

Das Erdbeben in Lüttich vom 8. November 1983

Autor(en): **Ammann, Walter / Ziegler, Armin**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **102 (1984)**

Heft 20

PDF erstellt am: **14.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-75460>

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.

ware und ohne Lagerhaus kann nicht liefern und verliert somit Marktanteile, so dass dieser Nachfolgeschaden grösser sein kann als der Brandschaden.

Mit der beschriebenen Konstruktion soll ein Beitrag geliefert werden, um Brände im Griff zu behalten.

Waren sollen aber auch schonend gelagert werden können, was mit dem wirkungsvollen Heizungs- bzw. Kühlsystem möglich wird. Da Heizung und Brandschutz in der Stahlkonstruktion integriert sind, und da die Konstruktion einfach ist, sind die Erstellungskosten günstig. Infolge der grossen Heizflächen wird mit kleinen Vorlauftemperaturen gearbeitet, so dass im Lager relativ ausgeglichene Temperaturen herrschen. Daraus ergeben sich auch günstige Beheizungskosten.

Adresse des Verfassers: A. Maurer, dipl. Bau-Ing. ETH/SIA, Dreilindenhöhe 13, 6006 Luzern.

Schrifttum

- [1] Hotchkiss, J.C.: «Hauptverwaltungsgebäude der US-Steel Corporation in Pittsburgh (USA)». Acier Stahl Steel CBLIA Brüssel 32 (1967), S. 357-364.
- [2] Ehm, H.; Bongard, W.: «Feuerwiderstandsfähigkeit von wassergefüllten Stahlstützen». Der Stahlbau 37 (1968) S. 161-164.
- [3] Mommertz, K.H.; Polthier, K.; Weineck, H.: «Brandschutz von Stahlstützen durch Wasserkühlung». Stahl und Eisen. VDEH Düsseldorf, 90 (1970), S. 1234-1242.
- [4] Pulthier, K.: «Wassergefüllte Stützen im Stahlbau». Beratungsstelle für Stahlverwendung, Düsseldorf. Merkblatt 467 (1973).
- [5] Maurer, A.: «Wenn alles brennt, das Lager steht». Materialfluss. Juli/August 1980, S. 48-53.
- [6] Maurer, A.: «Neuentwicklung über Brandschutzmassnahmen im Hochregallagerbau». Sonderdruck aus planen + bauen (CH)
- [7] Witte, H.: Bericht über einen Brandver-
- such bei der Fa. Geilinger (Schweiz), unveröffentlicht.
- [8] Bachem, R.; Teleman, P.: «Water-fillable Structures». Firmenschrift der Fa. Bassem Brs., Brüssel 1977.
- [9] Anonym: Erste Anwendung einer Stahlkonstruktion mit wassergefüllten Konstruktionselementen in Frankreich. Acier Stahl Steel, CBLIA Brüssel 34 (1970), S. 544-546.
- [10] Mommertz, K.A.; Polthier, K.: «Brandversuch an einer wassergefüllten Stahlstütze». Der Stahlbau 42 (1973), S. 65-71.
- [11] Witte, H.: «Wasserkühlung für den baulichen Brandschutz». Acier Stahl Steel 4/1981.
- [12] Witte, H.: «Brandschutz durch Wasserkühlung». Industrie-Anzeiger, 20.1.1982.
- [13] Ciba-Geigy-Magazin: «Brandschutz und Heizung in einem», 1/1982
- [14] Hönyck, H.: «Walther-Sprinkleranlage für Hochregallager mit wasserführender Stahlkonstruktion». Techn. Mitt. Krupp, Werkberichte, Bd. 41/H.2.

Das Erdbeben in Lüttich vom 8. November 1983

Von Walter Ammann und Armin Ziegler, Zürich

Ein Erdbeben der Magnitude $M = 5,0$ erschütterte am 8. November 1983 die Stadt Lüttich und Umgebung. Das Erdbeben forderte 2 Tote und 10 Verletzte und richtete nach ersten offiziellen Schätzungen Sachschäden von annähernd 100 Mio sFr. an. Rund 120 Häuser mussten aus Sicherheitsgründen evakuiert werden. Einige Wasserleitungsbrüche sowie kurzfristige Unterbrüche im lokalen Elektrizitäts- und Telefonnetz wurden registriert. Eine Beurteilung der aufgetretenen Schäden lässt auf eine maximale Intensität von $I_{MSK} = VII$ schliessen.

Einleitung

Belgien gehört zwar nicht zu den seismisch aktivsten Gebieten Europas, doch haben sich hier immer wieder kleinere und mittlere Erdbeben ereignet. In der Nacht vom 7. auf den 8. November 1983 (00:49:34.4 Uhr Ortszeit) wurde Lüttich und dessen Umgebung von einem Erdbeben der Magnitude 5,0 erschüttert. Am 12. November 1983 besichtigten die beiden Autoren das Schadengebiet. Einer der Hauptgründe hierfür war die Tatsache, dass auch in der Schweiz ein Erdbeben dieser Stärke möglich ist und wegen der ähnlichen Bausubstanz gute Vergleichsmöglichkeiten in bezug auf Schadenausmass und Art der Schäden erwartet werden konnten. Dem Beschreiben der beobachteten Schäden und dem Vergleich mit schweizerischen Verhältnissen soll deshalb im folgenden besondere Beachtung geschenkt werden. Vorgängig wird aber die seismische Aktivität und die seismotektonische Situation Belgiens kurz dargestellt.

Seismizität und Seismotektonik

Historische Seismizität

Belgien ist bereits in früheren Jahrhunderten vereinzelt von stärkeren Erdbeben erschüttert worden. Allerdings überstiegen deren Schadenauswirkungen nie die maximale Intensitätsstufe von $I_{MSK} = VII$. In Bild 1 sind die Epizentren der stärksten Beben sowie die Umhüllenden der Isoleisten aller früheren Beben dargestellt. In der im Osten an Belgien angrenzenden Gegend zwischen Aachen und Köln wurden bereits maximale Intensitäten von $I_{MSK} = VIII$ beobachtet. Die zugehörigen Daten dieser Beben sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Bild 2 zeigt die Intensitäts-Häufigkeits-Korrelation für Belgien und dessen Grenzgebiete aufgrund des Datenkatalogs von Van Gils und Zaczek [2]. Dieser Datenkatalog umfasst 540 Erdbeben zwischen den Jahren 330 und 1970. Davon wiesen total 48 Ereignisse eine maximale Intensität von $I_{MSK} = VII$ auf,

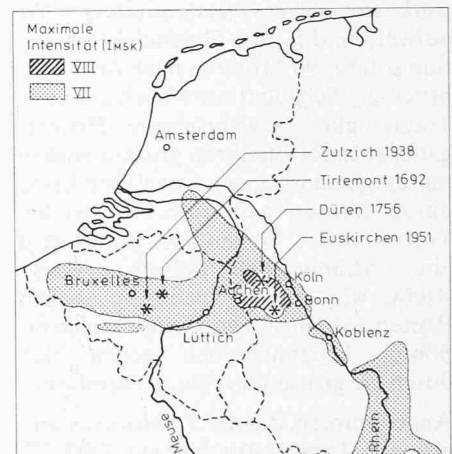


Bild 1. Intensitätskarte Belgiens und angrenzender Gebiete mit den Epizentren der 4 stärksten Erdbeben (nach [1])

wobei nur 21 ihr Epizentrum in Belgien selbst hatten. Wegen des unterschiedlichen Vollständigkeitsgrades des Datenkatalogs in den verschiedenen Beobachtungszeiträumen musste in Anlehnung an [3] eine entsprechende Korrektur eingeführt werden. Bild 2 zeigt die durchschnittliche Anzahl Beben pro 100 Jahre. Beispielsweise wurde die Intensität $I_{MSK} = VII$ durchschnittlich 15mal pro 100 Jahre erreicht oder überschritten. Zum Vergleich ist auch die

Intensitäts-Häufigkeits-Korrelation für die Schweiz dargestellt (basierend auf [4]). Diese Kurve ist weniger stark gekrümmt und liegt mit Ausnahme der Intensität $I = VII$ höher als die Kurve für Belgien. Dies bedeutet, dass in Belgien schwächere Beben ($I_{MSK} < VII$) weniger häufig sind, mittlere Beben ($I_{MSK} = VII$) etwa mit derselben Häufigkeit auftreten und stärkere Beben mit I_{MSK}

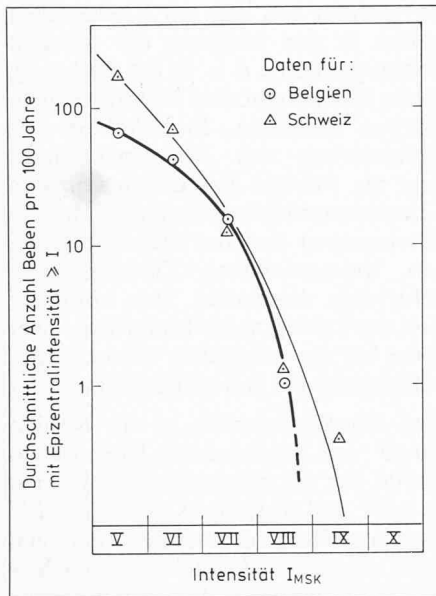


Bild 2. Intensitäts-(I_{MSK})-Häufigkeits-Korrelation für die Regionen Belgiens und der Schweiz

> VII wieder weniger häufig sind als in der Schweiz. Die je zu erwartende maximale Erdbebenintensität dürfte, soweit dies aus den vorhandenen Erdbeben-daten entnommen werden kann, in Belgien etwa eine bis maximal zwei Intensitätsstufen tiefer liegen als in der Schweiz.

Aktuelle Seismizität

Eine Zusammenstellung der Herdparameter des Erdbebens in Lüttich vom 8. November 1983 und der stärksten Nachstöße ist in Tabelle 2 enthalten. Bild 3 zeigt die Lage der Epizentren des Hauptstosses und von zwei Nachstößen (einschliesslich der Fehlerellipsen, die sich aufgrund der Datenauswertung ergeben, gemäss [5]). Ebenfalls in Bild 3 eingezeichnet ist die Lage und Ausdehnung des am stärksten betroffenen Gebietes rund 3 km östlich vom Epizentrum (Quartier Saint-Nicolas). In Tabelle 2 fällt auf, dass es sich um sehr flachliegende Erdbebenherde handelt. Beim 4. Nachstoss wird angenommen [5], dass es ein Einsturzbeben war. In Lüttich wird bekanntlich seit dem 16. Jahrhundert eine intensive Bergbautätigkeit betrieben, so dass es möglich ist, dass ein älteres Stollensystem grossflächig eingestürzt ist. Dieses Ereignis war im Norden von Lüttich verspürt worden, aber nur von drei seismischen Stationen registriert worden, wobei ein dominierender Anteil an Rayleigh-Wellen, d. h. Oberflächenwellen, enthalten war. Auch dieser Umstand lässt auf einen oberflächennahen Herd schliessen.

Seismotektonische Situation

Bereits in Bild 1 waren umhüllende Kurven der maximal beobachteten In-

Tabelle 1. Zusammenstellung der Herdparameter der 4 stärksten historischen Erdbeben (aus [2])

Datum	Ort	Intensität	Herdtiefe	Magnitude
18.9.1692	Tirlemont	VII	~27 km	~6
18.2.1756	Düren	VIII	~16 km	~6
11.6.1938	Zulzich	VII	~24 km	5,9
14.3.1951	Euskirchen	VIII	5-8 km	5,2

Tabelle 2. Zusammenstellung der Herdparameter des Hauptstosses und der wichtigsten Nachstöße (nach [5])

Ereignis	Datum	Zeit	Lat N	Long E	M_L	H [km]
Hauptstoss	8.11.83	0:49:34 h	50,63	5,50	5,0	4±2
1. Nachstoss	8.11.83	0:54:49 h	*	*	2,7	*
2. Nachstoss	8.11.83	1:24:55 h	50,65	5,55	2,9	0-4*
3. Nachstoss	8.11.83	2:13:22 h	50,65	5,48	3,5	4±2
4. Nachstoss	20.11.83	8:03:32 h			2,4	**

* nicht genau bestimmbar ** wird als Mineneinsturz interpretiert
 Lat N, Long E: Geographische Koordinaten M_L : Magnitude H: Herdtiefe

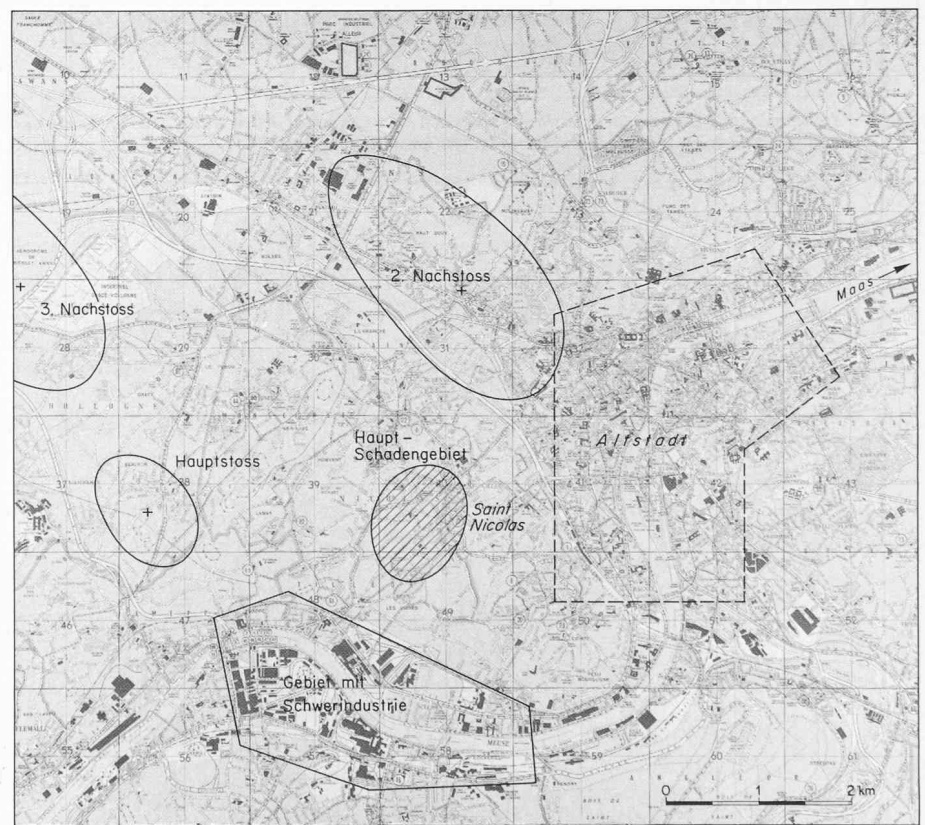


Bild 3. Geographische Lage des Hauptschadengebietes in Lüttich (Quartier Saint-Nicolas) und der Epizentren des Hauptstosses und des 2. und 3. Nachstosses. Ausschnitt aus dem Stadtplan Lüttich, Blatt 76. Reproduziert mit Bewilligung der «Geocart», Prins Boudewijnlaan 35, B-2700 Sint-Niklaas

tensitäten dargestellt. Man erkennt die seismisch aktivste Zone mit $I_{MSK} = VIII$ zwischen Aachen und Köln und zwei Arme mit $I_{MSK} = VII$, wovon der erste E-W-orientiert ist und das Gebiet Flander-Brabant umfasst, während der zweite den nördlichen Teil Belgiens und die Niederrheinische Tiefebene bedeckt. Diese Verteilung lässt sich anschaulich aus den geologischen und seismotektonischen Verhältnissen erklären.

Die seismotektonische Situation in Europa wird primär durch den Kollisionsvorgang zwischen der afrikanischen und der eurasischen Platte bestimmt [7]. Einerseits stösst der afrikanische Kontinent nach Norden gegen Europa, woraus sich eine N-S-gerichtete Kompressionskomponente ergibt (vgl. Bild 4). Dazu kommt eine E-W-gerichtete Scherungskomponente, weil sich wegen der unterschiedlichen Geschwindigkeit in der Meeresbodenaus-

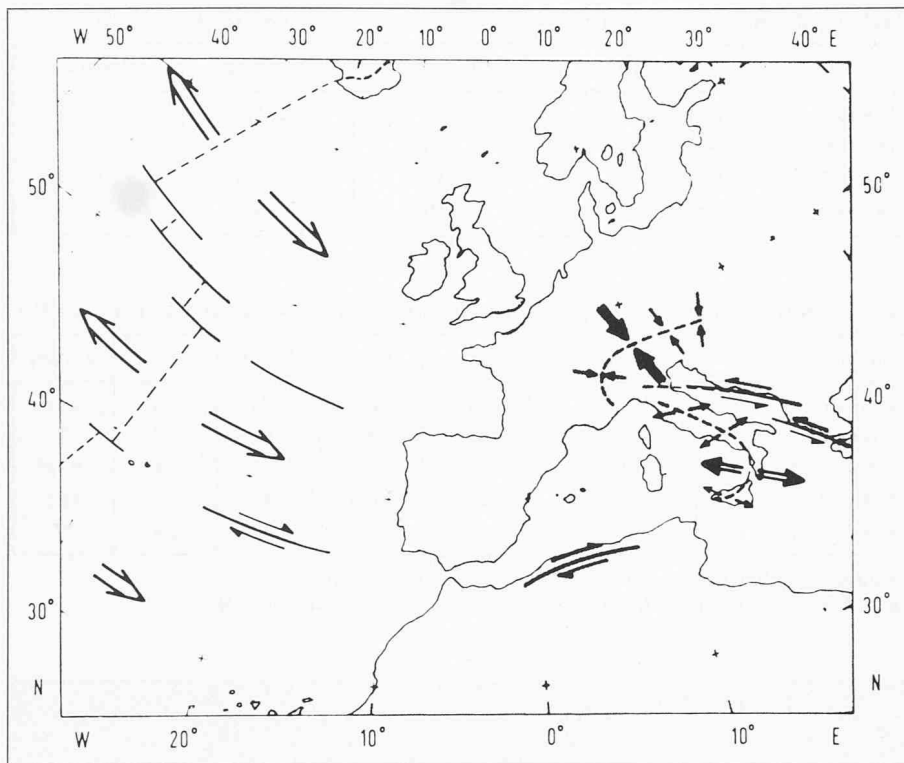


Bild 4. Zusammenhang zwischen dem seismotektonischen Spannungsfeld in den Alpen bzw. im westlichen Mittelmeerraum und dem Spannungsfeld am mittellatlantischen Rücken (aus [6])

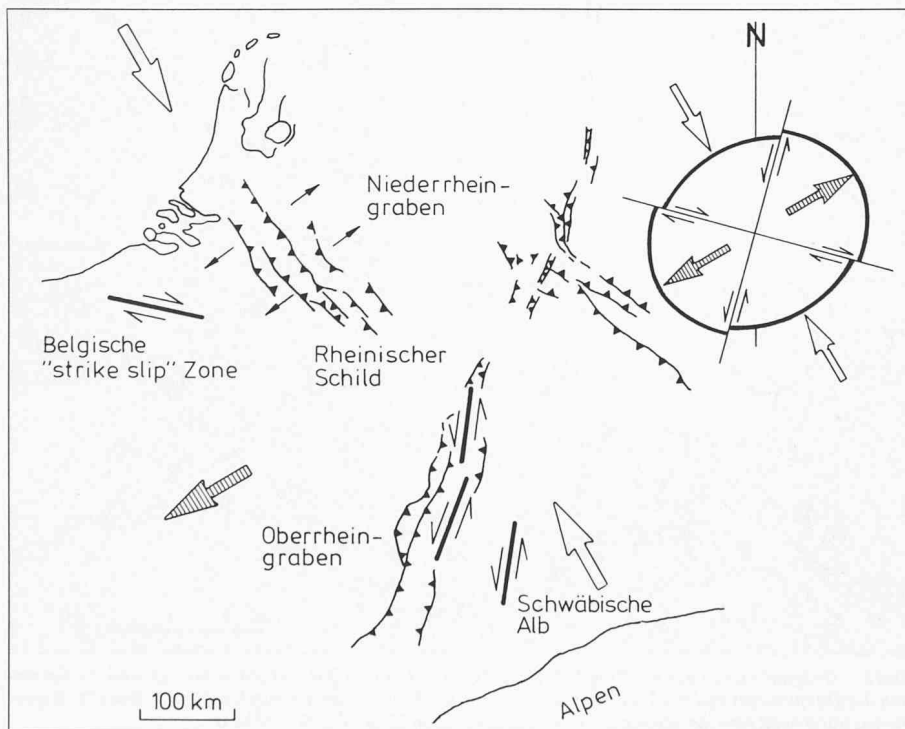


Bild 5. Seismotektonische Situation im Mitteleuropäischen Raum (aus [8])

dehnung des atlantischen Rückens Europa schneller nach Osten bewegt als Afrika. Die grösste Druckspannung ist deshalb nach NW-SE gerichtet.

Vor etwa 50 Millionen Jahren, als sich Afrika rascher nach Osten bewegte als Europa und somit die grösste Hauptspannung nach NNE-SSW ausgerichtet war, hat sich unter der Wirkung dieser Kompressionskomponente und der normal dazu wirkenden Extensions-

komponente der Rheingraben gebildet [8]. Dieser Vorgang lässt sich, um ein Beispiel aus dem Ingenieurgebiet zu verwenden, mit dem Querzugbruch beim «Brasilianerversuch» vergleichen. Die Querzugbeanspruchung wird noch verstärkt durch die fächerförmige Anordnung der Hauptspannungstrajektorien, die normal zum Alpenbogen verlaufen. Nachdem sich im Laufe der letzten 50 Millionen Jahre die Richtung der grössten Druckspannung um etwa

45° gedreht hat, liegt der Rheingraben genau in der Richtung der grössten Schubspannung, d. h. in der Richtung, in der sich bei sprödem Material Bruchflächen ausbilden. In Bild 5 ist die Orientierung der Hauptspannungen und die Flächen mit den maximalen Schubspannungen zusammen mit dem Rheingraben und der dort beobachteten, linksgerichteten Transversalverschiebung dargestellt. Der nördliche Teil des Rheingrabens beeinflusst, da er nahe bei der belgischen Grenze liegt, relativ stark die Seismizität Belgiens.

Der Oberrheingraben ist im Norden durch den sogenannten Rheinischen Schild, der aus weicheren Formationen besteht und deshalb keine Bruchflächen ausbildet, unterbrochen, setzt sich dann aber im Niederrheingraben in SE-NW-Richtung fort. Die Orientierung des Niederrheingrabens entspricht, wie man in Bild 5 sieht, der heute vorhandenen NW-SE-gerichteten Hauptdruckspannung. Die Bruchflächen entstehen, wieder wie beim Oberrheingraben, unter der kombinierten Wirkung von Längsdruck und Querzug.

Südwestlich vom Niederrheingraben, im Gebiet von Brabant, liegt die dritte für Belgien wichtige seismisch aktive Zone. Wie man in Bild 5 sieht, handelt es sich hier wiederum um eine um 45° gegenüber der Hauptspannungsrichtung gedrehte Scherbruchzone.

Trotz dieser stark vereinfachten Betrachtungsweise der seismotektonischen Situation Europas kann aus einem Vergleich der Bilder 5 und 1 eine erstaunlich gute Übereinstimmung mit der beobachteten Seismizität in Belgien festgestellt werden. Man erkennt den nördlichen Teil des Oberrheingrabens, den Niederrheingraben und das Gebiet von Brabant als Zonen mit höherer Intensität ($I = VII$). Im Gebiet nordöstlich von Aachen, wo sich der Niederrheingraben und die Scherbruchzone von Brabant überschneiden, finden wir die höchste Intensität mit $I = VIII$.

Schadenausmass

Makroseismische Auswirkungen

Gemäss Bild 3 liegt das am stärksten betroffene Gebiet rund 3 km östlich vom Epizentrum, in *Saint-Nicolas*. Aufgrund der festgestellten Schäden beträgt die Intensität etwa $I_{MSK} = VII$. Das Schadengebiet mit einem Durchmesser von rund 1,5 km liegt auf einem Hügel, der sich 150 m über das Tal der Meuse erhebt. In der im Tal liegenden Altstadt waren nur vereinzelt Schäden zu sehen. Insgesamt mussten rund 120 Gebäude



Bild 6. Strassenzug in Saint-Nicolas mit den typischen zweistöckigen Backsteinbauten. Einzelne Fassaden mussten gestützt werden



Bild 7. Herausgebrochene Fenstereinfassungen an einem Haus in Saint-Nicolas. Das Zweischalen-Mauerwerk wird sichtbar, wobei die innere Schale qualitativ schlechter scheint als die äussere Schale



Bild 9. Dach mit zerstörten Kaminen. Die hellen Partien zeigen das Ausmass der zerstörten Dachziegel. Beide Kamine sind in die gleiche Richtung gefallen (E-W)



Bild 10. Nach unten verschobener Teil eines Fensterbogens. Deutet auf starke vertikale Beanspruchung hin

evakuiert werden, was gemäss [9] 8‰ der gesamten Gebäudeanzahl von Lüttich entspricht.

Beschleunigungs-Aufzeichnungen

Leider existieren keine Beschleunigungs-Aufzeichnungen, so dass keine Aussagen gemacht werden können über Grösse und Richtungsabhängigkeit der Bodenbeschleunigung, dominierende Frequenzen, Bebandauer usw. Die einzigen Strong-Motion-Geräte in diesem Gebiet befinden sich im Kernkraftwerk von Tihange in 30 km Entfernung von Lüttich. Die Ansprechschwelle dieser Geräte lag mit 0,02 g Beschleunigung relativ hoch. Sie wurde denn auch nicht erreicht, so dass nun gerade für den Ingenieur wichtige Informationen nicht vorliegen.

Bauvorschriften

Bauvorschriften im Sinne einer Norm zur Berücksichtigung von Erdbebenlasten existieren in Belgien nicht.

Schäden an Hochbauten

Bild 6 zeigt einen typischen Strassenzug im Hauptschadengebiet (Quartier Saint-Nicolas). Der Grossteil der Häuser sind aneinandergebaute, einfach un-

terkellerte, zweigeschossige Backsteinbauten mit einem qualitativ nicht besonders hochstehenden Zweischalenmauerwerk. Die meisten Häuser dürften zwischen 30 und 70 Jahre alt sein. Neuere Stahlbetonskelettbauten waren nur vereinzelt anzutreffen; diese wiesen jedoch keine sichtbaren Schäden auf.

Die meisten Schäden waren von aussen im Bereich der Fenster zu beobachten (Bilder 7 und 8). Bei vielen Häusern waren die Fensterstürze, die darüberliegenden Mauerwerksteile und auch die seitlichen Einfassungssteine beschädigt und teilweise herausgebrochen. Einen ebenfalls sehr häufigen Schaden stellen die abgebrochenen Kamine dar. Bild 9 zeigt ein Dach mit zwei in die gleiche Richtung herabgestürzten Kaminen.

Dank dem Umstand, dass die meisten Häuser nur mässig geneigte Satteldächer haben, rutschten auch selten Ziegel ab. Dies im Gegensatz zum Erdbeben auf der Schwäbischen Alp am 3. September 1978, wo ganze Dachpartien abrutschten und eine grosse Gefährdung für die Leute auf den Strassen darstellten.

Bei einigen Häusern lösten sich auch



Bild 8. Die massive, seitliche Fenstereinfassung ist um mehrere cm verschoben. Dies deutet auf eine kurzzeitige Entlastung in vertikaler Richtung hin

einzelne Wandpartien aus ihrem Verband und neigten sich gegen aussen, so dass die Fassaden gestützt werden mussten (Bild 6). Die für Erdbeben typi-

Tabelle 3. Wahrscheinlichkeit in Prozenten, dass ein Bauwerk mit einer bestimmten Lebenserwartung an ausgewählten Standorten der Schweiz mindestens 1mal von einem Erdbeben der Stärke $I_{MSK} = VII$ betroffen wird

Lebensdauer	Zürich	Lausanne	Basel	Sarnen	St. Moritz	Sierre
10	0,50	1,5	2,5	3,0	3,9	16,5
50	2,5	7,2	11,8	14,0	18,2	59,4
100	4,9	14,0	22,1	26,0	33,0	83,5
200	9,5	26,0	39,4	45,2	55,1	97,2
500	22,1	52,8	71,4	77,8	86,5	99,9

schen X-Risse konnten nur sehr selten beobachtet werden. Falls überhaupt Schrägrisse auftraten, dann meist nur in einer Richtung. Es machte den Anschein, als ob gar keine zyklische Beanspruchung der Mauerwerkswände aufgetreten wäre. Die Vielzahl der Risse verlief in annähernd vertikaler Richtung, vorzugsweise in der Mauerwerkspartie zwischen zwei übereinanderliegenden Fenstern. Einige der evakuierten Häuser, bei denen sich von aussen kaum Risse entdecken liessen, wiesen im Innern klaffende Risse an Wänden und Decken auf. Es scheint, dass im allgemeinen die innere der beiden Mauerwerksschalen die grösseren Schäden erlitten hat.

Im Bereich des Schadengebietes von Saint-Nicolas befindet sich auch der *Friedhof Saint Gilles*. Von ungefähr 500 Grabsteinen waren etwa 60 umgekippt, meistens solche mit der Breitseite in westlicher Richtung, d. h. in Richtung Epizentrum.

Schadenbeurteilung

Die Art der aufgetretenen Schäden, insbesondere die Art der Mauerwerksrisse, die Beschädigung der Fensterstürze und der darüberliegenden Mauerwerksteile (Bild 7), die verschobene Lage der seitlichen, massiven Fenstereinfassung gegenüber dem Fenstersturz (Bild 8) oder auch die nach unten verschobenen Steinpakete in Fensterbögen (Bild 10) lässt vermuten, dass die *massgebliche Beanspruchung in vertikaler Richtung* erfolgte, d. h. dass die Vertikalbeschleunigungen zumindest in einer ersten Phase grösser waren als die Horizontalbeschleunigungen. Anschaulich lässt sich dies durch eine Fokussierung der Erdbebenwellen in diesem Hügel von Saint-Nicolas deuten, verbunden mit einer zunehmenden Aufrichtung der Erdbebenwellen gegen die Vertikale, was dann zu einer Art «Stoss von

schräg unten» geführt haben mag. Für diese Vermutung sprechen auch die Beobachtungen, dass die Kamine oder auch die Grabsteine im Friedhof von Saint Gilles mehrheitlich in die gleiche Richtung (E-W) umgestürzt sind, oder dass die Decken im Innern der Häuser zum Teil starke Schäden aufwiesen.

Das im Vergleich zur Magnitude *beachtliche Schadenausmass* lässt sich durch die vorwiegend ältere Bausubstanz und die zum Teil bescheidene Qualität des Zweischalenmauerwerkes erklären. Zudem besteht die Vermutung [9], dass gewisse Schäden durch nachträgliche grossflächige Setzungen, ausgelöst durch die Bergbautätigkeit, akzentuiert wurden (z. B. vertikale Risse).

Schäden an Tiefbauten und Versorgungseinrichtungen

Schäden an Strassen und Stützmauern wurden nicht beobachtet. Hingegen waren vereinzelt Wasserleitungsbrüche zu verzeichnen. Gasleitungen wurden nicht beschädigt. Kurzzeitig war in einzelnen Quartieren die Stromversorgung und das Telefonnetz unterbrochen.

Vergleich mit schweizerischen Verhältnissen

Das Erdbeben vom 8. November 1983 in Lüttich wies eine Stärke auf, die in der Schweiz ohne weiteres *auch auftreten* kann. Beispielsweise ist im Wallis ein ähnliches Erdbeben zwei- bis dreimal pro 100 Jahre zu erwarten, vgl. [4]. Tabelle 3 zeigt zudem die Wahrscheinlichkeit, mit der ein Gebäude mit einer bestimmten Lebenserwartung an verschiedenen Standorten in der Schweiz von mindestens einem Erdbeben der Intensität $I_{MSK} = VII$ betroffen wird. Schadenvergleiche zwischen Lüttich

Literaturverzeichnis

- [1] Ahorer, L. / Van Gils, J.M. / Flick, J. / Ritsema, R. / Houtgast, G.: «Seismic Zoning Map of Northwest Germany, Belgium, Luxembourg and the Netherlands». 1975.
- [2] Van Gils, J.M. / Zaczek, Y.: «La séismicité de la Belgique et son application en génie parasismique». Annales des Travaux Publics de Belgique No 6, 1978.
- [3] Schenk, V.: «On the Problem of Time Normalization of Earthquake Magnitude and Frequency Relations». Annales Geophysicae, vol. 1, No 6, 1983, pp. 439-442.
- [4] Sägesser, R. / Mayer-Rosa, D.: «Erdbebengefährdung in der Schweiz». Schweiz. Bauzeitung, Heft 7, 1978, S. 3-19.
- [5] Camelbeeck, T. / De Becker, M.: «Report Concerning the Liège Earthquake of November 8, 1983». Observatoire Royal de Belgique, Bruxelles, 1. Dec. 1983.
- [6] Ritsema, A.R.: «Seismotectonic Implication of a Review of European Earthquake Mechanisms». Geolog. Rundschau 59, 1969, S. 36-56.
- [7] Müller, St. / Lowrie, W.: «Die geodynamische Entwicklung des westlichen Mittelmeerraumes und der Alpen», Mitteilung Nr. 315, Institut für Geophysik, ETH Zürich, 1980.
- [8] Ahorer, L.: «Seismo-Tectonic Relations between the Graben Zones of the Upper and Lower Rhine Valley», in: Illies J.H. / Müller, St. (Editors): «Graben Problems», Schweizerbart Stuttgart, 1979, pp. 155-166.
- [9] Warnotte, L., Ingénieur en Chef Directeur, Echevinat des Services Urbains, Ville de Liège. Schriftliche Mitteilung vom 24. Nov. 1983.

und der Schweiz können, ohne dass man auf die Unterschiede in der Ausdehnung der Schadenradien, der Bausubstanz, den Untergrundverhältnissen usw. detaillierter eingeht, *nur summarisch* angestellt werden. Man darf zwar davon ausgehen, dass die Bausubstanz in der Schweiz durchschnittlich qualitativ etwas besser ist als im betroffenen Gebiet in Lüttich, andererseits der Baustandard der Bauwerke und der Infrastrukturen höher liegt und dadurch wieder anfälliger wird für äussere Einwirkungen. Zudem ist in der Schweiz die Besiedlungsdichte grösser, so dass bei gleichem Schadenradius mehr Bauwerke betroffen sind. Aus solchen Überlegungen kann gefolgert werden, dass in der Schweiz ein Gesamtschaden zumindest ähnlicher Grösse möglich wäre.

Adresse der Verfasser: Dr. W. Ammann, dipl. Bauing. ETHZ/SIA, Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich, und A. Ziegler, dipl. Bauing. ETH, Institut für Grundbau und Bodenmechanik, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich.