ostasien. Azimut N ca. 21° E. — Nr. 11. 12. Mai. eP 11^h 38^m 23,5^s, S 11^h 46^m 05^s ca., 6100 km. — Nr. 12. 17. Mai. eP 11^h 43^m ca. — Nr. 13. 19. Mai. Ca. 5^h 53^m a. — Nr. 14. 4. Juni. eP 18^h 24^m 55,2^s, ca. 1400 km (Balkan?). — Nr. 15. 4. Juni. eP 23^h 10^m 24^s, 9150 km? — Nr. 16. 6. Juni. 17^h 03^m ca. (Spuren). — Nr. 17. 6. Juni. 17^h 27^m ca. (Spuren). — Nr. 18. 6. Juni. eP 22^h 42^m 42^s ca., S 22^h 53^m 02^s, ca. 9200 km (mittelstark). — Nr. 19. 22. Juni. P 4^h 38^m ca., ca. 9500 km. — Nr. 20. 24. Juni. P 6^h 24^m 40^s ca. — Nr. 21. 24. Juni. P 7^h 21^m 40^s ca. — Nr. 22. 11. Juli. iP 12^h 32^m 40,7^s, Kanarische Inseln: Fuerteventura, 2900 km. — Nr. 23. 31. Juli. eP 2^h 43^m 16,2^s, S 2^h 53^m 9,3^s, 8650 km. — Nr. 24. 6. August. eP 14^h 24^m 50,8^s, S 14^h 35^m 12^s ca., 9200 km. — Nr. 25. 7. August. eP 16^h 07^m 9^s, S 16^h 09^m 24^s, 1250 km, stark (Ionisches Meer). — Nr. 26. 10. August. eP 1^h 51^m 9^s, 1300 km, mittelstark (Ionisches Meer). — Nr. 27. 10. August. eP 3^h 05^m 42^s, 1300 km, stark (Ionisches Meer). — Nr. 28. 11. August. P 9^h 11^m 11^s ca., schwach (Ionisches Meer). — Nr. 29. 11. August. eP 10^h 13^m 29^s, 1300 km (Ionisches Meer). — Nr. 30. 19. August. e 7^h 42^m 35^s, 3200 km?, mässig stark. — Nr. 31. 7. September. eP 2^h 33^m 21^s, 9400 km, Guatemala: zerstörend; St. Anna, Sonsonate, Iutiapa. — Nr. 32. 12. September. 21^h 53^m ca. — Nr. 33. 3. Oktober. eP 8^h 05^m 27^s, S 8^h 15^m 45^s, 9100 km, Nevada. — Nr. 34. 5. Oktober. 15^h 06^m ca. — Nr. 35. 1. November. P 8^h 36^m ca., 9300 km ca. — Nr. 36. 18. November. Zwischen 5 u. 6^h, Spuren. — Nr. 37. 21. November. 23^h 50^m ca., 1400 km? — Nr. 38. 17. Dezember. P? 8^h 13^m 48^s ca.

¹⁾ Angabe der Sekunden nur bei den ganz oder einigermaßen sichern Einsätzen.

Tabelle II. In Zürich registrierte Nahebeben.

Zürich 1915. Mitteleurop. Zeit; Mitternacht = 0^h; H = 604.2 m; Länge: 8° 34' 49.5'' E; Breite: 47° 22' 7.2'' N; Untergrund: Molassesandstein.

Nr.	Datum	Phase	M.-E.Z.	N	E	V	Periode			Amplitude			Epizentral- entfernung nach S-P	Bemerkungen
							N	E	V	N	E	V		
1	Jan. 13.	eP iP S M ₁ M ₂ F	7 54 — 55 56 57 8 57 ca.	19,0 22,3 43,5 38,4 — —	18,8 22,7 41,9 27,4 — —	19,4 21,8 38,8 48,6 0,2 —	— 7,9 0,8 3,8 — — —	— 7,8 0,8 3,7 — — —	— 1,3 2,8 — — 2,8	— 10,8 233 344 — —	— 6,1 248 358 — —	— 3,2 101 338 368 —	ca. 710	Erdbebenkatastrophe von Mittelitalien: Zerstörung der Stadt Avezzano, grosse Verwüstungen am Nordrande des Fucino und im Tale des Liri. Entfernung 705 km. Epizentralzeit 7 ^h 52 ^m 44,5 ^s . Auslösung des Seismoskops in Basel: 7 ^h 55 ^m 56 ^s a, stimmt überein mit dem Beginn der max. Phase in Basel. Dist. Basel-Avezzano = ca. 765 km. Starke mikroseismische Unruhe. Seismogramm siehe Tafel II.
2	Jan. 18. (Zürich) (Neuchâtel)	eP S M F P S	23 35 — — 39 ca. 23 35 —	32,0 42,9 53,6 — 23,9 28,0	31,5 42,8 54,7 — 24,6 29,1	31,7 42,3 — — — —	0,6 0,6 0,6 — — —	0,6 2,5 0,7 0,6 — — —	— 0,5 — — — —	0,8 1,6 3,9 — — —	0,9 3,0 6,1 — 6 63	— 1,8 — — — —	85 20	Epizentrum in der Gegend zwischen Biel und Olten. Gespürt in der ganzen Westschweiz; Ankunft der S in Basel (3 Beob.) 23 ^h 35 ^m 34 ^s , berechnete 32 ^s . Siehe makroseismischer Bericht Nr. 11. Aufzeichnung aufgelagert einer starken mikroseismischen Unruhe. Seismogramme siehe Tafel II.
3	Febr. 14.	eP iS F	13 43 — 46 ca.	15,2 22,2 —	14,4 22,1 —	14,9 22,1 —	— 0,8 0,5	— 0,5 0,2	— 0,2 —	Spur 1,6 3,6	Spur 3,6 0,5	Spur 0,5 —	62	Erstes Urnerbeben. Intensität VI in Erstfeld: Panik in in der Kirche. S. makroseism. Bericht Nr. 20. Dist. Zürich-Erstfeld 61 km. Starke mikroseismische Unruhe.
4	März 4.	iP iS F	19 57 58 20 15 ca.	22,6 4,9 —	22,7 4,8 —	21,7 — —	0,8 0,5 —	0,5 0,5 —	0,8 — —	0,8 7,8	0,3 4,2	0,9 —	ca. 340	Gespürt in Norditalien, auch in der Schweiz. S. makroseism. Bericht Nr. 29. Epizentr. wahrscheinl. in der Provinz Forli (ital. Bullet.). Dist. Zürich-Forli 440 km. Nach den mikroseismischen Epizentralentfernungen von Zürich (340 km) u. Moncalieri (255 km), ergibt sich eine nähere Gegend: die Provinz Emilia.
5	März 15.	eP? iP? S F	22 57 — 58 23 4 ca.	22,2 44,8 21,2 —	22,4 46,1 19,7 —	21,2 — — —	— 1,0 0,8 2,0	— 0,5 0,8 2,0	— — — —	— 0,8 3,5	— 0,6 1,8	— — — —	470	Nach A. Mohorovicic, in Zagreb, liegt das Epizentrum im Krain (Oesterr.-Ungarn), südsüdöstlich des Zirknitzer Sees. Koordinaten: 45° 41' N, 14° 24' E. Epizentralzeit 22 ^h 56 ^m 01 ^s (Mohorovicic). Distanz von Zürich ca. 485 km. In Zürich wurden die reflektierten P nicht aufgezeichnet, wohl aber die direkten P.
6	März 20.	eP? iS M F	12 41 42 42 12 46 ca.	55,5 9,4 9,8 —	Spur 9,5 10,2 —	56,3 10,5 — —	— 1,0 1,0 —	— 1,3 1,0 —	— 0,8 — —	— 1,6 2,3	— 1,8 3,9	— 0,5 — —	110	Gespürt in der Schwäbischen Alb; Ebingen d = 100 km, Grad 3—4, Tübingen, Reutlingen.
7	April 5.	eP? i? e? i? F	7 20 21 — — 26 ca.	35,5 30,5 — — —	37,0 32,6 — 41,0 —	— — 32,9 — —	— 1,4 — — —	— — — 1,6 —	— — — — —	— 0,6 — — —	— 1,2 — 1,2 —	— — — — —	—	Mittelitalien: Gespürt in Orvinio, Avezzano. Epizentrum wahrscheinl. in der Gegend von Cittaducale, N.-W. v. Avezzano (ital. Bullet.) = Nr. 1057 des Nachbarbebenkatalogs Cavasino. In Rocca di Papa Grad IV. Entfernung Zürich-Cittaducale 625 km.
8	Juni 2.	eP iP iS M F	3 33 — 34 — 46 ca.	47,0 52,7 25,7 29,6 —	47,3 52,7 26,1 33,6 —	47,4 52,6 25,2 30,8 —	1,4 1,1 0,9 0,7 —	1,3 0,9 0,9 0,9 —	— 1,1 1,9 0,4 0,9 —	0,4 1,2 17,2 59,4	0,3 0,9 13,6 69,7	— 1,8 5,4 15,9 —	264	Herd in der Gegend Eichstätt-Kipfenberg (Fränk. Jura, Bayern). Gemessene Distanz 265 km. Gespürt bis in die Nord- und Zentralschweiz. S. makroseism. Bericht Nr. 33. Epizentralzeit 3 ^h 33 ^m 9,2 ^s . Strassburg in derselben Entfernung (265 km) hat: eP 3 ^h 33 ^m 48 ^s , Epizentralzeit 3 ^h 33 ^m 8,4 ^s . Zeitbeob. der S-Phase in Basel siehe Anhang Nr. 1. Bei Sv Ueberlagerung von zwei Wellen verschiedener Perioden.

(Fortsetzung dieser Tabelle auf Seite 10 u. 11.)

Zürich 1915. Mitteleurop. Zeit; Mitternacht = 0^h; H = 604.2 m; Länge: 8° 34' 49.5" E; Breite: 47° 22' 7.2" N; Untergrund: Molassesandstein.

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		
9	Juni 5.	eP iP iS M F	16 08 — — — 13 ca.	— — 15,2 24,0	5,1 — 15,3 29,6	5,1 — 15,3 —	— — 0,7 1,4	— 0,5 0,6 0,7 4,0	— — 0,8 —	— — 3,9 9,4	— 0,6 3,6 6,7	— — 0,5 —	79	Herd im Rheintal. Gespürt in der Nordostschweiz. S. makroseism. Bericht Nr. 35. Aus der Registrierung in Hohenheim ergibt sich $d = 151$ km. Nach Zürich u. Hohenheim mikro-seism. Epizentrum ca. 8 km östlich von Altstätten (St. Gallen), mit den Koordinaten 47° 22' N, 9° 39' E v. Gr. Zeitbeobacht. in Heiden 16 ^h 7 ^m 46 ^s . ME Superposition zweier Wellenarten.
10	Juni 13.	eP iP S M F	15 15 — — 16 19 ca.	42,0 42,9 55,2 0,8	42,4 42,9 55,0 15 ^m 57,6	42,6 42,8 55,9 15 ^m 58,4	— 0,6 0,7 —	— 0,5 1,1 —	— 0,4 — 0,6	1,6 2,7 3,5 21,9	0,3 1,2 3,0 30,5	1,8 4,5 1,4 4,5	103	Herd in der Schwäb. Alb. Epizentrum b. Ebingen (Entfernung 100 km), gespürt auch in d. Schweiz. S. makroseism. Bericht Nr. 38. Zeitbeob. der S-Phase bei Uznach, s. Anhang 1. Bemerkenswerte Grösse der vertikalen Komponente für P.
11	Juni 13.	iS? F	15 20 22 ca.	23,5	24,2	24,4	0,7	0,7	—	0,9	2,7	0,5	—	Nachstoss des Vorhergehenden. Gespürt in Unterhallau.
12	Juni 16.	i iS F	4 27 27 4 31 ca.	— 35,7	— 36,5	17,5 Spuren	— 0,8	— 0,8	— —	— 0,8	— 0,6	0,5 —	148	Herd im Wallis, in der Gegend von Sitten ($d = 155$ km), Siders ($d = 140$ km). S. makroseism. Bericht Nr. 40.
13	Juni 16.	iS	6 59	18,6	17,1	—	1,4	1,1	—	1,6	0,9	—	—	Nachbeben vom Fränk. Jura? Keine Registrierung in Hohenheim. P unsichtbar.
14	Juni 20.	e Spur i i F	20 39 — — 42 ca.	— 17,5 24,6	9,3 17,5 —	— 17,2 21,1	— 0,5 2,5 0,6	— 0,6 —	— — —	— 0,8 1,6	— 1,2 —	— 0,5 0,5	60	Herd nicht zu ermitteln. Bei N-S Ueberlagerung von 2 Wellen versch. Periode.
15	Juni 24.	e i Spur F	22 00 01 ca.	24,2	23,8	—	—	—	—	—	—	—	—	Zweites Urnerbeben: Epizentrum in der Gegend Riemenstalden, Sisikon. S. makroseism. Bericht Nr. 41. Entfernung von Zürich 47 km.
16	Juni 26.	eP S F	14 40 — 42 ca.	12,1 18,5	Spur 18,1	11,0 —	— 0,6	— 0,6	— —	— 0,8	— 0,6	— —	44	Drittes Urnerbeben: Epizentrum in der Gegend Sisikon, Riemenstalden. S. makroseism. Bericht Nr. 42. Aufzeichnung etwas weniger schwach als beim Vorhergehenden. Entfernung von Zürich 47 km.
17	Juli 4.	eP e iS i L i W F	18 56 — — — — — 57 58 ca.	46,8 — 53,8 — 59,2	— 49,0 53,5 — 58,9	47,0 — 53,4 57,0 — 59,4 3,2	1,1 — 0,8 — 3,5 0,5	— — 0,5 — 3,5 0,5	— — — — —	0,4 — 2,3 — 2,7	— — 1,2 — 2,1	0,5 — 0,5 0,9 — — 0,9 0,5	47	Viertes Urnerbeben: Epizentrum in Sisikon. S. makroseism. Bericht Nr. 43. Dist. Sisikon-Zürich = 47 km. Bei L Superposition von 2 Wellen verschiedener Periode.
18	Juli 7.	iP i S F	17 44 — 46 18 04 ca.	56,1 — 33,4	56,0 — 33,0	55,8 57,0 —	3,0 — 6,11,2	3,0 — 4,11,2	— — —	2,0 — 4,7	0,9 — 4,2	0,9 1,8 —	615	Herd vermutlich in Mittelitalien. Bemerkenswert: Grösse der Amplitude der P-Wellen im Vergleich mit den S. Die P u. S sind von Wellen mit kurzen Perioden überlagert.
19	Juli 22.	eP eS	10 10 —	—	—	33,6 54,3	— —	— 0,6	— —	— —	— —	0,5 0,5	165	Herd in waadtl. Alpen, Gryon. S. makroseism. Bericht Nr. 47. N-S- u. E-W-Apparate im Regulieren. Dist. Zürich-Gryon = 165 km.
20	Aug. 11.	eP iS M F	18 03 — — 07 ca.	38,2 57,3 59,4	38,6 55,5 57,2	38,6 57,3 —	0,6 1,2 1,0	0,7 0,6 0,8	0,6 0,9 —	0,3 0,5 1,8	0,3 0,5 1,5	0,4 0,4 —	145	Herd im Wallis (Sitten, Siders). S. makros. Bericht Nr. 49. Zeitbeob. in Sitten: 18 ^h 03 ^m 15 ^s (korrigiert), siehe Anhang 1.
21	Aug. 12.	e e F	5 44 — 50 ca.	3,2 38,2	6,2 37,4	— —	— 1,6	— —	— —	0,3 0,5	0,3 0,8	— —	?	Herd unbekannt, auch nach Strassburg und Zagreb nicht zu ermitteln. Hohenheim hat keine Registrierung. Spuren, keine Phase!

Zürich 1915. Mitteleurop. Zeit; Mitternacht = 0^h; H = 604.2 m; Länge: 8° 34' 49.5" E; Breite: 47° 22' 7.2" N; Untergrund: Molassesandstein.

Nr.	Datum	Phase	M.-E. Z.	N	E	V	Periode			Amplitude			Epizentral- entfernung nach S-P	Bemerkungen
							N	E	V	N	E	V		
22	Aug. 17.	eP? eS? F	h m 15 46 48 ca.	s — 25,4	s 7,0 26,0	s — 26,0	s	s	s	μ	μ	μ	km	Herd im Wallis (Sitten, $d = 155$ km). S. makroseism. Bericht Nr. 51 und für Zeitbeob. in Sitten Anhang Nr. 1. Spuren!
23	Aug. 25. (Zürich)	iP iS M F	3 12 — — 19 ca.	2,8 26,7 27,9	2,9 26,4 39,2	3,0 26,9 37,0	0,6 0,8 0,8	1,2 1,2 3,5 0,6	1,3 1,5 1,3	1,5 7,2 33,3	2,0 22,1 26,2	2,2 3,5 4,1	187	Herd im Kt. Wallis (Gegend von Martigny). Gespürt fast in der ganzen Schweiz. S. makros. Bericht Nr. 52. Epizentralzeit 3 ^h 11 ^m 34,0 ^s . Mikros. Epiz. ca. 10 km südl. v. Martigny, gegeben durch Zürich ($d = 187$ km), Neuchâtel ($d = 110$ km), Besançon ($d = 157$ km).
	(Neuchâtel)	eP iP S i i iM F	3 11 — 12 — — — 18 ca.	48,1 50,5 3,9 — — 5,2	48,9 50,5 2,0 2,8 — 5,0	— — — — — —	0,8 0,8 2,0 — — 0,4	— — 1,8 0,6 — —	— — — — — 1,2	2,2 13,0 — — — —	— 1,5 3,1 4,6 — —	— — — — — —	110	P viel deutlicher und mit grösseren Amplituden auf N-S als auf E-W, (Epizentrum liegt fast auf dem Meridian von Neuchâtel). Die S-Wellen haben grössere Amplituden auf E-W.
24	Sept. 23.	eP S? M M F	19 08 09 10-11 11 18 ca.	29,0 44,8 59,2 0,8 —	30,4 43,4 — —	28,6 42,7 — 10,7	— 3,5 1,0	— 1,1 2,7	— 1,5	0,3 1,5 4,1	0,3 1,3 —	0,4 0,9 —	600	Herd vermutlich in Mittelitalien. Italien. Bulletin meldet eine Erschütterung um 19 ^h 07 ^m in den Provinzen Aquila und Perugia.
25	Okt. 9.	e iS F	16 54 — 57 ca.	43,4 47,3	43,3 47,3	43,1 47,3	0,7 0,6	— 0,6	— 0,4	0,3 4,6	0,3 2,6	0,9 1,7	—	Herddistanz nach Registrierung = 32 km. Gespürt von einer Person in Meiringen ($d = 76$ km). Sonst keine Nachrichten: s. Text. (Bes. bemerkensw. Erdbeben).
26	Okt. 10.	eP iP i iS M F	4 50 Min. Lücke 51 51 51 57 ca.	28,6 — 1,7 3,0 7,5	26,3 — — 0,7 9,3	— — — — —	— — 0,9 — 0,7	— — — 0,7 —	— — — — —	0,3 — 2,6 7,7 20,0	0,3 — — 11,8 27,2	— — — — —	252	Herd im Fränk. Jura. Nach den Registrierungen in Zürich ($d = 252$ km) und Hohenheim ($d = 127$ km), mikros. Epizentr. im Altmühlthal, ca. 24 km N.-W. v. Eichstätt. (Koord. 10° 54' E. Gr., 48° 59' N.). Vertikale Komponente unsichtbar. (Ueberdeckung d. Linien).
27	Okt. 10.	e e iS M F	5 10 11 — — 16 ca.	39,7 9,8 10,7 13,9	— 9,9 11,0 16,7	— — — —	— 0,4 0,7 0,7	— 0,8 0,7 0,7	— — — —	0,3 0,5 1,5 4,1	— 0,5 1,0 3,6	— — — —	—	Herd im Fränk. Jura, Nachbeben des Vorigen. Vertik. Komponente unsichtbar. (Ueberdeckung d. Linien).
28	Okt. 11.	eP i iS M F	0 09 — — 10 16 ca.	10,0? 44,7 54,6 0,4	14,9? 44,8 54,3 4,6	11,5? — — 7,5	0,7 0,7 0,7	0,8 0,7 2,0 0,7	0,7 — — 1,4 0,7	0,3 2,6 4,1 11,8	0,3 3,1 4,1 18,0	0,4 — — 3,5	ca. 300	Epizentrum in Reggio Emilia (nach italien. Bulletin: Intens. VII). Verspürt in Reggio (Entfernung Zürich-Reggio ca. 335 km), Genua, Verona, Parma u. Bergamo. Gespürt auch noch im Tessin (Russo-Val Onsernone).
29	Okt. 23.	iP iS F	9 19 — 23 ca.	28,7 46,3	28,9 47,1	28,6 46,9	0,6 0,6	0,8 0,6	— 0,6	1,3 1,5	1,0 2,0	1,7 0,9	143	Epizentrum östl. v. Siders $d = 137$ km (Wallis). Siehe makros. Bericht Nr. 56. Anfang in der Minutenlücke.
30	Okt. 23.	eP i iS F	9 31 — — 35 ca.	— — 42,8	24,6 41,2 43,5	23,3 — 43,0	— — —	0,8 0,6 1,0	1,1 — 1,0	— — 5,6	0,3 1,0 2,6	0,9 — 0,9	154	Epizentrum in der Gegend westl. v. Siders $d = 145$ km (Wallis). S. makros. Bericht Nr. 57 u. für Zeitbeob. in Sion Anhang 1.
31	Nov. 5.	eP iS F	2 54 54 59 ca.	(0) (54,2)	(0) (56,3)	—	0,6 0,9	0,6 1,0	— —	0,3 1,3	0,3 1,5	— —	445	Kein Zeitkontakt. Anfang annähernd nach Zagreb angesetzt. Dort eP 2 ^h 53 ^m 26 ^s , iM 2 ^h 54 ^m 29 ^s . Phasenzeiten auf S bezogen. Herd in der Provinz Emilia (Italien). Gespürt in Faenza ($d = 428$ km), Rimini ($d = 482$ km), Imola ($d = 428$ km), Forli ($d = 443$ km).

Anhang.

1. Zuordnung makroseismischer Zeitbeobachtungen zu der mikroseismischen Phase.

Eine solche Zuordnung gefühlter und instrumenteller Beobachtungen scheint dies Jahr, wenn auch nicht zum erstenmal, so doch in besonders fruchtbarer Weise verwirklicht werden zu können, nicht zum wenigsten dank dem von Herrn Assistent Mörkofer in Basel gesammelten Material und dank dem erfolgreichen Bestreben einiger Beobachter, die genaue Zeit festzustellen.

1. Fall. Beobachtung des Solothurner Bebens vom 18. Januar 1915 in Basel.

Wie oben schon¹⁾ bemerkt, stimmen die allermeisten Basler Beobachter überein in der Angabe einer ostwestlich (oder „vielleicht genauer ost-südöstlich-westnordwestlich oder umgekehrt“) gerichteten Bewegung. Die Ausgangs- gegen die Erschütterung lag nun gerade senkrecht zu dieser Richtung, südlich bis südsüdwestlich von Basel; die beobachtete Stossrichtung stimmt also so wenig als möglich zu der nächstliegenden Annahme einer von der Epizentral- gegen allseitig sich ausbreitenden Stosswelle. Diese Feststellung hätte frühere, über keinerlei Registrierangaben oder genauere Beobachterzeiten verfügende Bearbeiter entweder zum Kopfschütteln über die aufs neue zutage tretende Unbrauchbarkeit subjektiver Stossrichtungen veranlassen müssen, oder vielleicht zu Folgerungen über entsprechende Querverschiebungen ganzer tektonischer Schollen.

In unserm Fall ergibt sich eine andere Lösung. Zunächst lässt sich die Zeit sehr genau feststellen, zu welcher „der Stoss“ (denn es ist übereinstimmend von einer einmaligen, wenn auch 4—5 Sekunden dauernden Erschütterung die Rede) in Basel gespürt worden ist. Die reduzierte Beobachtung von Prof. Riggbach ergibt $11^h 35^m 37,5^s$, diejenige von Dr. Th. de Quervain $11^h 35^m 38^s$, die nach eigener Zeitbestimmung mit 1—2 Sekunden Gesamtunsicherheit gemachte von Dr. Th. Niethammer $11^h 35^m 35^s$: Mittel $11^h 35^m 37^s$.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, dass in den beiden ersten Bestimmungen, deren Korrekturen durch telephonische Vergleichung mit der Meteorologischen Zentralanstalt bestimmt sind, in Abwesenheit des Berichterstatters eine unnötige, nicht näher zu erörternde Unsicherheit von 3—4 Sekunden hineingebracht worden ist. Der Mittelwert der Basler Zeitbestimmung könnte darnach ebensogut auch $11^h 35^m 34^s$ sein. Diese Unsicherheit macht eine genaue Prüfung der Uebereinstimmung der Phasen, resp. die Beziehung zu einer Epizentralbestimmung unmöglich, ohne jedoch glücklicherweise die folgenden qualitativen Feststellungen entwerten zu können.

Welche Phase traf zu jener Zeit in Basel ein? Nach den Laufzeit-Tabellen von Mohorovicic für Nahebeben [für Herdtiefe 25 km]¹⁾, welche hinsichtlich der Epizentralgegend genügend zu den makroseismischen Angaben und den Registrierungen von Zürich und Neuchâtel stimmen, ergibt sich aus diesen Registrierungen, auf $0,4^s$ übereinstimmend, eine Epizentralzeit von $11^h 35^m 20,3^s$; die ersten Vorläufer P müssten in dem vom Mittelpunkt der Epizentralgegend ca. 45 km entfernten Basel 5 Sekunden später, die zweiten, $iM = S$, müssten 11,5 Sekunden später ankommen. Das ergibt die Ankunftszeiten $11^h 35^m 25^s$ und $11^h 35^m 32^s$. Es folgt also ganz unzweifelhaft, dass die longitudinalen P -Wellen, (deren Bewegung hätte auf den Herd hinweisen sollen), in Basel gar nicht mehr stark genug waren, um gespürt zu werden; was dort um $11^h 35^m 34-37^s$ wahrgenommen wurde, war ausschliesslich das Maximum der S -Phase, für die wir mit andern einen Transversalcharakter annehmen, und die hier auch tatsächlich als Transversalbewegung empfunden wurde. Damit ist das scheinbar Widersinnige der Basler Richtungsangaben auf einmal etwas ganz Notwendiges geworden!

Prinzipieller Unterschied zwischen den Grenchener Erdbeben von 1913 und dem Solothurner Erdbeben vom 18. Januar 1915.²⁾ Diese Erdbeben haben so benachbarte Epizentra, dass ohne Kenntnisse des genauern Verhaltens ein Statistiker ohne weiteres die wenig ausgedehnten Grenchener Beben als Vorbeben zu dem ausgedehnten Beben vom 1915 eintragen würde. Und doch könnte nichts besser den von uns früher dargelegten, ganz eigenartigen, den oberflächlichsten Schichten angehörigen Ursprung der Grenchenbeben besser bestätigen als das Auftreten des Bebens von 18. Januar 1915 in derselben Gegend. Während dort die Intensität VI in einem scharf begrenzten Gebiet von 4—5 km Durchmesser auftrat, und das Gebiet vom Grad 5 nur einen Durchmesser von 8 km, das gesamte Schüttergebiet einen grössten Durchmesser von 30—40 km besass, finden wir in unserm Fall für den Grad 5 (grössere Intensitäten kommen nicht vor) eine grösste Ausdehnung von 90 km, und für die grösste Ausdehnung des Schüttergebiets

¹⁾ Auch durch Annahme wesentlich geringerer Herdtiefe würde die Ankunftszeit der Phasen in Basel nur wenig verändert und die Schlussfolgerungen nicht berührt werden.

²⁾ Diese Frage sei an dieser Stelle noch berührt, da sie zur genauern Beurteilung der im Fall 1 verwendeten Beobachtungen dienen kann, und übrigens auch von besonderem Interesse ist durch die erfreuliche Beziehung unserer frühern Feststellungen zu tektonischen Zwecken, durch A. Buxtorfs Prognosen etc. beim Grenchenbergtunnel. Verh. d. Nat. Ges. Basel. Bd. XXVII, S. 226.

überhaupt mindestens 230 km, von Schaffhausen bis ins Unterwallis. Es müssen also im zweiten Fall die Erschütterungen von einer sehr viel grösseren Tiefe ausgegangen sein. Man konnte gespannt sein auf einen Vergleich der Registrierungen in beiden Fällen, welche sowohl von Zürich wie von Neuchâtel vorliegen. Dieser Vergleich sagt aber nichts Positives aus. Die Differenzen $S-P$ sind an beiden Orten für 1915 um $1/10$ kürzer als für 1913. Die Ablesungen erscheinen hinlänglich zuverlässig, um die Sache für reell zu halten. (S. Taf. II.) Da das damalige Epizentrum (Grenchen) schon annähernd auf der Verbindungslinie Neuchâtel-Zürich lag, gibt es keine Möglichkeit, diese Verkürzung durch Verschiebung desselben zu erklären; aber durch besondere Annahmen der Geschwindigkeitszunahme mit der Tiefe wäre dies möglich, oder auch durch die (früher ja oft gemachte, aber schwer durchführbare) Forderung, die Erschütterung sei „gleichzeitig“ von den Rändern eines merklich ausgedehnten Herdgebietes ausgegangen. Eine Bestätigung könnte man darin erblicken, dass die mikroseismischen Epizentraldistanzen von Zürich und Neuchâtel sich nicht erreichen. Diese Bemerkungen seien nur gemacht, um für künftige Fälle diese Unstimmigkeit im Auge zu behalten.

2. Fall. Beobachtung des Erdbebens vom fränkischen Jura, 2. Juni 1915, in Basel.

In Basel wurde eine genaue Zeit beobachtet von Herrn cand. phil. P. Haberbosch; er erwachte am Stoss. (Zugleich mit ihm die Löwen im zoologischen Garten, die zu brüllen anfangen.) Seine Zeit lautet, von Herrn Assistent Mörikofer sorgfältig reduziert: $3^h 34^m 43-46^s$ a. Die Epizentralzeit war $3^h 33^m 9,5^s$ (nach Zürich und Strassburg sehr gut übereinstimmend), die gemessene Entfernung vom Epizentrum 320 km; die S -Phase, die allein in Betracht kommt, musste demnach in Basel eintreffen um $3^h 34^m 42^s$. Die Uebereinstimmung der Beobachtung ist also sehr befriedigend. — Das Seismoskop im Bernoullianum funktionierte um $3^h 34^m 48^s$, also in bezug auf den Phasenbeginn etwas verspätet.

3. Fall. Beobachtung des Erdbebens von der schwäbischen Alb, 13. Juni 1915, bei Uznach.

Herr Direktor Noll, Landerziehungsheim Hof-Oberkirch bei Uznach, beobachtete die Erdbebenwellen nach Anbringung aller Reduktionen (die Vergleichung mit Zürich konnte erst am folgenden Tage geschehen) um $3^h 15^m 55^s$. Die S -Phase traf dort um $3^h 15^m 58^s$ ein. Die Uebereinstimmung ist jedenfalls genügend, um die Identifizierung mit dieser Phase zu erlauben, denn die P -Wellen wären 14 Sekunden früher gekommen.

4. Fall. Beobachtung des Erdbebens von Martigny, 25. August 1915, in Basel.

Wiederum kam aus Basel, das diesmal am Rande des Schüttergebiets lag, eine genaue Zeitangabe vor, abgelesen von Herrn Haberbosch, und nach korrekter Zeitvergleichung mit Zürich sorgfältig reduziert von Herrn Assistent Mörikofer, der als Resultat $3^h 12^m 24-26^s$ angibt. Nach den Registrierungen von Zürich, Neuchâtel und Besançon war die Epizentralzeit $3^h 11^m 33^s + 1^s$, die Entfernung Basels vom Epizentrum 175 km. Die S -Phase, um die es sich allein handeln kann, musste demnach um $3^h 12^m 22^s$ in Basel eintreffen; 2—3 Sekunden später (nach Zürich) fiel das sehr scharfe Maximum. Die Uebereinstimmung ist also so vorzüglich, dass man im Falle des Fehlens von Angaben der zwei letztern Observatorien die Beobachtung von Basel geradezu in Kombination mit den Angaben des ersten zu einer angenäherten Epizentralbestimmung hätte verwenden dürfen. — Das Seismoskop funktionierte ca. 20 Sekunden später.

5., 6. und 7. Fall. Beobachtung der Walliser Beben vom 11. und 17. August, und 23. Oktober in Sion.

Diese drei Fälle können zusammengefasst werden, da es sich um Zeitmeldungen ein und desselben Beobachters, Pater Sulpicius Crettaz, im Kapuzinerkloster in Sion, handelt, welche alle mehr oder weniger, zum Unterschied von den peripheren Fällen 1—4, als Epizentralzeitbeobachtungen zu gelten haben, also sich auf die P -Phase beziehen. Die Zeitvergleichungen, um welche der Beobachter sich in besonders anerkannter Weise bemüht hat, geschehen direkt mit Zürich — Erdbebendienst.

Wir stellen die reduzierten Beobachterzeiten und die Epizentralzeiten zusammen, die aus der Laufzeit resp. der Mohorovicic'schen Tabelle für die Differenz: P -Epizentralzeit nach der Registrierung in Zürich und der auf Grund der makroseismischen Beobachtungen wahrscheinlichsten Epizentraldistanz folgen:

Datum:	11. August	17. August	23. Oktober
Beobachterzeit:	$18^h 03^m 15^s$	$15^h 45^m 42^s$	$9^h 31^m 2,5^s$
Epizentralzeit n. Zürich:	$18^h 03^m 15,1^s$	$15^h 45^m 43,6^s$	$9^h 31^m 2,9^s$
	$d = 155$ km	$d = 155$ km	$d = 145$ km

Für den 17. August war die Registrierung sehr schwach und dementsprechend nicht sehr sicher; es wurden einfach die vorher ermittelten Tabellenwerte genommen. Für den 23. Oktober wurde mit Berücksichtigung der Lage von Sion zum Epizentrum die um 0.5 Sekunden vergrösserte Epizentralzeit eingesetzt; die Uebereinstimmung wäre sonst noch grösser. Im übrigen wird diese Uebereinstimmung in allen diesen Fällen so gut, dass es vielleicht fast nötig wird, zu betonen, dass keinerlei „Zurechtrücken“ stattgefunden hat.

Uebersicht der Fehler der Beobachterzeiten (samt Reduktionsfehlern).

Abweichungen von der nach Seismometerangaben berechneten Ankunftszeiten.

+ bedeutet: Beobachter zu spät. —: Beobachter zu früh.

Datum:	18. Januar	2. Juni	13. Juni	11. August	17. August	25. August	23. Oktober
Phase:	S	S	S	P	P	S	P
Epizentraldistanz:	45 km	320 km	110 km	0 km	0 km	175 km	12 km
Gesamtfehler:	+ 2 ^s (+ 5?) ¹⁾	+ 1 ^s	— 3 ^s	— 0,1 ^s	— 1,6 ^s	+ 2 ^s	— 0,4 ^s

Die Fehler sind nicht erheblich grösser als die Abweichungen, welche man bisher auch in den Angaben der Erdbebenwarten selbst für ein bestimmtes Beben zu finden pflegte! Die Zuteilung zu den Phasen ist ganz klar. Die von mir schon oft betonte Möglichkeit, solche persönliche Beobachtungen mit Nutzen heranzuziehen, wird also bestätigt; ebenso freilich die Erfahrung, dass dies nur gilt, wenn man sich um eine gewissenhafte, umsichtige Kontrolle bemüht.

Es ergeben sich aus allem Vorangehenden verschiedene allgemeine Folgerungen:

Erstens ist die ungefähre Grenze festgelegt (ca. 40 km), über welche hinaus bei Erdbeben von der Intensität unserer schweizerischen (Epizentralgebiet selten über 5 Grad) der erste Vorläufer nicht mehr gefühlt wird. Liegen aus grösserer Entfernung Richtungsangaben vor, so sind dieselben also auf die „S“-Phase zu beziehen. Dies ist auch zu berücksichtigen, wenn man tektonische Beziehungen suchen will. Angaben über Doppelstösse, welche die von mir im letztjährigen Bericht gegebene Deutung erfahren sollen, dürfen nicht über die genannte Entfernung hinaus gesucht werden. Es wird also bei diesen Intensitäten schwerlich ein grösseres Intervall als 4—5 Sekunden zwischen beiden Stössen beobachtet werden, wenn unsere Deutung richtig ist. Dies scheint nach der Bearbeitung von Herrn de Weck in diesem Fall zuzutreffen; siehe vorn. (Anders wird es sein bei ursprünglich stärkern Stössen. So habe ich bei dem Erdbeben in der schwäbischen Alb vom 20. Juli 1913 in einer Entfernung von ca. 120 km noch sehr deutlich beide Phasen verspürt.) Eine genaue Zeitangabe wird unentbehrlich sein zur Deutung von Richtungsbeobachtungen, die noch innerhalb des „Doppelstossgebietes“ gemacht wurden. Liegen solche Zeitangaben nicht vor, so wird man bei Widersprüchen in Zukunft zur Entlastung der Beobachter oft annehmen dürfen, dass der eine die Bewegung der longitudinalen, der andere diejenige der transversalen Phase beobachtet hat.

Aufs neue erweist sich auch wertvoll die persönliche Beobachtung der genauen Epizentralzeit. Ohne die drei genauen Zeitbeobachtungen in Sion hätte auch hier trotz aller Registrierapparate nichts Bestimmtes geschlossen werden können, während den vortrefflich stimmenden Epizentralzeiten zufolge jetzt ebenfalls der Schluss erlaubt ist, dass die der Laufzeittabelle zugrunde liegenden Annahmen richtig sind, insbesondere, dass die angenommene Herdtiefe von 25 km der Grössenordnung nach zutreffen dürfte. Weiter zu gehen verbietet in diesem Fall die schon etwas grosse Entfernung von der registrierenden Station, ebenso wie die durch die lokalen Umstände bedingte grössere Unsicherheit des makroseismischen Epizentrums.

2. Weitere Beiträge zur Frage der atmosphärischen Schallausbreitung.

Der Fall von Weihnachten 1914 bot leider bei weitem nicht die letzte Gelegenheit zu solchen Untersuchungen in diesem Krieg. Bei dem grossen meteorologischen Interesse der Frage haben wir von einigen dieser Gelegenheiten zum Teil von uns aus Gebrauch gemacht; zum Teil lag auch die Verpflichtung der Bearbeitung verschiedener von selbst eingehenden Materials vor.

a) Die Ausbreitung des Kanonendonners, Sonntag den 25. April 1915. (Mit Karte, s. Tafel III.)

Da die erschreckend deutliche Hörbarkeit des Geschützdonners von Weihnacht 1914 auf Neujahr 1915 die Westschweiz nicht betroffen hatte, wurde dort in Zeitungen und wissenschaftlichen Vereinigungen an der Realität der Erscheinung zum Teil gezweifelt und von Suggestion gesprochen. Sehr bald bekamen die Westschweizer Gelegenheit, alle Zweifel fahren zu lassen.

Am Sonntag den 25. April wurden nachmittags im waadtländischen Jura und besonders auch am ganzen schweizerischen Ufer des Genfersees, von Vevey bis Rolle und auf den Höhenpunkten die Detonationen deutlich und fortdauernd wahrgenommen.

Es wurde damals von Beobachtern im Jura die Angabe gemacht, es müsse sich um Uebungsschiessen der Forts von Pontarlier gehandelt haben. Das hätte den Gesichtspunkt wesentlich verschoben. Das militärische Kommando von Pontarlier hatte aber die Liebenswürdigkeit, uns auf unsere Anfrage mitzuteilen, dass an jenem Tage dort nicht geschossen wurde. Es handelte sich vielmehr um die Kämpfe am Hartmannsweilerkopf in den Vogesen, ca. 15 km nordwestlich von Mülhausen.

¹⁾ Die Unsicherheit beim 18. Januar hat den oben erwähnten, mit der Sache selbst sich nicht berührenden Grund.

Die Beobachtungen in der Westschweiz wurden durch Herrn Prof. Mercanton gesammelt, und eine Zeitungsnote unsererseits, die das Fehlen von Berichten aus andern Gegenden betonte, brachte uns eine Reihe von weiteren Mitteilungen ein. Eine systematische Erhebung fand darüber hinaus nicht statt; ausdrückliche verneinende Angaben sind also nicht vorhanden. Aber die vorliegenden Beobachtungen schliessen sich trotzdem zu folgendem deutlichen und überraschenden Bilde zusammen:

Abweichend von frühern und spätern Fällen ist es diesmal gerade die äusserste Westschweiz, welche in den Hörbarkeitsbereich einbezogen ist; von hier nach Nordwesten fehlen im Jura und im Mittelland Angaben fast gänzlich; dagegen zieht sich von den Ufern des Genfersees ein zusammenhängender Gürtel von positiven Meldungen durch die ganze Voralpenzone bis wieder zu den Ufern des Bodensees. (S. Tafel III.)

Die Intensität war stellenweise sehr gross. Wir lassen zur Kennzeichnung einen besonders charakteristischen Bericht von vielen folgen (von Sekundarlehrer Gilomen aus Frutigen, Berner Oberland):

„Ich habe an diesem Tage einen Spaziergang gemacht und vernahm von 3¹/₂ bis 6 Uhr nachmittags anhaltende Kanonade aus nördlicher Richtung und zwar auf der Strecke von Reichenbach bis Spiez. Zwischen 5 und 6 Uhr zählte ich 17—50 Detonationen in der Minute. Ich teilte meine Beobachtungen tags darauf sofort dem „Bund“ mit. Warum die Redaktion sie nicht veröffentlichte, begreife ich nicht. — Ich befand mich nur von 3—6 Uhr im Freien, von 3—3¹/₂ Uhr hörte ich nichts. In den Ortschaften drin war der Kanonendonner nur sehr schwach oder überhaupt nicht vernehmbar, im freien Felde aber, besonders in der Nähe der auf freier Höhe gelegenen Ortschaft Aeschi bei Spiez konnte man jeden einzelnen Kanonenschuss sehr gut hören. Die Kanonade war zeitweise ebensogut hörbar, wie ich sie diesen Winter bei St. Ursanne auf Grenzwahe an der französischen Grenze an gewöhnlichen Tagen hören konnte. Dies klingt fast unglaublich; es müssen letzten Sonntag ganz besondere atmosphärische Verhältnisse gewesen sein.“

Betrachtet man das Kartenbild, so erhält man den Eindruck, die Alpen haben geradezu als Schallfänger, als Resonator, gewirkt, der den Schall dann bis die Täler hinab geleitet habe.

Die meteorologische Situation zeigt über der Nordsee ein mässiges Hochdruckgebiet (mit 765 $\frac{m}{m}$), über dem Mittelmeer eine flache Depression (758 $\frac{m}{m}$). Ueber dem schweizerischen Vorland wehen leichtere, vorwiegend südöstliche bis nordöstliche Winde; der Wolkenzug (Str-Cu in ca. 1500 m Höhe) war aus Nordost; der Säntis gibt für höhere Wolken (A-Cu, Ci-Str) die Zugrichtung aus SW an, die nach der Druckverteilung unwahrscheinlich und übrigens nach den schwierigen Beobachtungsumständen nicht ganz sicher sein mag. Die bei solchen Druckverteilungen über dem Alpenniveau zu erwartende Windrichtung wäre nach den Erfahrungen mit Pilotballons eher NW. Eine solche obere Strömung, verbunden mit der ziemlich starken Temperaturabnahme in den untern Schichten (Mittelland um 1 Uhr +11°, Rigi 3°, Säntis -4°) könnte die beobachtete Schallverteilung auf Grund unserer frühern Ausführungen erklärlich machen. Die Beobachtungen in der freien Atmosphäre über Friedrichshafen, die uns nachträglich zur Verfügung gestellt wurden, ergaben nun aber für den Nachmittag 1^h 40^m p (wie ganz ähnlich schon für den Morgen) eine Windbewegung, die von NNE allmählich bis zur grössten Höhe von 4200 m über E, SE nach S dreht. (In 480 m N 25, E 5 m, 1300 m E 2 m, 2000 m SE 7 m, 2800 m S 10 m, 4200 m S 9, W 16 m). Die Wochenbeobachtungen dortselbst ergaben um 12^h Cirrus aus S ca. 20 m (7000 m über dem Boden angenommen) und um 3^h p: Cirrus aus S 10 E ca. 15 m. Damit lässt sich innerhalb dieser Höhen keine Rückkehr der Schallstrahlen zum Erdboden konstruieren! Diese Strömung ist übrigens mit den grossen Zügen der Druckverteilung nicht wohl vereinbar.

Vielleicht ist hier in Betracht zu ziehen, dass nordwestlich der Alpen eine flache Teildepression bestanden zu haben scheint, auf deren Vorderseite Friedrichshafen lag, während am Morgen der Puy de Dôme heftigen Nordwestwind angibt, der Rückseite dieses Minimums entsprechend. Diese Rückseite, deren höhere Strömungen für uns sonst nicht zur Beobachtung gelangten, könnte für die Schalleitung nach der Westschweiz möglicherweise in Frage kommen; etwas Befriedigendes lässt sich aber nicht dartun.

b) Die Ausarbeitung des Geschützdonners am 25. Dezember 1915. (Mit Karte, s. Tafel III.)

Der Fall, den wir für das gleiche Datum des vorhergehenden Jahres untersucht haben, wiederholte sich dieses Jahr; ein Zufall wollte, dass in unserer Gegend wieder am Weihnachtstag 1915 der Geschützdonner ganz besonders stark hörbar wurde. Das Widerstreben, Kampflärm des Völkermordens wiederum für eine akustische Abhandlung auszunutzen, verzögerte den Beginn der nötigen Erhebungen, wodurch aber nur für wenige Punkte die Sicherheit der Angaben vermindert wurde. Massgebend für diese neue Erhebung war der Umstand, dass die Wetterlage diesmal ganz anders als ein Jahr früher aussah; damals war es eine Biseleage; jetzt lag eine tiefe Depression im Westen.

Das Material wurde wieder in der Weise beschafft, dass an eine grosse Zahl unserer schweizerischen meteorologischen und Regenmesstationen besondere Fragekarten versandt wurden. Eine ziemliche Anzahl derselben wurden auch wieder in dankenswerter Weise von den badischen, württembergischen und bayrischen Zentralstellen den in Betracht kommenden Stationen zugestellt. Im ganzen wurden 201 Berichte verarbeitet.

Es ergibt sich folgendes über die Ausbreitung des Schalls: Als Herkunftsort des Geschützdonners ist nach den Meldungen des deutschen und französischen Generalstabs zu betrachten die Gegend des damals hart umkämpften Hartmannsweilerkopfes bis Sennheim, in den Südvogesen, etwa 16 km nordwestlich von Mülhausen.

Die Ausdehnung des Hörbarkeitsgebietes — in den Richtungen, in welchen Nachrichten überhaupt erhältlich und möglich waren — war folgende: Nach Norden 150 km (Karlsruhe); nach Nordosten 160 km (Gegend von Stuttgart; an andern Tagen war der Bereich hier noch weiter gegangen, bis mindestens 200 km). Nach Osten 190 km (Biberach), nach Ostsudosten 210 km (Oberstaufen, 25 km östlich von Lindau). Weiter folgt die Begrenzung zunächst dem Rheintal (Altstätten im Rheintal) 180 km, Haag 185 km; aus dem jenseitigen Vorarlberg liegt keine Nachricht vor). Weiterhin bleibt die Grenze diesseits des Hauptkamms (Elm, Linthal 180 km), geht weit ins Reusstal hinauf (Bristen 165 km), erreichte aber diesmal Göschenen und die Gotthardsforts nicht (wohl aber an spätern Tagen). Im Berner Oberland geht die Grenze bis Guttannen, Grindelwald, Eigergletscher (155 km), Frutigen, Kandersteg, Lenk, Saanen (160 km), das Wallis wird nicht erreicht. Die Grenze geht von hier plötzlich nach Norden, über Schwarzenburg bis in die Gegend des Bielersees (95 km) und verläuft von da westlich durch den Neuenburger Jura. Der südöstlichste Punkt (SSW von der Schallquelle) ist hier Les Ponts (105 km). Von andern Tagen liegen freilich aus dem Jura Meldungen bis Vaulion (145 km) hinab vor. Vom Bielersee an lauten alle Angaben im Berner Jura bis Basel bejahend!

Ueber die Landesgrenze hinaus liegt nur noch eine Antwort des Observatoriums Besançon (110 km), südwestlich, vor, die negativ lautet.

Wenden wir uns nun der Intensität der Wahrnehmung im so umschriebenen Gebiet zu, so ist festzustellen, dass im Badischen und Württembergischen der Kanonendonner so stark war, dass er fast überall von jedermann beachtet wurde, abgesehen von einer 20—30 km breiten Zone an der äussern Grenze. Diese allgemeine Wahrnehmbarkeit gilt auch für die ganze Nord- und Nordostschweiz (besonders für die Kantone Thurgau, Schaffhausen, Basel, Solothurn, Aargau, Zürich, Zug), aber auch noch weit ins Emmental hinein. Aber selbst aus dem Weisstental, aus Glarus, vom Eigergletscher wird sie bestätigt, während sonst an dieser äussern Grenze eine Anzahl Meldungen doch abnehmende Intensität andeuten. (Auf unserer Karte sind die Beobachtungsorte und Intensitäten durch kleine Kreise verschiedener Dicke eingetragen.)

Zur Charakterisierung des Gesagten mag dienen, dass in Zürich (115 km) selbst das mächtige Weihnachtsgeläute den Geschützdonner nicht ganz zu übertönen vermochte, der anderswo auch störend in den Gottesdienst hineindröhnte. Einige ernsthafte Beobachter (z. B. aus Glarus) melden, sie hätten Kopfschmerzen davon bekommen. Die Kanonade war vom Vormittag bis in den Abend hinein hörbar.

Es seien noch einige Besonderheiten angeführt: Vom Feldberg (60 km im Osten) wird berichtet, dass auf dem Gipfel (1494 m) selbst die Kanonade nicht gehört worden sei, wohl aber unterhalb desselben! Eine entsprechende Meldung kam uns aus dem Jura zu: Auf der Geissfluh (963 m, 8 km WNW von Aarau, höchster Punkt der Gegend) ist auf dem Gipfel selbst nichts gehört worden, dagegen deutlich unterhalb. Auch von Lauenen (Berner Oberland) wird mitgeteilt, dass man (an andern Tagen) dieses Geräusch „in einer bestimmten Höhe“ vernommen habe.

Von Kiental (gleichfalls im Oberland) wird berichtet, dass man von Norden den direkten Geschützdonner und von Osten den Widerhall gehört habe. Der Beobachter von Beatenberg stellt fest, dass je nach der Stellung zu den südlichen Vorbergen der Schall aus SW oder direkt aus NW gehört worden sei. Der Beobachter aus Isental (Uri) sagt, dass die Hörbarkeit am besten gewesen sei in höhern Waldungen, die nahe an Felswänden lagen; der Schall sei höher oben knallend, tiefer unten rollend gewesen. Manche Angaben deuten auf lokale Verstärkungen, auf das Auftreten gewisser Schall-Brennpunkte oder Brennflächen hin.¹⁾

Vergleicht man die Schallausbreitung mit derjenigen des Vorjahres (Weihnachten 1914), so findet man sie nahezu gleich gross, nur ist die Schweigenszone, die damals für Basel und das dahinter liegende Juragebiet bestand, jetzt verschwunden. Dagegen bleibt in dieser Hinsicht wiederum bedeutsam der negative Bericht aus Besançon.

Meteorologische Verhältnisse. Eine tiefe Depression (730 $\frac{m}{m}$) lag über den britischen Inseln; dementsprechend herrschte am Erdboden in grösserer Entfernung von den Alpen nordnordwestwärts ein starkes Druckgefälle. In dem in Betracht kommenden Gebiet ist der Gradient nur schwach; die Isobaren verliefen in der Richtung WSW—ENE. Am Erdboden herrschte nur ganz schwacher, veränderlicher Wind; in Zürich wurde den Vormittag hindurch S—SE 1—3 m registriert, am Nachmittag von 2 Uhr an NW—SW-Wind, der um 6 Uhr bis zu 8 m anstieg. Der Säntis (2500 m) hatte am Vormittag und Nachmittag SW—WSW-Wind, vor 10 Uhr von 2—3 m, nachher auf 5—6 m und erst nach 6 Uhr auf 10 m steigend. In solchen Fällen herrscht in grösserer Höhe oft ausgesprochener Nordwestwind, den man zur Erklärung der Schallausbreitung zunächst vorausgesetzt hätte. Die nephoskopischen Messungen, die ich dank einem günstigen Weltenhimmel und der Unterbrechung eines Spazierganges ausführen konnte, ergaben aber folgendes: 11^h—11^h 20^m a 6 Cirrostratus aus W₂₀S 240 = ca. 40 m in ca. 10,000 m Höhe; höhere Altocumulus (= Cirrocumulus) W₃₃S 170 = ca. 30 m in ca. 5500 m Höhe; tiefere Altocumulus W₄₂S 140 = ca. 20 m in ca. 3500 m Höhe.

Nachträglich erhalten wir die Beobachtungen der Drachenstation Friedrichshafen am Bodensee, die wichtige Ergänzung und Bestätigung geben: Wolkenzug 11 a: A-Cu S₄₀W 170, 2 p: Ci-Str W₃₀S 220, A-Str. W₄₀S 160. Vormittags

¹⁾ Man vergleiche für solche Möglichkeiten auch unsere auf Berechnung beruhende Figur C, Tafel II, im Jahresbericht 1914, auf welcher das Auftreten solcher Brennpunkte und Brennlinien ersichtlich ist, ebenso wie die Möglichkeit von Interferenzen.

8 Uhr wurde durch einen Fesselballonaufstieg gefunden W—SW-Wind, an Stärke 2 auf 5 m zunehmend bis 1100 m Höhe; darüber WSW bis 2200 m (Nimbus), von 8 auf 13 m ansteigend. — Temperaturumkehr 2° bis 600 m Höhe. Erdbodentemperatur erst in 1300 m erreicht, von da Abnahme von ca. $0,8^{\circ}$ bis 2200 m, dort schwächer werdend. — Nachmittags 4 p gibt ein Pilotballon vom Boden bis 1000 m Wind graduell von NE—S drehend, von 3—5 m zunehmend. Bis 2500 m SSW 6—9 m, von da SSW mit stärkerer Windzunahme auf 19 m bis 3500 m (Altostratus).

Tritt man an die Frage nach einer Erklärung der beobachteten Schallverbreitung heran, so muss man sich zunächst klarmachen, was dabei einer solchen eigentlich bedarf?

Die besondern Erklärungsversuche sind hervorgerufen worden durch die höchst auffallende Tatsache der Zone des Schweigens. Ohne diese wäre man durch ununterbrochene grosse Reichweiten des Schalls kaum zu solchen Versuchen veranlasst worden. Dass der Schall stark vom Weg der gradlinigen Fortpflanzung abweichend sich ausbreite, das ist man als die praktische Konsequenz seiner vielfachen Reflexion und seiner Beugung gewohnt; dass er trotzdem unter Umständen grosse Räume überspringe, das ist das für unsere Erfahrung viel eher Verwunderliche. Dieser ursprüngliche Gesichtspunkt ist auch in Erinnerung zu rufen, wenn neuerdings einige darauf hinwiesen, die ersten Erklärer der Schallanomalien hätten ausser acht gelassen, dass auch eine erhebliche Schallbeugung zu berücksichtigen sei. Die Frage war vielmehr zuerst gerade die: Warum traten trotz der verwischenden Beugung in diesen besondern Fällen so eigentümlich ausgeprägte Schallverteilungen auf? Damit soll das Interesse an einer nähern Untersuchung der Beugungswirkung nicht bezweifelt sein.

Im vorliegenden Fall ist nun keine Schweigenszone zu erklären, weil keine besteht. Die grosse Ausdehnung nach Osten und Nordosten ist nach der von uns früher schon vertretenen Auffassung ohne weiteres gegeben durch den mit der Höhe stark zunehmenden Westsüdwestwind, der eine Translationsbrechung — um einem bestimmten Ausdruck für diese vielfach bestrittene Erscheinung zu wählen — zum Boden hin bedingt (unterstützt von der Beugung, wie man hinzufügen mag).

Um eine Anschauung von den in Betracht kommenden quantitativen Verhältnissen zu geben, sei auf Grund der Angaben der Drachenstation Friedrichshafen berechnet, dass beispielsweise Schallstrahlen, die die Höhe von 2500 m unter 11° Elevation erreichten, in 3500 m Höhe schon horizontal verlaufen und 30 km weiter schon wieder unter die Höhe 2500 m hinabsinken mussten. Es würde unter ganz wahrscheinlichen Voraussetzungen leicht gelingen, jedem Beobachtungspunkt in genannten Richtungen seinen Schallstrahl zuzuordnen, ohne dass dieser die Troposphäre verlassen müsste.

Je weiter sich das Schallgebiet nach Südosten und Süden ausdehnt, desto weniger kann aber diese Erklärung gelten. Wenn eine Temperaturzunahme mit der Höhe stattgefunden hatte, dann konnten die Schallwellen freilich ohne Mühe den Weg ins schweizerische Mittelland finden. Eine solche Temperaturumkehr wird durch die Angaben von Friedrichshafen für die ersten 200 m um die Morgenstunden bestätigt; selbst vom Erdboden bis 1300 m ist keine Temperaturabnahme da.

Auch nach den Angaben unserer schweizerischen Stationen, auf die wir zunächst angewiesen waren, war bis zur Meereshöhe von ca. 900—1000 m eine Temperaturabnahme am Morgen kaum vorhanden und hatte auch höher nur einen geringen Betrag. Die Schallstrahlen hatten also mindestens keine erhebliche Tendenz, den Erdboden zu verlassen, und soweit diese Tendenz infolge der zunehmenden Erwärmung der untern Luftschichten doch etwas wirksam wurde, konnte ihr die Beugung entgegenwirken, und vielleicht lokal noch mehr Translationsbrechung oder Reflexion an einer jenenfalls zeitweilig vorhandenen, nicht hoch liegenden Schichte, wo die unter lokal vielfach notierten, leichten südöstlichen Winde in die stärkere Westströmung übergingen. Darauf weisen die Beobachtungen der Höhenpunkte Feldberg und Geissfluh, welche lokal eine in der Höhe liegende Zone des Schweigens annehmen lassen.

Wir werden auch hier wieder zu dem Schluss geführt, dass zwar eine meteorologische Erklärung hier aus den Verhältnissen der untersten Schichten plausibel gemacht werden kann, dass aber die meteorologischen Tatsachen genauer bekannt sein müssten, ebenso wie die Tatsachen der Ausbreitung selbst (für welche das ganze W- und NW-Gebiet fehlt), um zu endgültigen Schlüssen in dieser interessanten Frage zu gelangen.

Die Erklärung nach der Wasserstoffhypothese hat gegen sich den negativen Bericht von Besançon, wie auch schon aus der Südwestschweiz; in einem gewissen Grade auch die völlige Schall-Erfüllung des Gebietes nach Nordosten und Osten; schliesslich die immer wiederkehrenden Angaben, der Schall sei vom Horizont gekommen.

c) Die Explosion im Sundgau, am Silvesterabend 1915. (Mit Karte, s. Tafel III.)

Durch einen sehr erfahrenen Beobachter (Prof. R.) wurde uns aus Basel vom 31. Dezember abends $7^h 35^m 55^s$ ein Erdbeben gemeldet, das Fenster und Türen stark erzittern liess. Nachträglich wurde es wahrscheinlich, dass irgendwo im obern Elsass, vermutlich am Südostrand der Vogesen, eine starke Explosion, wahrscheinlich von Munition, stattgefunden hatte. Eine nachträgliche Mitteilung unseres Kollegen Prof. A. Wegener bestätigt diese Annahme und lässt den Ort ca. 12 km NNW von Mülhausen (Bollweiler?) annehmen.

Eine Anzahl von Notizen, die sich auf der von uns für den 25. Dezember versandten Karte unter der Rubrik „besondere Beobachtungen“ fanden, und einige Angaben, die mir in freundlicher Weise von der Württembergischen Meteorolog. Zentralanstalt übersandt wurden, erlauben nun hierüber einige recht bemerkenswerte Feststellungen:

Uebersicht über die Beobachtungstatsachen: In Basel soll stellenweise die Wirkung so stark gewesen sein, dass in der am NW-Rand der Stadt gelegenen Lenzgasse die Bewohner aus Furcht vor dem „Erdbeben“ alle die Häuser verlassen haben sollen. Die Mehrzahl der Bewohner hat aber im allgemeinen die Erscheinung nur akustisch wahrgenommen. Aus der Gegend von Basel liegt direkte Nachricht nur noch aus dem 15 km östlich gelegenen Möhlin vor (Pfr. Kramis: zweimalige starke Detonation mit Lichterscheinung) und ausführlicher aus dem benachbarten Rheinfeldern durch unsere zuverlässige Beobachterin A. Hoffmann. Demnach wurden dort zwei Explosionen gehört, die eine 7^h 29^m, die zweite stärkere 7^h 36^m. Die Beobachterin dachte an eine Meteorexpllosion, entsprechend der Erfahrung vom 28. Juli (s. oben), andere an ein herannahendes Gewitter. Ein junger Mann machte sogleich nachher der Beobachterin die seltsame Angabe, dass er nach dem ersten Geräusch am Himmel eine W—E fliegende feurige Kugel gesehen habe, die dann plötzlich auseinandergefahren sei. Dann sei der zweite Donner erfolgt; im Westen sei eine starke Röte erschienen, die sich rasch ausgebreitet habe und schnell wieder erloschen sei. Am andern Tag hat eine junge Tochter aus dem benachbarten Möhlin die gleichen Angaben gemacht und beigefügt, dass die Kugel kurz vor dem Verschwinden einen Moment blaues Licht verbreitet habe. Ein anderer Zeuge, der unterwegs war, will nur die sich rasch ausbreitende und verschwindende Röte gesehen haben.

Würden nur diese Mitteilungen aus Rheinfeldern vorliegen, so würde man auf ein Meteor geschlossen haben. So kann man nur an eine für andere Fälle in Erinnerung zu behaltende Täuschung der beiden Zeugen, vielleicht eine Art von „Gefälligkeitssuggestion“ denken, die nach vorliegenden Erfahrungen selbst Personen von naturwissenschaftlicher Bildung zu bestimmtest formulierten Beobachtungssimulationen bringen kann!

Aus dem Gebiet der Schweiz wird nun die Erscheinung in keiner der zahlreichen, damals eingehenden Fragekarten erwähnt — ausser überraschenderweise in einer ziemlich geschlossenen Gruppe vom Säntisgebiet und vom Bodensee! (S. Karte auf Tafel II.) Wildhaus (1115 m), auf der Rheintalseite des ins Toggenburg führenden Uebergangs, meldet 2 unmittelbar aufeinanderfolgende Detonationen, stärker als der auch sonst oft hörbare Kanonendonner. Eine entsprechende Meldung liegt voraus Starkenbach bei Alt St. Johann, im obersten Toggenburg (ca. 894 m) und vom Schwäbrig (1152 m), wo für jene Zeit „starkes Geräusch aus dem Boden“ notiert wird, ebenso von Altstätten im Rheintal, von einem Punkte, der ca. 100 m über der Rheinebene liegt. Arbon meldet zwei heftige Detonationen ca. 7^h 40^m abends, und Altnau, ebenfalls am Bodensee, zwischen Konstanz und Romanshorn, sagt, die Stärke des Geräusches habe an ein Gewitter glauben lassen.

Auch aus deutschem Gebiet kommen Bestätigungen. Zunächst ebenfalls vom Bodensee, von Meersburg; dann aber auch viel weiter nördlich aus Onstmettingen und aus dem Schlichemtal, Gegend von Ebingen, im südlichen schwäbischen Jura; das zweimalige Geräusch wird als von Westen aus dem Boden oder aus der Luft kommend bezeichnet und mit Erdbeben, Gewitter oder Explosion in Verbindung gebracht. Weiter nach Nordwesten liegen noch bestimmte Angaben aus dem nördlichen Schwarzwald vor, insbesondere aus Nagold („Erdbebenerstütterung“) und aus Herrenalb. — Aus dem südlichen Schwarzwald liegen Berichte vor aus dem Dreisamtal und aus dem Wiesental; aus dem Rheintal selbst sind Meldungen von Lahr und Dinglingen und von der Gegend des Kaiserstuhls vorhanden; auch von Gempnabach, das im mittlern Schwarzwald liegt.

Suchen wir über alle diese immerhin noch spärlichen Angaben einen Ueberblick zu gewinnen, so tritt uns hier wieder einmal das typische Bild einer primären oder innern Hörbarkeitszone, einer ausgedehnten Schweigenszone und einer weit entfernten äussern Hörbarkeitszone entgegen. Nach Osten reicht die innere Zone bis etwa 60 km von dem vermutlichen Ort der Schallquelle; dann folgt eine Schweigenszone von ca. 100 km Breite, und jetzt kommt ganz ausgeprägt die äussere Zone, bei welcher übrigens die Anlehnung an die Leeseite des Säntisgebirgs wie an das Bodensee-Ufer nicht zufällig ist. Nach Nordosten hin beträgt die Entfernung der äussern Zone 130—150 km. Nach Nordnordosten, das Rheintal hinab, reicht die innere Zone jedenfalls bis 100 km weit, und die äussere beginnt bei 150 km. Es ist in diesem ganzen nordöstlichen bis nördlichen Sektor etwas zweifelhaft, ob dort die Schweigenszone wirklich ausgebildet war. Dagegen kann diese Ausbildung für den östlichen Sektor keinem Zweifel unterliegen.

Als einzige sichere negative Nachricht mag meine eigene Beobachtung am Zürichberg gelten; ich befand mich damals im Freien, in ruhiger Gegend, und hörte zur kritischen Zeit absolut nichts Auffallendes.

Die meteorologischen Verhältnisse. Ein tiefes Minimum (unter 735 m) lag nordwestlich der britischen Inseln; im Osten war der Luftdruck hoch. Ueber dem betreffenden Gebiet waren ziemlich starke Gradienten vorhanden; die Isobaren verliefen nach Nordnordost bis Nordost. In Süddeutschland herrschte an der Erdoberfläche ziemlich schwacher Südwestwind. In Zürich wurde in den betreffenden Abendstunden NNW 1—3 m registriert ohne Zunahme bis Mitternacht, auf dem Säntis W—WSW 13 m, der sich später auf 17 m steigerte. Die Wolkenbeobachtungen in Zürich notieren um 2 p Cirrus W₂₀N 330 und um 4 p Cirrus pennatus N₃₅W 320, in Polarbanden. Es ist also in dieser Höhe (ca. 10,000 m) eine Geschwindigkeit von ca. 30 m anzunehmen. In Friedrichshafen wurde nachmittags 4 Uhr 6° Ci aus N₄₅W 220 notiert, was schon einen schnellern Zug von etwa 40 m entspricht. Es fanden zwei Fesselballonaufstiege bis 5400 m statt, um 8 a und 1¹/₂ p. Die Ergebnisse stimmen ziemlich überein. Der zweite Aufstieg hatte Temperaturumkehr von 2° in den untern 200 m, von da aber ausgesprochene Temperaturabnahme, die mit einem Gradienten von

0,6° beginnt, und von da bis zur grössten Höhe im Mittel 0,65° beträgt. Es ist eingeschaltet eine Isothermie von 1460—1720 m, eine Schicht sehr geringer Abnahme von 2100—2280 m, eine Inversion (0,5°) von 3320—3460 m. — Die Windbewegung war bis 5400 m langsam von NE über S nach W drehend, mit der von 1000—5400 m reichenden ziemlich konstanten geringen Geschwindigkeit von 4—5 m.

Die Erklärung der oben dargelegten Schallverbreitung durch die meteorologischen Verhältnisse kann in diesem Fall zwanglos geschehen. Die nach dieser Auffassung nötigen Vorbedingungen für die Entstehung der beobachteten Zone des Schweigens und der einseitigen Zone abnormer Hörbarkeit sind nach den vorangehenden meteorologischen Angaben gut ausgebildet vorhanden: nämlich eine untere Atmosphäre ohne Windzunahme mit der Höhe, aber mit ausgesprochener Temperaturabnahme, in welcher horizontal ausgehende Schallstrahlen mit einem Krümmungsradius von ca. 90 km nach oben gelenkt werden; darüber aber eine mächtige, von ca. 2000 bis gegen 10 000 m reichende Schicht mit sehr starker (0,5—0,6° auf 100 m betragender) Windzunahme mit der Höhe, in welcher Schallstrahlen mit einem Krümmungsradius von ca. 120 km wieder nach unten abgelenkt werden. Diese Verhältnisse sind so sehr ähnlich denjenigen, die im letzten Jahresbericht (1914) Tafel II, Figur C graphisch dargestellt sind, dass einfach auf die dort in richtigen Verhältnissen wiedergegebenen Schallstrahlenwege verwiesen werden kann.

Zur Erklärung der Ausdehnung des Hörbarkeitsgebiets von Nordnordost bis Ostsüdost sei nur noch darauf hingewiesen, dass im erstern Gebiet der Wetterlage zum betreffenden Zeitpunkt nach mehr Süd- bis Südwestwinde schon in tieferm Niveau, im letztern mehr West- bis Nordwestwinde erst in höherem Niveau in Betracht kommen. Dazu stimmt auch die deutlichere Ausbildung der Schweigenszone in letzterm Gebiet.

Was die Erklärung nach der Wasserstoffhypothese betrifft, würden die vorliegenden Tatsachen auch zu dieser passen, bedürfen ihrer aber nicht. Die Beobachtungen aus den entscheidenden Gebieten fehlen. Dem negativen Bescheid aus Besançon wird man in diesem besondern Fall kein besonderes Gewicht beilegen dürfen.

* * *

Wenn eine allgemeine Folgerung aus diesen Fällen gezogen werden kann, so scheint es uns besonders die schon früher betonte zu sein: Eine zwingende Lösung ist auf Grund dieser Kriegsbeobachtungen nicht möglich. Man wird Experimente grossen Stils mit gleichmässigen Beobachtungen in weitester Ausdehnung rings um die Schallquelle, aërologisch genau kontrollierten atmosphärischen Bedingungen und mit genauen Zeitbeobachtungen etc. anstellen müssen. Solche sind durchaus durchführbar und aussichtsreich, und das in Frage stehende Problem ist eine solche Anstrengung reichlich wert. Wie solche Versuche zu organisieren wären, liesse sich in der Hauptsache schon jetzt angeben; es wäre aber wohl verfrüht. Es ist Aussicht, dass sich eine schweizerische wissenschaftliche Gesellschaft dafür interessieren wird.

d) Jährliche Periodizität der Schallausbreitung 1915/1916.

Eine gewisse, wenn auch nicht einwandfreie Uebersicht über die jährliche Periodizität wird sich ergeben aus folgender Zusammenstellung der Zahl der Tage jeden Monats, für welche wir solche Meldungen erhalten haben; es sind dies, abgesehen von einzelnen Tagen, Zufallsmeldungen; unsere Beobachter waren nicht zum regelmässigen Notieren der Erscheinung aufgefordert.

		Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
Zahl der Tage	1915	4	4	—	1	—	—	—	1	1	3	1	17
	1916	17	18	17	2	1	1	—	—	—	—	2	(5)

Bei dieser Statistik sind ausgenommen die Meldungen von Orten nahe der Nordwestgrenze, wo der Kanonendonner aus dem Oberelsass etwas Gewöhnliches ist, und uns deshalb auch kaum gemeldet wurde. Es handelt sich hier vielmehr um Mitteilungen aus dem Mittelland und der Ostschweiz, wo die Hörbarkeit etwas mehr oder weniger auffälliges darstellte.

Es ist in den obigen Zahlenreihen nun eine deutliche jährliche Periodizität ausgedrückt. Dieselbe war in der Schallquelle selbst nicht vorhanden. Wenn auch die Artilleriekämpfe gewisse Pausen aufwiesen, oder zeitweilig weniger energisch waren, so waren doch so grosse Unterbrechungen nach den vorliegenden Nachrichten nicht vorhanden. Es liegt also wirklich eine jährliche Periodizität in der Fortleitung vor, mit einem Verschwinden im Sommer und einem Maximum im Dezember und Januar.¹⁾ Verschiedene Faktoren haben einen jährlichen Gang, der in diesem Sinn wirkt, oder können ihn haben: die akustische Trübung der Atmosphäre durch aufsteigende Luftströme, die Temperaturänderung mit der Höhe, die Aenderung der Windgeschwindigkeit mit der Höhe, die Windrichtung in der Höhe. Von jeher hat man auch den gefrorenen Boden verantwortlich gemacht, neuerdings auch den periodischen Laubfall. Aber das sind doch wohl nur Parallelerscheinungen. Diejenigen, welche an der Erklärung dieser Phänomene durch eine Wasserstoffatmosphäre festhalten, wären wohl genötigt, auch hier jährliche Perioden plausibel zu machen.

¹⁾ Siehe auch die Arbeit von W. Brand im Sitzungsbericht der Naturf. Gesellschaft zu Marburg 1916, die uns nach Drucklegung unseres Berichtes zugeht.