



**Magnitudenorientierter  
Erdbebenkatalog für deutsche und  
angrenzende Gebiete  
EKDAG – erweiterter Ahorner-Katalog**

**Version 2.2 (Dezember 2018)**

Jochen Schwarz, Silke Beinersdorf und Hein Meidow  
unter Mitwirkung von Ludwig Ahorner<sup>†</sup>

## **Impressum**

Schriften der Bauhaus-Universität Weimar

### **Herausgeber**

© Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen, Zentrum für die Ingenieuranalyse von Erdbebenschäden (Erdbebenzentrum) am Institut für Konstruktiven Ingenieurbau, <https://www.edac.biz/>

Alle Rechte, auch des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in den Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

**Projektleitung:** Dr.-Ing. Jochen Schwarz

**Redaktion:** Dr.-Ing. Jochen Schwarz, Dr.-Ing. Silke Beinersdorf

**Bearbeitung:** Dr.-Ing. Jochen Schwarz, Dr.-Ing. Silke Beinersdorf, Dr. Hein Meidow

**Satz / Gestaltung:** Dr.-Ing. Silke Beinersdorf, Maximilian Falk

**Druck:** Schätzl Druck & Medien GmbH & Co. KG, Donauwörth

**ISBN:** 978-3-95773-276-7

Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind über <https://dnb.de> abrufbar.

**BAUHAUS**  
UNIVERSITÄTSVERLAG

Bauhaus-Universitätsverlag als Imprint von arts + science weimar GmbH, Ilmtal-Weinstraße 2019

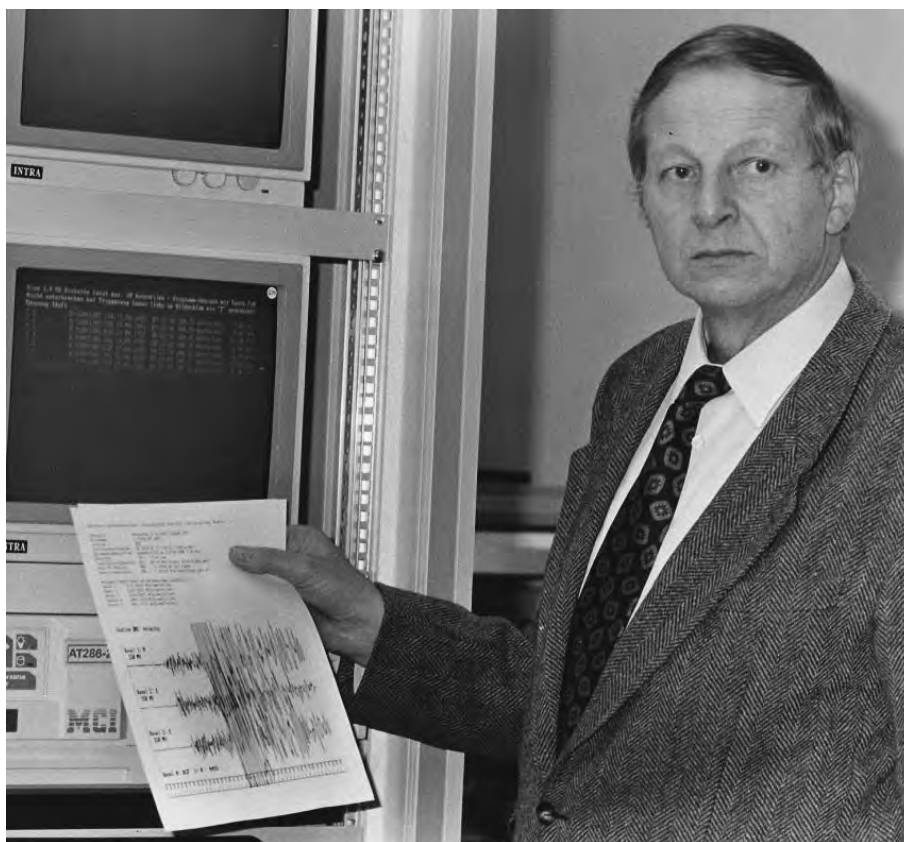
*„Für Amelie, Fabienne, Fridolin, Klara, Niklas, Paul, Rosa, Smila und Leonie“*



## Widmung

Der Geologe und Seismologe Prof. Dr. Ludwig Ahorner leitete insgesamt 35 Jahre lang, bis zu seinem Ausscheiden aus dem aktiven Dienst 1995 die Erdbebenstation Bensberg und die spätere Abteilung für Erdbebengeologie am Geologischen Institut der Universität zu Köln.

Zu den Randgebieten der Tätigkeit von Ludwig Ahorner gehörte die systematische Aufbereitung und kontinuierliche Pflege eines Katalogs, der als „Ahorner-Katalog“ bekannt geworden ist und in dem vorliegenden Dokument in einer aktualisierten Version herausgegeben wird, s.a. Ahorner *et al.* (2006). Nachdem vorangegangene Erdbebenkataloge für Deutschland sich vornehmlich auf die Auswertung und Wiedergabe markanter Schütterwirkungen beschränkten, erkannte Ahorner bereits Anfang der 50er Jahre, dass die Intensität für die ingenieurrelevanten Fragestellungen allein nicht ausreichend sein kann, sondern dass über die Lokalmagnitude  $M_L$  der Beben wesentliche Informationen instrumentell abgesichert werden können. Woraus sich konsequent auch die Notwendigkeit ergab, historische (instrumentell nicht aufgezeichnete) Beben hinsichtlich ihrer Magnitude zu bewerten.



*Ludwig Ahorner im Jahre 1992 vor dem digitalen Datenerfassungssystem der Erdbebenstation Bensberg mit einer Registrierung des Erdbebens von Roermond 1992; Foto: E. Ahorner*

In seinem Erdbebenkatalog (s. Abs. 2.1) wird die lokale Magnitude entsprechenden Ereignissen zugeordnet und auf der Grundlage einer statistisch repräsentativen Datenbasis aus anderen Katalogdaten ergänzt.

Die makroseismische Reinterpretation historischer Ereignisse ist nicht nur ein spannendes Arbeitsgebiet, sondern war auch notwendig, um über den Erdbebenkatalog eine belastbare Auslegungsgrundlage für kerntechnische und andere sicherheitsrelevante Anlagen zur Verfügung zu stellen.

Auch nach seinem Ausscheiden aus dem aktiven Dienst hat Ludwig Ahorner sich weiter intensiv der Pflege und Aktualisierung seines Kataloges gewidmet. Von einigen historischen Erdbeben ist aufgrund der von ihm noch durchgeführten Arbeiten bekannt, dass die damaligen Katalogeinträge einer kritischen Überprüfung bedürfen.

Um hier eine Klärung zu erzielen und den Katalog in aktualisierter Form zu veröffentlichen, konnte Prof. Ahorner als Ideen- und Ratgeber gewonnen werden. In verschiedenen Beratungen wurde die konzeptionellen Grundlagen des Kataloges abgestimmt und der Basis-Datensatz festgelegt. Anhand des als belastbar eingeschätzten Datensatzes von Erdbeben mit instrumentell ermittelten Magnitudenangaben erfolgte ausgehend von den durch Ahorner selbst eingebrachten Beziehungen die Entwicklung der zur Vervollständigung des Kataloges hinsichtlich der Magnituden  $M_L$  und  $M_W$  erforderlichen Regressionen (Ahorner, 2003). Noch unpublizierte Ausarbeitungen wurden zur Verfügung gestellt.

Am 14. Mai 2007 ist Prof. Dr. Ludwig Ahorner verstorben. Die Herausgabe und Weiterentwicklung „seines“ Erdbebenkataloges mögen in großer Wertschätzung und Dankbarkeit vermitteln, dass er Herausragendes und Bleibendes für das Erdbebeningenieurwesen geleistet hat.

Seine Verdienste für das Erdbebeningenieurwesen sind im Mitteilungsblatt der Erdbeben-gesellschaften Deutschland, Österreichs und der Schweiz (D-A-CH) gewürdigt worden. Der Beitrag von Schwarz & Meidow (2008) wird in dankbarer Erinnerung an die gemeinsame Zusammenarbeit in Anhang 4 im Wortlaut wiedergegeben.

Jochen Schwarz,  
Silke Beinersdorf und  
Hein Meidow

Weimar und Köln im Dezember 2018

## **A. GRUNDLAGEN UND ERLÄUTERUNGEN**





# Inhaltsverzeichnis

	Seite	
<b>1</b>	<b>Vorbemerkung</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Zur Entwicklung des Kataloges</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>Arbeiten von Prof. Ahorner-Katalog 1996</b>	<b>5</b>
2.1.1	Frühe Manuskripte	5
2.1.2	Datenfile mit Bearbeitungsstand 1996	7
2.1.3	Datenfile mit Bearbeitungsstand 1998 – 2003	8
<b>2.2</b>	<b>Fortführung der Arbeiten</b>	<b>8</b>
2.2.1	Einarbeitung weiterer Erdbebenkataloge	9
2.2.2	Reinterpretation und Neubewertungen von historischen Erdbeben	12
2.2.3	Struktur EKDAG V2.2 (erweiterter Ahorner-Katalog)	13
<b>3</b>	<b>Aufbereitung der Katalogeinträge</b>	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>Katalogzusammenführung in EKDAG V1.0</b>	<b>15</b>
3.1.1	Hierarchie der Erdbebenkataloge in der Bearbeitung	15
3.1.2	Konfliktfälle	17
3.1.3	Datenbereinigung	18
<b>3.2</b>	<b>Ergänzungen und Korrekturen</b>	<b>18</b>
<b>3.3</b>	<b>Abgleich instrumenteller und makroseismischer Magnituden</b>	<b>19</b>
<b>3.4</b>	<b>Aktualisierung der Erdbebeneinträge in EKDAG V2.2</b>	<b>22</b>
3.4.1	Zielstellungen	22
3.4.2	Klärung der Basisdaten und Lokalmagnituden $M_L$	25
3.4.3	Erdbebenkatalog (Teil B)	26
<b>3.5</b>	<b>Vervollständigung der Magnituden</b>	<b>28</b>
3.5.1	Basisdaten	28
3.5.2	Konversionsbeziehungen der Magnitudenarten	32
3.5.3	Konversionsbeziehungen zwischen Magnitude und makroseismischen Kenngrößen	33
3.5.4	Abgleich der Regressionen mit dem Ausgabekatalog	35
<b>3.6</b>	<b>Magnitudenstrebreiten</b>	<b>43</b>
3.6.1	Untersuchung der Magnitudenstrebrenite für instrumentell bestimmte Magnituden	43
3.6.2	Untersuchung der Magnitudenstrebrenite für makroseismisch bestimmte Magnituden	46
<b>4</b>	<b>Makroseismische Karten</b>	<b>48</b>
<b>4.1</b>	<b>Stand der Bearbeitung in EKDAG V1.0</b>	<b>48</b>
<b>4.2</b>	<b>Stand der Bearbeitung in EKDAG V2.2</b>	<b>49</b>
<b>5</b>	<b>Ausblick</b>	<b>51</b>

	<b>Seite</b>
Danksagung	54
Literaturverzeichnis	55
Anhang 1	61
Anhang 2	64
Anhang 3	71
Anhang 4	85
Anhang 5	101

# 1 Vorbemerkung

Für deutsche Erdbebengebiete gibt es im Gegensatz zu anderen Ländern, bei denen historische Erdbebendaten durch einen nationalen Erdbebendienst hoheitlich gepflegt, aktualisiert und somit auf dem aktuellen Stand gehalten werden, keine vergleichbare Institution, die für eine solche Aufgabe autorisiert und längerfristig mit den erforderlichen Kapazitäten ausgestattet wäre. Neben dem hier vorgestellten Erdbebenkatalog kommt der Katalog von Leydecker (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR, 2006)) diesen Merkmalen gegenwärtig noch am nächsten, da sie regelmäßig aktualisiert werden, und aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse (u.a. zu Neuinterpretationen historischer Ereignisse) aufgreifen. Der Erdbebenkatalog von Leydecker ist in seiner Zusammensetzung auf diverse Vorgängerkataloge zurückzuführen, wobei als wesentliche Quellen Sieberg (1940a, 1940b), Sponheuer (1952), Ahorner *et al.* (1970), Leydecker (1986), Grünthal (1988) zu nennen sind. Zu einem Datenfile zusammengefasst bildet der Katalog von Ereignissen die Grundlage für ingenieurpraktische Anwendungen.

Den Erdbebenkatalogen für deutsche und angrenzende Erdbebengebiete ist gemein, dass sie auf die beobachteten Schütterwirkungen und somit auf die makroseismische Intensität als belastbarer Basisgröße konzentrieren müssen. Hier kommt dem in mehr als 40 Jahren und im Ergebnis der durchgeführten seismologischen Überwachung und instrumentellen Auswertung als Arbeitsversion erarbeiteten Erdbebenkatalog von Prof. Dr. Ludwig Ahorner (Ahorner, 1996) eine Ausnahmestellung zu. Der Vorzug des von Prof. Ahorner in langjähriger Tätigkeit permanent aktualisierten und am Maßstab geologisch-tektonischer Bedingungen verifizierten Erdbebenkataloges ist, dass von vorneherein aktuelle und historische Beben in einer einheitlichen Form durch Magnituden beschrieben werden. Diese Magnitudeneinträge (Lokalbebenmagnitude  $M_L$ ) sind Voraussetzung, um in probabilistischen Gefährdungsberechnungen aktuelle Modelle zur Beschreibung der seismischen Bodenbewegungen zur Anwendung bringen zu können.

Der Katalog von Ahorner unterscheidet sich von anderen magnitudenorientierten und publizierten Katalog dadurch, dass mit der Nahbebenmagnitude ein direkter Bezug zu den seismischen Registrierungen gegeben ist, während dessen die Momentenmagnitude  $M_W$  Herdlösungen voraussetzt, die nur in Ausnahmefällen bestimmt bzw. angegeben werden können, was inzwischen bei aktuellen Ereignissen immer öfter vorliegt. Er bietet zudem den Vorteil, dass mit ihm neuartige Konzepte der probabilistischen Gefährdungsanalyse umgesetzt werden können, die einen homogenen Daten-File auf Magnitudenbasis voraussetzen.

Um diese, insbesondere für das praktische Ingenieurwesen wertvollen Grundlagenarbeiten zu bewahren, war es erforderlich, die Arbeitsversion zu überarbeiten, zu vervollständigen und durch aktuelle Ereignisse zu ergänzen. Mit der Zielstellung, den Katalog in einer breiteren Form und Öffentlichkeit wirksam zu machen bzw. zur Verfügung zu stellen, konnte Prof. Ahorner gewonnen werden, an der Herausgabe seines Kataloges unter

Einbeziehung und Spiegelung anderer fortgeschrittener Katalogarbeiten mitzuwirken, wobei hier auch der magnitudenorientierte Katalog von Grünthal & Wahlström (2003) und seine Weiterführung hervorzuheben sind.

Der vorliegende Erdbebenkatalog gliedert sich in drei Teile:

- **Teil A – Grundlagen und Erläuterungen**, welche Hinweise zu Überarbeitung des Ahorner-Kataloges (Ahorner, 1996), dessen Ergänzung enthält sowie die verwendeten Regressionen zur Auffüllung der Magnituden,
- **Teil B – Erdbebenkatalog**, mit den Daten der Erdbeben selbst (s.a. Abb. 1.1 ●, ●) und
- **Teil C – Makroseismische Schütterkarten**, mit ausgewählten makroseismischen Schütterkarten (s.a. Abb. 1.1 ●) und zugehörigen Informationen, wie makroseismischen Beobachtungspunkten, Quelleninformationen und Schadensfotos sofern vorhanden.

In Teil A des Erdbebenkataloges wird auf die Entwicklung des Ahorner-Kataloges (Ahorner, 1996), die Vorgehensweise zu seiner Ergänzung und Kontrolle der Datensätze eingegangen (Abs. 3). Die verwendeten Regressionen werden vorgestellt sowie Hinweise zur Ermittlung bzw. Verwendung von Magnituden-Streubreiten gegeben (Abs. 3.5 ff.).

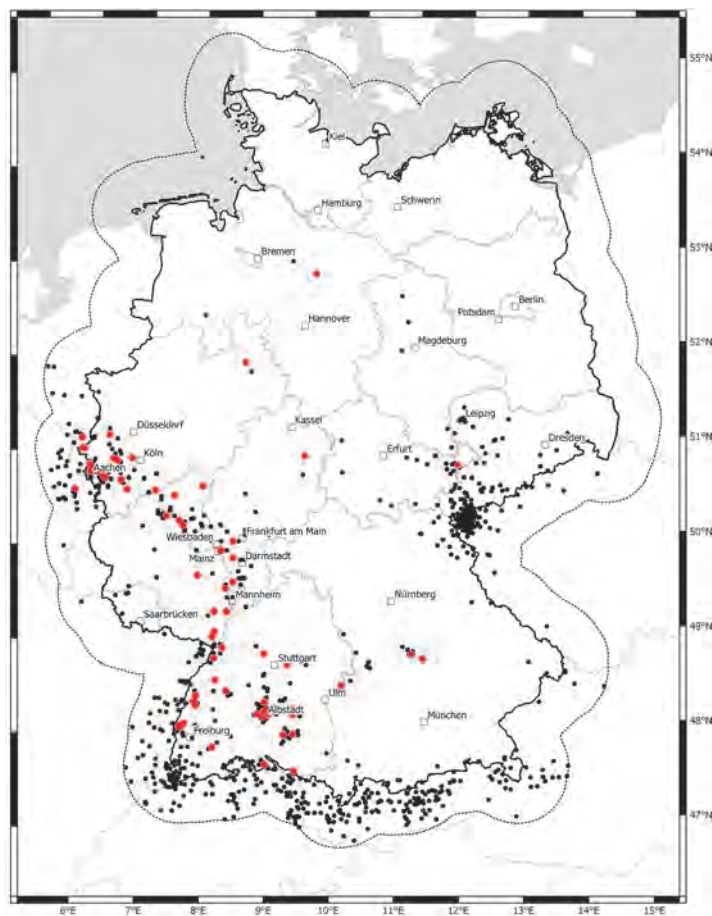


Abb. 1.1: Übersicht des vom Erdbebenkatalog EKDAG (●) abgedeckten Gebietes mit einem Puffer von 50 km und mit Kennzeichnung der Teil C näher behandelten Erdbeben (●)

---

## 2 Zur Entwicklung des Kataloges

### 2.1 Arbeiten von Prof. Ahorner-Katalog 1996

Bereits kurz nachdem Ludwig Ahorner 1960 seine langjährige Tätigkeit zunächst als Assistent später als Hauptobservator und schließlich als Leiter der Erdbebenstation der Universität zu Köln in Bensberg aufnahm, begannen auch seine ersten Arbeiten an einem Erdbebenkatalog. Naheliegendermaßen konzentrierten sich die Arbeiten stets insbesondere auf die Rheinlande gewissermaßen dem Kerngebiet seiner wissenschaftlichen Arbeit. Darüber hinaus wurde aber seine Katalogarbeit im Zuge der Forschungen zur Erdbebengefährdung auf ganz Deutschland und das benachbarte Ausland ausgedehnt.

#### 2.1.1 Frühe Manuskripte

Zunächst konzentrierte sich seine Tätigkeit in Bezug auf die noch nicht instrumentell registrierten historischen Erdbeben auf das Sammeln und Zusammentragen der erdbebenrelevanten Informationen aus den allgemein bekannten klassischen Erdbebenkatalogen von Sieberg (1940a) und Sponheuer (1952). Daneben erstreckte sich die Recherche aber auch auf Erdbebenkataloge aus dem benachbarten Ausland wie beispielsweise diejenigen von Perrey (1847) oder van Rummelen (1945) sowie auf Publikationen zu einzelnen historischen Erdbeben wie beispielsweise eine über das Erdbeben von St. Goar 1846 von Nöggerath (1847).

Erst später wurden von Ahorner aufgrund der erkannten Notwendigkeit, insbesondere bei wichtigen historischen Erdbeben auch die noch recherchierbaren zeitgenössischen Quellen zu untersuchen, eigenständige Forschungsarbeiten zu historischen Erdbeben angeregt und wissenschaftlich begleitet (u.a. Meidow, 1995).

Als erste Datenbasis für die jüngeren instrumentell registrierten Erdbeben dienten die von den europäischen Erdbebenstationen meist jährlich herausgegebenen Stations-Bulletins, in denen die Einsatzzeiten und Auswertungen der Registrierungen dokumentiert wurden. Über mehrere Jahre hinweg besuchte Ahorner selbst die besonders relevanten Stationen zum Beispiel in Straßburg, Göttingen oder Uccle, um persönlich die archivierten Registrierungen einer aktualisierten Auswertung zu unterziehen.

Besonderes Augenmerk lag bei allen Auswertungen auf einer sorgfältigen Bestimmung oder Abschätzung der Magnitude der untersuchten Erdbeben. Die Magnitude wurde von Ahorner stets als wesentlicher Parameter zur Beschreibung der Erdbebenstärke betrachtet. Gegenüber der Epizentralintensität beschreibt sie die tatsächliche Erdbebenstärke im unterirdischen Herd und nicht die Auswirkungen des Erdbebens im Epizentralgebiet an der Erdoberfläche. Die Auswirkungen an der Erdoberfläche zeigen abhängig von der Herdtiefe bei ansonsten gleicher Erdbebenstärke in der Regel sehr deutliche Unterschiede.

Insofern ist die Erdbebenmagnitude der deutlich besser geeignete Stärkeparameter, wenn es beispielsweise um die Untersuchung der Seismizitätsverteilung oder der Erdbebengefährdung an Standorten oder in Regionen geht.

Die Arbeiten an dem Erdbebenkatalog mündeten schließlich 1977 in ein teilweise handschriftliches und teilweise maschinengeschriebenes Manuskript „Erdbebenkatalog der Rheinlande und angrenzenden Gebiete von 1300 bis 1970“ (Ahorner, 1977). Das Manuskript war ursprünglich zum Druck in den Sonderveröffentlichungen des Geologischen Instituts Köln vorgesehen.

In der Abb. 2.1 ist eine Seite dieses Manuskripts über den Zeitraum Februar 1756 bis August 1759 wiedergegeben. Bei den handschriftlichen Eintragungen handelt es sich um später eingefügte Korrekturen und Ergänzungen.

Es finden sich Angaben zu Datum und Herdzeit und zum Epizentrum neben einer allgemeinen Ortsbeschreibung die geographischen Koordinaten in Dezimalgrad. Als Herdparameter werden die Herdtiefe ( $h$ ), die Magnitude ( $M$ ), die Epizentralintensität ( $I_0$ ) und die Distanz zum Ort der am weitesten entfernten makroseismischen Beobachtung ( $R_{max}$ ) aufgeführt. Die makroseismische Magnitude wurde in der Regel wahrscheinlich unter Heranziehung von Sponheuer (1962) bestimmt oder auf der Basis der angegebenen Epizentralintensitäten abgeschätzt. In der letzten Spalte befinden sich allgemeine Bemerkungen und die Quellenangaben zu dem entsprechenden Erdbeben.

Die handschriftlichen Änderungen dokumentieren, dass Ahorner auch nach Fertigstellung des Manuskriptes an dem Erdbebenkatalog weitergearbeitet hat.

Datum und Herdzeit	Epizentrum Lat. Long.	h (km)	M ( $M_L$ (maxim.)	$I_0$	R max (km)	Bemerkungen und Quellenangaben
13/14. Febr. 1756 B 3 16 <sup>h</sup> , 3 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup>	Nordabfall der Eifel, bei Düren 56°31.0'N 6°10.0'E 50.8°N 6.3°E	-	$M_L = 4.5 ?$ 4	[V]	100	verspürt bis Lüttich, Köln, Düsseldorf und Dortmund (100km) (Sie)
18. Februar 1756 B 3 8 <sup>h</sup>	Nordabfall der Eifel, bei Düren (2. Hauptbeben) 50°48'N 6°28'E 56°31.0'N 6°28.0'E	<del>24-25</del> h = 16 km h = 16 km	6 $M_L = 6.2 \pm 0.2$	8 [V]	460 $R_{max} = 460$ km	2 Tote in Aachen; Bildung von Bodenspalten bei Hürtgen; leichte Gebäudezerstörungen im Gebiet zwischen Aachen, Jülich, Düren und Zulpich; <del>Haupt</del> Schadensgebiet reicht bis Namur, Wesel und Koblenz (100-120km); verspürt bis Magdeburg (390km), Halle (390km), Heilbronn (270km), Strasbourg (270km), Paris (370km), Rouen (420km) und London (460km). Karten bei Sieberg (1940, Abb. 18 u. 19); Herdtiefe nach Sponheuer (1958): h = 11-25 km F = 275-900 km <sup>2</sup> , R = 300km (Per, Nög, Lanc, Sie, Rum, Vis) zahlreiche Nachbeben bis Ende Mai 1957
11. August 1758 B 3 10 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup>	Nordabfall des Hohen Venn, bei Aachen (50.8°N 6.1°E) 56°32.0'N 6°09.0'E	-	$M_L = 4.2 ?$ 4	[N]	90	Hauptstoß eines vom 17. Juni bis 15. September dauernden Erdbebenschwarmes; verspürt bis Duisburg (90km) (Sie)
23. August 1759 B 3 4 <sup>h</sup> 45 <sup>m</sup>	Nordabfall des Hohen Venn, bei Aachen (4) 50.8°N 6.1°E 56°38.0'N 6°09.0'E	-	$M_L = 4.5 \pm 0.1$ f- (4 1/2)	7	120	Hauptstoß eines vom Juni bis Dezember 1759 dauernden Erdbebenschwarmes; Schäden in Aachen; verspürt bis Jülich, Spa, Maas-tricht und Mecheln (120km) (Lanc, Sie, Rum, Vis)

Abb. 2.1: Handschriftliche Arbeiten zum Erdbebenkatalog Ahorner (1977)

Die Angaben zum Epizentrum wurden durch UTM-Koordinaten (Universal Transverse Mercator, Rechtswert (Longitude) und Hochwert (Latitude) in m) ergänzt. Bei stärkeren Erdbeben wurden die Schüttergebietsfläche ( $F$ ) der Schütterradius ( $R$ ) und die Isoseistenradien ( $r_x$ ) ermittelt und ergänzt.

Im Beispiel des Erdbebens von Düren 1756 mit  $F = 320\,000\text{ km}^2$ ,  $R = 320\text{ km}$ ,  $r_6 = 68\text{ km}$  und  $r_{7-8} = 15.5\text{ km}$ . Darüber hinaus wurden die Magnitudenangaben auf Grundlage der von Ahorner (1983) selbst hergeleiteten Bestimmungsformel präzisiert.

Die kontinuierliche Weiterentwicklung des Erdbebenkataloges zeigt sich insbesondere auch darin, dass selbst die handschriftlichen Ergänzungen noch weitergehenden Korrekturen unterzogen wurden.

### 2.1.2 Datenfile mit Bearbeitungsstand 1996

Mit zunehmender Verbreitung der ersten Einzelplatz-Rechner Ende der 70er und Anfang der 80er Jahre bot sich die Möglichkeit, einen EDV-gestützten Erdbebenkatalog zu erarbeiten. Aus diesen ersten textbasierten „Datenbanken“ konnten mit Hilfe von teilweise von Ahorner selbst oder den Mitarbeitern an der Erdbebenstation Bensberg geschriebenen einfachen Programmen Katalogauszüge nach verschiedensten Auswahlkriterien generiert werden. Die wissenschaftliche Arbeit mit den Erdbebenkatalogen wurde wesentlich vereinfacht. Insbesondere wegen der zunehmenden Bedeutung der Katalogdaten für die an der Erdbebenstation Bensberg betriebenen Erdbebenrisikoforschung wurde neben einem Datensatz für das Rheinland „ER“ ein weiterer Datensatz für Deutschland und seine Randgebiete „ED“ angelegt.

Aufgrund des nur eingeschränkt vorhandenen Speicherplatzes und des auf 80 Zeichen pro Textzeile begrenzten Formates war mit dem Umstieg auf ein EDV-Format aber auch eine nicht zu vernachlässigende Reduktion der Informationsdichte verbunden. Zusätzliche Bemerkungen und Kommentare sowie ausführliche Quellenangaben konnten beispielsweise nicht übernommen werden.

In der Abb. 2.2 ist als Beispiel ein Ausdruck aus dem EDV Erdbebenkatalog für das Rheinland „ER“ über die Jahre 1223 bis 1756 abgebildet. Gespeichert wurden die Daten in dem in der zweiten Zeile wiedergegebenen Format. Angegeben sind:

- das Datum (JJJJ MM DD) und die Herdzeit (HH MM SS.S) bis zur Zehntelsekunde,
- die UTM-Koordinaten (RRR.R HHHH.H) des Epizentrums mit einer Qualitätsangabe (Q) für die Genauigkeit,
- die Herdtiefe (TT.T) in km ebenfalls mit einer Qualitätsangabe (Q) für die Genauigkeit,
- die Lokalbeben-Magnitude (M.M) mit vorangestelltem Stern sofern diese makroseismisch bestimmt wurde,
- die Epizentralintensität (I.I),
- der Radius für die Isoseiste VI (R6),
- der Schüttergebietsradius (R2R).

Datum		Herdzeit			Epizentrum			Tiefe			Mag Int			Gebiet			Code
JJJJ	MM	DD	HH	MM	SS.S	RRR.R	HHHH.H	Q	TT.T	Q	M.M	I.I	R6	R2R	AA	EEEEEEEEEEEEEE	CCT
1223	01	11	06	00	00.0	347.4	5633.7	0	00.0	0*4.5	7.0	00	070	00		KOELN	24T
1349	00	00	00	00	00.0	312.1	5634.7	0	00.0	0*5.0	7.0	00	000	00		JUELICH	22T
1395	06	11	03	00	00.0	325.0	5653.0	9	00.0	0*5.0	5.0	00	200	00		NIEDERRHEIN ?	21T
1456	08	26	02	00	00.0	271.0	5627.0	9	00.0	0*5.5	7.5	00	300	00		MAASTRICHT ?	23T
1531	07	12	00	00	00.0	304.0	5695.0	9	00.0	0*4.8	7.0	00	000	00		VENLO ?	21T
1563	03	22	00	00	00.0	270.0	5688.0	9	00.0	0*4.5	6.5	00	000	00		WEERT	21T
1640	04	04	03	15	00.0	331.0	5630.0	9	00.0	0*5.4	7.5	00	210	00		DUEREN	22T
1673	02	19	00	00	00.0	373.0	5611.0	9	00.0	0*4.5	7.0	00	075	00		ROLANDSWERTH	42T
1690	12	18	17	30	00.0	303.0	5631.0	9	00.0	0*5.1	7.0	00	200	00		AACHEN	23T
1699	04	22	00	00	00.0	276.0	5666.0	9	00.0	0*4.0	6.5	00	030	00		MAASEYCK	23T
1714	01	13	22	00	00.0	268.0	5639.0	9	00.0	0*4.3	7.0	00	090	00		MAASTRICHT	23T
1755	12	26	16	00	00.0	310.0	5631.0	9	13.0	0*5.1	6.5	00	120	00		GRESSENICH	22T
1755	12	27	00	00	00.0	306.1	5631.2	9	18.0	5*5.8	7.0	24	226	01		ESCHWEILER	22T
1755	12	27	03	00	00.0	306.1	5631.2	9	14.0	9*5.0	5.5	00	110	00		ESCHWEILER	22T
1755	12	27	09	00	00.0	308.1	5621.9	9	14.0	0*3.0	5.0	00	018	00		VICHT	23T
1756	01	26	04	00	00.0	313.0	5625.5	9	14.0	9*4.8	5.0	00	070	00		GRESSENICH	22T
1756	02	13	16	30	00.0	313.0	5625.5	9	14.0	9*4.5	4.0	00	060	00		GRESSENICH	22T
1756	02	14	03	30	00.0	313.0	5625.5	9	14.0	9*4.4	4.0	00	050	00		GRESSENICH	22T
1756	02	18	08	00	00.0	313.0	5625.5	9	14.0	5*6.1	8.0	56	324	02		GRESSENICH	22T
1756	02	18	09	20	00.0	313.0	5625.5	9	14.0	9*4.1	0.0	00	067	00		GRESSENICH	22T
1756	02	19	06	00	00.0	313.0	5625.5	9	14.0	9*4.9	4.5	00	092	00		GRESSENICH	22T

Abb. 2.2: Auszug aus dem Datenfile des Erdbebenkatalogs Ahorner (1996)

In den letzten Spalten befanden sich Angaben zur Anzahl der Einzel- bzw. Hauptstöße (AA), zum Herdgebiet (EE...EE) zum seismologischen Gebiet entsprechend einer Entwurfseinteilung von Ahorner aus dem Jahre 1980 (CC) und zum Erdbebetyp (T).

### 2.1.3 Datenfile mit Bearbeitungsstand 1998 – 2003

Unsichere Daten wurden in späteren Versionen dieser Datei durch ein Fragezeichen in den noch vorhandenen freien Spalten gekennzeichnet. Die Dateien wurden bis 1997 von Ahorner kontinuierlich ergänzt und weitergeführt. Neue Erkenntnisse zu historischen Erdbeben wurden eingearbeitet. Etwa ab 1997 wurde die Aktualisierung des Erdbebenkataloges auf Ereignisse von regionaler Bedeutung beschränkt.

## 2.2 Fortführung der Arbeiten

Mit Start der umfangreichen Arbeiten an dem hier vorliegenden ingenieurseismologischen Erdbebenkatalog begann Ludwig Ahorner sich erneut intensiv mit seinem Katalog und den zugrundeliegenden Basisdaten zu beschäftigen. Zahlreiche von ihm ausgehende Hinweise und Anregungen zum Datenformat, zum Inhalt und zu notwendigen Neubearbeitungen und Neubewertungen einzelner Erdbeben führten zu einer nicht unerheblichen Verbesserung der Datenqualität. 2007 wurde er viel zu früh aus dieser Arbeit herausgerissen.



Den Ausgangspunkt für den hier vorliegenden Erdbebenkatalog für Deutschland und angrenzende Gebiete EKDAG (Version 2.2) bildet der in einer unveröffentlichten Rohfassung zur Verfügung gestellte Erdbebenkatalog von Prof. Ahorner (**Ah96**) (s.a. Abb. 2.3). Dieser sogenannte „Ahorner-Katalog“ wurde in der Vergangenheit einer Vielzahl seismologischer Standortuntersuchungen in Deutschland zugrunde gelegt. Die Daten des Ahorner-Katalogs decken schwerpunktmäßig den westlichen Bereich Deutschlands ab.

### 2.2.1 Einarbeitung weiterer Erdbebenkataloge

Die Bearbeitung einer für die Veröffentlichung ausgereiften Fassung des Kataloges EKDAG V1.0 war von Anfang an in mehreren Phasen vorgesehen. In der ersten Phase wurde der Ahorner-Katalog überarbeitet und durch aktuelle Ereignisse ergänzt. Im Einzelnen wurden folgenden Bearbeitungsschritte durchgeführt:

- Vergleichende Prüfung des Ahorner-Katalogs (**Ah96**) anhand der publizierten Kataloge von Grünthal & Wahlström (**GW03**) sowie Leydecker (**Ley04**, **Ley05** und **Ley06**). Fehlende Erdbeben wurden ergänzt durch Einträge aus den genannten Katalogen (s.a. Tabelle 2.1, Abb. 2.4, Abb. 2.5).
- Inhaltliche Überarbeitung, Ergänzung und Prüfung des Erdbebenkatalogs. Primär wurden die Daten aus dem Ahorner-Katalog übernommen und sekundär durch die Angaben aus anderen Quellen ergänzt oder korrigiert.

*Tabelle 2.1: Ergänzungen der Daten anhand weiterer Erdbebenkataloge*

Katalog	Erdbebendaten (in EKDAG V1.0)			Quelle	Abbildung
	Zeit	$M$	$I_{0,max}$		
Ausgangskatalog					
<b>Ah96</b>	1092 – 1999	0 – 6.1	VIII (8.0)	Ahorner (1996)	Abb. 2.3
Ergänzung / Austausch der Datensätze durch					
<b>GW03</b>	1301 – 1993	3.5 – 6.6	IX (9.0)	Grünthal & Wahlström (2003)	Abb. 2.5
<b>Ley04</b>	1080 – 2003	0 – 5.4	VII-VIII (7.5)	Leydecker (2004, 2005, 2006)	Abb. 2.5
<b>Ley05</b>	1908; 1937;	2.6 – 5.4	VI (6.0)		
<b>Ley06</b>	2004 1394; 2005	3.5 – 6.1	VIII (8.0)		
<b>Ale94</b>	801 – 1249	–	VII-VIII (7.5)	Alexandre (1994)	Abb. 2.5
Vergleich mit					
ECOS02				Swiss Seismological Service (2002)	

- Korrekturen wurden nur dann vorgenommen, wenn eindeutige Hinweise vorliegen, dass die Daten im ursprünglichen Ahorner-Katalog nicht mehr dem aktuellen Stand entsprechen. Die inhaltliche Überarbeitung konzentriert sich auf die folgenden Punkte:
  1. Überprüfung der Magnituden- und Intensitätsangaben;
  2. Einarbeitung von veröffentlichten und unveröffentlichten Neuinterpretationen zu historischen Erdbeben (u.a. Alexandre, 1994);
  3. Einarbeitung von veröffentlichtem und unveröffentlichtem Material zu jüngeren Beben (u.a. Schwarz *et al.* (2005), s.a. Tabelle 2.2);
  4. Ergänzung um Ereignisse nach 1996 (bis 2005);
  5. Ergänzung um Ereignisse außerhalb des ursprünglichen Bearbeitungsgebietes.

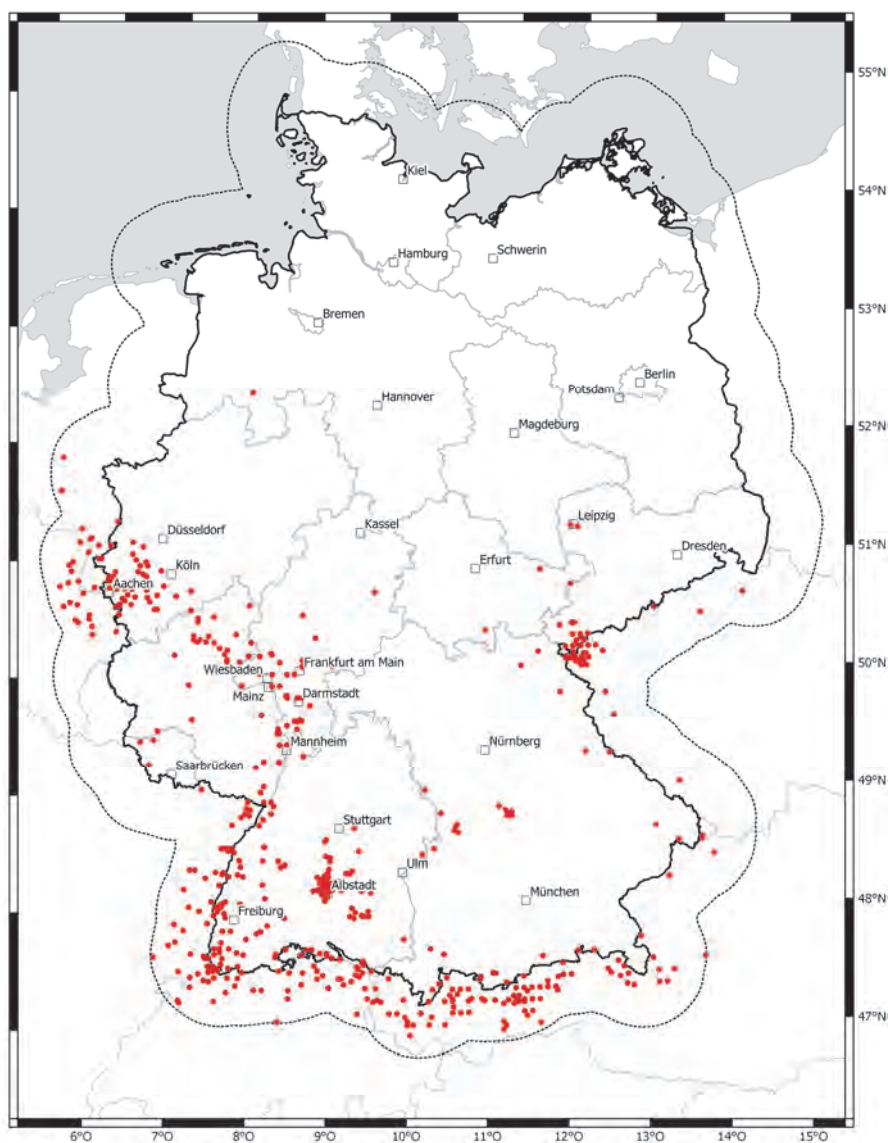


Abb. 2.3: Daten im Erdbebenkatalog EKDAG V1.0 mit Quelle Erdbebenkatalog Ah96 (Ahorner, 1996)

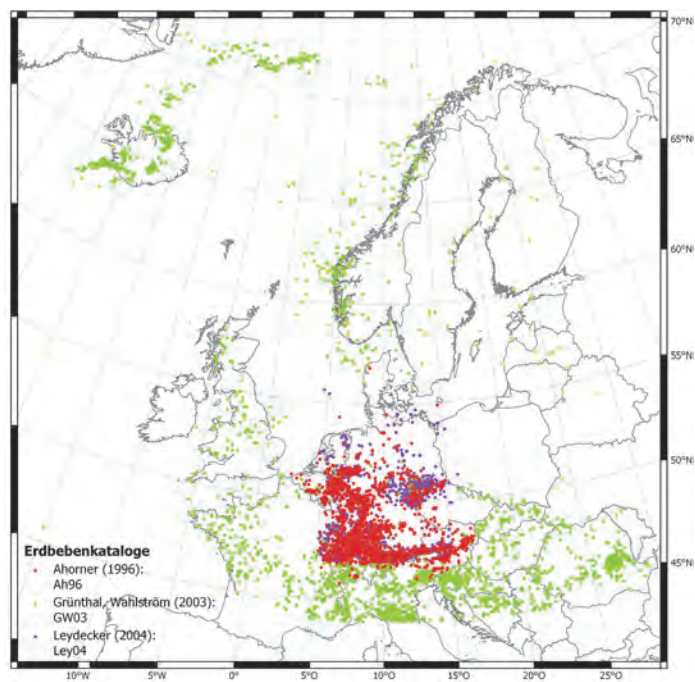


Abb. 2.4: Daten und abgedecktes Gebiet der Ausgangskataloge *Ah96* (Ahorner, 1996), *GW03* (Grünthal & Wahlström, 2003) und *Ley04* (Leydecker, 2004)

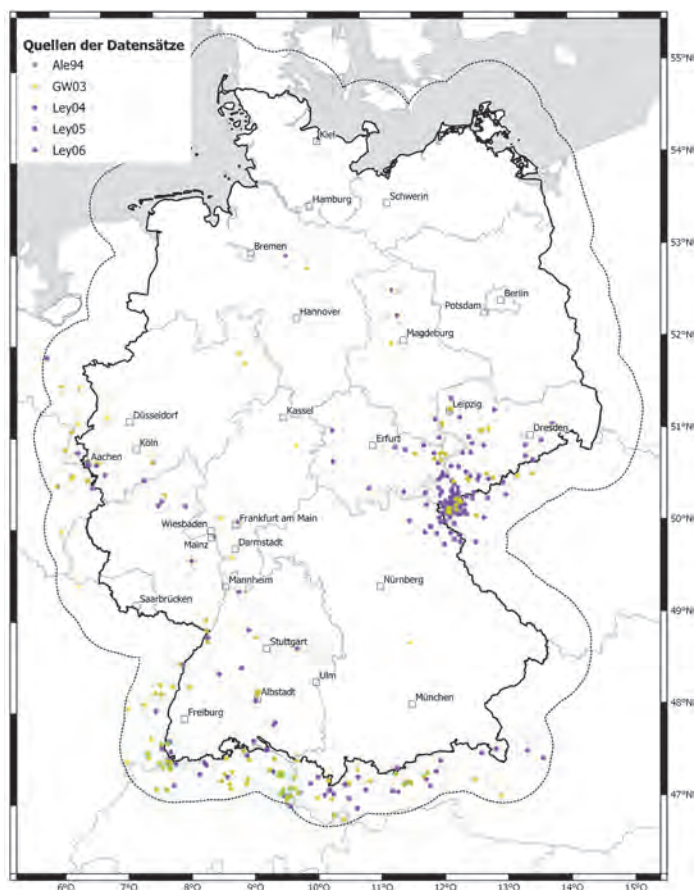


Abb. 2.5: Daten enthalten im Erdbebenkatalog EKDAG mit Quelle *GW03* (Grünthal & Wahlström, 2003); *Ley04* bis *Ley06* (Leydecker, 2004, 2005, 2006); *Ale94* (Alexandre, 1994)

## 2.2.2 Reinterpretation und Neubewertungen von historischen Erdbeben

Die folgende Tabelle 2.2 fasst die wichtigsten Autoren zusammen die zur Ergänzung, Neubewertung und Überprüfung der Kenngrößen des Erdbebenkataloges (s. Teil B) herangezogen wurden.

*Tabelle 2.2: Autoren und Kürzel\* der verwendeten Publikationen zur Neubewertung und Überprüfung der Datensätze*

Ahorner, L. (2006)	Ah	Hinzen, K.; Oemisch, M. (2001)	HOe01
Ahorner, L.; Henger, M.; Leydecker, G. (Ed.) (1987)	Ah87	Kunze, T. (1986)	Kun86
Ahorner, L. (1994)	Ah94	Meidow, H. (1995)	Mei95
Ahorner, L. (1998)	Ah98	Meidow, H. (1998a)	Mei98a
Ahorner, L. (2003)	Ah03	Meidow, H. (1998b)	Mei98b
Alexandre, P. (1990)	Ale90	Meidow, H. (2001)	Mei01
Alexandre, P. (1994)	Ale94	Meidow, H. (2003)	Mei03
Ahorner, L.; Pelzig, R. (1983)	AP83	Meidow, H. (2006)	Mei06
Ahorner, L.; Pelzig, R.; Melchior, P. (Ed.) (1985)	AP85	Meier, R.; Grünthal, G. (1992)	MG92
Amstein, S.; Schwarz, J. (2004)	AS04	Neunhöfer, H.; Grünthal, G. (1995)	NG95
Fischer, J.; Grünthal, G. (1996)	FG96	Rothé, J. P.; Schneider, G. (1968)	RS68
Fischer, J.; Grünthal, G.; Schwarz, J. (2001)	FGS01	Schwarz, J.; Amstein, S.; Golbs, C.; Grünthal, G. (2005)	SAG+05
Grünthal, G.; Fischer, J. (1998)	GF98	Schneider, G. (1977)	Schn77
Grünthal, G.; Fischer, J. (1999)	GF99	Schwarzbach, M. (1951)	Schw51
Grünthal, G.; Fischer, J. (2002)	GF02	Sieberg, A. (1937)	Sie37
Gisler, M.; Fäh, D.; Schibler, R. (2004)	GFS04	Sieberg, A. (1940)	Sie40a
Grünthal, G. (2005)	Gru05	Sponheuer, W. (1952)	Spo52
Grünthal, G.; Schwarz, J. (2001)	GS01	Sponheuer, W. (1958)	Spo58
Haessler, H.; Hoang-Trong, P.; Schick, R.; Schneider, G.; Strohbach, K. (1980)	Hae80	Swiss Seismological Service (2009): Erdbebenkatalog ECOS-09	ECOS09, SED
Hiller, W. (1936)	Hil36a	Turnovsky, J.; Schneider, G. (1981)	TS81

\* Verwendung in den Teilen B und C

### 2.2.3 Bearbeitungsphasen von EKDAG V1.1 bis V2.1

Arbeiten an einem Erdbebenkatalog sind als dynamischer Prozess aufzufassen und somit stets nur in einem vorläufigen Stand (hier bezeichnet als Version) abgeschlossen. Der Bedarf der Überarbeitung steht nicht zuletzt in Verbindung zur aktuellen, natürlich nicht abgeschlossenen Erdbebentätigkeit und der chronologischen Fortschreibung durch Aufnahme und Komplettierung der Ereignislisten selbst. Im Bestreben um eine Harmonisierung der Katalogeinträge mit den Ergebnissen anderer Forschergruppen war es für die Arbeiten an EKDAG unverzichtbar, auf entsprechende Forschungsprojekte und Publikationen zu reagieren (vgl. Abb. 3.6 bzw. Tabelle 3.2). Von besonderer Bedeutung waren dabei die Arbeiten zu den Erdbeben in den angrenzenden Ländern (also in der 50 km „Pufferzone“ und darüber hinaus), und die neubewerteten bzw. als „fakes“ identifizierten Ereignisse.

Diese führte für EKDAG zu verschiedenen Zwischen-Versionen, die im Zeitfenster der Versionen 1.0 bis 2.1 im Internet bereitgestellt wurden und somit letztlich auch eine stets aktuelle Datengrundlage für konkrete Anwendungsaufgaben gewährleisteten. Der Prozess der kontinuierlichen Katalogbearbeitung spiegelt sich in den Versionen V1.1 und V1.2 (2012); V2.0 (2014) und V2.1 (2015) wider. Im Zuge dieser Überarbeitungen wurden auch der Umfang der im GIS-Format reproduzierten makroseismischen Karten (Teil C) deutlich erweitert. In diesem Zusammenhang wurden auch die Epizentren-Koordinaten überprüft und die relevanten makroseismischen Befunde am Maßstab der Intensitätsindikatoren der EMS-98 bewertet

### 2.2.4 Struktur EKDAG V2.2 (erweiterter Ahorner-Katalog)

Der Erdbebenkatalog EKDAG V2.2 umfasst Ereignisse im Zeitraum von 880 bis 2013.

Der Erdbebenkatalog gliedert sich weiterhin in drei Teile:

- **Teil A – Grundlagen und Erläuterungen,**
- **Teil B – Erdbebenkatalog** und
- **Teil C – Makroseismische Schütterkarten.**

Der eigentliche Katalog (Teil B) beinhaltet tektonische Erdbeben aus Deutschland und angrenzenden Gebieten unter einer der Bedingungen:

- |  |   |              |   |                      |
|--|---|--------------|---|----------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>M_L \geq 3.5</math></li> <li>- <math>M_W \geq 3.5</math></li> <li>- <math>I_0 \geq V (5.0)</math></li> <li>- Datensatz [Ah03]</li> <li>- Element im ursprünglichen Ahorner-Katalog [Ah96].</li> </ul> | } | Druckfassung | } | „Erweiterte Version“ |
|--|---|--------------|---|----------------------|

Unter „angrenzenden Gebieten“ ist ein 50 km breiter Gebietsstreifen jenseits der Landesgrenze zu verstehen.

Induzierte Ereignisse aus u.a. Bergbau, Sprengungen o.ä. sind nicht erfasst.

Folgende Parameter sind im Katalogteil B für die jeweiligen Datensätze, sofern bekannt bzw. bestimmbar, enthalten (s. Teil B):

ID	ID	Nummer des Datensatzes
Datum	y	Jahr
	m	Monat
	d	Tag
Herdzeit	h	Stunde
	min	Minute
Koordinaten	Lon	Longitude (geogr. Länge in Dezimalgrad)
	Lat	Latitude (geogr. Breite in Dezimalgrad)
Herdtiefe	$h_0$	in km
Magnituden	$M_L$	Lokalbeben-Magnitude Typ ( <b>i</b> – <b>instrumentell</b> ; m – makroseismisch; r – regressiv; – <i>unbekannt</i> )
	$\Delta$	Streuung der Magnitude ( $\pm 1\sigma$ )
	Ref. $M_L$	Referenz bzw. Bezug der Magnitudenbestimmung (Autor; Gleichung)
	$M_W$	Momenten-Magnitude Typ ( <b>i</b> – <b>instrumentell</b> ; m – makroseismisch; r – regressiv; – <i>unbekannt</i> )
Magnituden	$\Delta$	Streuung der Magnitude ( $\pm 1\sigma$ )
	Ref. $M_W$	Referenz bzw. Bezug der Magnitudenbestimmung (Autor; Gleichung)
	$I_0$	Epizentralintensität (unsichere Epizentralintensität)
Schüttterradius	$I_{\text{obs}}$	© makroseismische Schütterkarte im Teil C des Kataloges
	$R_f$	Fühlbarkeitsradius des Erdbebens in km
Ortsangabe	Ort	allgemeine Ortsbeschreibung zur Lage des Epizentrums
Datenquelle	Quelle	aktuelle Datenquellen zum entsprechenden Erdbeben [Erdbebenkatalog - Ausgangsquelle]

Die im Katalog aufgeführten Erdbebenparameter orientieren sich an den grundlegenden Anforderungen hinsichtlich probabilistischer und deterministischer seismischer Gefährdungsanalysen sowie darauf aufbauender Forschungsvorhaben oder Anwendungs-aufgaben. Alle Erdbeben sollen bezüglich Zeitpunktes, Ort und Stärke eindeutig definiert werden. Damit ergeben sich die nachfolgende Struktur und Formatierung der Datensätze (s.a. Teil B – Erdbebenkatalog).

## 3 Aufbereitung der Katalogeinträge

### 3.1 Katalogzusammenführung in EKDAG V1.0

#### 3.1.1 Hierarchie der Erdbebenkataloge in der Bearbeitung

Im Zuge der Aufbereitung des Ahorner-Kataloges Ah96 (Ahorner, 1996) bestand die Notwendigkeit, diesen auf einen aktuellen Stand zu bringen sowie Erdbeben aus entsprechenden Katalogen nach 1999 zu ergänzen bzw. abzugleichen (s.a. Ahorner *et al.* 2006). In EKDAG V1.0 wurde folgende Hierarchie bzw. Abfolge zur Ergänzung des Ahorner-Kataloges gewählt (s. Abb. 3.1).



Abb. 3.1: Hierarchie der Erdbebenkataloge in der Bearbeitung  
(Reihenfolge für die Vervollständigung)

Zielstellung in EKDAG V1.0 war der Vergleich und das Einfügen der Datensätze der einzelnen verwendeten Kataloge. Als Ausgangspunkt dienten die Datensätze der Erdbebenkataloge von Ahorner (1996), Grünthal & Wahlström (2003) und Leydecker (2004). Im Zuge einer weiteren Ergänzung wurde der Katalog ECOS02 (Swiss Seismological Service, 2002) und CENEC (Grünthal *et al.*, 2009) zum Ermitteln von vorhandenen „fake events“ vor allem im Deutsch-Schweizerischen Grenzgebiet herangezogen. Weiterhin wurden die Kataloge von Leydecker (2005), Leydecker (2006) und Alexandre (1994) verwendet.

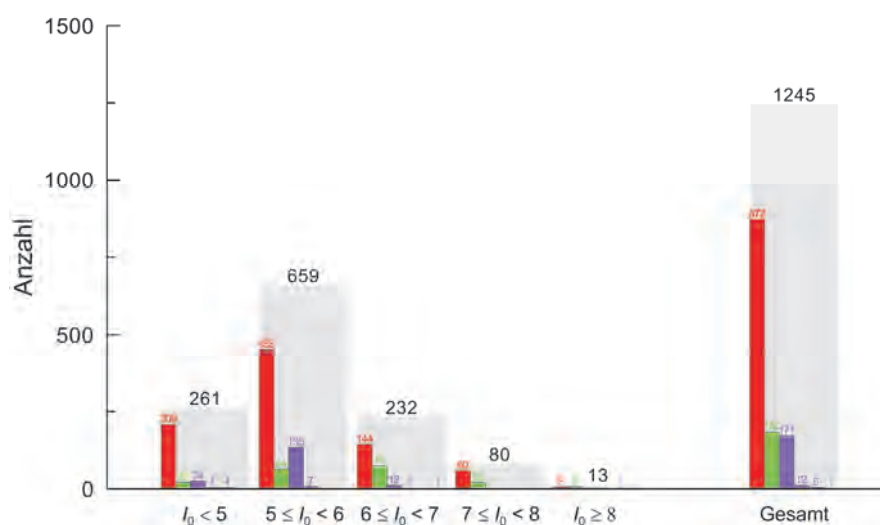


Abb. 3.2: Enthaltene Datensätze im Erdbebenkatalog EKDAG V1.0 mit Unterscheidung der Ausgangskataloge Ah96, GW03, Ley04, Ley05, Ley06 und Ale94

Tabelle 3.1: Vorgehensweise der Datenergänzung (Kürzel s. Tabelle 2.1)

Hierarchie	Ah96	GW03	Ley04	ECOS02	EKDAG 2006	Ley05 Ley06 Weitere Quellen	EKDAG V1.0
Ah96	Org. Datensatz	↔					
GW03		+/o	↔				
Ley04			+/o	↔ keine Daten- ergänzung			
EKDAG 2006	Phase 1				o (pdf - Internet)	↔	
Ley05 Ley06 Weitere Quellen						+	↔/o
EKDAG V1.0	Phase 2						o (txt + Druck)
EKDAG V1.2 ff.	s. Abs. 2.2						

Erläuterung:

- + Ergänzung fehlender Datensätze (Kennzeichnung durch Herkunft aus Ausgangskatalog in Literaturquelle mit [Katalog-Kürzel])
- ↔ Vergleich der Datensätze
- o Änderung und Ergänzung nicht vorhandener Werte (Kennzeichnung durch Angabe der Quelle; bei Magnitude einzeln, ansonsten in Literaturquelle)

Die Erdbebenkataloge sind in eine MySQL-Datenbank importiert worden, um einen besseren Datenaustausch und Datenzugriff durchführen zu können. Ein Vergleich zwischen den Datensätzen und dadurch eine Verknüpfung zum originalen Datensatz sind somit auf einfache Weise herzustellen.

Nach Zusammenführung der genannten Kataloge wurden folgende Filter für die Katalogversion EKDAG V1.0 und für das Gebiet festgelegt:

- Lage innerhalb Deutschlands + 50 km Puffer,
- Tektonisches Ereignis,
- $M_L$  bzw.  $M_W \geq 3.5$ ,
- $I_0 \geq V(5.0)$ ,
- Datensätze; mit Priorität durch für die von Prof. Ahorner und den von den Autoren erstellten makroseismischen Schütterkarten (s.a. Teil C bzw. Anhang 1),