

№ 2198

Das Erdbeben vom 3.—4. Januar 1911.

Von Fürst B. Galitzin (Golicyn).

(Der Akademie vorgelegt am 19. Januar (1. Februar) 1911).

Morgens früh am 4. Januar erhielt ich von der etwa 17 Kilometer von St.-Petersburg entfernten seismischen Station in Pulkowa die telephonische Nachricht, dass in der Nacht ein sehr heftiges Beben stattgefunden hatte, wobei drei Apparate ausser Betrieb gesetzt worden seien. Mein Assistent Herr Wilip begab sich sofort nach Pulkowa und brachte sehr schnell die verstellten Apparate in Ordnung.

Die erhaltenen Seismogramme zeigten nach ihrem Entwickeln ein ganz aussergewöhnliches Aussehen; so etwas ist seit der Gründung der Pulkowaer seismischen Station niemals vorgekommen. Es war klar, dass eine Katastrophe stattgefunden hatte.

Es registrierten in Pulkowa zu der Zeit folgende 5 Seismographen: drei aperiodische Horizontalpendel meines Systems mit magnetischer Dämpfung und galvanometrischer Registrierung, von denen zwei für die *NS*- und eines für die *EW*-Komponente eingerichtet waren; weiter ein aperiodischer Seismograph für die Vertikalkomponente¹⁾, ebenfalls magnetisch gedämpft und galvanometrisch registrierend, und ausserdem ein etwa 110 Kilgr. schweres, schwach gedämpftes (Dämpfungsverhältnis v etwa gleich 3) Hori-

1) Siehe meinen Aufsatz: «Ueber einen neuen Seismographen für die Vertikalkomponente der Bodenbewegung». Comptes rendus des séances de la Commission sismique permanente. T. IV, Livr. 2. Auch «Sur un nouveau type de sismographe pour la composante verticale». Comptes rendus T. 150, p. 1727 (Paris).

zontalpendel mit mechanischer Registrierung, ähnlich dem, welches in meinem Aufsatz «Ueber ein neues schweres Horizontalpendel mit mechanischer Registrierung für seismische Stationen zweiten Ranges»¹⁾ beschrieben worden ist.

Die erste Vorphase kam auf allen Seismogrammen sehr schön und scharf zum Ausdruck, wie dies aus der beiliegenden Figur 1, wo die Aufzeichnungen zweier Pendel für die *NS*- und *EW*-Komponente in *natürlicher* Grösse wiedergegeben sind, zu ersehen ist.

Nach Eintritt der zweiten Vorphase (*S*) hatten die Apparate solche grossen Ausschläge erhalten, dass bei einem Seismographen für die *NS*-Komponente und bei dem Vertikalseismographen die Galvanometerspulen haften geblieben waren und bei dem mechanisch registrierenden Pendel die Stahlnadel, welche den Pendelarm mit der Vergrösserungsvorrichtung verbindet, aus ihren Lagern herausgefallen war, sodass dem weiteren Funktionieren des Pendels ein Ende gesetzt wurde.

Für die Eintrittsmomente der beiden Vorphasen ergaben sich für Pulkowa folgende Daten:

$$\left. \begin{array}{l} P. \dots\dots\dots 23^h 32^m 16^s \\ S. \dots\dots\dots 23 \ 37 \ 45 \end{array} \right\} M. G. Z.$$

Nach der neulich von Prof. Zeissig, nach den in den Göttinger Bebenberichten veröffentlichten Daten zusammengestellten Tabelle der Laufzeitdifferenzen ergab sich die Epizentralentfernung Δ für Pulkowa gleich 3690 Klm.

Die Bestimmung des Azimuts des Epizentrums geschah nach der von mir früher veröffentlichten Methode²⁾. Dazu habe ich zwei maximale Ausschläge am Anfang der ersten Vorphase verwendet und fand für den gesuchten Azimut α resp.

$$SE - 81^\circ 31'$$

und

$$SE - 82^\circ 36',$$

also im Mittel

$$\alpha = SE - 82^\circ 3'.$$

1) Comptes rendus des séances de la Commission sismique permanente. T. III, Livr. 3.
2) Siehe «Zur Frage der Bestimmung des Azimuts des Epizentrums eines Bebens». Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St.-Petersbourg, p. 999 (1909).

Mit diesen Werten von Δ und α ergaben sich folgende geographische Koordinaten für die Mitte des Epizentralgebietes

$$\begin{aligned} \varphi &= 43^\circ 14' N \\ \lambda &= 78^\circ 24' E. \end{aligned}$$

Dieser Punkt liegt nicht weit vom Issyk-kul See in der Alatau-Gebirgskette bei der Stadt Wjerny, was mit den später eingetroffenen makroseismischen Nachrichten aus dieser Gegend in sehr befriedigender Uebereinstimmung steht. Dieser Punkt ist auf der beiliegenden Karte des Schüttergebietes (siehe Fig. 2) durch einen Kreis bezeichnet, also befindet sich derselbe wirklich in der unmittelbaren Nähe des vermuteten Epizentralgebietes.

Bei dieser Art von Ermittlungen der Lage eines Epizentrums kann es sich selbstverständlich nicht um eine völlig genaue Bestimmung handeln, erstens weil das Epizentrum kein Punkt, sondern eine mehr oder weniger ausgedehnte Fläche ist, zweitens weil die dieser Bestimmung zugrunde gelegten Laufzeitkurven nicht auf eine völlige Genauigkeit Anspruch erheben können, und, drittens weil die Bestimmung des Azimuts aus den Ausschlägen zweier senkrecht zu einander stehender Pendel immer mit einem gewissen Fehler behaftet ist. Trotzdem zeigt dies, wie andere früher von mir gegebenen Beispiele¹⁾, dass mit Seismographen von der in Pulkowa aufgestellten Art die volle Möglichkeit geboten ist, die angenäherte Lage des Epizentrums aus den Angaben einer *einzelnen* seismischen Station zu bestimmen.

Es mag wohl von Interesse sein hier zu erwähnen, dass die seismische Station in Eskdalemuir in Schottland, wo ich kürzlich zwei von diesen Seismographen aufgestellt habe, ebenfalls die Lage des betreffenden Epizentrums aus der Epizentralentfernung und dem Azimut aufgesucht hat, wobei sich für die entsprechenden Koordinaten²⁾

$$\begin{aligned} \varphi &= 42^\circ N \\ \lambda &= 77^\circ E. \end{aligned}$$

ergab.

Dieser Punkt liegt ebenfalls in der Nähe des Issyk-kul Sees nicht sehr weit von der Mitte des provisorisch bestimmten Epizentralgebietes.

1) Siehe z. B. meine Abhandlung «Das Erdbeben vom 22. Januar 1910». Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St.-Petersbourg, p. 211 (1910).

2) Briefliche Mitteilung von Prof. Walker, Direktor des Observatoriums in Eskdalemuir. Siehe auch die Zeitung «Times» vom 19. Januar 1911.

Wie früher erwähnt wurde, waren die Ausschläge an den Apparaten nach dem Eintritt der zweiten Vorphase (*S*) so gross, dass die Maximalphase auf den Seismogrammen verloren gegangen ist.

Es schien mir jedoch sehr wünschenswert, ein *angenähertes* Urteil über die Grösse der *wahren* maximalen Bodenschwankung in Pulkowa während dieses Bebens zu gewinnen, und da eine direkte Ausmessung der maximalen Amplituden auf den Seismogrammen unmöglich war, so habe ich folgenden Weg eingeschlagen, welcher selbstverständlich auf keine grosse Genauigkeit Anspruch erheben kann und nur als rohe Schätzung aufgefasst werden muss.

Infolge der grossen Stärke dieses Bebens konnte man auf den Seismogrammen von den Pendeln, welche in ihrem Betrieb nicht gestört waren, die W_2 - und W_3 -Wellen sehr gut erkennen und durch Ausmessung der entsprechenden Amplituden und Perioden die Amplituden der wahren Bodenbewegung in Pulkowa x_{m_2} und x_{m_3} für die entsprechenden Wellenarten in üblicher Weise ableiten.

Bedeutet nun x_m die Amplitude der maximalen Bodenverschiebung der Hauptmaximalphase für die W_1 -Wellen, welche auf dem kürzesten Wege Δ vom Epizentrum bis nach Pulkowa gelangt sind, und nimmt man in erster Annäherung an, dass die Periode T_p der Bebenwellen nach ihrem Umlauf um die Erde sich nicht verändert hat, so können wir bekanntlich setzen:

$$\left(\frac{x_{m_2}}{x_m}\right)^2 = e^{-a(40000 - 2\Delta)}$$

und

$$\left(\frac{x_{m_3}}{x_m}\right)^2 = e^{-a \cdot 40000}$$

wo a den Absorptionskoeffizienten der seismischen Energie für die Oberflächenwellen bedeutet.

Denselben habe ich früher aus den Pulkowaer Beobachtungen für das Isländische Beben bestimmt und im Mittel gleich 0,00028 gefunden¹⁾.

Aus diesen Daten erhielt man für die doppelte maximale Amplitude $2x_m$ in der Hauptmaximalphase, also für die totale maximale Bodenverschiebung in Pulkowa

nach den W_2 -Wellen..... $2x_m = 3^m/m$

nach den W_3 -Wellen..... $2x_m = 5^{1/2}m/m$,

1) Siehe «Das Erdbeben vom 22. Januar 1910». L. c. Auch «Das Sicilianische Erdbeben am 28. Dezember 1908 nach den Aufzeichnungen der Pulkowa'schen seismischen Station». Bulletin de l'Académie Impériale des Sciences de St.-Petersbourg, p. 279. (1909).

also im Mittel etwa

$$2x_m = 4^m/m.$$

Diese Zahl gibt die *Grössenordnung* der betreffenden Bodenverrückung. Die entsprechende Wellenperiode T_p betrug etwa 22 Sek.

Das für das betreffende Horizontalpendel für diese Periode T_p gültige Vergrösserungsverhältnis \mathfrak{B} , d. h. das Verhältnis der Ablenkung des Lichtpunktes an der Registriertrommel zu der entsprechenden Amplitude der wahren Bodenverschiebung war gleich 856. Somit hätte sich die totale Verschiebung des Lichtpunktes $2y_m$ auf der Trommel etwa gleich 3,4 Meter ergeben sollen!

Für das grosse Messina-Beben am 28. Dezember 1908, dessen Epizentrum von Pulkowa nur etwa 2600 Klm. entfernt war, ergab sich für Pulkowa

$$2x_m = 1,2^m/m$$

und

$$2y_m = 0,9 \text{ Meter.}$$

Aus dem Vergleich dieser Zahlen lässt sich ein Urteil über die relative Stärke der jüngst stattgefundenen Bodenstörung gewinnen. Man darf ungefähr schätzen, dass das Semiretschje-Beben vom 3.—4. Januar 1911 an entfernten seismischen Stationen sich etwa 4 Mal kräftiger gekennzeichnet hat. Die grosse Ausdehnung des Schüttergebietes, wo die Bodenstörungen direkt gefühlt wurden, und die heftigen Bewegungen der Seismographen verschiedener entfernter seismischer Stationen deuten darauf hin, dass der betreffende Bebenherd wohl tiefer gelegen war als bei dem Messina-Beben, wo nur die unmittelbare Umgebung von Messina und Reggio heimgesucht wurde.

Der sehr glückliche Umstand, dass während des Semiretschje-Bebens verhältnismässig wenig Menschen ums Leben gekommen sind, muss wohl dem Grunde zugeschrieben werden, dass die Bevölkerung der neulich heimgesuchten Gegend eine relativ dünnere ist und dass nach dem grossen Beben in Wjerny am 9. Juni 1887 die neuen Häuser in viel zweckmässigerer Weise aufgebaut worden waren.

Wollen wir noch zum Vergleichszwecke die Entfernungen Δ_e desjenigen Epizentrums (als bestimmter Punkt aufgefasst), welches aus den Angaben der Pulkowaer Station allein bestimmt worden ist, von den seismischen Stationen von Tiflis, Irkutsk, Hamburg und Ottawa mit den Epizentralentfernungen Δ , welche sich aus den auf diesen Stationen unmittelbar erhalte-

nen Daten folgen, zusammenstellen. Es sei dabei bemerkt, dass die Apparate in Tiflis und Irkutsk völlig ungedämpft waren, da sie bisjetzt durch neue noch nicht ersetzt sind, was aber baldigst geschehen soll.

	<i>Tiflis.</i>	<i>Irkutsk.</i>	<i>Hamburg.</i>	<i>Ottawa.</i>
<i>P</i>	23 ^h 31 ^m 3 ^s	23 ^h 30 ^m 24 ^s	23 ^h 33 ^m 59 ^s	{ 23 ^h 38 ^m 36 ^s — <i>P_N</i> — 38 43 — <i>P_E</i>
<i>S</i>	— 35 37	— 34 12	— 40 50	{ — 49 16 — <i>S_N</i> — 49 40 — <i>S_E</i>
Δ^1)	2870 Klm.	2290 Klm.	5160 Klm.	9790 (im Mittel).
Δ_e	2740	2170	4970	9830
$\Delta - \Delta_e$	+130	+120	+190	—40

Diese Zusammenstellung ist insofern von Interesse, da der betreffende Punkt, von wo aus die Entfernungen Δ_e berechnet worden sind, erfahrungsgemäss wirklich in der unmittelbaren Nähe des Epizentralgebietes sich befindet.

Zwei Tage vor diesem grossen Beben, nämlich am 1. Januar 1911, fanden in demselben Gebiet zwei kleinere Beben, etwa um 10^h 24^m und 15^h 5^m statt. Die entsprechenden Epizentralentfernungen ergaben sich für Pulkowa etwa gleich 3450 und 3440 Klm.

Nach der grossen Katastrophe vom 3. Januar, dauerten die Bodenschwankungen mit gewissen Intervallen immer weiter fort, obgleich die Stärke derselben ganz erheblich abnahm. Mehrere von diesen schwächeren Beben haben sich auf den Pulkowaer Seismogrammen gekennzeichnet.

In der folgenden Zusammenstellung gebe ich eine Liste dieser sekundären Beben bis zum 16. Januar. Neben den angenäherten Daten für den Anfang der Beben, gebe ich die aus den Seismogrammen sich ergebenden entsprechenden Epizentralentfernungen Δ . Nebenbei füge ich die Orte, aus welchen telegraphische Nachrichten über Bodenstörungen eingelaufen sind, nebst Angaben über die Zeit der Erschütterung (auf mittlere Greenwicher Zeit reduziert) und die Stärke der Bodenbewegung nach der Skala von Rossi-Forel geschätzt.

1) Nach der von Prof. Zeissig zusammengestellten Tabelle.

<i>Datum.</i>	<i>Zeit.</i>	Δ	<i>Telegraph. Nachricht.</i>	<i>Zeit.</i>	<i>Stärke.</i>
4/I	7 ^h 30 ^m (Spur)	—	Kopal	7 ^h 30 ^m	—
	9 17	3400 Klm.	Kopal	9 ^h -10 ^h	—
	9 44	3420			
	21 40	3640			
5/I	ca. 7 ^h (Spur)	—	Dscharkent ..	7 ^h	—
9/I	4 ^h 1 ^m	3500	Dscharkent ..	3 ^h 50 ^m	—
			Kopal		
			Wjerny		
12/I	18 ^h 51 ^m	3600	Wjerny	18 ^h 50 ^m	6
14/I	ca. 0 ^h (Spur)	—	Wjerny	0 ^h 50 ^m	5
	5 ^h 20 ^m	3500			
	8 30 (Spur)	—	Wjerny	8 ^h 30 ^m	6
	18 1	(Papierwechsel)	Kopal	17 ^h 50 ^m	—
16/I	ca. 9 ^h 30 ^m (Doppelbeben)	{ 3590 3420	Wjerny	18 ^h 30 ^m	7

Es ist weiter von Interesse die verschiedenen instrumentellen Daten für das Beben vom 3. Januar mit den direkt erhaltenen makroseismischen Nachrichten zusammenzustellen und ausserdem dieses Beben mit dem grossen Beben in Wjerny am 9. Juni 1887, welches so eingehend vom Prof. Mušketov studiert worden ist¹⁾, zu vergleichen.

Im Jahre 1887 erstreckte sich das pleistoseistische Gebiet, nämlich das Gebiet der grössten Zerstörungen, auf eine Fläche von etwa 100 × 50 □ Kilom. Das Gebiet, wo die Bewegungen noch merklich fühlbar waren (Stärkegrad etwa 2—3), nahm eine Fläche von etwa 27000 geographischen □-Meilen ein. Auf der beiliegenden Karte (Fig. 2) ist das erste Gebiet rot schraffiert und das zweite durch eine rote Linie begrenzt. Der Anfang des Bebens traf etwa um 4^h 40^m morgens nach Ortszeit ein.

Das Epizentrum (grüngrau schraffiert auf der roten Fläche) befand sich auf dem nördlichen Abhang der Gebirgskette Zailiskij-Alatau in den Oberläufen der Flüsse Aksu, Kaskelen und Bolschaja und Malaja Almatinka. Das wirk-

1) Siehe «Вѣренское землетрясеніе 28 Мая (9 Юня) 1887 г.» — «Труды Геологическаго Комитета», Т. X. № 1. (1890).

liche Epizentralgebiet hatte eine Länge von etwa 35 Klm. und eine Breite von etwa 5 Klm. Es fanden Querverschiebungen des Bodens, die sich in nord-westlicher Richtung erstreckten, statt. Die Anzahl menschlicher Opfer betrug 332, die Anzahl zerstörter Häuser etwa 5000.

Das Erdbeben vom 3. Januar 1911 begann ebenfalls um 4^h 40^m morgens nach Ortszeit, genau wie das Beben vom 9. Juni 1887, was ein sehr eigentümlicher Zusammenfall ist. Das letzte Beben hat sich auf eine viel grössere Fläche ausgedehnt, da es noch in solchen Punkten gefühlt wurde, welche weit ausserhalb der Begrenzungskurve von Mušketov liegen, z. B. Neu-Buchara (starker Stoss, Schwingungen aufgehängter Objekte), Karkaralinsk (zwei wellenartige Stösse). Sehr eigentümlich ist es, dass in Jekaterinburg, so wie auch in mehreren Bezirken des Gouvernements Kostroma im Europäischen Russland in der Nacht vom 3. auf 4. Januar die Uhren stehen geblieben sind, was jedoch, wenn man die Grösse der wahren Bodenbewegung in Pulkowa bedenkt (etwa 4^m/_m), sehr wohl zustande kommen konnte.

Nach den vorläufigen makroseismischen Daten, welche von der Russischen Seismologischen Kommission zur Zeit gesammelt worden sind, lässt sich schliessen, dass das pleistoseistische Gebiet eine viel grössere Ausdehnung einnahm, als im Jahre 1887.

Die telegraphischen Nachrichten lauten, wie folgt.

Wjerny. Heftiger Stoss um 4^h 40^m morgens Ortszeit, wobei die Bodenschwankungen etwa 5 Sek. dauerten. In der Stadt blieb kein einziges Gebäude unverletzt: die Lehmhäuser wurden gänzlich zerstört, die Steinhäuser erhielten Risse, in einigen derselben fielen die Wände nieder; in den hölzernen Häusern zerbröckelte sich die Stuckatur, die Karniese fielen herunter, die Schornsteine stürzten um, die Winter-Fensterrahmen wurden aus ihrer Stelle herausgetrieben. In den Häusern selbst kippte alles Möbel um, Spiegel und Geschirr wurden zerschlagen.

In dem nordöstlichen Teil der Almatinskaja Staniza haben sich tiefe Spalten gebildet, der Boden hat sich teilweise gehoben, teilweise gesenkt, es trat aus der Tiefe Wasser heraus, durch welches kleine Häuser zerstört wurden.

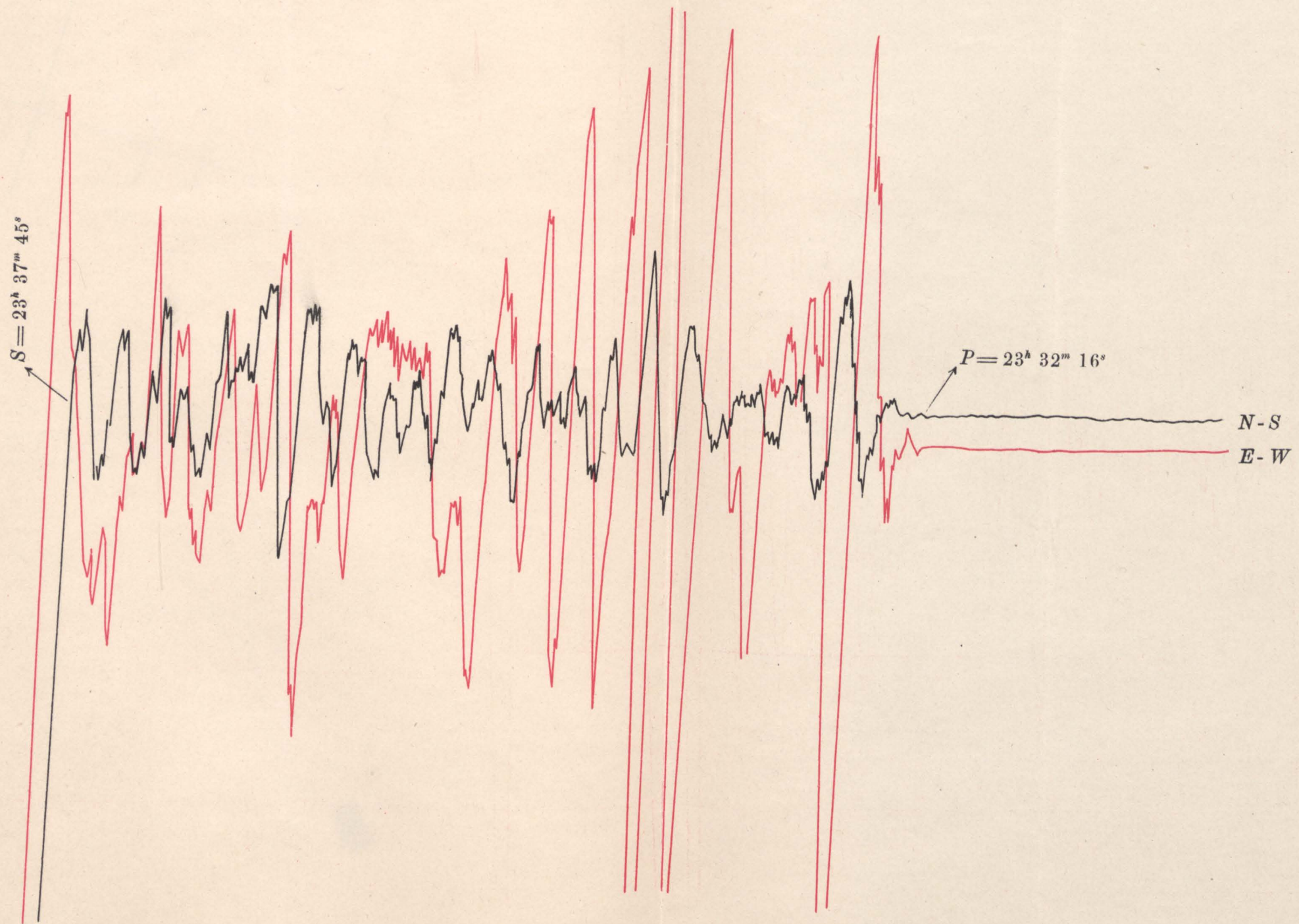
Auf dem rechten Ufer des Almatinka Flusses fanden Bergrutsche statt.

In Wjerny selbst und in den naheliegenden Stanizen (Dörfer) wurden 44 Menschen getötet und über 100 verletzt.

Auf dem Almatinischen Pik wurden grosse Felsen nach *N* abgeschleudert.

In den Gebirgen vom Zailiskij-Alatau fanden enorme Bergstürze statt, unter welchen viele Menschen und manches Vieh vergraben wurden.

Fig. 1.



In dem Tal des Flusses Bolschoi-Kebin wurden 204 Leichen ausgegraben.

Auf dem nördlichen Ufer des Issyk-kul Sees haben viele Dörfer, wie Sazonowka, Alexejewka, Fohlbaumskoje, Michailowka etc. gelitten. In Sazonowka allein wurden 9 Menschen getötet und 20 verletzt, etwa 100 Häuser zerstört und die Oefen fast überall zerbrochen, was bei der dort zur Zeit herrschenden Kälte für die Geretteten recht peinlich gewesen sein soll. Längs dem See haben sich tiefe Spalten gebildet. Die Landstrasse von Nowodmitrijewka bis zur Stadt Prschewalsk wurde vernichtet.

In Nowodmitrijewka und Tokmak wurden viele Häuser zerstört, wobei im letzten Ort 11 Menschen ums Leben gekommen sind.

Grosse Bergstürze fanden auch auf der Strasse zwischen Tokmak und Naryn statt.

Schliesslich, nach einigen Nachrichten, kamen auch in Pischpek bedeutende Zerstörungen vor.

Wir sehen also, dass das pleistoseistische Gebiet im jetzigen Fall sich, im Vergleich zu dem Beben im Jahre 1887, merklich nach *W* und *S* ausgedehnt hat. Dasselbe ist auf der beiliegenden Karte blau schraffiert. Nach den örtlichen Nachrichten lässt sich wohl folgern, dass das Epizentralgebiet (auf der Karte grün schraffiert) sich teilweise in dem Tal des Bolschoi-Kebin Flusses befand, wo nach Mušketov sich viele Verwerfungen befinden, welche das Gebiet der metamorphischen Schiefer begrenzen. Es wurden hier Bodenrisse von etwa 2½ bis 3 Meter Breite beobachtet, welche sich von Osten nach Westen erstreckten; ausserdem viele Bodensenkungen, Bodenrutsche, Bodenstürze und Verschiebungen.

Die Gesamtanzahl der Umgekommenen beträgt nach den letzten Nachrichten 390.

Inbezug auf den Charakter der Störung sind die meisten Nachrichten einig, indem sie dieses Beben als eine wellenförmige Bewegung beschreiben, welche in vertikalen Stössen endigte. Sonderbarerweise fehlen fast in allen Nachrichten Angaben über unterirdische Getöse, welche im Jahre 1887 sich so bemerkbar machten und eine sehr grosse Panik hervorriefen.

Die aus anderen Orten erhaltenen Nachrichten, wie Taschkent, Buchara, Kopal, Aulie-ata, Tschimkent, Kokand, Dscharkent, Bjelowodskoje, Kuldscha, Lepsinsk, Karkaralinsk, Namangan gestatten nur ein vorläufiges, angehäertes Urteil über die Ausdehnung des Schüttergebietes (bis etwa 2—3 Grad Stärke), wo die Bodenunruhe merklich gefühlt wurde, zu gewinnen. Dasselbe ist auf der Karte durch eine blaue Linie begrenzt. Wir sehen also

dass dieses Gebiet sich nach Norden bis Karkaralinsk und nach Westen bis Buchara, oder vielleicht noch Kerki auf dem Amu-darja Fluss erstreckte. Die südliche und östliche Grenze ist bisjetzt nicht festgestellt worden.

Die Bearbeitung des hier angeführten makroseismischen Beobachtungsmaterials, so wie die Aufstellung der *vorläufigen* Karte der Schüttergebiete, wurde von Herrn A. Gerasimov, Mitglied der Russischen Seismologischen Kommission, vorgenommen, welcher mir in sehr liebenswürdiger Weise die Ergebnisse seiner Zusammenstellung zur Verfügung gestellt hat.

Später erhaltene telegraphische Nachrichten, sowie die Registrierungen in Pulkowa zeigen, dass die Bodenbewegungen, wenn auch von geringerer Stärke, immer noch fortdauern, und es wird wahrscheinlich noch ziemlich viel Zeit vergehen, bis die so stark erschütterten unteren Erdschichten eine neue, definitive und stabile Gleichgewichtslage annehmen werden.

16/29. Januar 1911.