Erdbeben in der Niederrheinischen Bucht: Schadenerkundungsbericht über das Beben vom 13. April 1992

Autor(en): **Rast, Burkhard / Tinic, Serge / Walther, Erich**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **110 (1992)**

Heft 41

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-77968

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

ASIC-Artikelreihe: Neuzeitliche Aufgaben

Erdbeben in der Niederrheinischen Bucht

Schadenerkundungsbericht über das Beben vom 13. April 1992

Am 13. April 1992 ereignete sich in der Niederrheinischen Bucht ein Erdbeben mit Magnitude 5.5 bis 6. Das Epizentrum lag in der Nähe der Städte Roermond (NL) und Heinsberg (D). Auf Anregung der Schweizer Gruppe für Erdbebeningenieurwesen und Baudynamik besuchten die Autoren am 14. April das Schadengebiet mit dem Ziel, sich einen Überblick über Art und Ausmass der Schäden zu verschaffen und mögliche Folgerungen für die schweizerischen Verhältnisse zu ziehen. Dieser Schadenerkundungsbericht vermittelt einen Überblick über die ersten Erkenntnisse.

VON BURKHARD RAST, ZÜRICH, SENER TINIC, BADEN, ERICH WALTER, SCHAAN

Am 13. April 1992, um 03.20 Uhr Ortszeit, ereignete sich im Grenzgebiet zwischen den Niederlanden (Provinz Limburg) und Deutschland (Westfalen) ein heftiges Erdbeben, dessen Erschütterungen auch noch in einigen Orten Nordost-Belgiens sowie in den etwa 50 bis 100 km vom Epizentrum entfernten Grossstädten Köln, Bonn und Aachen Schäden anrichteten. Im Epizentralgebiet mit den Städten Roermond (NL) und Heinsberg (D) erreichte der Hauptstoss die makroseismische Intensität VII (MSK-Skala). Die Tabelle 1 enthält die mit dem Stationsnetz der Universität Köln (Bensberg) ermittelten vorläufigen Herddaten des Hauptstosses und der zwei stärksten Nachstösse des folgenden Tages.

Bei vergleichbaren Erdbeben betragen die maximalen Bodenbeschleunigungen im Epizentralgebiet in der Regel etwa 1.0 bis 1.5 m/s². Angaben über Beschleunigungsmessungen von diesem Ereignis liegen jedoch erst für eine Epizentraldistanz von rund 50 km vor, mit maximalen Bodenbeschleunigungen von 0.52 m/s². Die Dauer der verspürten Erschütterungen betrug rund 10 bis 15 Sekunden.

Aufgrund der ersten Informationen über das mögliche Ausmass der Auswirkungen und der relativ seltenen Gelegenheit, das Verhalten von Bauwerken mit ähnlicher Bauweise und Qualität wie in der Schweiz untersuchen zu können, besuchten die Autoren auf Anregung der Schweizer Gruppe für Erdbebeningenieurwesen und Baudynamik das Schadengebiet bereits einen Tag nach dem Ereignis. Die Erkundung umfasste das Epizentralgebiet und die Kölner Innenstadt. Sie hatte zum Ziel, im Sinne eines Überblickes Erfahrungen über das Verhalten von Bauwerken und Einrichtungen bei einem Erdbeben zu sammeln, das auch in der Schweiz durchaus möglich ist.

Im Gegensatz zu grösseren Schadenbeben und zu ähnlich starken Beben in weniger entwickelten Gebieten der Welt ergaben die Presseinformationen bereits am Tag nach dem Ereignis ein relativ gutes Bild von den wesentlichen Auswirkungen. Abgesehen von zahlreichen Absperrungen und herumliegenden Bruchstücken im Bereich von Gebäuden mit Kamin- oder Dachschäden sowie entsprechender Inspektions- und Reparaturarbeiten herrschte auf den ersten Blick bereits wieder ein weitgehend normales Leben. Die im Innern vieler, zum Teil abgesperrter Bauwerke hinterlassenen Spuren des Bebens konnten nur in Einzelfällen besichtigt werden, dürften aber einen erheblichen Teil des gesamten Schadens ausmachen.

Die vorläufige Bilanz des Erdbebens kann mit rund 40 bis 50 Verletzten durch herabfallende Trümmer in Heinsberg und Roermond und einem Sachschaden in der Grössenordnung von 200 Mio. Schweizer Franken beziffert werden. Zudem erlitten mehrere Personen beim Beben einen Nervenzusammenbruch, ein Kreislaufversagen oder einen Herzinfarkt (ein Todesfall).

Regionale Erdbebengefährdung

Die für die historische und heutige Erdbebentätigkeit Westeuropas verantwortlichen seismotektonischen Spannungsverhältnisse (Bild 1) werden charakterisiert durch SE-NW gerichtete Hauptdruckspannungen, welche in der Niederrheinischen Bucht SW-NE gerichtete Querzugspannungen mit entsprechenden Grabenbruchbildungen (normal faults) zur Folge haben [1, 2].

Das Erdbeben vom 13. April 1992 hat sein Epizentrum im nördlichen Teil dieser Grabenbruchzone, welcher als Roergraben bezeichnet wird (typischer Querschnitt siehe Bild 2). Im Vergleich zum südlichen Teil mit dem Überschneidungsbereich mit der Scherbruchzone von Brabant (Brabant strike slip zone) herrscht hier eine etwas geringere Seismizität. Das Epizentralgebiet gehört aber zur aktivsten Erdbebenzone der Niederlande [3], und das Ereignis vom 13. April 1992 ist das stärkste in dieser Zone seit über 200 Jahren.

Eine objektive Einstufung der regionalen Erdbebengefährdung ist mittels probabilistischer Gefährdungskarten möglich, wie sie z.B. auch als Grundlage für die Einteilung der Schweiz in vier Zonen gemäss Norm SIA 160 erarbeitet wurden [4]. Bild 3 zeigt einen Ausschnitt aus der Karte für Deutschland [5], aus der hervorgeht, dass im Raum Heinsberg – Roermond mit der statistischen Wiederkehrzeit von 1000 Jahren die Intensität VI.5 – VII.0 (MSK-Skala) auftritt. Lokale Untergrundeinflüsse müssen nach [5] noch durch einen Zusatzwert an der Intensität berücksichtigt werden. Dieser ist aber für Standorte im Epizentralgebiet des Bebens vom 13.

		Hauptstoss	*Nachstösse*	
Datum		13.4.1992	14.4.1992	14.4.1992
Zeit	GMT	01:20:02.5	01:07	01:36
	MESZ	03:20:02.5	03:07	03:36
Koordinaten		51°11' N 5° 55' E		
Herdtiefe		10 – 15 km		
Magnitude	M_L	5.5 bis 6	3.7	2.9

Tabelle 1. Vorläufige Herddaten

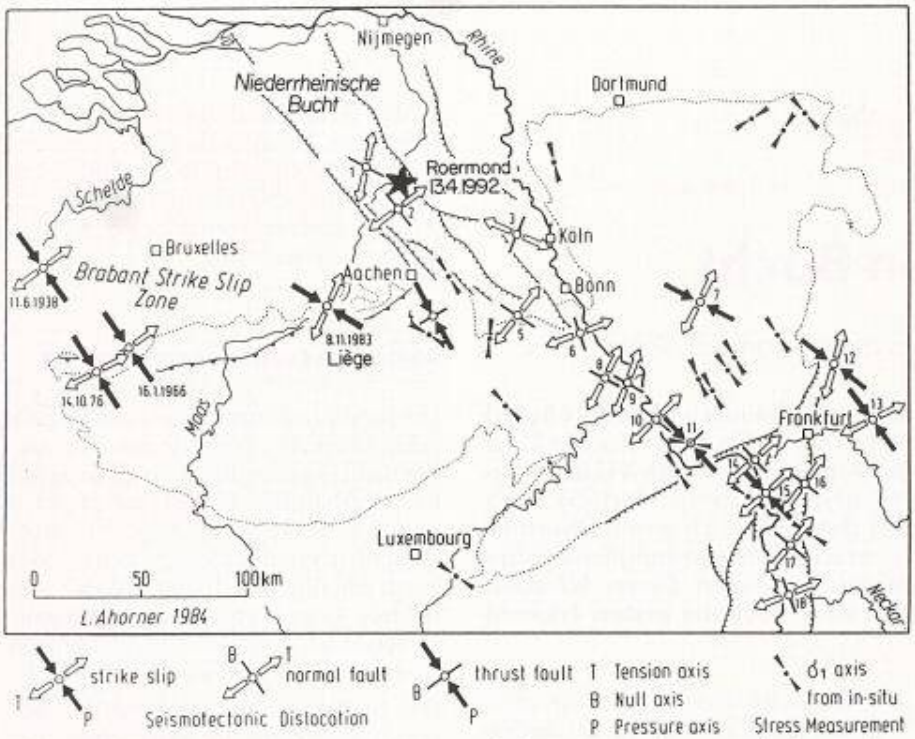

Bild 1. Seismotektonische Spannungsverhältnisse in der Niederrheinischen Bucht [2]

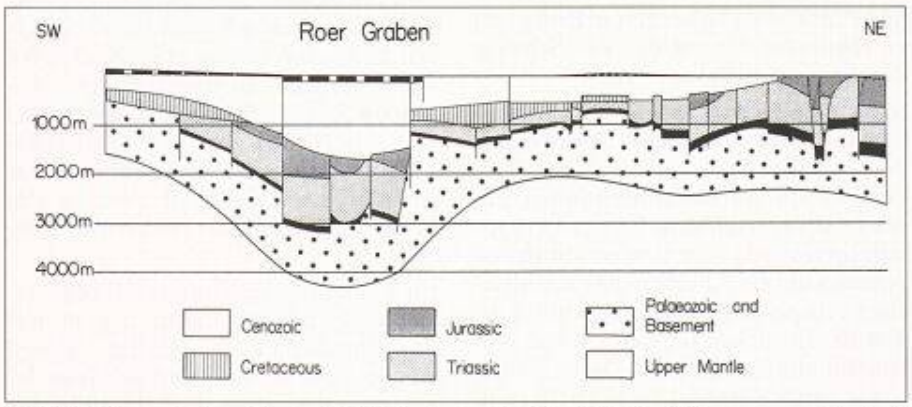

Bild 2. Schematischer Querschnitt durch das Herdgebiet des Bebens vom 13. April 1992: Bruchsystem des Roergrabens (nach [3])

April 1992 in der Regel deutlich kleiner als eine halbe Intensitätsstufe. Dieses Erdbeben kann also etwa als 1000-jährliches Ereignis eingestuft werden, was auch durch die Studie von De Crook [6] bestätigt wird.

Der Untergrund des Epizentralgebietes besteht nach [5] aus tertiären und quartären Ablagerungen (Kies, Sand, Schluff, Ton, Braunkohlen u.a.) mit einer Mächtigkeit von mehr als 200 m, ev. bis 1000 m. Aus dem Bild 2 geht hervor, dass das kristalline Gestein im zentralen Bereich des Roergrabens sogar von rund 3000 m mächtigen Sedimenten überdeckt ist. Die Bergbautätigkeit ist hier jedoch nicht grossflächig, und der Einfluss bergbaulich bedingter Erdbeben ist im Vergleich zu den tektonisch bedingten vernachlässigbar klein.

Schäden an Bauwerken

Erdbebennormen

Gemäss der heute gültigen deutschen Norm DIN 4149 [7] liegt die Stadt Heinsberg in der Erdbebenzone 3, welcher eine horizontale Bemessungsbeschleunigung von 0.65 m/s² zugeordnet wird, die je nach Bedeutung des Bauwerkes noch um 10 bis 30% abgemindert werden darf. Das Erdbeben vom 13. April 1992 hat diese Bemessungsbeschleunigung vermutlich erreicht oder überschritten, was auch für die Stadt Roermond und weitere Orte im Epizentralgebiet zutreffen dürfte. Die meisten der beobachteten Schäden sind aber wohl an Bauwerken aufgetreten, die den rechnerischen und konstruktiven Bestimmungen der heutigen

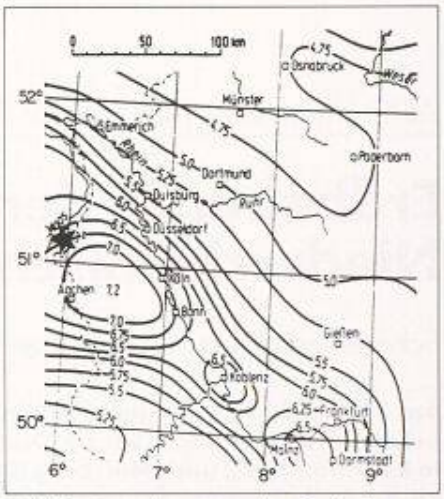

Bild 3. Ausschnitt aus der Erdbebengefährdungskarte für Deutschland nach [5]: Intensität (MSK-Skala, hier in arabischen Ziffern angegeben) für die mittlere Auftretenswahrscheinlichkeit von 10^{-3} pro Jahr. Das Sternsymbol gibt die Lage des Epizentrums vom 13. April 1992 an

Norm nicht genügen. Im übrigen sei auch auf die Änderungsvorschläge in [5] zu den Erdbebennormen hingewiesen (DIN 4149, Entwurf Eurocode 8).

Schäden im Epizentralgebiet

Die Bauwerksschäden konzentrieren sich auf die Stadt Roermond (rund 400 beschädigte Gebäude), die Heinsberger Stadtteile Oberbruch und Dremmen (rund 200 beschädigte Gebäude) und auf den zwischen diesen Städten liegenden Ort Herkenbosch (NL). Die Gebäude in den anderen Orten des Epizentralgebietes, insbesondere ein erheblicher Teil der Stadt Heinsberg, wurden vom Erdbeben vergleichsweise wenig beschädigt. Dies liegt möglicherweise an den lokalen Baugrundverhältnissen, über die aber vorderhand keine genügend genauen Informationen erhältlich waren. Erwähnenswert ist auch die Tatsache, dass beim Erdbeben keine Gebäude eingestürzt sind.

Die meisten Schäden sind an den älteren, ein- bis dreigeschossigen Mauerwerkbauten mit Giebeldächern entstanden, die in den Stadt- und Dorfkernen häufig aneinandergebaut wurden. Die Aussenwände dieser Gebäude sind oft zweischalig ausgebildet (tragende Mauer innen, Sichtmauer aussen). Als häufigste Schadentypen wurden beobachtet (Beispiele in Bild 4, 5 und 6):

- Kaminschäden, von Rissen bis zum Absturz
- Mauerwerkschäden, von lokalen Rissen bis zu Ablösungen, Aus- und Abbrüchen
- Dach- und Deckenschäden
- Schäden an Innenwänden in Form von Rissen und Abplatzungen.

Von den hallenartigen Bauwerken wurde nebst den Kirchen die Heinsberger Festhalle am stärksten beschädigt. Das im Jahr 1953 erstellte Rahmentragwerk (Stahlbeton mit Mauerwerkverkleidung der Stützen) enthält eine Innenstruktur aus Galerien und Mauerwerkwänden, die gegenüber den Rahmenstützen keine Bewegungsfugen aufweisen. Vor allem diese Innenwände und der Treppenaufgang zu den Galerien waren den Zwängungen aus den Bewegungen des Rahmentragwerkes nicht gewachsen und zeigten zahlreiche tiefe Risse sowie Abplatzungen (Bild 7).

Die für die Region aussergewöhnliche Heftigkeit des Erdstosses unterstreichen die starken Schäden am rund 700-jährigen Teil der Kirche in Herkenbosch.

Schäden ausserhalb des Epizentralgebietes

Erdbebenschäden an Bauwerken ereigneten sich auch in den Grossstädten entlang des Rheins. In Bonn, Dortmund und Köln zeigten sich bei mehreren Fassaden und Wänden (besonders von Hochhäusern) Risse. Im 29-stöckigen Abgeordnetenhochhaus im Regierungsviertel von Bonn fiel zudem eine herabgehängte Decke herunter.

An historischen Bauten, wie z.B. dem Aachener Rathaus, entstanden leichte Fassadenschäden, an den Kirchen im Erzbistum Köln traten insgesamt 25 Schadenfälle, meistens durch herabfallende Teile, auf. Am Kölner Dom lockerten sich fünf Kreuzblumen, eine Kreuzblume durchschlug dabei das Dach eines Seitenschiffes und zerstörte den Eisendachstuhl (Bild 8). Diejenigen Kölner Kirchen, die nach dem 2. Weltkrieg durch Querverstrebungen und Anker baulich gesichert worden waren, blieben ohne Erdbebenschäden. In Aachen stürzte ein grosser Teil der 2 m dicken Stadtmauer aus dem 13. Jahrhundert auf die Strasse.

Auswirkungen auf Einrichtungen und spezielle Anlagen

Versorgungseinrichtungen

Während das Erdbeben an Gebäuden vielerorts Schäden verursachte, kam es bei den Versorgungseinrichtungen in den betroffenen Gebieten nur zu geringfügigen Störungen. Einen örtlich begrenzten Stromausfall gab es im Heinsberger Stadtteil Unterbruch durch herabfallende Kaminteile, die die Leitungshalterungen aus der Verankerung gerissen hatten. In der Roermonder Altstadt fiel für eine Viertelstunde der Strom aus. Dort waren auch, wie andernorts in der Provinz Limburg, Teile des Telefonnetzes unterbrochen. Im Raum Heinsberg verursachte das Erdbeben zwar direkt keine Schäden bei den Telefonverbindungen, jedoch waren die Leitungen und der Notruf zu Polizei und Feuerwehr durch zahlreiche Anrufe teilweise blockiert.

Unbeschadet überstanden die Gasleitungsnetze und die Wasserversorgung die Erschütterungen. Durch den Erdstoss sprachen einige Schutzrelais an, die Gasversorgung war davon allerdings nur kurzzeitig betroffen. Nur in Köln war die Wasserversorgung für die Stadtteile rechts vom Rhein kurz unterbrochen. Brände wurden im Zusammenhang mit dem Erdbeben keine registriert.

Die Funktionstüchtigkeit der Krankenhäuser blieb offenbar uneingeschränkt erhalten.

Bild 4. Beispiel für Kamin- und Dachschäden im Stadtkern von Roermond

Bild 5. Beispiel für Mauerwerkschäden: teilweise abgebrochene Giebelwand in Roermond

Bild 6. Beispiel für Mauerwerkschäden: Ausbruch an älterem Wohnhaus in Oberbruch/Heinsberg

Verkehrswege und Transportsysteme

Im Zusammenhang mit dem Erdbeben vom 13. April 1992 sind keine Schäden an wichtigen Strassen, Eisenbahnlinien oder Flughäfen gemeldet worden. Auch die 4115 Brücken im Rheinland überstanden das Erdbeben aufgrund einer sofortigen ersten Überprüfung unbeschadet. Entlang der Maas bei Roermond entstanden beim Erdbeben meterbreite Risse in den offenbar locker gelagerten Uferböschungen, was auch Risse in einer ufernahen Nebenstrasse zur Folge hatte.

Einrichtungen in Wohn- und Geschäftsräumen

Die Art der aufgetretenen Schäden an den Einrichtungen in Gebäuden ist für ein solches Ereignis typisch: Vielerorts in der Niederrheinischen Bucht zerbrachen Glasscheiben, Möbelstücke wurden von der Stelle gerückt, Bilder fielen von der Wand oder freistehende Gegenstände kippten um. Besonders betroffen waren dabei die Lebensmittel- und Haushaltwarengeschäfte. Dort kippten die Waren aus den Regalen. In Roermond fiel für einen Tag eine von drei Druckereien einer Tageszeitung aus.

Produktionsanlagen

Das Erdbeben hat an den Gebäuden und Maschinen des im vorigen Jahrhundert gegründeten Akzo-Werkes in Heinsberg Schäden in Millionenhöhe verursacht. Die Anlage produziert Rayon-Textilfasern. Beim Erdbeben sind die hochsensiblen, elektronisch gesteuerten Maschinen nach wenigen Sekunden stillgestanden, Wasserrohre brachen, und nach dem Beben stand die

Bild 7. Schäden an Innenwand der Festhalle in Oberbruch/Heinsberg als Folge von Zwängungsbeanspruchungen

Bild 8. Schaden am Kölner Dom: Auf der Turmspitze rechts fehlt die Kreuzblume

Rayonproduktion unter Wasser. Eine Umweltbedrohung durch auslaufende chemische Substanzen bestand nach Werkangaben nicht. Die beiden Hochkamine der Anlage wurden beschädigt. Das obere Drittel des einen Schornsteins zeigte eine erhebliche Schieflage.

Beim niederländischen Werk «Chemie-Reus DSM» mussten sieben der 80 Betriebe vorderhand geschlossen werden. Auch die Papierfabrik Roermond erlitt Gebäudeschäden und Produktionsausfälle.

Kraftwerke

Eine Reihe von Braunkohlekraftwerken in Epizentraldistanzen von rund 40 bis 60 km wurde vorübergehend abgeschaltet, weil Schwingungen in Lagern auftraten, die die Anlagen hätten beschädigen können.

Der Block A des deutschen Kernkraftwerkes Biblis (Epizentraldistanz rund 230 km) wurde aufgrund einer Anzeige des Überwachungssystems nach dem Erdbeben vorsorglich abgeschaltet. Eine Inspektion der Anlage durch das Betriebspersonal und durch den Technischen Überwachungsverein Bayern als Gutachter der Aufsichtsbehörde ergab keinerlei Auswirkungen des Erdbebens auf die Anlage. Die durch das Beben verursachte Beschleunigung beträgt 0.06 bis 0.08 m/s². Beide Blöcke des Kernkraftwerks Biblis sind jedoch für erheblich höhere Bodenbeschleunigungen ausgelegt. Der Block A des Kernkraftwerks ist am 18. April 1992 wieder in Betrieb genommen worden. Der Block B von Biblis, wie auch die belgischen Kernkraftwerke Doel und Tihange, konnten vom Erdbeben unbeeinflusst durchgehend betrieben werden [8].

Mit der seismischen Anlageninstrumentierung des derzeit abgeschalteten Kernkraftwerkes Mülheim-Kärlich (Epizentraldistanz rund 130 km) wurden eine Freifeldaufzeichnung und zwei Aufzeichnungen im Reaktorgebäude registriert. Der maximale gemessene Beschleunigungswert lag bei 0.44 m/s² und damit ebenfalls weit unterhalb des Auslegungswertes für die Anlage. Die Überprüfung des Werkes ergab keinerlei Hinweise auf Schäden [9].

Talsperren

Die Stauanlagen an der Rur und ihren Zuflüssen aus dem Nordeifel-Gebiet (Epizentraldistanzen 50 – 80 km) wurden unmittelbar nach den Erdstössen kontrolliert. Alle Beobachtungen sowie kontinuierliche Messungen und zusätzliche Kontrollmessungen ergaben keinerlei Hinweise auf eine Gefährdung der Sperrenbauwerke.

Bergbauanlagen

Das Erdbeben hatte unter Tage keine schädigenden Auswirkungen. 120 Bergleute der Hückelhovener Zeche Sophia-Jakoba haben das Erdbeben in der Tiefe während der Durchführung von Reparatur- und Wartungsarbeiten erlebt. Der Eschweiler Bergwerks-Verein konnte in seinen Schächten und Stollen auch keine Schäden feststellen. Das Steinkohle-Abbaugebiet von Buggenum (NL) wurde jedoch vorübergehend stillgelegt.

Erste Erkenntnisse für die Schweiz

Mit einem ähnlichen Schadenbild, wie jenem des Erdbebens vom 13. April 1992 mit Epizentrum in der Nähe der Stadt Roermond, muss auch in der Schweiz gerechnet werden. Die Stärke dieses Ereignisses liegt etwas über dem Bemessungsbeben nach der Norm SIA 160 für die Gefährdungszone 1 (Mittelland und weitere Gebiete). Obwohl ein direkter Vergleich mit den Schweizer Verhältnissen (Art, Alter und Qualität der Bausubstanz, Baugrund) ohne stärkere Detaillierung nicht möglich ist, lassen sich doch die folgenden qualitativen Aussagen machen, die für die Schweiz durchaus von Bedeutung sein können:

Nichttragende Bauteile

Der Grossteil der Gebäudeschäden trat an nichttragenden Bauteilen auf, wie z.B. an herabgehängten Decken, Zwischenwänden, und besonders an Kaminen und Fassadenteilen, die durch ihren Absturz oft zusätzliche Schäden an Dächern und Autos verursachten. Viele Schäden dürften auf eine ungenügende Rückverankerung an die tragenden Bauteile zurückzuführen sein. Für die Kaminschäden waren wohl die Bauweise (hohe Schlankheit), die Qualität der Baumaterialien (mangelnde Festigkeit) und die Bauausführung verantwortlich.

Tragende Bauteile

Dank der guten Bauqualität (Material, Ausführung, Instandhaltung) hielten sich die Schäden an tragenden Bauteilen in engen Grenzen. An Mauerwerkswänden und Decken älterer Bauart traten Risse auf, aber die bei starken Erdbeben typischen Diagonalrisse konnten sich wohl als Folge der relativ kurzen Bebendauer nicht ausbilden. An Stahlbeton- und Stahltragwerken konnten keine Schäden beobachtet werden.

Baufugen

Eine Problemzone stellen die Baufugen zwischen aneinandergebauten Häusern und Anbauten dar. Die beobachteten Fugen zeugten oft von erheblichen Relativbewegungen, wobei die Anpralleffekte dank der in diesem Gebiet vorhandenen Bautypen mit ähnlichen Höhen, Steifigkeiten und Massen begrenzt blieben.

Verhalten hallenartiger und historischer Bauten

Im Epizentralgebiet wurden nur wenige Bauwerke angetroffen, die als erdbebenempfindlich zu bezeichnen sind. Derartige Gebäude haben denn auch prompt Schäden erlitten (Festhalle, Hochkamine). Besonders betroffen waren auch historische Bauwerke, wie z.B. Kirchen oder Ratshäuser, die auch noch in weiterer Entfernung zum Epizentrum beschädigt wurden. Die Anfälligkeit historischer Bauwerke hat sich übrigens beim Erdbeben bei Buchs (SG) vom 8. Mai 1992 erneut bestätigt (Schäden in Vaduz).

Hochhäuser

Von den vorhandenen Hochhäusern in Roermond sind keine nennenswerten Schäden bekannt. Auch in grosser Entfernung zum Epizentrum wurde aber noch von erheblichen Schwingungen von Hochhäusern berichtet.

Besondere Einrichtungen

Ein besonderes Augenmerk ist – wie die Erfahrungen im Heinsberger Akzo-Werk zeigen – auf spezielle Gebäude und deren Einrichtungen zu richten. Hier könnten kleine Ursachen eine grosse Wirkung haben.

Verhalten der Bevölkerung

Das Beben kam für die Bevölkerung völlig überraschend. Obwohl Heinsberg in der zweithöchsten Erdbebenzone 3 gemäss deutscher Baunorm [7] liegt, war niemand auf das Ereignis vorbereitet. Es brach zwar keine Panik aus, aber zahlreiche Menschen wurden durch herabfallende Bauteile verletzt, als sie aus ihren Häusern eilten. Die Idee von Informationskampagnen für «richtiges Verhalten bei Erdbeben» erscheint deshalb auch in Gebieten mit mässiger Seismizität als prüfenswert. Hätte sich das Erdbeben zufällig tagsüber ereignet, wären wahrscheinlich auch Todesopfer und wesentlich mehr Verletzte zu beklagen gewesen.

Verstärkungsmöglichkeiten

Eine Analyse der bei diesem Erdbeben beobachteten Schäden führt zum Schluss, dass sich oft durch relativ einfache Massnahmen die Gefährdung von Personen und grössere Schäden an Gebäuden vermeiden liessen. Ein- bis dreistöckige Wohn- und Geschäftshäuser mit einer älteren Bausubstanz aus Mauerwerk und historische Gebäude erwiesen sich für Erdbeben als ungenügend gerüstet. Zur Vermeidung von Schäden, wie sie in Roermond und Heinsberg aufgetreten sind, müssten vor allem die folgenden tragenden und nichttragenden Bauteile verstärkt werden:

- ☐ Kamine sollten gegen Absturz so gesichert werden, dass neben einer ausreichenden Aussteifung des Daches eine horizontale Halterung des Kamins angeordnet wird.
- ☐ Bei zweischaligen Fassaden aus Mauerwerk oder Naturstein kann eine mangelhafte Verankerung durch zusätzliche Verbindungspunkte verstärkt werden.
- ☐ Oft lässt sich visuell erkennen, welche Teile einer Fassade absturzgefährdet sind. Die einfachste Methode besteht darin, nicht unbedingt notwendige Einzelbauteile – soweit man sie nicht befestigt oder sichert – zu entfernen.
- ☐ Um das Abreissen benachbarter Mauerwerkswände voneinander zu verhindern, können diese z.B. mit Hilfe von Injektionsdübeln kraftschlüssig verbunden werden.
- ☐ Herabgehängte Deckensysteme und Beleuchtungskörper sind in vielen Gebäuden und Bürohäusern zu finden. Durch zusätzliche Befestigungspunkte an die darüberliegende Decke können Schäden vermieden werden.

Bedarf an Starkbebendaten

Die Zahl der bisher verfügbaren, vollständigen Beschleunigungsaufzeichnungen von Erdbeben in Zentral- und Westeuropa ist ausserordentlich gering. Deshalb stützen sich sowohl die heutigen Baunormen in Ländern wie Deutschland, den Niederlanden und der Schweiz als auch die standortbezogenen Erdbebenanalysen von speziell untersuchten Bauwerken (z.B. Kernkraftwerken) noch vollumfänglich auf südeuropäischen und aussereuropäischen Daten ab. Um die Chancen der Registrierung von repräsentativen Felddaten wahrzunehmen, die sich bei starken Erdbeben anbieten, ist in der Schweiz die Installation eines landesweiten Freifeldnetzes mit rund 30 Starkbebengeräten derzeit im Gange [10]. Aus dem Erdbeben vom 13. April 1992 konnte in dieser Hinsicht leider nicht profitiert werden, da in der betroffenen Region kein derartiges Messnetz existierte.

Literatur

[1] *Ammann W., Ziegler A.:* «Das Erdbeben in Lüttich vom 8. November 1983», Schweizer Ingenieur und Architekt, Heft 20/84

[2] *Ahorner L.:* «The General Pattern of Seismotectonic Dislocation in Central Europe as the Background for the Liège Earthquake on November 8, 1983», in: P. Melchior (ed.) «Seismic Activity in Western Europe», D. Reidel Publishing Company, 1985

[3] *Ritsema A. R.:* «Intraplate Seismic Activity in the Brabant Massif and the Graben Systems of Lower Rhine-Roer and North Sea», in: P. Melchior (ed.), «Seismic Activity in Western Europe», D. Reidel Publishing Company, 1985

[4] *Bachmann H., et al:* «Die Erdbebenbestimmungen der Norm SIA 160», SIA-Dokumentation D 044, 1989

[5] *König und Heunisch,* Frankfurt / *Universität Köln / Universität Stuttgart:* «Realistische Seismische Lastannahmen für Bauwerke», Abschlussbericht T1829, IRB Verlag, Oktober 1986

[6] *De Crook Th .:* «Analysis of Input Data and Seismic Hazard Assessment for the Low Seismicity Area Belgium, The Netherlands and NW Germany», Natural Hazards, Vol. 2, Nos. 3 & 4, 1989

[7] DIN Norm 4149, Teil I; «Bauten in deutschen Erdbebengebieten, Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten», April 1981

[8] Nach Mitteilung des Deutschen Atomforums vom 13. April 1992 und der RWE Energie AG vom 18. April 1992

[9] RWE Energie AG, Kraftwerk Mülheim-Kärlich; «Bericht über Auswirkungen des Erdbebens am 13. April 1992 in Roermond auf das Kernkraftwerk Mülheim-Kärlich», 23. April 1992

[10] *Griesser J.-C., Mayer-Rosa D., Zwicky P.:* «Erfassung von Erdbebenbemessungsgrössen, Ueberblick und erste Erfahrungen aus dem Wallis», Schweizer Ingenieur und Architekt , Heft 40/1991

Die Verfasser danken den Herren Ullrich und Finken, Stadtverwaltung Heinsberg, für die spontane Gesprächsbereitschaft und die kundige Führung durch das Schadengebiet in Heinsberg.

Adressen der Verfasser: *B. Rast,* dipl. Bauingenieur ETH, Basler & Hofmann AG, Ingenieure und Planer SIA/ASIC, Forchstrasse 395, 8029 Zürich; *S. Tinic,* dipl. Bauingenieurin TU, Nordostschweizerische Kraftwerke AG, Parkstrasse 23, 5401 Baden; und *E. Walter,* dipl. Bauingenieur, Hilti AG, Konzernforschung, FL-9494 Schaan.