

Werk

Jahr: 1970

Kollektion: fid.geo

Signatur: 8 Z NAT 2148:36

Digitalisiert: Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen

Werk Id: PPN101433392X_0036

PURL: http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X_0036

LOG Id: LOG_0074

LOG Titel: Die Verbreitung von schadenverursachenden Erdbeben auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland. Versuch einer seismologischen Regionalisierung

LOG Typ: article

Übergeordnetes Werk

Werk Id: PPN101433392X

PURL: <http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN101433392X>

Terms and Conditions

The Goettingen State and University Library provides access to digitized documents strictly for noncommercial educational, research and private purposes and makes no warranty with regard to their use for other purposes. Some of our collections are protected by copyright. Publication and/or broadcast in any form (including electronic) requires prior written permission from the Goettingen State- and University Library.

Each copy of any part of this document must contain these Terms and Conditions. With the usage of the library's online system to access or download a digitized document you accept the Terms and Conditions.

Reproductions of material on the web site may not be made for or donated to other repositories, nor may be further reproduced without written permission from the Goettingen State- and University Library.

For reproduction requests and permissions, please contact us. If citing materials, please give proper attribution of the source.

Contact

Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen
Georg-August-Universität Göttingen
Platz der Göttinger Sieben 1
37073 Göttingen
Germany
Email: gdz@sub.uni-goettingen.de

Die Verbreitung von schadenverursachenden Erdbeben auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland

Versuch einer seismologischen Regionalisierung

The distribution of earthquakes causing damage on the territory of the Federal Republic of Germany

An attempt of seismic regionalisation

Von L. AHORNER, Bensberg, H. MURAWSKI, Frankfurt, und G. SCHNEIDER, Stuttgart¹⁾

Eingegangen am 18. Februar 1970

Zusammenfassung: Die Schadenbebenetätigkeit auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland im Zeitraum 1000–1969 wurde aufgrund aller verfügbaren makro- und mikroseismischen Daten analysiert und in mehreren Karten und Tabellen dargestellt. Die stärksten bisher aufgetretenen Erdbeben hatten die Intensität $I_0 \approx 8$ und die Magnitude $M \approx 6$.

Es wurde versucht, den Einfluß des geologischen Baus und der Tektonik auf die Verteilung der Erdbebenerschütterungen zu ermitteln. Aus der beobachteten seismischen Intensitätsverteilung, die in einer besonderen Karte dargestellt wurde, und aus der Anordnung bedeutender quartärer Bewegungen wurde eine wahrscheinliche Verteilung für die zu erwartenden Erschütterungen der Stärken 7 und 8 nach der zwölfteiligen MERCALLI-SIEBERG-Skala entwickelt. — Die Schwerpunkte der Schadenbebenetätigkeit liegen in den westlichen Teilen der Bundesrepublik. Es sind im Norden der Westflügel der Niederrheinischen Bucht, im Süden der Oberrheingraben, die Schwäbische Alb, Oberschwaben und das Bodenseegebiet. Vor allem hat die Schwäbische Alb zum seismischen Energieumsatz des laufenden Jahrhunderts beigetragen.

Summary: Based on a thorough study of all available macroseismic and instrumental records the spatial and temporal distribution of shocks having caused damages on the territory of the Federal Republic of Germany during the period between 1000 and 1969 are compiled in the form of maps and tables. The strongest earthquakes which could be observed until now reached a maximum intensity $I_0 \approx 8$ (on the macroseismic scale of MERCALLI-SIEBERG) and a magnitude $M \approx 6$.

An attempt has been made to evaluate the influence of geologic and tectonic structures on the location of earthquake movements. Regarding the distribution of seismic intensities, as shown on a special map, and the occurrence of important Quaternary dislocations a probable seismic zoning map is given to show those regions for which macroseismic intensities $I = 7$ and $I = 8$ have to be expected. The most active focal regions causing damages from time to time are situated in the western part of the Federal Republic. In the north of the country this is the western half of the Lower Rhine basin, in the south these are the Upper Rhine graben, the Swabian Jura and the Molasse basin near the Lake of Constance. During the first half of the 20th century the Swabian Jura was the most important centre of earthquake activity in Germany.

¹⁾ Dr. L. AHORNER, Abteilung für Erdbebengeologie des Geologischen Instituts der Universität Köln, 506 Bensberg, Vinzenz-Palotti-Straße 26.

Prof. Dr. H. MURAWSKI, Geologisch-Paläontologisches Institut der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität, 6 Frankfurt/Main, Senckenberganlage 32–34.

Dr. G. SCHNEIDER, Institut für Geophysik der Universität, Stuttgart, 7 Stuttgart-O., Richard-Wagner-Straße 44.

A. Einleitung

Erdbeben sind auf dem Gebiet der Bundesrepublik keine Seltenheiten. Zumeist handelt es sich um schwache Erschütterungen, doch kommen in einigen Gegenden auch stärkere Beben vor, die Gebäudeschäden und selbst leichte Gebäudezerstörungen hervorrufen können. Die genaue Kenntnis dieser Schadenbebengebiete ist nicht nur von wissenschaftlichem, sondern zugleich von großem praktischen Interesse. Es hat deshalb in der Vergangenheit nicht an Versuchen gefehlt, die Zonen erhöhter Erdbebengefährdung zu erkunden und kartenmäßig darzustellen. Entsprechende Karten wurden für ganz Deutschland z. B. von SIEBERG [1932], SPONHEUER [1962] und HILLER, SCHWARZBACH und SPONHEUER [1955] veröffentlicht. Die zuletzt erwähnte Karte ist auch dem DIN-Blatt 4149 beigelegt, welches für Baufachleute Richtlinien für die Bemessung und Ausführung von Bauwerken in den deutschen Erdbebengebieten gibt.

Von der Arbeitsgruppe „Seismische Zonen“ in der Europäischen Seismologischen Kommission (ESC) wurde im Februar 1968 vorgeschlagen, für Europa eine einheitliche Karte der Erdbebenzonen auszuarbeiten. An die einzelnen Länder erging die Aufforderung, für ihr Gebiet die notwendigen Grundlagen zu erstellen. Dies gab die Veranlassung, die Schadenbebetätigkeit auf dem Gebiet der Bundesrepublik erneut zu untersuchen und eine seismologische Regionalisierung entsprechend den Richtlinien der ESC vorzunehmen. Über die Ergebnisse dieser Untersuchungen, die sich in mancher Hinsicht von den früheren unterscheiden, wird im folgenden berichtet.

B. Seismologische Grundlagen

Geologische, seismologische aber auch felsmechanische Untersuchungen machen deutlich, daß Erdkruste und Erdmantel unter dem Einfluß im allgemeinen großräumiger tektonischer Spannungen stehen. Dieses Spannungsfeld, das sich durch Richtung und Größe von drei Hauptspannungen beschreiben läßt, wirkt auf ein elastisch-plastisches Diskontinuum, den zerspaltenen geologischen Körper, der auf eine bewegte Belastungsgeschichte zurückblickt. Wird innerhalb eines betrachteten geologischen Körpers an einer Stelle die Fließgrenze überschritten, so kommt es zu langsamen Bewegungen von Teilschollen gegeneinander, wird die Bruchgrenze erreicht, so treten schnelle Bewegungen (Erdbeben) auf. Der letztere Bewegungstyp kann, je nach Materialbeschaffenheit, den Abschluß eines längeren Fließprozesses darstellen oder sich mehr oder weniger direkt an eine elastische Deformation anschließen. Im allgemeinen erfolgen alle Bruch- und Fließvorgänge des geologischen Bereichs an bereits vorgezeichneten Flächen innerhalb der Erdkruste bzw. des Erdmantels. Kommt es zu einem Erdbeben, so geht ein Teil der in dem betroffenen Gesteinsvolumen gespeicherten potentiellen elastischen Energie in kinetische Energie (Erdbebenwellen) und andere Energieformen (wie z. B. Reibungswärme) über. Die seismische Wellenenergie E stellt also nur einen gewissen Bruchteil der Abnahme an potentieller Energie ΔJ dar: $E = q\Delta J$ (q = seismischer Wirkungsgrad).

Die bei einem Erdbeben in Wellenform frei werdenden Energiebeträge liegen zwischen 10^9 erg (Mikroerdbeben) und 10^{25} erg (stärkste bisher festgestellte Erdbeben). Um eine Maßzahl zur Beschreibung dieses breiten Energiebandes zu haben, wurde von RICHTER die Erdbeben-Magnitude, ein logarithmisches Maß zur Beschreibung der instrumentell bestimmten Erdbebenenergie, eingeführt. Nach GUTENBERG und RICHTER [1956b] besteht zwischen der Magnitude M und der seismischen Wellenenergie E folgende empirische Beziehung:

$$\log E = 11,4 + 1,5 M$$

Die Berechnung von M erfolgt normalerweise nach den an den Erdbebenstationen registrierten Maximalwerten der Bodenamplitude oder Bodenschwinggeschwindigkeit, jedoch ist mit Hilfe von empirischen Beziehungen auch eine Bestimmung aus makroseismischen Daten möglich. Nach KÁRNÍK [1969] läßt sich zwischen der Maximalintensität I_0 und der Magnitude bei Kenntnis der Herdtiefe folgende für Europa gültige Beziehung aufstellen:

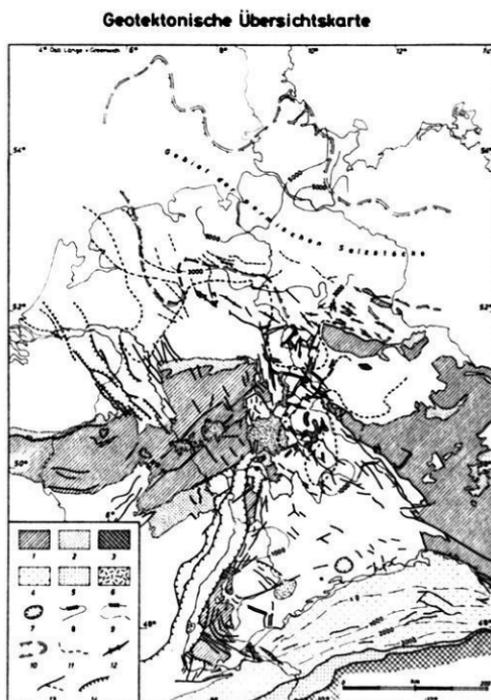
$$M_m = 0,5 I_0 + \log h + 0,35$$

M_m ist die aus makroseismischen Daten berechnete Magnitude. Die Herdtiefe h (km) kann aus der Abnahme der Intensität mit der Entfernung vom Herd bestimmt werden [SPONHEUER 1958, 1969]. Zur intensitätsmäßigen Einstufung der makroseismischen Beobachtungen benützt man die zwölfteilige Skala nach MERCALLI-SIEBERG, die nach neuen Erfahrungen von SPONHEUER [1965] dargestellt wurde.

Aufgrund zahlreicher Meßwerte, die hauptsächlich in den USA gesammelt wurden, kann heute jedem Wert der makroseismischen Skala eine bestimmte Größe der bei einem Erdbeben auftretenden Bewegungsgrößen (Bodenbeschleunigung, Bodengeschwindigkeit, Bodenverschiebung) zugeordnet werden [vgl. GUTENBERG und RICHTER 1956a, SPONHEUER 1965]:

Makroseis- mische Intensität	Bodenbeschleunigung b (mm/sec ²)	Bodengeschwindigkeit v (mm/sec)	Bodenverschiebung a (mm)
I			
5	120— 250	4— 8	0,1—0,3
6	250— 500	8— 16	0,3—0,5
7	500—1000	16— 32	0,5—1,0
8	1000—2000	32— 64	1,0—2,0
9	2000—4000	64—127	2,0—4,0
	Frequenzbereich: $f = 2-10$ Hz	Frequenz: $f = 5$ Hz	Frequenz: $f = 5$ Hz

Bemerkung: Die Größen b , v und a sind Scheitelwerte. Nur die Angaben über die Beschleunigung beruhen auf Messungen. Die Werte für v und a sind reine Rechengrößen, bezogen auf $f = 5$ Hz.

C. Geotektonischer Bau (Karte A)**Abb. A: Geotektonische Übersichtskarte (Karte A).****Map of the main geotectonic features.**

-
- 1 = Varistisches und prävaristisches Gebirge (Basement)
Basement of herzynian or preherzynian age
 - 2 = Varistische Molassenzonen (Innensenken und Vortiefen)
Herzynian molasse basins (interior basins and foredeeps)
 - 3 = Alpenkörper
Alps
 - 4 = Subalpine Molasse (gefaltete Molasse)
Folded molasse
 - 5 = Außenmolasse (ungefaltete Molasse)
Unfolded molasse
 - 6 = Hauptvorkommen tertiärer und quartärer Vulkanite
Volcanic rocks of tertiary or quaternary age
 - 7 = Steinheimer Becken (*W*) und Nördlinger Ries (*E*)
 - 8 = Tiefenlinien der Basement-Oberfläche
Top of the basement
 - 9 = Tiefenlinien der Tertiärbasis (Molassebecken)
Basis of the tertiary rock complex (molasse foredeep)
 - 10 = Verbreitungsgrenzen der permischen Salzstöcke
Region with permian salt diapirs
 - 11 = Südgrenze der Verbreitung permischer Salze
Southern limit of permian salt rocks
 - 12 = Saxonische Strukturen
Saxonian tectonic structures
 - 13 = Verwerfungen
Faults
 - 14 = Verwerfungen mit deutlichen quartären Bewegungen
Faults with important quaternary movements
-

Die Verteilung der Erdbeben im betrachteten Raum wirft die Frage nach der Beziehung von Erdbebenverteilung und geologisch-tektonischem Bau auf. Es ist daher von besonderem Interesse, einige wichtige Grundzüge dieses geologischen Baues aufzuzeigen.

Einen recht großen Raum nehmen auf der Karte Gebiete ein, die durch *varistische oder ältere Tektonik* ihre Prägung erhalten haben. Sie treten vor allem im Rheinischen Schiefergebirge (rechts- und linksrheinisch), im Harz, Schwarzwald, Odenwald, Spessart und in der Böhmisches Masse zu Tage. Natürlich unterteufen solche Komplexe auch Gebiete mit jüngeren Deckschichten. Gekennzeichnet sind sie durch meist intensive Faltung, Schuppenbau, vielfach auch deutliche Schieferung und in manchen Gebieten durch das Auftreten metamorpher Gesteine (z. B. Schwarzwald, Odenwald, Spessart, Böhmisches Masse usw.). Daneben finden sich vielerorts auch größere Komplexe von Magmatiten (Granite und Verwandte, Diorite, Gabbros usw.), wie das z. B. im Schwarzwald, Odenwald, der Böhmisches Masse und im Harz der Fall ist. Die Bruchtektonik steht sehr oft in enger genetischer Beziehung zur Faltung. Daher ergeben sich oft deutliche geometrische Zuordnungen zu einzelnen Falten oder ganzen Faltenssystemen. Allerdings treten auch zahlreiche varistische Brüche (Verwerfungen, horizontale Verschiebungen, Aufschiebungen usw.) und solche jüngerer Entstehung auf. Für eine Reihe solcher Bruchzonen wurde vermutet, daß sie großen Bruchstrukturen (Lineamenten) im Untergrund aufsitzen [vgl. z. B. MURAWSKI 1960, 1964; PILGER 1955, 1957].

Neben diesen, im wesentlichen durch Falten tektonik gekennzeichneten Gebieten, wurden noch die Bereiche *jungvaristischer Vortiefen* (z. B. Ruhrgebiet) und *Innensenken* (z. B. Saar-Nahe-Senke) angezeigt, da hier nicht überall Falten tektonik, dagegen sehr oft Bruchtektonik von Bedeutung ist. In ihnen sind Schichten des Karbons und bei den Innensenken auch des Perms (Rotliegendes) vorhanden. Vor allem die Rotliegendeschichten der Innensenken enthalten auch in größerem Umfang Vulkanite (Quarzporphyre, Melaphyre usw.).

Besonders große Ausdehnung besitzen auf der Karte jene Gebiete, die von *jungpaläozoisch (Perm-)mesozoischem Deckgebirge* eingenommen werden. Ein solches Gebiet befindet sich in Süddeutschland und wird hier als „Süddeutsche Großscholle“ (früher: Südwestdeutsche Großscholle) bezeichnet. Diese Großscholle ist von dreieckiger Gestalt. Sie wird im Westen durch den Oberrheingraben (mit seinen Randgebirgen), im Osten durch den Westrand der Böhmisches Masse und im Süden durch die Alpen und ihre nördliche (Molasse-) Vortiefe begrenzt [CARLÉ 1955]. — Ein weiteres Gebiet zieht sich zwischen dem Rheinischen Schiefergebirge einerseits und dem Harz und Thüringer Wald andererseits entlang und wird als „Hessische Senke“ oder „Hessische Straße“ bezeichnet. Dieses Gebiet stellt die Verbindung zwischen der „Süddeutschen Großscholle“ und dem Norddeutschen Hügel- und Tiefland her. — Vor allem aber werden die weiten Gebiete Norddeutschlands von solchen Deckgebirgsschichten eingenommen. — In allen diesen Bereichen spielt die Bruchtektonik eine besonders große Rolle. Die Brüche sind mesozoischen Alters — mit z. T. jung-

paläozoischen Vorläufern und känozoischer Nachfolgetektonik. Andererseits treten auch Brüche auf, die erst im Tertiär entstanden und z. T. bis heute aktiv sind (z. B. Brüche des Oberrheingrabens oder der Niederrheinischen Bucht). Überall herrscht Bruchtektonik mit deutlicher Vertikalkomponente vor, jedoch ist auch eine ganze Reihe von Bruchzonen mit horizontaler Komponente bekannt. Die auf den seismischen Karten C bis F eingetragenen Gebiete mit Erdbeben der Stärke 7 und 8 liegen zum größten Teil in Bruchzonen mit junger Tektonik. Auch in diesem Gebiet machen sich Lineamentstrukturen immer wieder in der Erdgeschichte bemerkbar. Sie sind z. T. schon früh angelegt worden und stellen großregionale Schwächezonen dar, die bei späteren Beanspruchungen immer wieder aufleben können [KNETSCH 1967, MURAWSKI 1960, 1964].

Der norddeutsche Raum kann in drei Zonen gegliedert werden. 1. *Das Hügelland nördlich des Rheinischen Schiefergebirges*, in dem Vertikaltektonik verschiedenster Art von mesozoischem Alter zur Bildung langgestreckter Strukturen führte (z. B. „Pyrmonter Achse“, „Piesberg-Achse“, Struktur des Teutoburger Waldes usw.). Diese Strukturen sind gekennzeichnet durch Auf- und Abschiebungen, Graben- und Horstbildungen, Flexuren, Beulen usw. Salztektonik spielt eine nur untergeordnete Rolle, da das Zechsteinsalz nur randlich in den Außenbezirken auftritt. — 2. *Das Hügelland nordwestlich und nördlich des Harzes*. Auch hier dominiert die mesozoische Vertikaltektonik, bei der jedoch eine stärkere Mitbeteiligung der Zechsteinsalze nachweisbar ist. (Vgl. dazu auch die Südgrenze des Gebietes permischer Salzstöcke auf der Karte.) — 3. *Die eigentliche norddeutsche Ebene*. Hier befinden sich — mit einigen Ausnahmen — an der Erdoberfläche meist Schichten des Quartärs und Tertiärs. Im darunter liegenden jungpaläozoisch-mesozoischen Gebirgsabschnitt tritt dann vor allem die Salztektonik stark hervor: Gebiet der Salzstöcke. Es handelt sich dabei um Zechsteinsalze, zu denen im Bereich der Elbemündung noch Rotliegendesalze treten. — Die Oberkante des Basements (Paläozoikum) sinkt hier auf Tiefen bis 5000 m und tiefer ab.

Im Südabschnitt der Karte erscheinen dann noch Gebiete, die ihre tektonische Prägung im Zusammenhang mit der *alpidischen Orogenese* erhalten haben. Es muß hier unterschieden werden zwischen dem eigentlichen Alpenkörper (mit überwiegender Falten- und Überschiebungs/Decken-Tektonik) und dem nördlich vorgelagerten Molassebecken. Letzteres zeigt unmittelbar am Alpenkörper einen schmalen Streifen mit deutlicher Faltung (subalpine oder Faltenmolasse). Verschiedentlich sind die nördlichen Teile der Alpen dem südlichen Teil des Molassebeckens auf- oder überschoben. Der übrige (größere) Teil des Molassebeckens wird durch die ungefaltete (Außen- oder Vorland-) Molasse eingenommen. Dieser Bereich ist vor allem durch Bruchtektonik gekennzeichnet. — Die Mächtigkeit der tertiären Molasse nimmt von der Donau im Norden bis zum Alpenkörper im Süden auf über 3000 m zu. Der Vollständigkeit halber sind auf der Karte noch die wichtigsten Gebiete mit *jungem Vulkanismus* dargestellt worden. Die meisten dieser Vulkanvorkommen entstanden im Tertiär. Nur wenige, z. B. ein Teil des Eifel-Vulkanismus, haben quartäres Alter.

D. Verteilung der bisher beobachteten Schadenbeben (Karte B—E)

Erdbebengeographische Einteilung des Gebietes

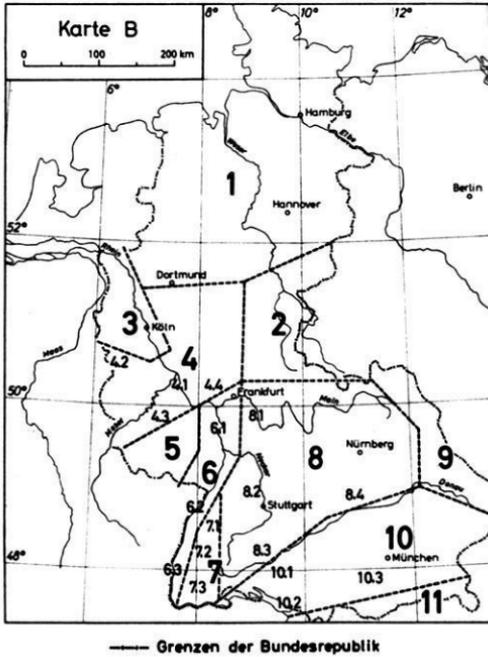


Abb. B: Erdbebengeographische Einteilung des Gebietes.

Seismological and geographical division of the studied area.

1 = Norddeutsches Tiefland, 2 = Hessische Senke, 3 = Niederrheinische Bucht mit Randgebieten, 4 = Rheinisches Schiefergebirge (4.1 = Mittelrheintal, 4.2 = Hohes Venn, 4.3 = Hunsrück, 4.4 = Taunus), 5 = Saar-Nahe-Gebiet und Pfälzer Wald, 6 = Oberrhein-Graben mit Randgebieten (6.1 = nördlicher Oberrhein-Graben mit Mainzer Becken, 6.2 = mittlerer Oberrhein-Graben, 6.3 = südlicher Oberrhein-Graben), 7 = Schwarzwald (7.1 = nördlicher Schwarzwald, 7.2 = mittlerer Schwarzwald, 7.3 = südlicher Schwarzwald), 8 = Süddeutsches Schichtstufenland (8.1 = Aschaffener Becken und Main-Gebiet, 8.2 = Nord-Württemberg, 8.3 = Schwäbische Alb, 8.4 = Fränkische Alb), 9 = Böhmisches Massiv, 10 = Molasse-Becken (10.1 = Oberschwaben, 10.2 = Bodensee-Gebiet, 10.3 = Bayerische Molasse), 11 = Alpen

Hauptorte mit Erdbebenschäden 1000–1799

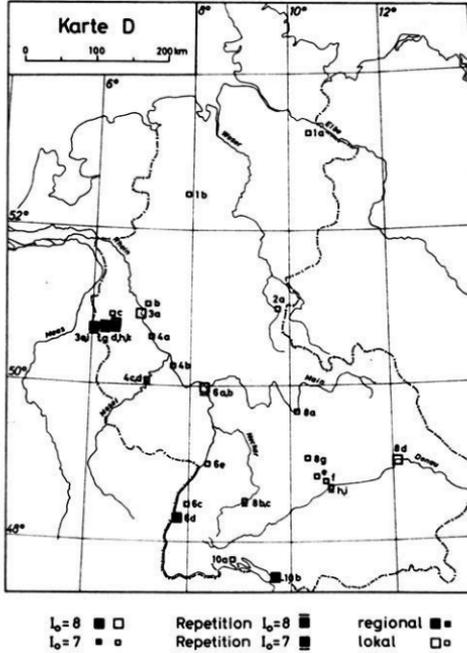


Abb. D: Hauptorte mit Erdbebenschäden 1000–1799. Die Zahlenbezeichnung bezieht sich auf Tabelle 2 im Anhang.

Main localities with earthquake-damages 1000–1799. Numbers refer to Table 2 of the annex.

Beobachtete Maximalintensitäten $I \geq 7$ 1000–1969

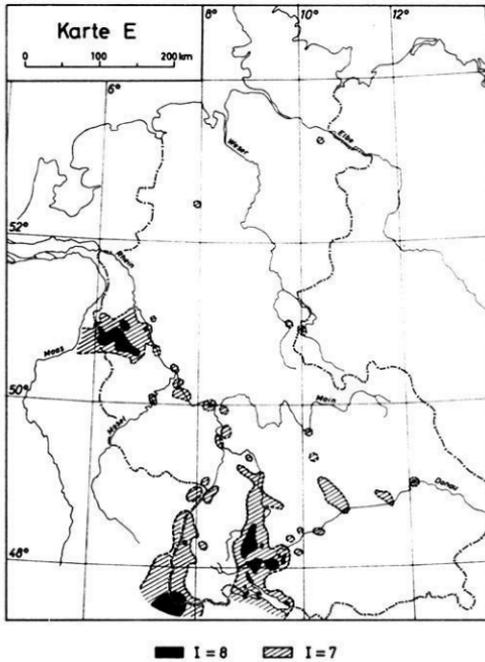


Abb. E: Beobachtete Maximalintensitäten $I \geq 7$.
Observed maximum intensities $I \geq 7$.

Über die in historischer Zeit in Deutschland und in seinen Nachbargebieten aufgetretenen Erdbeben unterrichten zahlreiche Veröffentlichungen. Aufschlußreich sind vor allem die Erdbebenkataloge, die von SIEBERG [1940 a, 1940 b], SPONHEUER [1952], FIEDLER [1954], ROTHÉ und SCHNEIDER [1968] und anderen zusammengestellt wurden. Auf der Grundlage dieses Materials haben SIEBERG [1926, 1932], SPONHEUER [1962], HILLER, ROTHÉ und SCHNEIDER [1967], SCHNEIDER [1968], AHORNER [1968 a, b, 1970] und andere detaillierte Übersichten über die Seismizität von Deutschland und seinen Teilgebieten gegeben. Die nachstehenden Angaben über die bisherigen Schadenbeben auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland stützen sich im wesentlichen auf das erwähnte Schrifttum sowie auf neue Untersuchungsergebnisse der Autoren. Erdbebengeographisch läßt sich das Gebiet der Bundesrepublik in elf größere Regionen unterteilen, welche zumeist mehrere voneinander getrennte Herdgebiete umfassen. Die gebietsmäßige Abgrenzung erfolgt nach seismologischen, geologisch-tektonischen und landschaftlichen Gesichtspunkten gemäß *Karte B*.

Das seismische Verhalten der Regionen und Herdgebiete ist nach den Erdbebenbeobachtungen, die man seit dem frühen Mittelalter gesammelt hat, sehr unterschiedlich. Große Gebietsteile der Bundesrepublik erweisen sich im Beobachtungszeitraum von knapp 1000 Jahren als nahezu erdbebenfrei. Andere haben lediglich schwache und schadhlose Erdbeben oder solche mit sehr leichten Schäden (Maximalintensität $I_0 = 6$ und darunter) hervorgebracht. Zu schweren Schadenbeben der Maximalintensität $I_0 = 7$ und 8 ist es nur in wenigen — flächenmäßig nicht sehr ausgedehnten — Gebieten gekommen. Das geht aus *Karte C* hervor, welche die Schadenbeben-Epizentren der Jahre 1800 bis 1969 zeigt. Die ausführlichen Daten der dargestellten Beben findet man in der Tabelle 1 (Anhang). Über die weiter zurückliegenden Schadenbeben unterrichtet die *Karte D*, welche den Zeitraum 1000 bis 1799 umfaßt. Wegen der oft lückenhaften makroseismischen Angaben kann für die älteren Beben zumeist kein genaues Epizentrum bestimmt werden. Deshalb ist auf der Karte anstelle des Epizentrums jener Ort eingetragen, welcher bei dem jeweiligen Schadenbeben am meisten betroffen wurde. Die der Kartendarstellung zugrundeliegenden makroseismischen Beobachtungen enthält in Kurzform die Tabelle 2 (Anhang).

In der *Karte E* sind für den Zeitraum 1000 bis 1969 die beobachteten Maximalintensitäten dargestellt. Es handelt sich um schematisierte Isoseisten für die Intensitäten 7 und 8, die durch die Kombination der makroseismischen Wahrnehmungen bei vielen einzelnen Erdbeben gewonnen wurden. Maximalintensitäten über 8 sind im betrachteten Zeitraum auf dem Gebiet der Bundesrepublik nicht bekannt geworden. Diejenigen unter 7 wurden bei der Ausarbeitung der Karte zwar berücksichtigt, aber nicht eingezeichnet. Besonders hervorgehoben sei, daß die dargestellten Intensitätszonen in Form und Ausdehnung nicht mit den aktiven Herdgebieten gleichzusetzen sind. Energiereiche Beben greifen mit ihrem Schadengebiet oft weit über das eigentliche Herdgebiet hinaus. Daher bestimmen einige wenige Starkbeben im Niederrheingebiet, auf der Schwäbischen Alb und in Oberschwaben sowie im südlichen Teil des Oberrhein-Grabens entscheidend das Verteilungsbild der Maximalintensitäten.

Erdbeben geringerer Stärke, die innerhalb der Schüttergebiete großer Beben liegen, treten bei dieser Art der Darstellung nicht in Erscheinung.

Die kartenmäßige Darstellung der in einem längeren Zeitraum beobachteten Maximalintensitäten ist für die Beurteilung der Erdbebengefährdung eines Gebietes von größerer Bedeutung als eine Epizentrenkarte.

Beim Vergleich der *Karten C und D* fällt auf, daß in bestimmten Gebieten, etwa in der Niederrheinischen Bucht und im Oberrhein-Graben, Schadenbeben über lange Zeit hinweg immer wieder aufgetreten sind. In anderen Zonen dagegen, so auf der Schwäbischen Alb, lassen sich starke Schadenbeben hauptsächlich erst in unserem Jahrhundert feststellen. Daneben finden sich auch Gebiete mit einer nur kurzen Schadenbebenaktivität in früherer Zeit. Es zeichnen sich also bei den Schadenbebengebieten nicht nur Unterschiede in der Stärke der aufgetretenen Erdbeben ab, sondern auch in deren zeitlicher Verteilung, so daß eine pauschale Beurteilung nicht zweckmäßig erscheint. In den folgenden Abschnitten wird deshalb eine kurze Charakterisierung der verschiedenen Gebiete gegeben.

Das *Norddeutsche Tiefland* [Abb. B: 1] ist ausgesprochen erdbebenarm. Schadenbeben stellen hier eine große Seltenheit dar. Im letzten Jahrtausend sind nur zwei Beben mit kleinem Schadengebiet und der Maximalintensität $I_0 = 7$ bekannt geworden: 1323 bei Lüneburg und 1770 bei Alfhausen im nördlichen Vorland des Teutoburger Waldes. Das zuletzt genannte Beben dürfte tektonischer Entstehung sein, obgleich sich keine klaren Beziehungen zur Oberflächentektonik herstellen lassen. Beim Ereignis von Lüneburg handelt es sich aber wohl sicher um ein Einsturzbeben infolge unterirdischer Materialablaugung.

Auch die *Hessische Senke* [Abb. B: 2] weist eine sehr geringe Seismizität auf. Zu Schadenbeben ist es nur ganz vereinzelt gekommen. Vom tektonischen Standpunkt aus betrachtet mag dies zunächst überraschen, weil das Gebiet als Glied der Mittelmeer-Mjösen-Zone in der unmittelbaren Verlängerung des seismisch recht regsamen Oberrhein-Grabens liegt. Man muß aber annehmen, daß die tektonischen Schollenbewegungen in den hessischen Gräben in der Gegenwart entweder zum Stillstand gekommen sind oder aseismisch verlaufen [AHORNER 1970]. Die wenigen Schadenbeben des Gebietes, 1776 bei Rothenburg a. d. Fulda und 1953 bei Heringen, lassen sich auf Grund der geologischen Verhältnisse unschwer auf Vorgänge im Salzgebirge in geringer Tiefe zurückführen. Beim Ereignis von Heringen mit sehr kleinem Schüttergebiet und der Maximalintensität $I_0 = 7$ bis 8 ist das gut zu beweisen [SPONHEUER GERECKE und MARTIN 1960].

Ganz anders liegen die Verhältnisse in der *Niederrheinischen Bucht* [Abb. B: 3], einem der aktivsten und in seiner Aktivität beständigsten Erdbebengebiet der Bundesrepublik [SIEBERG 1926, SCHWARZBACH 1951, AHORNER 1968, 1970]. Namentlich in der westlichen Hälfte des tektonischen Senkungsfeldes und am Bruchrand gegen das Hohe Venn und die Eifel haben sich seit dem frühen Mittelalter im Abstand von 50 bis 150 Jahren immer wieder Schadenbeben der Maximalintensität $I_0 = 8$ ereignet, welche auch vereinzelt Todesopfer forderten. Das stärkste Beben des Gebietes und

eines der folgenschwersten in Deutschland überhaupt fand 1756 in der Gegend von Düren statt. Es ist besonders bezeichnend für die Niederrheinische Bucht, daß sich die Erdbebenherde in vielen Fällen eindeutig mit den noch in quartärer Zeit und in der Gegenwart „fortlebenden“ Hauptverwerfungen verknüpfen lassen [AHORNER 1968 b]. Die Herdtiefen sind unterschiedlich, es kommen sowohl flache, als auch normal tiefe und etwas tiefere Herde vor ($h = 2$ bis 25 km [AHORNER 1967]). Da die größeren Herdtiefen vor allem bei den Beben mit höherer Magnitude auftreten, wird auch bei diesen trotz beachtlicher Herdenergie die Epizentralintensität $I_0 = 8$ nicht überschritten.

Die östliche Hälfte der Niederrheinischen Bucht ist seismisch weniger aktiv. Das steht im Einklang mit der geologischen Feststellung, daß die Verwerfungen dieses Buchtabchnittes in quartärer Zeit kaum noch bewegt wurden. Im Aachener Raum — im Westen der Bucht — wirken sich mitunter auch noch die stärkeren belgischen Beben der Brabanter Erdbebenzone schadenbringend aus.

Das *Rheinische Schiefergebirge* [Abb. B: 4] ist zum großen Teil frei von Erdbebenherden. Es wird meist nur von den stärkeren Beben der Nachbarschaft miterschüttert. Nur in einzelnen Teilgebieten ist, vermutlich als Folge verdeckter junger Tektonik, eine eigene seismische Aktivität festzustellen [AHORNER 1968 a, b, 1970].

So bildet das seismisch regsame Mittelrheintal [Abb. B: 4.1] zwischen Bingen und Bonn das Verbindungsstück zwischen den Erdbebengebieten des Oberrhein-Grabens und der Niederrheinischen Bucht. Für einen schmalen Gebietsstreifen zu beiden Seiten des Rheins sind hier Schadenbeben der Maximalintensität $I_0 = 7$ typisch. Im letzten Jahrtausend haben sich solche Beben in der Gegend westlich des Siebengebirges (1673), am Ostrand des Neuwieder Beckens (1869) und im Gebiet zwischen Koblenz und St. Goar (1780, 1846, 1892) ereignet. Die Herdtiefen sind gewöhnlich kleiner als $h = 10$ km.

Die vom Hohen Venn [Abb. B: 4.2] am Nordwestrand des Schiefergebirges ausgehenden Erdbeben haben bisher die Maximalintensität $I_0 = 6$ nicht überschritten; die letzten stärkeren Beben ereigneten sich 1911, 1928 und 1951. Das Hohe Venn wird aber durch die Schadenbeben am Westrand der Niederrheinischen Bucht mitunter erheblich miterschüttert, so daß örtlich mit einer Maximalintensität $I_0 = 7$ und mehr gerechnet werden muß.

Im Südwestabschnitt des Schiefergebirges ereignen sich Erdbeben im Hunsrück und im Moselgebiet [Abb. B: 4.3]. Sie erreichen am Südfuß des Hunsrück gegen die Saar-Nahe-Senke die Maximalintensität $I_0 = 5$, zuletzt 1931 und 1960. Weiter nördlich im Gebiet der mittleren Mosel scheinen vereinzelt Schadenbeben vorzukommen: 1565 soll es bei Zell und 1595 bei Alf Erdbebenschäden gegeben haben. Genauere Angaben fehlen jedoch.

In ähnlicher Weise wie der Hunsrück zeichnen sich auch der Taunus und das Lahngebiet [Abb. B: 4.4] durch lokale Erdbeben der Maximalintensität $I_0 = 5$ aus, zuletzt 1930 und 1952. Somit ist der gesamte südliche Randbereich des Rheinischen Schiefergebirges seismisch schwach aktiv [AHORNER 1962].

Das *Saar-Nahe-Gebiet* und der *Pfälzer Wald* [Abb. B: 5] sind auffallend arm an eigenen Erdbeben. Lediglich die Randbereiche gegen den Hunsrück und den Oberrhein-Graben werden von den dortigen Beben stärker miterschüttert.

Dagegen gehört der *Oberrhein-Graben* [Abb. B: 6] mit seinen Grabenschultern zu den wichtigsten Erdbebengebieten der Bundesrepublik [HILLER, ROTHÉ und SCHNEIDER 1967, SCHNEIDER 1968, AHORNER 1970]. Die seismische Aktivität ist allerdings nicht so hoch, wie man es auf Grund der besonderen Stellung dieser Großgrabenstruktur im Schollenmosaik Mitteleuropas eigentlich erwartet. Seit 1800 haben sich zwar zahlreiche Schadenbeben ereignet, die jedoch die Maximalintensität $I_0 = 7$ nie wesentlich überschritten. Auch die Beben der vorausgehenden Jahrhunderte scheinen im allgemeinen nicht stärker gewesen zu sein, wenn man von dem schweren Schadenbeben bei Basel im Jahre 1356 absieht, welches 300 Menschenleben gefordert haben soll [SIEBERG 1940a]. Der Herd des Baseler Erdbebens liegt aber am äußersten Süden des Grabens. In seinem Hauptabschnitt hat der Graben in historischer Zeit offenbar noch keine so starken Beben hervorgebracht. Bemerkenswert ist, daß die großen Randverwerfungen seismisch nur selten in Erscheinung treten. Viele Herde haben ihren Sitz im Grabeninnern oder auf den Grabenschultern abseits der Haupttrandbrüche. Die Herdtiefen sind gewöhnlich flach oder normal tief ($h = 2$ bis 11 km); nur in wenigen Fällen lassen sich etwas größere Tiefen feststellen.

Im Verlauf des Oberrhein-Grabens wechseln seismisch aktive Gebiete mit Bereichen, aus denen während des letzten Jahrtausends keine Erdbeben bekannt geworden sind.

Der nördliche Oberrhein-Graben mit dem Mainzer Becken [Abb. B: 6.1] weist eine ziemlich rege Erdbebenaktivität auf. Neben den Schadenbeben, welche im Mittelalter wiederholt die Stadt Mainz heimgesucht haben (1445, 1733), sind aus neuerer Zeit der Erdbebenschwarm von Groß-Gerau (1869 bis 1871) mit mehr als 2000 gefühlten Stößen, darunter drei Schadenbeben der Maximalintensität $I_0 = 7$, und die Schadenbeben von Lorsch (1871) und Ludwigshafen-Worms (1952) zu erwähnen [LANDSBERG 1931, 1933].

Auffälligerweise haben sich in dem südlich anschließenden Grabenabschnitt bei Heidelberg bisher nur sehr wenige Erdbeben ereignet. HILLER, ROTHÉ und SCHNEIDER [1967] führen dies darauf zurück, daß die Pfalzburg-Kraichgau-Depression hier den Graben quert.

Im mittleren Oberrhein-Graben [Abb. B: 6.2] befinden sich markante Schwerpunkte der seismischen Aktivität bei Kandel (1903), Karlsruhe (1737, 1948), Rastatt (1933), Strasbourg-Kehl (1728, 1802) und Offenburg (1574). Die Maximalintensität $I_0 = 7$ wurde hier oftmals erreicht, in Einzelfällen in einem kleinen Gebiet wohl auch überschritten ($I_0 = 7$ bis 8). Die Beben auf französischer Seite dehnen sich mit ihrem Schüttergebiet nicht selten bis nach Baden aus.

Im südlichen Oberrhein-Graben [Abb. B: 6.3] ist der Kaiserstuhl mit zumeist flachen Herden das wichtigste Erdbebengebiet. Schadenbeben der Maximalintensität $I_0 = 7$ fanden hier 1899 und 1926 statt. Am Süden des Oberrhein-Grabens haben sich die Erschütterungen der Baseler Erdbeben des Mittelalters noch sehr heftig auf deutschem Gebiet ausgewirkt, so daß hier mit einer Intensität $I = 8$ zu rechnen ist.

Der *Schwarzwald* [Abb. B: 7] zeigt drei deutlich gegeneinander abgesetzte Erdbebenzonen, die sich gegenüber dem Oberrhein-Graben durch größere Herdtiefe (bis $h = 26$ km) abheben, was zu einer entsprechenden Abschwächung der an der Erdoberfläche zu beobachtenden Intensität führt, während die im Herd ausgelöste Energie in der gleichen Größenordnung wie bei den Beben im Oberrhein-Graben liegt [FIEDLER 1954, SCHNEIDER 1968].

Der nördliche Schwarzwald [Abb. B: 7.1] wurde nach 1800 dreimal von Beben der Maximalintensität $I_0 = 6$ bis 7 betroffen: 1822 bei Klosterreichenbach und 1935 beim Doppelbeben an der Hornisgrinde. Das Beben des Jahres 1822 gehört einer Bebenserie an, die ihren Ausgang im Freudenstädter Graben nahm.

Im mittleren Schwarzwald [Abb. B: 7.2] ließ sich die Maximalintensität $I_0 = 6$ seit 1800 zweimal feststellen: 1885 in Triberg und 1935 in Furtwangen. Im übrigen dominieren Beben der Maximalintensität $I_0 = 4$.

Auch im südlichen Schwarzwald [Abb. B: 7.3] ist bisher als Maximalintensität $I_0 = 6$ aufgetreten; zuletzt 1896 bei Neustadt, 1961 bei Schopfheim und 1965 wieder bei Neustadt.

Das *Süddeutsche Schichtstufenland* [Abb. B: 8] setzt sich aus Bereichen höchst unterschiedlicher Seismizität zusammen. Weite Gebietsteile sind nahezu frei von Erdbebenherden, während in einigen begrenzten Zonen eine beachtenswerte Erdbebenaktivität festzustellen ist. Das wichtigste Herdgebiet mit einer für mitteleuropäische Verhältnisse ungewöhnlich großen Aktivität befindet sich auf der Schwäbischen Alb; es macht sich allerdings erst seit 1911 in so starkem Maße bemerkbar. Kleinere Herdgebiete liegen am nördlichen Rand des Schichtstufenlandes, in Nord-Württemberg und im Bereich der Fränkischen Alb mit Ausläufern bis nach Regensburg hin. Bezeichnend für die ganze Region scheint zu sein, daß sich die einzelnen Herdgebiete immer nur kurze Zeit (einige Jahrzehnte oder bestenfalls Jahrhunderte) bemerkbar machen und zwischen durch lange Zeit inaktiv sind.

Im Aschaffener Becken und im Maingebiet [Abb. B: 8.1] sind nach 1800 nur schadhlose Erdbeben der Maximalintensität $I_0 = 5$ bis 6 aufgetreten (Aschaffener Doppelbeben 1904). Es soll hier 1693 bei Marktbreit aber schon einmal Erdbebenschäden gegeben haben [SIEBERG 1940a].

Von den Erdbeben in Nord-Württemberg [Abb. B: 8.2] ist das Schadenbeben von Unterriexingen 1839 mit der Maximalintensität $I_0 = 7$ das bedeutendste [FIEDLER 1954]. Spätere Beben haben die Maximalintensität $I_0 = 5$ nicht mehr überschritten.

Im Gebiet der Schwäbischen Alb [Abb. B: 8.3] und deren näherer Umgebung fanden bereits zu Beginn der Neuzeit einzelne stärkere Beben statt. Zu erwähnen sind vor allem die Schadenbeben bei Tübingen 1655 mit Maximalintensitäten $I_0 = 7$ [SIEBERG 1940a]. Im 19. Jahrhundert lag der Schwerpunkt der Erdbebenaktivität zunächst im Bereich der mittleren Alb bei Groß- und Kleinengstingen mit Maximalintensitäten $I_0 = 6$ bis 7. Gegen Ende des Jahrhunderts verlagerte sich die seismische Aktivität dann mehr auf die westliche Alb, wo bei Hechingen und Ebingen 1911 ein ungewöhnlich starkes Schadenbeben der Maximalintensität $I_0 = 8$ und der Magnitude $M \approx 6$

seinen Ursprung nahm [GUTENBERG 1915, SIEBERG und LAIS 1925]. Es ist das energiereichste Beben, das sich in Deutschland in historischer Zeit ereignet hat. Seither verläuft zwischen den Städten Ebingen und Tübingen eine Erdbebenserie, die neben zahlreichen schwächeren Stößen drei Schadenbeben der Maximalintensität $I_0 = 7$ und im Jahre 1943 ein weiteres Schadenbeben der Maximalintensität $I_0 = 8$ hervorgebracht hat. Die Herdtiefen der Schwäbischen Alb übersteigen selten $h = 10$ km [SCHNEIDER 1968].

Zur Fränkischen Alb [Abb. B: 8.4] sind wohl die Erdbebenherde in der Umgebung des Nördlinger Rieses zu stellen, die sich im Mittelalter und zu Beginn der Neuzeit wiederholt mit der Maximalintensität $I_0 = 7$ bemerkbar gemacht haben. Sie verursachten in den Städten Nördlingen (1471), Harburg (1669), Dinkelsbühl (1670) und Donauwörth (1755, 1769) Gebäudeschäden. In späterer Zeit sind hier keine Schadenbeben mehr aufgetreten. Dagegen ereignete sich weiter östlich im Altmühljura bei Eichstätt-Ingolstadt in den Jahren 1914-1920 ein Erdbebenschwarm, der wenigstens 50 gespürte Einzelbeben umfaßt, darunter ein Schadenbeben der Maximalintensität $I_0 = 7$ [LUTZ 1921]. Ein fraglicher Schadenbebenherd, der vielleicht im Jahre 1062 tätig war, ist bei Regensburg anzunehmen. Auch an einigen isolierten Punkten in Franken sollen im frühen Mittelalter lokale Erdbebenschäden aufgetreten sein, so in Nürnberg und Rothenburg o. a. Tauber [SIEBERG 1940a].

Der deutsche Anteil der *Böhmischen Masse* [Abb. B: 9] zeichnet sich nur durch leichte Erdbeben aus. Im Bayerischen- und im Oberpfälzer Wald wurden zuletzt 1858, 1885, 1897 und 1909 Beben der Maximalintensität $I_0 = 5$ festgestellt [SPONHEUER 1952].

Im *Molassebecken* [Abb. B: 10] kommen vor allem im westlichen Teil stärkere Erdbeben vor. Ein wichtiges Herdgebiet liegt in Oberschwaben [Abb. B; 10.1] in der Gegend von Saulgau, wo die seismische Aktivität 1935 mit einem weitreichenden Schadenbeben der Maximalintensität $I_0 = 7$ bis 8 ihren Höhepunkt fand [HILLER 1936]. Vorher hat sich dieser Raum nur durch schadlose Erdbeben ausgezeichnet [FIEDLER 1954].

Die zweite Gegend mit immer wieder auftretenden Erdbeben ist das Bodenseegebiet [Abb. B: 10.2] mit dem angrenzenden Hegau. Seit 1800 wurden dort sechs Erdbeben der Maximalintensität $I_0 = 6$ ausgelöst, hauptsächlich in der Umgebung der Städte Friedrichshafen und Konstanz sowie der Insel Reichenau [FIEDLER 1954]. Stärker als die vorgenannten war das Schadenbeben bei Lindau im Jahre 1720, welches vermutlich die Maximalintensität $I_0 = 8$ erreichte und auch in der Schweiz umfangreiche Schäden hervorrief. Ein anderes Schadenbeben der Maximalintensität $I_0 = 7$ fand 1588 in der Gegend des Hohentwiel statt. Die Herdtiefen des Bodenseegebietes liegen teils bei $h = 2$ bis 5 km, teils bei $h = 10$ bis 15 km [SCHNEIDER 1968].

In der Bayerischen Molasse [Abb. B: 10.3] sind neuerdings stärkere Erschütterungen in der Umgebung von Peißenberg-Weilheim festzustellen, wobei die Maximalintensitäten $I_0 = 6$ oder 6 bis 7 sich auf sehr kleine Schüttergebiete beschränken [FÖRTSCH 1967—1969]. Die Herde liegen daher wohl sehr flach. Vermutlich handelt es sich um Gebirgsschläge.

Bemerkenswert gering ist die Seismizität im schmalen deutschen Anteil der *Alpen* [Abb. B: 11]. Die wenigen aktiven Herde haben seit 1800 nur Maximalintensitäten $I_0 = 5$ bis 6 hervorgebracht, wie etwa 1918 bei Birgsau im Allgäu [LUTZ 1921]. Es besteht allerdings die Möglichkeit, daß bei schweren Erdbeben in den österreichischen Bundesländern Vorarlberg, Tirol und Salzburg (Nordalpine Erdbebenlinie) stärkere Erschütterungen auch auf das deutsche Grenzgebiet übergreifen.

E. Seismologische Regionalisierung (Karte F)

Unter seismologischer Regionalisierung eines Landes wird die kartenmäßige Darstellung von Gebietszonen verstanden, in denen bei Erdbeben bestimmte Maximalintensitäten auftreten. Man kann bei der Anfertigung einer solchen Karte davon ausgehen, daß die an einem Ort zu erwartende Erdbebenstärke wenigstens den gleichen Maximalwert der bisher beobachteten Erschütterungen erreichen kann. Von dieser

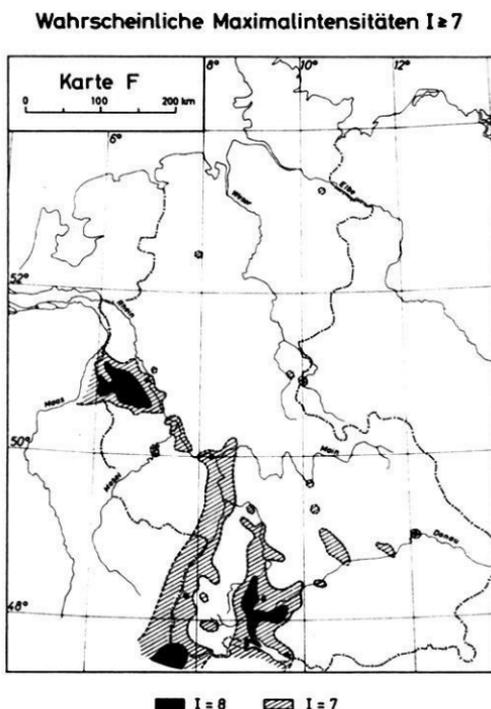


Abb. F: Wahrscheinliche Maximalintensitäten $I \geq 7$.

Probable maximum intensities $I \geq 7$.

Schwarz: $I = 8$
(black)

Schrägschraffur: $I = 7$
(hatched)

Grundlage geht auch die „Karte der deutschen Erdbebengebiete“ aus, die dem 1957 erschienenen DIN-Blatt 4149 „Bauten in deutschen Erdbebengebieten“ beigegeben ist und sich im wesentlichen mit der Karte E deckt [vgl. auch HILLER, SCHWARZBACH und SPONHEUER 1955].

Die Darstellung der bei künftigen Beben zu erwartenden maximalen Intensitäten erfährt insofern eine wesentliche Einschränkung in ihrer Gültigkeit, als der zur Verfügung stehende Beobachtungszeitraum von etwa 1000 Jahren zu kurz ist, um alle möglichen Epizentralgebiete von Schadenbeben zu erfassen. Das zeigt auch die großräumige Verlagerung der wesentlichen seismischen Aktivität während dieses Intervalls (Hochmittelalter: Oberrhein-Graben bei Basel; Spätmittelalter und Beginn der Neuzeit: Niederrheinische Bucht; 20. Jahrhundert: Westliche Schwäbische Alb; vgl. Tab. 1 und 2).

Diese Unsicherheit kann dadurch etwas ausgeglichen werden, daß man das „seismologische“ um ein „geologisches“ Beobachtungsintervall erweitert, indem man bedeutende tektonische Erdkrustenbewegungen (Verstellungsbeträge der Größenordnung $\Delta h = 100$ m und mehr), die sich in der jüngsten geologischen Vergangenheit (etwa 1 Million Jahre) ereignet haben, nach Möglichkeit mitberücksichtigt (vgl. dazu Karte A). Da fast alle Erdbeben tektonischer Entstehung sind, ergibt sich bei einer seismologischen Regionalisierung somit die Notwendigkeit, Hinweise für tektonische Bewegungen quartären Alters in die Betrachtung einzubeziehen. Weiter zurückliegende Bruchtektonik (Tertiär oder älter) steht dagegen mit der gegenwärtigen Erdbeben-tätigkeit nur noch in loser Beziehung [vgl. dazu SCHWARZBACH 1963].

Einschränkend ist zu bemerken, daß die an der Erdoberfläche feststellbaren tektonischen Erscheinungen keineswegs unmittelbar mit den Prozessen im Erdbebenherd vergleichbar sind. Die seismischen Ereignisse treten in einer Tiefe von 2 km und mehr auf, d. h. also in Bereichen, die vor allem hinsichtlich von Druck und Temperatur andere physikalische Bedingungen aufweisen, als sie in unmittelbarer Nähe der Erdoberfläche herrschen. Außerdem ergeben sich vielfach gesteinsbedingte Materialunterschiede. So kann z. B. unter einem Gebirgsabschnitt aus Sedimenten ein solcher aus kristallinem Material (Magmatite, Metamorphite) lagern. Aufgrund solcher Unterschiede (i. w. Druck, Temperatur, Material) können sich in den einzelnen Gebirgsabschnitten bei gleichartiger Beanspruchung mehr oder weniger unterschiedliche tektonische Strukturen ausbilden (Stockwerktektonik).

Ferner ist bei Bruchschollen oft nicht mit ausreichender Sicherheit der Anteil quartärer von demjenigen älterer Bewegungen zu trennen. Vor allem aber brauchen die geologischen Bruchdislokationen nicht unbedingt mit Erdbeben verknüpft zu sein. Der Geologe kann für bestimmte Verwerfungen in der Regel nur die Summe der Bewegung nach Betrag und Richtung angeben, nicht jedoch den genauen Bewegungsablauf in Abhängigkeit von Zeit und Raum. Für die Bewegungsgeschwindigkeit läßt sich oft nachträglich nichts oder nur sehr wenig aussagen. Der Bewegungsbetrag kann durch rasche „ruckartige“ Bewegung (in Verbindung mit Erdbeben) oder durch langsames Kriechen (ohne Erdbeben) zustandegekommen sein [vgl. MURAWSKI 1970]. In der Nieder-

rheinischen Bucht weisen geodätische Meßergebnisse darauf hin, daß aseismische Kriechbewegungen bei den rezenten Bruchdislokationen eine wesentliche Rolle spielen [AHORNER 1968 b]. Auch in anderen Bruchgebieten, z. B. im Oberrhein-Graben, dürften ähnliche Verhältnisse vorliegen. Ein aseismischer Bewegungsablauf scheint insbesondere bei Bruchstrukturen aufzutreten, die auf eine laterale Zerrung der Kruste zurückgehen, d. h. also bei Abschiebungen [AHORNER 1968 b, 1970; SCHNEIDER 1968]. Gebiete mit „fortlebender Bruchtektonik“ brauchen demnach nicht notwendigerweise zugleich aktive Erdbebengebiete zu sein. — Allerdings können präexistierende tektonische Bruchstrukturen bei Erdbeben infolge Differentialbewegungen der von ihnen betroffenen Schollen schadenbringend werden, ohne daß diese Brüche selbst bei der Entstehung des Bebens beteiligt waren.

Wenn trotzdem beide Phänomene, Erdbeben und oberflächennahe quartäre Bruchtektonik, bei der hier vorgelegten seismologischen Regionalisierung der Bundesrepublik in Beziehung zueinander gesetzt werden, so geschah dies, weil beide Erscheinungen letztlich doch Ausdrucksformen des gleichen tektonischen Gesamtvorganges sind. Aus den erwähnten Gründen wurden jedoch die tektonischen Daten mit größter Zurückhaltung interpretiert. Gewöhnlich wurden sie hier lediglich zur genaueren Abgrenzung von seismologisch nachgewiesenen aktiven Erdbebengebieten sowie zur regionalen Verknüpfung isolierter Herdvorkommen benutzt. Letzteres erschien dann gerechtfertigt, wenn mehrere Einzelvorkommen im Streichen einer geologischen Struktur liegen, die auf ihrer ganzen Länge Spuren quartärer Krustenbewegungen zeigt.

Während in der Niederrheinischen Bucht und im Oberrhein-Graben die erhöhte seismische Aktivität in deutlicher Beziehung zu der an der Erdoberfläche feststellbaren intensiven quartären Bruchschollentektonik steht, scheinen bei den Erdbeben der Schwäbischen Alb und ihres Vorlandes ausgeprägte Äquivalente quartärer Krustenbewegungen zu fehlen. Das dürfte auf die Herdmechanik dieser Beben zurückzuführen sein. Es handelt sich hier nämlich um horizontale Bewegungen, die sich geologisch und geodätisch bei geringeren Verstellungsbeträgen an der Erdoberfläche nur schwer nachweisen lassen [HILLER 1936, SCHNEIDER, SCHICK und BERCKHEMER 1966, SCHNEIDER 1968]. Die Orientierung und Ausdehnung der Herdfläche, sowie die Richtung und Größe der Bruchgeschwindigkeit im Herd verursachen eine deutliche Richtwirkung bei der Abstrahlung seismischer Wellen, was sich auf der Schwäbischen Alb in einer betonten Nord-Süd-Streckung des Schadengebietes der stärksten Beben äußert [BERCKHEMER 1962, SCHICK 1968, SCHNEIDER 1968]. Diese Eigenschaft seismischer Herde kann stets zu Überraschungen bei der Erschütterungswirkung eines Erdbebens führen. Das Ergebnis einer Synthese aller verfügbaren seismologischen und geologisch-tektonischen Daten ist in Karte F dargestellt. Diese Karte gibt die Gebietszonen mit den wahrscheinlichen Maximalintensitäten 7 und 8 wieder. Eine Hinzunahme des Intensitätsgrades 6 erschien unzumutbar, da bei diesem Stärkegrad nur geringfügige und zudem oft von Zufälligkeiten abhängige Gebäudeschäden zu verzeichnen sind. Weiterhin würde durch die Einbeziehung der Isoleiste 6 der Einflußbereich der großen

Beben in noch größerer Ausdehnung zur Darstellung kommen, so daß damit viele Gebiete mit schwächeren Beben auf der Karte nicht mehr erkannt werden könnten. Zudem sehen auch die Richtlinien der ESC für die Ausarbeitung einer einheitlichen europäischen Erdbebenkarte die Einbeziehung der Intensität 6 nicht vor.

Danksagung

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft unterstützte das Forschungsvorhaben in dankenswerter Weise durch eine finanzielle Beihilfe.



F. Anhang

Tabelle 1: Schadenbeben auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland, 1800–1967, $I_0 \geq 7$. — (Zu Karte C.)

Erläuterung der Abkürzungen: Ep = Epizentrum (a = makroseismisch, i = mikroseismisch bestimmt), h = Herdtiefe (meist makroseismisch bestimmt; f : $h = 0-5$ km, n : $h = 6-11$ km), I_0 = Epizentralintensität nach Mercalli-Sieberg-Skala, R = mittlere makroseismische Reichweite, M_m = Magnitude (makroseismisch bestimmt nach Formel Kárník 1969: $M_m = 0,5 I_0 + \log h + 0,35$), F = Epizentrum im deutsch-französischen Grenzgebiet

Nr.	Datum und Herdzeit	Ge- Epi- biet zentrum	h (km)	I_0	R (km)	M_m	Bemerkungen
1	22. Febr. 1953 20 ^h 16 ^m 21 ^s GMT	2 $a50^\circ55'N$ $10^\circ00'O$	1	8	35	4,4	Heringen (Gebirgsschlag) Gebäudeschäden, Bodenspalten und Einbrüche in einem eng begrenzten Gebiet [SPONHEUER et al. 1960]. Ep, h : [SPONHEUER et al. 1960; AHORNER 1968]
2a	22. Okt. 1873 09 ^h 45 ^m MEZ	3 $a50^\circ52'N$ $06^\circ05'O$	4	7	180	4,5	Herzogenrath I Mauerrisse und Kamin-schäden vor allem in Herzogenrath [SPONHEUER 1952]. Ep, M : [AHORNER 1968]; h : [SPONHEUER 1958]
2b	24. Juni 1877 08 ^h 53 ^m MEZ	3 $a50^\circ52'N$ $06^\circ06'O$	2	8	120	4,6	Herzogenrath II Mauerrisse und Kamin-schäden an mehreren Orten [SPONHEUER 1952]. Ep, M : [AHORNER 1968]; h : [SPONHEUER 1958]
3	03. Dez. 1828 18 ^h 30 ^m MEZ	3 $a50,8^\circ N$ $06,1^\circ O$	n	7	190	4,5	Aachen Mauerrisse und Kamin-schäden vor allem in Aachen [SPONHEUER 1952]. Ep, h, M : [AHORNER 1968]
4	26. Aug. 1878 09 ^h MEZ	3 $a50^\circ56'N$ $06^\circ33'O$	8	8	370	5,3	Tollhausen Giebeleinstürze, Kamin-schäden und Mauerrisse an zahlreichen Orten; 2 Tote in Köln und Aachen [SPONHEUER 1952, NENNSTIEL 1930]. Ep, M : [AHORNER 1968]; h : [SPONHEUER 1969]

Nr.	Datum und Herdzeit	Ge- biet	Epi- zentrum	<i>h</i> (km)	<i>I</i> ₀	<i>R</i> (km)	<i>M</i> _{<i>m</i>}	Bemerkungen
5	24. Okt. 1841 14 ^h 08 ^m MEZ	3	<i>a</i> 50,9°N 06,9°O	<i>f</i>	(7)	—	—	Köln Mauerrisse und Kaminschäden, nur aus Köln gemeldet [SPONHEUER 1952]. <i>Ep, h</i> : [AHORNER 1968]
6 a	08. März 1950 04 ^h 27 ^m 06 ^s GMT	3	<i>i</i> 50°38'N 06°43'O	7	7	200	4,7	Euskirchen I Kaminschäden an mehreren Orten, besonders in Billig [SCHWARZBACH 1951]. <i>Ep, h, M</i> : [AHORNER 1968]
6 b	14. März 1951 09 ^h 46 ^m 59 ^s GMT	3	<i>i</i> 50°38'N 06°43'O	8—9	7—8	260	5,2	Euskirchen II Giebeleinstürze, Kaminschäden und Mauerrisse an zahlreichen Orten, 11 Verletzte [SCHWARZBACH 1951] <i>Ep, h, M</i> : [AHORNER 1968]
7	02. Okt. 1869 23 ^h 45 ^m MEZ	4.1	<i>a</i> 50°26'N 07°33'O	9	7	140	4,5	Engers Kaminschäden und Mauerrisse an mehreren Orten [SPONHEUER 1952]. <i>Ep, M</i> : [AHORNER 1968]; [SPONHEUER 1958]
8	09. Aug. 1892 —	4.1	<i>a</i> 50°16'N 07°37'O	<i>f</i>	7	90	4,4	Boppard Kaminschäden und Mauerrisse an mehreren Orten [SPONHEUER 1952]. <i>Ep, h, M</i> : [AHORNER 1968]
9	29. Juli 1846 21 ^h 24 ^m MEZ	4.1	<i>a</i> 50°09'N 07°41'O	11	7	260	4,9	St. Goar Kaminschäden und Mauerrisse an zahlreichen Orten [SPONHEUER 1952]. <i>Ep, M</i> : [AHORNER 1968]; <i>h</i> : [SPONHEUER 1969]
10	24. Mai 1858 19 ^h MEZ	6.1	<i>a</i> 50,0°N 08,3°O	2—3	7	55	4,3	Mainz Mauerrisse, Kaminschäden. <i>Ep</i> : [SPONHEUER 1952]; <i>h, M</i> : [SCHNEIDER 1969]
11 a	31. Okt. 1869 15 ^h 25 ^m MEZ	6.1	<i>a</i> 49°55'N 08°29'O	2	7	40	4,2	Groß-Gerau Zahlreiche Kaminschäden [SPONHEUER 1952]. <i>Ep</i> : [LANDSBERG 1931]; <i>h, M</i> : [SCHNEIDER 1969]

Nr.	Datum und Herdzeit	Ge- biet	Epi- zentrum	h (km)	I_0	R (km)	M_m	Bemerkungen
11 b	31. Okt. 1869 17 ^h 26 ^m MEZ	6.1	$a49^{\circ}55'N$ $08^{\circ}29'O$	5	7	125	4,6	Groß-Gerau Zahlreiche Kaminschäden [SPONHEUER 1952]. <i>Ep</i> : [LANDSBERG 1931]; <i>h, M</i> : [SCHNEIDER 1969]
11 c	01. Nov. 1869 04 ^h 07 ^m MEZ	6.1	$a49^{\circ}55'N$ $08^{\circ}29'O$	6	7	160	4,7	Groß-Gerau Zahlreiche Kaminschäden [SPONHEUER 1952]. <i>Ep</i> : [LANDSBERG 1931]; <i>h, M</i> : [SCHNEIDER 1969]
11 d	02. Nov. 1869 21 ^h 26 ^m MEZ	6.1	$a49^{\circ}55'N$ $08^{\circ}29'O$	6—7	7	170	4,7	Groß-Gerau Zahlreiche Kaminschäden [SPONHEUER 1952]. <i>Ep</i> : [LANDSBERG 1931]; <i>h, M</i> : [SCHNEIDER 1969]
12	10. Febr. 1871 05 ^h 32 ^m MEZ	6.1	$a49^{\circ}40'N$ $08^{\circ}30'O$	6	7	150	4,7	Lorsch Zahlreiche Kaminschäden [SPONHEUER 1952]. <i>Ep</i> : [LANDSBERG 1933]; <i>h, M</i> : [SCHNEIDER 1969]
13	24. Febr. 1952 21 ^h 25 ^m 30 ^s GMT	6.1	$i49^{\circ}30'N$ $08^{\circ}19'O$	7—8	7	200	4,8	Ludwigshafen-Worms Mauerrisse in Ludwigshafen. <i>Ep</i> : [WECHSLER 1955]; <i>h, M</i> : [SCHNEIDER 1969]
14	22. März 1903 06 ^h 08 ^m MEZ	6.1	$a49^{\circ}05'N$ $08^{\circ}10'O$	1—2	7	30	4,1	Kandel Mauerrisse, Kamin- und Dachschäden. <i>Ep</i> : [FIEDLER 1954]; <i>h, M</i> : [SCHNEIDER 1969]
15	07. Juni 1948 07 ^h 15 ^m 18,6 ^s GMT	6.2	$i48^{\circ}58'N$ $08^{\circ}20'O$	6	7	160	4,7	Forchheim Zahlreiche Kaminschäden. <i>Ep</i> : [FIEDLER 1954]; <i>h, M</i> : [SCHNEIDER 1969]
16	08. Febr. 1933 07 ^h 07 ^m 12 ^s GMT	6.2	$i48^{\circ}51'N$ $08^{\circ}12'O$	6	7	160	4,7	Rastatt Kaminschäden in Rastatt und Umgebung [HILLER 1934, FIEDLER 1954]. <i>Ep</i> : [HILLER 1934]; <i>h, M</i> : [SCHNEIDER 1969]

Nr.	Datum und Herdzeit	Ge- Epi- biet zentrum	<i>h</i>	<i>I</i> ₀	<i>R</i>	<i>M</i> _m	Bemerkungen
			(km)		(km)		
17a	11. Sept. 1802 15 ^h MEZ (?)	6.2 <i>a</i> 48,6°N 07,8°O	1—2	7	15	3,8	Straßburg-Kehl (<i>F</i>) Kaminschäden, Mauerrisse [SPONHEUER 1952]. Nach SPONHEUER [1952] han- delt es sich um mehrere Beben. <i>Ep</i> : [SPONHEUER 1952]; <i>h</i> , <i>M</i> : [SCHNEIDER 1969]
17b	08. Nov. 1802 —	6.2 <i>a</i> 48,6°N 07,8°O	2	7	50	4,2	Straßburg-Kehl (<i>F</i>) Mauerrisse, Kaminschäden. <i>Ep</i> : [SPONHEUER 1952]; <i>h</i> , <i>M</i> : [SCHNEIDER 1969]
18	04. Sept. 1959 08 ^h 56 ^m 54,0 ^s GMT	6.2 <i>i</i> 48°23'N 07°43'O	1—2	7	22	4,1	Boofzheim (Bas-Rhin, <i>F</i>) Kaminschäden in Boofzheim und Umgebung [ROTHÉ 1967]. <i>Ep</i> : [SCHNEIDER 1964]; <i>h</i> , <i>M</i> : [SCHNEIDER 1969]
19a	14. Febr. 1899 16 ^h 58 ^m MEZ	6.3 <i>a</i> 48°07'N 07°39'O	1—2	7	25	4,1	Kaiserstuhl In mehreren Orten Kamin- und Dachschäden, Mauer- risse [SPONHEUER 1952]. <i>Ep</i> : [FIEDLER 1954]; <i>h</i> , <i>M</i> : [SCHNEIDER 1969]
19b	28. Juni 1926 22 ^h 00 ^m 40 ^s GMT	6.3 <i>i</i> 48°08'N 07°41'O	7—8	7	200	4,8	Kaiserstuhl Mauerrisse in mehreren Orten, in Breisach Risse im Straßenbelag [FIEDLER 1954]. <i>Ep</i> : [FIEDLER 1954]; <i>h</i> , <i>M</i> : [SCHNEIDER 1969]
20	07. Febr. 1839 20 ^h MEZ	8.2 <i>a</i> 48°54'N 09°01'O	3	7	70	4,4	Unterriexingen Kaminschäden in Unter- riexingen und Umgebung [FIEDLER 1954]. <i>Ep</i> : [FIEDLER 1954]; <i>h</i> , <i>M</i> : [SCHNEIDER 1969]
21a	16. Nov. 1911 21 ^h 25,8 ^m GMT	8.3 <i>i</i> 48°13'N 09°00'O	(10)	8	500	(5,5)	Ebingen Umfangreiche Gebäude- schäden in vielen Orten, zahl- reiche Hangrutschungen [FIEDLER 1954, SIEBERG und LAIS 1925]. <i>Ep</i> : [FIEDLER 1954]; <i>h</i> , <i>M</i> : [SCHNEIDER 1969]

Nr.	Datum und Herdzeit	Ge- biet	Epi- zentrum	<i>h</i> (km)	<i>I</i> ₀	<i>R</i> (km)	<i>M_m</i>	Bemerkungen
21 b	20. Juli 1913 12 ^h 06 ^m 21,6 ^s GMT	8.3	48°14'N 09°00,5'O	9	7	250	4,9	Ebingen In zahlreichen Orten Kamin- und Dachschäden [FIEDLER 1954]. <i>Ep</i> : [BRENNER 1966]; <i>h, M</i> : [SCHNEIDER 1969]
21 c	02. Mai 1943 01 ^h 08 ^m 01,6 ^s GMT	8.3	48°16'N 08°59'O	13	7	375	5,0	Onstmettingen-Pfeffingen Kaminschäden, Mauerrisse [FIEDLER 1954]. <i>Ep</i> : [BRENNER 1966]; <i>h, M</i> : [SCHNEIDER 1969]
21 d	28. Mai 1943 01 ^h 24 ^m 08,0 ^s GMT	8.3	48°16'N 08°59'O	9	8	485	5,4	Onstmettingen-Pfeffingen Umfangreiche Gebäude- schäden in vielen Orten [FIEDLER 1954]. <i>Ep, h, M</i> : [BRENNER 1966]
21 e	26. Febr. 1969 01 ^h 28 ^m 01,1 ^s GMT	8.3	48°17'N 09°00,5'O	7,5	7	190	4,7	Onstmettingen-Tailfingen Mauerrisse und zahlreiche Kaminschäden vor allem in Onstmettingen und Tail- fingen [SCHNEIDER 1969]
22	10. Okt. 1915 04 ^h 50 ^m MEZ	8.4	48°49'N 11°34'O	6–7	7	160	4,7	Altmühljura In verschiedenen Gemeinden Mauerrisse [LUTZ 1921]. <i>Ep</i> : [LUTZ 1921]; <i>M, h</i> : [SCHNEIDER 1969]
23	27. Juni 1935 17 ^h 19 ^m 30,0 ^s GMT	9.1	48°02,5'N 09°28'O	10	7–8	400	5,1	Saulgau Umfassende Gebäude- schäden in Saulgau und Um- gebung [HILLER 1936]. <i>Ep</i> : [HILLER 1936]; <i>h, M</i> : [SCHNEIDER 1969]

Tabelle 2: Schadenbeben auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland, 1000 bis 1799, $I \geq 7$. — (Zu Karte D.)

Die Angaben beruhen hauptsächlich auf dem Erdbebenkatalog von SIEBERG [1940].

1. Norddeutsches Tiefland

- (1a) 1323 *Lüneburg*: Gebäude beschädigt ($I = 7$).
- (1b) 1770 *Alfhausen*: Kamin-, Dach-, Verputzschäden ($I = 7$).

2. Hessische Senke

- (2a) 1767 *Rotenburg (Fulda)*: Kaminschäden ($I = 6-7?$).

3. Niederrheinische Bucht mit Randgebieten

- (3a) 1223 *Köln*: Türme und Häuser eingestürzt? ($I = 7-8?$).
- (3b) 1348 *Altenberg* (Bergisches Land): Abtei durch Erdbeben sehr beschädigt? ($I = 7?$).
- (3c) 1349 *Jülich*: Verbreitete Schäden in der Stadt ($I = 7?$).
- (3d) 1640 *Düren* (Rurtal-Graben): Mauern gespalten, in Köln Kaminschäden ($I = 7-8$).
- (3e) 1690 *Aachen*: Kaminschäden, Mauerrisse ($I = 7$).
- (3f) 1755 *Gressenich*: Zahlreiche Mauerrisse ($I = 7$).
- (3g) 1755 Gegend von *Gressenich*: Zahlreiche Kaminschäden, Mauerrisse, Einsturz von Gebäuden, 1 Toter in Aachen ($I = 7-8$).
- (3h) 1756 *Düren*: Starke Gebäudeschäden, auch in Köln und Aachen, 2 Tote in Aachen ($I = 8$).
- (3i) 1759 *Aachen*: Gebäudeschäden ($I = 7$).
- (3k) 1760 *Düren*: Gebäudeschäden ($I = 7$).

4. Rheinisches Schiefergebirge

4.1 *Mittelrheintal*

- (4a) 1673 *Rolandseck*: Zahlreiche Kaminschäden ($I = 7$).
- (4b) 1780 *Braubach*: Kaminschäden, Mauerrisse ($I = 7$).

4.3 *Hunsrück und Mosel-Gebiet*

- (4c) 1565 *Zell* (Mosel): Kaminschäden ($I = 7?$).
- (4d) 1595 *Alf* (Mosel): Bodenrisse, Bergstürze ($I = 7?$).

6. Oberrhein-Graben mit Randgebieten

6.1 *Nördlicher Oberrhein-Graben mit Mainzer Becken*

- (6a) 1445 *Mainz*: 9 Häuser eingestürzt ($I = 8?$).
- (6b) 1733 *Mainz*: Einige Kaminschäden ($I = 7$).

6.2 *Mittlerer Oberrhein-Graben*

- (6c) 1574 *Offenburg*: Stadtmauer beschädigt ($I = 7?$).
- (6d) 1728 *Mahlburg*: Kaminschäden, Mauerrisse, Chor einer Kirche eingestürzt, in Kehl Festungsmauer beschädigt ($I = 7-8$).
- (6e) 1737 *Karlsruhe*: Kamin- und Verputzschäden, Mauerrisse am Schloß ($I = 7$).

8. Süddeutsches Schichtstufenland

8.1 *Aschaffener Becken und Main-Gebiet*

- (8a) 1693 *Marktbreit* (Main): Empfindliche Schäden an Häusern ($I = 7$).

8.3 *Schwäbische Alb*

- (8b) 1655 *Tübingen*: Dachziegel abgeworfen, einzelne Häuser müssen abgestützt werden ($I = 7$).
- (8c) 1655 *Tübingen*: Kamin- und Dachschäden ($I = 7$).

8.4 *Fränkische Alb*

- (8d) 1062 *Regensburg*: Häuser stürzen ein ($I = 8?$).
- (8e) 1471 *Nördlingen*: Kamine abgeworfen, Turm der Pfarrkirche beschädigt ($I = 7$).
- (8f) 1669 *Harburg*: Kamine abgeworfen, ebenso in Öttingen ($I = 7$).
- (8g) 1670 *Dinkelsbühl*: Mauer stürzt auf 80 m Länge ein ($I = 7?$).
- (8h) 1755 *Donauwörth*: Klostermauer beschädigt ($I = 7?$).
- (8i) 1769 *Donauwörth*: Ziegel und Kamine abgeworfen, Mauerrisse, in Harburg zahlreiche Kaminschäden ($I = 7$).

10. Molasse-Becken

10.2 *Bodensee-Gebiet*

- (10a) 1588 *Hohentwiel-Gebiet*: Schornsteine eingestürzt ($I = 7$).
- (10b) 1720 *Lindau*: Häuser eingestürzt, auch in der Schweiz starke Schäden ($I = 8$).

Literatur

- AHORNER, L.: Das Erdbeben im Saar-Nahe-Becken vom 17. August 1960. — Sonderveröff. Geol. Inst. Köln 7, 1—24, 1962
- : Einige Bemerkungen zum Aufbau der Erdkruste in Westdeutschland auf Grund von Nahbebenuntersuchungen. — Z. Geophys. 33, 193—199, 1967
- : Seismicity and Quaternary structural activity in the northern Rhine district. — Proceedings of the Eighth Assembly of the European Seismological Commission, p. 295—303, Akadémiai Kiadó, Budapest 1968a
- : Erdbeben und jüngste Tektonik im Braunkohlenrevier der Niederrheinischen Bucht. — Z. deutsch. geol. Ges. 118, 150—160, 1968b
- : Seismo-tectonic relations between the graben zones of the Upper and Lower Rhine valley. — In: ILLIES, H., and ST. MUELLER, Graben Problems. Schweizerbart, Stuttgart 1970
- BRENNER, K.: Die Verlagerung der Bebenherde und des Herdmechanismus im Gebiet der Südwestalb seit dem Jahre 1911. — Diplomarb. TH Stuttgart, 109 S., 1966
- BERCKHEMER, H.: Die Ausdehnung der Bruchfläche im Erdbebenherd und ihr Einfluß auf das seismische Wellenspektrum. — Gerl. Beitr. Geophys. 71, 5—26, 1962
- CARLÉ, W.: Bau und Entwicklung der Südwestdeutschen Großscholle. — Beih. Geol. Jb. 16, 1955
- FIEDLER, G.: Die Erdbebenaktivität in Südwestdeutschland in den Jahren 1800—1950. — Diss. TH Stuttgart, 159 S., 1954
- FÖRTSCH, O.: Seismologische Berichte zu Erdstößen im Landkreis Weilheim in den Jahren 1967 und 1969. — Manusk., 1967—1969.
- GERMAN RESEARCH GROUP FOR EXPLOSION SEISMOLOGY: Crustal Structure in Western Germany. — Z. Geophys. 30, 109—234, 1964
- GUTENBERG, B.: Die mitteleuropäischen Beben vom 16. November 1911 und vom 20. Juli 1913. — Publ. Bur. Centr. Ass. Int. Sism. Straßburg, 84 S., 1915
- GUTENBERG, B., and C. F. RICHTER: Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration. — Bull. Seism. Soc. Am. 46, 105—145, 1956a
- : Magnitude and energy of earthquakes. — Ann. di Geofisica 9, 1—15, 1956b
- HILLER, W.: Der Herd des Rastatter Bebens am 8. Februar 1933. — Gerl. Beitr. Geophys. 41, 170—180, 1934
- : Das Oberschwäbische Erdbeben am 27. Juni 1935. — Württemb. Jb. f. Statistik u. Landeskde., Jg. 1934/35, 209—226, 1936
- HILLER, W., M. SCHWARZBACH und W. SPONHEUER: Karte der Erdbebengefährdung. — Die Bautechnik 32, 132, 1955
- HILLER, W., J.-P. ROTHÉ et G. SCHNEIDER: La Séismicité du Fossé Rhénan. — Ann. Inst. Phys. du Globe Strasbourg 8, 3e partie Geophys., 11—17, 1967

- KÁRNÍK, V.: Seismicity of the European Area. Part 1, 364 p., Reidel, Dordrecht-Holland, 1969
- KNETSCH, G.: Changing tectonic roles of the Upper Rhine Lineament in the course of geological times and events. — The Rhine-Graben Progress Report 1967, 13—15, in: Abh. geol. L.-Amt Baden-Württemberg 6, Freiburg 1967.
- LANDSBERG, H.: Der Erdbebenschwarm von Groß-Gerau 1869—1871. — Gerl. Beitr. Geophys. 34, 367—392, 1931
- LUTZ, C. W.: Erdbeben in Bayern 1908—1920. — Sitzungsber. Bayer. Akad. Wissensch., math.-phys. Kl., Jg. 1921, 81—165, 1921
- MURAWSKI, H.: Das Zeitproblem bei der Tektogenese eines Großgrabensystems. — Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch. 88, 294—342, 1960
- : Die Nord-Süd-Zone der Eifel und ihre nördliche Fortsetzung. — Publ. Service géol. Luxembourg 14, 285—308, 1964
- : Bruchtektonik mit modifizierter Bruchbildung. — Geol. Rdsch. 59, 193—212, Stuttgart 1969
- NENNSTIEL, F.: Entstehung und Ausbreitung deutscher Erdbeben. — Veröff. Reichsanst. f. Erdbebenforsch. 12, 1—43, 1930
- PILGER, A.: Lineamente im Ruhrkarbon. — Geol. Jb. 71, 395—404, Hannover 1955
- : Über den Untergrund des Rheinischen Schiefergebirges und des Ruhrgebietes. — Geol. Rdsch. 46, 197—212, Stuttgart 1957
- ROTHÉ, J.-P. et G. SCHNEIDER: Catalogue des tremblements de terre du Fossé Rhénan. — Veröff. Landeserdbebendienst Bad.-Württembg. Stuttgart, 91 S., 1968
- SCHICK, R.: Untersuchungen über die Bruchausdehnung und Bruchgeschwindigkeit bei Erdbeben mit kleinen Magnituden. — Z. Geophys. 34, 267—286, 1968
- SCHNEIDER, G.: Erdbeben und Tektonik in Südwest-Deutschland. — Tectonophysics 5, 459—511, 1968
- : Seismizität und Seismotektonik der Schwäbischen Alb. Habilit.-Schrift Univ. Stuttgart, 105 S., 1970
- SCHNEIDER, G., R. SCHICK, and H. BERCKHEMER: Fault-plane solutions of earthquakes in Baden-Württemberg. — Z. Geophys. 32, 383—393, 1966
- SCHWARZBACH, M.: Die Erdbeben des Rheinlandes. — Kölner geol. Hefte 1, 1—28, 1951
- : Seismizität und Bruchtektonik in Mittel-Europa. — Ann. Mus. Geol. di Bologna, Ser. 2, 31, 1—5, 1963
- SIEBERG, A.: Zur Geologie der Erdbeben im Rheinland. — Z. Geophys. 2, 278—286, 1926
- : Erbebengeographie. — In: B. GUTENBERG (Hrsg.), Handbuch der Geophysik, Bd. IV, 687—1005, Bornträger, Berlin 1932
- : Beiträge zum Erdbebenkatalog Deutschlands und der angrenzenden Gebiete für die Jahre 58 bis 1799. — Mitt. deutsch. Reichserdbebendienst 2, 1—111, 1940a
- : Erdbebenkatalog Deutschlands für die Jahre 1935—1939. — Mitt. deutsch. Reichserdbebendienst 1, 1—28, 1940b

- SIEBERG, A., und R. LAIS: Das mitteleuropäische Erdbeben vom 16. November 1911. Bearbeitung der makroseismischen Beobachtungen. — Veröff. Reichsanst. f. Erdbebenforsch. Jena 4, 1—106, 1925
- SPONHEUER, W.: Erdbebenkatalog Deutschlands und der angrenzenden Gebiete für die Jahre 1800—1899. — Mitt. deutsch. Erdbebendienst 3, 1—195, 1952
- : Die Tiefen der Erdbebenherde in Deutschland auf Grund makroseismischer Berechnungen. — Ann. di Geofisica 11, 157—167, 1958
- : Untersuchungen zur Seismizität von Deutschland. — Veröff. Inst. Bodendyn. Erdbebenforsch. Jena 72, 23—52, 1962
- : Bericht über die Weiterentwicklung der seismischen Skala. — Veröff. Inst. Geodyn. Jena 8, 1—21, 1965
- : 1966: Erdbebenkatalog Deutschlands und der angrenzenden Gebiete (Manuskript)
- : Die Verteilung der Herdtiefen in Mitteleuropa und ihre Beziehung zur Tektonik. — Veröff. Inst. Geodyn. Jena 13, 82—103, 1969
- SPONHEUER, W., F. GERECKE, und H. MARTIN: Seismische Untersuchungen zum Gebirgsschlag von Merkers/Rhön am 8. Juli 1958. — Freib. Forschungsh. C 81, 64—79, 1960
- WECHSLER, H.: Die Erdbeben-tätigkeit in Südwestdeutschland in den Jahren 1938—1954. — Diplomarb. TH Stuttgart, 110 S., 1955

