

PUBLICATIONS DU BUREAU CENTRAL
DE L'ASSOCIATION INTERNATIONALE
DE SISMOLOGIE.

VERÖFFENTLICHUNGEN DES ZENTRAL-
BUREAUS DER INTERNATIONALEN SEIS-
MOLOGISCHEN ASSOZIATION.

HERAUSGEGEBEN VON O. HECKER.

**DIE
MITTELEUROPÄISCHEN BEBEN**

VOM 16. NOVEMBER 1911

UND

VOM 20. JULI 1913

I.

**BEARBEITUNG
DER INSTRUMENTELLEN AUFZEICHNUNGEN**

VON

B. GUTENBERG.

MIT 3 FIGUREN IM TEXT UND EINEM BEIHEFT, ENTHALTEND 32 TAFELN.

STRASSBURG.

1915.

Vorwort.

Am 16. November 1911 wurden weite Gebiete von Mitteleuropa durch ein Erdbeben erschüttert, dessen Herd im südlichen Deutschland lag. Ausser in einem grossen Teile Deutschlands wurde das Beben in Teilen der Schweiz, Österreichs, Italiens und Frankreichs gefühlt. Das Schüttergebiet umfasste eine Fläche von rund 80000 Quadratkilometern. Bei der dichten Besiedelung dieses Gebietes und bei der grossen Zahl von Erdbebenwarten, an denen das Beben durch die Seismometer aufgezeichnet wurde, war dieses Beben für eine monographische Bearbeitung in besonders hohem Masse geeignet. Es wurden daher sofort die erforderlichen Massnahmen getroffen, um zunächst für die makroseismische Bearbeitung möglichst viele und noch unter dem Eindruck des Ereignisses niedergeschriebene Mitteilungen zu erhalten. Erfahrungsgemäss verwischen sich bei vielen Personen schon kurze Zeit nach einem Beben die Eindrücke, so dass die Angaben weniger verlässlich werden.

Am 20. Juli 1913 erfolgte eine zweite, schwächere Erschütterung, deren Ursprung in angenähert demselben Herde gesucht werden musste. Es ergab sich hiermit eine sehr günstige Gelegenheit, die Wirkungen zweier Beben mit demselben Epizentrum miteinander zu vergleichen, und es wurde daher die Bearbeitung auch auf dieses Beben ausgedehnt und sofort mit der Sammlung eines möglichst umfangreichen Nachrichtenmaterials begonnen.

Ich will nicht unterlassen, auch an dieser Stelle meinen besonderen Dank auszusprechen für die Förderung, die diese Materialsammlung allseitig gefunden hat. Behörden, Zeitungen und Privatpersonen der in Betracht kommenden Staaten entsprachen bereitwilligst meiner Bitte, sammelten die ihnen zugänglichen Nachrichten und stellten sie dem Zentralbureau zur Verfügung. Die Anzahl der Einzelmeldungen überstieg 10000, so dass sich die Bearbeitung des Bebens nach der makroseismischen Seite hin auf ein ausserordentlich reichhaltiges Material stützen kann; der Abschluss derselben hat sich jedoch infolge des Ausbruchs des europäischen Krieges verzögert.

Die vorliegende Arbeit enthält die von Herrn Dr. Gutenberg ausgeführte Bearbeitung der von den Seismometern gelieferten Aufzeichnungen der Erdbebenstationen, die fast ausnahmslos in dankenswertester Weise ihre Originalregistrierungen zur Verfügung gestellt haben. Es bedurfte allerdings vielfacher Rückfragen, um sowohl die Instrumentalkonstanten und Zeitkorrekturen, als auch besonders die Richtung der wahren Bodenbewegung bei beiden Beben sicher zu stellen. Insbesondere in letzterer Hinsicht waren Missverständnisse häufig.

Es schien mir unerlässlich, alle Aufzeichnungen in möglichst getreuer Weise bildlich wieder zu geben, und zwar in der Art, dass möglichst alle Aufzeichnungen durch entsprechende Vergrösserung oder Verkleinerung des Massstabes dieselbe Registriergeschwindigkeit aufweisen. Durch Aneinanderlegen der verschiedenen Registrierungen kann man dann in bequemer Weise Vergleiche zwischen denselben anstellen, so dass besondere, an einzelnen

Stationen etwa auftretende Eigentümlichkeiten leicht auffallen. Es dürfte sicherlich zum Fortschreiten der seismischen Wissenschaft beitragen, wenn solche Wiedergaben häufiger als bisher den Bebenzusammenstellungen der Stationen insbesondere für besser ausgeprägte Störungen beigegeben würden.

Da es sich um eine grosse Anzahl von Aufzeichnungen handelte, wurde zunächst eingehend untersucht, welches Verfahren, ohne grössere Kosten zu verursachen, sich am zweckmässigsten für die Wiedergabe anwenden lasse. Nach vielfachen Versuchen, die hier nicht weiter besprochen werden sollen, erwies sich das folgende Verfahren als besonders geeignet.

Von jeder Aufzeichnung wurde zunächst ein Diapositiv gemacht, und zwar nicht als Kontaktkopie — hierbei ergaben sich weniger günstige Resultate — sondern indem die Aufzeichnung photographiert wurde. Hierbei ist die Verwendung photomechanischer Trockenplatten durchaus unerlässlich, da mit diesen die kontrastreichsten Bilder erzielt werden können. Mitteltst eines Projektionsapparates mit Tessar wurde nun auf Bromsilbergelatinpapier eine etwa fünffache Vergrösserung der Aufzeichnung hergestellt; eine solche Vergrösserung gibt alle Feinheiten der Aufzeichnung mit überraschender Genauigkeit wieder. Es bietet auch für den weniger geübten Zeichner keinerlei Schwierigkeiten, die Kurve mittelst Tusche nachzuziehen.

Um nun das photographische Bild zu entfernen, wurde die Vergrösserung kurze Zeit in Wasser, dem eine geringe Menge einer Lösung von 5 g Jod und 7 g Jodkalium in 100 g Wasser zugesetzt war, eingelegt, hierauf gewaschen und dann weiter mit einer etwa 5% igen Cyankaliumlösung behandelt und wiederum gewaschen. Das Blatt wird hierdurch völlig weiss und enthält nur mehr die von allen störenden Nebenlinien freie Tuschezeichnung, von der nun in der üblichen Weise ein Zinkdruck in der entsprechenden Verkleinerung gemacht werden kann. Diese wurde überall, wo es angängig war, so bemessen, dass die Registriergeschwindigkeit 15 mm/sec betrug.

Wie zu erwarten zeigt sich bei Nahbeben der Verlauf der Erdbebenstrahlen in den oberen Schichten der ihrer Dichtigkeits- und Elastizitätsverhältnisse nach sehr verschiedenartig aufgebauten Erdkruste als ausserordentlich verwickelt. Besonders bemerkenswert ist unter anderem, dass eine sichere Bestimmung der Herdtiefe trotz eines so umfangreichen und genauen Materials, wie es bisher noch für keine Bearbeitung eines Nahbebens zur Verfügung gestanden hat, nicht gewonnen werden konnte, da die Genauigkeit der Zeitangaben hierfür noch nicht ausreichend war.

Es lässt dieses Ergebnis einen Schluss zu, welcher Wert den Angaben von Herdtiefen beizumessen ist, die sich vielfach in der seismischen Literatur finden.

Mai 1915.

O. Hecker.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite		Seite
Einleitung	1	40. Florenz-Ximeniano	33
Symbole und Abkürzungen	1	41. Hamburg	33
Das Beobachtungsmaterial	3	42. Zagreb (Agram)	35
1. Hohenheim	5	43. Marseille	35
2. Biberach	6	44. Breslau (Krietern)	36
3. Durlach (bei Karlsruhe)	* 7	45. Helgoland	37
4. Karlsruhe	7	46. Le Mans	38
5. Freiburg	7	47. Ógyalla	38
6. Strassburg	7	48. Budapest	38
7. Zürich	8	49. Kalocsa	39
8. Nördlingen	9	50. Rocca di Papa	39
9. Heidelberg (Königstuhl)	10	51. Krakau	40
10. Jugenheim	10	52. Sarajevo	40
11. Bogenhausen-München	11	53. Ischia (Grande Sentinella)	41
12. Frankfurt a. M. (Physikal. Verein)	11	54. Ischia (Porto d'Ischia)	41
13. Innsbruck	12	55. Belgrad	42
14. Neuchâtel	12	56. Temesvár	42
15. Feldberg (Taunusobservatorium)	13	57. Ungvár	42
16. Domodossola	13	58. Königsberg	43
17. Besançon	14	59. Tarent	43
18. Hof a. S. (Privatstation)	14	60. Lemberg	43
19. Jena	15	61. Mileto	44
20. Aachen (Station A)	16	62. Czernowitz	44
21. Aachen (Station B)	17	63. Catania	44
22. Göttingen	18	64. Algier	44
23. Bochum	20	65. Upsala	45
24. Moncalieri	21	66. Cartuja	46
25. Clausthal	21	67. Pulkovo	46
26. Venedig	22	68. Baku	47
27. Padua	22	Die Bestimmung des Epizentrums und der Herddistanzen	48
28. Leipzig	23	Graphische Bestimmung des Epizentrums	49
29. Uccle (Brüssel)	23	Die Berechnung der Koordinaten des Epi- zentrums	50
30. Triest	25	Die Berechnung der Herddistanzen	53
31. Laibach	26	Die longitudinalen Vorläufer (P und \bar{P})	54
32. Graz	26	Das Azimut von P und \bar{P}	54
33. Paris (Parc St. Maur)	27	Die Laufzeiten von P und \bar{P}	55
34. Fiume	28	Die Perioden bei P und \bar{P}	58
35. Pola	28	Die Bodenverrückungsamplituden bei P und bei \bar{P}	58
36. De Bilt (Utrecht)	29		
37. Potsdam	30		
38. Wien	31		
39. Puy de Dôme	33		

	Seite		Seite
Der Einfallswinkel i (bzw. Emergenzwinkel e)		Perioden während der Beben	72
bei P und \bar{P}	59	1. Hohenheim	72
Über die Herdtiefe	60	2. Karlsruhe	73
Die Theorie	61	3. Besançon	73
Die Rechnung	63	4. Göttingen	73
Beben I.	65	5. Clausthal	75
Beben II.	65	6. Uccle	76
Über die Bedeutung der P- und \bar{P} -Wellen.		7. Paris	77
Elastische Wellen in anisotropen Medien		8. Graz	78
nach Rudzki	66	9. Zagreb	78
Die weiteren Vorläufer	70	10. Sarajevo	79
Der Beginn der Hauptauschläge, die Maxima		11. Pulkovo	80
und Nachläufer	70	12. Baku	81
Vergleich der Aufzeichnungen beider Beben, und		Schlusswort	83
die zeitlichen Änderungen der Perioden .	72	Literaturverzeichnis	84

Berichtigungen und Zusätze.

- Seite 2, Zeile 18 von oben, 3. Spalte lies Neuchâtel statt Neuschatel.
 „ 9, „ 3 „ „ lies 180 kg statt 280 kg.
 „ 44, „ 1 „ „ lies Mileto statt Milet.
 „ 68, „ 5 „ „ lies Strahlen statt Srahlen.
 „ 71, „ 28, 30, 44 von oben lies Rayleigh statt Raylaigh.

Herr Dr. de Quervain-Zürich glaubt nach seinen Messungen als grösste Amplitude der Züricher Aufzeichnungen bei Beben II, E-W, den Betrag von 245 μ , statt 180 μ , annehmen zu müssen, was Figur 268 um eine Kleinigkeit ändern würde, und zwar im Sinne einer Stütze dafür, dass wie nördlich so auch südlich des Herdes die E-W-Komponente der Bewegung einen grösseren Betrag aufweist, als die N-S-Komponente.

Einleitung.

In dem vorliegenden Teile der Bearbeitung der süddeutschen Beben vom 16. November 1911 und 20. Juli 1913 sollen die Aufzeichnungen der Beben untersucht und die Ergebnisse mitgeteilt werden. Auf die makroseismischen Beobachtungen wird nirgends Bezug genommen werden. Zunächst wird das Beobachtungsmaterial zusammengestellt, dann das Epizentrum der Beben bestimmt. Im folgenden Abschnitte wird auf die Eintrittszeiten, Amplituden und Perioden der 1. Vorläufer (P und \bar{P}) eingegangen und daran anschliessend die Frage nach der Herdtiefe behandelt. Nachdem die Laufzeiten der weiteren Vorläufer untersucht sind, werden die langen Wellen, Maxima und Nachläufer besprochen und zum Schluss die beiden Beben verglichen.

Symbole und Abkürzungen.

Im folgenden wird das Beben vom 16. November 1911 kurz als „Beben I“, das vom 20. Juli 1913 als „Beben II“ bezeichnet. Es bedeuten ferner:

A Amplitude einer Welle in μ , gemessen von der Ruhelage aus, und zwar

+ wenn die wahre Bodenbewegung nach N, E oder oben,

— wenn sie nach S, W oder unten gerichtet ist.

T Periode = Zeitdifferenz zwischen zwei Maxima auf der gleichen Seite in Sekunden.

t Zeiten (insbesondere Eintrittszeiten),

Ph Phase im Diagramm, und zwar

P Longitudinale Vorläufer (normale Primae),

\bar{P} Individuelle Primae nach Mohorovičić,

S Transversale Vorläufer,

m Maximum während eines Vorläufers,

M Hauptwellenmaximum,

L Lange Wellen,

C Nachläufer,

i Impetus } nach der internationalen Bezeichnung.
e Emersio }

N—S Komp. Komponente, die die Bodenbewegung registriert, die in der Richtung N—S verläuft,

E—W Komp. Analog für E—W,

Z Komp. „ „ Vertikal.

H Horizontal.

E, N, Z und H können auch als Indices auftreten und bezeichnen dann die Komponente, für die der betr. Ausdruck gebildet ist. Z. B. bedeutet M_H das Maximum in der Horizontalkomponente.

Gewichte werden den betr. Grössen in Klammern beigelegt. Es wurden überall schätzungsweise die Gewichte 1 (schlecht messbar), 2 (gut messbar) und 3 (sehr gut messbar) verwandt.

Die Konstanten der Instrumente sind:

V	Vergrößerung	}	nach den Definitionen von Wiechert bei mechanischer Registrierung
T_0	Eigenperiode		
ε	Dämpfungsverhältnis		
T	Periode des Pendels	}	nach Fürst B. Galitzin bei galvanometrischer Registrierung.
T_1	„ „ Galvanometers		
C_1	Faktor zur Berechnung der Grösse der Bodenbewegung		
μ^2	Dämpfungskonstante		

Die weiteren Symbole beziehen sich nur auf einzelne Abschnitte und sind dort erklärt.

Die Namen der Beobachtungsstationen werden folgendermassen abgekürzt:

AA	Aachen A	Gz	Graz	Nâ	Neuschâtel
AB	„ B	Ha	Hamburg	Nö	Nördlingen
Al	Algier	Hf	Hof	Og	Ógyalla
Ba	Baku	Hg	Helgoland	Pd	Padua
Bç	Besançon	Hh	Hohenheim	Pl	Pola
Bi	Biberach	HK	Heidelberg (Königstuhl)	Ps	Paris
Bl	Belgrad	Je	Jena	Pt	Potsdam
Bo	Bochum	In	Innsbruck	Pv	Pulkovo
Br	Breslau (Krietern)	IP	Ischia (Porto)	Py	Puy de Dome
Bu	Budapest	IS	Ischia (Grande Sentinella)	RP	Rocca di Papa
Cl	Clausthal	Ju	Jugenheim	Sa	Sarajevo
Cj	Cartuja	Kc	Kalocsa	St	Strassburg
Ct	Catania	Kö	Königsberg	Ta	Tarent
Cz	Czernowitz	Kr	Krakau	Te	Temesvár
DB	De Bilt	Ks	Karlsruhe	Tr	Triest
Do	Domodossola	La	Laibach	Uc	Uccle
Du	Durlach	Lg	Lemberg	Un	Ungvár
Fe	Feldberg	LM	Le Mans	Up	Upsala
Ff	Frankfurt	Lp	Leipzig	Ve	Venedig
Fg	Freiburg	Ma	Marseille	Wi	Wien
Fi	Fiume	Mi	Milet	Zg	Zagreb
FX	Florenz (Ximeniano)	Mo	Moncalieri	Zü	Zürich
Gt	Göttingen	Mü	München		

Das Beobachtungsmaterial.

Nachdem die Vergrößerungen der Diagramme einer Station hergestellt waren, wurden die Elemente aller auffälligen Wellen ausgemessen, und zwar die Zeiten mit Lupe und Glasmasstab auf den Originalen, die Perioden und Amplituden auf den Vergrößerungen. Diese bewährten sich bei den Messungen in zweierlei Weise: Zunächst waren mehrmals Einsätze von P selbst mit der Lupe nicht auf den Originalen zu finden, während sie bei 30—40 facher Vergrößerung deutlich hervortraten; dann aber war das Messen der Perioden dadurch wesentlich erleichtert, dass im allgemeinen eine Vergrößerung angewandt wurde, bei der sich eine Minutenlänge von 60 mm ergab; es entsprach dann einfach einem mm eine Sekunde. Die Bestimmung der Zeiten war durch mancherlei Umstände erschwert: Bei Blaupausen ist meist kein scharfer Strich reproduziert, sondern das ganze Bild ist verschwommen; Blaupausen sind daher in jeder Beziehung ungeeignet. Bei vielen Stationen erschwerte die Bodenunruhe, besonders bei Beben I, die Messung; dazu kam, dass vielfach der 1. Einsatz sehr schwach war, so dass unter Umständen die verschiedenen Komponenten verschiedene Einsatzzeiten lieferten; in einem besonders auffälligen Falle (Uccle), in dem bei beiden Beben die Vertikalkomponente vor den horizontalen Bewegung zeigte, konnte nachträglich auch in letzteren bei starker Vergrößerung gleichzeitig mit jener Spuren eines Einsatzes gefunden werden. Bei einer weiteren Station (Aachen) zeigten sich in allen Punkten von anderen Stationen abweichende Ergebnisse bei Benutzung der abgelesenen P-Einsätze. Bei starker Vergrößerung fanden sich auch hier nämlich deutliche Spuren von Störungswellen schon vorher, doch war eine bestimmte Zeit für P nicht festzustellen. Besonders schön zeigt sich der Einfluss der Vergrößerung auf die erste feststellbare Welle in Göttingen, wo das 17000kg-Pendel einen kleinen, aber scharfen Einsatz vor der Vertikalkomponente zeigt, wogegen bei den horizontalen infolge der Bodenunruhe während mehrerer Sekunden des Bebenanfangs keine Bebenbewegung oder nur Spuren davon zu sehen sind. Man muss demnach bei der Benutzung der Einsätze mehrerer Stationen zunächst festzustellen suchen, ob man es auch mit entsprechenden Wellen zu tun hat. Die Messung der Eintrittszeiten wurde ferner durch undeutliche oder fehlende Zeitmarken vielfach erschwert. Hierher gehört auch das Übertragen der Zeitmarken bei besonderer Registrierung derselben (z. B. bei den meisten Vicentinipendeln) in das Diagramm. Die Zeitkorrekturen waren meist direkt angegeben, oder es war im Diagramm an eine Minutenmarke die entsprechende Zeit angeschrieben; nur ganz wenige Stationen hatten an dem ersten Einsatz die entsprechende Zeit vermerkt und sonst keine Angaben gemacht. Dieses Verfahren ist nicht wünschenswert, da der Einsatz meist nicht genau genug feststeht, und so alle Zeitangaben etwas unsicher werden. Schliesslich konnte von einzelnen Stationen eine Zeitkorrektur überhaupt nicht erhalten werden, oder es war eine solche nicht ermittelt worden. Auch die Diagramme dieser Stationen sind für eine Bearbeitung brauchbar; ja es kann sogar ein Diagramm, von dem nur der Ort und die Minutenlänge bekannt sind, noch gute Dienste leisten, wenn nur die Registrierung gut ist (z. B. Clausthal). Selbstverständlich sind auch Seismogramme wertvoll, bei denen sofort nach dem 1. Einsatz das Instrument in Unordnung geriet; es muss dies ausdrücklich betont werden, denn es besteht vielfach die Meinung, nur völlig ausgezeichnete Diagramme, von denen alle Konstanten bekannt sind, wären brauchbar. Die Kenntnis der Konstanten ist natürlich wünschenswert, aber bei Fehlen derselben sind die Registrierungen noch nicht wertlos; die Zahl der hier veröffentlichten Diagramme, bei denen das Beben bis zu Ende registriert wurde und alle Konstanten bekannt sind, ist nicht so gross, wie man vielleicht denkt. Die Messung der Perioden stiess nirgends auf Schwierigkeiten, die in der

Registrierung selbst lagen. Dagegen waren bei der Bestimmung der Amplituden Fehlerquellen vorhanden: zunächst war vereinzelt die Vergrößerung des Instrumentes als „unsicher“ bezeichnet oder ungenau angegeben, besonders bei den kleinen Apparaten, dann waren oft mehrere Maxima von gleicher Grösse vorhanden, ohne dass sich feststellen liess, ob dies durch Anschlagen der Feder verursacht war; schliesslich waren bei mehreren Kopien die Maxima nicht völlig wiedergegeben. Bei den Reproduktionen wurde bei 2 Stationen, nämlich bei Jena (Z) und Heidelberg, bei denen das Maximum nicht völlig ausgeschrieben war, nur ein Teil der Maximalwellen reproduziert. Bei den verarbeiteten Seismogrammen rührte ein grösserer Teil von Instrumenten ohne Dämpfung her; diese waren vielfach vollkommen brauchbar, da die registrierte Periode meist erheblich unterhalb der Eigenperiode des Instrumentes lag.

Die grösste Schwierigkeit bereitete die Feststellung der Richtungen „+“ und „—“ auf den Registrierungen. Von mehreren Stationen konnten hier die gewünschten Angaben trotz mehrfacher Anfrage mit genauer Anweisung, wie die Bestimmung vorgenommen werden soll, nicht erhalten werden. Auch bei den übrigen Diagrammen dürfte mehrfach die Sicherheit dieser Angabe nicht sehr gross sein. Schliesslich ist vielleicht bei einigen Stationen die Komponentenbezeichnung unrichtig; es stellte sich zufällig heraus, dass von einer Station als „N—S Komponente“ diejenige bezeichnet war, bei der die Schreibfeder in der N—S-Richtung lag und die die E—W Komponente registrierte, ohne dass dies ausdrücklich bemerkt war. Vielleicht sind noch ein oder mehrere Fälle dieser Art vorhanden.

Die erhaltenen Messungsergebnisse wurden zunächst mit den Berichten der betreffenden Station verglichen. Es ergab sich hierbei im allgemeinen eine gute Übereinstimmung, jedoch zeigte sich, dass bei vielen Stationen als Hauptsache des Berichtes die Angabe der Einsätze von P und S angesehen wurde. So gibt eine Station Zeiten für P und S, die sehr gut in die Laufzeitkurve passen; leider war P selbst bei starker Vergrößerung nicht zu finden, während an der Stelle, an der S sein sollte, ein paar ganz kleine Wellen zu sehen waren; eine andere Station findet P und S an einer Stelle, die bereits im Gebiete der langen Wellen liegt, aber die Zeitdifferenz ist richtig. An einer dritten Station wird aus den Zeiten für P und iL der Herd richtig bestimmt, obwohl ein grösserer Teil des Bebens durch Bodenunruhe verdeckt ist, und der als „P“ angenommene Einsatz etwa ½ Minute später als das richtige P liegt, dadurch, dass aber auch iL ½ Minute zu spät angenommen ist, ergibt sich ein richtiges Resultat. Auf fast allen Stationen ist ein S angegeben, obwohl man lediglich beim Betrachten des Diagramms ein solches nur schwer finden kann (Ausnahmen: Pulkovo und Baku). Dagegen tritt $i\bar{P}$ auf sehr vielen Stationen scharf hervor, ohne dass es im Bericht erwähnt wird. Es wäre sicher wertvoller, wenn in den Berichten etwas mehr auffällige Einsätze angegeben würden, als bei schwachen Diagrammen nach S zu suchen.

Um schliesslich ein ungefähres Mass für den persönlichen Fehler zu bekommen, wurde ein Teil meiner Zeitmessungen von Herrn Dr. Mainka wiederholt. Es ergaben sich hierbei folgende Differenzen (eigene Messung — Messung von Dr. Mainka):

bei den i. Einsätzen:

Diff. sec.	+2	+1	0	—1	—2	—3
Fälle	6	21	70	29	1	2

bei späteren Einsätzen:

Diff. sec.	+2	+1	0	—1	—2	—3
Fälle	4	18	50	25	2	0

Zusammen:

Diff. sec.	+2	+1	0	-1	-2	-3
Fälle	10	39	120	54	3	2

Man sieht also, dass die Differenzen meist innerhalb $\pm 1^s$ liegen. Ein systematischer Unterschied ist nicht vorhanden.

Im folgenden sind alle Messungen getrennt nach Komponenten mitgeteilt. Die Stationen sind nach Entfernungen, wie sie später berechnet wurden, geordnet. Es sind zunächst Koordinaten, Höhe, Untergrund der Station, die benutzten Instrumente und deren Konstanten angeführt. Diese Zahlen sind zum Teil den direkten Angaben der Stationen, zum Teil den Berichten und der Rest der „Liste des observatoires magnétiques et des observatoires séismologiques“ von E. Merlin und O. Somville (Brüssel 1910) entnommen. In den Fällen, in denen alle diese Angaben fehlten, wurden die Koordinaten der betreffenden Station nach „Geogr. Koord. der seismischen Stationen“ von S. Szirtes (Beiträge z. Geophysik, XI) benutzt. Besass eine Station mehrere Instrumente, so wurden diese mit grossen lateinischen Buchstaben bezeichnet, die dann bei der Angabe der Konstanten und Figuren benutzt wurden. Es folgen dann einige Angaben über die reproduzierten Figuren, die genau wie auf den Tafeln von 1 bis 243 durchnummeriert sind. Mit „E“ ist hier die Zeit bezeichnet, die dem 1. Pfeil in der Figur entspricht, und es ist die Vergrösserung oder Verkleinerung der Figur gegenüber dem Original vermerkt. In den Figuren selbst ist die Seite, die einer Bodenbewegung nach E, N und oben entspricht (+) oben, bei Zwischenrichtungen (z. B. NE—SW) sind besondere Angaben gemacht, sofern solche bekannt waren. Bei Diagrammen ohne Zeitmarken ist im allgemeinen die Länge der Minute 15 mm. Zum Schluss sind die Messungsergebnisse angegeben. Hierbei bedeuten „Ph“ die Phase, t die Eintrittszeit, T die Periode und A die Amplitude der Welle. Unter „Mittlere Einsätze“ ist die Zeit angegeben, die sich unter Berücksichtigung der Gewichte als wahrscheinlichste aus den verschiedenen Komponenten ergibt. Bei den Zeitangaben bei Beben I ist zu ergänzen: 21^h, bei II: 12^h. Von einer Bezeichnung der Art der Welle wurde infolge der Unsicherheit ausser bei P, \bar{P} und M abgesehen.

1. Hohenheim.

$\Delta = 45$ km

$$\lambda = 9^{\circ} 12' 45''. \quad \varphi = 48^{\circ} 43' 00''. \quad \text{Höhe } 396 \text{ m}$$

Untergrund: Zunächst Lehm, dann Liassandstein. Die Apparatpfeiler stehen auf dem Sandstein.

Instrument: Doppelpendel Horizontalpendel, System Omori-Bosch, Komponente N—S und E—W. Masse 52 kg.

Konstanten: I und II: $T_0 = 12^s$ $V = 50$ $\varepsilon = 2,5$.

Zeitkorrekturen: I: Uhrkorr. $+0^s$ Parallaxe N—S: -29^s , E—W: -23^s

II: „ $+1,4^s$

Figur 1: I N—S E = 21^h 25^m 31^s Natürliche Grösse.

2: I E—W E = 21^h 25^m 37^s „ „

3: II N—S E = 12^h 6^m 1,4^s 1,05 fach vergrössert.

4: II E—W E = 12^h 6^m 1,4^s 1,05 „ „

I

N—S				E—W			
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A
iP	26 ^m 3 ^s (3)	4 (2)	+700 (1)	iP	26 ^m 3 ^s (3)	4 (2)	+100 (1)
M	26,5		1500 (1)				
C		4 (2)					

Dicke Zeitmarken. Um 26^m 7^s wurde in E—W die Feder abgeworfen.

II

N—S				E—W			
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A
iP	6 ^m 32 ^s (3)	1,5 (2)	+140 (2)	iP	6 ^m 32 ^s (3)	1,5 (2)	+24 (2)
i	6 36 (2)	1 (2)		i	6 ^m 36 ^s (3)	1 (2)	
M	6 40 (1)	12 (1)	240 (1)				
C		{ 2 (2) 12—18					

Zeitmarken schwer sichtbar. Um 6^m 37^s wurde in E—W die Feder abgeworfen.

2. Biberach.

$\Delta = 56 \text{ km}$

$$\lambda = 9^{\circ} 47' 41'' \quad \varphi = 48^{\circ} 5' 35'' \quad \text{Höhe } 531 \text{ m}$$

Untergrund: Tertiärablagerungen.

Instrument: Doppelpertes Horizontalpendel, System Omori-Bosch, Komponente N—S und E—W, Masse 33 kg.

Konstanten: I und II: $T_0 = 6,5^s$ $V = 36$ Keine Dämpfung.

Zeitkorrektur: I Uhrkorrektur + 12^s, Parallaxen nicht angegeben.

II „ + 12,0^s, „ N—S: —22^s E—W: —18^s

Bei I wurde nachträglich festgestellt, dass iP um 25^m 59^s ± 3^s eintraf.

Figur 5: I N—S E = 21^h 25^m 38^s ± 3^s Natürliche Grösse.

6: I E—W E = 21^h 25^m 54^s ± 3^s „ „

7: II N—S E = 12^h 5^m 50^s 1,05 f. vergrössert.

8: II E—W E = 12^h 5^m 56^s 1,05 „ „

I

N—S				E—W			
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A
iP	25 ^m 59 ^s ± 3		+ 28 (1)	iP	25 ^m 59 ^s ± 3	2 (1)	— 25 (1)
i	26 0	2 (3)	—160 (1)	i	26 0	2 (2)	—250 (1)
M				M	26,3		ca. 1700
C				C		4 (2)	

Um 27,0^m wurde in N—S die Feder abgeworfen.

II

N—S				E—W			
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A
iP	6 ^m 31 ^s (2)	1 (1)	+ 28 (1)	iP	6 ^m 32 ^s (2)	1 (1)	— 22 (1)
i	32 (2)	6 (1)	+112 (1)	i	33 (2)	6 (1)	+ 87 (1)
i	40 (2)			i	40 (2)		
M	46 (2)	7 (3)	—400 (1)	M	44 (2)		+700 (1)
C		2 (2)		C		1—2 (2)	

Beide Beben beginnen mit einem schwachen Einsatz, dem sofort ein heftiger Impetus folgt.

3. Durlach (bei Karlsruhe).

$\Delta = 89 \text{ km}$

$\lambda = 8^\circ 28' 55''$. $\varphi = 48^\circ 59' 46''$. Höhe 127 m

Untergrund: Sandstein.

Instrument: Leichtes Pendel nach v. Rebeur-Hecker für Deformationsbeobachtungen.

Konstanten II: $V = \text{ca. } 36$ N—S: $T_0 = 19^s$, E—W: $T_0 = 31^s$

Zeitkorrektur II: $-1^m 41^s$

II

N—S			E—W		
iP M	6 ^m 35 ^s (2)	70 μ (1)	iP M	6 ^m 35 ^s (2)	70 μ (1) verlagert

4. Karlsruhe.

$\Delta = 94 \text{ km}$

$\lambda = 8^\circ 24' 24''$ $\varphi = 49^\circ 0' 39,2''$ Höhe 114 m

Untergrund: Aufschüttung.

Instrument: Mainka-Kegelpendel, Komponente N—S, Masse 135 kg.

Konstanten: I und II: $V = 100$ $T_0 = 6^s$ $\varepsilon = 5$.

Zeitkorrektur: I: $+4^s$ II: $+2^m 5^s$

Figur 9: I N—S $E = 21^h 26^m 4^s$ 1,2 fach vergrößert.

10: II N—S $E = 12^h 6^m 5^s$ 1,3 „ verkleinert.

I

N—S

II

Ph	t	T	A
iP C	26 ^m 8 ^s (2)	1 $\frac{1}{2}$ (1) 5 (2)	≥ 400

Ph	t	T	A
iP i M C	6 ^m 38 ^s (3) 40 (1) 7,0	3 (1)	-13 (2) +130 (2) 230 (1)

M verlagert

5. Freiburg.

$\Delta = 100 \text{ km}$

$\lambda = 7^\circ 51' 35''$ $\varphi = 47^\circ 59' 46''$ Höhe 279 m

Untergrund: Gneis.

Instrument: Leichtes Pendel nach v. Rebeur-Hecker für Deformationsbeobachtungen.

Konstanten II: $V = \text{ca. } 36$ N—S: $T_0 = 24^s$ E—W: $T_0 = 19^s$

Zeitkorrektur II: $-2^m 9^s$

II

N—S				E—W			
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A
iP M	6 ^m 38 ^s (2)	2 (3) 2 (3)	50 (1)	iP M	6 ^m 38 ^s (2)	2 (3)	35 (1)

6. Strassburg.

$\Delta = 104 \text{ km}$

$\lambda = 7^\circ 45' 57''$ $\varphi = 48^\circ 35' 5''$ Höhe 135 m

Untergrund: Schotter.

Instrumente: A Biflares Kegelpendel nach Mainka, Komponente E—W und N—S, Masse 450 kg.

B Vertikalseismometer nach Wiechert, Masse 280 kg

Konstanten:

I

II

		V	T ₀	ε	Zeitkorr.				
A	N—S	170	5	3,8	} +18 ^s	134	5	2,8	} +43,5 ^s
A	E—W	217	5	2,3		180	5	1,9	
B	Z	116 (58?)	5	5		104	4	4,1	

Figur 19: I A N—S E = } 21^h 25^m 18^s 1,5 fach verkleinert.
 20: I A E—W E = } 1,5 „ „
 21: I B Z E = 21^h 26^m 18^s 2,0 „ „
 22: II A N—S E = 12^h 6^m 43,5^s 1,7 „ „
 23: II A E—W E = 12^h 5^m 43,5^s 1,8 „ „
 24: II B Z E = 12^h 6^m 43,5^s 2,1 „ „

I

II

Instrum. u. Kompon.	Ph	t	T	A
A N—S	iP M	26 ^m 11 ^s (2)		ab ≥480
A E—W	iP M	26 ^m 11 ^s (2) 18	2 (2)	-110 (2) ab ≥250
B Z	iP	26 ^m 10 ^s (2)	2½ (2)	+170 (1)
V unsicher. Die Null-Linie ist verlagert, der Schreibhebel schlägt an.				

Instrum. u. Kompon.	Ph	t	T	A
A N—S	iP i M C	6 ^m 40 ^s (3) 54 (3) 56 (1)	2 (2)	-70 (3) 180 (1)
A E—W	iP i M	6 ^m 41 ^s (1) 48 (1) 58 (1)	1½ (2)	-13 (2) 180 (1)
B Z	iP M C	6 ^m 39 ^s (2) 56 (1)	1,6 (3) 2 (3)	+41 (2) 90 (1)

In E—W Zeitmarken und Kurve unsicher.

Mittlere Einsätze.

I		II	
iP	26 ^m 10 ^s (3)	iP	6 ^m 40 ^s (3)
		i	48 (1)
		i	54 (2)
		M	56 (1)

8. Nördlingen.

Δ = 119 km

$\lambda = 10^0 29,4' \quad \varphi = 48^0 50,9'$

Instrument: Biflares Kegelpendel nach Mainka, Komp. E—W, Masse 465 kg.

Konstanten: I: V = 140 T₀ = 7,6^s ε = 4 II: V = 80 T₀ = 7,4^s ε = 5,4.

Zeitkorrektur: I: -32^s II: +1,5^s

Figur 25: I E—W E = 21^h 25^m 28^s 1,1 fach vergrößert.

26: I E—W E = 12^h 6^m 1,5^s Natürliche Grösse.

I			E-W	II		
Ph	t	A		Ph	t	A
iP	26 ^m 10 ^s (3)	≧ -57		iP	6 ^m 41 ^s (3)	-51 (2)
M	29	ab ≧ 170		M	56	ab ≧ 270

9. Heidelberg (Königstuhl).

Δ = 123 km

λ = 8° 43' 15" φ = 49° 23' 56" Höhe 559 m

Untergrund: Buntsandstein.

Instrument: Astatiches Pendel nach Wiechert, eigene Konstruktion. Komp. N-S und E-W. Masse bei I: 1560 kg, bei II 2100 kg.

Konstanten	N-S			E-W			Zeitkorr.
	V	T ₀	ε	V	T ₀	ε	
I	115	11	3	155	10	3	-24 ^s
II	121	14	2,3	147	12	2,1	+7

Figur 27: I N-S E = } 2I^h 22^m 6^s 5,3fach vergrößert.
 28: I E-W E = } 4,4 " " " } In den Figuren sind die grössten
 29: II N-S E = } 12^h 6^m 7^s 2,5 " " " } Ausschläge nicht reproduziert.
 30: II E-W E = } 2,5 " " " }

I: N-S: iP 36^m 11^s (I) T = 3^s A = -25 μ (I) E-W: iP 36^m 13^s M_{II} > 700 μ
 II: N-S: iP 6^m 44^s (I) E-W: iP 6^m 42^s M_H > 1000 μ.

Bei beiden Beben sind die Zeitangaben infolge der geringen Registriergeschwindigkeit (I mm = ca. 20^s bzw. 10^s) unsicher.

10. Jugenheim.

Δ = 164 km

λ = 8° 38,7' φ = 49° 45,5' Höhe 170 m

Instrument: Astatiches Pendel nach Wiechert, eigene Konstruktion, Komp. N-S und E-W, Masse 1200 kg.

Konstanten I: N-S: V = 160 T₀ = 8,0^s ε = 6,0. Die übrigen Konstanten waren nicht zu erhalten.

Zeitkorrektur: I: +8^s II: +2,7^s.

Figur 31: I N-S E = 2I^h 24^m 8^s 2,4fach vergrößert.

32: I N-S, stark vergrößerter Anfang. 8,5 " " " I mm = ca. 1^s

Die Figuren von II wurden uns nur zur Messung, nicht zur Reproduktion zur Verfügung gestellt.

I N-S			
Ph	t	T	A
eP?	26 ^m 17 ^s (1)		
iP	18 (3)	4 (2)	-22 (3)
i	21 (1)	4 (2)	+22 (1)
i	26 (3)		-50 (2)
i	35 (3)		ab

Die E-W Komponente wurde uns nicht zur Verfügung gestellt.

II Mittlere Einsätze	
iP	6 ^m 48 ^s (3)
i	51 (3)
i	7 7 (3)

„Die Feder flog“ alsdann „mit solcher Geschwindigkeit über das Papier, dass sie nicht schrieb.“

11. Bogenhausen-München.

$\Delta = 185 \text{ km}$

$\lambda = 11^\circ 36' 31'' \quad \varphi = 48^\circ 8' 46'' \quad \text{Höhe } 528 \text{ m}$

Untergrund: Gletscher-Schotter.

Instrument: Astatishes Pendel nach Wiechert, Komp. N—S und E—W, Masse 1000 kg.

Konstanten:

	N—S			E—W			Zeitkorr.
	V	T ₀	ϵ	V	T ₀	ϵ	
I	210	12,2	5	230	12,5	5	-0,5 ^s
II	215	12,7	5,0	226	12,5	4,5	0

- Figur 33: I N—S E = 21^h 25^m 59,5^s 1,4fach vergrößert.
 34: I N—S Anfang. 1 mm = 1/3 Sek. 17 1/2 „ „
 35: I E—W E = 21^h 25^m 59,5^s 1,4 „ „
 36: II N—S E = } Natürliche Grösse.
 37: II E—W E = } 12^h 7^m 0^s „ „

I

N—S				E—W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
iP	26 ^m 21 ^s (2)	1/3 (3)	0,07 (1)	iP	26 ^m 22 ^s (2)		-12 (2)	iP	26 ^m 21 ^s (2)
iP	22 ^{2/3} (2)	2 (1)	$\leq 2/3$	iP	26 (2)			iP	22 ^{2/3} (2)
i	26 ^{1/2} (2)		+18 (1)	i				i ₃	26 ^{1/2} (2)
i	44 (2)							i ₄	44 (2)
M	50		$\geq ab$ ≥ 180	M	48		$\geq ab$ ≥ 60		

II

N—S				E—W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
e	6 ^m 53 ^s (2)	<1		e	6 ^m 52 ^s (3)		1/4 (1)	e ₁	6 ^m 52 ^s (3)
i	56 (2)		≤ 1	i	54 (2)	1 (2)	4 (2)	i ₂	54 (2)
i	57 (2)		3 1/2 (1)	i	57 (2)	1 1/2 (2)	11 (2)	i ₃	57 (2)
i	7 12 (2)		ab	i	7 15 (2)		$\geq ab$	i ₄	7 15 (2)
	16			M			≥ 30		

12. Frankfurt a. M. (Physikal. Verein).

$\Delta = 204 \text{ km}$

$\lambda = 8^\circ 40' \quad \varphi = 50^\circ 7' \quad \text{Höhe } 120 \text{ m}$

Instrumente: Biflare Kegelpendel nach Mainka, Komp. N—S und E—W, Masse 450 kg

Konstanten: I: T₀ ca. 8^s V ca. 140.

Zeitkorrektur: I: Es wurde angegeben: iP um 26^m 22^s

- Figur 38: I N—S } 1,25fach vergrößert.
 39: I N—S (Anfang) } E = 21^h 25^m 52^s 5,0 „ „ 1 mm = ca. 1^s
 40: I E—W } 1,25 „ „ „ „
 41: I E—W (Anfang) } 5,0 „ „ „ „ 1 mm = ca. 1^s

15. Feldberg (Taurusobservatorium).

$\Delta = 220 \text{ km}$

$\lambda = 8^\circ 27' \quad \varphi = 50^\circ 13' \quad \text{Höhe } 820 \text{ m}$

Untergrund: Quarzitefels.

Instrumente: A Biflare Kegelpendel nach Mainka, Komp. N—S und E—W, Masse 450 kg

B Vertikalseismometer nach Wiechert, Masse 80 kg.

Konstanten: II: A N—S $V = 84 \quad T_0 = 8,7^s \quad \varepsilon = 4,2$
 A E—W $V = 139 \quad T_0 = 8,2^s \quad \varepsilon = 5,4$
 B Z $V = 41 \quad T_0 = 6,5^s \quad \varepsilon = 3,1$ } Zeitkorr.: $-3^m 49^s$

Figur 47: II A N—S $E = 12^h 7^m 11^s$ 1,2fach vergrößert.

48: II A E—W $E = 12 \ 6 \ 11 \ 1,3 \ , \ ,$

49: II B Z $E = 12 \ 7 \ 11 \ 1,4 \ , \ ,$

II

N—S				E—W			
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A
iP?	6 ^m 48 ^s (3)	1,0 (2)	-2½ (2)	eP?	6 ^m 48 ^s (1)	<1	0,3 (1)
iP̄?	52 (2)	1,0 (2)	-6 (2)	iP̄?	52 (3)	<1	+0,7 (2)
i	7 5 (2)	1 (1)	10 (1)	i	7 2 (2)	<1	4½ (2)
i	11 (1)	1 (1)	10 (1)	i	16 (3)		30 (1)
i	16 (2)	1 (1)	45 (1)	M	24 (1)	1 (1)	70 (1)
M	24 (1)	2 (1)	65 (1)	C		4½ (2)	
C		4½ (2)					
Z				Mittlere Einsätze			
Ph	t	T	A	Ph	t		
eP?	6 ^m 49 ^s (2)	1½ (2)	-1¾ (1)	iP?	6 ^m 48 ^s (3)		
iP̄?	52 (3)	2 (2)	-4½ (2)	iP̄?	52 (3)		
i	7 1 (3)	1 (2)	9 (2)	i ₃	7 2 (2)		
e	10 (1)		11 (2)	i ₄	10 (1)		
i	16 (3)	¾ (1)	45 (2)	i ₅	16 (3)		
M	23 (1)	1 (1)	60 (1)	M	23 (1)		
C		1½ (2)					

16. Domodossola.

$\Delta = 253 \text{ km}$

$\lambda = 8^\circ 18' \quad \varphi = 46^\circ 7' \quad \text{Höhe } 277 \text{ m}$

Instrument: Trometrograph Omori. Komp. N(15°E)—S(15°W) und

E(15°S)—W(15°N). Masse 400 kg.

Konstanten: I: $T_0 = 20^s$, $V = 42$, keine Dämpfung.

Zeitkorrektur: I: Es wurde angegeben: iP um 21^h 26^m 35^s

Figur 50: I N(15°E)—S(15°W) $E = 21^h 26^m 16^s$ 1,4fach vergrößert. } Richtung der Boden-
 51: I E(15°S)—W(15°N) $E = 21^h 26^m 1^s$ 1,4 „ „ } bewegung unbekannt.

I (Eintrittszeiten relativ zu P).

N (15° E) — S (15° W)				E (15° S) — W (15° N)				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
iP	0 ^s (3)	1½ (1)	10 (1)	iP	0 ^s (3)		20 (1)	iP	0 ^s (3)
iP̄	6 (3)	2½ (1)	70 (1)	iP̄	6 (3)		70 (1)	iP̄	6 (3)
i	24 (1)			i	14 (1)			i ₃	14 (1)
				i	38 (2)			i ₄	24 (1)
								i ₅	38 (2)

17. Besançon.

$\Delta = 262 \text{ km}$

$\lambda = 5^{\circ} 59' 16''$ $\varphi = 47^{\circ} 14' 59''$ Höhe 312 m

Untergrund: Tonhaltiger Kalk.

Instrumente: Bifilare Kegelpendel nach Mainka, Komp. E—W und N—S, Masse 135 kg.

Konstanten:

I

II

N—S	V = 70	T ₀ = 7,5 ^s	$\epsilon = 3,3$	V = 66	T ₀ = 6,3 ^s	$\epsilon = 3,1$
E—W	V = 51	T ₀ = 7,1 ^s	$\epsilon = 3,4$	V = 73	T ₀ = 5,4 ^s	$\epsilon = 2,6$

Zeitkorrektur: I: $-10^m 18^s$ II: $-3^m 40^s$

Figur 52: I E—W E = 21^h 25^m 42^s Natürliche Grösse.
 53: II N—S E = } 1,05 fach vergrössert.
 54: II E—W E = } 12^h 7^m 20^s 1,05 „ „
 55: II E—W (Anfang) E = } 12^h 7^m 20^s 1,05 „ „ I mm = 1/3^s

I E—W (N—S hat nicht geschrieben).

Ph	t	T	A
iP	26 ^m 29 ^s (3)	3 (2)	+6 (2)
		3 ^{1/2} (2)	22 (3)
iP̄	36 (3)	2 (2)	+50 (2)
i ₃	46 (1)	3 (1)	220 (2)
i ₄	54 (1)	3 (2)	140 (2)
M	27 16		200 (2)
			ab
			≧ 800

II

N—S				E—W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
iP̄	7 ^m 5 ^s (2)	2 (2)	{ +1 (1) 10 (2)	e(P)	7 ^m 0 ^s (2)	2,3 (2)	+1 (2)	e(P)	7 ^m 0 ^s (1)
i	14 (1)	1 ^{1/2} (2)		iP̄	4 (3)	1,9 (2)	{ +3 (3) 17 (2)	iP̄	4 (3)
i	25 (2)	0,8 (2)	10 (2)	i	12 (2)	1,1 (2)	12 (2)	i ₃	12 (1)
i	35 (2)			i	16 (2)		12 (1)	i ₄	14 (1)
M	50 (1)		85 (1)	i	25 (2)			i ₅	16 (1)
C		2 (2)		i	33 (2)			i ₆	25 (2)
				M	45 (1)		100 (1)	i ₇	33 (2)
				C		1—2		M	47 (1)

18. Hof a. S. (Privatstation).

$\Delta = 303 \text{ km}$

$\lambda = 11^{\circ} 55,6'$ $\varphi = 50^{\circ} 19,6'$

Instrument: Astatisches Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. N—S und E—W, Masse 200 kg.

Konstanten: I und II, N—S und E—W: V = 80 T₀ = 5 $\epsilon = 3$.

Zeitkorrektur: I +24^s II +18^s

Figur 56: I N—S E = 21^h 26^m 24^s 1,5 fach vergrössert.
 57: I N—S (Anfang) E = 25 24 6,2 „ „
 58: I E—W E = 26 24 1,5 „ „
 59: II N—S E = } 12^h 6 18 1,8 „ „
 60: II E—W E = } 12^h 6 18 1,8 „ „

I

N-S				E-W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
eP	26 ^m 39 ^s (2)		-1 (1)	eP	26 ^m 40 ^s (2)		-1 (1)	eP	26 ^m 39 ^s (2)
iP	47 (2)		-6 (1)	iP	47 (2)	3 (2)	-7 (1)	iP	47 (2)
m	50 (2)	2½ (2)	45 (2)	m	51 (2)	3 (2)	40 (2)		
e	27 10 (2)		18 (1)	i	27 10 (2)	4 (1)	25 (2)	i ₃	27 10 (2)
M ₁	30 (1)	2½ (1)	140 (1)	M	39 (1)	3 (1)	100 (1)	M ₁	30 (1)
M ₂	44 (1)	5½ (2)	140 (1)	C		3 (2)		M ₂	44 (1)
C		3-4							

II

N-S				E-W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
e(P)	7 ^m 12 ^s (2)	2 (2)	+1½ (1)	e(P)	7 ^m 13 ^s (1)		+1½ (1)	e(P)	7 ^m 12 ^s (2)
i	17 (2)		-7 (1)	i	16 (2)		-9 (2)	i ₂	16 (2)
				i	44 (1)			i ₃	44 (1)
i	51 (2)			i	52 (1)			i ₄	51 (2)
M	8 00 (1)	2 (1)	45 (1)	M	58 (1)		40 (1)	M	59 (1)
C		1 (2)							

19. Jena.

A = 342 km

$\lambda = 11^{\circ} 35' 3,35''$ $\varphi = 50^{\circ} 55' 35,6''$ Höhe 153 m

Untergrund: Zunächst Lehm, Sand, verwitterter Sandstein von etwa 4-5 m Mächtigkeit, dann anstehender Buntsandstein.

Instrumente: A Astatisches Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. N-S und E-W, Masse 1200 kg.

B Vertikalapparat nach Straubel.

Konstanten:

I

II

A	N-S	V = 244	T ₀ = 11,3	$\epsilon = 3,5$	V = 236	T ₀ = 11,3	$\epsilon = 3,2$
A	E-W	V = 208	T ₀ = 13,1	$\epsilon = 4,3$	V = 215	T ₀ = 12,6	$\epsilon = 3,8$
B	Z	V = 2035	T ₀ = 6,8	$\epsilon = 3,4$	V = 2030	T ₀ = 6,8	$\epsilon = 3,5$

Zeitkorrektur I: -2,5^s II: -88^s

Figur 61:	I A N-S	E = 21 ^h 26 ^m 57,5 ^s	Natürliche Grösse.
62:	I A E-W	E = 25 57,5	„ „
63:	I A E-W (Anfang)	E = 25 57,5	4,0fach vergrößert.
64:	I B Z	E = 24 57,5	1,3 „ verkleinert. 1 mm = 12 ^s
65:	II A N-S	E = } 12 ^h 6 32	Natürliche Grösse.
66:	II A E-W	E = }	„ „
67:	II B Z	E = 5 32	1,2fach verkleinert. 1 mm = 12 ^s

I

N-S				E-W				Z		Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t	Ph	t
iP	26m 40s (3)	4 (1)	+ 2 (1)	iP	26m 39s (3)	4 (2)	2 (1)	iP	26m 40s (3)	iP	26m 40s (3)
i	44 (2)	2 (1)	- 4 (1)	i	45 (2)	1 (2)	- 4 (1)	i	45 (2)	i ₂	45 (3)
iP	51 (3)	2 (1)	+14 (2)	iP	51 (3)	6 (1)	+15 (2)	iP	53 (2)	iP	51 (3)
i	27 22 (2)	7 (1)	+35 (2)	i	27 22 (2)		-30 (2)	i	27 22 (2)	i ₄	27 22 (3)
M	50 (1)		340 (1)	M	36 (2)					i ₅	36 (2)
C		4-6		C	48 (1)	4-6	400 (1)	Durch Bodenunruhe gestört		M	49 (2)

II

N-S				E-W				Z			Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t	A	Ph	t
iP	7m 7s (3)	1 (2)		iP	7m 16s (2)	1 (2)	-3 (2)	iP	7m 8s (2)	2 (1)	iP	7m 7s (3)
eP	16 (2)	1 (2)	- 4 (2)	iP	22 (2)	1 (2)	+9 (1)	iP	17 (2)	25 (1)	iP	16 (3)
i	24 (3)		-14 (1)	i	27 (1)	1 (2)					i ₃	23 (2)
				i	43 (2)	1 (2)	11 (2)				i ₄	27 (1)
i	58 (3)			i	58 (3)						i ₅	43 (1)
M	8 15 (1)		65 (1)	M	8 14 (1)	1-2	45 (1)	M	8 12 (1)	60 (1)	i ₈	58 (3)
C		1-2		C		1-2					M	8 14 (1)

20. Aachen (Station A)

Δ = 350 km

λ = 6° 4' 48" φ = 50° 45' 55" Höhe 179 m

Untergrund: Fester Sandstein.

Instrumente: A Photogr. registrierendes Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. N-S und E-W.

B Astatiches Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. N-S und E-W, Masse 200 kg.

C Vertikalseismometer nach Wiechert, Masse 80 kg.

Konstanten:

	N-S			I			E-W		
A	V = 105	T ₀ = 15,7	ε = 5,1	V = 105	T ₀ = 18,0	ε = 5,0	V = 105	T ₀ = 18,0	ε = 5,0
B	V = 128	T ₀ = 6,7	ε = 5,2	V = 118	T ₀ = 6,7	ε = 5,0			
	I			Z			II		
C	V = 56	T ₀ = 6,3	ε = 4,9	V = 60	T ₀ = 4,4	ε = 3,7			

Zeitkorrektur: I: -3^s II: -6^s

Figur 68: I A N-S E = 2,5 fach vergrößert.
 69: I A E-W E = 21^h 25^m 57^s 2,5 „ „
 70: I B N-S E = 1,5 „ „
 71: I B E-W E = 21^h 26^m 57^s 1,5 „ „
 72: I C Z E = 1,5 „ „
 73: II C Z E = 12^h 6^m 54^s 1,5 „ „

I

A, N-S				A, E-W				C, Z			
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t	T	A
e (P)	26 ^m 44 ^s (3)	3 (1)	-14 (2)	e (P)	26 ^m 44 ^s (2)			e (P)	26 ^m 44 ^s (3)	3 (1)	{ -11 (1) +17 (2)
i P̄	54 (2)		+18 (3)	i P̄	54 (2)		+8 (2)	i P̄	57 (1)		
i	27 2 (1)			i	27 2 (1)			e	27 19 (1)		
i	29 (2)							i	28 (2)		
								i	37 (2)	3 (1)	70 (1)
M	28,0 (1)							i	57 (2)	5 (3)	130 (1)
								M	28 5 (1)	3 (1)	
								C			
B, N-S				B, E-W				Mittlere Einsätze			
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t		
i (P)	26 ^m 44 ^s (3)	4 (2)	{ -12 (1) +14 (2)	i (P)	26 ^m 44 ^s (3)	4 (2)	{ +7 (2) -9 (2)	i (P)	26 ^m 44 ^s (3)	Bei starker Vergrößerung lassen sich schon vor i (P) schwache Unregelmäßigkeiten in der Bodenunruhe feststellen.	
i P̄	57 (1)			i P̄	57 (1)			i P̄	55 (2)		
i	27 6 (2)	4 (2)		i	27 22 (2)	3 (1)		i ₃	27 3 (2)		
i	20 (2)			i	27 22 (2)	3 (1)		i ₄	20 (2)		
				i	38 (2)	2 (1)	70 (2)	i ₅	28 (2)		
i	36 (2)	3 (2)	60 (2)	i	28 0 (1)			i ₆	37 (3)		
i	28 0 (1)			M	4 (1)	5 (1)	80 (2)	i ₇	58 (2)		
M	6 (1)	5 (3)	170 (1)	M	4 (1)	5 (1)	80 (2)	M	28 5 (2)		
C		3-5		C		4 (2)					

II Z

Ph	t	T	A
i (P)	7 ^m 13 ^s (3)	1 (2)	{ -4 (2) +11 (3)
i ₂	18 (2)		6 (2)
i P̄	23 (3)	1,4 (3)	12 (2)
i ₄	36 (2)		9 (2)
i ₅	8 00 (3)	1,3 (3)	
M	11 (1)	2 (2)	30 (1)

21. Aachen (Station B).

λ = 351 km

λ = 6° 4' 49" φ = 50° 46' 49" Höhe 179 m

Untergrund: Toniger Sand.

Instrument: Astatisches Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. N-S und E-W, Masse 1000 kg.

Konstanten:

	I			II		
N-S	V = 215	T ₀ = 11,5	ε = 4,2	V = 215	T ₀ = 11,6	ε = 5,5
E-W	V = 200	T ₀ = 11,7	ε = 4,8	V = 200	T ₀ = 11,3	ε = 5,5

Zeitkorrektur: I: -1^s II: -5^s

- Figur 74: I N-S E = 21^h 25^m 59^s Natürliche Grösse.
 75: I N-S (Anfang) 8fach vergrößert. 1 mm = 1/2^s
 76: I E-W E = 21^h 25^m 59^s Natürliche Grösse.
 77: I E-W (Anfang) 12fach vergrößert. 1 mm = 1/3^s
 78: II N-S E = } 12^h 6^m 55^s I, I „ „
 79: II E-W E = } I, I „ „

I

N-S				E-W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
i (P)	26 ^m 42 ^s (3)	2 1/2 (2)	-13 1/2 (3)	i (P)	26 ^m 42 ^s (3)	2 1/2 (2)	+12 (2)	i (P)	26 ^m 42 ^s (3)
i P̄	48 (1)		9 (1)	i P̄	51 (2)	2 (2)	16 (2)	i P̄	50 (2)
i	27 3 (2)		18 (1)	i	27 4 (2)		16 (1)	i ₃	27 3 (3)
i	17 (2)	2 1/2 (2)		i	15 (2)	1 (2)		i ₄	16 (3)
i	30 (2)	3 (2)	65 (2)	i	32 (2)	2 1/2 (2)	65 (2)	i ₅	31 (3)
i	28 0 (3)			i				i ₆	28 0 (3)
M	4 (1)	4 (1)	240 (1)	M	58 (1)	4 (2)	100 (1)	M	1 (1)
C		4 u. 7		C		4 u. 7			

Fig. 75 u. 77 zeigen, dass schon vor i(P) Bewegung vorhanden.

II

N-S				E-W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
i P	7 ^m 11 ^s (3)	0,7 (2)	{ -4 (2) +5 1/2 (3)	e (P)	7 ^m 9 ^s ?	1 (1)	{ +4 (2) -6 (2)	e (P)	7 ^m 9 ^s (1)
i P̄	21 (3)	1 (1)	5 1/2 (2)	i P̄	21 (2)	1 (2)	5 (2)	i (P)	11 (3)
i	33 (2)	1 (2)	4 1/2 (2)	i	32 (2)	3/4 (1)	5 (2)	i P̄	21 (3)
i	39 (1)	1,0 (3)	5 1/2 (2)	i	36 (2)	1 (2)	4 1/2 (2)	i ₃	32 (3)
i	48 (2)	1/2 (2)	11 (2)	i	49 (2)	1/2 (2)	8 1/2 (2)	i ₅	36 (1)
M	8 6 (1)	1 1/2 (2)	23 (1)	i	8 1 (1)			i ₆	48 (3)
C		2--4		M	8 (1)	1 1/2 (1)	16 (1)	i ₇	8 1 (1)
				C		2--4		M	7 (1)

22. Göttingen.

Δ = 365 km

λ = 9° 58' φ = 51° 33' Höhe 270 m

Untergrund: Muschelkalkbänke.

Instrumente: A Astatiches Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. N-S und E-W, Masse 1200 kg.

B Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. N-S, Masse 17000 kg.

C Horizontalpendel, Komp. N-S, Masse 100 kg.

D Vertikalseismometer nach Wiechert, Masse 1300 kg.

Konstanten:

I

II

		V	T ₀	ε	V	T ₀	ε
A	N-S	151	12,5	4,5	153	12,7	3,8
A	E-W	165	12,8	5,5	168	13,0	5,6
B	N-S	2300	1,42	7,0	2170	1,45	6,7
C	N-S	10,8	57	3,6	—	—	—
D	Z	170	4,8	5,2	165	4,7	5,8

Zeitkorrektur: I: +36,0^s II: -7,5^s

Figur 80: I A N-S E = 21^h 26^m 36^s 1,5 fach vergrößert.

81: I A E-W E = 21^h 25^m 36^s 1,5 „ „

Figur 82: I B N—S E = } Natürliche Grösse. 1 mm = 1^s
 83: I C N—S E = } 21^h 26^m 36^s 2,4 fach vergrössert.
 84: I D Z E = } 1,4 „ „
 85: II A N—S E = } 1,5 „ „
 86: II A E—W E = } 1,5 „ „
 87: II B N—S E = } 12^h 6^m 52,5^s Natürliche Grösse. 1 mm = ca. 1^s
 88: II D Z E = } 1,3 fach vergrössert.

I.

A N—S			A E—W				C N—S			
Ph	t	T	Ph	t	T	A	Ph	t	T	A
e(P) iP i i	26 ^m 47 ^s (1) 55 (3) 27 1 (3) 37 (2) 44	{ 2 (1) 10 (1)	eP i i M	26 ^m 55 ^s (1) 57 (2) 27 36 (2) 42	1½ (1)	≤ 2 -8 (1) ab ≥ 300	iP M C	26 ^m 53 ^s (2) 27 36 (1)	5 (1) 2-3	180 (1)
B N—S			D Z				Mittlere Einsätze			
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t	
eP iP i iP i i	26 ^m 41 ^s (3) 42 (3) 50 (1) 53 (3) 56 (3) 27 36 (3)	0,5 (3) ½ (2) 1 (2)	-⅓ (1) { +1 (1) -4 (2) -20 (3) -70 (3) ab	eP i iP i i M C	26 ^m 42 ^s (2) 49 (1) 53 (2) 56 (2) 27 37 (2) 58 (1)	1½ (1) 2 (1) 2 (2) 5 (2) 3-4	+2 (1) +3 (1) -4½ (2) -20 (3) 100 (1)	eP iP i ₃ iP i ₅ i ₆ i ₇ M	26 ^m 41 ^s (3) 42 (3) 50 (1) 53 (3) 56 (3) 27 1 (2) 36 (3) 58 (1)	

II

A N—S				A E—W					
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A		
i iP i i i M C	7 ^m 22 ^s (3) 24 (3) 37 (2) 55 (1) 8 6 (3) 9 (1)	1½ (2) 1 (1)	-1½ (1)	eP iP e i i M C	7 ^m 11 ^s (1) 23 (2) 26 (1) 55 (1) 8 4 (3) 7 (1)	1 (1) ½ (2) ¾ (2)	-¾ (1) -2 (1) 85 (1)		
B N—S				D Z				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
iP e e eP i i i i	7 ^m 11 ^s (3) 18 (2) 21 (2) 24 (2) 26 (3) 39 (1) 8 4 (1) 8 (1)	0,5 (3) 0,5 (2) 0,5 (3) 0,5 (2) 0,5 (2) 1 (2)	+0,1 (2) +0,2 (2) -0,2 (2) -1,7 (2) -6 (1) ab	eP e i iP i i i i M C	7 ^m 11 ^s (2) 17 (1) 22 (2) 24 (2) 37 (2) 59 (2) 8 3 (2) 7 (3) 12 (1)	1 (2) 1 (2) ½ (2)	0,2 (1) 0,5 (1) -1 (1) -2½ (1) 9 (1) 50 (1)	iP e ₂ i ₃ iP i ₅ i ₆ i ₇ i ₈ i ₉ M	7 ^m 11 ^s (3) 18 (2) 22 (3) 24 (3) 26 (1) 38 (2) 55 (1) 59 (1) 8 4 (3) 8 (1)

23. Bochum.

$\Delta = 380 \text{ km}$

$\lambda = 7^\circ 13' 58''$ $\varphi = 51^\circ 29' 36''$ Höhe 118 m

Untergrund: 8 m dickes diluviales Schlamm lager über Kalkmergel und produktivem Karbon.

Instrumente: A Astatisches Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. N—S und E—W, Masse 1000 kg.

B Desgl., Masse 200 kg.

C Vertikalseismometer nach Wiechert, Masse 1300 kg.

Konstanten:

		I			II		
		V	T ₀	ϵ	V	T ₀	ϵ
A	N—S	230	10,5	5	—	—	—
A	E—W	210	10,4	5	—	—	—
B	N—S	37	8,3	4,6	34	8,3	5,5
B	E—W	42	7,7	5,0	40	8,0	7,0
C	Z	136	5,0	3,0	—	—	—

Bei II waren die grossen Apparate durch ein lokales Beben in Unordnung geraten.

Zeitkorrektur: I: $+1^m 49^s$ II: $-4^m 37^s$

Figur 89: I A N—S E = } I, I fach vergrössert.
 90: I A E—W E = } I, I „ „
 91: I B N—S E = } $21^h 25^m 49^s$ I, 8 „ „
 92: I B E—W E = } I, 8 „ „
 93: I C Z E = } I, 6 „ „
 94: II B N—S E = } $12^h 6^m 23^s$ I, 8 „ „
 95: II B E—W E = } I, 8 „ „

I

B N—S				B E—W				C Z			
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t	T	A
iP	26 ^m 44 ^s (3)	1½ (2)	-7½ (2)	eP	26 ^m 44 ^s (1)	1½ (2)		iP	26 ^m 44 ^s (2)	2½ (2)	-12 (2)
				i	27 21 (2)	1½ (2)		i	53 (2)	2½ (2)	9 (2)
				i	33 (2)		20 (2)	iP	57 (2)	2 (2)	15 (3)
				i	40 (1)		35 (2)	i	27 21 (3)	2½ (3)	
				i	46 (1)			i	37 (3)		
M	28 21 (1)		200 (1)	M	28 3 (1)			M	28 21 (1)	3 (2)	190 (1)
C		3—5		C		3—5	400 (1)	C		4 (2)	

A N—S				A E—W				Mittlere Einsätze		
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t	
iP	26 ^m 43 ^s (3)	$\left\{ \begin{array}{l} < 1 \\ < 1 \\ 4 (1) \end{array} \right.$	-6½ (2)	iP	26 ^m 44 ^s (3)	$\left\{ \begin{array}{l} < 1 \\ 7 (1) \end{array} \right.$	+5¼ (2)	iP	26 ^m 43½ ^s (3)	
i	27 7 (2)		+19 (1)	i	27 21 (2)		2½ (1)	17 (2)	i ₂	53 (1)
i	21 (2)		15 (1)	i	36 (2)				iP	57 (1)
i	33 (3)		-32 (2)	i	46				i ₄	27 7 (1)
i	38 (2)			M					i ₅	21 (3)
M ₁	58 (1)		180 (1)				≥ 240	i ₅	33 (2)	
M ₂	28 19 (1)		175 (1)					i ₇	37 (3)	
C		2—4						i ₈	46 (1)	
								M ₁	28 0 (1)	
								M ₂	20 (1)	

II

B N—S				B E—W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
eP	7 ^m 13 ^s (1)	1 (1)	0,8 (1)	i	7 ^m 30 ^s (1)	1 (2)	2½ (1)	eP	7 ^m 13 ^s (1)
iP	23 (3)	0,8 (2)	6 (1)	i	37 (1)	1 (2)	1¾ (1)	iP	23 (3)
i	32 (2)	0,8 (2)	8 (2)	i	52 (1)	1 (2)	9 (1)	i ₃	31 (2)
i	54 (2)	1,2 (2)	10 (2)	i	8 10 (1)			i ₄	37 (1)
M	8 10 (2)			M	20 (1)		50 (1)	i ₅	53 (2)
C	20 (1)	1,2 (3)	45 (1)	C		1—3		i ₆	8 10 (1)
		2 (2)						M	20 (1)

24. Moncalieri.

Δ = 384 km

$$\lambda = 7^{\circ} 41' 8'' \quad \varphi = 44^{\circ} 59' 58'' \quad \text{Höhe } 238 \text{ m.}$$

Untergrund: Diluviale Ablagerungen.

Instrumente: A Horizontalpendel nach Stiattesi, Komp. E—W und N—S, Masse 260 kg.

B Vertikales Pendel, Komp. N—S und E—W, Masse 650 kg.

Konstanten I: A: V = 25 T_N = 19,4^s T_E = 20,3^s } keine Dämpfung.
 B: V = 50 T = 3,2^s

Zeitkorrektur I: -19^s ± 1^s

Figur 96: I A N—S E = 21^h 26^m 41^s 1,2fach verkleinert.

97: I A E—W E = 21^h 25^m 41^s 1,2 „ „

98: I B N—S E = } 21^h 26^m 41^s 1,1 „ „

99: I B E—W E = } 1,2 „ „

I

A N—S				B N—S			B E—W		
Ph	t	T	A	Ph	t	A	Ph	t	A
P	26 ^m 46 ^s (2)	1 (1)	10 (1)	iP	26 ^m 44 ^s (3)	5 (1)	iP	26 ^m 44 ^s (3)	2 (1)
iP	54 (3)	4 (1)	40 (1)	iP	55 (3)	40 (1)	eP	55 (2)	
i	27 41 (3)			i	27 31 (1)				
A E—W						Mittlere Einsätze			
Ph	t	T	A	Ph	t				
iP	26 ^m 44 ^s (3)	1 (1)	5 (1)	iP	26 ^m 44 ^s (3)				
iP	53 (2)	4 (1)	20 (1)	iP	54 (3)				
i	27 4 (2)			i ₂	27 4 (1)				
i	11 (1)			i ₄	11 (1)				
i	41 (3)			i ₅	31 (1)				
				i ₆	41 (3)				
				i ₇	55 (1)				

25. Clausthal.

Δ = 398 km

$$\lambda = 10^{\circ} 20' 30'' \quad \varphi = 51^{\circ} 48' 30'' \quad \text{Höhe: } 600 \text{ m unter Tag.}$$

Untergrund: Anstehendes Gestein.

Instrument: Astatisches Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. N—S und E—W, Masse 200 kg.

Konstanten: V ca. 80. Die übrigen Konstanten, die Zeitkorrektur und die Komponentenbezeichnung sind unbekannt. Es wurde angenommen, dass die Komponente mit den grössten Ausschlägen bei P und \bar{P} die N—S-Komponente sei. Die Zeitangaben sind relativ zur 1. Zeitmarke.

Figur 100: I N—S 1,6fach vergrössert.
 101: I E—W 1,6 „ „
 102: II N—S 1,6 „ „
 103: II E—W 1,6 „ „

I

N—S				E—W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
e(P)	0 ^m 30 ^s (1)	3 (1)		e	0 ^m 38 ^s (1)			e(P)	0 ^m 30 ^s (1)
i \bar{P}	40 (3)	2½(2)	20 (1)	i \bar{P}	42 (1)	2 (2)	2 (1)	i \bar{P}	40 (3)
i	49 (2)	2½(2)		i	56 (2)			i ₃	49 (1)
i	1 8 (1)	4 (1)		i	1 10 (2)			i ₄	56 (1)
i	16 (2)			i	17 (2)			i ₅	1 10 (2)
i	26 (2)			i				i ₆	16 (3)
M	52 (1)	7 (1)	120 (1)	M	31 (3)	6 (3)	350 (1)	i ₇	26 (1)
C		3 (1)		C	42 (2)	4—6		i ₈	31 (2)
								M	42 (1)

II

N—S			E—W			Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	Ph	t	T	Ph	t
i \bar{P}	0 ^m 29 ^s (3)	1½ (2)	i \bar{P}	0 ^m 30 ^s (3)	1½ (2)	i \bar{P}	0 ^m 29 ^s (3)
i	45 (2)		i	41 (1)	1 (2)	i ₂	41 (1)
i	59 (1)		i	45 (2)	1 (2)	i ₃	45 (2)
i	1 5 (2)		i	59 (3)		i ₄	59 (3)
i	8 (2)		i	1 9 (2)		i ₅	1 5 (2)
M	23 (1)	1½ (2)	i	14 (3)		i ₆	8 (2)
C		1½—2	M	23 (2)	3 (1)	i ₇	14 (2)
			C		1 (2)	M	23 (2)

26. Venedig.

A = 404 km

$\lambda = 12^{\circ} 20' 30''$ $\varphi = 45^{\circ} 26' 2''$ Höhe 21 m

Untergrund: Lehm, Torf und Sand.

Instrument: Mikroseismograph Vicentini.

N—S I Z
 i \bar{P} 27^m 4^s (1) T = 2 (1) 27^m 1^s (1) T < I

27. Padua.

A = 408 km

$\lambda = 11^{\circ} 52,3'$ $\varphi = 45^{\circ} 24' 2''$ Höhe 15 m

Untergrund: Alluvium.

Instrument: Mikroseismograph Vicentini. V = 100, stark gedämpft.

I
 i \bar{P} 26^m 46^s } nach Bericht.
 i 27 45 }

28. Leipzig.

$\Delta = 409$ km

$\lambda = 12^{\circ} 23' 30''$ $\varphi = 51^{\circ} 20' 6''$ Höhe 119 m

Untergrund: Schotter.

Instrument: Astatisches Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. N—S und E—W, Masse 1000 kg.

Konstanten I: $T_N = 8^s$ $T_E = 8,5^s$ $\varepsilon_N = 2,1$ $\varepsilon_E = 2,5$. V nicht bekannt.

II: Es waren keine Konstanten bestimmt.

Zeitkorrektur: I: $-1^m 21^s$ II: $+3^m 10,6^s$

Figur 104: I N—S E = $21^h 35^m 39^s$ Natürliche Grösse.

105: I E—W E = $21^h 36^m 39^s$ „ „

106: II N—S E = } $12^h 7^m 10,6^s$ 1,1 fach verkleinert.

107: II E—W E = } „ „ „

I

N—S			E—W			Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	Ph	t		Ph	t
eP	26 ^m 49 ^s (1)	2 (1)	eP	26 ^m 51 ^s (1)		eP	26 ^m 49 ^s (2)
i	55 (2)	5 (1)				i ₂	55 (2)
iP̄	27 6 (2)	2 (2)	iP̄	27 4 (2)		iP̄	27 5 (2)
i	45 (2)					i ₄	45 (2)
M	28 17 (1)	3 (1)	M	28 29 (1)		M	28 20 (1)
C		5 (1)					

II

N—S			E—W			Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	Ph	t	T	Ph	t
iP	7 ^m 19 ^s (2)	1 (1)	iP	7 ^m 19 ^s (3)	1 (2)	iP	7 ^m 19 ^s (3)
i	24 (3)	1 (1)	i	23 (2)	1½ (2)	i ₂	24 (3)
			iP̄	35 (3)	5 (2)	iP̄	35 (3)
			i	8 14 (2)		i ₄	8 14 (2)
M	8 25 (1)		M	30 (1)		M	27 (1)

29. Uccle (Brüssel).

$\Delta = 441$ km

$\lambda = 4^{\circ} 21' 44''$ $\varphi = 50^{\circ} 47' 55''$ Höhe 100 m

Untergrund: Grober Kalkstein des Eozän.

Instrumente: A Astatisches Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. N—S und E—W, Masse 1000 kg.

B Vertikalseismometer nach Wiechert, Masse 1300 kg.

Konstanten:

I

II

A	N—S	V = 157	$T_0 = 11,8$	$\varepsilon = 5,9$	V = 155	$T_0 = 11,8$	$\varepsilon = 6,0$
A	E—W	V = 175	$T_0 = 11,4$	$\varepsilon = 5,3$	V = 179	$T_0 = 11,5$	$\varepsilon = 5,8$
B	Z	V = 165	$T_0 = 5,0$	$\varepsilon = 4,3$	V = 157	$T_0 = 5,0$	$\varepsilon = 4,5$

Zeitkorrektur: I: -13^s II: 0^s

Figur 108: I N—S	E =	} 21 ^h 26 ^m 47 ^s	1,1 fach verkleinert.
109: I E—W	E =		1,1 „ „
110: I Z	E =		1,4 „ vergrössert.
111: II N—S	E =		Natürliche Grösse.
112: II E—W	E =	} 12 ^h 7 ^m 0 ^s	„ „
113: II E—W (Anfang)	E =		4 fach vergrössert. 1 mm = 1 ^s
114: II Z	E =		1,5 „ „
115: II Z (Anfang)	E =		6 „ „ 1 mm = 1 ^s

I

N—S				E—W			
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A
eP	26 ^m 48 ^s (1)		1/2 ?	eP	26 ^m 48 ^s (1)		1 ?
e	51 (2)	1,3 (2)	-4,5 (2)	i	51 (3)	1,5 (2)	+6,3 (2)
iP	27 6 (2)	1,5 (2)	-7,2 (2)	iP	27 5 (2)	1,5 (2)	9 1/2 (1)
i	16 (2)	1,3 (2)	-17 (2)	i	17 (2)	1,3 (2)	+16 (2)
e	37 (2)	1,3 (2)		i	36 (2)	1,2 (2)	
				i	42 (2)	1,5 (2)	
i	59 (2)	0,8 (2)	-37 (2)	i	59 (2)	1,0 (2)	41 (1)
M	28 36 (1)	0,8 (2)	95 (2)	M	28 34 (1)	1 u. 7	150 (1)
C		{ 1, 4 u. 7		C		{ 1, 4 u. 7	

Z				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t
iP	26 ^m 48 ^s (3)	1,5 (2)	-4,0 (3)	iP	26 ^m 48 ^s (3)
iP	27 5 (2)	1,5 (2)	-6,7 (1)	i ₂	51 (3)
i	26 (2)	1,5 (2)		iP	27 5 (3)
i	37 (2)	1,2 (2)		i ₄	16 (2)
				i ₅	26 (2)
i	28 0 (2)	1,0 (2)		i ₆	36 (2)
M	39 (1)	5-6	40 (1)	i ₇	42 (2)
C		2 u. 4		i ₈	59 (2)
				M	28 34 (1)

II

N—S				E—W			
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A
i(P)	7 ^m 22 ^s (3)	1,0 (3)	-1,0 (2)	eP	7 ^m 18 ^s ? (1)		0,1 (1)
i	27 (2)	1,0 (3)	2,0 (2)	i	21 (2)	1,0 (3)	+1,2 (2)
iP	36 (3)	1,2 (3)	{ -1,6 (1) 8 1/2 (3)	i	28 (2)	1,0 (3)	1,5 (2)
i	45 (1)	1,2 (3)	8 1/2 (3)	iP	35 (2)	1,2 (3)	{ ? 9 (3)
i	54 (3)	1,3 (3)	10 (3)	i	44 (2)	1,2 (3)	7 1/2 (3)
				i	8 2 (2)	1,2 (3)	
i	8 5 (2)	1,4 (3)	11 1/2 (3)	i	6 (2)	1,2 (3)	9 (3)
i	12 (2)	1,0 (3)	12 1/2 (3)	i	12 (2)	1,0 (3)	9 (3)
				i	17 (2)	1,0 (3)	11 1/2 (3)
e	27 (1)			e	26 (1)		
M	43 (1)	1,2 (3)	30 (1)	M	49 (1)	1,0 (3)	
C		1,2 (3)		C		1,2 (3)	30 (1)

II (Fortsetzung)

Z				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t
iP	7 ^m 19 ^s (3)	1,0 (3)	-1,0 (2)	iP	7 ^m 19 ^s (3)
i	28 (2)	1,1 (3)	2 (2)	i ₂	22 (2)
iP̄	35 (3)	1,2 (3)	{ 2 (2) ? (2) 4 1/2 (2)	i ₃	28 (2)
i	54 (2)	1,0 (3)	3 1/4 (2)	iP̄	35 (3)
e	8 3 (2)			i ₅	44 (2)
i	12 (3)	1,2 (3)		i ₆	54 (3)
i	25 (2)			i ₇	8 2 (2)
M	41 (1)	1,0 (3)	12 (1)	i ₈	6 (2)
C		{ 1,3 (3) 2-3		i ₉	12 (3)
				i ₁₀	17 (1)
				i ₁₁	26 (2)
				M	42 (1)

30. Triest.

Δ = 462 km

λ = 13° 46' 21" φ = 45° 38,6' Höhe 55 m

Untergrund: Flyschsandstein.

Instrumente: A Astatiches Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. N-S und E-W.

B Mikroseismograph Vicentini, Komp. N-S, E-W und Z, Masse 100 kg.

Konstanten:

I

II

A	N-S	V = 194	T ₀ = 12,6	ε = 4,3	V = 245	T ₀ = 12,5	ε = 6,3
A	E-W	V = 197	T ₀ = 10,4	ε = 4,8	V = 192	T ₀ = 11,3	ε = 6,0

B: alle Komp.: V = 100, keine Dämpfung.

Zeitkorrektur: I: A +23^s; B N-S: +35^s; B E-W: +60^s; B Z: +15^s II: +19^m 47^s

Figur 116: I A N-S E = } 21^h 27^m 25^s Natürliche Grösse.

117: I A E-W E = } " " " "

118: II A N-S E = 12^h 7^m 47^s " " " "

119: II A E-W E = 12^h 6^m 47^s " " " "

I

A N-S				A E-W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
iP	26 ^m 55 ^s (3)	1 1/2 (1)	+1 1/4 (1)	iP	26 ^m 55 ^s (3)	1 (1)	-1 (1)	iP	26 ^m 55 ^s (3)
iP̄	27 11 (3)	2 (2)	-18 (2)	iP̄	27 11 (3)	2 (2)	+15 (2)	iP̄	27 11 (3)
i	40 (2)	1 1/2 u. 7	12 (1)	i	44 (1)	6 (1)	20 (1)	i	41 (2)
i	28 5 (2)			i	47 (1)			i	47 (1)
M	23 (1)	6 (1)	120 (1)	M	28 6 (2)	7 (1)	125 (1)	M	28 5 (3)
C		6 (1)		C	23 (1)	6 (2)		C	23 (2)

B N-S		B E-W		B Z	
Ph	t	Ph	t	Ph	t
iP̄	27 ^m 12 ^s (1)	iP	26 ^m 56 ^s (1)	iP	26 ^m 55 ^s (1)
i	42 (1)	iP̄	27 13 (1)	i	27 0 (1)
l	28 6 (1)	i	58 (1)	i	6 (1)
				iP̄	13 (1)
				i	25 (1)

II

A N-S				A E-W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
iP	7 ^m 42 ^s (1)	1 (1)	+1,8 (2)	eP	7 ^m 23 ^s (1)	2 (1)	+1/4 (1)	eP	7 ^m 23 ^s (1)
i	57 (1)			iP	40 (2)	1 (2)	-2 1/2 (2)	iP	40 (2)
e	8 19 (1)			e	8 32 (1)			i	57 (1)
M	55 (1)	6 (1)	8 (1)	M	49 (1)	4 (1)	9 (1)	e	8 21 (1)
C		4 (1)		C		4 (1)		M	49 (1)

31. Laibach.

Δ = 480 km

λ = 14° 31' φ = 46° 3' Höhe 296 m

Untergrund: Schotter.

Instrumente: A Luckmannpendel nach Belar, Komp. SE-NW, Masse 300 kg.

B Mikroseismograph Vicentini, Komp. N-S, E-W und Z.

C Ein aperiodisches Pendel mit galvanometr. Registrierung nach Galitzin.
Komponente N-S.

Konstanten: I: A: V = 250; B: V = 100. Weitere Konstanten nicht angegeben.

Zeitkorrektur: I: -1^s II: -56^s

Figur 120: I A SE-NW E = 21^h 26^m 23^s 1,5fach vergrößert.

121: I B Z E = 21 26 56 1,9 „ „

122: II C N-S E = 12 7 4 1,8 „ verkleinert.

I

A SE-NW		B Z		Mittlere Einsätze	
Ph	t	Ph	t	Ph	t
eP	26 ^m 57 ^s (2)	i	27 ^m 4 ^s (2)	eP	26 ^m 57 ^s (2)
i	27 5 (2)	iP?	17 (2)	i ₂	27 4 (2)
iP	15 (2)	i	28 8 (2)	iP	15 (2)
i	28 9 (2)			i ₄	28 8 (2)

II C N-S

Ph	t	T	A
iP	7 ^m 48 ^s (3)	3 (2)	nach
e	8 26 (1)		Bericht:
i	56 (3)	6 (3)	
iM	9 7 (2)	7 (2)	28 (1)
C		6 (2)	

32. Graz.

Δ = 493 km

λ = 15° 27' φ = 47° 46' Höhe 369 m

Untergrund: Schotter.

Instrument: Astatistisches Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. N-S und E-W, Masse 1000 kg.

Konstanten:

I

II

N-S	V = 190	T ₀ = 10,2	ε = 4,5	V = 183	T ₀ = 9,8	ε = 5,1
E-W	V = 180	T ₀ = 10,7	ε = 4,6	V = 172	T ₀ = 10,7	ε = 5,8

Zeitkorrektur: I: $-34,5^s$ II: Im Diagramm angebracht

Figur 123: I N—S E = } $21^h 27^m 25,5^s$ Natürliche Grösse.
 124: I E—W E = } " "
 125: II N—S E = } $12^h 7^m 53^s$ " "
 126: II E—W E = } " "

I

N—S				E—W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
i(P)	$27^m 3^s (2)$	1 (2)	$-1\frac{1}{2} (1)$	iP	$27^m 1^s (3)$	1 (2)	$-1\frac{1}{2} (1)$	iP	$27^m 1^s (3)$
i	13 (2)	1 (2)	3 (1)	i	3 (2)	$1\frac{1}{2} (2)$	+ 7 (2)	i ₂	3 (3)
iP̄	20 (3)	2 (1)	+ 8 (2)	iP̄	19 (3)	$1\frac{1}{2} (2)$	-14 (3)	i ₃	13 (2)
i	34 (2)	1 (2)	-14 (2)	i	32 (3)			iP̄	19 (3)
i	47 (2)	$2\frac{1}{2} (2)$		i	46 (2)	2 (2)	26 (2)	i ₅	33 (3)
				i	51 (1)			i ₆	46 (3)
i	28 16 (2)			i	55 (2)			i ₇	51 (1)
i	23 (2)			i	28 8 (1)			i ₈	55 (1)
M	36 (1)		300 (1)	i	16 (1)			i ₉	28 8 (1)
C		6 (2)		i	21 (1)			i ₁₀	16 (2)
				M	34 (1)	4 (1)	200 (1)	i ₁₁	22 (2)
								M	35 (2)

II

N—S				E—W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
eP	$7^m 29^s (2)$		$\frac{1}{2} (1)$	iP	$7^m 29^s (3)$	1 (2)	$+\frac{3}{4} (1)$	iP	$7^m 29^s (3)$
eP̄	49 (1)	$\frac{3}{4} (2)$	$+1\frac{1}{4} (1)$	iP̄	49 (2)	1 (2)	$-2\frac{1}{2} (2)$	iP̄	49 (2)
e	8 5 (1)	1 (2)	3 (2)	i	8 3 (1)	1 (2)	3 (2)	i ₃	8 4 (1)
				i	10 (2)	1 (2)	$4\frac{1}{2} (2)$	i ₄	10 (2)
i	46 (3)			i	23 (2)	1 (2)		i ₅	23 (2)
M	9 3 (1)		50 (1)	i	46 (2)			i ₆	46 (3)
C		1 (2)		M	9 3 (1)	1 (2)	50 (1)	M	9 3 (2)
				C		$\begin{cases} 1 (2) \\ 4 (2) \end{cases}$			

33. Paris (Parc St. Maur)

$\Delta = 493$ km

$\lambda = 2^o 29' 37''$ $\varphi = 48^o 48' 34''$ Höhe 50 m

Untergrund: Dicke Kalkbänke.

Instrument: Astatisches Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. N—S und E—W,
 Masse 1000 kg.

Konstanten:

I

II

N—S	V = 226	T ₀ = 10,3	$\varepsilon = 4,3$	V = 224	T ₀ = 10,4	$\varepsilon = 4,4$
E—W	V = 242	T ₀ = 10,6	$\varepsilon = 4,6$	V = 230	T ₀ = 10,9	$\varepsilon = 4,4$

Zeitkorrektur: I $+1^s$ II -13^s .

Figur 127: I N—S E = } $21^h 27^m 1^s$ Natürliche Grösse.
 128: I E—W E = } " "
 129: II N—S E = } $12^h 7^m 47^s$ " "
 130: II E—W E = } " "

I

N-S				E-W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
e(P)	27 ^m 0 ^s (2)			eP	26 ^m 58 ^s (3)			eP	26 ^m 58 ^s (3)
e(P̄)	20 (1)			i	27 3 (1)		5 (1)	i ₂	27 3 (1)
e	25 (1)		4 (1)	i	25 (2)	3 (1)	+ 6 (1)	eP̄	20 (1)
i	42 (2)	4 (1)	+13 (2)	e	42 (1)			e ₄	25 (2)
i	55 (2)		-45 (2)	i	57 (2)	5 (1)	-18 (2)	i ₅	42 (2)
M	28 47 (1)	≤ 2	500	i	28 12 (2)			i ₆	56 (3)
C		{ 4-5 6-8		M	45 (1)	< 2	250	i ₇	28 12 (2)
				C		{ 4-5 6-8		M	46 (1)

Durch Bodenunruhe gestört.

II

N-S				E-W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
eP	7 ^m 29 ^s (1)	0,5 (2)	0,2 (1)	eP	7 ^m 29 ^s (1)	0,7 (1)	0,5 (1)	eP	7 ^m 29 ^s (2)
e	42 (2)	0,7 (2)	0,8 (2)	i	43 (3)	0,7 (2)	0,8 (3)	i ₂	43 (3)
iP̄	50 (2)	0,6 (2)	1,7 (2)	iP̄	51 (2)	1,0 (2)	3 (1)	iP̄	51 (3)
i	8 13 (2)	0,8 (2)	4 ¹ / ₂ (2)					i ₄	8 13 (2)
i	20 (3)	0,7 (3)	5 (2)					i ₅	20 (3)
i	31 (3)	0,8 (3)		i	8 29 (2)	0,9 (2)	5 ¹ / ₂ (2)	i ₆	30 (3)
e	40 (1)	0,4 (2)		i	39 (3)	1,0 (2)		i ₇	39 (3)
M	57 (1)	0,5 (2)	60 (1)	M	58 (1)	1,5 (1)	40 (2)	M	57 (2)
C		3-4		C		4-5			

34. Fiume.

Δ = 523 km

$\lambda = 14^{\circ} 25' 40''$ $\varphi = 45^{\circ} 19' 56''$ Höhe 20 m

Instrument: Mikroseismograph Vicentini.

I (Nach Bericht)

N-S		E-W	
i(P̄?)	27 ^m 18 ^s	i	27 ^m 13 ^s
M	29 28	M	30 3

35. Pola.

Δ = 527 km

$\lambda = 13^{\circ} 50,8'$ $\varphi = 44^{\circ} 51,8'$ Höhe 32 m

Untergrund: Kreidekalk.

Instrument: Astatiches Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. N-S und E-W, Masse 200 kg.

Konstanten:

I

II

N-S	V = 80	T ₀ = 8,0	ε = ?	V = 80	T ₀ = 7,5	ε = 1,8
E-W	V = 80	T ₀ = 8,0	ε = ?	V = 80	T ₀ = 8,0	ε = 2,5

Zeitkorrektur: I: -1^s II: -52^s

Figur 131: I N-S E = } 21^h 26^m 59^s 1,6 fach vergrößert.
 132: I E-W E = }
 133: II N-S E = } 12^h 7^m 8^s 1,5 „ „
 134: II E-W E = } 1,5 „ „

I

N-S				E-W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
eP	26 ^m 59 ^s (2)			eP	26 ^m 59 ^s (1)			eP	26 ^m 59 ^s (2)
iP	27 20 (2)	1½ (2)	-8 (1)	eP	27 19 (2)	2½ (2)	+4 (1)	iP	27 20 (2)
m		2 (2)	21 (2)	m		2½ (2)	15 (2)	i ₃	57 (2)
i	57 (2)	3 (1)	+20 (2)	i	57 (2)	3 (2)	-16 (2)	i ₄	28 18 (2)
e	28 25 (1)			i	28 18 (2)	3 (2)	34 (1)	i ₅	26 (2)
M	29 12 (1)	7 (2)	110 (1)	i	27 (2)	3 (2)		i ₆	58 (1)
C		5 (2)		M	58 (1)			M	29 10 (1)
				C	29 0 (1)	6 (2)	80 (1)		
						4 (1)			

II

N-S				E-W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
eP	7 ^m 29 ^s (1)			e(P)	7 ^m 32 ^s (1)			e(P)	7 ^m 29 ^s (1)
e	39 (1)			e(P)?	49 (1)	1½ (2)	½ (1)	e(P)	32 (1)
i(P)?	48 (2)	1 (2)	½ (1)	e(P)?	54 (1)	1½ (2)	2 (1)	i ₂	39 (1)
i(P)?	53 (1)	2 (2)	2 (1)	e	8 11 (1)	1½ (2)	2 (1)	i(P)?	48 (2)
i	8 10 (1)	2 (2)	2 (1)	e	27 (1)	1½ (2)		i(P)?	53 (1)
i	24 (1)	1½ (2)	2 (1)	i	47 (1)	2 (2)	2 (1)	i ₆	8 10 (2)
i	47 (1)			i	58 (2)	2 (2)		i ₇	25 (1)
M	9 00 (2)			M ₁	9 4 (1)	2 (2)	5 (1)	i ₈	47 (2)
C	11 (1)	2½ (1)	4 (1)	M ₂	8 (1)		5 (1)	i ₉	59 (2)
		3 (2)		C		3 (1)		M	9 8 (1)

36. De Bilt (Utrecht).

A = 527 km

$\lambda = 5^{\circ} 11'$ $\varphi = 52^{\circ} 6'$ Höhe 3 m

Untergrund: Alluvium.

Instrumente: A Astatisches Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. N-S und E-W, Masse 200 kg.

B Horizontalpendel von Bosch, Komp. N-S und E-W, Masse 25 kg.

Konstanten:

I

II

A N-S	V = 165	T ₀ = 5,5	$\varepsilon = 4$	V = 165	T ₀ = 5,5	$\varepsilon = 4$
A E-W	V = 200	T ₀ = 5,5	$\varepsilon = 4$	V = 200	T ₀ = 5,5	$\varepsilon = 4$
B N-S	V = 21	T ₀ = 18	$\varepsilon = 4$	V = 21	T ₀ = 17	$\varepsilon = 4$
B E-W	V = 21	T ₀ = 18	$\varepsilon = 4$	V = 22	T ₀ = 17	$\varepsilon = 4$

Zeitkorrektur: I: -22^s II: +14^s

Figur 135: I A N-S	E = 21 ^h 27 ^m 38 ^s	1,5 fach vergrößert.
136: I A E-W	E = 21 25 38	1,5 „ „
137: I B N-S	E = 21 26 38	Natürliche Grösse.
138: I B E-W	E = 21 27 38	„ „
139: II A N-S	E =	1,5 fach vergrößert.
140: II A E-W	E = } 12 6 14	1,5 „ „
141: II B N-S	E =	Natürliche Grösse.
142: II B E-W	E = } 12 7 14	„ „

I

A N-S				A E-W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
i	27 ^m 8 ^s (1)			e	27 ^m 10 ^s (1)			e ₁	27 ^m 7 ^{1/2} ^s (2)
iP	21 (2)	4 (2)	+13 (1)	iP	21 (2)			iP	21 (2)
i	28 20 (1)			i	37 (1)			i ₂	37 (1)
M	30,5 (1)	5 (2)	200 (1)	i	28 22 (1)	5 (2)	130 (1)	e ₃	53 (2)
C		5 (2)		M		5 (2)		i ₅	28 16 (2)
				C				i ₆	24 (2)
								M ₁	29,2 (1)
								M ₂	30,4 (1)
B N-S				B E-W				Durch Bodenunruhe stark gestört.	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A		
e	27 ^m 8 ^s (1)			e	27 ^m 7 ^s (2)				
i	28 24 (2)			e	27 (1)				
M	30,3 (1)	6 (2)	250 (1)	e	53 (2)				
				i	28 16 (2)				
				M	29,2	{ 4 15	160 (1)		

II

A N-S				A E-W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
e	7 ^m 34 ^s (2)			e	7 ^m 34 ^s (1)			e ₁	7 ^m 34 ^s (2)
i	8 46 (2)			e	56 (1)			e ₂	56 (1)
i	58 (2)			i	8 28 (2)			i ₃	8 28 (2)
M		4 (1)	30 (1)	i	58 (2)	2 (3)	25 (1)	i ₄	46 (2)
				M				i ₅	58 (2)
B N-S				B E-W					
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A		
M		4 (1)	25 (1)	M		4 (1)	25 (1)		

37. Potsdam.

Δ = 532 km

$\lambda = 13^{\circ} 4,0'$ $\varphi = 52^{\circ} 22' 51''$ Höhe 83 m

Untergrund: Sand.

Instrumente: A Astatiches Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. N-S und E-W, Masse 1000 kg.

B Leichtes Horizontalpendel nach v. Rebeur-Hecker, Komp. N-S und E-W, Masse 70 g.

Konstanten:

I				II			
A N-S	V = 197	T ₀ = 8,7	ε = 4	V = 220	T ₀ = 5	ε = 5	
A E-W	V = 200	T ₀ = 6,1	ε = 4	V = 195	T ₀ = 6	ε = 5	
B N-S	V = 36	T ₀ = 17	ε = 6,1	—	—	—	
B E-W	V = 36	T ₀ = 17	ε = 7,0	—	—	—	

Zeitkorrektur: I: +11^s II: +1^m 20,6^s

Figur 143: I A N-S	E =	} 21 ^h 27 ^m 11 ^s	1,2 fach vergrössert.	I mm = 1 ^s
144: I A N-S (Anfang)	E =			
145: I A E-W	E =	} 21 ^h 30 ^m 11 ^s	Natürliche Grösse.	I mm = 10 ^s
146: I B N-S	E =			
147: I B E-W	E =			I mm = 10 ^s

Figur 148: II A N—S E = } 1,3 fach vergrößert.
 149: II A E—W E = } 12^h 7^m 20,6^s 1,3 „ „
 150: II A E—W (Anfang) E = } 5,0 „ „ I mm = 1^s

A N—S				A E—W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
i	27 ^m 13 ^s (2)			i	27 ^m 12 ^s (2)			i ₁	27 ^m 12 ^s (2)
i \bar{P}	24 (3)	2 (2)	+5 (1)	i	25 (3)	2 (2)		i \bar{P}	24 (3)
i	29 (3)	2 (2)	40 (1)	i	30 (3)	2 (2)	22 (1)	i ₃	29 (3)
i	28 18 (3)			i	28 5 (2)	2 (2)		i ₄	28 5 (1)
i	36 (2)			i	29 (2)			i ₅	18 (2)
M	41	4 (1)	ab ≥450	M	41	2 (1)	ab ≥250	i ₆	29 (2)
B N—S				B E—W					
i	27 ^m 24 ^s (2)			i	27 ^m 23 ^s (2)			M	41 (2)
M	28 40 (1)		400 (1)	M	28 45 (1)		500 (1)		

Durch Bodenunruhe stark gestört.

II

A N—S				A E—W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
i	7 ^m 48 ^s (3)	2/3 (2)	1/4 (1)	i	7 ^m 47 ^s (3)	2/3 (2)	1/3 (1)	i ₁	7 ^m 47 ^s (3)
i	53 (3)	1 1/2 (2)	2 (2)	i	53 (3)	2 (1)	2 (2)	i ₂	53 (3)
i \bar{P}	57 (3)	2 (2)	10 (2)	i \bar{P}	58 (3)	1 1/2 (1)	5 (2)	i \bar{P}	57 (3)
i	8 51 (2)			i	8 31 (2)			i ₄	8 31 (2)
i	56 (2)			i	42 (2)			i ₅	42 (2)
M	9 7 (1)	3 1/2 (3)	125 (1)	M	56 (3)	3 (1)	100 (1)	i ₆	51 (2)
C		3—4		C	9 13 (1)	3—5		i ₇	56 (3)
								M	9 10 (2)

38. Wien.

Δ = 537 km

λ = 16° 21,7' φ = 48° 14,9' Höhe 198 m

Untergrund: Löss, darunter Lehm.

Instrumente: A Astatiches Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. N—S und E—W, Masse 1000 kg.

B Horizontalpendel nach Conrad, Komp. E—W, Masse 20 kg.

C Vertikalseismometer nach Wiechert, Masse 1300 kg.

Konstanten:

I				II			
A N—S	V = 220	T ₀ = 11,5	ε = 7	V = 166	T ₀ = 10,1	ε = 3,9	
A E—W	V = 210	T ₀ = 11,0	ε = 5	V = 173	T ₀ = 10,8	ε = 5,1	
B E—W	V = 19	T ₀ = 4,0	ε = 40	—	—	—	
C Z	V = 190	T ₀ = 2,8	ε = 5	V = 180	T ₀ = 2,4	ε = 4,9	

Zeitkorrektur: I: in den Diagrammen angebracht; II: A: +15,4^s; C: -9,7^s

Figur 151: I A N—S E = } 1,1 fach vergrößert.
 152: I A E—W E = } 21^h 26^m 16^s 1,1 „ „
 153: I C Z E = } 1,3 „ „
 154: I B E—W E = } 21^h 27^m 16^s 1,3 „ „
 155: II A N—S E = } 12^h 7^m 15,4^s 1,1 „ „
 156: II A E—W E = } 1,1 „ „
 157: II C Z E = } 12^h 6^m 50,3^s 1,5 „ „

I

A N-S				C Z				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
iP	27m 5s (3)	1 (2)	- ² / ₃ (1)	iP	27m 5s (3)	1 (2)	+5 (2)	iP	27m 5s (3)
i	8 (2)	³ / ₄ (2)	+3 (1)	i	8 (1)		-5 (2)	i ₂	8 (2)
i	18 (2)	Minutenlücke		i	16 (2)	Minutenlücke		i ₃	17 (2)
i(P̄)	28 (2)	³ / ₄ (2)		e(P̄)	27 (1)	2 (2)		i(P̄)	28 (2)
i	50 (1)	2 (2)		e	46 (1)	2 (2)		i ₅	47 (2)
e	28 3 (2)	2 (2)		i	28 0 (2)	2 (2)	-25 (2)	i ₆	59 (3)
i	26 (2)	2 (2)	ab	i	26 (2)			i ₇	28 19 (2)
M	36		≥ 240	M	42		ab	i ₈	27 (3)
							≥ 330	M	54 (1)

A E-W				B E-W			
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A
iP	27m 6s (2)		+ ² / ₃ (1)	eP	27m 8s (2)	1 (1)	
i	8 (1)	1 (2)	-3 (1)	e	28 (2)	1 (2)	
				i	47 (2)	1 (2)	
i	59 (2)			i	57 (3)	3 (2)	
i	28 26 (2)			i	28 19 (2)		
M	42		ab	i	28 (2)	1 1/2 (2)	
			≥ 300	M	54 (1)	2 (2)	400 (1)
				C		2-3	

II

A N-S				A E-W			
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A
eP	7m 34s (2)		¹ / ₄ (1)	eP	7m 35s (2)		¹ / ₄ (1)
iP̄	56 (3)	1 (2)	+1 1/2 (2)	iP̄	56 (3)	1 (1)	-1 (1)
				i	58 (2)		
e	8 28 (1)			i	8 3 (1)		
i	40 (1)			i	19 (1)		
i	57 (3)			i	26 (2)		
i	9 2 (2)			i	28 (1)		
M	8 (1)		100 (1)	i	41 (2)		
C		2-4		i	58 (3)		
				M	9 8 (1)	1 1/2 (1)	90 (1)
				C		2-4	

C Z				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t
iP	7m 35s (3)	1 (2)	-2 (2)	iP	7m 35s (3)
i	38 (2)			i ₂	38 (1)
i	41 (1)			i ₃	41 (1)
eP̄	54 (2)	1 1/2 (2)	-1 1/4 (1)	iP̄	56 (3)
i	58 (2)	1 (2)	3 1/2 (2)	i ₅	58 (2)
i	8 2 (2)			i ₆	8 2 (2)
i	12 (2)			i ₇	12 (2)
i	18 (2)			i ₈	18 (2)
i	26 (3)			i ₉	26 (3)
i	48 (3)			i ₁₀	28 (1)
i	57 (2)			i ₁₁	41 (2)
M	9 6 (1)		80 (1)	i ₁₂	48 (2)
C		5 (1)		i ₁₃	57 (3)
				M	9 7 (1)

39. Puy de Dome.

$\Delta = 544 \text{ km}$

$\lambda = 2^{\circ} 58'$ $\varphi = 45^{\circ} 46'$ Höhe 1467 m

Untergrund: Trachyt über Granit.

Instrument: Biflares Kegelpendel nach Mainka, Masse 135 kg. Bei I hat nur eine Komponente geschrieben, bei II war das Pendel nicht mehr in Betrieb.

Konstanten I: $V = 80$ $T_0 = 9$ $\varepsilon = 3,3$.

Zeitkorrektur I: $+7^s$

Figur 158: I (Komp. nicht angegeben) } $E = 21^h 27^m 7^s$ 1,2 fach vergrößert.
 159: I Desgl., Anfang } $9\frac{1}{2}$,, , $1 \text{ mm} = \frac{1}{2}^s$

I
(Komp. nicht angegeben).

Ph	t	T	A
iP	27 ^m 0 ^s (3)	3 (1)	2 (2)
i	9 (2)	6 (1)	8 (3)
iP̄	20 (3)	2 (2)	20 (2)
m			250 (2)
i	54 (2)	2 (2)	
i	28 28 (2)		
M	37 (1)	2 (2)	≥ 600
C		{ 2 (2) 4 (1)	

} nach $35\frac{1}{2}$ facher Vergrößerung.

40. Florenz-Ximeniano.

$\Delta = 544 \text{ km}$

$\lambda = 11^{\circ} 15' 24''$ $\varphi = 43^{\circ} 46' 40''$ Höhe 48 m

Untergrund: Lockere Ablagerungen.

Instrumente: A Mikroseismograph Vicentini, 3 Komp.

B Tromometrograph Omori-Alfani, Komp. N—S und E—W

C Horizontalpendel nach Stiattesi, Komp. N—S und E—W

Konstanten I: A: $V = 100$ $T_0 = 1,2^s$ } keine Dämpfung.
 C: $V = 50$ $T_0 = 20^s$ }

Figur 160: C N—S } 1,1 fach verkleinert.
 161: C E—W } 1,1 ,, ,,
 162: B N—S } E unbekannt. 1,1 ,, ,,
 163: B E—W } 1,1 ,, ,,
 164: A ? } 1,1 ,, ,,

I

i_1	27 ^m 0 ^s	} nach Bericht
i_2	28 40	

41. Hamburg.

$\Delta = 587 \text{ km}$

$\lambda = 9^{\circ} 58' 52''$ $\varphi = 53^{\circ} 33' 34''$ Höhe 17 m

Untergrund: Geschiebemergel.

Instrumente: A Astatishes Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. N—S und E—W, Masse 1000 kg.

B Vertikalseismometer nach Wiechert, Masse 1250 kg.

Konstanten:

			I			II		
A	N-S	V = 190	T ₀ = 10,6	ε = 5,4	V = 190	T ₀ = 10,6	ε = 5,5	
A	E-W	V = 190	T ₀ = 10,6	ε = 5,3	V = 190	T ₀ = 10,5	ε = 5,2	
B	Z	—	—	—	V = 200	T ₀ = 4,2	ε = 4,2	

Zeitkorrektur: I: -2^s II: +7,0^s

Figur 165: I A N-S	E = 21 ^h 27 ^m 58 ^s	Natürliche Grösse.
166: I A N-S (Anfang)	E = 26 58	3,9fach vergrössert. I mm = ca. 1 ^s
167: I A E-W	E = 27 58	Natürliche Grösse.
168: I A E-W (Anfang)	E = 26 58	3,9fach vergrössert. I mm = ca. 1 ^s
169: II A N-S	E =	Natürliche Grösse.
170: II A E-W	E =	„ „
171: II B Z	E =	„ „

I

A N-S				A E-W				Mittlere Einsätze		
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t	
e	26 ^m 24 ^s (1)	3 1/2 (1)	≤ 1	i	27 ^m 46 ^s (2)	6 (1) 6 (2)	≥ 270	e ₁	27 ^m 24 ^s (1)	
i	46 (3)		12 ^m (1)	i	28 13 (1)			i ₂	46 (3)	
i	28 14 (2)		i	27 (1)	i			28 14 (2)	i ₃	28 14 (2)
i	29 3 (2)		i	37 (2)	i			27 (1)	i ₄	27 (1)
M	schlägt an	4-6	≥ 270	i	46 (3)	M	schlägt an	i ₅	37 (2)	
C		6 (2)		C				i ₆	46 (3)	
								i ₇	29 3 (1)	

Stark durch Bodenunruhe gestört.

II

A N-S				A E-W			
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A
i	8 ^m 15 ^s (1)	3/4 (1)	1 1/2 (1)	e	8 ^m 13 ^s (1)	1 (1) 1 (2) 1 (1) 3 (1)	1 1/2 (1) 2 1/2 (1) 4 (1) 6 (2)
i	32 (2)	1 (2)		i	15 (1)		
i	53 (2)	1 (2)	5 (2)	i	29 (2)		
i	9 3 (2)	2 (1)	6 (1)	i	52 (2)		
i	25 (2)			i	9 2 (3)		
i	37 (3)			M	10 10 (1)	8 (2)	85 (1)
M	10 19 (1)	6 (3)	70 (1)	C		4 (2)	
C		5 (2)					

C Z				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t
e	8 ^m 12 ^s (1)	1 1/2 (1)	+2 1/2 (2)	e ₁	8 ^m 12 ^s (1)
i	16 (2)	3/4 (2)		i ₂	16 (3)
i	22 (2)			i ₃	22 (1)
i	51 (2)	1 (2)		i ₄	30 (2)
e	9 0 (2)			i ₅	52 (3)
				i ₆	9 1 (3)
M ₁	51 (1)	3 (2)	20 (1)	i ₇	25 (2)
M ₂	10 25 (1)	2 (2)	20 (1)	i ₈	37 (2)
C		4 (2)		M	10 10 (1)

42. Zagreb (Agram)

$\Delta = 589 \text{ km}$

$\lambda = 15^\circ 59'$ $\varphi = 45^\circ 49'$ Höhe 155 m

Untergrund: Harter Lehm.

Instrumente: A Astaticsches Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. NE—SW und NW—SE,
Masse 1000 kg.

B Desgl., Masse 80 kg.

Konstanten:

I				II		
A NE—SW	V = 215	T ₀ = 9,2	$\varepsilon = 6,9$	V = 217	T ₀ = 9,8	$\varepsilon = 4,6$
A NW—SE	V = 227	T ₀ = 9,2	$\varepsilon = 6,3$	V = 227	T ₀ = 9,8	$\varepsilon = 4,6$
B NE—SW	V = (15)	T ₀ = 8,1	$\varepsilon = (3)$	—	—	—
B NW—SE	V = (15)	T ₀ = 8,0	$\varepsilon = (3)$	—	—	—

Zeitkorrektur: I: -19^s II: $+9^s$

Figur 172: I A NE—SW E = } Natürliche Grösse.
 173: I A NE—SW (Anfang) E = } 4fach vergrössert. 1 mm = ca. 1^s
 174: I A NW—SE E = } 21^h 26^m 41^s Natürliche Grösse.
 175: I B E = } 1,6fach verkleinert.
 176: I B E = } 1,6 „ „
 177: II A NE—SW E = 12^h 7^m 9^s 1,3 „ „

I

A NE—SW				A NW—SE				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
iP	27 ^m 9 ^s (3)	2 (1)	1½ (1)	iP	27 ^m 9 ^s (3)	1 (1)	3 (1)	iP	27 ^m 9 ^s (3)
i	21 (3)	1½ (2)	7½ (2)	i	15 (2)	1½ (2)	5½ (1)	i ₂	15 (1)
iP	31 (2)			i	22 (3)	1½ (2)	9 (2)	i ₃	21 (3)
i	37 (2)	2 (2)	20 (2)	i	29 (2)			iP	30 (3)
i	28 16 (2)			iP	31 (3)	3 (3)	45 (2)	i ₅	37 (2)
i	49 (2)			i	28 15 (2)			i ₆	59 (1)
M	29 9	4 (2)	ab ≥ 350	i	47 (2)			i ₇	28 15 (3)
				M	55		ab ≥ 350	i ₈	41 (2)
								i ₉	48 (3)
								M	29 10 (1)

B			B			II (A NE—SW)			
iP	t	T	iP	t	T	Ph	t	T	A
iP	27 ^m 8 ^s (2)	1 (1)	iP	27 ^m 9 ^s (3)	1 (1)	iP	7 ^m 41 ^s (2)	1 (1)	¼ (1)
i	36 (2)		iP	29 (3)	2½ (3)	iP	8 5 (3)	2½ (2)	5 (2)
i	59 (2)		i	58 (2)		i	9 15 (3)		
i	28 15 (2)		i	28 41 (2)		M	26 (1)	2½ (2)	55 (1)
i	42 (2)		M	49 (3)		C		2-3	
i	47 (3)			51 (1)	4 (2)				
M	29 10 (1)								

43. Marseille.

$\Delta = 627 \text{ km}$

$\lambda = 5^\circ 23' 38''$ $\varphi = 43^\circ 18' 17''$ Höhe 75 m

Untergrund: Kalkfelsen.

Instrumente: Biflars Kegelpendel nach Mainka, Komp. N—S und E—W, Masse je 133 kg.

Konstanten:

I				II		
N—S	V = 72	T ₀ = 7,0	$\varepsilon = 3,6$	V = 63	T ₀ = 9,1	$\varepsilon = 2,5$
E—W	—	—	—	V = 55	T ₀ = 9,1	$\varepsilon = 2,7$

Zeitkorrektur: I: $+11^m 7^s$ II: $-8^m 51^s$

Figur 178: I N—S E = } $21^h 27^m 7^s$ 1,3 fach vergrößert.
 179: I N—S (Anfang) E = } 5,2 „ „ I mm = 1^s
 180: II N—S E = } $12^h 8^m 9^s$ 1,2 „ „
 181: II E—W E = } 1,2 „ „

I N—S

Ph	t	T	A
eP	$27^m 13^s$ (3)	1 (1)	$-1\frac{1}{2}$ (1)
i	26 (2)	1 (1)	-3 (1)
i	30 (2)	2 (3)	$+4\frac{1}{2}$ (1)
m	35	1,8 (3)	45 (2)
i	56 (1)	2 (3)	36 (1)
i	28 29 (3)	1,8 (3)	
i	41 (1)		
i	53 (1)		
M	29 17 (1)	4 (3)	170 (1)

II

N—S				E—W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
i	$8^m 24^s$ (2)	2 (2)	-3 (1)	i	$8^m 23^s$ (2)	2 (2)	2 (1)	i ₁	$8^m 23^s$ (3)
i	45 (1)	3 (1)	$+3$ (1)	i	44 (2)	$2\frac{1}{2}$ (2)	$+8$ (1)	i ₂	44 (2)
e	9 32 (1)			i	9 23 (1)			i ₃	9 23 (1)
				e	35 (1)			e ₄	33 (1)
M ₂	59 (1)	2 (1)	13 (1)	M ₁	44 (1)	6 (1)	12 (1)	M ₁	44 (1)
M ₃	10 6 (1)	2 (1)	12 (1)	M ₂	59 (1)	2 (2)	12 (1)	M ₂	59 (1)
C		$1\frac{1}{2}$ (2)		M ₃	10 5 (1)	2 (3)	15 (1)	M ₃	10 5 (1)
				C		2—3			

Der Anfang des Bebens ist durch Bodenunruhe verdeckt.

44. Breslau (Krietern).

$\Delta = 645$ km

$\lambda = 16^{\circ} 59' 58''$ $\varphi = 51^{\circ} 4' 27''$ Höhe 125 m

Untergrund: Geschiebemergel.

Instrument: Astatisches Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. N—S und E—W, Masse 1200 kg.

Konstanten:

I

II

N—S	V = 262	T ₀ = 9,4	$\varepsilon = 1,4$	V = 204	T ₀ = 12,4	$\varepsilon = 6,0$
E—W	V = 295	T ₀ = 10,8	$\varepsilon = 1,7$	V = 194	T ₀ = 12,4	$\varepsilon = 6,0$

Zeitkorrektur: I: $+2^s$

Am 16. Nov. 1911 machte die Kontaktuhr einen Sprung von -7^s . Die Zeit des Sprunges ist unbekannt. Am 20. Juli 1913 versagte die Zeitmarkierung. Die wahrscheinliche Minutenlänge auf den Originalen beträgt 16,2 mm.

Figur 182: I N—S 1,2 fach vergrößert.
 183: I N—S (Anfang) 5 „ „ I mm = 1^s
 184: I E—W 1,2 „ „
 185: II N—S 1,1 „ verkleinert.
 186: II E—W 1,1 „ „

46. Le Mans.

$\Delta = 661 \text{ km}$

$\lambda = 0^\circ 11,8' \quad \varphi = 48^\circ 0' \quad \text{Höhe } 65 \text{ m}$

Untergrund: Lehm.

Instrumente: Biflare Kegelpendel eigener Konstruktion. Komp. N—S und E—W, Masse je 300 kg.

Konstanten II: N—S: $V = 100$, E—W: $V = 90$, $T_0 = 9$, noch keine Dämpfung vorhanden.

Zeitkorrektur II: Es waren noch keine Zeitmarken eingerichtet. Länge der Minute in den

Originalen: N—S: 6 mm, E—W: 8 mm.

Figur 190: II N—S 2,5 fach vergrößert.

191: II E—W 1,9 „ „

II

N—S				E—W			
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A
e	0 ^m 2 ^s (1)	4 (2)	+3 (1)	e	0 ^m 0 ^s (1)	1 (1)	1 (1)
i	30 (1)	3 (2)	-6 (1)	i	30 (1)	1 (1)	4 (1)
i	46 (1)		+7 (1)	i	46 (1)	1 (1)	10 (1)
i	53 (1)			i	53 (1)		
M	1,8 (1)	1½ (2)	135 (1)	M			130 (1)
C		4 (2)		C		4 (2)	

47. Ógyalla.

$\Delta = 676 \text{ km}$

$\lambda = 18^\circ 11' 32'' \quad \varphi = 47^\circ 52' 24'' \quad \text{Höhe } 111 \text{ m}$

Untergrund: Sand.

Instrument: Kegelpendel eigener Konstruktion, Komp. N—S und E—W.

Zeitkorrektur I: $-12^m 16^s$

Figur 192: I N—S } E = 21^h 27^m 44^s Natürliche Grösse.

193: I E—W } „ „

I

N—S		E—W		Mittlere Einsätze	
Ph	t	Ph	t	Ph	t
e	27 ^m 35 ^s (1)	e	27 ^m 51 ^s (1)	e ₁	27 ^m 35 ^s (1)
i	48 (1)	i	29 0 (1)	i ₂	49 (1)
i	28 35 (1)	i	27 (1)	i ₃	28 35 (1)
i	29 23 (1)	i	41 (1)	i ₄	29 0 (1)
i	44 (1)	M	31,0	i ₅	25 (1)
M	30 20 (1)			i ₆	42 (1)
				M	30 20 (1)

48. Budapest.

$\Delta = 747 \text{ km}$

$\lambda = 19^\circ 3' 55'' \quad \varphi = 47^\circ 29' 29'' \quad \text{Höhe } 110 \text{ m}$

Untergrund: Alluvium.

Instrument: Astatiches Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. N—S und E—W, Masse 1000 kg.

Konstanten I: E—W $V = 191 \quad T_0 = 6 \quad \varepsilon = 3,4$

II: N—S $V = 157 \quad T_0 = 7 \quad \varepsilon = 4,3$

Zeitkorrektur I: $+13^m 21^s$ II: Im Diagramm angebracht.

Figur 194: I E—W $E = 21^h 27^m 21^s$ 1,1 fach vergrößert.

195: II N—S $E = 12^h 8^m 42^s$ 1,1 „ „

I E—W

Ph	t	T	A
e ₁	27 ^m 41 ^s (1)		
i ₂	45 (2)	3 (1)	3 (1)
i ₃	28 17 (3)	2½ (2)	10 (2)
i ₄	29 33 (2)	3 (2)	
i ₅	49 (2)		
M	30 3 (2)	3½ (1)	150 (1)
C		3 (2)	

II N—S

Ph	t	T	A
e ₁	8 ^m 7 ^s (1)		
e ₂	32 (1)		
e ₃	9 11 (1)		
e ₄	33 (1)	3 (1)	4 (1)
e ₅ (L)	56 (2)		
M	10 40 (1)	3 (1)	25 (1)
C		4 (2)	

49. Kalocsa.

Δ = 766 km

$\lambda = 18^{\circ} 58' 33'' \quad \varphi = 46^{\circ} 31' 42'' \quad \text{Höhe } 97 \text{ m}$

Untergrund: Alluvium.

Instrument: Astatisches Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. N—S und E—W, Masse 200 kg.

Konstanten: I N—S: V = 90 T = 9,5 ε = 4,8. E—W in Unordnung.

Zeitkorrektur: Im Diagramm angebracht.

Figur 196: I N—S E = 21^h 28^m 23^s 1,2 fach verkleinert.

197: I N—S (Anfang) E = 27 23^s 6,6 „ vergrößert. 1 mm = ½^s

I N—S

Ph	t
e ₁	27 ^m 35 ^s (1)
e ₂	45 (2)
i ₃	28 13 (2)
i ₄	36 (3)
i ₅	29 5 (2)
e ₆	19 (2)
i ₇	37 (2)
i ₈	46 (2)
M	30 10 (1)

50. Rocca di Papa.

Δ = 778 km

$\lambda = 12^{\circ} 43' \quad \varphi = 41^{\circ} 46' \quad \text{Höhe } 760 \text{ m}$

Untergrund: Lava.

Instrument: A Mikroseismograph Agamennone, Komp. N—S, Masse 1500 kg.

B Desgl., Komp. NE—SW und NW—SE, Masse 500 kg.

Konstanten I: A: V = 350 T₀ = 2 keine Dämpfung.

B: V = 14 T₀ = 4,2 „ „ .

Zeitkorrektur: +3^m 8^s. Parallaxe im Diagramm angebracht.

Figur 198: I B NE—SW E = ? 1,3 fach vergrößert.

199: I B NW—SE E = 21^h 27^m 57^s 1,3 „ „

I

B NW—SE			A N—S			} unter Benutzung des Berichtes	
Ph	t	T	Ph	t	T		
e	27 ^m 57 ^s (1)	1 u. 2	i	27 ^m 35 ^s ± 3 (1)			}
i	28 9 (2)	1½ (1)	B NE—SW				
i	47 (2)	2 (2)	i	29 ^m 42 (1)	3½ (1)		
i	29 3 (2)	2½ (2)	i	54 (1)	4 (1)	}	
i(L)	26 (2)	4 (2)					
i	52 (2)	3 (2)					
M	30 11 (2)	3—4					
C		3—4					

51. Krakau.

$\Delta = 812 \text{ km}$

$\lambda = 19^{\circ} 58'$ $\varphi = 50^{\circ} 4'$ Höhe 206 m

Untergrund: Sandiger Lehmboden.

Instrument: Horizontalpendel nach Bosch-Omori, Komp. NE—SW, Masse $11\frac{1}{2}$ kg.

Konstanten: I NE—SW: $V = 10$ $T_0 = 26^s$

Zeitkorrektur: I: $+7^m 35,5^s$

Figur 200: I NE—SW $E = 21^h 25^m 35,5^s$ Natürliche Grösse.

I
NE—SW

Ph	t	T	A
e	28 ^m 40 ^s (1)	7 (2)	25 (1)
i	29 25 (2)	5 (1)	
M	37 (1)	4 (1)	150 (1)
C		4 (2)	

52. Sarajevo.

$\Delta = 870 \text{ km}$

$\lambda = 18^{\circ} 25' 39''$ $\varphi = 43^{\circ} 52,8'$ Höhe 637 m

Untergrund: Humus, darunter Lehm.

Instrumente: A Astatisches Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. N—S und E—W, Masse 200 kg.

B Mikroseismograph Vicentini, Komp. N—S und E—W, Masse 100 kg.

Konstanten:

I

A	N—S	$V = 80$	$T_0 = 6$	$\varepsilon = 3,7$
A	E—W	$V = 80$	$T_0 = 6$	$\varepsilon = 4,3$
B	N—S u. E—W	$V = 120$	$T_0 = 2,2$	keine Dämpfung

Zeitkorrektur I: A: $+1^m 9^s$; B N—S: $+1^m 1^s$; B E—W: $+1^m 7^s$

Figur 201: I A N—S $E = \left. \begin{matrix} 21^h 27^m 9^s \\ 1,9 \text{ fach vergrössert.} \end{matrix} \right\}$

202: I A E—W $E = \left. \begin{matrix} 21^h 27^m 9^s \\ 1,9 \text{ ,, ,,} \end{matrix} \right\}$

203: I B N—S $E = \left. \begin{matrix} 21^h 27^m 1^s \\ 1,8 \text{ ,, ,,} \end{matrix} \right\}$

204: I B E—W $E = \left. \begin{matrix} 21^h 28^m 7^s \\ 1,8 \text{ ,, ,,} \end{matrix} \right\}$

I

A N—S				A E—W			
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A
i P	27 ^m 42 ^s (3)	1½ (1)	1½ (1)	i P	27 ^m 42 ^s (3)	1 (2)	2½ (2)
i	44 (2)	1½ (2)	3 (2)	i	44 (2)	1½ (2)	4 (2)
e	28 6 (1)			e	59 (1)	1 (2)	
				i	28 7 (1)		
i	30 (1)			i (P)	17 (2)	1½ (2)	2¼ (2)
i	49 (1)			i	35 (2)	1 (2)	6 (2)
i	29 33 (2)			i	48 (3)	2 (2)	4½ (2)
i	44 (2)			i	29 10 (2)		
i	59 (3)			i	48 (1)		
M	30 23 (1)	4 (3)	80 (1)	M	30 16 (1)	4 (2)	50 (2)

I (Fortsetzung).

B N-S		B E-W		Mittlere Einsätze	
Ph	t	Ph	t	Ph	t
iP	27 ^m 42 ^s (3)	iP	27 ^m 43 ^s (2)	iP	27 ^m 42 ^s (3)
i	44 (3)	i	45 (2)	i ₂	44 (3)
		i	52 (1)	i ₃	52 (1)
				i ₄	59 (1)
i(\bar{P})	28 17 (2)	i	28 8 (2)	i ₅	28 7 (2)
i	29 (2)	e(\bar{P})	18 (1)	i(\bar{P})	17 (3)
				i ₇	29 (2)
i	49 (3)	i	48 (2)	i ₈	35 (1)
i	29 10 (3)	i	29 11 (2)	i ₉	48 (3)
i	28 (3)	i	26 (1)	i ₁₀	29 10 (3)
i	38 (2)	i	40 (2)	i ₁₁	28 (2)
i	49 (2)	i	54 (1)	i ₁₂	39 (2)
		i	30 1 (3)	i ₁₃	49 (3)
		i	19 (3)	i ₁₄	30 0 (3)
M ₁	30 24 (1)	M ₁	21 (1)	i ₁₅	19 (3)
M ₂	31 0 (1)	M ₂	34 (1)	M ₁	22 (2)
				M ₂	31 0 (1)

53. Ischia (Grande Sentinella)

$\Delta = 923$ km

$\lambda = 13^{\circ} 54' 13''$ $\varphi = 40^{\circ} 44' 45''$ Höhe 121 m

Untergrund: Torfartiger Tuff.

Instrumente: A Horizontalpendel, Komp. E-W und N-S, Masse 12 kg.

B Vasca sismica, Komp. E-W und N-S, Wassermasse 2 m³.

Konstanten: A $V = 8$ N-S: $T_0 = 16,3^s$ E-W: $T_0 = 19,5^s$ keine Dämpfung.

B $V = 94$ $T_0 = 1,6^s$ " "

I (A, E-W und B)

e(\bar{P})	28 ^m 17 ^s (1)
i	29 10 (1)

54. Ischia (Porto d'Ischia).

$\Delta = 926$ km

$\lambda = 13^{\circ} 56' 35''$ $\varphi = 40^{\circ} 44' 27''$ Höhe 32 m

Untergrund: Trachyt.

Instrumente: Wie bei 53.

Konstanten: A $V = 8$ N-S: $T_0 = 16,7^s$ E-W: $T_0 = 13,0^s$ keine Dämpfung.

B $V = 72$ $T_0 = 1,2^s$ " "

I

	e(\bar{P})	i	eL
A N-S	28 ^m 21 ^s (1)		30 ^m 24 ^s (1)
A E-W	20 (1)		24 (1)
B N-S	22 (1)		
B E-W	20 (1)	29 ^m 14 ^s (1)	
Mittlere Einsätze	21 (2)	14 (1)	24 (2)

55. Belgrad.

$\Delta = 947$ km

$\lambda = 20^{\circ} 27' 20''$ $\varphi = 44^{\circ} 49' 17''$ Höhe 129 m

Untergrund: Tonige Lösssedimente.

Instrument: Astatisches Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. N-S und E-W, Masse 80 kg.

Konstanten:

		I			II		
N-S	V=90	$T_0 = 4,7$	$\varepsilon = 1,3$	V=110	$T_0 = 5,5$	$\varepsilon = 1,2$	
E-W	—	—	—	V=140	$T_0 = 6,4$	$\varepsilon = 1,0$ (?)	

Zeitkorrektur: I $+21^s$ II $+4^m 44^s$

Figur 205: I N-S E = } $21^h 28^m 21^s$ 1,4 fach vergrößert.
 206: I N-S (Anfang) E = } 5,7 „ „ I mm = ca. 1^s
 207: II N-S 1,4 „ „
 208: II E-W 1,4 „ „

I N-S

Ph	t	T	A
iP	27 ^m 54 ^s (2)		
i ₂	28 12 (2)	3 (2)	2 (1)
i ₃	51 (2)	5 (1)	2 ^{1/2} (1)
i ₄	31 24 (2)		
M	32 30 (1)	4 ^{1/2} (2)	120 (1)
C		6 (3)	

Durch Bodenunruhe gestört.

II

	N-S		E-W	
M	T = 5 (2)	A = 6 (1)	T = 5 (2)	A = 2 (1)

56. Temesvár.

$\Delta = 963$ km

$\lambda = 21^{\circ} 15' 55''$ $\varphi = 45^{\circ} 45' 32''$ Höhe 32 m

Untergrund: Sumpfige alluviale Ablagerungen.

Instrument: Mikroseismograph Vicentini, Komp. NE-SW und NW-SE.

Figur 209: I NE-SW 1,4 fach vergrößert.

I

e	30 ^m 48 ^s (1)	} nach Bericht
M	31,5 (1)	

57. Ungvár.

$\Delta = 972$ km

$\lambda = 22^{\circ} 18' 16''$ $\varphi = 48^{\circ} 37' 30''$

Instrument: Horizontalpendel von Bosch, Komp. N-S und E-W.

Zeitkorrektur: I: N-S $+4^m 51^s$ E-W $+5^m 1^s$

Figur 210: I N-S E = $21^h 31^m 51^s$ 1,1 fach vergrößert.

I N-S

e	33 ^m 16 ^s (1)
i	41 (1)
M	50 (1)

58. Königsberg.

$\Delta = 1068 \text{ km}$

$\lambda = 20^{\circ} 29,8' \quad \varphi = 54^{\circ} 49,9'$

Instrument: Astatiches Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. N—S und E—W, Masse 985 kg.

Konstanten: II N—S: $V = 221 \quad T_0 = 14,0^s \quad \varepsilon = 4,3.$ E—W nicht in Betrieb.

Zeitkorrektur: II: -32^s

Figur 211: II N—S $E = 12^h 8^m 28^s$ Natürliche Grösse.

II N—S

Ph	t	T	A
e_1	8 ^m 35 ^s ?	3 (1)	3/4 (1)
e_2	9 33 ?	3 (1)	3/4 (1)
e_3	10 6 (1)	1 u. 4	3/4 (1)
e_4	47 (1)	0,5 (2)	1/2 (1)
e_5	11 4 (1)	0,5 (2)	1 1/2 (1)
e_6	41 (1)	2—3	2 (1)
M_1	12 7 (1)	2 u. 5	9 (1)
M_2	29 (1)	3 1/2 (2)	9 (1)
M_3	14 20 (1)	4 1/2 (3)	10 (1)
C		4 (3)	

59. Tarent.

$\Delta = 1088 \text{ km}$

$\lambda = 17^{\circ} 17,5' \quad \varphi = 40^{\circ} 28,5' \quad \text{Höhe } 10 \text{ m}$

Instrument: Mikroseismograph Vicentini.

Figur 212: I N—S $E = 21^h 29^m 35^s$ 1,5 fach vergrössert.

I N—S

e	29 ^m 48 ^s (1)
i	39 3 (1)
M	11 (1)

60. Lemberg.

$\Delta = 1098 \text{ km}$

$\lambda = 24^{\circ} 1' \quad \varphi = 49^{\circ} 50' \quad \text{Höhe } 308 \text{ m}$

Untergrund: Sand und Sandstein von etwa 10 m Mächtigkeit, darunter Kalkmergel.

Instrument: Horizontalpendel nach Bosch-Omori, Komp. N—S und E—W.

Konstanten I: $V = 10 \quad T_0 = 30.$

Zeitkorrektur: I N—S: -21^s E—W: -27^s

Figur 213: I N—S $E = 21^h 29^m 39^s$ Natürliche Grösse.

214: I E—W $E = 21 \ 30 \ 33$ „ „

I

N—S				E—W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
e	29 ^m 46 ^s (1)			e	29 ^m 56 ^s (1)			e	29 ^m 46 ^s (1)
e	30 29 (1)			i	31 6 (2)	2 1/2 (2)		e	56 (1)
i	31 4 (2)			M		8 (1)	40 (1)	e	30 29 (1)
M	32 20 (1)	8 (1)	200 (1)	C		5 (1)		i	31 5 (2)
C		5 (2)						M	32 20 (1)

61. Milet.

$\Delta = 1215$ km

$\lambda = 16^{\circ} 3' 14'' \quad \varphi = 38^{\circ} 36' 14''$ Höhe 360 m.

Instrument: Trommetrograph Omori, Komp. N—S und E—W, Masse 200 kg.

Konstanten I: $V = 30 \quad T_0 = 18^s$

Figur 215: I N—S Natürliche Grösse.

216: I E—W „ „

I

i	29 ^m 11 ^s (1)
i	33 35 (1)

62. Czernowitz.

$\Delta = 1242$ km

$\lambda = 25^{\circ} 56' \quad \varphi = 48^{\circ} 18'$ Höhe 243 m

Instrument: Biflares Kegelpendel nach Mainka, Komp. N—S und E—W, Masse 450 kg.

Konstanten II: N—S $V = 144 \quad T_0 = 9,9 \quad \varepsilon = 5,1$

E—W $V = 197 \quad T_0 = 10,2 \quad \varepsilon = 5,8$

Zeitkorrektur II: -5^s

Figur 217: II N—S } E = 12^h 10^m 55^s Natürliche Grösse.

218: II E—W } „ „

II

N—S			E—W		
Ph	t	A	Ph	t	A
i	12 ^m 18 ^s (2)				
e	40 (1)				
M	13 10 (1)	7 (1)	M	13 ^m 10 ^s (1)	2 (1)

63. Catania.

$\Delta = 1297$ km

$\lambda = 15^{\circ} 4' 44'' \quad \varphi = 37^{\circ} 30'$ Höhe 42 m

Untergrund: Lava.

Instrument: Horizontalpendel nach Cancani, Komp. NE—SW und NW—SE, Masse 300 kg.

Konstanten I: $V = 12,5 \quad T_0 = 10.$

Figur 219: I NE—SW E = 21^h 28^m 18^s 1,7 fach vergrössert.

220: I NW—SE E = 21^h 28^m 23^s 1,7 „ „

I

NE—SW		NW—SE		Mittlere Einsätze	
Ph	t	Ph	t	Ph	t
e	28 ^m 18 ^s (1)	e	28 ^m 23 ^s (1)	e ₁	28 ^m 18 ^s (1)
e	31 49 (1)	e	31 38 (1)	e ₂	31 42 (1)
		i	34 53 (1)	i ₃	34 53 (1)
M	35 22 (1)	M	36 26 (1)	M ₁	35 22 (1)
				M ₂	36 26 (1)

64. Algier.

$\Delta = 1373$ km

$\lambda = 3^{\circ} 2' 6'' \quad \varphi = 36^{\circ} 48' 4''$ Höhe 332 m

Untergrund: Zerfallener Schiefer über Urgestein.

Instrument: Biflares Kegelpendel nach Mainka, Komp. N—S und E—W, Masse 400 kg.

Konstanten I: N—S und E—W: $V = 160$ $T_0 = 8,0$ ε nicht angegeben.

Zeitkorrektur I: $+0,5^s$

Figur 221: I N—S $E = \left. \begin{matrix} \\ \\ \\ \end{matrix} \right\} 21^h 29^m 0,5^s$ I, I fach vergrößert.
 222: I E—W $E = \left. \begin{matrix} \\ \\ \\ \end{matrix} \right\} 21^h 29^m 0,5^s$ I, I „ „

I

N—S				E—W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
e	28 ^m 53 ^s (1)		0,1 (1)	i	28 ^m 53 ^s (2)	2 (2)	1/3 (1)	i ₁	28 ^m 53 ^s (2)
e	29 3 (1)							e ₂	29 3 (1)
e	12 (1)			e	29 11 (1)			e ₃	11 (2)
i	45 (2)	2 (2)	1/2 (1)	e	46 (1)			e ₄	45 (2)
				e	30 36 (1)	2 (1)	1/2 (1)	e ₅	30 36 (1)
e	30 51 (1)	2 (2)				2 (2)	1/2 (1)	e ₆	51 (1)
i	31 28 (2)	2 1/2 (2)		e	31 28 (1)	3 (2)	2/3 (1)	e ₇	31 28 (2)
				e	32 9 (1)			e ₈	32 9 (1)
e	32 28 (2)			e	32 26 (1)			e ₉	27 (1)
M	34 20 (1)	13 (1)	4 (1)	M			2 (1)	M	34 20 (1)

65. Upsala.

$\Delta = 1414$ km

$\lambda = 17^0 37,5'$ $\varphi = 59^0 51,5'$ Höhe 15 m

Untergrund: Urgebirge.

Instrument: Astatisches Horizontalpendel nach Wiechert, Komp. N—S und E—W, Masse 1000 kg.

Konstanten:

I

II

N—S	$V = 199$	$T_0 = 10,0$	$\varepsilon = 3,1$	$V = 197$	$T_0 = 10,1$	$\varepsilon = 3,66$
E—W	$V = 192$	$T_0 = 9,5$	$\varepsilon = 2,7$	$V = 188$	$T_0 = 9,55$	$\varepsilon = 3,9$

Zeitkorrektur: I $+18^s$ II $+28^s$

Figur 223: I N—S $E = \left. \begin{matrix} \\ \\ \\ \end{matrix} \right\} 21^h 29^m 18^s$ I, 2 fach vergrößert.
 224: I E—W $E = \left. \begin{matrix} \\ \\ \\ \end{matrix} \right\} 21^h 29^m 18^s$ I, 2 „ „
 225: II N—S $E = \left. \begin{matrix} \\ \\ \\ \end{matrix} \right\} 12^h 10^m 28^s$ I, 2 „ „
 226: II E—W $E = \left. \begin{matrix} \\ \\ \\ \end{matrix} \right\} 12^h 10^m 28^s$ I, 2 „ „

I

N—S				E—W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
e	29 ^m 23 ^s (1)			e	30 ^m 36 ^s (1)			e ₁	29 ^m 23 ^s (1)
i	30 41 (2)			i	58 (3)			i ₂	30 39 (2)
i	57 (3)	3 (1)	2 (1)					i ₃	57 (3)
i	31 18 (2)			i	31 24 (3)			i ₄	31 18 (1)
								i ₅	24 (3)
i	33 (3)			M	53 (1)	8 (2)	30 (1)	i ₆	33 (1)
M	56 (1)	7 (2)	15 (1)					M	54 (1)

II

N—S			E—W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	A	Ph	t	T	A	Ph	t
e	11 ^m 1 ^s (1)		i	13 ^m 33 ^s (2)			e	11 ^m 1 ^s (1)
i	13 33 (2)		M	37 (1)	7 (2)	2 (1)	i	13 33 (3)
M	40 (1)	1 (1)					M	38 (2)

66. Cartuja.

$\Delta = 1613 \text{ km}$

$\lambda = -3^{\circ} 36'$ $\varphi = 37^{\circ} 11'$ Höhe 768 m

Instrumente: A Biflares Cartujapendel, Komp. NNW—SSE, Masse 305 kg
 B " " " " ENE—WSW, " 425 "
 C Vertikales " " " N20°W—S20°E, " 280 "

Konstanten:

	A I	B I	B II	C I
V	114	86	104	540
T_0	8,0	10,0	10,0	2,0
ε	7,5	4,2	3,0	keine Dämpfung

Zeitkorrektur: I +29^s II +20^s

Figur 227: I C N20°W—S20°E E = } 21^h 29^m 29^s Natürliche Grösse.
 228: I C N20°W—S20°E (Anfang) E = } 3,9 fach vergrössert. 1 mm = 1^s
 229: I A NNW—SSE E = } 21^h 28^m 29^s 1,5 " "
 230: I B ENE—WSW E = } 1,5 " "
 231: II B ENE—WSW E = 12^h 8^m 20^s 1,5 " "

I

C		A				B				Mittlere Einsätze	
Ph	t	Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
i	29 ^m 30 ^s (3)	i	29 ^m 26 ^s (2)	3 (1)	1 ^{1/2} (1)	i	29 ^m 29 ^s (3)	3 (1)	2 (1)	i ₁	29 ^m 29 ^s (3)
i	44 (1)									i ₂	44 (1)
i	30 0 (3)									i ₃	30 0 (3)
e	32 (1)									i ₄	32 (1)
i	31 49 (2)									i ₅	31 49 (1)
i	32 6 (2)	i	32 21 (2)	4 (2)	1 ^{1/2} (2)	e	32 27 (2)			i ₆	32 6 (1)
										i ₇	21 (2)
i	32 (2)	i	59 (2)							i ₈	27 (1)
		i	33 7 (2)							i ₉	32 (1)
i	33 27 (3)									i ₁₀	59 (1)
		i	43 (3)							i ₁₁	33 7 (1)
i	55 (3)					i	33 45 (2)			i ₁₂	27 (2)
										i ₁₃	43 (3)
Bodenunruhe		M	59 (1)	5 (2)	45 (1)	M	34 17 (1)	6 (2)	60 (1)	i ₁₄	55 (2)
										M	34 17 (1)

II B

M	T = 1 ^{1/2} (1)	A = 4 (1)
---	--------------------------	-----------

67. Pulkovo.

$\Delta = 1868 \text{ km}$

$\lambda = 30^{\circ} 19' 25''$ $\varphi = 59^{\circ} 46' 22''$ Höhe 65 m

Untergrund: Lehm.

Instrumente: Aperiodische Pendel mit galvanometrischer Fernregistrierung nach Fürst B. Galitzin, Komp. N—S, E—W und Z.

Konstanten:

			T	T ₁	log C ₁	μ^2	
I	{	A	N—S	23,5	22,7	0,9681—3	+ 0,112
		B	N—S	?	?	?	?
		C	E—W	24,1	23,0	0,0379—2	+ 0,051
		D	Z	13,4	11,9	0,5801—3	+ 0,22

			T	T ₁	log C ₁	μ ²
II	E F G H I K	N-S	13,5	13,3	0,4549-3	+ 0,05
		E-W	13,4	13,3	0,2736-3	+ 0,04
		Z	13,6	13,4	0,5275-3	0,00
		N-S	25,1	24,6	0,1374-2	+ 0,05
		E-W	24,8	24,6	0,1521-2	+ 0,01
		Z	13,1	13,6	0,9864-3	+ 0,01

Zeitkorrektur: I + 31,4^s II: In den Diagrammen angebracht.

Figur 232: I A N-S	} E = 21 ^h 29 ^m 31,4 ^s	Natürliche Grösse.	1 mm = 2 ^s
233: I B N-S		"	"
234: I C E-W		"	"
235: I D Z		"	"
236: II E N-S		"	"
237: II F E-W		"	"
238: II G Z	} E = 12 ^h 10 ^m 22 ^s	"	"
239: II H N-S		"	"
240: II I E-W		"	"
241: II K Z		"	"

I

A N-S				B N S		Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	Ph	t
e P	29 ^m 47 ^s (2)			i P	29 ^m 47 ^s (3)	i P	29 ^m 47 ^s (3)
i	32 7 (2)			i	32 6 (2)	i ₂	32 6 (2)
i	33 4 (2)			i	33 5 (3)	i ₃	33 5 (3)
e	34 16 (2)			i	34 17 (3)	i ₄	34 17 (3)
i	37 (3)			i	37 (3)	i ₅	37 (3)
M	35 30 (1)	13 (2)	40 (2)	M	35 30 (1)	M	35 20 (2)

C E-W				D Z	
Ph	t	T	A	Ph	t
i P	29 ^m 47 ^s (3)			i	33 ^m 5 ^s (3)
i	33 5 (2)				
i	34 38 (3)				
M	35 30 (1)	14 (2)	25 (2)		

II

E und H N-S				F und I E-W				Mittlere Einsätze	
Ph	t	T	A	Ph	t	T	A	Ph	t
i P	10 ^m 15 ^s (3)	2 (1)	-2 (1)	i P	10 ^m 15 ^s (3)	2 (1)	1½ (1)	i P	10 ^m 15 ^s (3)
e	11 37 (1)			M	15 50 (1)	15 (1)	3 (1)	e ₂	11 37 (1)
e	12 58 (1)			G und K Z				e ₃	12 58 (1)
e	13 24 (1)							e ₄	13 24 (1)
M	15 50 (1)	15 (1)	-4 (1)	M	17,2 ^m (1)	9 (1)	1 (1)	M	15 50 (1)

68. Baku.

λ = 3320 km

λ = 49° 54' φ = 40° 23'

Untergrund: Kalk.

Instrumente: Aperiodische Horizontalpendel mit galvanometrischer Fernregistrierung nach Fürst B. Galitzin, Komp. N-S und E-W.

Zur Bestimmung des Epizentrums auf Grund des hier vorliegenden Materials wurde der Gedanke des Fürsten Galitzin etwas erweitert. Es ist nämlich eine grössere Anzahl von Beobachtungsstationen vorhanden, die fast gleiche Eintrittszeiten haben. Nehmen wir nun z. B. an, P sei an einer Station A zu einer bestimmten Zeit eingetroffen, an einer Station B s Sekunden später, wo s klein ist (etwa $s \leq 4$), so begehen wir keinen grossen Fehler, wenn wir annehmen, dass A und ein Punkt B', der 7 s km näher nach dem angenähert bekannten Epizentrum liegt als B, gleiche Entfernung von diesem haben. Die Zahl 7 ist sicher höchstens um 2 falsch, für $s = 4$ erhalten wir dann einen Fehler in der Lage von B' von höchstens 8 km, also geht der grösste Kreis, der gleiche Distanz von A und B' hat, höchstens 4 km vom Herde entfernt vorbei. Bei einer grösseren Zahl von Stationspaaren werden sich diese Fehler zum Teil wieder ausgleichen, so dass wir sicher Stationspaare, für die $s \leq 4$ ist, benutzen können. Die Bestimmung des Epizentrums aus n Stationspaaren kann graphisch oder rechnerisch geschehen.

Graphische Bestimmung des Epizentrums. Wir haben n Punktepaare A und B', wobei B', wie oben angegeben ist, die gleiche Entfernung vom Epizentrum hat wie A. Wir verbinden zusammengehörige A und B' direkt auf einer Karte und zeichnen das Mittellot, denn bei dem benutzten kleinen Gebiete können die Stücke der grössten Kreise als geradlinig angesehen werden. Die so erhaltenen Standlinien schliessen das Epizentrum ein.

Für das Beben I ergaben sich 8 brauchbare Kombinationen von je 2 Stationen, die in Tabelle 1 zusammengestellt sind. In ihr bedeutet D die Distanz, die für das Stück B—B' angenommen wurde, und zwar „+“ vom Herde weg, „—“ zum Herde hin. Es wurde rund gesetzt: $D = 7 s$, wo s die Differenz in den Eintrittszeiten t_1 der 1. Einsätze der beiden Stationen A und B ist. Die drei letzten Spalten gelten für die Rechnung.

Tabelle 1.

Gruppe	Station	t 21 ^h 26 ^m + Sek.	D km	Δ km	$\sqrt{\Delta}$ ca.	g
I	Karlsruhe	7½	0	99	10	2
	Zürich	10½	—20	110		
II	Strassburg	9	+ 7	110	10	2
	Nördlingen	10	0	118		
III	Jugenheim	18	+20	170	13	1½
	München	21	0	181		
IV	Frankfurt	22	+ 7	205	15	1½
	Neuchâtel	23	0	220		
V	Paris	58½	+16	497	22	1
	Graz	61	0	489		
VI	Uccle	51	+28	445	21	1
	Triest	55	0	459		
VII	Bochum	43½	+ 3	383	—	—
	Moncalieri	44	0	380		
VIII	Zürich	10½	— 3	110	—	—
	Nördlingen	10	0	118		

Die Kombination Göttingen—Aachen wurde nicht verwandt, da es wie schon früher erwähnt schwierig ist, bei beiden Stationen zusammengehörige Einsätze zu finden. Die Gruppen VII und VIII wurden zur Rechnung nicht benutzt, weil bei VII um die Diagramme von Moncalieri leider erst nach Abschluss der Rechnung gebeten worden war, durch VIII

aber Zürich und Nördlingen (vgl. I und II) doppeltes Gewicht erhalten hätten. Die Kombination VIII ist sonst aber völlig unabhängig von I und II.

Für das Beben II waren nur 5 Kombinationen brauchbar, die analog Tabelle 1 in Tabelle 2 zusammengestellt sind.

Tabelle 2

Gruppe	Station	t 12 ^h 6 ^m Sek.	D km	Δ km	√Δ ca.	g
I	Karlsruhe	38	0	99	10	2
	Zürich	40	-14	110		
II	Strassburg	39	+14	110	10	2
	Nördlingen	41	0	118		
III	Jugenheim	49	+20	170	13	1½
	München	52	0	181		
IV	Paris	89	0	497	22	1
	Graz	89	0	489		
V	Zürich	40	+ 7	110	—	—
	Nördlingen	41	0	118		

Hier gilt für Gruppe V das oben über Gruppe VIII Gesagte.

In den Figuren 244 und 245 sind die den Gruppen entsprechenden Standlinien für Beben I bezw. II eingezeichnet. Man sieht, dass bei beiden sich etwa derselbe Punkt als Epizentrum ergibt; die Figuren sollen nur einen Überblick über die Genauigkeit der Methode und die Abweichungen bei den einzelnen Gruppen geben. Genaueres liefert die Rechnung.

Die Berechnung der Koordinaten des Epizentrums. Die Gleichungen für die Berechnung, die der obigen graphischen Bestimmung entspricht, hat Fürst Galitzin (1) gegeben. Er bezeichnet mit Θ_1, Θ_2 die Poldistanzen, λ_1, λ_2 die Längen, φ_1, φ_2 die Breiten zweier Punkte, die gleiche Eintrittszeiten besitzen, mit Θ_0, λ_0 die entsprechenden Grössen für den Herd, und setzt

$$(1) \quad \begin{aligned} \operatorname{tg} \Theta_0 \cos \lambda_0 &= X \\ \operatorname{tg} \Theta_0 \sin \lambda_0 &= Y. \end{aligned}$$

Dann findet er (Gleichung 152):

$$(2) \quad \begin{aligned} (\sin \Theta_2 \cos \lambda_2 - \sin \Theta_1 \cos \lambda_1) X + (\sin \Theta_2 \sin \lambda_2 - \sin \Theta_1 \sin \lambda_1) Y \\ = 2 \sin \frac{\Theta_2 + \Theta_1}{2} \sin \frac{\Theta_2 - \Theta_1}{2} \end{aligned}$$

Für ein zweites Punktepaar gilt eine analoge Gleichung, und aus beiden lassen sich X und Y berechnen.

Dann ist:

$$(3) \quad \begin{aligned} \operatorname{tg} \Theta_0 &= \sqrt{X^2 + Y^2} \\ \operatorname{tg} \lambda_0 &= \frac{Y}{X} \end{aligned}$$

Hieraus ergeben sich die Koordinaten λ_0 und $\varphi_0 = 90^\circ - \Theta_0$ des Herdes.

Wir haben nun eine größere Anzahl von Gleichungen und wenden daher die Methode der kleinsten Quadrate an. Zunächst setzen wir zur Abkürzung:

$$(4) \quad \begin{aligned} a &= \sin \Theta_2 \cos \lambda_2 - \sin \Theta_1 \cos \lambda_1 \\ b &= \sin \Theta_2 \sin \lambda_2 - \sin \Theta_1 \sin \lambda_1 \\ c &= 2 \sin \frac{\Theta_2 + \Theta_1}{2} + \sin \frac{\Theta_2 - \Theta_1}{2} = \cos \Theta_1 - \cos \Theta_2 \end{aligned}$$

Dann geht (2) über in:

$$(5) \quad aX + bY = c \text{ oder: } aX + bY - c = 0$$

Aus der graphischen Bestimmung des Epizentrums verfügen wir nun über angenäherte Koordinaten θ_0^* , λ^* des Herdes. Um bei der folgenden Rechnung kleinere Zahlen benutzen zu können, führen wir diese ein und setzen

$$X^* = \text{tg } \theta_0^* \cdot \cos \lambda_0^* \\ Y^* = \text{tg } \theta_0^* \cdot \sin \lambda_0^*$$

Wir haben nun angenäherte Werte für X und Y:

$$(6) \quad X = X^* + x \\ Y = Y^* + y$$

Hierbei sind x und y kleine unbekannte Korrekturen, die wir bestimmen wollen. Unsere Gleichung (5) lautet jetzt:

$$(7) \quad aX^* + ax + bY^* + by - c = 0$$

Es ergibt sich nun, dass die Koeffizienten dieser Gleichung um so grösser sind, je weiter die Stationen der betr. Gruppe vom Herde entfernt liegen. Wir multiplizieren daher, damit alle Gruppen möglichst gleiches Gewicht erhalten, die Gleichung (7) mit einem Faktor g, den wir proportional einem angenäherten Wert von $\frac{1}{\sqrt{d}}$ setzen. Wir fassen nun die bekannten Glieder zusammen und führen folgende Abkürzungen ein:

$$(8) \quad \begin{aligned} agX^* + bgY^* - cg &= r \\ ag &= a \\ bg &= b. \end{aligned}$$

Dann geht unsere Gleichung (7) über in:

$$(9) \quad ax + by + r = 0$$

Wir müssen nun x und y so bestimmen, dass die Summe der Fehlerquadrate, die beim Einsetzen der Werte a, b und r aus den einzelnen Gruppen entstehen, ein Minimum wird. Es muss also

$$\Sigma (ax + by + r)^2$$

ein Minimum werden. Dies ist der Fall, wenn

$$\frac{\partial \Sigma (ax + by + r)^2}{\partial x} = 0 \\ \frac{\partial \Sigma (ax + by + r)^2}{\partial y} = 0$$

Die Auflösung dieser beiden Gleichungen ergibt

$$(10) \quad \begin{aligned} x\Sigma a^2 + y\Sigma ab + \Sigma ar &= 0 \\ y\Sigma b^2 + x\Sigma ab + \Sigma br &= 0 \end{aligned}$$

Hieraus ergeben sich x und y.

In der Praxis benutzt man zur Lösung die Methode von Gauss; diese findet man z. B. in Fürst B. Galitzin, Vorlesungen über Seismometrie, deutsche Bearbeitung von O. Hecker, Teubner 1914 S. 328 ff., oder in dem Lehrbuch der prakt. Physik von F. Kohlrausch.

Wir erhalten

$$x = \alpha \pm \varepsilon_x \\ y = \beta \pm \varepsilon_y$$

Dann ist nach (6)

$$X = X^* + \alpha \pm \varepsilon_x \\ Y = Y^* + \beta \pm \varepsilon_y$$

und nach (3)

$$(II) \quad \begin{aligned} \operatorname{tg} \Theta_0 &= \sqrt{X^2 + Y^2} \pm \sqrt{\frac{\varepsilon_x^2 X^2 + \varepsilon_y^2 Y^2}{X^2 + Y^2}} \\ \operatorname{tg} \lambda_0 &= \frac{Y}{X} \pm \frac{1}{X^2} \sqrt{\varepsilon_x^2 Y^2 + \varepsilon_y^2 X^2} \quad 1) \end{aligned}$$

Hieraus findet man die Koordinaten des Herdes

$$\begin{aligned} \Theta_0 \pm \varepsilon_\Theta \quad \text{und} \quad \lambda_0 \pm \varepsilon_\lambda \\ \varphi_0 = 90^\circ - \Theta_0 \end{aligned}$$

Für die Rechnung wurden für beide Beben als angenäherte Koordinaten gesetzt:

$$\varphi_0^* = 48^\circ 18' \quad \lambda_0^* = 9^\circ 7'$$

Es wurden die Gruppen I—VI (Tabelle 1) bzw. I bis IV (Tabelle 2) zugrundegelegt. Die für die Berechnung der Faktoren g nötigen Werte von \mathcal{A} wurden der Arbeit von Schmidt (10) entnommen. Die g-Werte wurden abgerundet, sie sind in den Tabellen 1 und 2 enthalten. Es ergaben sich für Beben I folgende Werte für α , b , r und den Fehler f (nach Ausgleichung):

Tabelle 3.

Gruppe	α	b	$r \times 10^4$	$f \times 10^4$	$f^2 \times 10^8$
I	+0,0374	+0,0117	-1	-1	1
II	-0,0166	+0,0628	0	0	0
III	+0,0252	+0,0576	+1½	+1½	2
IV	+0,0659	-0,0206	-1	-½	¼
V	-0,0016	+0,1551	-1½	-½	¼
VI	+0,0502	+0,1222	-1½	-½	¼

$$\Sigma f^2 = 4 \cdot 10^{-8}$$

Es wurden gefunden

$$\alpha = -0,0009 \pm 0,0011 \quad \beta = -0,0006 \pm 0,0005$$

$$X = 0,8788 \pm 0,0011 \quad Y = 0,1406 \pm 0,0005$$

also $\Theta_0 = 41^\circ 40' \pm 3'$

$$\varphi_0 = 48^\circ 20' \pm 3' \quad \lambda_0 = 9^\circ 5' \pm 2 \frac{1}{2}'$$

Analog ergab sich für die 4 Gruppen des Bebens II:

Tabelle 4.

Gruppe	α	b	$r \times 10^4$	$f \times 10^4$	$f^2 \times 10^8$
I	+0,0390	+0,0112	-1	-1	1
II	-0,0164	+0,0644	0	0	0
III	+0,0252	+0,0576	+1	+1	1
IV	-0,0016	+0,1528	+½	0	0

$$\Sigma f^2 = 2 \cdot 10^{-8}$$

$$\alpha = -0,0007 \pm 0,0021 \quad \beta = +0,0004 \pm 0,0006$$

$$X = 0,8790 \pm 0,0021 \quad Y = 0,1416 \pm 0,0006$$

$\Theta_0 = 41^\circ 41' \pm 4'$

$$\varphi_0 = 48^\circ 19' \pm 4' \quad \lambda_0 = 9^\circ 9' \pm 3 \frac{1}{2}'$$

1) Ist $Z = f(x, y)$, so findet man den mittleren Fehler $\pm \varepsilon$ von Z , falls die mittleren Fehler von x und y die Werte $\pm \xi$ bzw. $\pm \eta$ besitzen, aus

$$\varepsilon^2 = \xi^2 \left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)^2 + \eta^2 \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^2$$

Da die für die beiden Beben berechneten Herdkoordinaten sich nur innerhalb der Fehlergrenzen unterscheiden, wurde für beide ein Herd angenommen mit den Koordinaten

$$\varphi = 48^{\circ} 19' \qquad \lambda = 9^{\circ} 7'$$

Die Berechnung der Herddistanzen geschah nach der Formel

$$\sin \frac{\Delta}{2} = \sqrt{\sin^2 \frac{\varphi - \varphi_0}{2} + \cos \varphi \cos \varphi_0 \sin^2 \frac{\lambda - \lambda_0}{2}}$$

$\varphi - \varphi_0$ und $\lambda - \lambda_0$ sind hierbei klein. Es wurde dann gesetzt:

$$\Delta \text{ (km)} = 111,3 \Delta^{\circ}$$

Die erhaltenen Resultate sind in den Tabellen des Beobachtungsmaterials angegeben. Figur 246 zeigt die Lage der meisten Stationen.

In den Tabellen 1 und 2 war unter „D“ die Differenz der Distanzen zweier Stationen einer Gruppe angegeben. Wir können nun nach Berechnung der Herddistanzen diese Differenzen unter Annahme unseres mittleren Herdes finden, erhalten hierbei D'. $F' = D - D'$ ist dann der Fehler dieser Distanzdifferenzen. In den Tabellen 5 und 6 sind diese für beide Beben angegeben, ausserdem die Differenzen D'' bei Benutzung des von Schmidt (10) angegebenen Herdes ($\varphi = 48^{\circ} 16'$ $\lambda = 9^{\circ} 10'$) sowie die hierbei sich ergebenden $F'' = D - D''$.

Tabelle 5. (Beben I.)

Gruppe	D	D'	D''	F'	F''
I	20	19	11	+ 1	+ 9
II	7	15	8	- 8	- 1
III	20	21	11	- 1	+ 9
IV	7	21	15	-14	- 8
V	16	0	- 8	+16	+24
VI	28	21	14	+ 7	+14
VII	3	4	- 3	- 1	+ 6
VIII	- 3	6	8	- 9	-11
ΣF^2	.	.	.	649	1156
$\sqrt{\frac{\Sigma F^2}{n-1}}$				9,6	12,8

Tabelle 6. (Beben II.)

Gruppe	D	D'	D''	F'	F''
I	14	19	11	-5	+3
II	14	15	8	-1	+6
III	20	21	11	-1	+9
IV	0	0	- 8	0	+8
V	7	6	8	+1	-1
ΣF^2	.	.	.	28	191
$\sqrt{\frac{\Sigma F^2}{n-1}}$				2,6	6,9

Man sieht, dass bei beiden Beben $F' < F''$, ausserdem stimmen bei II die beobachteten und berechneten Werte besser überein als bei I.

Die longitudinalen Vorläufer (P und \bar{P}).

Durch das Studium der Erdbebenaufzeichnungen hatte sich vielfach die Meinung durchgesetzt, die Haupteinsätze eines jeden Bebens seien die direkte longitudinale (P), die transversale (S) Welle und das Einsetzen der langen Wellen (e L bzw. i L). An vielen Stationen suchte man daher nur diese 3 Einsätze, um sie in ein fertiges Schema, das keine weiteren Einsätze kannte, einzutragen. Auch die Tatsache, dass P in gewissen Distanzen fehlt und dass Reflexionen stärker sein können als Hauptwellen, konnte hieran nichts ändern. Es erregte daher Aufsehen, als A. Mohorovičić (3) feststellte, daß bei Nahbeben zwei longitudinale Vorläufer vorhanden seien, die er als „normale Primae“ (P) und „individuelle Primae“ (\bar{P}) bezeichnete. Beim Betrachten der Registrierungen unserer 2 Beben fällt dieser 2. Einsatz (\bar{P}) bei vielen Stationen sofort auf. Wenn es sich bei beiden Einsätzen wirklich um longitudinale Einsätze handelt, so müssen bei beiden die Bodenteilchen in der Richtung Station—Herd schwingen. Dies wollen wir daher zunächst untersuchen.

Das Azimut von P und \bar{P} . Sind A_N und A_E die Bodenverrückungsamplituden einer Longitudinalwelle, so ergibt sich deren Azimut α gerechnet von N über E mit hinreichender Annäherung aus der Gleichung

$$(12) \quad \text{tg } \alpha = \frac{A_E}{A_N}.$$

Die hierbei gefundenen Werte sind in Tabelle 7 eingetragen.

Tabelle 7.

Station	Beben I		Beben II	
	Azimut α° bei			
	P	\bar{P}	P	\bar{P}
Hohenheim	8		10	
Biberach	320		(320)	
Karlsruhe	?		S	
Strassburg	107		108	
Zürich	S		191	
Nördlingen	W		W	
Heidelberg	S		?	
Jugenheim	S		S und E	
München	?	270	?	?
Feldberg	—	—	?	172
Besançon	E	E	?	70
Hof	225	229	?	232
Jena	45	47	?	217
Aachen A	?	150	?	?
Aachen B	?	138	?	135
Göttingen	S	186	N	200
Bochum	141	?	?	?
Uccle	?	145	?	?
Triest	321	140	E	306
Graz	270	?	114	?
Wien	135	?	?	?
Marseille	S	—	?	—
Pulkovo	?	—	220	—
Baku	300	—	—	—

War bei einer Station nur eine Komponente vorhanden oder messbar, so wurde die Richtung, die sich aus ihr ergab, in die Tabelle eingetragen; war also z. B. nur eine E—W-

Komp. vorhanden und zeigte diese, dass P nach E hin einsetzte, so steht in der Tabelle ein „E“.

Die Figuren 247 und 248 zeigen die Richtung, in welcher der erste Einsatz erfolgte, für P bzw. \bar{P} . Die Pfeile für das Beben I sind ausgezogen, für II gestrichelt. War nur eine Komponente vorhanden, so ist deren Richtung eingetragen, jedoch ohne Pfeilspitze. Man sieht, dass tatsächlich alle P- und \bar{P} -Einsätze innerhalb der Beobachtungsfehler in der Ebene durch Herd, Erdmittelpunkt und Station schwingen, dass also auch \bar{P} eine Longitudinalwelle sein kann. Es ergibt sich ferner, dass der erste Stoss vorwiegend sowohl bei P als auch bei \bar{P} zum Herde hin ging. Ausnahmen bilden vor allem Hohenheim und Zürich, bei denen entschieden P und \bar{P} vom Herde weg gerichtet waren. In den übrigen Fällen kann infolge der geringen Amplituden der erste Einsatz der betreffenden Phase zum Herde hin gerichtet, jedoch infolge Überlagerung beim Ausmessen verloren gegangen sein. Eine Abhängigkeit der Wellenart, ob Dilatations- oder Kompressionswelle, von der geographischen Lage ist nicht festzustellen. Schliesslich sei noch bemerkt, dass die Azimute des einzigen Einsatzes bei den herdnächsten Stationen bis Jugenheim sowohl in der Figur für P als auch in der für \bar{P} eingetragen sind.

Die Laufzeiten von P und \bar{P} . Den Grundstock für alle weiteren Untersuchungen, insbesondere über Herdtiefe, bilden die Laufzeitfunktionen für P und \bar{P} . Es wurde deswegen versucht, die Eintrittszeiten dieser beiden Wellen so genau wie möglich zu erhalten und hierbei bei Beben I folgendes Verfahren angewandt: Die photographische Platte der auszumessenden Registrierung wurde bei etwa $12\frac{1}{2}$ facher Vergrösserung auf einen Streifen Papier projiziert, der auf die dem Projektionsapparat gegenüberliegende Wand angedrückt wurde. Auf diesem Streifen wurden die Zeitmarken sowie die Einsätze von P und \bar{P} markiert und die Eintrittszeiten dann abgelesen. Nimmt man als mittlere Originalminuten-

Tabelle 8.

Station	Δ km	Beben I		Beben II	
		Eintrittszeit von		Eintrittszeit von	
		P	\bar{P}	P	\bar{P}
		21 ^h 26 ^m		12 ^h 6 ^m	
		+ Sek.	+ Sek.	+ Sek.	+ Sek.
Hohenheim	45	3,6		32	
Karlsruhe	94	8,0		38	
Strassburg	104	9,6		39	
Zürich	113	10,0		41	
Nördlingen	119	10,0		41	
Jugenheim	164	(17,0?)	17,7	47 ^{1/2}	
München	185	21,0	?	?	52
Frankfurt	204	22,0	24,9	—	—
Innsbruck	210	—	—	53	59
Neuchâtel	225	24,7	29,3	—	—
Besançon	262	28,8	36,3	?	?
Jena	342	39,0	50,2	67	?
Göttingen	365	41,4	53,6	71	83
Moncalieri	384	44,0	55,5	—	—
Uccle	441	?	65,0	80	96
Triest	462	54,7	70,3	?	100
Graz	493	(61)	?	89	?
Paris	493	(58)	?	89	111
Wien	537	65	?	95	?
Zagreb	589	69,0	90,0	101	125
Marseille	627	73	—	?	—

länge 15 mm an, so betrug die Minutenlänge auf dem Streifen $12\frac{1}{2} \times 15 =$ rund 180 mm, d. h. 3 mm entsprechen 1 sec, oder $\frac{1}{10}$ sec ist $\frac{1}{3}$ mm lang, also sicher ablesbar, wenn nur die Schärfe der Minutenmarken und Einsätze gross genug war, was meistens der Fall war. Leider erwiesen sich aber die Minutenlängen meist als ziemlich ungleich bei ein und demselben Diagramm, und auch die Benutzung von 2 Komponenten verbesserte das Resultat nur selten, da ja im allgemeinen die Registrierungen der Horizontalkomponenten vom gleichen Uhrwerk getrieben werden. Hierzu kam dann noch der Fehler der Zeitkorrektion. Bei Beben II erwiesen sich die Einsätze als nicht so scharf wie bei I, so dass dieses Verfahren keinen Erfolg versprach. Tabelle 8 gibt die mittleren Einsätze für P und \bar{P} für beide Beben und die Stationen, deren Eintrittszeiten sicher schienen (Gewicht 2—3).

All diese Einsätze wurden in Figur 249 eingetragen. Man sieht zunächst, dass sie fast auf Geraden liegen. (Die eingezeichneten Geraden werden später benutzt; sie sollen nicht als Ausgleichskurven dienen.) Entsprechende Einsätze von I und II liegen auf parallelen Kurven (innerhalb der Beobachtungsfehler); dies beweist, dass wir keinen grossen Fehler begangen haben, als wir für beide Beben denselben Herd annahmen. Bei keinem der Beben lässt sich entscheiden, ob die P- und \bar{P} -Kurve nach dem Herde zu zusammenlaufen, ob sie sich kreuzen oder ob eine von ihnen nahe der andern erst in einer gewissen Distanz beginnt. In letzterem Falle ist es auch nicht festzustellen, welche vom Herde ausgeht. In Tabelle 9 sind für beide Beben die Laufzeitdifferenzen von P und \bar{P} für alle Stationen, die beide Einsätze zeigen, und beide Beben angegeben. Die in Klammern beigefügten Zahlen sind Gewichte (vgl. „Symbole“).

Tabelle 9.

Station	Δ km	$t_{\bar{P}} - t_P$ in Sekunden bei	
		I	II
Jugenheim	164	0,7 (1)	—
München	185	2 (2)	—
Frankfurt	204	2,9 (3)	—
Feldberg	220	—	4 (2)
Neuchâtel	225	4,7 (3)	—
Domodossola	252	6 (2)	—
Besançon	262	7,5 (3)	—
Hof	303	8 (2)	—
Jena	342	11,2 (3)	9 (2)
Göttingen	365	12,2 (3)	12 (3)
Moncalieri	384	11,5 (3)	—
Leipzig	409	16 (1)	16 (2)
Uccle	441	—	16 (3)
Triest	462	15,6 (3)	—
Laibach	479	17 (1)	—
Pola	527	21 (2)	—
Wien	537	—	21 (2)
Puy de Dome	544	20 (2)	—
Zagreb	589	21,0 (3)	24 (2)

Bei Stationen mit $\Delta > 600$ km konnte die Welle \bar{P} nicht mit Sicherheit festgestellt werden. Einige Einsätze, die vielleicht noch von \bar{P} herrühren, sind in Figur 262 eingetragen. Auf Grund der in Tabelle 9 zusammengestellten Werte von $t_{\bar{P}} - t_P$ wurde Figur 250 gezeichnet, in die auch die mittlere Kurve für $t_{\bar{P}} - t_P$ eingetragen wurde. Man sieht, dass beiden Beben dieselbe Kurve entspricht. Es scheint ferner nach dieser Figur sehr unwahrscheinlich, dass P und \bar{P} aus derselben Kurve hervorgehen, vielmehr hat man den Eindruck, dass \bar{P} bei $\Delta > 155$ km später als P kommt, bei $\Delta < 155$ km früher. Die Kurve liegt etwa

1¹/₂—2 Sekunden höher als die von A. Mohorovičic (3) aus mehreren Beben gefundenen Werte. Tabelle 10 gibt die aus der Kurve abgelesenen Werte von $t_{\bar{P}} - t_P$. Diese gelten

Tabelle 10.

Δ km	$t_{\bar{P}} - t_P$ Sek.	Diff.	Δ km	$t_{\bar{P}} - t_P$ Sek.	Diff.
200	2,9	1,2	400	13,8	1,0
20	4,1	1,2	20	14,8	0,9
40	5,3	1,2	40	15,7	1,0
60	6,5	1,1	60	16,7	1,0
80	7,6	1,1	80	17,7	0,9
300	8,7	1,0	500	18,6	0,8
20	9,7	1,0	20	19,5	0,8
40	10,8	1,0	40	20,3	0,8
60	11,8	1,0	60	21,1	0,9
80	12,8	1,0	80	22,0	0,8
			600	22,8	

Tabelle 11.

Station	Δ km	Beben I		Beben II	
		T_P Sek.	$T_{\bar{P}}$ Sek.	T_P Sek.	$T_{\bar{P}}$ Sek.
Hohenheim	45		4 (2)		1,5 (2)
Biberach	56		2 (1)		1 (1)
Strassburg	104		3 (1)		1,3 (2)
Zürich	113		2 (2)		1,6 (3)
Heidelberg	123		3 (1)		?
Jugenheim	164	?	4 (2)	?	?
München	185	1/3 (3)	2 (1)	?	?
Frankfurt	204	2 (1)	?	—	—
Feldberg	220	—	—	1 (2)	1 1/2 (2)
Neuchâtel	225	3 (3)	2 (3)	—	—
Domodossola	253	1 1/2 (1)	2 1/2 (1)	—	—
Besançon	262	3 (2)	3 1/2 (2)	?	2 (2)
Hof	303	?	3 (2)	?	2 (2)
Jena	342	4 (1)	2 u. 6	1 (2)	1 (2)
Aachen A	350	?	4 (2)	1 (2)	?
Aachen B	351	2 1/2 (2)	2 (2)	0,7 (2)	1 (2)
Göttingen	365	1/2 u. 1 1/2	1/2, 2 u. 10	1/2 3 u. ?	1/2 u. 1 1/2
Bochum	380	1 1/2 (2)	2 (2)	1 (1)	1 (2)
Moncalieri	384	1 (1)	4 (1)	—	—
Clausthal	398	3 (1)	2 1/2 (2)	?	1 1/2 (2)
Venedig	404	?	2 (1)	—	—
Leipzig	409	2 (1)	2 (2)	1 (2)	5 (2)
Uccle	441	1,5 (2)	1,5 (2)	1,0 (3)	1,2 (3)
Triest	462	1 (1)	2 (2)	2 (1)	1 (2)
Laibach	480	?	?	?	3 (2)
Graz	493	1 (2)	1 1/2 (2)	1 (2)	1 (2)
Paris	493	?	?	1/2 (2)	1 (2)
Pola	527	?	2 (2)	?	1 1/2 (2)
De Bilt	527	?	4 (2)	?	?
Potsdam	532	?	2 (2)	?	2 (2)
Wien	537	1 (2)	3/4 u. 2	?	1 (2)
Puy de Dome	544	3 (1)	2 (2)	—	—
Zagreb	589	1 1/2 (1)	3 (3)	1 (1)	2 1/2 (2)
Marseille	627	1 (1)	?	?	?
Krietern	645	1 1/2 (2)	(2 (3))	1 1/3 (3)	?
Helgoland	658	3 (1)	(2 (1))	—	—
Sarajewo	870	1 1/2 (2)	(1 1/2 (2))	—	—
Pulkovo	1868	?	—	2 (1)	—
Baku	3320	4 (1)	—	—	—

zunächst nur für die 2 benutzten Beben, denn es ist sehr wahrscheinlich, dass sie eine Funktion der Herdtiefe sind, und sehr leicht möglich, dass auch die Konstitution des durchlaufenen Gebietes eine Rolle spielt. Auch die Art der Auslösung sowie die Grösse des Schüttergebietes können Einfluss auf die Kurve haben. Wir werden uns im folgenden Kapitel noch weiter mit den Laufzeiten von P und \bar{P} beschäftigen.

Die Perioden bei P und \bar{P} . In Tabelle 11 sind für beide Beben die Perioden bei P und bei \bar{P} aus den Angaben des Beobachtungsmaterials zusammengestellt. Diese Werte wurden in die Figuren 251 (für P) und 252 (für \bar{P}) eingetragen bis $\Delta = 900$ km. Man sieht, dass P und \bar{P} im allgemeinen die gleichen Perioden besitzen. Die Perioden bei $\Delta < 450$ km scheinen grösser zu sein als bei $\Delta > 450$ km. Auffallend aber ist, dass die Perioden beim Beben I grösser sind als bei II. Wir werden auf diese Tatsache weiter unten nochmals zu sprechen kommen. Eine Abhängigkeit der Periode von der geographischen Lage besteht nicht, wie sich beim Eintragen der Perioden in eine Karte ergab.

Die Bodenverrückungsamplituden bei P und bei \bar{P} wurden ebenfalls den Tabellen des Beobachtungsmaterials entnommen und in Karten eingetragen, die in den Figuren 253 bis 256 wiedergegeben sind. Man sieht, dass die Amplituden besonders bei \bar{P} nicht symmetrisch zum Herde abnehmen. Bei \bar{P} scheinen die Amplituden im SW des Herdes etwas grösser als sonst in gleicher Entfernung zu sein, doch lässt sich nichts Genaueres feststellen, da einerseits die Beobachtungen zu ungenau sind, andererseits südlich vom Herde zu wenig Material vorhanden ist. Es geht jedoch sehr deutlich aus den Figuren hervor, dass die Abnahme der Amplituden zunächst sehr stark ist und dass sie dann langsamer wird. Bei P scheint sogar wieder eine geringe Zunahme vorhanden zu sein (Baku!), doch lässt sich auch hier nichts Bestimmtes schliessen. Zu den Figuren sei noch bemerkt, dass die Amplituden der Einsätze bei $\Delta < 155$ km, bei denen nur P oder \bar{P} vorhanden ist, je in beide Figuren (für P und für \bar{P}) eingetragen wurden. War an einer Station nur eine Komponente x messbar, so wurde gesetzt:

$$A_H = \frac{A_x}{\cos \alpha},$$

wo α der Winkel zwischen der Richtung x und der Richtung nach dem Herde ist. Derartig berechnete Zahlen sind in den Karten eingeklammert.

Trägt man die Amplituden von P und \bar{P} als Funktion der Distanz auf, so tritt das über die Abnahme Gesagte noch deutlicher hervor. Tabelle 12 gibt die Grössenordnung der entsprechenden Ablesungen in μ aus einer nicht mitveröffentlichten Figur:

Tabelle 12.

Δ km	I		II	
	A_P μ	$A_{\bar{P}}$ μ	A_P μ	$A_{\bar{P}}$ μ
50		(700)		(140)
100		(500)		70
150	?	(25)	?	?
200	12	(150)	(2)	(5)
350	3	20	1	6
500	2	18	$1/2$	3
600	1	(3)	$1/2$?
900	($1\frac{1}{2}$)	($1\frac{1}{2}$)?	?	?
1800	?	—	($2\frac{1}{2}$)	—
3000	(2)	—	?	—

Es liegt nun nahe, das Verhältnis der Amplituden bei P und \bar{P} zu bilden. Hierfür stehen jedoch nur Beobachtungen mit Distanzen zwischen 200 und 600 km zur Verfügung. Die Werte liegen für beide Beben meist zwischen 1 : 5 und 1 : 15 ($P < \bar{P}$), streuen jedoch zu stark, um irgendwelche Schlüsse zuzulassen.

Der Einfallswinkel i (bzw. Emergenzwinkel e) bei P und \bar{P} . Bei den Stationen, die eine Vertikalkomponente besitzen, ist es möglich, den Einfallswinkel i , d. h. den Winkel zwischen einfallendem Strahl und dem Radius (Emergenzwinkel $e = 90^\circ - i$) zu berechnen unter der Annahme, dass die Vergrößerung der Vertikalkomponente genau bekannt ist, was jedoch bei den mechanisch registrierenden Instrumenten seither nur schwer zu erreichen war. Angenähert ist der scheinbare Einfallswinkel \bar{i} bestimmt durch

$$(13) \quad \text{tg } \bar{i} = \frac{A_H}{A_Z}$$

Nach Wiechert ist

$$(14) \quad \sin i = \frac{v_0}{v} \sin \frac{\bar{i}}{2},$$

wo v_0 und v die Oberflächengeschwindigkeiten der longitudinalen bzw. transversalen Wellen sind. Tabelle 13 gibt eine Reihe von zusammengehörigen i und \bar{i} , wie ich sie in einer früheren Arbeit unter der Annahme $\frac{v_0}{v} = 1,789$ nach (13) berechnet habe. Man sieht, dass für $0 \leq i \leq 60^\circ$ kein wesentlicher Unterschied zwischen \bar{i} und i besteht, und dass bei reinen Longitudinalwellen nach dieser Theorie scheinbare Einfallswinkel über 68° unmöglich sind.

Tabelle 13.

\bar{i}	0	10	20	30	40	50	60	65	68
i	0	9	18	27 $\frac{1}{2}$	38	49	63	74	90

Nach (13) wurde für beide Beben und alle Stationen mit Vertikalseismometern \bar{i} bestimmt. Die erhaltenen Werte sind in Tabelle 14 angegeben:

Tabelle 14.

Station	Δ km	I		II	
		\bar{i}_P o	$\bar{i}_{\bar{P}}$ o	\bar{i}_P o	$\bar{i}_{\bar{P}}$ o
Strassburg	104		23		17
Zürich	113		72		60
Feldberg	220	—		55	53
Jena	342	?	?	27	11
Göttingen	365	27	76	26	45
Bochum	380	35	?	?	?
Uccle	441	(16)	61	(6)	69
Wien	537	11	?	10	58

Die Übereinstimmung der Werte untereinander ist nicht sehr gut, was wohl zum Teil auf wirkliche Unregelmässigkeiten des Strahlenweges (Anisotropie!) in den obersten Erdschichten, zum Teil auf die Ungenauigkeit der Vergrößerungsbestimmung bei den Vertikalkomponenten zurückzuführen ist. Im allgemeinen scheint P steil, \bar{P} flach gegen die Erdoberfläche aufzutreffen. Man könnte hier vielleicht eine Möglichkeit bekommen, festzustellen, ob die 1. Einsätze bei $\Delta < 155$ km zu P oder zu \bar{P} gehören. Leider erfüllt sich diese

Hoffnung, die Frage zu entscheiden, im vorliegenden Fall nicht, denn nach den Angaben von Strassburg ist \bar{i} etwa 20° , bei Zürich etwa 65° . Dass unter diesen Umständen \bar{i} nicht zur Bestimmung der Herdtiefe verwendbar ist, ist selbstverständlich.

Ehe wir nun die Herkunft von P und \bar{P} festzustellen suchen, müssen wir uns mit einer Frage beschäftigen, die von der grössten Bedeutung ist: mit der Frage nach der Herdtiefe.

Über die Herdtiefe.

Das Beben I ist bereits mehrfach zu Untersuchungen über die Herdtiefe benutzt worden. Es fanden:

A. Schmidt (10)	. . .	133—164 km
Pilgrim (5)	100—110 km (Arbeitshypothese)
Fürst B. Galitzin (1)	. . .	$9,5 \pm 3,8$ km
S. Mohorovičić (4)	. . .	40 km
A. Mohorovičić (4)	. . .	45 km

Schmidt (10) benutzt den Inflexionspunkt der P-Laufzeitkurve, der in \mathcal{A}_m km Entfernung liegen möge, und in dem die scheinbare Oberflächengeschwindigkeit ihr Maximum v_m erreicht. Ist v_0 die wirkliche Oberflächengeschwindigkeit der Longitudinalwellen, so ergibt sich unter den Annahmen, dass die longitudinalen Wellen auf Kreisbogen laufen und die Erdoberfläche eine Ebene ist, die gesuchte Herdtiefe h angenähert aus

$$(15) \quad h = \mathcal{A}_m \cdot \sqrt{\frac{v_m - v_0}{v_m + v_0}}$$

Diese Methode hat zwei Mängel: \mathcal{A}_m ist sehr unsicher bestimmbar, und v_0 ist unbekannt. Der Fehler in \mathcal{A}_m geht nicht so sehr ein, dagegen hat schon Galitzin (1) den Einfluss einer Änderung von v_0 gezeigt. Pilgrim errechnet keine bestimmte Herdtiefe, sondern er zeigt, dass man unter der Annahme $h = 100$ km Eintrittszeiten berechnen kann, die den Beobachtungen entsprechen. Er muss hierbei natürlich eine bestimmte Herdzeit annehmen. Ich werde im folgenden zeigen, dass man mit jeder praktisch möglichen Herdtiefe die Eintrittszeiten richtig erhalten kann, wenn man nur die verfügbaren Variablen passend wählt. Fürst Galitzin (1) benutzt wie seine Vorgänger ebenfalls die Eintrittszeiten aller ersten Einsätze, unabhängig von der Distanz. Er berechnet zunächst unter gewissen Annahmen eine Herdzeit t_0 und zeigt dabei, dass eine Änderung dieser Annahmen keinen grossen Einfluss auf t_0 hat; andererseits übt aber eine Änderung von t_0 einen grossen Einfluss auf die Berechnung von v_0 aus. Ferner benutzt Galitzin einen Herd, der mindestens 15—20 km zu weit östlich liegt, sowie die unsichere Eintrittszeit von Biberach, wodurch sein t_0 zu früh wird. Es ist dies auch von erheblichem Einfluss auf die Bestimmung der Herdtiefe. Im übrigen weist Galitzin selbst darauf hin, dass man zu einer genauen Bestimmung der Herdtiefe die Eintrittszeiten auf $1/10$ Sekunde kennen muss, und dass man vorläufig höchstens die Grössenordnung der Herdtiefe finden kann. Von der Methode selbst werden wir weiter unten Gebrauch machen. S. Mohorovičić (4) hat ein neues Verfahren zur Bestimmung von h angegeben; leider benutzt auch er die Distanz \mathcal{A}_m des Inflexionspunktes, und wenn er auch einen Wert für \mathcal{A}_m erhält, der nur um 16 km von dem abweicht, den ganz unabhängig von ihm sein Vater gefunden hatte, so beweist dies doch nicht die Richtigkeit dieses Wertes, denn man braucht nur den Herd ein wenig zu verschieben, oder die Eintrittszeiten einiger Stationen um wenige Zehntel Sekunden zu ändern, um zu einem vollkommen anderen \mathcal{A}_m zu gelangen. Die Arbeit von A. Mohorovičić, deren vorläufiges Resultat

S. Mohorovičić angibt, war mir bei der Niederschrift noch nicht zugänglich, doch scheint A. Mohorovičić ebenfalls den Inflexionspunkt zu benutzen. Schliesslich möchte ich hier noch erwähnen, dass Rosenthal (7) die wesentlichsten Arbeiten über Herdtiefenbestimmungen zusammengestellt hat. Die Methode von Galitzin (1) stellt teilweise einen speziellen Fall einer von Rosenthal ziemlich allgemein entwickelten Theorie zur Herdtiefenbestimmung dar.

Die Theorie. Was können wir nun auf Grund unseres Beobachtungsmaterials über die Herdtiefe unserer beiden Beben aussagen? Wir haben als Unbekannte:

1. Die Herdtiefe h .
2. Die Oberflächengeschwindigkeit v_0 .
3. Ein Gesetz $v = v_0 \cdot F(r)$ über die Änderung der Geschwindigkeit der Longitudinalwellen in verschiedener Tiefe, das durch mindestens einen unbekanntem Parameter c_0 charakterisiert ist.
4. Die Herdzeit t_0 .
5. Die Epizentraldistanz Δ_m des Inflexionspunktes. (5 kann 1 ersetzen. Kennen wir 3 und 5, so lässt sich h berechnen.)

Schliesslich wissen wir nicht, ob P oder \bar{P} der direkten longitudinalen Welle entspricht, wir müssen also die im folgenden angegebene Methode auf beide, und zwar für Beben I wie für Beben II anwenden.

Wie wir oben sahen, lassen sich die Einfallswinkel zur Herdtiefenbestimmung nicht verwenden. Da auch die Amplituden wegen der komplizierten Verhältnisse nahe der Erdoberfläche nicht brauchbar sind, bleiben wir auf die Benutzung der beobachteten Eintrittszeiten angewiesen.

Wir wollen zunächst untersuchen, mit welcher Genauigkeit wir h finden können, und machen hierzu über 3. und 5. eine Annahme, setzen also für $F(r)$ und Δ_m bestimmte mögliche Werte, während wir v_0 und t_0 zunächst noch variabel lassen. Dann ist

$$(16) \quad h = \Phi(F(r), \Delta_m)$$

bekannt, da h nicht von v_0 abhängt. Die Laufzeit τ für eine Longitudinalwelle in der Distanz Δ ist gegeben durch

$$(17) \quad \tau_\Delta = \frac{1}{v_0} \psi(F(r), h, \Delta)$$

und schliesslich die Eintrittszeit t_Δ durch

$$t_\Delta = t_0 + \tau_\Delta$$

also

$$(18) \quad t_\Delta = t_0 + \frac{1}{v_0} \psi(F(r), h, \Delta).$$

Hierin sind t_0 und v_0 noch variabel, ψ theoretisch berechenbar. Wir wählen nun 2 Entfernungen Δ_1 und Δ_2 , für die die Eintrittszeiten t_1 und t_2 bekannt sind. Dann ist

$$t_1 = t_0 + \frac{1}{v_0} \psi_1$$

$$t_2 = t_0 + \frac{1}{v_0} \psi_2$$

Hieraus ergibt sich

$$v_0 = \frac{\psi_1 - \psi_2}{t_1 - t_2}$$

$$(19) \quad t_0 = t_1 - \frac{\psi_1}{v_0} = t_2 - \frac{\psi_2}{v_0}$$

Mit diesen Werten v_0 und t_0 können wir nun aus (18) die Eintrittszeiten t_Δ für beliebiges Δ berechnen, und die Funktion $t_\Delta(\Delta)$ in die beobachteten Werte der Eintritts-

zeiten einzeichnen. Wir wiederholen dann das ganze Verfahren für andere Annahmen von $F(r)$ und \mathcal{A}_m und stellen fest, welche berechneten $t_{\Delta}(\mathcal{A})$ -Kurven den beobachteten Eintrittszeiten genügen. Aus (16) erhalten wir dann für diese die Herdtiefen, die sich mit den Beobachtungen innerhalb der Beobachtungsfehler vertragen, und aus (19) die entsprechenden v_0 und t_0 .

Für die praktische Rechnung müssen wir nun noch eine Annahme über die Gestalt der Funktion $F(r)$ machen. Wenn es sich zeigt, dass wir schon mit einer einfachen Annahme zu $t_{\Delta}(\mathcal{A})$ -Kurven kommen, die den Beobachtungen genügen, brauchen wir keine komplizierteren zu benutzen. Wir setzen nach der Arbeit von Fürst B. Galitzin (1), Gleichung (157)

$$(20) \quad F(r) = \frac{i}{\sqrt{1 - 2c \frac{r_0 - r}{r_0} \left(1 - \frac{1}{2} \frac{r_0 - r}{r_0}\right)}}$$

und es ist

$$v = v_0 \cdot F(r)$$

Hierbei sind r_0 der Erdradius, c ein verfügbarer Parameter. Aus Gleichung (59) bei Galitzin ergibt sich nach Annahme von c und \mathcal{A}_m der Einfallswinkel i_m am Inflexionspunkt:

$$(21) \quad \sin 2(i_m + \mathcal{A}_m) = c \sin 2\mathcal{A}_m$$

Nach (29) und (30) bei Galitzin ist die Herdtiefe bestimmt durch:

$$(22) \quad h = r_0 (1 - \sqrt{x}),$$

wobei nach (65):

$$(23) \quad x = \frac{\sin^2 i_m}{\sin^2(i_m + \mathcal{A}_m) - c \sin^2 \mathcal{A}_m} \text{ ist.}$$

Für eine beliebige Distanz \mathcal{A} findet man den Einfallswinkel $i_{\mathcal{A}}$ nach (72).

$$(24) \quad \cos^2 i_{\mathcal{A}} = 1 - F(B + 2\sqrt{x}P \cos \mathcal{A}).$$

wo nach (68), (69) und (70):

$$(25) \quad F = \frac{1}{4 + \frac{(1-x)^2}{x \sin^2 \mathcal{A}}}$$

$$B = 1 + x - c(1 - x + 2x \sin^2 \mathcal{A})$$

$$P = + \sqrt{1 - c(1 - x) - c^2 x \sin^2 \mathcal{A}}$$

Die Laufzeit τ_{Δ} ergibt sich dann aus

$$(17) \quad \tau_{\Delta} = \frac{1}{v_0} \psi(F(r), h, \mathcal{A}),$$

wo nach (54) bei Galitzin:

$$(26) \quad \psi(F(r), h, \mathcal{A}) = \frac{r_0}{2} \left[\cos i - R + \frac{1}{4} \frac{1-c}{\sqrt{c}} \left\{ \ln \frac{1 + \beta \cos i}{1 - \beta \cos i} - \ln \frac{1 + \beta_1 R}{1 - \beta_1 R} \right\} \right],$$

wo „ln α “ der natürliche Logarithmus von α ist.

In (26) ist nach Galitzin, (48), (51) und (52)

$$(27) \quad R = \pm \sqrt{c x^2 + (1-c)x - \sin^2 i}$$

$$\beta = \frac{2\sqrt{c}}{1+c}$$

$$\beta_1 = \frac{2\sqrt{c}}{1-c+2cx}$$

R hat für $\mathcal{A} < \mathcal{A}_m$ das Vorzeichen +, für $\mathcal{A} > \mathcal{A}_m$ das Vorzeichen -. In (26) sind meist $\beta \cos i$ und $\beta_1 R$ sehr klein. Dann kann für die Rechnung gesetzt werden:

$$(28) \quad \left\{ \ln \dots - \ln \dots \right\} = \left\{ \beta \cos i + \frac{\beta^3 \cos^3 i}{3} - \beta_1 R - \frac{\beta_1^3 R^3}{3} \right\}$$

Jetzt können t_0 und v_0 nach (19) und dann t_Δ (Δ) nach (18) und (24) bis (28) berechnet werden.

Die Rechnung. Um mit kleinen Zahlen arbeiten zu können, ziehen wir bei beiden Beben durch die P- und \bar{P} -Einsätze, denn beide wollen wir behandeln, je eine Gerade, deren Koordinaten wir messen, und arbeiten dann mit den Abweichungen der Eintrittszeiten gegen diese Geraden, die in Figur 249 gezeichnet sind. Die Einsätze bei $\Delta < 160$ km wurden sowohl bei P als bei \bar{P} mitbenutzt.

Beben I.

a) Rechnung für P. Es wurde folgende Gerade zugrunde gelegt: (Die Stunden- und Minutenzahlen ergeben sich aus Figur 249):

Tabelle 15.

Δ°	0	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{2}$	2	$2\frac{1}{2}$	3	5
t_Δ Sek.	57,8	4,4	11,0	17,6	24,2	30,8	37,5	63,7

Es ergaben sich folgende Abweichungen der Eintrittszeiten von P von der Geraden:

Tabelle 16.

Ort	Δ km	Abweichung Sek.	Ort	Δ km	Abweichung Sek.
Hohenheim	45	+ 0,3	Göttingen	365	+ 0,1
Karlsruhe	94	- 1,1	Bochum	380	+ 0,5
Strassburg	104	- 0,7	Moncalieri	384	+ 0,7
Zürich	113	- 1,2	Triest	462	+ 2,0
Nördlingen	119	- 1,4	Laibach	480	+ 2,2
Jugenheim	164	- 0,5	Paris	493	+ 1,6
München	185	+ 1,2	Graz	493	+ 4,6
Frankfurt	204	0,0	Wien	537	+ 3,4
Neuchâtel	225	+ 0,1	Zagreb	589	+ 1,4
Besançon	262	- 0,2	Marseille	627	+ 0,7
Jena	342	+ 0,7			

Diese Werte sind in Figur 257 eingetragen. Man sieht, dass es hier trotz starker Vergrößerung der Ordinaten bei kleinen Abszissen sehr schwer ist, einen Inflexionspunkt zu finden. Es wurde nun unter den 6 Annahmen über c und Δ_m , die in Tabelle 17 zusammengestellt sind, $\psi(F(r), h, \Delta)$ berechnet für $\Delta = 0^\circ, \frac{1}{2}^\circ, 1^\circ, 1\frac{1}{2}^\circ, 2^\circ, 2\frac{1}{2}^\circ, 3^\circ$ und 5° . Diese Rechnungen geschahen nach (24) bis (28) auf 5 Stellen. Für alle Annahmen wurden als feste Paare t_Δ und Δ gewählt:

$$\begin{aligned} \Delta = 1^\circ \quad t = 10,2^s \quad \text{Abweichung von der Geraden} & - 0,8^s \\ \Delta = 5^\circ \quad t = 66,3^s \quad \text{,, ,, ,, ,,} & + 2,6^s \end{aligned}$$

Hierauf ergaben sich t_0 und v_0 nach (19), t_Δ nach (18) und schliesslich die Differenzen D von t_Δ gegen die in Tabelle 15 angegebenen Werte t_Δ der Geraden; diese sind in Tabelle 17 mitgeteilt, ausserdem wurden die 6 Funktionen $D(\Delta)$ in Figur 257 zu den Beobachtungen eingetragen.

Tabelle 17.

Annahme Nr. . . .	1	2	3	4	5	6
Δ_m° (angenommen) .	2	2	2	2 $\frac{1}{2}$	2 $\frac{1}{4}$	3
c „	0	3	5	3	6	4
Berechnete Abweichungen von der Geraden (in Sekunden):						
bei $\Delta = 0^\circ$	-1,2	+1,1	+0,8	+1,0	+1,7	+2,4
$\Delta = 1/2^\circ$	-1,3	-0,3	-0,6	-1,0	-0,4	-0,1
$\Delta = 1^\circ$	-0,8*	-0,8*	-0,8*	-0,8*	-0,8*	-0,8*
$\Delta = 1\frac{1}{2}^\circ$	-0,4	-0,3	-0,3	-0,5	-0,5	-0,8
$\Delta = 2^\circ$	+0,2	+0,2	-0,1	-0,2	0,0	-0,3
$\Delta = 2\frac{1}{2}^\circ$	+1,0	+0,8	+0,5	+0,2	+0,4	+0,2
$\Delta = 3^\circ$	+1,6	+1,1	+0,9	+0,8	+0,7	+0,5
$\Delta = 5^\circ$	+2,6*	+2,6*	+2,6*	+2,6*	+2,6*	+2,6*
Es wurde aus Δ_m und c berechnet:						
h km	4	15	23	24	36	45
v_0 km/Sek.	7,92	8,01	7,75	7,88	7,58	7,61
t_0 21h 25m +	56,1 ^s	56,9 ^s	55,6 ^s	55,6 ^s	54,8 ^s	54,4 ^s

Man sieht, dass die Streuung der Punkte grösser ist als die Abweichung der Kurven untereinander. Ferner fällt sofort auf, dass von $\Delta = 1^\circ$ ab kein wesentlicher Unterschied zwischen den Kurven besteht, die den Herdtiefen von 23, 24, 36 und 45 km entsprechen. Die grösste Differenz bei den Annahmen 2 ($h = 15$ km) und 6 ($h = 45$ km) beträgt bei $\Delta > 1^\circ$ nur 0,6 Sekunden, liegt also vollkommen innerhalb der Beobachtungsfehler. Wir finden also, dass wir bei Herdtiefen über 15 km die Werte v_0 und t_0 so wählen können, dass die berechnete Laufzeitkurve den Beobachtungen entspricht. Ist also P wirklich die direkte Longitudinalwelle, so ist hiermit bewiesen, dass auf Grund der Laufzeitbeobachtungen bei Beben I kein Schluss auf die Herdtiefe möglich ist. Dass die Annahme 1 den Beobachtungen weniger genügt als die anderen (auch sie liegt noch innerhalb der Beobachtungsfehler!) liegt wohl an der Annahme $c = 0$ d. h. konstanter Geschwindigkeit im Erdinnern!

b) Rechnung für \bar{P} . Analog Fall a) wurde eine Gerade angenommen, die bei $\Delta < 160$ km, den 1. Einsätzen, bei $\Delta > 160$ km den Einsätzen von \bar{P} , das jetzt als direkte Longitudinalwelle angesehen wird, möglichst gut genügen soll. Tabelle 18 gibt eine Reihe von Koordinatenpaaren dieser Geraden.

Tabelle 18.

Δ°	0	1/2	1	1 1/2	2	2 1/2	3	5
t_Δ Sek.	52,1	1,3	10,5	19,7	28,9	38,2	47,5	84,7

Tabelle 19 gibt die Abweichungen der \bar{P} von dieser Geraden:

Tabelle 19.

Ort	Δ km	Abweichung Sek.	Ort	Δ km	Abweichung Sek.
Hohenheim	45	+ 3,5	Besançon	262	+ 0,4
Karlsruhe	94	0,0	Jena	342	+ 1,1
Strassburg	104	0,0	Göttingen	365	+ 0,5
Nördlingen	119	- 1,4	Moncalieri	384	- 1,2
Jugenheim	164	- 1,8	Uccle	442	- 0,7
Frankfurt	204	- 1,0	Triest	462	+ 1,5
Neuchâtel	225	- 0,2	Zagreb	589	- 0,2

Als feste Punkte wurden gewählt:

$$\Delta = 1^0 \quad t_0 = 10,0^s \quad \text{Abweichung von der Geraden: } -0,5^s$$

$$\Delta = 5^0 \quad t_0 = 84,7^s \quad \text{,, ,, ,, ,, ,, } 0,0^s$$

Tabelle 20 gibt die unter den 6 Annahmen berechneten Werte der Abweichungen von t_{Δ} von der Geraden:

Tabelle 20.

Annahme Nr. . . .	1	2	3	4	5	6
Δ_m^0 (angenommen) .	2	2	2	$2\frac{1}{2}$	$2\frac{1}{3}$	3
c „ „	0	3	5	3	6	4
Berechnete Abweichungen von der Geraden (in Sekunden):						
bei $\Delta = 0^0$	-0,3	+2,9	+2,4	+2,8	+3,7	+4,7
$\Delta = \frac{1}{2}$	-0,8	+0,6	+0,1	-0,2	+0,6	+0,8
$\Delta = 1^0$	-0,5*	-0,5*	-0,5*	-0,5*	-0,5*	-0,5*
$\Delta = 1\frac{1}{2}$	-0,4	-0,3	-0,6	-0,5	-0,4	-0,9
$\Delta = 2$	-0,1	+0,1	-0,5	-0,6	-0,2	-0,6
$\Delta = 2\frac{1}{2}$	+0,5	+0,5	-0,1	-0,6	-0,2	-0,4
$\Delta = 3$	+0,5	+0,4	0,0	-0,2	-0,1	-0,3
$\Delta = 5$	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*	0,0*
Es wurde aus Δ_m und c berechnet:						
h km	4	15	23	24	36	45
v_0 . . . km/Sek.	5,91	5,96	5,78	5,85	5,62	5,68
t_0 . . 21 h 25 m +	51,4 ^s	52,3 ^s	50,5 ^s	50,7	49,5 ^s	49,0 ^s

In Figur 258 wurden die berechneten Werte zusammen mit den beobachteten eingetragen. Das Resultat ist das gleiche wie bei P; die Abweichungen der berechneten Kurven untereinander liegen innerhalb der Beobachtungsfehler, eine Angabe der wahrscheinlichsten Herdtiefe ist unmöglich. Es wurden noch weitere Annahmen über die Lage der Fixpunkte gemacht, die das obige Resultat bestätigten.

Beben II.

Die Abweichungen der Beobachtungen von den in Fig. 249 gezeichneten Geraden wurden auch hier bestimmt und in die Figuren 259 für P und 260 für \bar{P} eingetragen. Da diese eine noch grössere Streuung wie bei I aufweisen, wurden keine neuen Kurven t_{Δ} berechnet, sondern die früheren unter Nullpunktverschiebung eingezeichnet, d. h. es wurde nur t_0 anders gewählt als bei Beben I. Das Resultat ist noch ausgesprochener als bei I. Eine Bestimmung der Herdtiefe aus den Laufzeitbeobachtungen ist unmöglich.

Wir konnten also auf Grund eines einfachen Gesetzes über die Geschwindigkeitsverteilung $v(r)$ zeigen, dass sich zu jeder gegebenen praktisch möglichen Herdtiefe eine solche Annahme über die Oberflächengeschwindigkeit und die Herdzeit machen lässt, dass die hieraus berechneten Eintrittszeiten innerhalb der Beobachtungsfehler mit den beobachteten übereinstimmen. Hierbei wurde vorausgesetzt, dass der Herd genau bekannt ist. Fig. 261 zeigt nun entsprechend der Figur 257 für P und Beben I die Abweichungen der beobachteten Eintrittszeiten von der dort angenommenen Geraden unter der Annahme, dass der Herd 7 km weiter nordwestlich liegt, was sehr wohl möglich ist. Man sieht, dass jetzt ein vollkommen anderes Bild entstanden ist, und dass man den Fixpunkt bei $\Delta = 1^0$ höher legen müsste; damit erhält man dann aber wieder andere Werte für v_0 und t_0 . Da die berech-

neten Kurven nur um ganz geringe Beträge voneinander abweichen, ausser der nächsten Nähe des Herdes, so haben wir bewiesen:

Es ist unmöglich, aus Laufzeitbeobachtungen auf die Herdtiefe zu schliessen, solange nicht Beobachtungen aus der nächsten Nähe des Herdes vorliegen, die auf 0,1 bis 0,2 Sekunden sicher sind.

Als weiteres Resultat dieses Abschnittes finden wir, dass sich die Oberflächengeschwindigkeit der Longitudinalwellen zu 5,6 bis 6,0 km/sek oder 7,6 bis 8,0 km/sek ergibt, je nachdem wir die \bar{P} oder P als direkte Longitudinalwellen ansehen. Diese Werte können sich noch etwas ändern, wenn man die Lage des Epizentrums anders wählt. (Vgl. Fig. 261). Als Herdzeit ergibt sich für I 21^h 25^m 49^s—52^s bzw. 21^h 25^m 54^s—57^s. Dass Fürst B. Galitzin in seiner Arbeit (1) unter Benutzung von P für v_0 nur 7,1 km/sek erhält, liegt darin, dass er als erste Station Biberach benutzt, das als Eintrittszeit des ersten Einsatzes 21^h 26^m 59^s \pm 3^s angab, wobei 59^s sicher zu früh ist, dass er dagegen die genauere Angabe von Hohenheim (26^m 3^s) aus etwa der gleichen Distanz nicht berücksichtigt. — Die in diesem Abschnitte benutzte Methode kann nicht zu einer scharfen Herdtiefenbestimmung verwandt werden, dagegen gibt sie klaren Aufschluss über die Genauigkeit einer berechneten Herdtiefe.

Über die Bedeutung der P- und \bar{P} -Wellen. Elastische Wellen in anisotropen Medien nach Rudzki.

Es war uns bisher nicht möglich zu unterscheiden, ob P oder \bar{P} der direkten longitudinalen Welle entspricht. Die Einfallswinkel gaben uns keinen Aufschluss, die Perioden ebenfalls nicht, die Amplituden sprechen vielleicht dafür, dass \bar{P} die direkte longitudinale Welle ist, denn diejenigen von \bar{P} schliessen sich der Grösse nach besser an die Amplituden der 1. Wellen bei $\Delta < 155$ km an als bei P; aus der Betrachtung der Figur 250 sahen wir, dass für $\Delta < 155$ km \bar{P} wahrscheinlich vor P liegt, dies würde ebenfalls dafür sprechen, dass \bar{P} die direkte longitudinale Welle ist. Die Laufzeiten lassen sich, wie wir im vorigen Abschnitte sahen, sowohl für P als auch für \bar{P} als direkte longitudinale Welle erklären; im ersten Falle erhalten wir als Oberflächengeschwindigkeit $v_0 = 7^{1/2}$ bis 8 km/sek, im zweiten $v_0 = 5^{1/2}$ bis 6 km/sek. Wir können nun wenigstens eine untere Grenze für die Geschwindigkeit v_0 der Transversalwellen angeben, wenn wir annehmen, dass diese mindestens so gross ist als die Geschwindigkeit der ersten langen Wellen. Wir erhalten dann aus dem weiter unten angegebenen Material:

$$v_0 \geq 3,7 \text{ km/sek.}$$

Nimmt man an, dass $v_0 = 1,8 v_0$, so ist

$$v_0 \geq 6,6 \text{ km/sek,}$$

dies würde aber die Annahme, dass \bar{P} direkte Longitudinalwelle ist, ausschliessen.

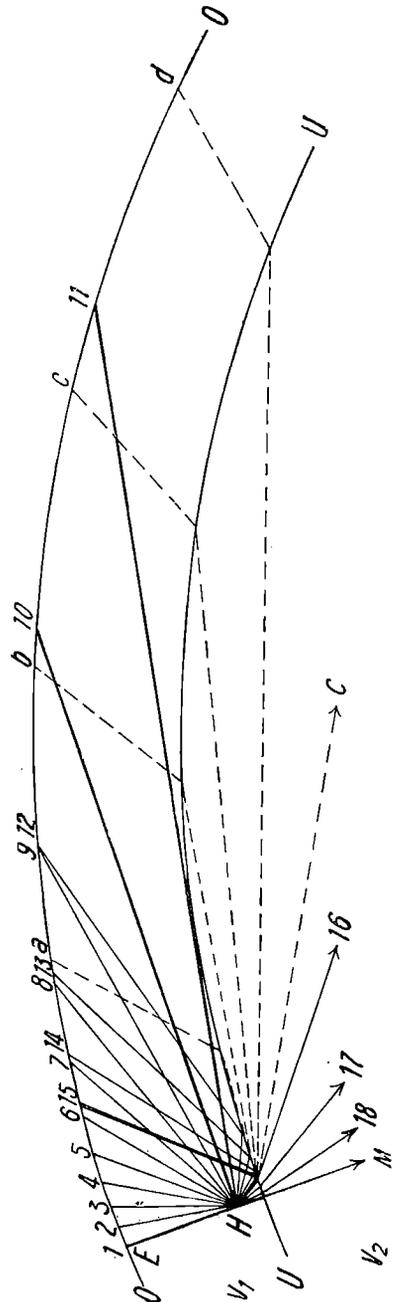
Es ergibt sich also, dass wir nicht entscheiden können, welche der beiden Wellen P oder \bar{P} die direkte Longitudinalwelle ist, dass vielmehr bei jeder der beiden Annahmen Unstimmigkeiten entstehen. Eine dritte Möglichkeit wäre dann die, dass weder P noch \bar{P} reine Longitudinalwellen sind. Wir werden auf alle 3 Fälle etwas näher eingehen.

1. P ist direkte Longitudinalwelle. Diese Annahme wurde seither im allgemeinen als selbstverständlich angesehen. \bar{P} lässt sich hier als an der Erdoberfläche reflektierte Welle erklären, doch muss man eine sehr starke Zunahme der Geschwindigkeit mit der Tiefe annehmen. Es kann dann allen Beobachtungen genügt werden, doch ist diese Annahme nicht sehr wahrscheinlich, denn \bar{P} könnte selbstverständlich nirgends vor P eintreffen. Die Annahme einer Unstetigkeitsfläche ist nicht nötig. Vielleicht sind noch andere Erklärungen unter der Voraussetzung 1 möglich.

2. \bar{P} ist direkte Longitudinalwelle. Diese Annahme wurde zuerst von A. Mohorovičić (3) benutzt. Er rechnete mit einer Herdtiefe von etwa 40 km und fand auf dieser Grundlage in etwa 50 km eine Unstetigkeitsfläche. Da wir gesehen haben, dass die Herdtiefe, also auch die Tiefe der Unstetigkeitsfläche, die hieraus berechnet werden muss, nicht bestimmbar ist, können wir uns damit begnügen, die hier entstehenden Verhältnisse an einer einfachen Figur qualitativ zu studieren. In der Figur bedeuten O . . . O die Erdoberfläche, U . . . U die Unstetigkeitsfläche, H den Herd. (Die Distanzen O-H und O-U sind stark übertrieben!) Zwischen O und U sei $v_1 = 1$, konstant, unterhalb U sei $v_2 = 1^{1/2}$, ebenfalls konstant. Von H gehen die Strahlen 1, 2, 3, . . . , 18, M aus, die am Herde H gleiche Winkel (10°) miteinander bilden. Strahl 1 erreicht das Epizentrum, die Laufzeit ist in der folgenden Figur eingetragen. Wir sehen, dass die Strahlen 1 bis 6 gleichmässig wachsende Zonen auf der Erdoberfläche ausschneiden; da sie keine wesentlich verschiedene Bahnen laufen, so müsste die Intensität von P in nächster Nähe des Herdes ziemlich gleichmässig abnehmen; bei den Beobachtungen ist natürlich hier eine reine P-Welle nicht vorhanden. Die weiteren Strahlen gelangen nach 7, 8, 9.

Hierbei wächst die Laufzeit τ immer stärker, $\frac{\partial^2 \Delta}{\partial \tau^2} > 0$.

Infolge der schnell wachsenden Zonen muss die Intensität von P stark abnehmen. Ausserdem ändern sich der Einfallswinkel sowie die reflektierte und die zur Beobachtung gelangende Energie, doch wollen wir hierauf nicht näher eingehen. Der Strahl 10 verlässt H horizontal, in der Laufzeitkurve entspricht ihm der Inflexionspunkt, $\frac{\partial^2 \Delta}{\partial \tau^2} = 0$. Der Strahl 11 tangiert U, in der Laufzeitkurve ist zwischen 10 und 11 $\frac{\partial^2 \Delta}{\partial \tau^2} < 0$, doch ist in der Figur die Krümmungsänderung zu gering, um sichtbar zu sein. Bei den folgenden Strahlen 12 bis 15 tritt totale Reflexion an U ein, ihre Laufzeiten sind nur wenig grösser als die der direkten Welle. Der Strahl 15 ist der Grenzstrahl der totalen Reflexion, 16 taucht schon tief in die Erde ein. Deswegen wurden noch die Zwischenstrahlen a bis e gezeichnet, deren Laufzeiten zunächst fast auf einer Geraden liegen, die den Ast I—II in A schneidet. Es würde also das Stück I—A—II der Welle \bar{P} , das Stück A—d—... der Welle P entsprechen. Die Stücke II—15 und 15—A folgen zu dicht auf I—A—II, um beobachtet zu werden. Auf dem Stück 15—A—d—... kann nur geringe Bodenbewegung vorhanden sein, da die Zonen, auf welche die Energie trifft, ausserordentlich gross sind. Auch dies würde mit den Beobachtungen übereinstimmen. Schliesslich treffen die Strahlen 6—11 flacher auf die Erdoberfläche auf, als die Strahlen 15—d, was ebenfalls mit den beobachteten Werten der Einfallswinkel bei P und \bar{P} in Einklang steht.

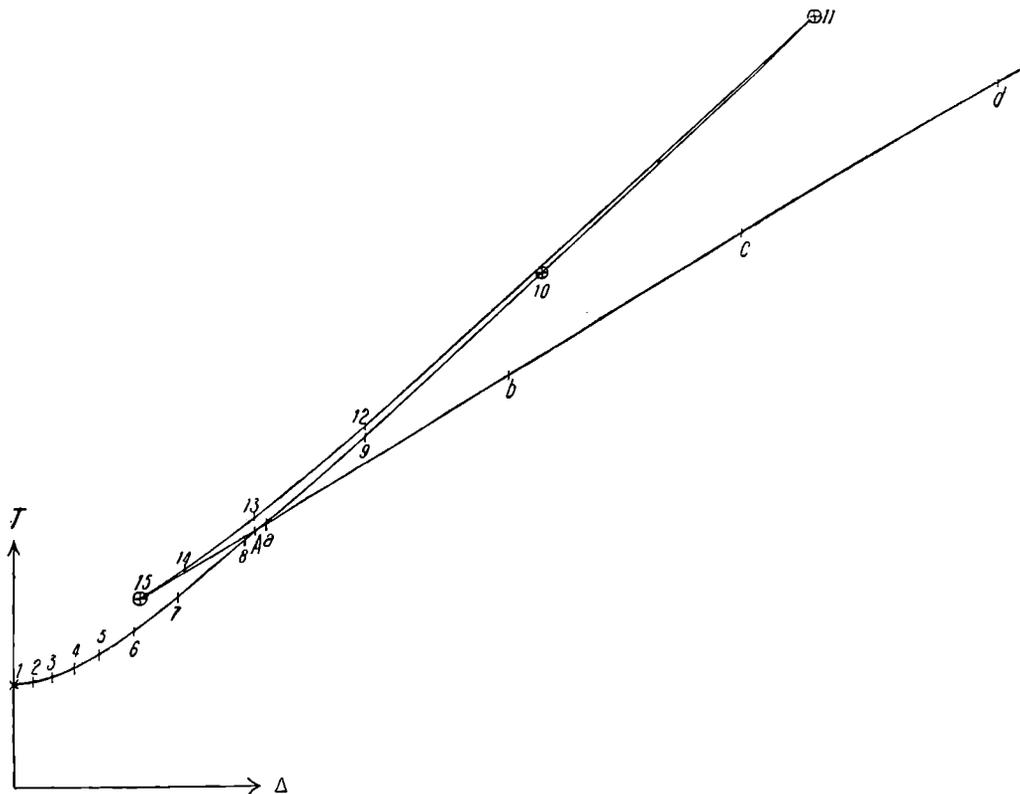


Wie man aus der Figur ersieht, unterscheiden sich die Strahlen 15, a, b, c und d fast nur durch das Stück in der unteren Fläche, während die zwischen O und U liegenden Teile fast kongruent sind. Man sieht leicht ein, dass auch bei gekrümmten Strahlen der Anfang von P (in unserem Falle etwa 15—A—c) fast geradlinig sein muss, da die unterhalb U liegenden Teile der Strahlen nicht tief in die Schicht eintauchen, und dass für diesen Teil der Laufzeitkurve von P die angenäherte Beziehung besteht:

$$(29) \quad v_2 = \frac{\partial \Delta}{\partial \tau},$$

wo v_2 die Geschwindigkeit der Longitudinalwellen dicht unter der Schicht U ist (in der Figur ist v_2 konstant). Es würde sich hieraus für unsere beiden Beben I und II ergeben:

$$v_2 = 8,3 \text{ km/sek,}$$

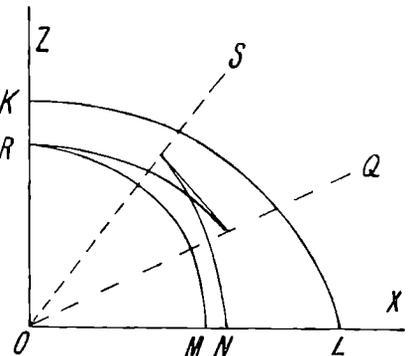


während S. Mohorovičić (4) unter seinen Annahmen $v_2 = 7,9 \text{ km/sek}$ findet. An der Unstetigkeitsfläche verhielten sich die Geschwindigkeiten dann etwa wie 3 : 4. Wir sehen, dass wir in dem hier besprochenen Fall Resultate erhalten, die qualitativ in guter Übereinstimmung mit den Beobachtungen stehen. Der einzige Punkt, der zunächst gegen die Annahme spricht, ist die sich ergebende geringe Geschwindigkeit der Longitudinalwellen an der Erdoberfläche, dann aber auch die grosse Unregelmässigkeit der auf \bar{P} folgenden Wellen.

3. Weder P noch \bar{P} sind reine Longitudinalwellen. Es wurde seither als selbstverständlich angenommen, dass die Erde völlig isotrop sei. Bei allen Beobachtungen und Berechnungen über Fernbeben, insbesondere bei longitudinalen Wellen war nie ein Grund vorhanden gewesen, hieran zu zweifeln. Es traten nie unerklärte Wellen auf, und mit einfachen Annahmen konnten sehr komplizierte Erscheinungen, z. B. bei den Amplituden, erklärt werden. Es zeigten sich auch nirgends Unstimmigkeiten. Selbst wenn man ohne

Kenntnis der Laufzeitfunktionen, wie das z. B. in der Sammlung „Über Erdbebenwellen“ von E. Wiechert (12) und seinen Schülern stets geschehen ist, alle ausgeprägten Wellen der Beben ausmisst, so scharen sich diese zu leicht erklärbaren Kurven zusammen, und es treten nirgends unerklärbare Wellenzüge auf. Leider sind nicht alle Arbeiten über Laufzeiten ein Beweis hierfür, denn vielfach wird, wie ich schon mehrfach hervorhob, nach P und S gesucht und diese auch dann gefunden, wenn sie in Wirklichkeit nicht vorhanden sind, während man sich um vorhandene Wellen nicht kümmert. Bei den Nahbeben ist dies alles anders; zunächst fand A. Mohorovičić (3) die Welle \bar{P} ; er stellte auch weitere Einsätze fest. In der vorliegenden Arbeit wurden nun weiter unten alle beobachteten Laufzeiten in Kurven eingetragen, so dass man sieht, welche Fülle von Wellen in Wirklichkeit vorhanden ist, und wie schwer man Wellenzüge zusammenfassen kann. Man müsste eine ganze Reihe von Annahmen machen, um mit Hilfe der Formeln über elastische Wellen in isotropen Medien, etwa wie sie Wiechert (12) aufgestellt hat, alles zu erklären. Man benutzt allgemein lieber eine einfache Theorie als eine kompliziertere, solange man nicht mit der ersteren auf grössere Schwierigkeiten stösst, und so mag es sich erklären, dass man von der Annahme einer anisotropen Erdkruste auch bei Nahbeben zurückschreckte, obwohl für die Gesteine der Erdoberfläche Anisotropie bewiesen ist, und obwohl Rudzki mehrfach hingewiesen hat auf „die Unsitte, die sich in der Seismologie eingebürgert hat, anisotrope Körper als isotrope zu behandeln (9)“. Allerdings hebt er selbst hervor, „dass in grossen Tiefen . . der Stoff isotrop oder nahezu isotrop sein muss“, und da die Wellen bei Fernbeben die obersten Schichten fast senkrecht und nur kurze Zeit passieren, so ist es wohl zunächst bei Fernbeben statthaft, solange man nicht auf Widersprüche stösst, den ersten scharfen Einsatz als direkte, den Einsatz PP als einmal reflektierte Longitudinalwelle zu betrachten und für diese longitudinalen Vorläufer die einfache Annahme der Isotropie der komplizierteren der Anisotropie als Arbeitshypothese vorzuziehen. „Aber nahe der Erdoberfläche sind die Stoffe gewiss grösstenteils anisotrop und wir haben keinen Grund anzunehmen, dass diejenigen speziellen Beziehungen zwischen den elastischen Konstanten, welche die getrennte Fortpflanzung der dilatationalen von der torsionalen Welle ermöglichen, bei diesen Stoffen erfüllt seien. Die Deformation beim Vorübergang einer Welle muss also einen gemischten Charakter haben, sie muss zugleich in einer Dilatation und in einer Torsion bestehen. Ausserdem müssen, von der Lamb-Rayleigschen oberflächlichen Welle abgesehen, in der Erdrinde nicht zwei, sondern drei Wellen entstehen. In gewissen Richtungen kann sogar eine und dieselbe Welle einen und denselben Punkt mehrfalls treffen“. Diese Worte Rudzkis zeigen so recht die Schwierigkeiten, die in Wirklichkeit sich der Behandlung der Nahbeben entgegenstellen. Von den Komplikationen, die bei Übergängen von einer Gesteinsart in eine andere entstehen können, ist hierbei noch ganz abgesehen.

Rudzki hat eine sehr klare Darstellung der elastischen Welle in anisotropen Medien gegeben (9). Er findet, wie oben schon zitiert ist, dass nicht eine longitudinale und eine transversale Welle entstehen, sondern dass sich 3 Wellen fortpflanzen. Die folgende Figur ist seiner Arbeit entnommen, sie gilt für den Fall, dass in der X-Y-Ebene Isotropie, dagegen in Richtung der Z-Achse, die in der Praxis nach dem Erdmittelpunkt hin zeigt, Anisotropie herrscht, und zeigt die 3 Wellenflächen unter gewissen Annahmen. Die Schale KL läuft am schnellsten, sie ist Rotationsfläche eines Ovals um die Z-Achse. Dabei kann $OL \leq OK$ sein. Die Schale RM ist ein Rotations-



ellipsoid um Z, $OR \leq OM$. Sie pflanzt sich langsamer als die erste fort. Die Schale RN berührt die vorhergehende in R, und es kann sein $OM \leq ON$. Sie kann „eine Art Wülste aufweisen. Es gibt dann Gebiete (in der Figur sind solche Gebiete zwischen den Geraden OS und OQ eingeschlossen), in denen sie bei ihrem Vorübergang jeden Punkt dreimal trifft. Da aber derselbe Punkt von den beiden anderen Strahlen je einmal getroffen wird, so werden die in den Gebieten SOQ befindlichen Punkte von der elastischen Welle insgesamt fünfmal affiziert“.

Dass die obersten Erdschichten anisotrop sind, ist sicher. Wir dürfen uns also nicht wundern, dass wir so viele Wellen beobachten, und dass wir bei der Annahme von Isotropie auf Widersprüche stossen. Wenn wir daher zu entscheiden haben, welche der drei in diesem Abschnitte behandelten Annahmen richtig ist, so werden wir nicht fehl gehen, wenn wir die dritte den beiden anderen vorziehen und sagen: Weder P noch \bar{P} ist eine rein longitudinale Welle.

Die weiteren Vorläufer.

In den Figuren 262 und 263 wurden für beide Beben je alle beobachteten Einsätze ausser für Baku eingetragen. Wir wollen uns im vorliegenden Abschnitte nur mit den seither noch nicht besprochenen Wellen vor „iL“ beschäftigen. Unter „iL“ ist hierbei der Beginn der grossen Amplituden verstanden, der überall sehr scharf auftritt. Wir sehen sofort, dass es sehr schwer ist, Kurvenzüge durch die Beobachtungen zu legen; immerhin treten einige Wellengruppen hervor, die mit a, b, c, d und e bezeichnet sind. Legt man die auf Pauspapier gezeichnete Figur 263 des Bebens II auf Figur 262 des Bebens I, so decken sich fast alle diese Wellen. Es scheint sich also zum grössten Teil nicht um zufällige Einsätze zu handeln. Einer der schärfsten ist die Welle d; verlängert man die Gerade, die deren Einsätze verbindet, so kommt man bei Pulkovo auf den Einsatz, der dem als Transversalwelle (S) angesprochenen Einsätze der Fernbeben entspricht. Es lässt sich nicht entscheiden, ob bei den Distanzen unter 1800 km hier wirklich eine Transversalwelle vorhanden ist; jedenfalls ist Pulkovo die herdnächste Station, die zwei erkennbare Vorläufer besitzt; da nur zwei Vorläufer vorhanden zu sein scheinen (falls nicht „iL“ ein dritter ist), so ist es nicht unmöglich, dass schon in dieser Distanz die Wellen vorwiegend in regelmässig und isotrop gebauten Schichten laufen, so dass man dort in erster Annäherung P und vielleicht auch S als longitudinale bzw. transversale Vorläufer ansehen kann. Jedenfalls ist bei $\Delta < 1200$ km nirgends ein Anzeichen eines S-Einsatzes vorhanden, denn der Einsatz d unterscheidet sich äusserlich nicht von den übrigen. Während also zwischen $\Delta = 160$ km und $\Delta \geq 600$ km zwei Einsätze (P und \bar{P}) vorhanden sind, bei denen, nach ihrem Azimut zu urteilen, eine starke longitudinale Komponente nicht ausgeschlossen ist, können wir vor Beginn der Hauptausschläge bei $\Delta < 1200$ km keine Welle finden, die sich durch grössere Periode oder auf andere Weise von den übrigen Wellen unterscheidet und als S angesprochen werden könnte. Es ist im übrigen charakteristisch, dass viele Stationen in ihren Berichten einen Einsatz S angeben.

Der Beginn der Hauptausschläge, die Maxima und Nachläufer.

Derjenige Einsatz, der neben P und \bar{P} in den Diagrammen am schärfsten ausgeprägt ist, ist der Beginn der Maximalbewegung. Wir ersehen aus den Figuren 262 und 263, dass auch deren Einsatzzeiten nur wenig von einer Geraden abweichen, und dass die Zeitdifferenz zwischen P und „iL“, wie der Beginn der Hauptausschläge genannt ist, bei

den beiden Beben innerhalb der Beobachtungsfehler die gleiche ist. Nehmen wir an, dass iL der Beginn der Oberflächenwellen ist, was aber bei unseren Nahbeben durchaus nicht sicher ist, so finden wir für die Geschwindigkeit v_L von iL für beide Beben

$$v_L = 3,75 \text{ km/sek,}$$

einen Wert, der allerdings sehr gut mit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Oberflächenwellen übereinstimmt, wie sie von mehreren Autoren auf andere Weise gefunden worden ist.

Die Eintrittszeiten der Maxima selbst streuen bei dem Beben I ziemlich stark um eine Gerade, bei Beben II liegen sie wesentlich näher an einer solchen. Hier stellt sich nun die merkwürdige Tatsache heraus, dass beim Beben I die Maximalamplituden durchschnittlich 16 Sekunden später eintreffen als beim Beben II, sogar an den herdnahen Stationen. Als Geschwindigkeit v_M der Maximalamplituden ergibt sich für beide Beben

$$v_M = 3\frac{1}{4} \text{ km/sek}$$

unter der Annahme, die auch bei iL gemacht wurde, dass sich M längs der Erdoberfläche fortpflanzt.

Die Perioden. In den Figuren 264 und 265 wurden die abgelesenen Perioden der Maximalamplituden bzw. der Nachläufer als Funktion der Distanz bis $\Delta = 1400$ km für beide Beben eingetragen. Man sieht, dass die Perioden in beiden Fällen unabhängig von der Distanz beim Beben I meist 2—5, bei II meist 1—3 Sekunden betragen. Erst in Pulkovo und in Baku, andeutungsweise auch in Algier, zeigen die Maxima und Nachläufer Perioden von 12 Sekunden und mehr, haben also Fernbebencharakter. Beim Eintragen in eine Karte ergab sich kein Einfluss der geographischen Lage auf die Periode.

Die Amplituden zeigen hier ein anderes Verhalten. In Figur 266 wurden die Horizontalkomponenten der Maxima bei Beben I, in Figur 267 bei Beben II in Karten eingetragen. Bei beiden fällt es auf, dass im NE und SW vom Herd die Amplituden im allgemeinen grösser sind als im SE und NW.

Bei den Stationen, die einen Vertikalapparat besitzen, wurde das Verhältnis $M_H : M_Z$ bestimmt; es ergab sich zwischen $1\frac{1}{2}$ und 5, während in isotropen Medien für die Rayleigh'schen Oberflächenwellen $M_H : M_Z$ den Wert 0,68 haben sollte. Wir haben es also jedenfalls nicht mit Rayleigh'schen Oberflächenwellen zu tun.

Schliesslich wurde für beide Beben das Verhältnis der Maximalamplitude in der N-S-Komponente zu der in der E-W-Komponente gebildet und in Figur 268 in eine Karte eingetragen. Hier ergab sich das überraschende Resultat, dass östlich und westlich des Herdes die N-S-Komponente, nördlich des Herdes aber die E-W-Komponente am stärksten ist. Schon 1907 hat Wiechert (12) darauf hingewiesen, dass bei dem Beginn der Oberflächenwellen transversale Schwingungen vorherrschen. A. Mohorovičić (3) stellte dann 1910 die Vermutung auf, dass bei Nahbeben das Maximum die transversale Phase sei, die den longitudinalen \bar{P} entspricht. Dem widerspricht jedoch die Tatsache, dass weder die Laufzeit von iL noch von M irgendwo anormale Verhältnisse zeigt, was in der Distanz, in der \bar{S} aufhört, eintreten müsste, dass vielmehr beide Laufzeitkurven glatt bis zu den Einsätzen von Pulkovo durchlaufen. Hier gilt erst recht das schon bei \bar{P} Gesagte: Infolge der Unregelmässigkeiten und insbesondere der sicher vorhandenen Anisotropie der obersten Schichten ist es nicht verwunderlich, wenn die Maximalwellen nicht die Amplituden zeigen, wie man sie unter Annahme der Isotropie für Rayleigh'sche Oberflächenwellen errechnet. Auf diese Tatsache ist schon wiederholt hingewiesen worden.

Vergleich der Aufzeichnungen beider Beben, und die zeitlichen Änderungen der Perioden.

Die Laufzeiten. Wie wir oben gesehen haben, stimmen die Laufzeiten der beiden Beben ausser bei M überein. Wir können daraus schliessen, dass beide innerhalb der Beobachtungsfehler tatsächlich den gleichen Herd besessen haben.

Die Perioden. Bei allen Betrachtungen, die wir seither über die Perioden sowohl der Vorläufer als der Maxima angestellt haben, hat es sich gezeigt, dass bei Beben II durchschnittlich geringere Perioden vorhanden sind als bei Beben I. Es wurden deshalb für eine Reihe von Stationen alle Perioden von P an bis ins Gebiet der Nachläufer ausgemessen und in den folgenden Tabellen zusammengestellt. Wir finden in diesen zunächst den Ort der Aufzeichnung, seine Herddistanz, seinen Untergrund, die Eigenperiode und Dämpfung des Instrumentes und schliesslich die Messungen. Diese besitzen eine Spalte mit „Zeit“ und eine zweite mit „Periode“. Die Werte in letzterer sind in Sekunden angegeben und gelten für die Zeit, die mit dem in der ersten Spalte der betr. Zeile angegebenen Zeitpunkt beginnt und mit dem in der folgenden Zeile angegebenen endigt. Das Zeichen „u“ (und) in der Spalte „Periode“ bedeutet, dass die beiden dadurch verbundenen Werte gleichzeitig vorkommen. Ist eine Reihe von Zahlen eingeklammert, und folgt dann „u“, so trat die dahinterstehende Periode neben allen in der Klammer angegebenen auf. Es bedeutet z. B.

(5 5 4 5) u dauernd ($1\frac{1}{2}$ —2),

dass nacheinander die Perioden 5, 5, 4, 5 Sekunden auftraten, und dass diese vom Beginn der ersten 5 an, bis zum Schluss der letzten 5 dauernd von Perioden von $1\frac{1}{2}$ —2 Sekunden überlagert waren.

Perioden während der Beben.

1. Hohenheim

$\Delta = 45$ km

Untergrund: Die Apparatpfeiler stehen auf Sandstein.

Komponente N—S.

I u. II: $T_0 = 12^s$ $\varepsilon = 2,5$.

I

Zeit	Perioden
26 ^m 3 ^s	7 u. 4 7 5 4
30	4 3 16
27 0	18 u. 3 12 u. dauernd 1—2
30	dauernd 4 u. 2
28 0	10 u. 2 12 u. 2 8 u. 1
30	8 u. 1 6 u. 2

II

Zeit	Perioden
6 ^m 32 ^s	2 u. 1 2 u. $\frac{1}{2}$ 4 u. 2 2 u. dauernd $\frac{1}{2}$
7 0	15 u. 2 u. dauernd $\frac{1}{2}$ 12 u. 2 u. 2, gleichzeitig dauernd $\frac{1}{2}$
30	20 u. (2 1 $\frac{1}{2}$ 2 1) 13 u. (2 1 selten $\frac{1}{2}$)
8 0	5 u. 1 4 1 2 dann dauernd 1

2. Karlsruhe

$\Delta = 94$ km.

Untergrund: Aufschüttung.

I u. II: $T_0 = 6^s \quad \varepsilon = 5$.

I

Zeit	Perioden
26 ^m 8 ^s	4 4 4 6 u. 3
30	5 4 4 dann dauernd 3—4 bis:
27 30	dauernd 4 bis:
28 30	4

II

Zeit	Perioden
6 ^m 38 ^s	zunächst dauernd 4 u. $\frac{3}{4}$, dann 2 2
7 0	10 3 3 2 4 3 3
30	2 2 $\frac{1}{2}$ 3 4 u. dauernd 1 5 u. dauernd 1 3 3 u. 1
8 0	2 u. 1 2 u. (1 1) 4 3 4 3

3. Besançon

$\Delta = 262$ km

Untergrund: Tonhaltiger Kalk.

Komponente E—W.

I: $T_0 = 7,1^s \quad \varepsilon = 3,4$ II: $T_0 = 5,4^s \quad \varepsilon = 2,6$.

I

Zeit	Perioden
26 ^m 29 ^s	3 3 2 2 2 8 u. 2 8 u. (1 $\frac{1}{2}$ 1 $\frac{1}{2}$) 2 2 2
27 0	8 u. (2 2 1 $\frac{1}{2}$) 2 $\frac{1}{2}$ 3

II

Zeit	Perioden
7 ^m 0 ^s	2 $\frac{1}{2}$ 2 2 $\frac{1}{2}$ 1 $\frac{1}{2}$ 2 $\frac{1}{2}$ u. $\frac{1}{2}$ 1 1 (4 3 3 2 $\frac{1}{2}$) u. dauernd $\frac{1}{2}$ —1
7 30	2 2 $\frac{1}{2}$ u. (1 1 1) (2 1 1 1 1) u. dauernd $\frac{1}{2}$ (5 5 2 6) u. dauernd 1
8 0	5 u. dauernd 1

4. Göttingen

$\Delta = 365$ km

Untergrund: Muschelkalkbänke.

I

A 17000 kg Pendel, Komp N-S $T_0 = 1,42 \quad \varepsilon = 7,0$
 B 1000 „ „ „ N-S $T_0 = 12,5 \quad \varepsilon = 4,5$
 C 1000 „ „ „ E-W $T_0 = 12,8 \quad \varepsilon = 5,5$

Zeit	Perioden		
	A	B	C
26 ^m 41 ^s	$\frac{1}{2} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{1}{2}$		
43	$\frac{3}{4} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{3}{4}$		
50	1 1 $\frac{1}{2} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{1}{2}$	1 2	
56	1 u ($\frac{3}{4} \quad \frac{1}{4} \quad \frac{1}{2}$) 1 1 1	2 1 $1\frac{1}{2}$	1 $\frac{1}{2} \quad 1\frac{1}{2}$
27 0	dauernd 1	(10 10) u. dauernd 1 10 u. dauernd 1-2	9 u. dauernd 2 4 2 2 6 8
27 30		7 u. (1 2) 2	

Vertikalpendel. $T_0 = 4,8 \quad \varepsilon = 5,2$

Zeit	Perioden
26 ^m 41 ^s	1 1 2 4 2 2
50	dauernd 3 u. (1 1 1)
27 0	(3 2 3 4 3 4) u. dauernd 1 6 u. (2 1)
30	2 4 1 1 3 4
28 0	4 4 2 2 4 5 3
30	6 u. 3 2 3 1 2 3 4 3
29 0	8 u. 2 2 2 3 4 2 2 2 2 2
30	7 4 3 2 2 4 4
30 0	4 4 3 4 2 3 5 u. 2
30	— 2 2 3 4 6 3
31 0	4 4 4 7 4 4 4
30	4 5 3 6 4 4 6
32 0	4 2 2 4 4

100 kg-Pendel. $T_0 = 57 \quad \varepsilon = 3,6$

Zeit	Perioden
26 ^m 56 ^s	2 2
27 0	(10 10) u. dauernd 1-2 8 u. (4 2 2) 4
30	2 2 6 6 3
28 0	6 4 9 10 10 u. (1 2 1 1 2)
30	10 u. (2 1 1 2) 10 u. (3 2) 6 u. (3 2 3)
29 0	8 u. dauernd ($1\frac{1}{2}$ -2) 9 u. dauernd $1\frac{1}{2}$ 9 u. ($2\frac{1}{2}$ 2)
30	8 u. (3 2) (5 8 4 4) u. dauernd 1
30 0	6 u. dauernd 1 5 2 2 4 u. (2 2) 2
30	2 1 1 4 u. 2 3 4 6 4
31 0	5

II

17000 kg Pendel (N-S): $T_0 = 1,45 \quad \varepsilon = 7$

Zeit	Perioden
7 ^m 11 ^s	dauernd $\frac{1}{2}$
15	1 $\frac{1}{2} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{1}{2} \quad 1 \quad \frac{1}{2} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{1}{2} \quad 1$
21	$\frac{1}{2} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{1}{2} \quad \frac{1}{2}$
24	dauernd 1 bis
8 30	1

1000 kg Pendel, Komp. N—S $T_0 = 12,7$ $\varepsilon = 3,8$

Zeit	Perioden
7m 24s	1 2 1/2 1
30	1 1 (3 3) u. dauernd 1 2 2 1/2 2 1/2 2
8 0	2 1 1 1 1 1 2, dann dauernd (1 1/2—2)
30	10 u. (4 4) 10 8, ausserdem dauernd 1
9 0	10 u. (2 1) 10 u. dauernd (1 1/2—2)
30	8 u. dauernd (1 1/2—2) 2 2 2 2 4 4
10 0	(5 5 4 5) u. dauernd (1 1/2—2) 2 2 3 2, dann dauernd 1 1/2
30	4 u. 2 2 2 4 u. 2 2 2 4 u. 1 1/2 2 2 2 2 2

1000 kg-Pendel Komp E—W. $T_0 = 13,0$ $\varepsilon = 5,6$

Zeit	Perioden
7m 15s	1 1/2, dann dauernd 1
21	1/2 1 1/2 1 1/2 1/2 1/2 1/2 1/2 1 1 1/2
30	2 1, dann dauernd 1/2, 2 1 1/2
8 0	1 1 1 2 7 4 4 4 } u. dauernd 1
30	4 4 4 4 4 6 }
9 0	9 9 10 10 }
30	9 u. dauernd 1 9 u. dauernd (1 1/2—2)
10 0	(10 6 6) u. dauernd (1—1 1/2) 5 2 2 6 2
30	3 6 3 3

Vertikalpendel $T_0 = 4,7$ $\varepsilon = 5,8$

Zeit	Perioden
7m 11s	dauernd 1 u. 1/2 bis
30	" 2 u. 1 u. 1/2
8 0	" 2 u. 1, dann dauernd 5 u. 1
30	5 5 — 7
9 0	2 2 3 2 1/2 4 3 4 3 4 1 1 1 1 } und dauernd 1
30	dauernd 1, dann dauernd 2 u. 1 1/2
10 0	— 4 3 4 3 4
30	dauernd 2 u. 3

5. Clausthal.

$\Delta = 398$ km

Untergrund: Festes Gestein. Die Instrumente stehen 600 m unter Tag.

I

Zeit	Perioden	
	N—S	E—W
0m 30s	3 — 2 1 2 2 2 3/4 3/4 3/4 2 4 u. 1 4 u. 1 1/2	2 2 2 1 2 1 2 1 1 3
1 0	3 u. 1 5 u. (1 1 1 1) 3 2 2	3 3 2 4 5 4 u. 1 4 2 1 1/2
30	4 u. (1 1 1 1) 3 1 1 2	
2 0	5 u. (1 1/2 1 1/2 1 1/2) 9 u. (1 1 1 2 1 1 1 1) 8 u. (1 2) 6	3 1/2 6 6 6 4 6
30	7 u. 2 7 u. 3 7 5 4	4 3 5 4 4
3 0	4 5 4 u. 2 3 6 5 4	4 5 4 5 6 u. 3 8
30	5 u. (2 2) 3 u. 1 6 u. 2 5 u. 1 1/2 5 u. 1 1/2 5 u. 1 1/2	5 u. 2 7 u. 2 6 u. 2 5 5 u. 2
4 0	6 u. 2 6 u. 3 5 u. 2 4 3 5 u. 3	6 u. 2 6 u. 2 6 5 4
30	4 5 u. 3	2 2 5 6 6 5 2
5 0		4 3 2 3 3 3 6 5
30		2 2 2 6 6 7
6 0		5 2 6 6 5 5
30		6 3 3 3 3 3 4 4
		4 5 2 2 2 4 5 u. 2 6

II

Zeit	Perioden	
	N-S	E-W
0m 30s	$\frac{1}{2}$ 1 $1\frac{1}{2}$ 2 u. $\frac{1}{2}$ 2 1 1 1 1	— 2, dann dauernd 1
1 0	$1\frac{1}{2}$ $1\frac{1}{2}$ $1\frac{1}{2}$ $1\frac{1}{2}$ 2 u. 1 2 u. $1\frac{1}{2}$ 1 1 $1\frac{1}{2}$	dauernd ($\frac{1}{2}$ -1)
14 30	1 2 1 6 u. (2 1 1 1) 5 u. (1 1 $1\frac{1}{2}$)	2 2 2 3 7 u. dauernd (1-2)
2 0	5 u. 2 2 (4 4 5) u. dauernd (1- $\frac{1}{2}$)	(5 6 4 6 4 3 4) u. dauernd 1
30	$1\frac{1}{2}$ 2 2 1 1 1 3 u. 1 1 4 u. 1 1 1	(2 $\frac{1}{2}$ 3 4 2) u. dauernd 1, dann dauernd (1-2)
2 0	1 1 1 1 1 2 2 2 2 3, dann dauernd (1-2)	1 1 1 1 1 1 (2 2 2 3 2) u. dauernd 1, dann dauernd 1
30	erst dauernd 1, dann 3, dann dauernd 1- $1\frac{1}{2}$	
3 0	dauernd (1- $\frac{1}{2}$), dann 2 2	

6. Uccle

A = 44I km

Untergrund: Grober Kalkstein des Eozän.

	I			II		
	N-S	E-W	Z	N-S	E-W	Z
T_0	11,8	11,4	5,0	11,8	11,5	5,0
ϵ	5,9	5,3	4,3	6,0	5,8	4,5

I

Zeit	Perioden		
	N-S	E-W	Z
26m 51s	dauernd 1	1 1 2 2 2	3 1 1 1
27 0	1 1 1 1 1 2 2 8 10	4 4 3 8 10	8 8 5 8
30	10 10	4 7 10 6	— 10 4 8
28 0	6 7 10 10	10 10 6	5 6 6 6 4
30	6 4 8 8	5 10 8	6 6 5 7 4 4
29 0	7 6 6 4 1 1 1	8 5 8 8	6 6 5 4 7
30	3 5 7 3 6	8 12 7	5 6 8 4 2 6
30 0	6 2 6 8 5	6 5 3 8	6 3 6 6 3 5
30	7 10 5 5	5 6 3 12	4 5 — 5 5
31 0	8 9 5 6	8 6 6 4 8	4 8 10 4 u. 2
30	8 5 12	9 8 5	4 u. 2 6 u. 2 — 6
32 0	10 8 8 4 4	4 8 5 4	4 6 5 6 u. dauernd 2
30	5 2 4 4 6	10 7 8	4 4 4
	u. von 26m 51s bis 33m 0s dauernd 1	u. von 26m 51s bis 33m 0s dauernd 1	und dauernd 1

II

N-S

Zeit	Perioden
7m 22s	1 1 1 1 1 2 } u. dauernd 1
30	4 7 7 1 1
8 0	$1\frac{1}{2}$ $1\frac{1}{2}$ 1 1 1 1 $1\frac{1}{2}$ $1\frac{1}{2}$ 7 u. dauernd 1
30	4 10 10 4
9 0	5 6 4 7 } u. dauernd 1
30	5 5 5
10 0	} dauernd 1
11 30	

E-W

Zeit	Perioden
7m 22s	dauernd 1, vereinzelt 1½, zuletzt 4 u. (1 1 1 1)
8 30	2 1 1 1 1 7 u. (3 u. 1 1 1) 1 1 1 1 3 1 1 1 1 6 u. dauernd 1
9 0	6 - 3 - 3, dazwischen 1
30	6 6 7 2 2½ 2 4
10 0	dauernd 1, dann 4 5 6
30	5 3 1 1 1 1 1 1 5 } und dauernd 1

Z

Zeit	Perioden
7m 22s	dauernd 1
30	½ - 2½ - 1½ - 2 -, dazwischen dauernd 1
8 0	5 3 4 2 1 1 1 1 1 1 (5 3 5) u. dauernd (½-1)
30	5 5 5 - 2
9 0	6 8 4 3 2 2 2 } u. dauernd 1
30	5 4 4 4 5
10 0	3 2 2 3, dann dauernd 2
30	2 3 3 1½, dann dauernd 2

7. Paris

Δ = 493 km

Untergrund: Dicke Kalkbänke.

	I		II	
	N-S	E-W	N-S	E-W
T ₀	10,3	10,6	10,4	10,9
ε	4,3	4,4	4,6	4,4

I

Zeit	Perioden	
	N-S	E-W
27m 0s	2 2 u. 5½ 4 4 5 2½ 1	4 5½ u. 2½ 4 3 1 1
30	4 u. 2 1 9	2 u. 1 2 u. 1
28 0	6 u. 2 2 1 1 2½ 2 2	7 u. 1 1 1 1 1 2 7 u. 1 1
30	1 3½ 1½ 5½ 3 10 2 2	1 1 1 7 1 1 2 7 u. 2 1 1 5
29 0	5½ 2½ 2 2 1½ 1½ 2	1 1 1 2 2½ 1 2½ 1 1½
30 0	2 2½ 2 -	2 1½ 1½ - 2½ 3
30 30	- - -	2 2½ 2 2½ 3 2 2 3 3
31 0	2½ 2½ 2½ 3 3 2½ 3 4 4	2½ 2 2½ 3 2½ 3 3 3 4 5½
36 0	3 5½ 5½ 2 4 5½ 4 4	2 2½ 2 3 3 2½ 2 2½ 3
37 0	2 4 3½ 3 3½	2½ 3 3 2
38 0	7 5½ 6 3 6 6 7½ 6	2½ 3 2½ 2½ 3 3 2½ 4 4
	6 8 7 6 7 6 7 8	3 4 3 3 5 3 2½ 4
		5 5 3½ 3 3 3½ 2½

II

Zeit	Perioden	
	N-S	E-W
7m 40	dauernd ½-I.	} bis 8m 36s dauernd ¾ - (4 2 5 4) u. dauernd ¾ } u. dauernd ¾
47	" ¾	
8 17	3 u. (¾ ¾ ¾ ¾)	
30	3 1½ (2 4 4 4) u. dauernd ¾ 10	
9 0	10 (8 7 8) u. dauernd ¾	
30	6 4 u. 1 2 2½ 2½ 3½ 4, vereinzelt ¾	
10 0	3½ 4 4 4½ 5½ 4 2	
30	3 3 5 4 4 4 4	
11 0	3 3 3 2 3 2	
30		

C

Zeit	Perioden
27 ^m 9 ^s	dauernd 1
30	dauernd 1, dann 2 1 1 2½ 1½ 3 1 1 1 1 1
28 0	2 1 1 2 u. 1 3 u. 1 3 u. 1 (1½ 2 3 2 3) u. 1
30	3 3 2 1 2 1½ 3½ 3½ 3½ u. 1½ 2½
29 0	3 4 5 u. 1½ 3 2 3½ 3 2 2
30	3 3 3 3 2 3 2½ 5 7 u. 2 2 2
30 0	2 2 2 2

II

A NE—SW

Zeit	Perioden
7 ^m 41 ^s	1½ 1½ ½ 1 1 ½ 1½ 1 2 1 1½
8 0	dauernd ½, dann 3 1½ 3 2½ (2 2 2½ 2½ 2) u. dauernd 1 1½ 1 1½
30	1 3 3 (2½ 2½ 2 2½ 2½) u. dauernd 1 2 2 u. 1 1½ 1 3 u. 1
9 0	3 u. 1 2 2 1 1½ 2 3 3½ u. 2½ 4 u. 2
30	2 1½ 3½ 5 u. (2 1½ 2) 6 u. (2 ½ 2) 1 2 3 2 2
10 0	3 2 2 2 3 3½ 2 2
30	2 1 1½ 4 2 1½ 3 2 3½ 6 u. (3 3)
11 0	2 2 3 2

10. Sarajevo

Δ = 870 km

Untergrund: Humus, darunter Lehm.

I: T₀ = 6 N—S: ε = 3,7 E—W: ε = 4,3

I N—S

Zeit	Perioden
27 ^m 42 ^s	1 2 2½ 3½ 2½ 2 2 2
28 0	1 3 2 2 2 2 2 4 3 1½ 1½ 1
30	3 2 1½ 2 2 3 5 4 u. 2 2 4 u. 2 2 1
29 0	2 2 — 1 3 4 u. 2 2 2 2
30	1 2 4 3 1½ 2 4 4 1½ 2 2 2
30 0	4 u. 2 5 4 3 2 4 4
30	4 4 4 u. 1 4 4 4 5
31 0	5 6 6 5 5 6
30	4 3 4

II E—W

Zeit	Perioden
27 ^m 42 ^s	} dauernd 1—1½
28 0	
30	} u. dauernd 1
29 0	
30	2 5 2½ 2½ 2 1 1 3 u. (1 1 1) 2 1½ 1½ 1
30 0	2½ 4 u. (1 1) (2 3 4 5 4 5) u. dauernd 1
30	4 4 4 5 u. 1 5 u. (2 1) 4
31 0	5 4 — 4 5 4
30	4 4 3 4

11. Pulkovo

$\Delta = 1868$ km

Untergrund: Lehm.

I NS II
T 23,5 13,5

Die Perioden der Bodenunruhe, die die Beben überlagert, wurden nicht mitgemessen.

I N-S

Zeit	Perioden
29 ^m 47 ^s	1½ 2 1 1½ 1½ 2 2
30 0	dauernd 1½
32 30	(1½-2)
33 4	(6 6 10) u. dauernd 1½
34 0	8 1½ 1½ 1½ 1½ 8 u. dauernd 1½ 2 2 4 dann dauernd 1
34 30	7 u. (2 3) 5 1½ 4 10 u. dauernd 1½
35 0	8 u. dauernd 1½ 8 9
35 30	6 5 5 u. (2 1½) —
36 0	14 12
36 30	11 9 9
37 0	8 7 u. 1½ 9 8 u. 1½
37 30	10 9 7
38 0	7 6 6 6 7
38 30	7 6 5 4 6
39 0	6 8 10 6
39 30	8 13 u. 4 8
40 0	6 6 8 4 5 5
40 30	6 6 9 u. 3 8 u. 4
41 0	6 11 u. 5 6 7
41 30	10 u. 4 14
42 0	15 u. 5 10 12
42 30	5 4 6 10
43 0	12 u. 4 10 u. (2 2) 10
43 30	10 6 12

II N-S

Zeit	Perioden
10 ^m 15 ^s	1 2 1, dann dauernd 1½
13 24	(5 5 4 3 4 2 3) u. dauernd 1½
14 0	1½ 2 1½ 1½ 2, dann dauernd (1½-2)
14 30	(3 4 4) u. dauernd 2, dann dauernd 1½ 8 u. dauernd 1½
15 0	1½ 1½ 8 8 7 4
15 30	11 18
16 0	12 10 10
16 30	10 9 8
17 0	8 9 4 4 8
17 30	(9 9) u. dauernd 1½ 7
18 0	7 7 7 4
18 30	4 6 dauernd 1½ 6 6
19 0	6 5 1½ 1½ 1½ 4 5 6
19 30	8 u. 1½ 5 5 3 5
20 0	6 6 6 u. 1½ 6 5
20 30	6 4 4 4 4 4
21 0	4 6 5 5 5 6
21 30	4 4 dauernd 1½ 4 4 4
22 0	4 4 — 4
22 30	5 5

12. Baku

$\Delta = 3320$ km

Untergrund: Kalk.

N—S E—W
T 26,1 27,4

I

Zeit	Perioden	
	N—S	E—W
32 ^m 3 ^s	4 4 6 6 6 6	3 4 4 7 6 2 2 2
30	— 4 6 — 5 8 3 2 2 2	7 8 6 6 7 4 4 6 6
33 30	6 7 4 5 5 5 — 4 4 6	8 4 2 2 6 7 4 2 2 2 2 2 4 2
34 30	6 6 8 6 6 6 6 9 u. 5 6	— 2 6 8 u. 4 2 5 2 3 6 7 6
35 30	6 8 8 5 6 5 4 4 4 4 —	— 4 6 6 u. 2 5 u. 2 5 4 6 6 6
36 30	4 6 5 14 6 6 6 12	— 4 2 2 2 4 5 8 5
37 30	16 u. (4 2) 7 6 12 12	12 10 u. (2 2 2 2) 6 4 5 14
38 30	14 u. 6 8 14 8 15	— 7 5 7 8 14 u. (2 2 2 2 2) 17 u. (2 2 2 2 2)
39 30	12 4 4 4 12 12 14 u. (2 2 2 2)	14 u. (2 2) 12 8 6 10
40 30	14. 14 u. 4 12 20	16 14 u. 6 10 13 10
41 30	12 14	16 15 10 14 u. (6 8)

Die in den Tabellen angegebenen Werte wurden in Figuren eingetragen und zwar so, dass die Zeit 21^h 26^m 0^s des Bebens I auf die gleiche Abszisse zu liegen kam wie die Zeit 12^h 6^m 30^s des zweiten Bebens. Die Einsätze P, \bar{P} , i_3 . . und M wurden am oberen Rande der Figuren durch Pfeile für beide Beben markiert. Die Figuren 269 bis 272 geben ein Bild für verschiedene Entfernungen. Zunächst ergibt sich, dass bei allen Stationen ausser Baku ($\Delta = 3320$ km) eine kurze Grundperiode, wie ich sie kurz nennen will, vorhanden ist, die zuerst allein auftritt und sich später über die anderen Perioden auflagert. Diese Erscheinung tritt bei beiden Beben auf.

Hohenheim ($\Delta = 45$ km). Die Grundperiode ist bei I schwach, bei II gut ausgeprägt und beträgt $\frac{1}{2}$ —2 Sekunden. Es treten nach M mehrfach Perioden von 10—20 Sekunden auf.

Karlsruhe ($\Delta = 94$ km). Die Grundperiode bei I beträgt 3—4 Sekunden, bei II 1—3 Sekunden. Merkliche Periodenänderungen treten im Verlaufe der Beben kaum ein. (Vgl. Fig. 269).

Besançon ($\Delta = 262$ km). Die Grundperiode beträgt etwa 2 Sekunden bei I, etwa 1 Sekunde bei II. Kurz nach \bar{P} treten Wellen mit Perioden über 3 Sekunden auf.

Göttingen ($\Delta = 365$ km). Hier finden wir als Grundperioden 1—2 Sekunden bei I, $\frac{1}{2}$ —1 Sekunde bei II. Bald nach \bar{P} treten ebenfalls höhere Perioden bis 10 Sekunden auf, die sich bis 2 Minuten nach M nicht wesentlich ändern; dann beginnt jedoch ein schneller Abfall, und die Nachläufer zeigen bei I 4 Sekunden als vorherrschende Periode.

Clausthal ($\Delta = 398$ km. Die Station liegt 600 m unter Tag). Die Perioden weichen nicht wesentlich von denen in Göttingen ab, nur das Auftreten der hohen Perioden, die hier nur selten 7 Sekunden überschreiten, ist weniger ausgeprägt.

Uccle ($\Delta = 441$ km). Die Grundperiode beträgt bei beiden Beben 1 Sekunde. Bei \bar{P} steigt die Periode stark an und ändert sich dann während 4 Minuten nicht wesentlich.

Paris ($\Delta = 493$ km). Die Grundperioden von 1—2 Sekunden bei I und 1 Sekunde bei II hören bald nach M auf. Bei I beginnt das Beben mit Perioden von 5—6 Sekunden, während bei II derartige Werte erst nach M erreicht werden. Von 1 Minute nach M ab sind Perioden über 5 Sekunden selten. 8—10 Minuten nach M sind dagegen fast nur Perioden von 6—8 Sekunden vorhanden.

Graz ($\Delta = 493$ km). Bei beiden Beben ist 1 Sekunde Grundperiode. Die Perioden wachsen langsam an und erreichen bald nach M ihr Maximum. Von 1 Minute nach M ab werden 6 Sekunden bei beiden Beben nur selten überschritten. (Vgl. Fig 270).

Zagreb ($\Delta = 589$ km). Bei beiden Beben herrschen Perioden von 1—3 Sekunden vor. Perioden über 4 Sekunden treten vereinzelt und erst nach M auf.

Sarajevo ($\Delta = 870$ km). Es sind nur die Registrierungen von I vorhanden. Für dessen Perioden gilt ähnliches wie für die in Zagreb.

Pulkovo ($\Delta = 1868$ km). Beide Beben zeigen anfangs ausser der Periode der Bodenruhe nur Perioden von $1\frac{1}{2}$ Sekunden. Von dem Einsatz iS ab treten ausserdem Perioden bis 10 Sekunden auf. Einzelne höhere Perioden sind kurz nach M vorhanden. Den Perioden nach sind die Registrierungen noch als Nahbebenregistrierungen anzusprechen, doch zeigt das plötzliche Auftreten höherer Perioden bei S, dass es sich bereits um einen Übergang zum Fernbebencharakter handelt. (Vgl. Fig. 271.)

Baku ($\Delta = 3320$ km) ist die einzige Station, deren Registrierungen Fernbebencharakter zeigen. Leider ist nur I vorhanden. P beginnt mit Perioden um 6 Sekunden (meist 4—7); von iS ab treten noch Perioden um 12 Sekunden (meist 10—14) hinzu, während noch höhere Perioden vereinzelt von iL ab vorhanden sind. (Vgl. Fig. 272.)

Vergleichen wir nun die Perioden der beiden Beben untereinander, so finden wir, dass in ganz ausgesprochener Weise die Perioden bei I grösser sind als bei II. Im übrigen ist meist Parallelismus zwischen den Perioden bei beiden Beben vorhanden.

Die Amplituden. Zum Schluss wurde noch das Verhältnis der Amplituden beim Beben II zu denen bei Beben I gebildet. Es wäre allerdings zum Vergleich besser, das Verhältnis der Energieen zu benutzen, hierbei würden jedoch die Fehler durch die Unsicherheit der Perioden vergrössert werden, und überdies hat sich in den früheren Abschnitten herausgestellt, dass die Perioden weder bei P noch bei \bar{P} oder M eine Abhängigkeit von der geologischen oder geographischen Lage zu besitzen scheinen. Es wurde daher direkt das Verhältnis der Amplituden bei beiden Beben und zwar für P, \bar{P} und M berechnet, und jedes in Karten eingetragen. Da sich bei allen im wesentlichen das gleiche Resultat ergab, sind in Figur 273 alle diese Werte zusammen benutzt worden, und zwar steht links von Kreuz, das die Lage der Station angibt, das Verhältnis für P, rechts für \bar{P} und unter dem Kreuz dasjenige für M. Man sieht, dass eine systematische Lagerung vorhanden ist. Leider fehlen im Osten und Westen Fernstationen. Es sieht so aus, als ob in einer Zone, die nördlich des Herdes in ost-westlicher Richtung verläuft, die Amplituden bei II verhältnismässig am grössten sind; je weiter man von dieser Zone nach Norden oder Süden geht, um so mehr übersteigt die Grösse der Einsätze beim 1. Beben diejenige beim zweiten; da die Perioden der eingetragenen Stationen sich nicht wesentlich unterscheiden, so scheint demnach bei den Einsätzen P, \bar{P} und bei M beim Beben II verhältnismässig mehr Energie auf eine Zone nördlich des Herdes gelangt zu sein als bei I.

Schlusswort.

Die Resultate der vorliegenden Arbeit lassen sich in zwei Klassen einteilen:

I. Positive Resultate: Zunächst wurden die Herdkoordinaten für beide Beben bestimmt. Es ergab sich nach einer Methode, die nur gleich schnelle Ausbreitung der ersten Wellen nach allen Seiten voraussetzt, dass beide Beben innerhalb der Beobachtungsfehler vom gleichen Herd mit den Koordinaten $\varphi = 48^{\circ} 19'$ $\lambda = 9^{\circ} 7'$ ausgegangen sind.

Es wurden ferner die Eintrittszeiten aller auffälligen Einsätze in Kurven eingetragen. Hierbei fanden wir, dass bei beiden Beben bei \bar{P} , das bei Distanzen über etwa 160 km auftritt, bei iL und einer Reihe weiterer Vorläufereinsätze die Laufzeitdifferenzen gegen P gut übereinstimmten, dass dagegen M beim Beben II etwa $\frac{1}{4}$ Minute früher kam als bei I.

Das Azimut von P und \bar{P} ging vorwiegend innerhalb der Beobachtungsfehler zum Herde hin, seltener von diesem weg. Ein Einfluss der geologischen Beschaffenheit auf die Amplituden scheint vorhanden zu sein. Die Maxima sind bei beiden Beben in der Richtung nach dem Herde kleiner als senkrecht dazu. Das Verhältnis der Amplituden von P, \bar{P} und M beim Beben I zu demjenigen beim Beben II zeigt in einer Zone nördlich vom Herd ein Minimum und nimmt von da aus nach Norden und Süden zu.

Die Perioden zeigen ausser bei Baku eine kurze vorherrschende Periode, die im Anfang oft allein auftritt. Bei \bar{P} , manchmal auch schon früher, wächst die Periode, erreicht in der Nähe von M, meist etwas kurz nach M, ein Maximum, und nimmt dann, bei einigen Stationen plötzlich, wieder ab. Baku ist die einzige Station, bei der die Perioden Fernbebencharakter besitzen ($\mathcal{A} = 3320$ km), während sich in Pulkovo ($\mathcal{A} = 1868$ km) ein Übergang hierzu zeigt. Bei Beben II sind die Perioden ausgesprochen kleiner als bei I.

II. Negative Resultate. Es konnte gezeigt werden, dass sich aus dem vorhandenen Material keine Herdtiefe ableiten lässt. Hierzu müssten die Zeiten oder Einfallswinkel wesentlich genauer bekannt sein. Eine Erklärung, woher P und \bar{P} beide longitudinalen Charakter zu besitzen scheinen, konnte in Übereinstimmung mit allen Beobachtungsergebnissen unter Annahme der Isotropie der oberen Erdschichten nicht gegeben werden. Es konnte nicht entschieden werden, welcher Wellenart der Einsatz iL, der die Hauptbewegung einleitet, und das Maximum selbst zuzuschreiben sind.

Dass sich diese negativen Resultate ergeben haben, ist aber durchaus nicht verwunderlich, nachdem die Anisotropie der Gesteine unserer Erdoberfläche mehrfach nachgewiesen worden ist, und nachdem Rudzki die komplizierten Verhältnisse in anisotropen Medien in schöner Form dargestellt hat. Es ist dies aber kein Grund, um auch die Anwendung der Theorie isotroper Medien auf Fernbeben zu verwerfen, denn diese zeigen, wie z. B. das Diagramm von Baku schon beweist, grössere Einfachheit als Nahbeben, die Vorläufer passieren in kurzer Zeit und sehr steil die obersten Schichten, die Einsätze selbst sind vielfach scharf und klingen schnell ab, so dass man wohl in sehr guter Annäherung für Fernbeben Isotropie als Arbeitshypothese solange annehmen kann, als sich nicht brauchbare Resultate auf Grund der Annahme von Anisotropie ergeben. Die Tatsache aber, dass bei Nahbeben die Verhältnisse viel komplizierter sind, als man vielfach annahm, und dass sich die obigen negativen Resultate über Fragen ergeben haben, über die in der Literatur schon erhebliche Meinungsverschiedenheiten zum Ausdruck gekommen sind, an deren Lösbarkeit unter Annahme von Isotropie man also nicht zweifelte, ist ein mindestens ebenso wichtiges Ergebnis wie die oben unter I angeführten positiven Resultate.

Literaturverzeichnis.

1. Galitzin, Fürst B., Zur Frage der Bestimmung der Herdtiefe eines Bebens und der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der seismischen Wellen in den oberen Erdschichten. St. Petersburg, Kais. Akad. d. Wiss. 1912.
 2. Lais, R. und Sieberg, A., Das mitteleuropäische Erdbeben vom 16. Nov. 1911 und seine Beziehung zum geologischen Aufbau Süddeutschlands. Gerlands Beiträge zur Geophysik XII. 1912.
 3. Mohorovičić, A., Das Beben vom 8. X. 1909, Jahrbuch des meteor. Observat. in Zagreb (Agram) für das Jahr 1909, Zagreb 1910.
 4. Mohorovičić, S., Die reduzierte Laufzeitkurve und die Abhängigkeit der Herdtiefe eines Bebens von der Entfernung des Inflexionspunktes der primären Laufzeitkurve 1. Gerlands Beiträge zur Geophysik XIII. 1913.
 5. Pilgrim, L., Die Berechnung der Laufzeiten eines Erdstosses mit Berücksichtigung der Herdtiefen, gestützt auf neuere Beobachtungen. Gerlands Beitr. z. Geophysik XII. 1912.
 6. Quervain, A. de, Über die Herdtiefenberechnung aus einer oder zwei herdnahen Stationen und die hierzu erforderliche Zeitgenauigkeit. Gerlands Beitr. z. Geophysik XIII, 1913.
 7. Reutlinger, Gg., Notiz zu dem süddeutschen Erdbeben vom 16. November 1911. Naturwiss. Wochenschr. 1912. Nr. 6.
 8. Rosenthal, E., Über die Tiefenbestimmung von Erdbebenherden. Gerlands Beitr. z. Geophysik XIII. 1913.
 9. Rudzki, M. P., Parametrische Darstellung der elastischen Welle in anisotropen Medien. Bull. de l'académie des sc. de Cracovie, Série sciences mathématiques, Oct. 1911.
 10. Schmidt, A. v., Zur Herdtiefe des süddeutschen Erdbebens vom 16. November 1911. Gerlands Beitr. z. Geophysik XII. 1912.
 11. Schmidt, A. v., und Mack, K., Das süddeutsche Erdbeben vom 16. November 1911. Württembergische Jahrbücher für Statistik und Landeskunde 1912, 1.
 12. Wiechert, E., Über Erdbebenwellen I, Nachrichten der Königl. Ges. d. Wissenschaften zu Göttingen math.-phys. Kl. 1907.
 13. Zeissig, C., Bemerkungen zu den süddeutschen Erdbeben 1911 und 1912. Notizblatt des Vereins für Erdkunde und der Grossh. geol. Landesanstalt zu Darmstadt, IV. Folge. Heft 33. 1912.
-