

**August H. Sieberg (1875-1945),
der Begründer der modernen Makroseismik und Erdbebenkunde
an der Universität Jena (Deutschland)**

von
Fritz Pfaffl

Zusammenfassung

Die internationale Seismologie wird immer mit dem Namen des deutschen Geologen und Geophysikers August Sieberg (1875-1945) verbunden bleiben. Er ist der Begründer der modernen Makroseismik und Erdbebenkunde. Bereits kurz nach der Gründung der „Deutschen Kaiserlichen Hauptstation für Erdbebenforschung in Straßburg im Elsaß“ 1899, der von 1904 bis 1922 das Zentralbüro der International Seismological Association (ISA) angegliedert war, begann A. Sieberg 1904 seine erfolgreiche wissenschaftliche Tätigkeit. Schon am Meteorologischen Observatorium in Aachen hatte er mit der damals noch weitgehend unbekanntenen Seismologie begonnen. Sein noch in Aachen 1904 verfasstes Handbuch für Erdbebenkunde war das erste umfassende Lehrbuch dieses neuen Wissenschaftszweiges. 1908 folgte an der Erdbebenhauptstation Straßburg (Elsaß) das Buch „Der Erdball – eine gemeinverständliche Darstellung der gesamten Geophysik und ihrer Nachbargebiete“ Nun beschäftigte er sich hauptsächlich mit der Neu- und Weiterentwicklung der schon fast vergessenen Erdbebengeologie und –geographie, besonders nach seiner Übersiedelung nach dem 1. Weltkrieg nach Jena. Hier blieb er diesen Arbeitsgebieten bis an sein Lebensende 1945 treu. Auch an der Entwicklung der instrumentalen Erdbebenforschung war Deutschland damals führend beteiligt. Emil Wiechert in Göttingen baute die ersten Seismographen, die lesbare Aufzeichnungen lieferten. Mit seinen Mitarbeitern Gustav Angenheister, Ludwig Geiger, Beno Gutenberg, Franz Linke und Karl Zoepritz hat er die seismische Erforschung des Erdinneren und mit seinem Schüler Ludger Mintrop die Angewandte Seismologie begründet. Die modernen Erdbeben-Skalen gehen auf den Italiener Giuseppe Mercalli (Milano 1850 – Napoli 1914) zurück. Heute ist nur noch die nach oben offene so genannte Richter-Magnitudenskala in Gebrauch.

Schlüsselwörter

Geophysik, Makroseismik, Mikrozeismik, Erdbebenskalen, Pendel, Erdinneres, Plattentektonik.

Einleitung

Die Erdbebenkunde ist noch eine verhältnismäßig junge Geowissenschaft. A. Sieberg schrieb 1904 im Vorwort zu seinem „Handbuch der Erdbebenkunde“ folgendes: „Auf der 2. Internationalen Seismologischen Konferenz 1903 in Straßburg im Elsaß wurde ein neues Zeitalter der Seismologie inauguriert, so schien mir der Zeitpunkt geeignet für den Versuch einen ersten Überblick über den augenblicklichen Stand der Erdbebenforschung zu geben.“ Ausführlicher geht Sieberg 1923, nachdem er 1919 aus Straßburg gewaltsam vertrieben worden war, auf die bestehenden ungeklärten Probleme mit der Erdbebenforschung ein. Erdbeben sind danach geologische Vorgänge, dagegen sind Auslösung und Ausbreitung der Energie physikalische Vorgänge, deshalb ist nun die Geophysik zuständig geworden. Heute ist die Plattentektonik allgemein anerkannt, nach der die Erde in einige, unterschiedliche Krusten-segmente, den Platten, unterteilt ist. Entweder driften sie auseinander und mittels submarinem Vulkanismus entsteht neue Meerbodenmasse, die zu mittelozeanischen Rücken an der Nahtstelle erstarrt, in sich oft durch Querverschiebungen (transform faults) versetzt. Oder die Platten kommen aufeinander zu und kollidieren, der Hauptursache für Erdbeben, gefolgt von vulkanischen Zonen, entweder fortschreitend im Kollisionsgebirge (Anden), oder als Inselbögen im Ozean, die Hauptauslöser sind dabei vorbereitende, explosive Kräfte, meist relativ kurz vor Eruptionen angesiedelt. In etwa gleich häufig sind Erdbeben, die an Senkungszonen entstehen, an denen Gräben eingebrochen sind und diese teilweise einen Bruch einheitlicher Plattenmasse andeuten (Jordangraben), teilweise auch das Gegenprodukt einer flächig massiven Gebirgsbildung in deren Mitte (Oberrheingraben) sind.

Mit der Naturerscheinung Erdbeben haben sich als erstes Naturkundler der Mittelmeerländer beschäftigt, da gerade diese Länder schon in der Antike Schauplätze verheerender Erdbeben gewesen sind, so der Begründer der Historie der Seismologie Mario Baratta (1868 Voghera – 1935 Casteggio, Italien) und Ferdinand Jean Baptiste Montessus de Ballore (1859 Dompierre-sous-Sauvignes, Burgund (Bourgogne)) – 1923 Santiago de Chile). Eine Wende trat ein, als sich Geologen mit der Erdbebenforschung beschäftigten, so der Schweizer George H. Volger (1822 Lüneburg – 1897 Sulzbach am Taunus). Robert Mailet (1810 Dublin – 1881 London) legte den Grundstein zur Erdbebenphysik. Sein um 1850 erschienenes Werk enthüllt bereits alle Elemente der physikalischen Erdbebenkunde mit Versuchen, die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der Bebenwellen in verschiedenartigen Gesteinen zu ermitteln. Damit war die Erdbebenforschung vor neue Aufgaben gestellt, die die Geologie nicht lösen konnte, so dass die Physik mit instrumentalem und mathematischem Rüstzeug einspringen musste. Bahnbrecher war auf diesem Gebiet John Milne (1850 Liverpool – 1913 Skide, Isle of Wight) mit dem Bau eines ersten Erdbebenmessgerätes. Japan und alle englischen Kolonien wurden mit einem Netz von Beobachtungsstationen überzogen. Milne gründete auch die erste Fachzeitschrift „Transactions and Journal of the Seismological Society of Japan 1880-1895 als Herausgeber. Die Helvetische Gesellschaft für Naturwissenschaften in Bern hat als Erste 1878 ein Komitee zur Er-

forschung von Erdbeben in der Schweiz gegründet und mit der Leitung des Franco-Schweizer François Alphons Forel (1841 – 1912 Lausanne) beauftragt. Forel entwickelte schon 1880 eine 10gradige Erdbebenskala.

Die Seismologie ist noch heute ein Teilgebiet der Geophysik. Sieberg vertrat die Makroseismik mit den Worten: "So geht die geologische Richtung der Erdbebenforschung von den für den Menschen fühlbar und sichtbar zutage tretenden Bebenwirkungen aus und versucht, auf makroseismischem Wege die Erscheinungsformen und namentlich die Ursachen dieser Naturerscheinung, sowie ihre Abhängigkeit von anderen Vorgängen in der Erdkruste zu ergründen. Angewandte Seismologie: Ein beiden Richtungen gemeinsames Arbeitsfeld ist die Nutzbarmachung der Forschungsergebnisse für das Gemeinwohl, sei es durch Schaffung bebensicherer Baukonstruktionen, sei es durch die Auswahl von Baugründen, die die schädlichen Bebenwirkungen nach Möglichkeit abschwächen." (SIEBERG 1923)

Vor Sieberg (1904, 1913) hatte bereits 1893 der österreichische Geologe Rudolph Hoernes (1850 Graz - 1912 Wien) eine erste moderne Erdbebenkunde herausgegeben, aber damit kein großes Interesse gefunden.

1979 fand in Eisenach (Thüringen, Mitteldeutschland) eine Tagung zur Geschichte der Seismologie, Seismik und Erdzeitenforschung statt. Die Vorträge wurden alle in den Veröffentlichungen des Zentralinstituts für Physik der Erde in Potsdam veröffentlicht.

Biografie

August Heinrich Sieberg wurde am 23. Dezember 1875 in Aachen (NW-Deutschland) als Sohn eines Weinhändlers geboren. Nach dem Studium der Naturwissenschaften an der Technischen Hochschule Aachen, an den Universitäten Straßburg (Elsaß), Freiburg (Breisgau) und Jena (Thüringen) wurde er 1895 als Assistent am Meteorologischen Observatorium in Aachen angestellt. Ab 1904 war er als so genannter Hilfsarbeiter an der Kaiserlichen Hauptstation für Erdbebenforschung in Straßburg (Strasbourg) angestellt, seit 1910 als nebenamtlicher Mitarbeiter des Zentralbüros Straßburg der International Seismological Association, die 1922 rückwirkend auf das Jahr 1916 aufgelöst wurde. Anlehnend an die bahnbrechenden Arbeiten von Ferdinand J. B. M. De Montessus de Ballore (1851-1923) in Chile, begann Sieberg etwa im Jahre 1907 seine Haupttätigkeit mit der Neu- und Weiterentwicklung der halb vergessenen Erdbebengeologie und -geographie. Er bewies in der Auswahl und Darstellung des Stoffes eine große pädagogische Geschicklichkeit.

Nach der Teilnahme am 1. Weltkrieg musste er 1919 als reichsdeutscher Beamter das nun wieder französisch gewordene Elsass verlassen. Er ging gemeinsam mit

dem Direktor der Straßburger Hauptstation Oskar Hecker (1864-1938) nach Jena, wo das schon bestehende Zentralinstitut für Erdbebenforschung die Arbeit des 1899 errichteten Straßburger Instituts fortsetzte. 1921 wurde Sieberg in Jena promoviert. 1922 habilitierte er für Geophysik in Jena. 1936 wurde er Direktor der Jenaer Erdbebenstation, nachdem er 1924 schon außerordentlicher Professor an der Universität Jena geworden war. Er schuf den Deutschen Reichserdbebedienst und die ersten Erdbeben-Weltkarten. Seine Publikationsliste enthält 10 Lehrbücher und mehr als 100 Fachaufsätze. In den letzten Lebensjahren begründete er den neuen Arbeitszweig der Erdbebenkundlichen Bautechnik. Sieberg unternahm zahlreiche erdbebenkundliche, geologische und vulkanologische Reisen in fast alle Gebiete Europas. Seine Aufsätze über die Donau- und Balkanländer wurden in mehrere Fremdsprachen übersetzt. Er gilt als Begründer der modernen Makroseismik und Erdbebenkunde. Für seine wissenschaftlichen Verdienste um den Aufbau einer seismologischen Station im Deutschen Museum in München erhielt er 1925 den Goldenen Ehrenring, 1937 das Ehrendoktorat der Universität Athen (Griechenland). 1933 war er in die Deutsche Akademie für Naturforscher (Leopoldina) gewählt worden.

Ein zweites Interessengebiet Siebergs war die Wetterkunde (Meteorologie). Sein Buch „Wie wird das Wetter? Eine erste Einführung in das Verständnis der atmosphärischen Vorgänge und eine Anleitung zur Vorherbestimmung des Wetters“ (Stuttgart, 4 Auflagen: 1934, 1938, 1940, 1941) ist noch heute lesenswert.

August Sieberg verstarb nach langem, schwerem Leiden am 18. November 1945 kurz vor der Vollendung seines 70. Lebensjahres in Jena. Er setzte sich stets für das persönliche Fortkommen jedes einzelnen Institutsangehörigen ein (KRUMBACH 1949 / 1950).

Tätigkeit an der deutschen Erdbebenstation Straßburg (1904-1919)

Sie wurde 1899 dank der rastlosen und zielbewussten Bemühungen von Georg Gerland (1833-1919) begründet. Nach Abschluß seines Studiums in Jena nahm Sieberg 1895 erst 20jährig eine Assistentenstelle am Meteorologischen Observatorium in seiner Heimatstadt Aachen an. 1904 gab er dort sein Handbuch der Erdbebenkunde (mit 362 Seiten) heraus. Im Vorwort dazu schreibt er: „Auf der 2. Internationalen Seismologischen Konferenz vom 24. – 28. Juli 1903 in Straßburg im Elsaß wurde ein neues Zeitalter der Seismologie inauguriert, so schien mir der Zeitpunkt geeignet für den Versuch einen ersten Überblick über den augenblicklichen Stand dieser Wissenschaft zu geben. Es fehlt nicht gänzlich an einschlägigen Lehrbüchern. Selbst John Milnes so verdienstvolle Seismologie (1898) entspricht nicht mehr völlig den heutigen Anforderungen.“

Die Herausgabe seiner Lehrbücher zur Erdbebenforschung war der Anlaß, dass Sieberg 1904 von Aachen an die 1899 gegründete Kaiserliche Erdbebenstation im Elsaß berufen wurde und dort unter dem Begründer 1. Direktor Georg Gerland bis 1914 eine überaus segensreiche Tätigkeit begann. Schon 1912 publizierte er seine Forschungsarbeiten über die makroseismische Bestimmung der Erdbebenstärke und wird damit zum Begründer der Makroseismologie. 1914 kommt eine Einführung in die Erdbeben- und Vulkankunde Süditaliens heraus. Georg Gerland gründete 1887 die internationale Fachzeitschrift „Beiträge zur Geophysik“, was der jungen Wissenschaft einen bedeutenden Auftrieb verschaffte.

1901 wurde in der Straßburger Erdbebenstation die 1. internationale Seismologische Konferenz abgehalten. Man beschloß die Einführung einer Weltzeit bei der Auswertung der Beobachtungsergebnisse für den unmittelbaren Vergleich der Aufzeichnungen der bald über die ganze Welt verteilten Messstationen. Besonders wertvoll war bei dieser Tagung die Vorlage eines Erdbebenkatalogs von Friedrich von Lerch (Aachen), der eine erste chronologische Zusammenfassung aller seit dem Jahre 1000 n. Chr. bekannt gewordenen Erdbeben enthält. Das über 7000 Seiten starke Nachschlagewerk dient der Erdbebengeographie noch heute als wertvolles Archiv. Durch die Initiative von Gerland kam es 1904 zur Gründung der International Seismological Association. Das deutsche Forschungsinstitut in Straßburg bildete damals den Sammelpunkt der internationalen Fachkreise. Besonders wichtig wurde die Konstruktion hochwertiger Seismographen mit lesbaren Aufzeichnungen über den genauen zeitlichen Ablauf, die Größe und Richtung der Erdbeben.

Tätigkeit an der Reichsanstalt für Erdbebenforschung in Jena (1919-1945)

A. Sieberg musste nach dem Ausgang des 1. Weltkrieges 1919 das nun wieder französisch gewordene Straßburg (Strasbourg) unfreiwillig verlassen und ging gemeinsam mit Direktor Oskar Hecker an die neu errichtete Reichsanstalt für Erdbebenforschung in Jena, wo man die Aufgaben des Straßburger Instituts fortführen sollte. Zunächst war er dort als Abteilungsleiter für Makroseismik tätig, bis er 1932 nach Heckers Emeritierung mit der vorläufigen Institutsleitung betraut wurde. 1936 wurde Sieberg dann verdienenterweise Direktor. Hier in Jena publizierte er mehr als 100 Einzeluntersuchungsergebnisse und zusammenfassende Werke (folgend Beispiele):

Geologische, physikalische und angewandte Erdbebenkunde (1923)

Geologische Einführung in die Geophysik (1927)

Die Erdbeben (Handbuch der Geophysik, Band 4, 1930)

Erdbebengeographie (1932)

Untersuchungen über Erdbeben und Bruchschollenbau im östlichen Mittelmeergebiet (1932)

In Jena war Sieberg auch Hauptschriftleiter der „Veröffentlichungen der Reichsanstalt für Erdbebenforschung“ und der „Mitteilungen des Deutschen Reichserdbebedienstes“. Dann publizierte er selbst so bedeutende Abhandlungen wie: Die Verbreitung der Erdbeben auf Grund neuerer, makro- und mikroseismischer Beobachtungen und ihre Bedeutung für Fragen der Tektonik; Beiträge zum Erdbebenkatalog Deutschlands und angrenzender Gebiete für die Jahre 38 bis 1788, 2. Teil von 1880 bis zur Gegenwart; Beiträge zur erdbebenkundlichen Bautechnik. Sieberg war Gründer und Leiter des Deutschen Reichserdbebedienstes. Ein Ausbau eines flächendeckenden Stationsdienstes kam wegen des Kriegsausbruches 1939 nicht mehr zur Durchführung. Sehr bedeutungsvoll sind seine Publikationen zur Erdbebengeographie, in denen in sorgfältiger und jahrzehntelanger Kleinarbeit die Verteilung der Erdbebenherde und die Häufigkeit systematisch zusammengestellt wurden. So erkennt man die Zusammenhänge von Erdbeben mit der Tektonik und Veränderungen in Teilen der Erdkruste. Zu Siebergs großen Arbeiten in Jena zählen auch die Darstellungen von Erdbebenzonen weltweit und immer mehr verbesserte allgemeine Erdbeben-Weltkarten. Auch für Deutschland entwarf er solche Karten mit der genauen Lage und Stärke der Erdbeben als Hilfsmittel bei Neuanlagen von Industrien und Talsperren. So war es auch gegeben, dass sich Sieberg in den letzten Lebensjahren einem neuen Forschungszweig, der erdbebenkundlichen Bautechnik, zuwandte und sich dafür auf zahlreichen Reisen in die Donau- und Balkanländer informierte. Professor August Sieberg förderte in Jena das persönliche Fortkommen jedes einzelnen Institutsangehörigen. Er liebte die Geselligkeit und war wegen seiner lebhaften Unterhaltungsgabe überall gerne gesehen.

Hecker gründete 1922 die Deutsche Seismologische Gesellschaft, die bald in eine Deutsche Geophysikalische Gesellschaft erweitert wurde. In Jena befand sich schon seit 1900 eine Erdbebenstation dank der Carl-Zeiss-Stiftung. 1934 wurde Sieberg Nachfolger von Hecker als Direktor in Jena. Er erreichte die lang schon angestrebte Zusammenarbeit der deutschen Institute durch die Gründung des Deutschen Reichserdbebedienstes. Siebergs Lehrbücher enthalten neben guten Fotografien auch von ihm meisterlich selbst gezeichnete Augenblickszustände von vulkanischen oder seismischen Katastrophen in den Ländern, die er selbst bereist hatte. 1947 unterstellte man in Jena die ehemalige Reichsanstalt als Zentralinstitut für Erdbebenforschung der Deutschen Akademie der Wissenschaften in Ostberlin.

Unterschiedliche Erdbeben

Die ersten Versuche, die Ursachen der Erdbeben zu erforschen, gehen weit zurück bis zum Woodwardian Professor der Geologie in der Universität Cambridge (UK) John Mitchell (1724-1793) (DAVISON 1927). Bei jedem Erdbeben sind nach Sieberg

(1923) Tiefenloge, Größe und Energieentwicklung des unterirdischen Herdes anders. Das Zusammenwirken dieser drei Bebenelemente bedingt die an der Erdoberfläche wahrnehmbare Bebenstärke, abgesehen von der Größe von makro- und mikroseismischen Schüttergebieten. Jedes Erdbeben hat einen ganz bestimmten Charakter. Diese Erwägungen veranlassten Sieberg (1922), sechs Charakterklassen (Arten) als prä-plattentektonische Erkenntnisse aufzustellen:

Einsturzbeben

1. Auswaschungsbeben
2. Vulkanische Erdbeben

Ausbruchsbeben

1. Vorbereitende Beben
2. Begleitende Beben
 - a Entgasungsbeben
 - b Explosionsbeben
 - c Tiefenbeben
3. Nachfolgende Beben
 - a Wiederbelebung des Magmas
 - b Vulkan-Einsturzbeben

Dislokationsbeben

1. Verwerfungsbeben
 - a Normale Verwerfungsbeben
 - b Wechselbeben
 - c Blattbeben
 - d Kippbeben
2. Faltungsbeben
 - a Schichtbeben
 - b Längsbeben
 - c Querbeben
 - d Faltenüberschiebungsbeben
 - e submarine Faltungsbeben

Mikroseismische Störungen sind ohne instrumentale Hilfsmittel nicht wahrnehmbar. Makroseismische Störungen sind direkt mit den menschlichen Sinnen ohne Instrument gefühlte Erdstöße. Von den Dislokationsbeben haben sich heute die Begriffe für 2b Longitudinalbeben und 2c Transversalbeben eingebürgert. 2d ist ein Kombibebebeider, 2e erzeugt regelmäßig Tsunamis.

Entwicklung seismologischer Geräte

1898 wurde mit der Berufung Emil Wiecherts an die Universität Göttingen der erste selbstständige Lehrstuhl für Geophysik in Deutschland errichtet. An der Entwicklung der instrumentellen Erdbebenforschung war Deutschland ab 1880 führend beteiligt. Emil Wiechert (1861-1928) in Göttingen baute die ersten Seismographen, die lesbare Aufzeichnungen von Fernbeben lieferten (nach dem Prinzip des umgekehrten Pendels). Mit seinen Mitarbeitern Gustav Angenheister (1878-1945), Ludwig Carl Geiger (1882-1966), Beno Gutenberg (1899-1960), Franz Linke (1878-1944) und Karl Zieppritz (1881-1908) hat er die seismische Erforschung des Erdinneren, die Angewandte Seismik begründet und die ersten grundlegenden Ergebnisse publiziert (BARTELS 1960). Die Bezeichnung Geophysik wurde in Deutschland erst vor 150 Jahren eingeführt. Der erste Professor für Geophysik kam 1898 nach Göttingen und wurde dem Physiker Wiechert übertragen. Das war zunächst nur ein Abschluß in der Frage der Benennung, die sich schließlich durch das Internationale Geophysikalische Jahr (1.1.1957-31.12.1958) allgemein durchsetzte.

Die Begründung der modernen Geophysik fällt in die Zeit um die Jahrhundertwende. Im Jahre 1893 konnte Ernst von Rebeur-Paschwitz (1861-1895) den Beweis erbringen, dass es möglich ist, mit Hilfe geeigneter Instrumente die von den Erdbeben ausgelösten elastischen Wellen in großen Entfernungen vom Herd zu beobachten. Der Ausgangspunkt dieser Untersuchungen waren Horizontalpendelbeobachtungen (Prinzip: Foucault'sches Pendel). Diese dienten ursprünglich lediglich zur Messung von Schwankungen der Lotlinie, die auf Gezeitenwirkungen der Gestirne zurückzuführen waren. Innerhalb dieser Aufzeichnungen traten von Zeit zu Zeit kurzperiodische Störungen auf, Bodenschwingungen, die sich als Auswirkungen ferner Erdbeben in mehreren 1000 km Entfernung deuten ließen. Mit dieser Entdeckung wurde Deutschland zur Geburtsstätte eines neuen Arbeitszweiges der Geophysik, der physikalischen Erdbebenforschung. 1895 erarbeitete v. Rebeur-Paschwitz Vorschläge zur Errichtung eines internationalen Systems von Erdbebenstationen. Man schlug damals auch die Gründung einer Zentralstelle für die Sammlung und Publikation von Erdbebennachrichten der ganzen Welt vor.

Der Wiechert-Schüler Ludger Mintrop (1880-1956) begründete 1919 die Angewandte Seismologie, um unabhängig von der Beobachtung natürlicher Erdbeben zu sein. Es wurden durch Sprengungen künstliche Beben erzeugt und mit besonders entwickelten Instrumenten Geschwindigkeitsmessungen in den obersten geologischen Schichten durchgeführt. Durch die Aufstellungen von Laufzeitkurven für nahe Entfernungen werden heute in Zusammenarbeit mit der Geologie die Lagerung der Schichten, ihre Tiefe und Mächtigkeiten bestimmt. Diese Laufzeitmethoden oder Refraktionsseismik stützt sich auf die verschiedenen Ausbreitungsgeschwindigkeiten der elastischen Wellen innerhalb der verschiedenen Gesteinsformationen. Mintrop erfand seismische Verfahren zur Exploration von Kohlenwasserstoffen, sprich Erdöl und Mineralien.

1920 entdeckte er das Auftreten einer Kopfwelle im seismischen Wellenfeld als Grundlage für refraktionsseismische Messungen. 1917 hatte er schon einen leichten Feldseismographen für Kriegszwecke entwickeln können.

In Japan, dem Land mit den meisten Erdbeben, wurde Fusakichi Omori (1868 Fukui – 1923 Tokyo) Professor für Seismologie und Sekretär des japanischen Komitee für die Verhütung von Erdbebenkatastrophen. Er war Japans erster Erdbebenforscher zu seiner Zeit und damals auch einer der ersten weltbekannten Seismologen. Angeregt durch seine Studien bei den großen Erdbeben in den Provinzen Mino und Owari im Jahre 1891 entwarf er seismologische Instrumente. Eines davon, ein Typ Horizontalpendelseismograph, war in etlichen Ländern in Gebrauch und ist es mit diversen Modifikationen noch heute in der USA in einigen Observatorien. Omori war der Erste, der mit einem Kippmesser experimentierte, ein Instrument, das kleine Kippbewegungen vor, während und nach größeren Erdbeben registriert. Omori lernte als Physiker die Erdbebenkunde bei längeren Studienaufenthalten in Italien und Deutschland kennen. Nach Japan zurückgekehrt wurde er zur Erdbebenkunde durch Seikei Sekiya (1855-1896) und John Milne (1850 Liverpool – 1913 Skide, Isle of Wight, UK) angeregt (BULLEN 1974 Dictionary of Scientific Biography Vol. 9, 1974) zum Zeitpunkt, als die Provinz Kanto in Japan von einem Erdbeben mit 140 000 Todesopfern heimgesucht wurde.

Emil Wiechert (1861 Tilsit – 1928 Göttingen) war ein genialer und erfolgreicher Geophysiker. Er hat wesentlich dazu beigetragen, die Seismologie zu einer exakten Wissenschaft zu machen. Ab 1897 war er am neuen Geophysikalischen Institut der Universität Göttingen tätig, dem ersten solcher Art in Deutschland. 1902 wurde dort eine Erdbebenmessstation in Betrieb genommen. Eine Studienreise nach Italien 1899 zu den Erdbebengebieten und in die schon bestehenden Stationen hatte ihm gezeigt, dass die vorhandenen Messinstrumente nicht seinen Anforderungen entsprachen. Besonders war wegen fehlender Dämpfung der Seismographen eine getreue Abbildung der Bodenbewegungen nicht möglich. Wiechert sah nun seine Aufgabe darin, automatische Seismographen und die Theorie solcher Instrumente zu entwickeln. 1900 entstand der Wiechert'sche Horizontalseismograph. Er bewährte sich derart, dass er noch heute in vielen seismischen Stationen auf der ganzen Welt im Einsatz ist (GERECKE 1962).

Wiechert baute auch die ersten störungsfreien Seismographen, die automatisch registrierten und mechanisch arbeiteten. Er schlug 1901 die Errichtung eines geophysikalischen Observatoriums in Apia auf Samoa in der Nähe der großen Erdbebengebiete des Pazifischen Ozeans durch die Gesellschaft der Wissenschaften an der Universität Göttingen vor. 20 Jahre lang bestand diese Erdbebenstation in dieser ehemals deutschen Kolonie. Wiechert gründete 1922 die Deutsche Seismologische Gesellschaft als Vorläuferin der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft. Er wurde zum Begründer der Angewandten Seismik, die sein Schüler Ludger Mintrop (1880

Werden an der Ruhr – 1956 Essen) in die Praxis überführte und die heute zur Auffindung von Lagerstätten unentbehrlich geworden ist. Ein weiterer Schüler von Wiechert, Beno Gutenberg (1889 Darmstadt – 1960 Pasadena, USA) hat 1912 in Göttingen mit der Arbeit „Die seismische Bodenunruhe“ promoviert. Er verließ 1929 aus politischen Gründen Deutschland und errichtete in Pasadena in Kalifornien ein gut ausgerüstetes Laboratorium für Erdbebenkunde.

Die Erdbeben-Skalen

Ab 1880 gelangten Geophysiker mit Hilfe der ersten Seismographen zu neuen wissenschaftlichen Erkenntnissen. Ernst von Rebeur-Paschwitz (1861 Frankfurt/Oder – 1895 Merseburg) erbrachte 1893 den ersten Nachweis, dass man bei genügender Empfindlichkeit der Seismometer auch Diagramme von sehr weit entfernten Erdbeben gewinnen konnte. Er promovierte 1883 in Leipzig, war von 1883 bis 1888 Assistent an der Sternwarte Karlsruhe, 1889 in Potsdam und Wilhelmshaven und Dozent an der Universität Halle (Saale), konstruierte ein neu entwickeltes Horizontalpendel (v. Rebeur-Ehlerst-Pendel) und stellte damit Beobachtungen an. Fortschritte brachten mehrere Neukonstruktionen: Milnes Horizontalpendel, Horizontalschwerpendel vom Omori'schen Typ, Vincentinis Mikroseismograph und schließlich Wiecherts astatisches Pendelseismometer.

Über die makroseismische Schätzung der Schallstärke haben schon Knett (1900) und Davison (1902) 1-5-gradige Skalen aufgestellt, doch hatte sich damals eine vom Mailänder Giuseppe Mercalli (1850-1914) aufgestellte und vom seismologischen Zentralinstitut 1897 in Rom vorgeschlagene Skala durchgesetzt. Auf der 1902 in Brescia tagende 1. Versammlung der italienischen Erdbebenforscher wurde beschlossen, diese neue Skala dem Ausland zum allgemeinen Gebrauch zu empfehlen. Zu diesem Zeitpunkt waren die Erdbebenskalen der älteren Forscher Mario Baratta (1868-1935), Adolfo Cancani (1856-1904), P. N. C. Egen (1793-1849), François Alphonse Forel (1841-1912), Edward Singleton Holden (1846-1914), Robert Maillet (1810-1881), Giuseppe Mercalli (1850-1914), Pignatora, Charles Greene Rockwood (1843-1913), Michele Stefano de Rossi (1834-1898), Giovanni Vivencio (1714-1800), Ferdinand Jean Baptiste Marie de Montessus de Bailore (1851-1923) völlig überholt oder mit anderen neueren Skalen modifiziert worden (Forel-Mercalli-Skala) (DAVISON 1927).

Von Sieberg kennen wir seine 1933 publizierte 12-teilige Mercalli-Sieberg-Skala, die von der 1923 aufgestellten Mercalli-Skala abgeleitet war. Die Mercalli-Skala war die erste absolute oder dynamische und seine erste Skala, die er in seinem italienischen Erdbebenkatalog (1883) gebrauchte; es ist eine Anpassung der De-Rossi-Skala und Saderra-Rockwood-Skala. Adolfo Cancani (1856-1904) war Assistent am Geodynamischen Observatorium von Roca di Papa und danach im Zentralbüro in Rom, Ita-

lien. Die erste Erdbebenskala von 1903, die Cancani 1903 bei der 2. Internationalen Seismologischen Konferenz in Straßburg vorschlug, enthielt 12 Grade:

- 1 instrumenteileil
- 2 sehr leicht
- 3 leicht
- 4 fühlbar
- 5 ziemlich stark
- 6 stark
- 7 sehr stark
- 8 zerstörend
- 9 verwüstend
- 10 vernichtend
- 11 Katastrophe
- 12 große Katastrophe

Die älteste Erdbebenskala und gleichzeitig die erste geographische Verbreitungskarte stammen von dem piemontesischen Kartographen Jacopo Giacomo Gastaldi (1539 Villafranca – 1568 Venedig), der die Auswirkungen eines am 20. Juli 1564 gefühlten Erdbebens darzustellen versucht hat. Der neapolitanische Mediziner Giovanni Vivenzio (1774 Neapel – 1800 Neapel) hat 1783 beim großen kalabrischen Erdbeben die Bebenstärke in einer vierwertigen Skalenreihe dargestellt. Danach schätzte man die Bebenstärke (SIEBERG 1923). Erst im 19. Jahrhundert gab es erste Ansätze zur Weiterentwicklung der Erdbebenkunde. Der deutsche Mathematiker P. N. C. Egen (1793 Brekerfeld bei Elberfeld – 1849 Berlin) unterschied beim Erdbeben 1828 im Rheinland 5 Grade der Bebenstärke und stellte erstmals in einer Isoleismenkarte das Epizentrum des Bebens bestimmbar dar. 1857 stellte Robert Maillet (1810 Dublin – 1881 Chapham bei London) eine fünfstellige Skala nach dem großen Erdbeben von Neapel auf, dafür erhielt er 1877 die Wollaston-Medaille. Insgesamt sind bis 1880 27(!) Skalen aufgestellt worden (Davison 1927). Edward Singleton Holden (1846 St. Louis (Missouri) – 1914 West Point (New York)), Direktor des Lick-Observatoriums auf dem Mount Hamilton (USA), unternahm 1888 die ersten Versuche, die Skalenwerte durch ein Maß für die kinetische Energie darzustellen, somit die freiwerdenden Kräfte der Stosswellen in Meter / Kilogramm umzurechnen. Fusakichi Omori führte die Beschleunigung der Bodenteilchen bei Erdbeben als Maß der Bebenstärke ein und mit ihnen die Grade empirischer Stärkeskalen. Omori entwickelte schon 1900 in Japan, dem Land der häufigsten Erdbeben (1885-1905 857 Beben in Tokio, 1914-1921 199 Beben), eine 7gradige Erdbebenskala. Nachfolgend die Mercalli-Cancani-Sieberg-Skala (1923). Sie umfasst 12 Grade:

S	Charakteristikum	größte Beschleunigung	Einteilung d. Stärke
1	unmerklich	bis	2,5 mm/sec ²
2	sehr leicht		2,6-5 mm/sec ²
3	leicht		6-10 mm/sec ²
4	mäßig		11-25 mm/sec ²
5	ziemlich stark		26-50 mm/sec ²
6	stark		51-100 mm/sec ²
7	sehr stark		101-250 mm/sec ²
8	zerstörend		251-500 mm/sec ²
9	verwüstend		501-1000 mm/sec ²
10	vernichtend		1001-2500 mm/sec ²
11	Katastrophe		2501-5000 mm/sec ²
12	Große Katastrophe	ab	5000 mm/sec ²

S = (gefühlte) Stärke

Die vereinfachte Mercalli-Sieberg-Skala der Erdbebenwirkungen (nach Charaktergruppen) in Kennzeichen / Grade (römische Einteilung)

Charaktergruppe	Charakter	Grade
Bloß instrumenteil	nachweisbar	I
gefühlte	vereinzelt, in Ruhe, in oberen Stockwerken	II
	von Wenigen in Häusern	III
	zahlreich in Häusern, vereinzelt im Freien	IV
	von Allen	V
Erwachen Schlafender	vereinzelt	IV
	zahlreich	V
Flucht	vereinzelt	IV
	zahlreich	V
Klirren von Fenstern,	Krachen von Türen und dgl.	IV
Pendeln	frei hängender Gegenstände	V
Ertönen von Glocken	an Uhren	V
	kleinen	VI
	großen	VII
Umfallen von Gegenständen	vereinzelt, kleine	V
	zahlreich, große	VI
Herabfallen von Dachpfannen, Schornsteinen	vereinzelt	VI
	zahlreich	VII

<i>Normale Steinbauten</i>		
Schäden	leicht, vereinzelt	VI
	mäßig, zahlreich	VII
Zerstörungen größerer Gebäudeteile	vereinzelt	VII
	an mehr als ¼ aller Gebäude	VIII
	an mehr als ½ aller Gebäude	IX
	an sämtlichen Gebäuden	X
Einstürze	vereinzelt	VIII
	an mehr als ¼ aller Gebäude	IX
	an mehr als ½ aller Gebäude	X
	sämtlicher Gebäude	XI
Einsturz sämtlicher Bauwerke	<i>jeglicher Art bis auf die Fundamente</i>	XII

Beno Gutenberg erarbeitete 1949 in Pasadena (Kalifornien) gemeinsam mit Charles Francis Richter (1900-1985) den Zusammenhang zwischen Energiefreisetzung eines Erdbebens und dessen Magnitude. Die daraus entwickelte Gutenberg-Richter-Skala wird unrichtigerweise meist nur als Richter-Skala benannt. Was man Astenosphäre nennt und die Zone niedriger Geschwindigkeiten im oberen Erdmantel darstellt (Grenze zu ihr: Gutenberg-Diskontinuität) hat auch Gutenberg entdeckt.

Richter (1958) übernimmt volle Verantwortung für die modifizierte Mercalli-Intensitätsskala von 1931, welche, so glaubt er, eng der Originalaufstellung entspricht. Er plädiert für die Namensreferenz „modifizierte Mercalli-Skala“, falls der Wunsch nach ausdrücklicher Klarheit bestünde. Der Ausdruck „Richter-Skala“ wird volkstümlich mit der Größenskala verbunden. Es ist (darum) wünschenswert, der Verwechslung von Größenordnung (Magnitude, relativer Intensität) und Intensität vorzubeugen. Die Richter-Skala ist heute als die „nach oben offene Richter-Skala“ allein weltweit bei den Seismologen in Gebrauch.

Gründung von Erdbeben-Kommissionen 1878-1899

Angeregt durch die ersten erdbebenkundlichen Arbeiten des österreichischen Geologen Rudolph Hoernes (1850 Graz – 1912 Wien), der 1878 eine genetische Dreiteilung der Erdbeben in Einsturz-, vulkanische und tektonische Beben in die Geowissenschaften eingeführt hat, kam es in Europa zur Gründung von Erdbeben-Kommissionen: 1878 in der Schweiz durch die Naturforschende Gesellschaft Bern, 1879 Società Simologica Italiana Roma, 1892 Shinsai-Yobô-Chôsa-Kwai in Japan (Earthquake Investigation Committee of the Imperial University of Tokyo), 1895 Erdbebenkommission an der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, 1899 kaiserliche Hauptstation für Erdbebenforschungen in Straßburg (Elsaß), 1900 Com-

mission Sismique Permanente de l' Academie Imperiale des Sciences de St. Péterbourg (Russland; Постоянные Комиссии землетрясения Императорской Академии наук / Калининград Россия).

August Sieberg erlebte ein Erdbeben am Ätna in Sizilien mit (1911)

Vulkanische Ausbrüche werden stets von Erdbeben eingeleitet und begleitet. Entgasungsbeben bleiben an das ruhige, nicht explosive Ausströmen der vulkanischen Gase gebunden. Explosionsbeben treten im Gefolge der sichtbaren Explosionen auf, nach deren Stärke die jeweilige eruptive Tätigkeit beurteilt wird. Normalerweise fangen Eruptionen mit leichteren Beben an: der hohe, angestaute Druck in einem Magmagebiet unter der vulkanischen Zone fängt an, sich Wege an die Oberfläche zu bahnen und stößt dabei gelegentlich an Hindernisse. Kräftigere Beben begleiten das Sprengen von Endhindernissen kurz vor der Erdoberfläche, der Druck ist nochmals enorm angewachsen, der „Befreiungsschlag“ koppelt sich in Bebenwellen rück. Am 29. September 1911 erlebte Sieberg ein Erdbeben am Ätna in Sizilien mit. 1923 berichtete er darüber: „Mittlerweile beginnt das Magma wieder im Schlot aufzusteigen. Schließlich setzt die mechanische Zertrümmerung der obersten Gesteinsmassen unter dem Einflusse der eingeschlossenen Gase ein. Die Erdbeben haben begonnen und erschüttern in schneller Aufeinanderfolge die Bergflanken, vereinzelt auch die nächste Umgebung des Ätnas. Nicht lange dauert es, bis sich die Dampfaushauchungen der dem Kraterboden entströmenden Fumarolen vermehren und bald kündigt nächtlicher Glutschein an den Wolken über dem Krater an, dass an Bodenrissen aufsteigende Lava den Kraterboden überflutet hat und dort einen Feuersee bildet. Nun flauen die Erdbeben ab und höchstens die Kraterwände werden von den Wogen des Magmas und unbedeutenden Explosionen in leichte Schwingungen versetzt. Eine heftige Explosion mit besonders starkem Beben, vielleicht schon dem heftigsten der ganzen Ausbruchperiode, räumt plötzlich den Kraterboden aus und befreit die Gase. Damit setzt der Ausbruch des Ätna ein.“ Sind nur geringe Hindernisse im Weg, bleiben die Erdbeben gering und die Lava ergießt sich flächig (Typ Kilauea, Hawaii).

Drei der stärksten Erdbeben in der Neuzeit

Reuther (2006) schreibt über Erdbeben in Südamerika als Folge des Zusammenstosses (Plattentektonik; Subduktionszone) zwischen ozeanischer und kontinentaler Platte: „Eines der weltweit stärksten Erdbeben in historischer Zeit fand im Mai 1960 in Chile statt. Es betraf ein etwa 1000 km langes und 200 km breites Gebiet parallel zur Pazifikküste südlich der Stadt Concepción. Die von den Beben ausgelöste Flutwelle, Tsunami genannt, überquerte den ganzen Pazifik bis nach Japan, wo sie hohen Sachschaden anrichtete und zahlreiche Menschenleben forderte. Die Stärke des Bebens hatte den Wert 9,5 auf der Richter-Skala. Die Städte Concepción, Valdivia

und Puerto Montt wurden stark beschädigt, insgesamt starben 5700 Menschen. In Südchile hob sich danach abrupt die Insel Guambelin um 5,7 Meter; das Gebiet von Valdivia sank schlagartig bis zu 2,7 Meter ab. Westlich von Valdivia, in den Anden, brach zur Zeit der Bebenserie am 24. Mai 1960 der Vulkan Puyehue aus.“ Es handelte sich also um ein Plattenkollisionsbeben einer Subduktionszone mit vulkanischem Folgeausbruch in der tektonischen innerandinen Schwächezone, wobei der Vulkanismus immer weiter landeinwärts schreitet.

Das Seebeben im Indischen Ozean (Sumatra-Andamanen-Beben) am 26. Dezember 2004 mit Stärke von 9,3 auf der Richter-Skala löste einen verheerenden Tsunami mit Schäden in den Küstenregionen aus und tötete ca. 230 000 Menschen, 110000 wurden verletzt und über 1,7 Millionen wurden obdachlos. Monatelang fanden noch starke Nachbeben in der Region statt. Es ist ein Gebiet tektonischer Splitterplatten. Ähnlich ist auch Japan „gelagert“

Am 12. Mai 2008 ereignete sich in China in der Provinz Sichuan das „Große Erdbeben von Wenchuan“ Es forderte nach Angaben der United States Geological Survey mehr als 87 000 Todesopfer, 374 643 Verletzte und beschädigte mehr als 5 Millionen Gebäude; 5,8 Millionen Menschen wurden obdachlos. Das Erdbeben erreichte nach Angaben der USGS einen Wert von 7,9 auf der Richter-Skala.

Dagegen hatten in historischer Vergangenheit die Erdbeben von Lissabon 1755 30000 Tote, Messina 1908 83000 Tote und das von San Francisco 1906 3000 Tote gefordert, bei einer Stärke von 7,8 auf der Richter-Skala und mit einem geschätzten materiellen Schaden von 9,5 Milliarden Dollar.

Erdbeben in Deutschland

Hauptsächlich ist der Bereich um den Oberrheingraben und der Zollerngraben gefährdet. Am 3.9. 1978 ereignete sich ein starkes Beben mit Epizentrum direkt bei der Burg Hohenzollern, die im Gebäude selbst einen Bruch so erlitt, dass eine Hälfte eine Abschiebung gegenüber der anderen um wenige cm erfuhr. Auch in Stuttgart wurde noch eine Stärke von 5,4 registriert, die sich um ca. 7h30 in der Wohnung des „Schreibsekretärs“ dieses Artikels (Thomas Hirche, Stuttgart) in einem Knistern ähnlich eines rumpelnden Möbelwagens bemerkbar machte. Ein Touristenglockenspiel, an der Wand befestigt, schlug kurz an. Dauer: ca. 15-20 Sekunden, die Hauptaktivität etwa 10 Sekunden. Schäden sind indessen nicht aufgetreten, es handelte sich um die schwächer wirksame Longitudinalkomponente. Näheres darüber in:

www.palmuc.de/sammlung_geologie/seiten/museum/geoforum/annotobak/zollerngraben.html

Ein etwas leichteres Beben ereignete sich in der Region (Süd-)Vogesen / Südschwarzwald bis wiederum herüber ins mittlere Württemberg (Stuttgart: in zuvor genannter Wohnung als Luft"fauchen" registriert (Dauer: 2-3 sec)). Dessen Epizentrum lag bei Épinal in den Vogesen im Grundgebirge. Noch ein adäquates Beben, diesmal das Epizentrum im Schwarzwaldpendant (Waldkirch) gelegen, jedoch ohne Auswirkung in der Stuttgarter Region, ereignete sich am 5. 12. 2004 um 2:52 nach Mitternacht. Schäden sind bei beiden Beben und auch beim Zollernbeben ab einem Umkreis von ca. 10 km deshalb gering geblieben, weil die Häuser solide Bausubstanz aufweisen. Häuser in 3. Weltbereichen würden oftmals wie Kartenhäuser bei schon mittleren Bebenstärken einstürzen. Näheres über die Oberrheingrabenbeben (Typ Grabendrift) in:

www.lgrb.uni-freiburg.de/download_pool/pressemitteilung_041205.pdf

Danksagung

Ich danke dem Geologenarchiv der Geologischen Vereinigung an der Universitätsbibliothek Freiburg für die Beschaffung von Schrifttum über August Sieberg.

Schrifttum

ANGENHEISTER, G. (1974): Geschichte des Samoa-Observatorium 1902 bis 1921.
In: H. Birett (Hrsg.): Zur Geschichte der Geophysik, S. 43-66,
Springer, Berlin.

CANCANI, A. (1904): Sur l'emploi d'une double échelle seismique des intensités,
empirique et absolue. -
G. Beitr. Ergänzungsband 2: S. 281-283.

DAVISON, Ch. (1927): The Founders of Seismology. - Cambridge University Press,
240pp.

EGEN, P. N. P. (1828): Über das Erdbeben in den Rhein- und Niederlanden vom
23. Februar 1828. -
Poggendorffs Annalen der Physik und Chemie 13: S. 153-163.

- GERECKE, F. (1962): Zum Gedenken Emil Wiechert anlässlich der 100. Wiederkehr seines Geburtstages. 132 Veröffentlichungen des Instituts für Bodendynamik und Erdbebenforschung, - Heft **72**, Jena.
- GERLAND, G. (1900): Die Kaiserliche Hauptstation für Erdbebenforschung in Straßburg und die moderne Seismologie. - Gerlachs Beiträge zur Geophysik, **4**. Band, Leipzig.
- GUTENBERG, B. (1939): Tsunamis and earthquakes. - Bulletin of the Seismological Society of America, **29**: S. 517-526.
- GUTENBERG, B. (1949): Seismicity of the earth and associated phenomena. - 273 pp, University Press, Princeton NJ.
- GUTENBERG, B. & RICHTER, C. F. (1954): Seismicity of the earth. 310 pp, 2. Aufl., University Press, Princeton NJ.
- HOERNES, R. (1878): Erdbeben-Studien. Jahrbuch Geol. Reichsanstalt Wien, **28**, S. 387-448.
- HOERNES, R. (1893): Erdbebenkunde. Die Erscheinungen und Ursachen der Erdbeben, die Methoden ihrer Beobachtung. 452 S., Veit, Leipzig
- KRUMBACH, G. (1949): Nekrolog auf A. H. Sieberg. - Veröffentlichungen des Zentralinstituts für Erdbebenforschung Jena, **51**, S. 6-9.
- KRUMBACH, G. (1950): 50-Jahr-Feier des Zentralinstituts für Erdbebenforschung vom 25-29. Juli 1949 in Jena. Veröffentlichungen des Zentralinstituts für Erdbebenforschung Jena, **53** S. 5-31.
- MALLET, R. (1850): Reports on earthquake phenomens. – 864 pp, London.
- MALLET, R. (1857): Report of the earthquake-expedition to Naples. - Royal Soc. Proc. **10/12**, London.

- MALLET, R. (1862): Great Neapolitan earthquake of 1857 – the first principles of observations seismology. – 2 vol., 830pp, London.
- MERCALLI, G. (1889): I vulcani attivi della terra, osservazioni petrografiche e geologiche sui vulcani. -
Boll. soc. seismologica italiana, **8**, S. 184-191, Milano.
- MILNE, J. (1898): Seismology. 320 pp, London.
- MINTROP, L. (1919): Verfahrenspatent zur Erforschung von Gebirgsschichten und nutzbaren Lagerstätten. Patent-Anmeldung, Berlin.
- OMORI, F. (1900): Horizontal Pendulum Observations of Earthquakes at Hitotsubashi (Tokyo). 13th Publications of the Earthquake Investigation Committee in Foreign Languages, **5**, S. 9-16, Tokyo.
- PASCHWITZ-REBEUR, E. v. (1893): Über die Aufzeichnungen der Fernwirkungen von Erdbeben. – Petermanns geograph. Mitteilungen **39**, S. 201-212.
- PASCHWITZ-REBEUR, E. v. (1895): Vorschläge zur Errichtung eines internationalen Systems von Erdbebenstationen. – Verhandlungen des 6. Internationalen Geographenkongresses zu London. -
Geological Magazine **2**, S. 575-576.
- REUTHER, C. D. (2006): Erdbeben in Südamerika – Zusammenstoss zwischen ozeanischer und kontinentaler Platte. – Expedition Erde (Herausgeber G Wefer), 2. Aufl., S. 56-61, Bremen.
- RICHTER, C. F. (1935): An instrumental earthquake magnitude scale. -
Bulletin Seismological Soc. of America, **56**, S. 1-32.
- RICHTER, C. F. (1958): Elementary Seismology. – 768 pp, Freeman & Co, San Francisco.
- SIEBERG, A. (1904): Erdbebenkunde. – 362 Seiten, 113 Abb. u. Karten, Vieweg, Braunschweig.

- SIEBERG, A. (1908): Der Erdball – eine gemeinverständliche Darstellung der gesamten Geophysik und ihrer Nachbargebiete. 594 S., Schreiber Verlag, Esslingen und München.
- SIEBERG, A. (1912): Über die makroseismische Bestimmung der Erdbebenstärke. - Beiträge zur Geophysik, **11**, S. 227-239.
- SIEBERG, A. (1914): Einführung in die Erdbeben- und Vulkankunde Süditaliens. 226 Seiten, R. Fischer, Jena.
- SIEBERG, A. (1922): Die Verbreitung der Erdbeben auf Grund neuerer makro- und mikroseismischer Beobachtungen und ihre Bedeutung für Fragen der Tektonik (mit seismischer tektonischer Weltkarte). - Veröffentlichungen der Hauptstation für Erdbebenforschung Jena Heft **1**, S. 1-96, Jena.
- SPONHEUER, W. (1965): Bericht über die Weiterentwicklung der seismischen Skala. - Beitrag aus dem Institut für Geodynamik, **11**, S. 1-21, Jena.
- TANN, E. (1952): Materialien zur Geschichte der Deutschen Erdbebenforschung bis zur Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert. - N. Jb. Geol. Paläont., Abh. **95**, S. 100-292.
- VOLGER, D. (1858): Untersuchungen über das Phänomen der Erdbeben in der Schweiz. – **3.** Teil, 524 S., Gotha.
- WIECHERT, E. (1903): Theorie der automatischen Seismographen. 128 S., Göttingen / Berlin.

Anschrift des Verfassers:

Fritz A. Pfaffl

Dachverband der Naturwissenschaftlichen Vereinigungen Deutschlands e.V.

Pfarrer-Fürst-Str. 10

94227 Zwiesel



Fig. 1
August Heinrich Sieberg (1875-1945), aus
(KRUMBACH 1949).

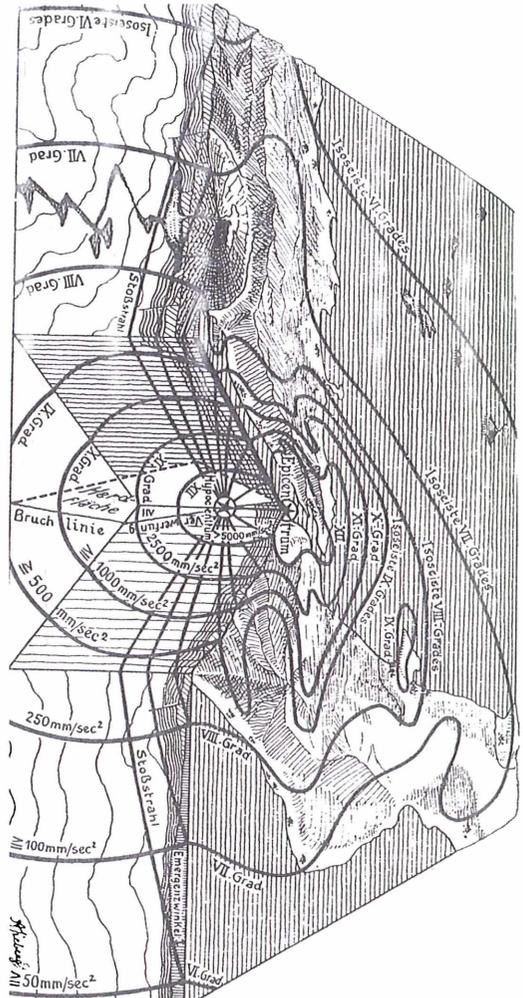


Fig. 2
Die seismologischen Grundbegriffe
nach A. Sieberg (1923) veranschaulicht
am Messinabeben 1908 (Sizilien,
Italien). Links der Vulkan Ätna.

Erdbebenforschung

und ihre Verwertung für Technik,
Bergbau und Geologie

Eine erste Einführung zum Selbststudium.

Von

Univ.-Prof. Dr. A. Sieberg

Mit 52 Abbildungen im Text

Erweiterter Sonderdruck aus dem
Handwörterbuch der Naturwissenschaften
Auffage



Jena Verlag von Gustav Fischer 1933

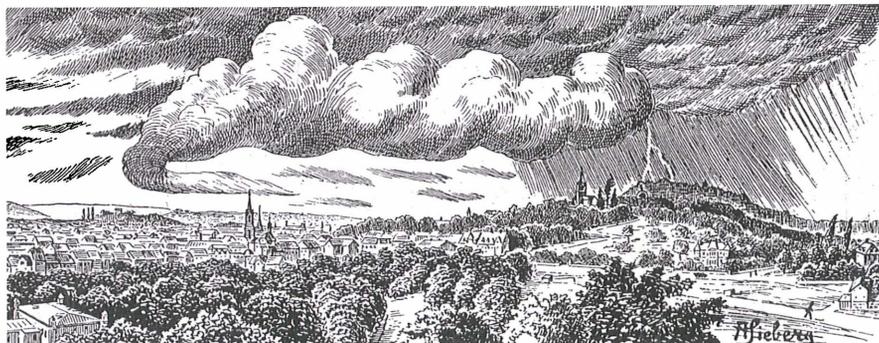


Fig. 4

Böenwolke beim Gewitter in Aachen am 26. Juli 1902. Nach der Natur gezeichnet vom Meteorologen August Sieberg, aus Wetterbüchlein 1921.

Fig. 3

Titelseite des Buches Erdbebenforschung von A. Sieberg (1933).