

Jahresbericht des schweizerischen Erdbebendienstes 1913.

1. Zur neuen Organisation.
2. Die 1913 in der Schweiz gespürten Erdbeben.
3. Die 1913 auf der schweiz. Erdbebenwarte bei Zürich aufgezeichneten Nahebeben.
4. Anhang: Die drei Tunnelbeben in Grenchen und ihre Bedeutung für die Kenntnis der wahren Geschwindigkeiten in den obersten Erdschichten.

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

1. Zur neuen Organisation.

Das Jahr 1913 bildete ein gewisses Interregnum in der Organisation des schweizerischen Erdbebendienstes, insofern als mit 1912 die Publikationen der bisherigen Erdbebenkommission abschliessen [siehe den Schlussbericht des Vorsitzenden¹⁾], während der Bundesbeschluss, wonach der Erdbebendienst von der Schweizerischen meteorologischen Zentralanstalt übernommen wurde, sich bis zum 19. Dezember 1913 verzögerte. Das Gesetz trat erst am 1. April 1914 in Kraft. Dieses Zwischenjahr brachte aber keineswegs die vom Vorsitzenden der bisherigen Kommission mit Kummer angenommene Störung in der Sammlung und Bearbeitung des Materials. Vielmehr wurde die mit jedem Interregnum verbundene grössere Freiheit der Initiative ausgenützt zur Ausarbeitung und mehrfachen Erprobung einer neuen Organisation der makroseismischen Beobachtungen, wie sie sich dem Berichterstatter schon im Lauf einer achtjährigen Praxis als erstrebenswert ergeben hatte, und schon im Bericht für das Jahr 1910 (Seite 3) angedeutet ist. Die nähere Anlehnung an die bestehende umfassende Organisation der meteorologischen Beobachtungen erlaubte nun, die Durchführung vorzubereiten.

Den makroseismischen Berichten hatte bisher als Grundlage das vom Publikum spontan eingehende oder auf Zeitungsaufrufe hin eingesandte Material gedient, öfters ergänzt durch Erkundigungen der Kommissionsmitglieder; es lief im Lauf des Jahres nach und nach bei dem Sekretär der Kommission ein und wurde nachher auch ergänzt durch Anfragen des Bearbeiters — soweit Ergänzungen nach Jahresfrist überhaupt möglich sind!

Dies genügte zur Feststellung der Zahl und ungefähren Ausdehnung der Erdbeben, aber nicht mehr zur genaueren Feststellung der Ausbreitung, die von jeher mit Hinsicht auf mögliche Beziehungen zu morphologischen und tektonischen Faktoren angestrebt wurde. Dazu kam nun auch die Notwendigkeit, diese makroseismischen Feststellungen mit Rücksicht auf die Diskussion und Verwertung der Apparataufzeichnungen zu präzisieren. Die neue Organisation musste ein homogeneres und umfassenderes Material schneller und direkter der Zentralstelle zuführen, welche dasselbe dann allerdings auch sogleich orientierend zu bearbeiten hatte.

Auf Grund von mannigfaltigen Versuchen und von ermutigenden mündlichen Auskünften, die mir Herr Direktor Angot in Paris über gute Erfahrungen mit ähnlichem Vorgehen in Frankreich machte, gelangte ich Ende 1913 zu folgendem Vorschlag für die künftige Gestaltung des makroseismischen Dienstes, der von der Direktion und meteorologischen Kommission denn auch stillschweigend gutgeheissen worden ist:

„1. Es sind in der ganzen Schweiz eine grössere Anzahl von Erdbebenkorrespondenten zu gewinnen, welche bezügliche Wahrnehmungen aus ihrer Gegend der Zentralanstalt sogleich provisorisch zu melden bereit sind. Diese Korrespondenten würden sich zusammensetzen aus sich bereit findenden bisherigen Kommissionsmitgliedern²⁾, ferner aus sonstigen interessierten und geeigneten Personen, die uns schon in grösserer Zahl bekannt sind, besonders aber aus den Beobachtern der meteorologischen und pluviometrischen Stationen, welche auf eine bezügliche Meldepflicht ausdrücklich und periodisch wiederholt aufmerksam zu machen sind.“

¹⁾ Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. 1914.

²⁾ Es haben namentlich die Herren Bühler, Hess, Riggenbach und Tarnuzzer auf unsere Bitte ihre Mitarbeit fortgesetzt.

„2. Nachdem der Erdbebendienst der Zentralanstalt so über die Ausdehnung des jeweiligen Gebietes orientiert ist, hat derselbe (soweit es nötig scheint) nun an alle Gemeinden desselben an geeignete Stellen (Gemeindekanzlei, eventuell Lehrer oder Pfarrer, besonders wo diese unsere Beobachter sind) kurzgefasste Antwortkarten mit vorgedrucktem Antwortschema zu senden.“

Zur Probe waren auf diese Weise, mit Unterstützung von Dr. Billwiller, vorher untersucht worden die Erdbeben von Glarus vom 6. Oktober, von Grenchen vom 2. und 11. November, ferner die ausgedehnten Graubündnerbeben vom 10., 22. und 30. Dezember.

Der Erfolg der Versuche, die verschiedenem Kopfschütteln begegnet hatten, war sehr gut. Die Amtsstellen, an die wir uns wandten, zeigten das erhoffte Interesse an diesem ausserhalb des Geschäftsbetriebs liegenden Gegenstand, und auch wo in derselben Gegend mehrere Erdbeben sich in wenigen Tagen folgten, wie in dem freilich von Herrn Tarnuzzer gut erzogenen Graubünden, gingen am Schluss mehr Antworten ein als am Anfang, ja es blieb kaum mehr eine Anfrage unbeantwortet.

Es war also möglich, diese Erdbeben genauer zu charakterisieren, als es mit der frühern Sammlungsweise je der Fall war. Die Intensitätskarten für die Erdbeben vom 2. November, 11. November und 10. Dezember finden sich im Anhang.

Dem Interesse einer schnellern Beantwortung und Bearbeitung dürften auch die neuen Fragekarten dienen, die an Stelle der bisherigen unübersichtlichen Fragebogen und wenig praktischen leeren Antwortkarten nach sorgfältigster Prüfung eingeführt wurden.

Es erscheint angebracht, den Text dieser neuen Fragekarten auch hier wiederzugeben:

Zürich, Datum des Poststempels.

Sehr geehrter Herr!

Wir ersuchen um Ihre freundliche Mitwirkung bei der uns amtlich übertragenen Feststellung der genauen Verbreitung der schweizerischen Erdbeben, speziell desjenigen vom und bitten Sie, die Fragen der Antwortkarte nach Möglichkeit zu beantworten; besonders wichtig sind uns die beiden ersten, die z. B. durch Nachfragen in einer Schulklasse, oder in der Unterweisung ohne grosse Mühe mit ziemlicher Zuverlässigkeit beantwortet werden können. Wir bitten diese Anfrage, wenn nötig, dementsprechend an eine geeignete Persönlichkeit weiterzugeben, und die Antwort unter allen Umständen zurückzusenden (womöglich innert 8 Tagen). Verneinende Nachrichten sind für die Untersuchung ebensowichtig wie bejahende.

Die meteorologischen und Regenmess-Stationen sind gebeten, von sich aus nach Beobachtung eines Erdbebens ihre besondere Meldekarte so bald als möglich zurückzusenden.

Mit bestem Dank für Ihre Bemühungen

Hochachtungsvoll

Der Erdbebendienst der Schweiz. Meteorol. Zentralanstalt.

- NB. 1. Bei Nachfragen ist zu berücksichtigen, dass leichtere Erdbeben, die bei den meisten unbeachtet bleiben, doch oft in den obersten Stockwerken hoher Häuser und von bettlägerigen schlaflosen Personen deutlich wahrgenommen, aber falsch gedeutet, oder aus Furcht, ausgelacht zu werden, nicht weiter berichtet werden.
2. Wenn Sie den Stand einer guten Uhr zur Zeit eines Erdbebenstosses zufällig genau (etwa auf die Sekunde) feststellen konnten, soll die Uhr sobald als möglich telephonisch mit uns verglichen werden (8 Uhr morgens bis 6 Uhr abends Telephon Nr. 2840, sonst Nr. 11168). Die Auslagen ersetzen wir gern. Eine solche Beobachtung ist höchst wertvoll.

(Antwortkarte.)

1. Wurde in Gemeinde bei
Kt. am 19
- ein Erdbeben beobachtet? Ja od. nein. Zeit: ... Uhr ... Min. ... Sek. ^{vorm.} _{nachm.}
- a) allgemein? b) von vielen? c) von wenigen? d) ganz vereinzelt?
2. (Bei erwünschter Befragung z. B. einer Schulklasse, oder von Unterweisungskindern): Unter ca. befragten Familien od. Personen ist es gespürt worden von ca.
3. Wurde es gespürt: vorwiegend nur in obern Stockwerken? auch im Erdgeschoss? auch im Freien? Event. stärker gespürt in welchem Gemeindeteil: z. B. am Berg? im Talgrund?
4. Art der Erschütterung: Stoss? Schaukeln? Zittern? Geschätzte Dauer ca. Sek. Wie viele deutlich getrennte Stösse? in welchen Zwischenräumen: ca. Sek.
5. Stossrichtung?, bestätigt durch Bewegung von Gegenständen?
6. Wirkung auf Gegenstände und Gebäude; Geräusche:
7. Verhalten von Menschen und Tieren, merkwürdige Einzelheiten, Ergänzungen:

Unterschrift:

Bitte das Zutreffende unterstreichen!

Dieser Fragekarte entspricht eine im Besitz der Erdbebenkorrespondenten befindliche, sinngemäss ganz wenig abgeänderte Meldekarte, die nach jeder Meldung sogleich erneuert wird.

Zu den einzelnen Fragen ist folgendes zu bemerken: Bei der Zeitrubrik ist auf die Bemerkung des frühern Fragebogens: „womöglich nach Telegraphenuhr korrigiert“, absichtlich verzichtet, weil sie den Bearbeiter im unklaren lässt, und doch in dieser Form kein brauchbares Resultat verspricht. Dagegen ist in der Zuschrift selbst unter NB. 2 auf die in diesem Fall einzig wertvolle Art der Zeitkontrolle verwiesen. — Die Stufen a bis d entsprechen den Graden 5 bis 2 der Forel'schen Skala, welche für diese Berichte beibehalten wird, auch aus dem Grunde, weil sie, wenn auch an sich revisionsbedürftig, in der Praxis für die Grade 5, 6, 7 besser abstuft, als die Mercalli'sche. Frage 2 bietet oft eine wertvolle Kontrolle über die Art der Einordnung unter a bis d. Diese beiden ersten Fragen scheinen für die bei uns häufigsten Grade 2 bis 5 überhaupt das zuverlässigste Mass für die Intensität zu geben; das Zufällige in der Beurteilung durch den einzelnen ist dabei mehr ausgeschlossen. Auch Frage 3 erlaubt eine weitere Beurteilung der Intensität und berührt auch mögliche Einflüsse des Untergrundes. Bei Frage 4 ist an verschiedene Einsätze mit Beziehung auf die Registrierung gedacht. Der knappe Raum bei Frage 6 berücksichtigt die Seltenheit stärkerer objektiver Wirkungen, bei deren Eintreten ja sehr wohl Nr. 7 benützt werden kann, oder briefliche Ergänzung, die dann ganz von selbst eintritt.

Was die mikroseismischen Beobachtungen betrifft, so wurde, wie der unter 3 unten folgende Abschnitt zeigt, auch ihre Gewinnung und Bearbeitung für 1913 durchgeführt, wenn auch hier notwendig auf Kosten der für andere Arbeiten bestimmten Zeit, da die bei der Uebernahme des Erdbebendienstes zugesagte Hilfskraft bis jetzt ausgeblieben ist.

2. Die im Jahre 1913 in der Schweiz gefühlten Erdbeben.

Zusammenfassung.

Im Jahre 1913 wurden im Gebiet der Schweiz 35 Erdstösse gespürt. Dieselben verteilen sich folgendermassen auf die Monate:

Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.
3	1	2	1	2	3	3	2	3	2	2	11

Davon fielen 19 in die Zeit der Ruhe (8 p bis 8 a) und 14 in die Zeit der Tätigkeit. Vier haben ihren Herd sicher, drei weitere möglicherweise ausserhalb der Schweiz. Von diesen Erdstössen war der beachtenswerteste derjenige vom 20. Juli, welcher, wiederum von der schäbischen Alb ausgehend, fast die ganze Schweiz erschüttert hat. Unter den autochthonen Erdbeben waren wegen der Frage des Zusammenhanges mit dem Tunnelbau ganz besonders interessant die drei Erdbeben von Grenchen vom 1. Juni, 2. und 11. November. Sie haben deshalb im Anhang eine besondere Darstellung gefunden. Ferner sind hervorzuheben die schon oben erwähnten Graubündner Erdbeben im Dezember, die sich als Erdbebenschwarm noch weit ins folgende Jahr fortsetzten, und dort nochmals im Zusammenhang darzustellen sind.

Einzelne Erdbeben.

1. Am 4. Januar zwischen 2 und 3 Uhr früh wurden „in Konstanz und andern Orten der Seegegend (Zeitungsmeldung!)“ zwei ziemlich kräftige Erdstösse von einigen Sekunden Dauer gespürt. Grad 2 bis 3.
2. Am 15. Januar ist kurz nach 7 Uhr morgens im Simmental (Berner Oberland) ein „ziemlich heftiger Erdstoss“ verspürt worden. (Zeitungsnotiz.)
3. Am 28. Januar um 11 Uhr nachts wurde in Payerne von verschiedenen Personen ein leichter Erdstoss gespürt. Die Richtung wird verschieden angegeben. Grad 3.
4. Am 27. Februar um 4^h 16^m morgens wurde im ganzen Markgräfler Land (Baden), sowie in Sulzburg, Britzingen und Buggingen „heftige“ (Zeitungsmeldung!) Erdstösse gespürt. Die Erschütterung wurde auch noch auf schweizerischem Gebiet in Laufenburg (Aargau), deutlich wahrgenommen; selbst aus Zürich liegen noch einige Meldungen vor; eine vereinzelte auch aus Kilchberg bei Zürich. Für letztere Gegend ist Grad 2 anzunehmen. Registriert auf unserer Erdbebenwarte.
5. Am 9. März um 5^h 49^m abends wurde auf dem Grossen St. Bernhard ein leichtes Erdbeben gespürt, Dauer ca. 2 Sekunden, Richtung scheinbar N-S nach der Art, wie der Beobachter im Stuhl geschaukelt wurde. Die Erschütterung wurde auch im Tale von Aosta gespürt, ebenso in Martigny, und zwar hier schwächer noch als auf dem Hospiz. Grad 2. Registriert auf unserer Erdbebenwarte, ebenso in Neuchâtel, Strassburg und Hohenheim. Das italienische Bulletin enthält nichts.
6. Am 21. April um 9^h 25^m abends wurde in Käpfnach und Horgen (a. Zürichsee) ein ziemlich starker Erdstoss gespürt, der übereinstimmend als senkrecht von unten kommend, mit wenigen Sekunden Dauer geschildert wird. In Käpfnach liefen die Leute auf die Strasse. Von verschiedenen Seiten wurde ein Einsturz im Käpfbacher Braunkohlenbergwerk vermutet; nachgewiesen ist aber nichts. — Im Maximum Grad 4 bis 5. In Zürich keine Spur von Registrierung.
7. Am 21. Mai abends 11^h 20^m ca. 40^s wurde in S^{ta} Maria (Münstertal, Graubünden) ein ganz kurzer Erdbebenstoss wie ein Schlag von unten wahrgenommen, an dem ziemlich viele Leute erwachten; ein Aechzen des Gebälkes wurde beobachtet. Grad 4.
8. Am 22. Mai früh um 0^h 46^m ca. 30^s wurde wiederum in S^{ta} Maria ein zweiter Stoss gespürt, z. T. als von unten kommend, z. T. mit Richtung SW-NE beschrieben, der wiederum manche Leute weckte. Grad 4. (Vom 21.—24. Mai werden diese und andere Erdstösse gemeldet für das benachbarte Vintschgau).
9. Am 1. Juni um 1^h 56^m mittags wurde in Grenchen bei Solothurn von zahlreichen Personen ein Erdstoss gespürt. Näheres über dieses merkwürdige Erdbeben findet sich bei der unten folgenden besondern Besprechung der Erdbeben vom 2. und 11. November vom gleichen Orte. Grad 3 bis 4. Registriert in Zürich.
10. Am 2. Juni um 1^h 45^m mittags wurde in Vissoie von den verschiedenen Angestellten des Elektrizitätswerks ein ziemlich starker Erdstoss gespürt. Ein leichterer Stoss soll am gleichen Abend um 7 Uhr bemerkt worden sein, ein stärkerer wiederum am 3. Juni um 3 Uhr morgens.
Am 14. Juni wird für 1^h 30^m mittags von einer einzelnen Beobachterin in Vevey die Wahrnehmung einer wellenförmigen Bewegung gemeldet. Ein Zeitungsaufruf durch Herrn Bühler hat keine Bestätigung erbracht. Das sehr starke Beben von Tirnowo (Balkan), auf welches die Betreffende sich selbst bezieht, hatte bei uns sein registriertes, allerdings sehr starkes Maximum (330 μ) schon um 10^h 40^m sein Ende um 11^h 30^m.
11. Am 18. Juni um 9^h 56^m 16^s abends (Zeit kontrolliert?) wurde von einem einzelnen Beobachter in Zizers bei Chur im Turm des Johannesstiftes eine Erderschütterung von angeblich 1 Minute Dauer wahrgenommen. Die Richtung schien N-S zu sein, der Stärkegrad wurde auf 3 geschätzt.

12. Am 14. Juli um 12^h 43^m 09^s (korrigiert!) nachts erwachte der Berichterstatter in Zürich am Kopf einer leicht beweglichen Schranktüre; eine zweite ähnliche Meldung aus Zürich und eine weitere aus Bülach liegen vor. Es handelt sich um die Ausläufer eines Bebens in der schwäbischen Alb; dasselbe wurde auch im Ebinger Schwarzwaldkreis gespürt. Grad 1 bis 2. Registriert auf der Erdbebenwarte.

13. Am 20. Juli um 1^h 07^m mittags wurde **der grösste Teil der Schweiz** erschüttert durch ein Erdbeben, das seinen Herd wiederum in der **schwäbischen Alb** hatte, und welches das stärkste Nachbeben seit jenem vom 16. November 1911 war.

Es sind uns zugekommen aus dem Kanton Zürich 86 Meldungen, St. Gallen 28, Appenzell 5, Thurgau 15, Schaffhausen 14, Basel 7, Aargau 12, Glarus 6, Graubünden 11, Schwyz 2, Luzern 6, Zug 1, Bern 5(!), Waadt 10, Tessin 1, ausser den 35 Meldungen unserer meteorologischen und Regenmess-Stationen.

In der Nordostschweiz wurde das Erdbeben ganz allgemein wahrgenommen, also mit Grad 5, jedoch entschieden schwächer als am 16. November 1911.

Für alle Einzelheiten muss verwiesen werden auf die offizielle Publikation des Bureaus der Internat. seism. Assoziation in Strassburg, welches die umfassende Bearbeitung dieser beiden Erdbeben auf sich genommen, und sich auch das gesamte schweizerische Material zur Bearbeitung erbeten hat. Bedauerlicherweise liegt diese bedeutsame Arbeit, die abgeschlossen ist, infolge des Krieges bisher noch nicht publiziert vor; doch wurde uns durch Direktor Hecker in die Korrekturbogen des mikroseismischen Teils in entgegenkommender Weise bei Abschluss dieses Berichtes Einsicht gegeben. Als Koordinaten des Herdes ergibt sich darnach (für beide Beben übereinstimmend): $48^{\circ} 19' \pm 4' N$ und $9^{\circ} 10' \pm 3\frac{1}{2}' E$ (also sehr nahe dieselben, wie in unserer provisorischen Annahme $48^{\circ} 22' N$ und $9^{\circ} 13' E$).

Das wichtigste Ergebnis dieser Untersuchung ist wohl die Erkenntnis, dass man bei Nahebeben nicht mehr mit elastischer Isotropie der Erdrinde rechnen dürfe. Demgemäss sind die ersten Vorläufer hier nicht mehr als reine Longitudinalwellen aufzufassen; es darf auch nicht mehr erwartet werden, dass der nachfolgende Einsatz den Transversalwellen entspricht. Es scheinen vielmehr zwischen P und M vier bis fünf besondere Wellenzüge aufzutreten. Auch die Deutung der beiden Wellenzüge P und P_1 , in welche die ersten Vorläufer sich von einer Entfernung von $d = 160$ km an spalten, wird wieder zweifelhaft. Jedenfalls aber haben beide vorwiegend longitudinalen Charakter. Die Aufzeichnungen unserer Erdbebenwerte leisteten bei der vorliegenden Untersuchung wesentliche Dienste.

14. Am 28. Juli um 3^{3/4} Uhr nachmittags wurde in Urnäsch (Appenzell) ein leichter Erdstoss in der Richtung W-E gespürt. Grad 1 bis 2.

15. Am 1. August um 4^{3/4} Uhr nachmittags wurde wiederum in Urnäsch eine leichte Erderschütterung bemerkt; die Meldung rührt wiederum von einem einzigen, zuverlässigen Beobachter her. Grad 1 bis 2.

16. Am 17. August um 4^h 37^m nachmittags wurde in Flurlingen bei Schaffhausen ein Erdstoss beobachtet.

17. Am 28. September um 8^h 11^m morgens wurde in Avers-Cresta (Graubünden) ein kurzer Erdstoss gespürt, 3—4 Sekunden dauernd, scheinbar vertikal. Geschirr und Fenster klirrten. Grad 4.

18. Am 29. September soll in San Vittore ein leichtes Erdbeben verspürt worden sein, Richtung W-E, mit starkem unterirdischem Getöse (Meldung des „Bündner Tagbl.“ vom 7. Oktober: „am Montag vor 8 Tagen“; keine Angabe der Stunde).

19. Am 30. September um 5^h 15^m morgens wurde in Kulm (Aargau) von zwei Personen im gleichen Haus zwei kurze, ziemlich heftige und rasch aufeinanderfolgende Erdstösse gespürt. Wände und Dachgebälke krachten; voran ging unterirdisches Rollen. Die Richtung schien W-E zu sein. Stärke 3 Grad. Anderweitige Angaben fehlen merkwürdigerweise.

20. Am 6. Oktober um 11^h 50^m abends wurde im südlichen Teil des Kantons Glarus ein Erdbeben gespürt. Als Resultat unserer Nachfrage bei den Gemeindepräsidenten sämtlicher politischer Gemeinden des Kantons und einigen Privaten ergibt sich folgendes über die Verbreitung der Erschütterung:

Die nördliche Grenze bildet das Klöntal und der Ort Glarus, wo die Bewegung nurmehr von wenigen wahrgenommen wurde. Nördlich davon lauten alle Berichte negativ, auch aus dem Wäggital, südlich auch noch von Ennenda und Mitlödi.

Von hier an lauten die Angaben bejahend in einer Folge bis Linthtal hinauf, aus den Ortschaften Sool, Schwanden, Haslen, Läggelbach, Luchsingen, Hätzingen, Diesbach, Betschwanden, Rüti, Braunwald, Linthal. Die Gegend stärkster Erschütterung liegt zwischen Hätzingen und Linthal, in welcher Zone die Erschütterung von vielen oder selbst von allen wahrgenommen worden ist, also mit Grad 5.

Aus dem Sernftal liegt von Engi keine Antwort vor, aus Matt eine verneinende, nur aus Elm eine bejahende, ebenso noch von der Rheintalseite aus Flims. Verneinend lautet wiederum die Antwort aus Brigels. Dagegen will man, einer Zeitungsmeldung zufolge, den Stoss in dem weitentfernten Bergün noch gespürt haben. Registriert auf der Erdbebenwarte Zürich, jedoch mit verwunderlich geringer Intensität.

21. Am 14. Oktober um 10^h 3^m vormittags wurde in Mels (Graubünden) ein 4—5 Sekunden dauernder Erdstoss gespürt; die Fenster klirrten. (Zeitungsmeldung.) Grad 3 bis 4.

22. Am 2. November wurde um 2^h 50^m früh in der Gegend von Grenchen ein starkes Erdbeben gespürt. Siehe unten den Anhang.

23. Am 11. November wurde um 8^h 59^m morgens wiederum in der Gegend von Grenchen ein starkes Erdbeben gespürt. Siehe unten den Anhang.

24. Am 10. Dezember um 2^h 40^m nachmittags wurde in Montreux und Umgebung ein ziemlich kräftiger Erdbebenstoss gespürt, über welchen Herr C. Bühler, der sich um die Feststellung der Tatsachen speziell bemüht hat, folgendes mitteilt: Schon 10^h 20^m a ist ein schwacher Stoss, von einer Person gemeldet (eine bettlägerige Kranke) worden.

2^h 40^m p ein senkrechter Stoss (von einigen Personen wurden mir 2 unmittelbar folgende Stösse angegeben). Stärke 4 bis 5 Grad, mit explosionsartigem Knall, von NW her. Der Fussboden schien sich unter den Füßen mehrmals zu heben und zu senken. Viele Leute verliessen ihre Wohnungen, um sich nach der Ursache oder dem Ort der Explosion zu erkundigen; der Gedanke an ein Erdbeben kam erst nachher, als keine Explosion festgestellt werden konnte.

Das Schüttergebiet umfasste, Montreux als Zentrum, die umliegenden Dörfer in nächster Nähe. In Vevey war die Erschütterung sehr schwach und von wenigen Personen bemerkt, in Villeneuve noch deutlich spürbar. In der Rhoneebene und weiter hinaus als Vevey wurde nichts beobachtet. (Negativer Bescheid aus Aigle, Châtel, Bex, Monthey, Martigny.) Die ganze Erscheinung glich in Intensität und Ausbreitung dem Beben vom 5. Juni 1910.

25. Am 10. Dezember um 11^h 10^m nachts wurde ein **grosser Teil des Kantons Graubünden** durch ein Erdbeben erschüttert, dessen Mittelpunkt etwa 10 km südsüdwestlich von Chur zwischen dem Domleschg und der Lenzerhaide lag. Das Gebiet stärkster Erschütterung, wo das Erdbeben allgemein bemerkt wurde (Grad 5), hatte nordsüdwärts eine Erstreckung von 50 km, westöstlich von 30 km. Die grösste Ausdehnung des fühlbar erschütterten Gebietes betrug rund 80 km. Es gingen im ganzen 107 Berichte ein, wovon der grösste Teil Antworten auf die Fragekarten, die wir den Präsidenten der politischen Gemeinden sogleich nach den ersten Nachrichten zugesandt hatten. Diese zahlreichen und verhältnismässig homogenen Berichte erlaubten den Versuch, eine Karte der Intensitäten zu entwerfen, wie sie im Vergleich mit einer analogen Karte für die Grenchener Erdbeben auf Tafel II abgebildet ist.

Dieses Erdbeben war das erste einer Reihe von Erschütterungen, welche in Zwischenräumen von wenigen Wochen ungefähr das gleiche Gebiet trafen. Die zweite Hälfte fällt aber schon in das Jahr 1914, so dass dort dieser Erdbebensturm als Ganzes nochmals behandelt werden wird. Das Beben wurde in Zürich registriert.

26. Am 21. Dezember um 3^h 25^m nachmittags wurde in Flims ein kurzer Erdstoss wahrgenommen, der die Dielen krachen machte. Grad 3.

27. Am 21. Dezember 6^h 30^m 35^s abends will ein einzelner Beobachter in Zürich einen leichten Erdstoss gespürt haben. Die Apparate zeigten nichts.

28. Am 22. Dezember, ungefähr früh 12^h 55^m sind in Lausanne in ein und demselben Haus zur gleichen Zeit ohne ersichtlichen Grund zwei Uhren stehen geblieben, ebenso eine Pendeluhr in Clarens, vermutlich um die gleiche Zeit. Für denselben Tag erschien in der Zeitung eine Erdbebennotiz ohne Angabe der Stunde.

29. Am 22. Dezember um 12^h 38^m und einigen Sekunden (Dr. Tarnuzzer) mittags wurde zum zweitenmal das **Graubündner Gebiet** erschüttert, in ähnlichem, aber noch etwas grösserem Umfang und mit ähnlicher Intensität wie am 10. Dezember. Es gingen im ganzen 121 Berichte ein, fast alles Antworten auf unsere Fragekarten, ausserdem für dieses wie die andern Beben zahlreiche Zeitungsmeldungen. Dieselben erlauben folgende Feststellungen:

Das Maximum der Erschütterung wurde erreicht im Domleschg in der Gegend von Rothenbrunn, etwa mit Grad 6; dort verliessen manche Personen im Schrecken das Haus.

Dasselbe wird auch von Kästris und Thusis gemeldet.

Von weitem Wirkungen wird gemeldet: Aus Ems einige kleine Risse im Verputz; aus Tomils „respektable Risse“, Herabfallen aufgehängter Gegenstände und Erschrecken von Tieren; letzteres auch von andern Orten. In den Felsen bei Parpan wurden Gemen, die im Fernrohr beobachtet wurden, sofort flüchtig. — Sehr beachtenswert ist die öftere Angabe von 2 Stössen auch in dem herdnahen Gebiet, so Thusis: mit kurzem Zwischenraum; Versam: mit 2 Sekunden Zwischenzeit; Tomils: rasch aufeinander; Parpan: 1—2 Sekunden Zwischenzeit; Zillis: mit 3—4 Sekunden Zwischenzeit; Fläsch: kurz aufeinanderfolgend. Vielleicht handelt es sich hier um die aufeinanderfolgende Ankunft von Longitudinal- und Transversalwellen; dann wäre ein Schluss auf die Herdtiefe möglich; diese würde sich von der Grössenordnung von 10—20 km ergeben.

Das Gebiet mit Grad 5 erstreckte sich diesmal ziemlich viel weiter das Vorder-Rheintal hinauf, bis gegen Surrhein, statt nur bis gegen Ilanz. Das Gebiet der fühlbaren Erschütterung reichte diesmal südwärts bis Castasegna und Braggio, statt nur bis Avers-Cresta; und nordwestwärts, statt nur bis in einen Teil des Kantons Glarus, nun über diesen ganzen Kanton hin bis Lachen am Zürichsee. Es betrug also die grösste Erstreckung des Gebietes 110 km. Die Begrenzung nach N, E und SE änderte sich nicht wesentlich.

Die Erschütterung wurde auch noch ganz vereinzelt in Thun von einer Kranken (der Mutter des Berichterstatters) wahrgenommen als zwei getrennte Stösse. Registriert in Zürich.

30. Am 23. Dezember abends 11^h 20^m wurde in Winterthur von einem einzelnen zuverlässigen Beobachter ein vertikaler Stoss gespürt.

31. Am 24. Dezember wurden gegen Mitternacht von einzelnen Leuten in Küblis (Prättigau) noch ein Erdstoss gespürt.

32. Am 26. Dezember früh in der Nacht wollen in Tomils verschiedene Bewohner wieder ein schwaches Beben beobachtet haben.

33. Am 30. Dezember um 11^h 10^m abends fand das **dritte grosse graubündnerische Erdbeben** dieses Jahr statt, mit dem Epizentrum wiederum, wie in den vorhergehenden Fällen, südsüdwestlich von Chur, in der Gegend des Domleschg.

Es gingen 52 Berichte ein. Die Ausdehnung war ungefähr wie die vom 15. Dezember, eher etwas kleiner; so wurde diesmal nur ein kleiner Teil des Glarnerlandes (Elm) einbezogen. Die Intensität scheint auch ziemlich viel kleiner gewesen zu sein; immerhin herrschte im ganzen Domleschg der Grad 5, wie auch noch an einigen andern Punkten, nördlich von Chur und im Schanfigg. Bei diesen wie bei den vorhergehenden Beben dieses Erdbebenschwarms scheint die nordsüdliche Ausdehnung des Gebiets mit diesem Stärkegrad eine Tatsache zu sein; ja vielleicht sogar ein sekundäres Zunehmen der Intensität nördlich von Chur. Auffallend ist die enge Eingrenzung des Schüttergebiets sowohl gegen das Safiental zu, wie gegen das Oberhalbstein und das untere Davos; hier mag der oberflächliche tektonische Bau (das Auftreten der ostalpinen Decke) mitspielen. Was sonst noch an einigen Orten mitspielt, z. B. im Gebiete der Lenzerhaide, ist eine erhebliche Gleichgültigkeit unsern Fragen gegenüber, wohl mitbedingt durch den Wintersaisonbetrieb. Im allgemeinen aber haben wir uns über die Bereitwilligkeit zur Auskunfterteilung nur zu bedanken.

34. Am 31. Dezember, merkwürdigerweise schon wiederum 11^h 10^m nachts, wurde in Chur vor der Stadt in verschiedenen Häusern von Bewohnern oberer Stockwerke wiederum ein Bebenstoss gespürt. Kinder im zweiten Stock wurden aus dem Schlaf geweckt. Grad 3—4.

3. Die auf der Erdbebenwarte bei Zürich 1913 registrierten Nahebeben.

Die Bearbeitung und Darstellung dieser Registrierungen geschah wie im Vorjahr. Und wie schon dort bemerkt, bestätigte das neue Jahr sowohl den Wert der bisherigen Apparate im Rahmen ihrer Leistungsfähigkeit, wie die Notwendigkeit, die Aufstellung noch ganz wesentlich empfindlicherer Apparate sobald als möglich an die Hand zu nehmen. Zur Zeit der Abfassung dieses Berichts liegt schon ein bezüglicher, auf Grund der Anträge des Berichterstatters gefasster, prinzipieller Beschluss der meteorologischen Kommission vor, ebenso wie eingehende Vorstudien in Gemeinschaft mit Dr. A. Piccard.

Die Apparatkonstanten für 1913 im Mittel gut übereinstimmender Bestimmungen waren:

	Bosch-Mainka 450 kg-Pendel		Spindler & Hoyer-Wiechert'scher
	Nord-Süd-Komp.	Ost-West-Komp.	Vertikalapparat 80 kg Vertikal-Komponente
Vergrößerung	127	182	107
Eigenperiode	5.1	5.0	4.0
Dämpfung	2.7	2.0	4.1
Reibung	0.7	0.9	0.8
Registriergeschwindigkeit pro Minute	ca. 30 ^m / _m	ca. 30 ^m / _m	ca. 30 ^m / _m

Der Berichterstatter widmete der Ueberwachung der Erdbebenwarte 40 halbe Tage, Dr. Billwiller 24. (Der längere Aufenthalt in den immer noch sehr feuchten Räumen hatte bei erstem verschiedene Erkältungen, bei letztem dauernde rheumatische Schädigung zur Folge.)

Zur Vermeidung von Störungen mussten zahlreiche Gesuche um Besichtigung der Erdbebenwarte durch Schulen etc. mit Bedauern abgelehnt werden.

Es wurden überhaupt nur Besucher in Begleitung eines Beamten der Zentralanstalt zugelassen, meist Studierende und Fachleute. Am 24. November fand eine Besichtigung statt durch unsern Departementschef Bundesrat Calonder und durch eine Kommission des Nationalrates unter dem Präsidium von Herrn Prof. Chuard.

Die Apparate waren dauernd in Funktion. Auch dies Jahr störte oft das Aussetzen des Zeitkontaktes, ohne dass für das Uebel eine sicher vermeidbare Ursache sich ergab. Die geringe Dämpfung der Horizontalkomponenten, für höhere Perioden entschieden zu klein, stört bei den meist weit unter der Eigenperiode des Apparates bleibenden Perioden der Nahebeben kaum. Die auffallend verschiedene Vergrößerung der Horizontalkomponenten hängt mit dem Wunsch des Konstrukteurs zusammen, am Dämpfungshebel ein gewisses, womöglich 4:1 nicht überschreitendes Vergrößerungsverhältnis einzustellen. Die Vergrößerung für den Vertikalapparat gilt vom 13. Juni an; vorher war sie auf einen un-

genügenden Betrag eingestellt. Nach Einstellen auf die stärkste Vergrößerung hat das Vertikalinstrument wiederholt sehr gute Dienste geleistet, namentlich für die Bestätigung von Phaseneinsätzen.

Eine wesentliche Aenderung wurde in der Vergleichung der Kontaktuhr ausgeführt. Die Untersuchung des Nahebebens vom 1. Juni hatte zu der Forderung grösserer Zeitgenauigkeit geführt. Dieser konnte durch das Entgegenkommen der eidgenössischen Sternwarte in der Weise entsprochen werden, dass vom 29. Juli 1913 an der telephonisch-chronographische Uhrvergleich mit Herrn Assistent Broger nicht mehr wöchentlich, sondern täglich um 12 Uhr gemacht wird. Es darf nun angenommen werden, dass seither die definitiven Stände der Kontaktuhr auf ± 0.1 bis 0.2^s genau interpoliert werden können. Nur wenn längere Regenperioden die Zeitbestimmungen der Sternwarte für Wochen verhindern, dürfte die Unsicherheit etwas grösser werden. Treffen in eine solche Zeit Erdbeben, deren Einsatz sofort an fremde seismologische Observatorien gemeldet werden muss (wie es z. B. am 20. Juli der Fall war), so kann die Unsicherheit der Extrapolation die volle Sekunde übersteigen. Für solche Fälle ist es erwünscht, auch ein drahtloses Zeitsignal benutzen zu können; in unserm Fall z. B. Paris, dessen schon jetzt teilweise rückversichertes Zeitsignal im allgemeinen auf wenige Zehntelssekunden richtig ist.

Im engen Zusammenhang mit der Frage der Zeitgenauigkeit wurde im Dezember eine Untersuchung über die Genauigkeit der Interpolation zwischen den Minutenzeichen bei den gegenwärtigen Triebwerken angestellt. Im Mittel ergab sich der Fehler einer solchen Interpolation zu $\pm 0.2^s$; die grössten gelegentlichen Fehler sind 0.4^s bis 0.5^s . Dabei ist die mittlere Veränderung der Minutenlänge von einer Minute zur andern 2.8% . Die entsprechenden Werte für ein neues von Bosch konstruiertes Triebwerk, dessen Registrierungen mir von Herrn Mainka zur Untersuchung übersandt wurden, betragen: Mittlerer Interpolationsfehler $\pm 0.07^s$; grösste vorkommende Fehler 0.15^s bis 0.20^s . Dieses Triebwerk, das wir leider noch nicht anschaffen konnten, genügt also auch den strengen Anforderungen, die für Herdtiefenbestimmung und Phasenidentifizierung bei Azimutbestimmung sehr naher Beben zu stellen sind. Den für diese Versuche nötigen Komparator verdanke ich dem Entgegenkommen von Herrn Prof. P. Weiss von unserer Techn. Hochschule.

Für die Ausmessung der Diagramme gelten die Angaben des Vorjahres. Auch diesmal dürfte auf diese Arbeit alle nur mögliche Kritik und Sorgfalt verwendet worden sein, wobei mich wiederum Herr Dr. Billwiller unterstützte. Eine besondere Erwähnung erfordert die Phasenbezeichnung S. Sie bedeutet hier denjenigen Einsatz, den wir zur Distanzberechnung nach der Conrad'schen Formel verwendet haben. Die Natur dieses Einsatzes ist ja wohl noch sehr zweifelhaft. Vergleiche oben unterm 20. Juli.

Bei dem sehr wünschenswerten Vergleich unserer Aufzeichnungen mit andern Erdbebenwerten konnte für die Nahebeben Strassburg, Hohenheim und Moncalieri herangezogen werden, deren Entfernung von unserer Erdbebenwarte beiläufig 145, 155 und 270 km beträgt. Wie die unten bei den einzelnen Erdbeben gemachten Angaben zeigen, scheinen dort öfters die „S“- oder M-Phase an Stelle der fehlenden P gesetzt zu sein.

Die Aufstellung eines dem unsrigen gleichen Horizontalpendels in Hohenheim wird die Vergleiche zukünftig um so brauchbarer machen für gewisse Schweizerbeben, die in Strassburg selbst vom 2000 kg-Pendel nicht mehr aufgezeichnet werden. Für die Ermittlung der erschütterten Gegend leistete mehrmals das italienische Bolletino meteorico gute Dienste. Besonders wertvoll für die Bearbeitung der drei Tunnelbeben von Grenchen (siehe Anhang) waren uns die Registrierungen des Seismographen der Sternwarte Neuenburg (kleineres Modell 130 kg des Mainkaapparates), die uns in dankenswerter Weise von Herrn Direktor Arndt zur Bearbeitung überlassen wurden, und die in die folgende Tabelle aufgenommen sind.

Besonders muss noch die Verwendung unserer Diagramme für die internationale Bearbeitung der mitteleuropäischen Beben vom 11. November 1911 und 20. Juli 1913 erwähnt werden. Die P sind für letzteres, wegen anderer Auffassung über den Ort der Minutenlücke in dem sehr bewegten Diagramme, in der offiziellen Bearbeitung 1 bis 2 Sekunden früher angesetzt als in der unsrigen. Eine erneute Prüfung erlaubt keinen sichern Entscheid; erst ein besseres Triebwerk wird solche Zweifel beseitigen.

Eine Frage von ziemlicher prinzipieller Wichtigkeit erhob sich, als bei einigen Beben (namentlich 6. Oktober, 30. Dezember) die Registrierung im Verhältnis zu der Intensität des Bebens sich als merkwürdig schwach erwies: ob nämlich nicht der im Süden unweit der Erdbebenwarte sich hinziehende tiefe Einschnitt des sog. Elefantenbachtobels den direkt ankommenden Wellen den Weg versperre. Aber gerade gegen den Churer und Glarner Herd hin (Richtung $S 39^\circ E$) ist der tiefste Winkel nur -3° , während er gegen S auf -8.5° und gegen $S 18^\circ W$ auf -11.5° ansteigt; weiter westlich nimmt er sogleich wieder zu und beträgt gegen W noch -6.5° . Die südöstlichen Nahebeben sind also jedenfalls nicht mehr beeinträchtigt als andere.

Zürich 1913. Mitteleurop. Zeit; Mitternacht = 0^h; H = 604.2 m; Länge: 8° 34' 49.5'' E; Breite: 47° 22' 7.2'' N; Untergrund: Molassesandstein.

Datum	Phase	M. E. Zeit	Periode	Amplitude			Epizentral- entfernung berechnet	Bemerkungen
				N	E	V		
			s	μ	μ	μ	km	
Febr. 13.	e P _N E	17 ^h 40 ^m 56.8 ^s 57.3	1.2 0.9	0.4			ca. 325	Moncalieri hat P 40 ^m 50 ^s , Hohenheim hat i P 41 ^m 13 ^s , Strassburg hat i P 41 ^m 42 ^s , demnach lag der Herd jedenfalls im Süden (wie 21. Juli, s. unten?), und die Angabe i P bei Strassburg kann nicht zutreffen.
	i N E	41 17.0 16.8						
	S _N E	36.2 37.7						
	i M ₁ N E	52.0 50.9	0.9 u. 2.1 0.5 u. 2.3	2.4		1.1		
	M ₂ N E	59.8 58.8	1.9 1.7	2.0		2.1		
	F	ca. 43 ^m 30						
Febr. 27.	e P _N E	* ca. 4 ^h 16 ^m 0 ^s 16 0		Spur!			85	* Kein Zeitkontakt. Anfangszeit nach Strassburg annähernd angesetzt. Dort i P 4 ^h 16 ^m 11 ^s , Max. 16 ^m 23 ^s . Epizentrum im Markgräfler Land (S. makroseism. Bericht); auch in der Nordwestschweiz gespürt. — Entfernung ca. 90 km, W 30° N.
	i S _N E	9 6 10 0	0.8					i S und i M sind sehr deutlich unterschieden. e P ist zunächst kaum zu erkennen.
	i M _N E	11 3 11 5	0.5 0.5	2.4		2.8		
	F	ca. 70						
März 9.	. P _N e E	17 ^h 49 ^m 58.8 ^s 58.7	0.5	0.4			208	Gespürt auf dem gr. St. Bernhard, in St. Maurice und im Aostatal. Entfernung bis St. Bernhard 198 km, ca. S 33° W.
	i! S _N E	50 23.8 23.6						Auch in Strassburg registriert, ohne Herdangabe: P? 17 ^h 50 ^m 16 ^s , M. 51 ^m 5 ^s . Die Beurteilung als P stimmt zu Zürich und der Lage des Herdes.
	M _N E	24.6 24.3	0.4 0.6	4.4		2.8		
	F	ca. 52 40						
März 27.	? P _N E	ca. 3 ^h 28 ^m 0 ^s		Spur				Kein Zeitkontakt. Anfangszeit annähernd nach Strassburg angesetzt. Dort Nahebeben P 3 ^h 28 ^m 28 ^s .
	S _N E	ca. 24 ^s ca. 24	1.0 0.5	1.2		0.6		
	M _N E	73 31 48	1.4 u. 0.5 1.7 u. 0.7 1.7	2.4		2.0 1.4		
	F	ca. 190 ^s						
Mai 20.	e! P _N E	ca. 17 ^h 17 ^m 0 ^s ? 17 25		Spur?				Kein Zeitkontakt; Anfangszeit annähernd nach Strassburg angesetzt. Ablesung der Zeitdifferenzen von der für S gehaltenen Phase ausgehend. Strassburg hat Anfang 17 ^h 17 ^m 38 ^s . M. 18 ^m 12 ^s .
	? S _N E	50 50						
	M ₁ N E	53 5 53 0		1.2		0.9		
	M ₂ N E	57 5 57 5	1.5 1.3	1.2		0.9		
	F	ca. 130 ^s						
Juni 1.	P _N e E	? 13 ^h 56 ^m 7.5 ^s		Spur!			ca. 85	Gespürt in Grenchen. Siehe Anhang. Entfernung 91 km, W 13° S. Auch in Neuchâtel registriert, s. folgendes.
	S _N E	? 17.3						
	M _N E	19.8 20.2	0.4			1.5		
	M ₂ N	21.6	1.1	1.0				
	F	ca. 57 ^m 12						
Juni 1. (Neuchâtel)	? P _N ? S _N	13 ^h 55 ^m 58.3 ^s 03.3		Spur!			ca. 46	Auf E-W Komponente keine Spur zu finden, nach Angabe von Direktor Arndt. Entfernung 41 km, E 30° N.
	M _N	13.0	1.7	1.3				
	F	ca. 56 ^m 54 ^s						

Zürich 1913. Mitteleurop. Zeit; Mitternacht = 0^h; H = 604.2 m; Länge: 8° 34' 49.5" E; Breite: 47° 22' 7.2" N; Untergrund: Molassensandstein.

Datum	Phase	M. E. Zeit	Periode	Amplitude			Epizentral- entfernung berechnet	Bemerkungen				
				N	E	V						
Juli 14.	iP N	12 ^h 42 ^m 57.2 ^s	s	μ	μ	μ	km	Herd in der schwäbischen Alb. Gefühlt in Ebingen, Balingen, Stuttgart. In Hohenheim registriert P 42 ^m 48 ^s , i 42 ^m 52 ^s . M. 53 ^s . Auch in der Schweiz gespürt. S. makroseism. Bericht.				
	i E	57.9							Spur!	Spur!!		
	V	56.7										
	S N	43 09.4							0.6	2.0	2.8	1.0
	E	09.7										
	M N	10.4										
M ₂ E	14.2	0.6	2.0	2.8	1.0							
F	ca. 43 ^m 50 ^s											
Juli 20.	i N	11 ^h 23 ^m 23.8	0.5	0.6	0.7	113	Vorbeben in der schwäbischen Alb? P zu schwach für die Aufzeichnung; i entspricht wohl S oder M. Hohenheim hat iP 23 ^m 07 ^s . Dort liegt keine makroseism. Meldung vor.					
	E	24.3										
	F	ca. 25 ^m 45 ^s										
Juli 20.	iP N	13 ^h 06 ^m 42.3 ^s	0.4	6.7	14.5	4.4	113	Grosses Erdbeben in der schwäb. Alb. * Wenige Minuten vor Beginn des Bebens setzt am Vertikalapparat der Kontakt aus. iP nach N u. E angesetzt. Berechnet nach dem Seismogramm: N 12° E d = 113 km. Stoss aus der Lage des Epizentrums nach offizieller Bearbeitung N... E d = 113 km. Nach dem Seismogramm berechneter scheinbarer Emergenzwinkel: direkt 32.5°; nach Benndorf korrigiert 33.1°.				
	E	42.1										
	V	* 42.2										
	S N	55.7							2.1	194	245!	8.6
	E	54.9										
	V	56.0										
M N	59.0	1 bis 2	194	245!	8.6							
E	58.5											
	V	58.7	1 bis 2									
	F	25 ^m										
Juli 20.	P	?						Nachbeben in der schwäbischen Alb. Dort gefühlt an zahlreichen Orten. P scheint zu fehlen. Hohenheim hat, bei um 68 km kleinerer Entfernung vom Herd, iP 28 ^m 53 ^s .				
	iS? N	13 ^h 29 ^m 10.4 ^s	0.5	1.6	2.2							
	e E	10.4										
	M N	12.0										
E	11.8											
	F	29 ^m 45 ^s										
Juli 21.	eP N	23 ^h 36 ^m 08.3 ^s	0.5	0.8	4.0	2.8	ca. 370?	Herd? Moncalieri hat P 36 ^m 01 ^s . Hohenheim hat eP 36 ^m 18 ^s . Strassburg hat P 36 ^m 22 ^s . Herd also jedenfalls südlich, vielleicht wie am 13. Februar. P. S. Nach italien. Bulletin gespürt „in der Landschaft Emilia“ (Gegend von Parma und Modena), ca. 350 km S 30° E, wozu die vorher angenommene Distanz gut stimmt; wir sind aber gegen Moncalieri um rund 10 ^s zu früh!				
	i N	18.1										
	e E	18.8										
	e V	29.1										
	iS N	54.9										
	E	50.9										
	iM N	37 15.7							1.2	4.0	2.8	0.9
	E	bis 38 10.0										
	E	37 13.3	1									
	V	bis 38 0	1 bis 2									
	V	37 29.0	1 bis 2									
	F E	43										
Juli 24.	e N	20 ^h 24 ^m 33.8 ^s	0.6	1.6	0.5		Herd? P scheint zu fehlen. — In Strassburg und Hohenheim nicht aufgezeichnet.					
	e E	36.1										
	iS? N	38.5										
	E	38.3										
	V	39.4										
	iM N	42.5						0.5	1.6	0.5	0.9	
	E	46.0										
	V	52.5										
	M ₂ N	25 15.5										
	F	26 15.0										

Zürich 1913. Mitteleurop. Zeit; Mitternacht = 0^h; H = 604.2 m; Länge: 8° 34' 49.5" E; Breite: 47° 22' 7.2" N; Untergrund: Molassesandstein.

Datum	Phase	M. E. Zeit	Periode	Amplitude			Epizentral- entfernung berechnet	Bemerkungen
				M	E	V		
Aug. 24.	eP N e E e E S N E E M N E E F	16 ^h 25 ^m 37.3 ^s 35.4 37.6 26 2.9 3.1 5.6 5.5 6.9 ca. 27 ^m 30 ^s	s	μ Spur!!	μ 0.3 1.4	μ 6.2	ca. 230	Herd in den Zillertaler Alpen, Gegend 25 km südöstlich von Innsbruck, im Tuxer Tonschiefergebirge; $d = 235$ km, ca. E 5° S. Grösste Ausdehnung des erschütterten Gebiets 65 km, grösste Stärke Grad 6. Bei E schöne Hauptwellen.
Sept. 20.	P N E E S N E E M N	4 ^h 45 ^m 20.6 ^s 22.2 47.5 46.9 48.4	0.5 0.4 0.4		0.3 0.8		ca. 220	Herd in der Nähe von Innsbruck, 20 km südsüdwestlich davon, in den Stubai (Oetztaler) Alpen, in 210 km Entfernung, ca. E 10° S. Grösste Ausdehnung des Schüttengebiets 60 km, grösste Stärke Grad 4.
Okt. 6.	?P N E E M N E E F? N	23 ^h 50 ^m 10.0 ^s 8.4 11.7 12.6 20.0 28 37.0	3.1		0.6			Herd im Kanton Glarus (Linthal), ca. 56 km, S 35° E. Wahrscheinlich fehlt P. Der Anfang fällt in eine Minutenlücke. Der höchst geringe Ausschlag der Apparate entspricht nicht der Stärke der primären Erschütterung. Anschliessend diese längeren Wellen, deren Zugehörigkeit zum Erdbeben fraglich ist.
Nov. 2.	eP N i! E V i N E E V i S N ! E V M E i V M ₂ N E E V F	2 ^h 50 ^m 27.6 ^s 26.3 26.5 36.9 34.5 38.8 36.5 36.3 39.6 41.0 42.9 39.6 46.6 53 ^m	0.5 0.4		0.8 2.0	1.9	88	Epizentrum Südende des Grenchentunnels ($d = 91$ km, W 13° S). Berechnete Distanz nach E-W, N-S gibt 20 km mehr. — Siehe makroseism. Bericht. — Auch in Neuchâtel registriert; s. unten. SN = M sehr scharf; diese Phase bei W-E allmählich anschwellend.
Nov. 2. (Neuchâtel)	P N i S N M N	2 ^h 50 ^m 16.4 ^s 21.7 31.7	1.5		5.6		48	E-W-Registrierung hatte ausgesetzt; $d = 41$ km, E 30° N.
Nov. 11.	eP N E E i S? N E E i N i S? N E E M N E E M ₂ N E E F	8 ^h 59 ^m 03.5 ^s 02.9 12.9 13.3 15.1 15.7 16.2 17.9 19.3 24.0 21.5 ca. 9 ^h 01 ^m	0.7 0.5 0.4 0.7 0.4	Spur	0.6 0.6 1.7 3.1	2.9 1.4	90 oder 109	Epizentrum wieder Südende des Grenchentunnels ($d = 91$ km). Berechnete Distanz je nach E-W oder N-S 90 od. 109. Siehe makroseism. Bericht und Anhang. Auch in Neuchâtel registriert (s. unten.) i S? N sehr scharf; bei E-W allmählich anschwellend.
Nov. 11. (Neuchâtel)	P N E E S N E E M N E E F	8 ^h 58 ^m 52.6 ^s 52.8 58.2 58.5 59 07.8 09.3 60 ^m 30 ^s	0.7 0.6 0.9 n. 2.1 1.2—1.6		1.2 0.7 7.5 6.3		51	Siehe 2. November.

Zürich 1913. Mitteleurop. Zeit; Mitternacht = 0^h; H = 604.2 m; Länge: 8° 34' 49.5" E; Breite: 47° 22' 7.2" N; Untergrund: Molassesandstein.

Datum	Phase	M. E. Zeit	Periode	Amplitude			Epizentral- entfernung berechnet	Bemerkungen
				N	E	V		
Nov. 25.	P N	21 ^h 55 ^m 41.8 ^s	s	μ	μ	μ	km	In Moncalieri P 53 ^m 32 ^s . In Strassburg iP 55 ^m 56 ^s . In Hohenheim P registriert, aber nicht angegeben; dagegen das daraus berechnete <i>d</i> zu ca. 300 km angegeben(?). Herd jedenfalls südlich. P. S. Nach italien. Bulletin Erdbeben aus den Land- schaften Emilia, Lombardei, Venetien und Ligurien gemeldet, also aus ganz Ober-Italien. Lage des Herdes? Ca. 350 km? ca. SSE? Dazwischen noch andere Maxima.
	i N	49.5	1.3	1.3				
	E	47.6						
	V	48.7						
	iS N	56 30.5	0.9	3.2				
	E	31.5	0.7		2.8			
	i V	31.7						
	M ₁ N	33.5	0.7	3.2				
	E	32.7			7.7			
	V	32.2				3.8		
	M N	49.7		7.1				
	E	47.3			6.1			
	V	47.7				3.3		
	F	ca. 61 ^m 45 ^s						
Dez. 7.	eP N	2 ^h 31 ^m 13.0 ^s					250	Von Mailand gemeldet, nach italien. Bulletin auch aus Novi (Ligurien). Moncalieri hat P 30 ^m 53 ^s , S 31 ^m 2 ^s . Hohenheim hat eP 31 ^m 46 ^s . Die An- gabe des Hohenheimer Berichts, „nachträglich von Ebingen gemeldet“, ist sicher zugunsten obiger Gegend zu korrigieren. Die genannten Orte sind 220—280 km entfernt, in S bis S 10° E, die vorher angesetzte Entfernung stimmt also ordentlich. Zwischen M ₁ und M ₄ noch 2 Maxima. Am Schluss lange Wellen von 2 bis 6 ^s ; wahrscheinlich mikroseism. Unruhe.
	? E	16.0						
	e N	24.3		0.8				
	E	22.5						
	S N	43.4				1.6		
	E	41.0						
	M ₁ N	45.8	0.6	2.0				
	E	44.5	0.6		1.4			
	M ₄ N	32 09.9	1.0	4.8				
	E	10.0			1.7			
	F	36 bis 39						
Dez. 10.	eP N	23 ^h 10 ^m 50.4		Spur			105	Epizentrum südsüdwestlich von Chur (Graubünden), ca. 95 bis 100 km, S 45° E. Erstes Churer Beben. * Dieser kurz auf P folgende Einsatz für diese Churer Erdbeben vielleicht charakteristisch. Hohenheim hat iP 11 ^m 34 ^s . Da <i>d</i> um 120 km grösser als für Zürich und da auch P in Zürich kaum unterscheidbar ist, handelt es sich wohl um „S“ oder M, immerhin noch mit geringer Ge- schwindigkeit (ca. 2.7 km). „Lange“ Wellen.
	e E	50.1			0.4			
	i V	49.7				0.5		
	e* N	52.5						
	E	52.5						
	V	52.2						
	iS N	11 01.8		1.6				
	E	02.0			2.2			
	? V	02.0				0.5?		
	M	06.6	0.4	1.0				
		03.6	0.5		1.4			
	e N	10 4 16.6	1.6	1.0				
	F	ca. 12 ^m						
Dez. 22.	eP N	12 ^h 38 ^m 31.3	0.5	0.8			100	Epizentrum südwestlich von Chur, etwa wie am 10. Dez. (Zweites Churer Beben.) Siehe makro- seism. Bericht. 33 ^s Wiederum der schon am 10. Dez. erwähnte Einsatz. Hohenheim hat iP 38 ^m 54 ^s , was als Oberflächen- Geschwindigkeit nur ca. 5.2 km gibt. S? 39 ^m 18 ^s ; gibt <i>d</i> zu ca. 220 km an (nach Conrads Formel würde 200 folgen). Die wirkliche Entfernung ist ca. 215 km. Die dort geäußerte Vermutung, der Herd möchte im Rheinland liegen, fällt also dahin.
	E	31.2	0.5		0.6			
	i V	31.4				1.4		
	i N	33.1	0.5	2.8				
	E	33.1	0.4		1.9			
	V	33.3				2.8		
	S N	42.5						
	E	42.8						
	V	43.4						
	M N	43.0	0.7	7.1				
	E	43.0	0.9		13.9			
	V	44.2				1.9		
	M ₂ V	49.9				3.3		
	F	ca. 42 ^m						
Dez. 30.	P N	fehlt					105?	Epizentrum südwestlich von Chur, etwa wie am 10. Dez. (Drittes Churer Beben.) Die Registrie- rung ist im Verhältnis zu den vorhergehenden auffallend klein; kaum aufzufinden. In Hohenheim gibt dasselbe Instrument iP 10 ^m 39 ^s , was aber „S“ oder M sein dürfte. (Oberflächen- Geschwindigkeit der betr. Wellen dann ca. 3.5 km.)
	?e E	23 ^h 9 ^m 52.5 ^s			Spur?			
	?M N	10 04.1		0.4				
	E	04.8			0.3			
	F	ca. 11 ^m						

Anhang.

Die drei Tunnelbeben von Grenchen und ihre Bedeutung für die Kenntnis der wahren Geschwindigkeiten in den obersten Erdschichten.

Die Erdbeben von Grenchen (Granges) bei Solothurn im Jahr 1913 bilden durch ihre Beziehung zum Tunnelbau wohl eine der interessantesten unter den bisher untersuchten seismischen Erscheinungen auf schweizerischem Gebiet.

Es gelang uns, mit Unterstützung von Prof. Künzli in Solothurn und Prof. Buxtorf in Basel und auch der Lehrerschaft von Grenchen und benachbarter Orte, noch rechtzeitig genug das flüchtige Beobachtungsmaterial zu beschaffen zur Beantwortung der in der Ueberschrift angedeuteten, damals auch in den Zeitungen aufgeworfenen Frage, so in einem (mir erst im Verlauf der Untersuchung bekannt gewordenen) recht sachlichen Artikel im Grenchener „Volksblatt“ vom 14. November 1913.

Zunächst betrachten wir die festgestellten makroseismischen Tatsachen für die drei einzelnen Erbeben mit der Ausführlichkeit der Belege, die der merkwürdige Fall erfordert. Daraus werden wir unsere Schlüsse über die Natur der Erscheinung ziehen, und diese Schlüsse werden wir der Diskussion der mikroseismischen Beobachtungen zugrunde legen, und so zu einem zuverlässigen Wert für die wichtige, aber noch wenig gesicherte Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den obersten Erdschichten gelangen.

1. Das Erdbeben vom 1. Juni.

Am 1. Juni wurden wir durch die stellvertretende Besorgerin des Bogenwechsels bei unsern Seismographen, Frä. E. Peter, aufmerksam gemacht auf eine fast mikroskopische Registrierung eines Nahebebens. Erst unser Zeitungsauftrag brachte dann eine Bestätigung aus Grenchen, und durch die Vermittlung von Prof. E. Künzli in Solothurn, der in der Lokalpresse zu Mitteilungen aufforderte und unsere Karten versandte, und Dr. L. Bloch in Grenchen gelangten wir noch in den Besitz von weiteren fünf Meldungen aus Grenchen und einer aus Bettlach. Für die bei der spätern Erklärung wichtige Konstatierung dieser lokalen ersten Erschütterung traf es sich günstig, dass um jene Zeit manche Leute auf dem sonntäglichen Kanapee ausruhten.

Aus Grenchen wird recht übereinstimmend ein ziemlich starker Stoss gemeldet, welchem voraus oder zur Seite ein unterirdisches Grollen oder Knallen ging. Die Dielen krachten; eine elektrische Hängelampe schlug um einige cm aus. Die Erschütterung am Ort selbst muss nach den Registrierungen in Zürich und Neuchâtel um 1^h 55^m 50^s (auf 1—2 Sekunden genau) stattgefunden haben; die vier Zeitemeldungen schwanken zwischen 1^h 54^m und 58^m und geben im Mittel 1^h 55^{1/4}^m nachmittags. Von zwei Seiten wird E-W als Richtung angegeben. Auch in Tätigkeit befindliche Personen spürten den Stoss, so auch zwei Sänger im Kirchenbank. Die Stärke hat in Grenchen jedenfalls Grad 4 erreicht. Die im Grenchentunnel gefassten Quellen flossen von 2 Uhr an trüb, so dass sie bis abends 6 Uhr abgestellt werden mussten.

Aus Bettlach (2,5 km im ENE) melden zwei in verschiedenen Stockwerken desselben Hauses auf dem Kanapee liegende Personen ebenfalls den Stoss. Ein am Fenster hängendes Centimetermass bewegte sich. Es wird N-S-Richtung angegeben; die Stärke betrug hier noch 2—3.

Negative Nachrichten liegen vor aus Schnottwil (Bucheggberg) und Sanatorium Allerheiligen, je 9 km südlich und 2 km westlich von Grenchen.

Es ist bemerkenswert, dass dieser in Grenchen offenbar doch von vielen bemerkte, auffallende Erdstoss ohne die Registrierung der Apparate der Erdbebenwarte unbemerkt geblieben wäre, und damit eine wesentliche Tatsache für die Erklärung der folgenden Beben gefehlt hätte.

2. Das Erdbeben vom 2. November.

(Siehe die Isoseistenkarte auf Tafel II.)

Das Material zu der folgenden Darstellung, sowohl für den 2. wie 11. November, bilden etwa 60 von uns versandte Fragekarten (deren Text schon ausgearbeitet war, die aber erst auf die Nachricht von den beiden Erdbeben gedruckt wurden), ferner bereitwillige Auskunft der Tunnelbauleitung der Nord- und Südseite, und schliesslich für die Wirkung in Grenchen selbst das uns durch Lehrer E. Kunz nach dem Schema der Fragekarten übersichtlich mitgeteilte Ergebnis der sehr nützlichen und dankenswerten Umfrage der Lehrerschaft in 12 Schulklassen.

Wir beginnen mit den Beobachtungen in Grenchen selbst. Die beiden Meldekarten (Schule und Obering. Custer) geben übereinstimmend als Zeit 2^h 50^m früh an. Nach Zürich und Neuchâtel muss die Eintrittszeit 2^h 50^m 9^s gewesen sein; wohl auf die Sekunde genau.

Die Erschütterung wurde ganz allgemein gespürt, nämlich in 258 von 355 befragten Familien (eine Anzahl davon mögen doppelt befragt sein); es liegt also hier das „allgemeine Erwachen der Schlafenden“ vor, das den Grad 6 der Skala kennzeichnet. Die Bewegung wurde unten wie oben in den Häusern und auch im Freien wahrgenommen; ihre Dauer wird übereinstimmend auf 3—5 Sekunden angegeben, wobei zum Teil vier einzelne Stösse unterschieden wurden. Als Stossrichtung wird von Oberingenieur Custer W-E angegeben, nach den Schwingungen einer Lampe; von anderer Seite N-S.

Von Wirkungen auf Gebäude und Gegenstände wird ein Fall berichtet, wo die Wand und anderswo die Decke gespalten worden sei. An manchen Orten wurden die Betten nicht nur stark gerüttelt, sondern bewegten sich von der Stelle, in einem Haus vier Betten um angeblich 30 cm! Mehrfach sind Gläser, Milchtöpfe, auch ein Spiegel herabgefallen und zerbrochen; auch ein Ofenrohr ist gefallen und ein oder zwei Kinder sind aus dem Bett gerollt. „Auf dem Berge“ läuteten aufgehängte Kuhglocken. Auf dem „Stierenberg“ (3 km NW von Grenchen 1072 m hoch, am Abhang gelegen) fielen Limonadenfläschchen von der Treppe. Bei der „Wandfluh“ (höchster Kamm 1380 m, 4 km nördlich von Grenchen) lösten sich Steine ab, sogar in der Grösse, dass eine mittelgrosse Tanne umgeworfen wurde.

Diese letztern Angaben sind besonders wichtig, weil sie im Verein mit andern zeigen, dass die Bergseite die stärksten Erschütterungen aufwies. Wir haben das Epizentrum also etwa 1—2 km nordwestlich der Verbindungslinie Grenchen-Bettlach zu suchen. Hier und in Grenchen ist der Stärkegrad 6—7 anzunehmen.

In dem im Bau befindlichen Tunnel wurde auf der Südseite, die damals 2060 m weit gebohrt war, das Erdbeben sehr stark gespürt. Die Bauleitung teilt uns folgenden Rapport eines Aufsehers mit: „Am 2. November 2^h 50 morgens befand ich mich bei km 1.550, als plötzlich ein starker Knall mit heftiger Erschütterung erfolgte. Dieselbe war so stark, dass sich kleine Steine von der Decke des noch nicht ausgemauerten Tunnels lösten. Ich glaubte zuerst nichts anderes, als es sei eine Explosion der Sprengstoffkisten . . . am Vorort eingetreten und begab mich deshalb sofort dorthin. Erst als ich alles in Ordnung fand, fiel mir ein, es könnte ein Erdbeben gewesen sein. Mittlerweile bemerkte ich auch, dass sämtliche im Tunnel für Trinkwasserzwecke gefassten Quellen stark trüb liefen, und liess daher sofort die bezügliche Pumpe vor dem Portal einstellen.“ — Das trübe Wasser hielt noch den ganzen Vormittag an. — Auf der Nordseite wurde im Tunnel (wo gerade die grossen Bohrmaschinen arbeiteten) nichts gespürt, wohl aber schwach am Tunnelausgang.

Beobachtungen am Fuss des Juras. Nach Nordosten zu wurde der Stoss auch in Bettlach (2,5 km von G.) allgemein gespürt, und zwar auch im Freien. Die Erschütterung war besonders im obern Gemeindeteil, am Juraabhang spürbar. Die Dauer wird zu 5 Sekunden geschätzt, die Bewegungsart als Schaukeln und Zittern charakterisiert. Zum kleinen Teil eilten die Leute aus den Häusern ins Freie. Auch hier ist Grad 6 anzunehmen. Weiter nach NE ist auch in Selzach (5 km von G.) noch mindestens Grad 5 zu schätzen. Unter ca. 50 befragten Familien wurde es in 28 gespürt, sowohl in unteren wie in oberen Stockwerken, aber nicht im Freien. Zwei Stösse wurden wahrgenommen in 3—5 Sekunden Zwischenraum. Der zweite erschien mehreren als ein langsames Heben der Erde. Diesen Eindruck hatte man auch im Tunnel. Die Richtung des Stosses schien subjektiv von SW nach NE zu sein. In 13 Fällen wurde ein Knirschen des Gebälks bemerkt. Eine Lampe auf einem Nachtschchen fiel um. — Das 4,5 km weiter nach NE gelegene Oberdorf sendet schon negativen Bericht!

Nach Südwesten wurde in dem symmetrisch zu Bettlach liegenden Lengnau das Erdbeben noch allgemein gespürt; d. h. von 30 unter 55 befragten Familien, und zwar auch hier vorwiegend am Bergabhang. Die Dauer wird zu 2—5 Sekunden angegeben, in zwei Stössen begleitet von unterirdischem Rollen; die Richtung subjektiv NE—SW. Es krachte in den Wänden; Uhrfedern ertönten; in einer Decke entstand ein Riss; Hunde fingen an zu bellen. Es ist noch Stärke 5 anzunehmen. In dem 2,5 km weiter nach SW liegenden Pieterlen wurde die Erschütterung noch von vielen wahrgenommen, mit 3—4 rasch aufeinanderfolgenden Stössen, scheinbar N—S verlaufend; als Wirkung wird ein „horizontales Zucken“ angegeben. Stärke 4. Weiter nach SW gibt es keine Meldungen mehr.

Die guten Angaben aus den letztgenannten vier vorzüglich symmetrisch zu Grenchen, und ganz analog am Jurafuss liegenden Orten erlauben den allein aus den Beobachtungen sich ergebenden sichern Schluss, dass als Ausgangsort stärkster Erschütterung in erster Annäherung Grenchen anzusehen ist, genauer aber ein Punkt, der zwischen Grenchen und Bettlach, näher ersterm Orte, und zwar am Juraabhang liegen muss. In der Richtung des Jurastreichens hat sich die fühlbare Erschütterung beidseitig ungefähr 8 km weit ausgebreitet.

Was nun die Ausbreitung senkrecht zur Jurarichtung betrifft, so ist sie nach Südosten, in die Ebene hinaus viel geringer! In dem 5 km südlich von Grenchen jenseits der Aare liegenden Rüti wurde noch ganz vereinzelt, sowohl in den im Talgrund (Aareschotter) wie am Berg (Molasserücken) liegenden nordöstlichen Gemeindeteil, ein Stoss gespürt. Aus den entsprechend weiter nordöstlich gelegenen, vom Epizentrum 4,5—5 km entfernten Ortschaften Arch und Leuzingen kommt negativer Bericht.

Quer durch den Grencherberg nach NW war die Ausbreitung wieder grösser; denn aus dem jenseits in 7 km Entfernung gelegenen Court wurde die Erschütterung als Schaukeln noch von 20 unter 250 in der Schule befragten

Familien wahrgenommen; es wurden zwei Stösse von 2—3 Sekunden Gesamtdauer und 1 Sekunde Zwischenzeit angegeben, ostwestlich gerichtet. Einige Gegenstände bewegten sich. Es ist mindestens Grad 3 anzunehmen.

Negative Nachrichten, die nach dem bisherigen nicht verwundern, liegen vor aus Biel (durch die Schule Nachfrage in ca. 100 Familien), Gänsbrunnen, Biberist, Kriegstetten, Günsberg (Kt. Solothurn), Niederbipp, Wangen a. A., Kirchberg (Bern).

Hingegen kommen sehr überraschende gleichzeitige Erdbebenmeldungen vom Zürichsee: Die eine von Küsnacht: Morgens etwas vor 3 Uhr leichtes Erdbeben, wellenförmiges Rollen E-W, 3—4 Sekunden dauernd, deutlich. Ebenso von Stäfa: Um „die genannte Zeit“ fingen die Fenster unseres Schlafzimmers an stark zu klirren, dass wir erschrocken ausriefen: Ein Erdbeben!

Auch in Zürich selbst liegen zwei solche Angaben vor, die eine vom Berichterstatter selbst, wo kurz vor 3 Uhr ein erfahrungsgemäss wackliges Breipfännchen zu Boden fiel — was ohne Anstoss sonst nie vorkam. Wir haben es hier wohl mit einem sogenannten Relaisbeben zu tun. Das Bild wird etwas getrübt durch die Meldung einer Dame, die in Zürich 2 einen Erdstoss schon am Vorabend um 9^h 45, einen stärkern am kritischen Morgen, aber um 6^h 15 bemerkt haben will.

3. Das Erdbeben vom 11. November.

(Siehe auch die Isoleistenkarte auf Tafel II.)

Beobachtungen in Grenchen. Das Mittel der 9 ausdrücklichen Zeitangaben aus dem Schuttergebiet gibt für die Eintrittszeit 8^h 58^{1/2}^m morgens, die Registrierungen von Zürich und Neuchâtel führen auf die Eintrittszeit 8^h 58^m 45^s (auf ca. eine Sekunde genau).

Auch diesmal wurde die Erschütterung ganz allgemein gespürt, nämlich in 287 von 355 befragten Familien; die um 29 grössere Zahl als am 2. November bedeutet bei dem Unterschied der Tageszeit nicht mit Sicherheit eine grössere Intensität. Dauer: 3—4 Sekunden, Anzahl der Stösse: 2, Stossrichtung: E-W, bestätigt durch Pendeln von Gegenständen.

Die Wirkungen auf Gebäude und Gegenstände waren ähnlich stark wie am 2. November. Allgemein wurde starkes Rütteln der Türen und Fenster bemerkt. Es wird berichtet von gespaltenen Zimmerdecken, mehrfach von herabgefallenem und zerbrochenem Geschirr. Stühle fielen um; ein Knabe fiel zu Boden, ein anderer vom Heustock herab; ein weiterer schlug mit dem Kopf gegen die Wand. Ein Kind fiel um mit dem Stuhl, auf dem es sass; beim Milchtrinken rutschten drei Kindern die Tassen vom Tisch auf den Boden usw.

Es liegen auch bemerkenswerte Angaben aus dem Freien vor: Knaben im Walde (auf dem Berghang!) wurden zu Boden geworfen; einer glaubte: „Der Teufel komme aus dem Boden“. Ein anderer, der Schwämme suchte, wurde gegen eine Tanne geworfen, ähnlich ein Mädchen gegen eine Telephonstange.

Es wird weiter berichtet, dass zwei Familien sich ins Freie flüchteten; anderswo nur die Hauskatze. Auf der Südseite des Tunnels wurde das Beben auch diesmal gespürt, aber schwächer.

Sonst ist für Grenchen für den 11. November keine geringere Intensität anzusetzen als am 2. Nov., also Grad 6—7.

Beobachtungen am Fuss des Juras. In Bettlach wurde die Erschütterung (als Schaukeln und Zittern bezeichnet) allgemein gespürt, auch im Freien, und zwar wiederum stärker auf der Juraseite. Es ist wieder Grad 6 anzunehmen. In Selzach wurde es noch von vielen wahrgenommen, von einigen auch im Freien; auch auf dem Berg, in 1140 m und 1350 m Höhe. Zwei Stösse wurden bemerkt, in W-E-Richtung, nach einer schwingenden Hängelampe; die Wände krachten. Die Hühner und das Vieh im Stall wurden unruhig. Grad 4—5. Weiter nach NE fehlen direkte Berichte; doch erwähnt das „Grenchener Volksblatt“ als Grenze in dieser Richtung Solothurn.

Gegen SW wurde in Lengnau die Erschütterung unter 55 Familien von 30 bemerkt; im Freien nicht mehr; aber stärker auf der Bergseite. Es ist von einem Stoss die Rede, von NE nach SW gerichtet. Krachen in den Wänden stellt die ganze Wirkung dar. Grad 4—5. Weiter in Pieterlen wurde es unter 250 Familien bloss mehr von 6 gespürt, vorwiegend nur in obern Stockwerken. Grad 2—3. In Biel hat es unter 100 Familien eine Person gespürt, im 2. Stock. Grad 2.

In der Richtung senkrecht zum Jurastreichen wurde es diesmal in Rüti nicht gespürt, dagegen wohl ganz vereinzelt in Oberdiessbach, 10 km südsüdwestlich von Grenchen. Auf der andern Seite des Grenchenberges wurde es wiederum in Court bemerkt, und zwar in 10 von 250 Familien, also mit Stärke 2—3, und zwar merkwürdigerweise auch im Freien. Ein wellenförmiger Stoss von 2 Sekunden Dauer wird angegeben.

Negative Nachrichten liegen vor von den gleichen Orten wie am 2. November, ebenso von Moutier.

Haupttatsachen und Schlussfolgerungen.

Schon bei dem Durchgehen der bisher angeführten Einzelbeobachtungen drängt sich der Eindruck auf, dass eine seismisch ungewöhnliche Erscheinung vorliegt, die auch einer ungewöhnlichen Erklärung ruft. Fassen wir zunächst die Tatsachen kurz zusammen:

Wir sehen am 1. Juni 1913 in der Gegend von Grenchen eine Erderschütterung sich ereignen. Schon diese erste Tatsache, dass in jener Gegend überhaupt ein ganz lokaler Erdstoss auftritt, lässt den mit der schweizerischen Erdbebenstatistik Vertrauten etwas stutzig werden. Denn, soweit genaue Aufzeichnungen zurückreichen, war jene Region

sonst frei von primären, lokalen Erschütterungen. Merkwürdiger noch wird die Erscheinung dadurch, dass sie sich bald darauf, und zwar in sehr verstärkter Masse wiederholt, am 2. und 11. November.

Höchst auffallend ist ferner, dass sich der Ort stärkster Erschütterung, das sog. Epizentrum, ungemein viel schärfer ausprägt, als es sonst bei allen unsern schweizerischen, tektonischen Erdbeben der Fall ist, und zwar ist es alle dreimal die selbe auf wenige Kilometer genau einzukreisende Gegend, unmittelbar nordwestlich der Verbindungslinie der benachbarten Orte Grenchen und Bettlach, am Abhang des Grenchenerberges, wo die Jurafalten unter die Molasse des schweizerischen Mittellandes tauchen.

Schliesslich ist ganz besonders wichtig die fernere Tatsache: „Die Erscheinungen im Epizentralgebiet sind zwar ungewöhnlich stark (Grad 6 bis 7 der Forel'schen Skala), aber sie nehmen auch ganz ungewöhnlich schnell nach der Peripherie ab. Nach Südost, gegen die Schotterebene des Aaretals und den dahinter auftauchenden Molassezug des Bucheggbergs sinkt die Intensität innert 5 km von Grad 6 unter die Grenze der Wahrnehmbarkeit. In der Richtung des Jurastreifens und überhaupt im Juragebiet dagegen beträgt jener Abstand etwa 8 km. Es ist ungemein lehrreich (siehe Tafel II), mit der Karte den Iseisten für unsere Grenchener Beben vom 2. und 11. November etwa die analoge, von mir im gleichen Masstabe entworfene Karte des kurz darauf erfolgten Graubündner Erdbebens vom 10. Dezember 1913 zu vergleichen, wobei nicht die gewiss diskutablen Einzelheiten, sondern ein Vergleich des Gesamtbildes in Betracht kommt. Immerhin sei darauf hingewiesen, dass nur die hier zum erstenmal von uns angewendete systematische Methode des Materialsammelns überhaupt erlaubt hat, die Karten mit dieser wenigstens relativen Genauigkeit zu entwerfen. Zur Erklärung der Karte diene noch die Bemerkung, dass die Orte mit positiven Meldungen als schwarze Kreise, die negativen als Kreuze eingetragen sind. Die Iseisten sind so gezogen, dass z. B. das mit 2 bezeichnete Gebiet von Grad 2 bis zum Grad 3 reicht.

Wir sehen beim Graubündner Beben, das wir als „normales“ alpines Beben bezeichnen können, die Intensität nach aussen durchschnittlich etwa 3—4 mal langsamer abnehmen als bei den beiden Grenchener Erdbeben! Diese müssen nach der bekannten, qualitativ unanfechtbaren Schlussfolgerung also ihre Erregungsursache in sehr viel geringerer Tiefe haben als die alpinen Beben, also recht nahe der Oberfläche.

Angesichts aller dieser Tatsachen fragen wir uns, welches denn jene Erregungsursache in den der Oberfläche nahen Schichten sein mochte, die sich in der sonst seismisch so friedlichen Gegend von Grenchen im Jahr 1913 auf einmal eingestellt hat? Und wir erhalten ausnahmsweise eine Antwort: Gerade in jenem Jahr wurde dort der 8565 m lange Tunnel von Grenchen nach Münster (Moutier) gebohrt! Und tragen wir ihn in unsere ohne Rücksicht auf die Tunnelage erstellte Iseistenkarte ein, so fällt sein südliches Ende genau in unser engbegrenztes Epizentralgebiet!

Dies zeitliche und örtliche Zusammentreffen von Erdbeben und Tunnelbau ist so verblüffend, dass ein Zufall ausgeschlossen erscheint. Die Annahme eines Zusammenhangs drängt sich schon aus diesen Gründen fast unabweisbar auf.

Nun lassen es bisher bekannte allgemeine Tatsachen als ganz wohl denkbar erscheinen, dass eine Tunnelbohrung Anlass zur Auslösung schon vorhandener Spannungen in Form eines Erdbebens geben könne. Die Tatsache, dass solche Spannungen in jugendlichen Gebirgen noch fort dauern, ist gerade durch die Häufigkeit der Erdbeben in denselben längst erwiesen; und wiederum sind die auffallenden Erscheinungen von Gebirgsdruck bekannt, die in tiefliegenden Tunneln schon oft beobachtet wurden. Freilich ist die Region der Spannungen, die zu Erdbeben in jung gefalteten Gebirgen führen, doch wohl im allgemeinen in ganz wesentlich grössern Tiefen zu suchen als in denjenigen, bei welchen jener Tunneldruck gelegentlich beobachtet wurde (der übrigens auch beim Grenchener Tunnel nicht ganz gefehlt hat). Für diese Annahme spricht z. B. gerade eine Iseistenkarte wie die vom 10. Dezember 1913.

Nun sind aber am Grenchentunnel ungewöhnliche Erscheinungen anderer Art eingetreten, welche der Erklärung in diesem Fall besser dienen, nämlich ungeheure Wassereinbrüche aus Klüften des Berges, gerade im Epizentralgebiet. Diese Wassereinbrüche sind in der „Schweiz. Bauzeitung“ 1913 (S. 267) sehr genau, mit zahlreichen Abbildungen, beschrieben durch Oberingenieur Custer, wo wir auch folgende Angaben entnehmen:

Schon am 7. Februar 1913 wurde bei km 1.488 der Südseite die Grenchener Dorfbachquelle angebohrt. Weitere grosse Wassereinbrüche, welche bis zum 11. Juni die Bohrarbeit fast ganz stillstellten, erfolgten am 25. Februar bei km 1.588, und ebendort am 19. März; der stärkste aber bei km 1.614 am 20. Mai, der eine Wassermenge von 830 l per Sekunde brachte. Die Höhe des Berghangs über dem Tunnel beträgt an jener Stelle 500 m und 1000 m über Meer. Die Hauptwassermengen, nicht weniger als 5 Millionen Tonnen, dem Wasserinhalt des Amsoldingersees entsprechend, sind dem Berg entquollen hauptsächlich in den dem ersten Erdbeben vorangehenden zehn Tagen!

Es wurden wiederum neue, wenn auch nicht mehr so grosse Wassermassen auf der Südseite erbohrt, wenige Tage vor Eintritt der beiden Novemberbeben. Der Vorort stand am 2. November bei km 2.063 im unteren Haupttrogenstein, der reichlich Wasser führte (ca. 130 l), am 11. November bei km 2.084, unter den gleichen Verhältnissen. Der Wasseraustritt erfolgte vor allem aus steilstehenden, mit der Tunnelrichtung fast ganz zusammenfallenden Klüften.

* * *

Nach allem Gesagten kann an der Auslösung der Erdbeben durch die gewaltige Wasseranzapfung des Berges beim Tunnelbau kaum ein Zweifel übrigbleiben. Es kann sich dabei um teilweisen Einsturz der vom

Wasser früher erfüllten grossen Höhlen handeln. Doch teile ich den mir von Oberingenieur Custer brieflich ausgedrückten Zweifel, ob dabei genügende Energiemengen zur Hervorbringung von Erschütterungen in einem doch recht grossen Umkreis frei werden können. Immerhin ist des von Prof. A. Forster eingehend beschriebenen und mit Einsturz- und Auswaschungserscheinungen im Gips wohl zutreffend erklärten Erdbebens im Simmental vom 13. April 1885 zu gedenken, wo bei einer Intensität 8 im Epizentrum die Erschütterung noch bis Basel und Genf gespürt wurde!

In unserm Fall kann es sich aber auch handeln um weniger lokale Verschiebungen von gewissen gespannten Partien, die sehr wohl unterhalb der Tunnelhöhe liegen konnten, und deren Spannung nun eben durch die starke Abnahme des auf ihnen lastenden hydrostatischen Drucks bloss ausgelöst wurde. Wenn schon starke Luftdruckschwankungen, die doch den Zehntel des Atmosphärendrucks kaum je erreichen, nachgewiesenermassen die Auslösung von Erdbeben deutlich begünstigen, so kann um so mehr zur Auslösung lokaler tektonischer Spannungen eine viel grössere Druckverminderung beitragen, die in diesem Fall bis zu 50 Atmosphären betragen konnte. Nach dem hydrostatischen Prinzip konnte sehr wohl ein sehr weit verzweigtes Kluftsystem von dieser Druckentlastung zugleich betroffen werden. Bei alledem ist nochmals darauf hinzuweisen, dass nach dem ganzen Bild der Intensitätsverteilung der Sitz der durch die Druckverminderung frei gewordenen Spannungen gar nicht tief gelegt werden darf. Ob die durch den Tunnelbau erschlossene, nach den Mitteilungen von Herrn Buxtorf so überraschungsreiche Tektonik hier direkt heranzuziehen ist, mit dem nach Südosten über miozäne Molasse überschobenen stark zerrütteten Malm (in welchem die grossen Wassereinbrüche stattfanden), und mit der noch viel durchgreifenderen Ueberschiebung in dem ganzen mittlern Teil des Tunnels, muss wohl eine offene Frage bleiben. Zum mindesten machen diese Verhältnisse das Vorhandensein besonderer Spannungen nicht unwahrscheinlich; auf der Südseite könnten übrigens auch direkt Absenkungen in Betracht kommen. Bei den Ueberlegungen zur Lokalisierung des Herdes darf wohl auch nicht ausser acht gelassen werden, dass bei dem Erdbeben vom 2. November alle getrübten Tunnelquellen nach 3—4 Stunden wieder klar flossen, mit alleiniger Ausnahme der beiden grossen Quellen bei km 1.588 und km 1.614, wo die ganz grossen Wassereinbrüche erfolgt waren. Vielleicht kam jenen speziellen Kluftsystemen doch eine aktivere Stelle zu? Aber wenn wir auch mit einem neuen Fragezeichen schliessen, so glauben wir doch diejenigen beseitigt zu haben, welche die Untersuchung veranlassten.

Ergebnis der mikroseismischen Registrierung der Tunnelbeben.

Die im Vorhergegangenen dargelegte Tatsache, dass wir es hier mit einem ganz oberflächlichen Erschütterungs-herd zu tun haben, bietet eine seltene Gelegenheit, die wahre Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen von Nahebeben in den obersten Erdschichten festzustellen. Die Vorbedingungen dazu liegen insofern ausserordentlich günstig, als die Seismographen von Neuchâtel in $dn = 41$ km wie von Zürich in $dz = 91$ km Entfernung alle drei Beben registriert haben, und zwar das erste schwache nicht sehr deutlich, dagegen die beiden letzten mit ganz sichern Einsätzen. Ferner ist die Entfernung vom Herd, dank den makroseismischen Feststellungen, mit der erforderlichen, aber sonst kaum erhältlichen Genauigkeit (ca. ± 1 km) anzugeben.

Die Zuverlässigkeit der absoluten wie relativen Zeitangaben ist für unsern Zweck recht befriedigend; die Korrekturen der sehr guten Kontaktuhren sind an beiden Orten auf 0.1^s sicher; die schnellaufenden Triebwerke ($25\text{—}30$ $\frac{m}{m}$ in der Minute) erlauben eine genügende Schärfe der Ablesung, dass Abweichungen von mehr als 0.3^s in der Ablesung eines deutlichen Einsatzes bei wiederholten Ausmessungen nicht vorkommen. Die lineare Interpolation der Zeit zwischen den Minutenlücken ist wegen der Unregelmässigkeit dieser Triebwerke freilich selbst mit einem mittleren Fehler von 0.2^s behaftet, der ausnahmsweise auch bis 0.4^s , ja 0.5^s ansteigen kann.

Ausgehend von der Annahme gleichmässiger Ausbreitung finden wir in diesem Fall die wahre Geschwindigkeit der ersten Vorläufer ganz einfach durch die Division $(Pz - Pn) : (dz - dn)$, wobei letztere Differenz 50 km beträgt. Da sind nun verschiedene Feststellungen möglich:

			1. Juni	2. Nov.	11. Nov.	
1.	$Pz - Pn$		9.2 ^s (unsicher)	9.9 ^s	10.2 ^s	(In Z. mit scharfem Einsatz v. W-E u. V.)
2.	V_p		(5.43 km)	5.05 km	4.90 km	
3.	$Sz - Sn$	a)	(14.0 ^s unsicher)	14.8 ^s	14.9 ^s	(In Z. Einsatz, der für Berechnung mit Conrad'scher Formel stimmt.)
4.	V_{sa}		—	3.38 km	3.36 km	
5.	$Sz - Sn$	b)	—	17.1 ^s	16.8 ^s	(In Z. sehr scharfer Einsatz bei N-S.)
6.	V_{sb}		—	2.92 km	2.97 km	
7.	(S-P) Zürich	a)	(9.8 ^s)	10.2 ^s	10.4 ^s	
8.		b)	(12.3 ^s)	12.5 ^s	12.8 ^s	Mittel beobachtet: 12.65 ^s .
9.	S-P aus Geschwindigkeiten	b)	—	13.2 ^s	12.0 ^s	Mittel berechnet: 12.60 ^s .
10.	Verhältnis $V_p : V_s$	b)	—	1.74	1.66	

Zu vorstehender Tabelle, mit welcher die Angaben in der mikroseismischen Uebersichtstabelle zu vergleichen sind, ist folgendes zu bemerken. Die Indices mit kleinen Buchstaben beziehen sich auf Zürich und Neuchâtel; mit a und b sind zwei Einsätze von „S“ unterschieden. Zu 1. und 2.: Die Werte für $P_z - P_n$ sind als sehr zuverlässig anzusehen, ebenso ist $d_z - d_n$ auf ± 1 km genau; demnach ist auch der Wert für V_p sehr zuverlässig. Die Einsätze S a) in Zürich sind wenig hervortretend; es sind aber diejenigen, welche genau zu der Conrad'schen Distanzformel stimmen. Es ergäbe sich darnach ein Verhältnis von $V_p : V_s$ von 1.50 resp. 1.46 km, also zu klein für wirkliche Transversalwellen, welche theoretisch ca. 1.73 verlangen. Lässt man diese Wellen vom Herd ausgehen, so treffen sie in Zürich mit der Zeitdifferenz von 8.7^s gegen P ein, welche in Wirklichkeit 10.3^s betrug.

Nehmen wir aber bei Reihe 5 an, dass die wahren S die sehr scharfen, fast plötzlich zum Maximum ansteigenden Einsätze der Nordkomponente seien, dann bekommen wir (Zeile 6) neue Werte für V_s , welche nun für das Verhältnis $V_p : V_s$ den guten Mittelwert 1.70 geben, und welche auch im Mittel sehr gut den wirklich beobachteten Wert von P-S ergeben. Wollen wir uns also auf den Boden der Wellenausbreitung im isotropen Medium stellen — was man bei Nahebeben allerdings, wie die Untersuchungen von O. Hecker über das mitteleuropäische Beben vom 20. Juli 1913 zeigen, nur mit allem Vorbehalt tun soll —, so dürfen wir jenen sehr scharfen Einsatz bei N-S als Transversalwelle ansprechen, und dies um so eher, als die Richtung zum Herd annähernd West ist, also in jenem Augenblick die Bewegung fraglos ganz vorwiegend transversal war. (S. das Diagramm auf Tafel II links unten.)

Versuchen wir nun die genommenen Geschwindigkeiten auf den beobachteten Wert P-S von Neuchâtel anzuwenden. Derselbe beträgt (im Mittel aus den Zahlen 5.6^s , 5.8^s und 5.3^s) sehr zuverlässig 5.5^s . Mit den gefundenen Geschwindigkeiten ergäbe er sich zu 5.8^s . Die Uebereinstimmung ist schon sehr gut; immerhin deutet die Differenz darauf, dass die Geschwindigkeiten gegen Neuchâtel zu ein wenig grösser waren, was auch sehr gut zu dem Umstand stimmt, dass in dieser Richtung die Wellen gänzlich im Jura verliefen. Der entsprechend leicht veränderte Ansatz $P = 5.25$ km und (nach dem Verhältnis 1.7) $V_s = 3.10$ km befriedigt die Differenz P-S nun völlig. Die für Neuchâtel angenommene etwas grössere Geschwindigkeit Herd-Neuchâtel verlangt aber in der Richtung nach Zürich eine Korrektur der Werte $P_z - P_n$ um -0.24^s und $S_z - S_n$ um -0.35^s (welche Korrekturen schon dem voraussichtlichen Endwert von V_p und V_s Rechnung tragen). Dieser Endwert für die wahren Geschwindigkeiten, der allen Beobachtungstatsachen innerhalb der Fehlergrenzen völlig gerecht wird, ist:

Für die Strecke Grenchen-Zürich, erste Vorläufer: $V_p = 5.10$ km, zweite Vorläufer: $V_s = 3.00$ km.

„ „ „ Grenchen-Neuchâtel: „ $V_p = 5.25$ km, „ $V_s = 3.10$ km.

Der wahrscheinliche Fehler dürfte bei $V_p \pm 0.20$ km, bei $V_s \pm 0.15$ km nicht überschreiten.

Damit scheint eine schwerlich sobald wiederkehrende Gelegenheit zur Gewinnung einer Fundamentalzahl für die elastische Fortpflanzungsgeschwindigkeit in oberflächlichen tertiären bis jurassischen Gesteinsschichten glücklich erfasst worden zu sein. Da bisher solche Zahlen nur sehr spärlich vorhanden sind, trotz ihrer Wichtigkeit für die Vorstellungen über den Betrag der seismischen Strahlenbrechung in den obersten Erdschichten, dürfte dieser Beitrag von Nutzen sein. Wie tief in unserm Fall die „obersten“ Schichten gehen, hängt neben der Herdtiefe von der Annahme einer bestimmten Geschwindigkeitszunahme mit der Tiefe ab. Dass der Herd nicht wohl tiefer als 1—2 km angenommen werden darf, scheint nach den frühern Darlegungen höchst wahrscheinlich. Rechnet man ferner mit dem mittleren Krümmungsradius von ca. 300 km, der sich nach der bisher extremsten Annahme der Literatur über die Geschwindigkeitszunahme mit der Tiefe ergibt, so tauchen doch die nach Zürich gehenden Strahlen höchstens 3 km unter die Herdtiefe. Die oben ermittelten Geschwindigkeiten beziehen sich also wahrscheinlich nicht auf grössere Tiefen als höchstens 5 km.

Eine beachtenswerte, wenn auch nur qualitative Bestätigung unserer Annahme über die ungewöhnlich oberflächliche Lage des Herdes in diesem Fall sei noch angeführt: Sie liegt in der Tatsache, dass die Conrad'sche Formel für die Herdentfernung, die sonst so gut zu stimmen pflegt, diesmal auf eine um 20 km zu grosse Entfernung führt! Das ist aber gerade die Konsequenz, die sich aus einer oberflächlichen Lage des Herdes ergeben muss, sowohl aus geometrischen Gründen, wie wegen der ungewöhnlich kleinen Geschwindigkeiten, und der damit verbundenen Zunahme der Zeitdifferenz in der Ankunft der ersten und zweiten Vorläufer. Beide Einflüsse zu trennen, ist vorläufig nicht möglich.