

Ludwig Carl Geiger - (Geo)Physiker in Göttingen und auf Samoa

J. Ritter, Göttingen & J. Schweitzer, Kjeller

Einleitung

In diesem Jahr können wir den 120sten Geburtstag von Ludwig Carl Geiger feiern. Sein Verfahren zur Bestimmung des Epizentrums eines Erdbebens dürfte jedem Seismologen bekannt sein. Aber nur wenige dürften seinen abwechslungsreichen Lebensgang kennen. Wir wollen diesen und (geo)physikalisches Wirken mit diesem Artikel nachzeichnen, welcher die deutsche erweiterte Fassung eines Beitrages zum IASPEI International Handbook for Earthquake and Engineering Seismology ist.

Der Schweizer *Ludwig Geiger* (1882-1966) wirkte vier Jahre als erfolgreicher Seismologe in der Arbeitsgruppe von *Emil Wiechert* in Göttingen. Von 1907 bis 1910 erstellte er verbesserte Laufzeitkurven und eindimensionale Modelle der Verteilung seismischer Geschwindigkeiten in der Erde. Heutzutage wird sein Name vor allem mit dem Geiger-Verfahren in Verbindung gebracht, mit welchem Hypozentren aus beobachteten Ankunftszeiten seismischer Wellen bestimmt werden können. Obwohl *Geiger* ein exzellenter Physiker war, der seine akademischen Titel in der damals aufstrebenden Atomphysik erwarb, verbrachte er den Großteil seiner beruflichen Karriere als Manager in der pharmazeutischen Fabrik seiner Familie mit Sitz in Basel.

Curriculum Vitae

Ludwig Carl Geiger wurde in Basel (Schweiz) am 16. September 1882 als jüngstes Kind von *Dr. Friedrich Geiger*, einem Apotheker, und *Elisabeth Caroline Geiger* (geb. *Knapp*) geboren. Um 1850 war sein Vater von Deutschland nach Basel in die Schweiz gezogen, wo er der Besitzer der Goldenen Apotheke wurde, eine der ältesten Apotheken in Basel. *Friedrich Geiger* starb, als *Ludwig* erst sieben Jahre alt war. In Basel besuchte *Ludwig Geiger* vier Jahre die freie evangelische Volksschule und zwei Jahre das untere Gymnasium. Wegen einer längeren Krankheit verbrachte er dann

zwei Jahre in einer Knabenerziehungsanstalt im Schwarzwald. Anschließend ging er wieder in Basel auf das Gymnasium, wo er Ostern 1902 das Reifezeugnis erlangte.



Abb. 1: *Dr. Ludwig Carl Geiger* im Alter von ungefähr 50 Jahren (freundlicherweise zur Verfügung gestellt von *Dr. Urs Peter Geiger*).

Geiger studierte zunächst in Basel die naturwissenschaftlichen Fächer Physik, Mathematik, Astronomie und Chemie. Nach drei Semestern wechselte er für jeweils ein Semester nach Berlin und anschließend nach Heidelberg. Seine letzten fünf Semester studierte er dann in Göttingen, wo er am Institut für mathematische Physik bei *Geheimrat Prof. Dr. Woldemar Voigt* (1850 – 1919) experimentell arbeitete. Am 12. Dezember 1906 promovierte *Ludwig Geiger* an der Philosophischen Fakultät bei *Voigt* zum Dr. phil. mit einer Dissertation über "Beiträge zur Erkenntnis der Begleiterscheinungen des inversen longitudinalen Zeeman-Effektes" (*Geiger*, 1907a).

Im April 1907 wurde *Geiger* als Assistent von *Geheimrat Prof. Dr. Emil Wiechert* (1861 – 1928), dem Direktor des Geophysikalischen Instituts der Georg-August-Universität zu Göttingen angestellt und einen Monat später, im Mai 1907, heiratete er *Else Flügel*. Aus dieser Verbindung gingen 1908 und 1909 zwei Söhne hervor. *Geiger* blieb *Wiecherts* Assistent für Seismologie bis April 1911. Dann wurde er 'Volontär Assistent' (d.h. er arbeitete ohne Entlohnung) bis Ende 1912, um seine spektroskopischen Arbeiten fortsetzen zu können. Mit

den (geo)physikalischen Beiträgen und speziell den Arbeiten über spektrale Linien habilitierte sich *Geiger* kumulativ am 16. November 1912 an der Philosophischen Fakultät in Göttingen. Nachdem ihm die *venia legendi* für Physik anerkannt worden war, durfte er sich Privatdozent an der Georg-August-Universität nennen. Gleichzeitig war *Geiger* damals Oberleutnant in der schweizerischen Feldartillerie, in der er seiner jährlichen Dienstpflicht als schweizerischer Bürger nachgekommen.

M 750.-

In Worten: siebenhundertfünfzig
Mark Gehalt für Monat Januar 1914 habe ich
aus der Observatoriums-Kasse erhalten.

A p i a, den, 1. Januar 1914

L: Ludwig Geiger

I. 1

Abb. 2: Quittung von *Ludwig Geiger* über das Gehalt für Januar 1914 als Observator in Samoa (Samoa Archiv, Institut für Geophysik Göttingen).

Zum 1. Januar 1913 wurde *Geiger* von der "Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen" angestellt, um für ein Jahr als Observator für Geophysik und Meteorologie an das Göttinger Samoa Observatorium zu gehen (siehe Abb. 2). Die Inselgruppe Samoa im Südpazifik war damals eine als Schutzzone bezeichnete deutsche Kolonie. In Potsdam und Lindenberg ließ er sich zunächst in die Durchführung und Auswertung der magnetischen und aerologischen Messungen einweisen. Dann begann eine abenteuerliche Reise: Anfang April 1913 verließ *Geiger* ohne seine Familie Göttingen, - um am 17. April einen Passagierdampfer in Genua zu besteigen, der ihn dann über den Atlantik brachte. Über New York, San Francisco und Honolulu erreichte er am 17. Juni 1913 die Insel Upolu. Nahe der

Stadt Apia lag das Samoa Observatorium der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen (hierzu mehr in Angenheister, 1974). Vom 1. August 1913 bis zum 31. Juli 1914 war *Geiger* nun Leiter des Observatoriums. Er wäre gerne länger als ein Jahr in Samoa geblieben (siehe Abb. 3), forderte hierfür aber im Oktober 1913 die Übernahme der Reisekosten für den Nachzug seiner Frau und die Ernennung zum Professor. Sein Vertrag wurde jedoch nicht verlängert, sondern Gustav Heinrich Angenheister (1878 – 1945) kam im Sommer 1914 mit Familie aus Göttingen, um erneut Direktor des Samoa Observatoriums zu werden. Der Aufenthalt der Familie Angenheister in Apia sollte dann bis nach dem Ersten Weltkrieg dauern.

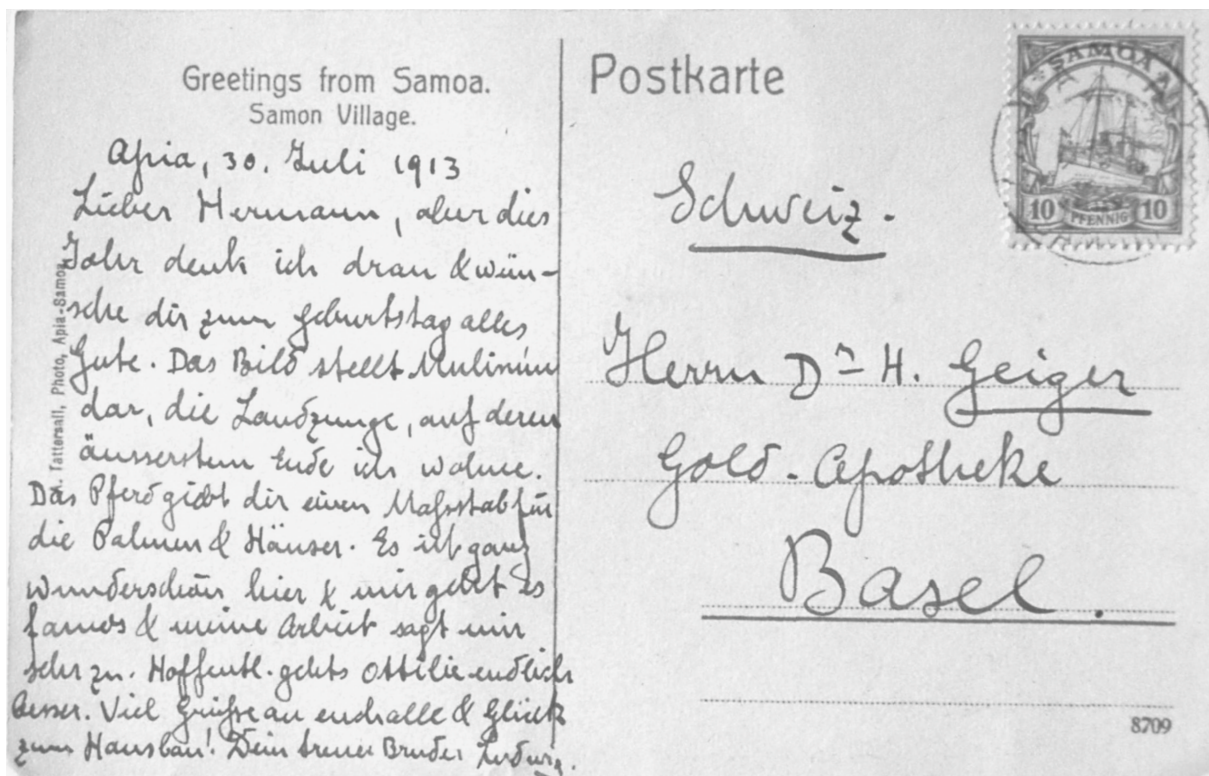


Abb. 3: Postkarte von *Ludwig Geiger* aus Samoa an seinem Bruder *Herrmann* (freundlicherweise zur Verfügung gestellt von Dr. Urs Peter Geiger).

Geiger konnte dann aber nach seiner Tätigkeit am Observatorium Samoa nicht wie geplant verlassen: Inzwischen war der Erste Weltkrieg ausgebrochen, und alliierte Einheiten besetzten aus Neuseeland kommend die Insel. Weil *Geiger* ohne Pass nach Samoa gereist war, konnte er sich nicht als neutraler Schweizer ausweisen und durfte wie alle Deutschen die Insel nicht verlassen.

Geiger hatte durchaus private Interessen, auf der Insel zu bleiben. Während seines Aufenthalts in Samoa hatte er begonnen, sich für die samoanische Kultur zu interessieren. Er erlernte die samoanische Sprache und erhielt dadurch Zugang zur Gemeinschaft der ortsansässigen Bevölkerung. Dies entwickelte sich soweit, dass er mit einer Tochter aus der gehobenen Gesellschaft, Tautalamaleaava Petaia, die als Deutschlehrerin in einer Mädchenschule unterrichtete, einen gemeinsamen Hausstand gründete. Aus dieser Beziehung entsprang eine Tochter, Anna Grete, die noch heute unter ihrem samoanischen Namen Kereti Solomona in Apia lebt. Da er gerne den klaren, tropischen Himmel nutzte, um das Zodiakallicht zu untersuchen und seiner astronomischen Lieb-

haberei nachzugehen gaben ihm die Samoaner den Namen "Kaika Vaaifetù", was "Geiger der Sternengucker" bedeutet. Das Meteorologische Observatorium in Mulinuu heißt noch heute „Vaaifetù“. Nachdem *Angenheister* im August 1914 wieder die Leitung des Observatoriums übernommen hatte, war *Geiger* faktisch arbeitslos. Er wohnte weiterhin im Observatorium und bekam noch für ein bis zwei Monate etwas Geld vom Observatorium, um zusammen mit *Angenheister* einige Arbeiten abzuschließen (*Angenheister*, nach August 1918).

Nach einiger Zeit konnte *Ludwig Geiger* die lokalen britischen Behörden davon überzeugen, dass er Schweizer war und einen schweizerisches Konsulat kontaktieren musste. Das nächste schweizerische Konsulat war in Kanada, und *Geiger* musste auf eine Gelegenheit warten, Samoa verlassen zu können. Schließlich, am 21. März 1915, konnte *Geiger* ein neuseeländisches Schiff besteigen, welches ihn nach Vancouver, Kanada brachte. Hier begab er sich sofort zum schweizerischen Konsulat. Später erzählte *Geiger* seiner Familie, dass er bei der Navigation des neuseeländischen Schiffes über den Pazifik mithelfen durfte,

obwohl er noch immer als verdächtige Person galt. In Vancouver konnte er den schweizerischen Konsul, der ebenfalls aus Basel stammte, davon überzeugen, dass er schweizerischer Staatsbürger sei. So bekam *Geiger* einen Pass und konnte - wieder über New York - nach Europa zurückreisen. Hier wurde er jedoch direkt in Bordeaux bei der Einreise nach Frankreich gestoppt. Mit dem Hinweis der französischen Behörden "Tous les agents boches ont un passeport Suisse" (alle deutschen Spione haben einen schweizerischen Pass) wurde er zunächst festgehalten und dann an die schweizerische Grenze gebracht. Dort nahm ihn gleich die schweizerische Polizei fest, weil er der schweizerischen Mobilmachung zu Beginn des Ersten Weltkriegs nicht gefolgt war, und vor einem Militärgericht angeklagt. Er konnte jedoch seine Probleme glaubhaft darlegen und diente dann bis Kriegsende in der Schweizer Armee.

Nach dem Ersten Weltkrieg konnte *Geiger* keine seiner Ausbildung angemessene Position erreichen. Weder bekam er als Ausländer eine Anstellung an einer deutschen Universität, noch gelang es ihm eine Anstellung an der ETH Zürich zu erlangen. Die Ehe mit seiner ersten Frau ging auseinander und so begann *Geiger* in der GABA AG (Goldenen Apotheke **BA**sel), dem von seinem Bruder *Hermann Geiger* in Basel mittlerweile gegründeten pharmazeutischen Betrieb, zu arbeiten. 1922 ging *Ludwig Geiger* mit *Käte Pott* seine zweite Ehe ein. *Ludwig Geiger* wurde erfolgreicher Manager und Direktor an den verschiedenen Standorten des Familienunternehmens. So gründete er in den 20er Jahren des vorigen Jahrhunderts u. a. mit seinem Vetter Theodor Heuss, dem späteren deutschen Bundespräsidenten, den deutschen Zweig des Familienunternehmens, die Wybert GmbH in Lörrach und war Generalvertreter dieser Firmen von 1925 an in Berlin. Bereits aus dieser Zeit sind uns keine Verbindungen mehr zu seinen seismologischen Kollegen bekannt. Ab 1934 arbeitete und lebte *Ludwig Geiger* wieder in Basel, hatte aber während der gesamten Zeit des Dritten Reiches als Grenzgänger Kontakt zu seinem Betrieb in Lörrach, wo er seine Arbeiter mit Brot aus der Schweiz versorgte. In Basel machte er sich auch als Lokalpolitiker einen

Namen und beschäftigte sich bis ins hohe Alter mit seinen Hobbys Astronomie und Rosenzucht. *Ludwig Carl Geiger* starb in Basel am 26. November 1966 im Alter von 84 Jahren.

Der Wissenschaftler Ludwig Geiger

Geiger arbeitete sowohl an theoretischen als auch an angewandten Problemstellungen. In Göttingen gehörte er der innovativen Arbeitsgruppe von *Emil Wiechert* an. *Geiger* war von 1907 bis 1910 für das jährliche seismologische Bulletin der Göttinger Station zuständig (*Geiger*, 1909a&b, 1913, 1914); hier betreute er auch den Betrieb der Station und die Auswertung der seismischen Registrierungen. In einem Vorwort zum Bulletin von 1907 (*Geiger*, 1909a) beschreibt *Geiger* unter der Überschrift „Die Bearbeitung der Erdbebendiagramme“ die damalige Auswertep Praxis eines Observatoriums. Während der Observatoriumsarbeit entwickelte er ein feines Gespür für die Beobachtung und Interpretation seismischer Phasen. Zusammen mit *Karl Zieppritz* (1881 – 1908) verbesserte er die damals bekannten Laufzeitkurven und verwendete seismologische Beobachtungen, um die globale Struktur des Erdkörpers auszuentschlüsseln (*Zieppritz & Geiger*, 1909). Einen Teil dieser Untersuchungen führte *Geiger* nach dem frühen Tod von *Zieppritz* weiter und arbeitete dabei angefangene Auswertungen von *Zieppritz* auf. Sie bestimmten die Einfallswinkel der Phasen P, PP, PPP, S, SS und SSS für verschiedene Herdentfernungen. Mit dem *Benndorfschen* Satz und einer geschätzten Geschwindigkeits-Tiefen-Funktion berechneten sie daraus die Geometrie von Strahlwegen dieser Phasen durch das Erdinnere sowie deren maximale Eindringtiefe (Scheiteltiefe). In der zitierten Arbeit schlugen sie einen steinernen Erdmantel mit einer Schichtdicke von 1519 km bzw. 1438 km aufgrund von P- bzw. S-Wellenbeobachtungen vor. Zudem bestimmten *Zieppritz* und *Geiger* (1909) das *Poisson-Verhältnis* mit Werten zwischen 0,2578 und 0,2795 in den oberen 1400 km der Erde. In derselben Arbeit (*Zieppritz* und *Geiger*, 1909) befindet sich auch ein Beitrag "§38 Laufzeit längs eines Erddurchmessers" von *Wiechert* und *Geiger*, in dem diese für Antipodenlaufwege der P- bzw S-Wellen theoretische Lauf-

zeiten von 1171,3 s bzw. 2210,5 s berechneten (zum Vergleich: Das Modell AK135 von 1995 hat für die direkte P-Welle eine Laufzeit von

1212,53 s; wie wir heute allerdings auch wissen, existiert wegen des flüssigen äußeren Erdkerns keine solche S-Welle.).

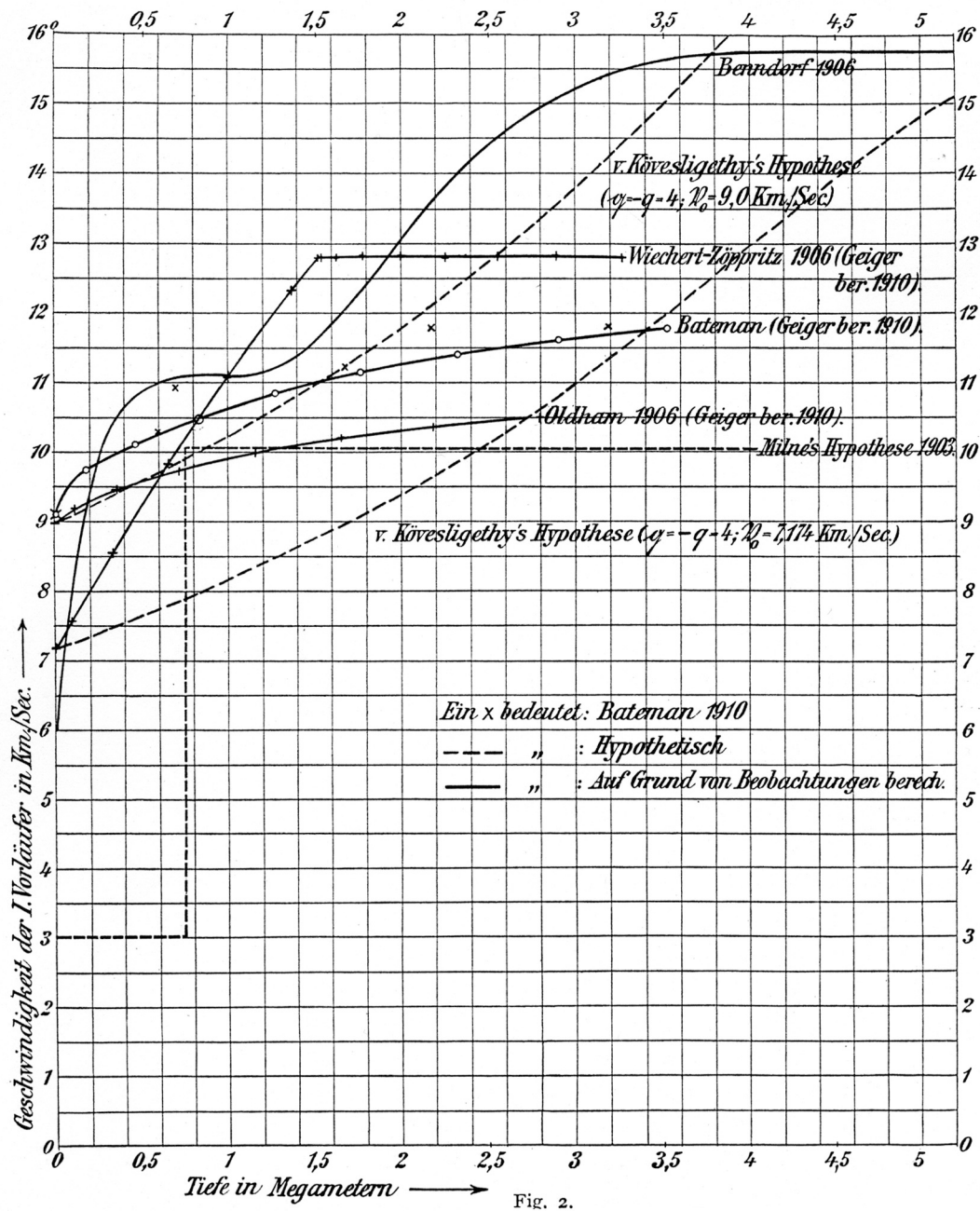


Abb. 4: Tiefenverteilung der seismischen Geschwindigkeit von Kompressionswellen (1. Vorläufer) im Erdinnern für verschiedene Erdmodelle abgeleitet mit dem Herglotz-Wiechert Verfahren. Diese Zusammenstellung aus Wiechert & Geiger (1910) zeigt den damaligen Stand der Forschung. Das Göttinger Modell basiert auf den Laufzeitkurven von Zoeppritz mit Verbesserungen von Geiger (aus Wiechert & Geiger, 1910).

Zusammen mit Emil Wiechert wendete Geiger das heute als Wiechert-Herglotz oder Herglotz-Wiechert Verfahren bekannte Inversionsverfahren zur Bestimmung der Geschwindigkeitsstruktur in der Erde erstmals an. Gustav Herglotz (1881 - 1953) hatte das dazu gehörende mathematische Problem gelöst

(Herglotz, 1907) und anschließend hat Wiechert die besser handhabbare Formulierung gefunden. Die Wiechertsche Herleitung und eine erste Anwendung auf verschiedene damals bekannte Laufzeitkurven wurden dann 1910 veröffentlicht (Wiechert & Geiger, 1910). Die gefundene Gleichung erlaubte

erstmal die direkte Inversion von beobachteten Laufzeiten in eine Geschwindigkeits-Tiefen-Funktion, zur Bestimmung eines 1D Erdmodells. Die 1910 veröffentlichte Arbeit enthält eine Abbildung der so bestimmten Erdmodelle (siehe Abb. 4). Die P-Wellen-Geschwindigkeitsverteilungen im Erdmantel stammen von Laufzeitkurven, die zuvor von *Milne, Benndorf, Wiechert, Zoeppritz & Geiger, Bateman*, sowie *Oldham* erarbeitet worden waren (siehe auch Verweise in Wiechert und Geiger, 1910). Das von *Wiechert* und *Geiger* bevorzugte Erdmodell enthält eine prominente Diskontinuität in 1521 km bzw. 1429 km Tiefe für P- bzw. S-Wellen, die sie als Grenze zum von *Wiechert* bereits 1896 postulierten Erdkern bezeichneten (*Wiechert & Geiger, 1910*).

Aufbauend auf den damals noch nicht veröffentlichten Amplitudendaten von *Zoeppritz* begannen *Geiger* und *Beno Gutenberg* (1889 - 1960) teleseismische P- und S-Welleneinsätze bezüglich ihrer entfernungsabhängigen Amplituden zu untersuchen (*Geiger & Gutenberg, 1911, 1912b&c*). Das resultierende Erdmodell enthält im Erdmantel nur drei Diskontinuitäten: in 1194 ± 50 km, in 1677 ± 100 km und in 2436 ± 100 km Tiefe für P-Wellen bzw. in 1193 ± 50 km, in 1712 ± 100 km und in 2454 ± 100 km Tiefe für S-Wellen. Den entscheidenden letzten Schritt zur genauen Bestimmung der Kern-Mantel-Grenze, bzw. des Kernradius, und der seismischen Geschwindigkeiten im Erdkern aus seismischen Daten unternahm jedoch *Beno Gutenberg* anschließend allein.

Der bekannteste Beitrag von *Ludwig Geiger* zur modernen Seismologie ist sicher seine Methode zur Lokalisierung von Erdbeben, die nach ihm, *Geiger-Methode*, benannt wurde. Als er die seismologische Station Göttingen (GTT) betreute, wurde die Laufzeitdifferenz zwischen den Scher- und Kompressionswelleneinsätzen dazu benutzt, um die Distanz des Bebenherdes zum Observatorium zu bestimmen. Während seiner Tätigkeit, das seismische Bulletin in Göttingen zu erstellen, bemerkte *Geiger*, dass die Ablesung der S-Welleneinsätze schwierig, fehlerhaft und manchmal sogar unmöglich ist. Deshalb suchte er nach

einem Weg, Erdbeben nur mit den genaueren P-Welleneinsätzen zu lokalisieren.

Das *Geiger-Verfahren* wird als Inversionsproblem formuliert (*Geiger, 1910*): Ausgehend von einem geschätzten Epizentrum (mit den geographischen Koordinaten Länge L und Breite B) zur Herdzeit t , wird systematisch eineneue, verbesserte Lösung gesucht. Das Inversionsproblem wird mit einer *Taylor* Entwicklung linearisiert, und das resultierende Gleichungssystem mit der Methode der kleinsten Fehlerquadrate gelöst. *Carl Friedrich Gauß* (1777 - 1855) hatte diese Ausgleichsmethode in Göttingen entwickelt, aber sie war zu Beginn des 20sten Jahrhunderts noch weitgehend unbekannt. In *Geigers* Herleitung wird die Tiefe des Erdbebens implizit auf Null gesetzt, da man damals tiefere Hypozentren noch nicht in Betracht zog. Eine kurze mathematische Beschreibung des Verfahrens ist wie folgt:

$$\begin{aligned} L_H &= \bar{L}_H + \delta\bar{L}_H, \\ B_H &= \bar{B}_H + \delta\bar{B}_H, \\ t_H &= \bar{t}_H + \delta\bar{t}_H, \end{aligned}$$

wobei L_H die geographische Länge, B_H die geographische Breite und t_H die Herdzeit des Bebens H bezeichnet. Die Schätzungen $\bar{L}_H, \bar{B}_H, \bar{t}_H$ werden durch die Korrekturterme $\delta\bar{L}_H, \delta\bar{B}_H, \delta\bar{t}_H$ verbessert. Die beobachteten Einsatzzeiten t_n^* an den Stationen werden mit den geschätzten Einsatzzeiten \bar{t}_n und dem Korrekturwert erster Ordnung verbessert, der die Modellparameter in der entsprechenden *Taylor* Entwicklung enthält:

$$t_n^* = \bar{t}_n + \frac{\partial t_n}{\partial \bar{L}_H} \delta\bar{L}_H + \frac{\partial t_n}{\partial \bar{B}_H} \delta\bar{B}_H + \frac{\partial t_n}{\partial \bar{t}_H} \delta\bar{t}_H$$

Aus den nach der Inversion noch vorhandenen Residuen konnte *Geiger* Formeln für Fehlerellipsen herleiten und wendete sein Verfahren auf das Indien-Beben vom 4. April 1905 an. Er benutzte die Daten von fünf Stationen (Taschkent, Schemacha, Tiflis, Irkutsk und Batum) und wählte als Startwert das makroseismisch geschätzte Epizentrum bei $76^\circ 24' E$ und $32^\circ 18' N$. Sein Inversionsergebnis ergab dann als Epizentralkoordinaten $77^\circ 7' E \pm 26'$ und $32^\circ 14' N \pm 47'$ (siehe Abb. 5).

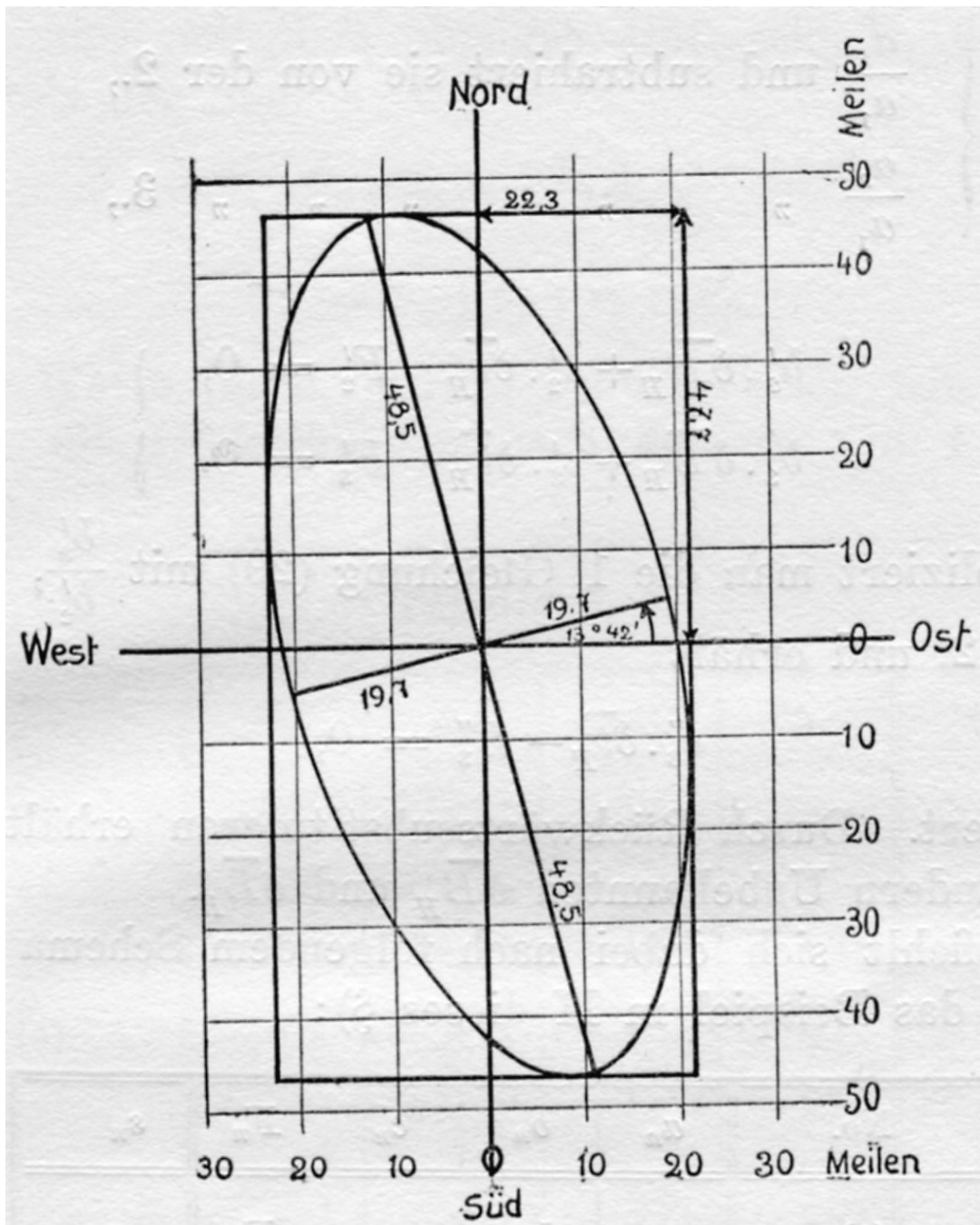


Abb. 5: Von Geiger bestimmte Fehlerellipse für das Epizentrum des Indien-Bebens vom 4. April 1905 (aus Geiger, 1910).

Auf Upolu, wo Geiger 1913/14 als Observator arbeitete, führte er neben seismologischen auch luftelektrische, geomagnetische, hydrologische, meteorologische und astronomische Beobachtungen durch, die zum Teil später von anderen ausgewertet wurden. Neben seinen geophysikalischen Beiträgen erarbeitete Ludwig Geiger auch Studien in der Atomphysik. Seine Dissertationsschrift (Geiger, 1907a) und seine kumulative Habilitation beschäftigten sich mit atomarer Spektroskopie. 1905/06 er-

forschte Geiger die Eigenschaften des Zeeman Effekts (Geiger, 1907a-c). Von 1911 bis 1912 entwickelte er am Geophysikalischen Institut einen Gitterspektrographen, um Spektrallinien sehr genau zu vermessen (Geiger, 1912b). Er plante auch den Bau eines lichtstarken Prismenspektrographen, um u.a. die spektralen Eigenschaften des Polarlichts zu untersuchen, womit sich der Kreis zur Geophysik wieder schließt.

Briefe aus Samoa (1913/14)

Die Briefe *Geigers* an die Vorsitzenden des Samoa Observatoriums in Göttingen, die Geheimräte Prof. *Wagner* und Prof. *Wiechert*, belegen die Gründlichkeit und Überlegtheit seines Handelns. Akribisch reparierte er beschädigte Geräte und kümmerte sich um den Ausbau des Observatoriums. *Geiger* zeigte sich überrascht über die fortgeschrittene Zivilisation auf Apia, schien sich aber auch zu freuen, dass 20 verschiedene Sorten Bier verfügbar waren. Seine Meinung drückte er immer direkt und klar aus. Für aerologische Beobachtungen hatte er einen Theodoliten bekommen, um Ballonaufstiege beobachten zu können. Dieser Theodolit war über den Leiter der Sternwarte, Prof. *Ambronn*, bezogen worden und war laut *Geiger* völlig unbrauchbar. Dies führte zu einem Disput mit *Ambronn*. Hierzu der Auszug aus einem Schreiben *Geigers*:

„Wenn man ein schwächeres Okular benützt, so erkennt man allerdings die Bildfehler weniger, sie werden aber dadurch nicht vermindert. Dies ist etwa so, wie wenn der Vogel Strauß den Kopf in den Sand steckt, um die Gefahr nicht zu sehen. Die Optik von Prisma & Objektiv ist eben völlig ungenügend,... Übrigens habe ich ganz vorzügliche Augen.“

Bibliographie von Ludwig Carl Geiger

- Geiger, L. (1907a). Beiträge zur Kenntnis der Begleiterscheinung des inversen longitudinalen Zeeman-Effektes. Inaugural-Dissertation, Philosophische Fakultät, Georg-August-Universität Göttingen, 58 pp.
- Geiger, L. (1907b). Über die Begleiterscheinung des inversen longitudinalen Zeeman-Effektes. *Annalen der Physik* 23, 758-788.
- Geiger, L. (1907c). Über die Begleiterscheinungen des inversen longitudinalen Zeeman-Effektes. *Annalen der Physik* 24, 597-600.
- Geiger, L. (1909a). Seismische Registrierungen in Göttingen im Jahre 1907, mit einem Vorwort über Die Bearbeitung der Erdbebendiagramme. *Nachrichten*

von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, *Mathematisch-Physikalische Klasse*, 107-123 & 124-151.

- Geiger, L. (1909b). Seismische Registrierungen in Göttingen im Jahre 1908, mit einem Vorwort über Hilfsmittel zur Berechnung der wahren Bodenschwankung. *Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen*, *Mathematisch-Physikalische Klasse*, 152-165 & 166-203.
- Geiger, L. (1910). Herdbestimmung bei Erdbeben aus den Ankunftszeiten. *Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen*, *Mathematisch-Physikalische Klasse*, 331-349.
1912 ins Englische von F.W.L. Peebles & A.H. Corey: Probability method for the determination of earthquake epicenters from the arrival time only. *Bulletin St. Louis University* 8, 60-71.
- Geiger, L. (1911). Steigerung der Empfindlichkeit bei der Gauß-Poggendorffschen Spiegelmethode. *Physikalische Zeitschrift* 12, 66-70.
- Geiger, L. (1912a). Über die Schwärzung und Photometrie photographischer Platten. *Annalen der Physik* 37, 68-78.
- Geiger, L. (1912b). Ein lichtstarker, glasfreier stigmatischer Gitterspektrograph und seine Anwendung zur photographischen Bestimmung des roten und ultraroten Eisenbogenspektrums. *Annalen der Physik* 39, 752-788.
- Geiger, L. (1913a). Seismische Registrierungen in Göttingen im Jahre 1909. *Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen*, *Mathematisch-Physikalische Klasse*, 365-391.
- Geiger, L. (1913b). Verschiedene Briefe aus Apia (Samoa) an die Professoren *Wagner* und *Wiechert*. *Samoa-Archiv, Institut für Geophysik*, Universität Göttingen.
- Geiger, L. (1914). Seismische Registrierungen in Göttingen im Jahre 1910. *Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft*

der Wissenschaften zu Göttingen, Mathematisch-Physikalische Klasse, 245-271.

- Geiger, L. (vers.). Verschiedene Einträge in das *Konstantenbuch* des Instituts für Geophysik, Universität Göttingen.
- Geiger, L. and Gutenberg, B. (1911). Konstitution des Erdinnern, erschlossen aus dem Bodenverrückungsverhältnis der einmal reflektierten zu den direkten Longitudinalwellen. *Physikalische Zeitschrift* 12, 814-818.
- Geiger, L. and Gutenberg, B. (1912a). Göttinger Laufzeitfunktionen 1911. Geophysikalisches Institut - Göttingen No. 3/5 1912 (wöchentlicher Erdbebenbericht), 2.
- Geiger, L. and Gutenberg, B. (1912b). Konstitution des Erdinnern, erschlossen aus der Intensität longitudinaler und transversaler Erdbebenwellen. *Physikalische Zeitschrift* 13, 115-118.
- Geiger, L. and Gutenberg, B. (1912c). Über Erdbebenwellen VI. Konstitution des Erdinnern, erschlossen aus der Intensität longitudinaler und transversaler Erdbebenwellen, und einige Beobachtungen an den Vorläufern. *Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Mathematisch-Physikalische Klasse*, 623-675.
- Wiechert, E. and Geiger, L. (1910). Bestimmung des Weges der Erdbebenwellen im Erdinnern. *Physikalische Zeitschrift* 11, 294-311.
- Zoeppritz, K. and Geiger, L. (1909). Über Erdbebenwellen III. Berechnung von Weg und Geschwindigkeit der Vorläufer. Die Poissonsche Konstante im Erdinnern. *Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Mathematisch-Physikalische Klasse*, 400-428.
- Zoeppritz, K., Geiger, L. and Gutenberg, B. (1912). Über Erdbebenwellen V. Konstitution des Erdinnern, erschlossen aus dem Bodenverrückungsverhältnis der einmal reflektierten zu den direkten longitudinalen Erdbebenwellen, und einige andere Beobachtungen über

Erdbebenwellen. *Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Mathematisch-Physikalische Klasse*, 121-206.

Danksagung

Wir bedanken uns sehr bei *Dr. Urs Peter Geiger* für seine große Hilfe bei unserer Arbeit über die Biographie seines Vaters. Ohne seine freundliche Unterstützung wären uns viele Facetten der abwechslungsreichen Vita Ludwig Geigers unbekannt geblieben. Ferner danken wir Ulrich Barth (Staatsarchiv Basel), Rainer Hennings, Elke Hillesheim, Michael Kessler (Pharmazeutisches Museum Basel), Wilfried Steinhoff und dem Archiv der Georg-August-Universität Göttingen, die alle uns bei der Materialsuche zu Ludwig Geiger unterstützten. NORSAR Beitrag Nr. 747.

Referiertes und/oder eingesehenes Material

- Akte 'Privatdozent Dr. Geiger'. *Universitätsarchiv Göttingen*, Kur. 4Vc, 279.
- Angenheister, G. G. (1974). Geschichte des Samoa-Observatoriums von 1902 bis 1921. In: "Zur Geschichte der Geophysik" (Birett, H. u.a., Hrsg.), pp. 43-66, Springer Verlag, Berlin.
- Angenheister, G. H. (nach August 1918) Geschäftsbericht: Die Weiterführung des Observatoriums während der britischen militärischen Besetzung von Samoa. Manuskript im *Samoa-Archiv, Institut für Geophysik*, Universität Göttingen.
- Basler Nachrichten (1966). Dr. Ludwig Geiger zum Gedenken (Nachruf).
- Herglotz, G. (1907). Über das Benndorfsche Problem der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen. *Physikalische Zeitschrift* 8, 145-147.
- National-Zeitung Basel (1966). Dr. Ludwig Geiger zum Gedenken (Nachruf).
- Wagner, H. (1913). XII. Bericht über das Samoa-Observatorium für das Jahr 1912/13. *Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Geschäftliche Mitteilungen*, 11-14.

Wiechert, E. (1898-1918). Chronik des Geophysikalischen Instituts. *Institut für Geophysik*, Universität Göttingen, handschriftliche Notizen.

Wiechert, E. (1914). XIII. Bericht über das Samoa-Observatorium für das Jahr 1913/14. *Nachrichten von der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Geschäftliche Mitteilungen*, 11-14.

Wiechert, E. (1915). XIV. Bericht über das Samoa-Observatorium für das Jahr 1914/15. *Nachrichten von der Königlichen*

chen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Geschäftliche Mitteilungen, 1-2.

Anschrift der Autoren

Joachim Ritter, Institut für Geophysik, Universität Göttingen; nun: Geophysikalisches Institut, Universität Karlsruhe, Hertzstr. 16, 76187 Karlsruhe, joachim.ritter@gpi.uni-karlsruhe.de

Johannes Schweitzer, NORSAR, P.O. Box 51, N-2027 Kjeller, Norway, johannes@nors.no

