

# Erdbebenserie in der Grenzregion Türkei-Syrien: Fragen und erste Erkenntnisse

J. Schwarz, L. Abrahamczyk, M. C. Genes

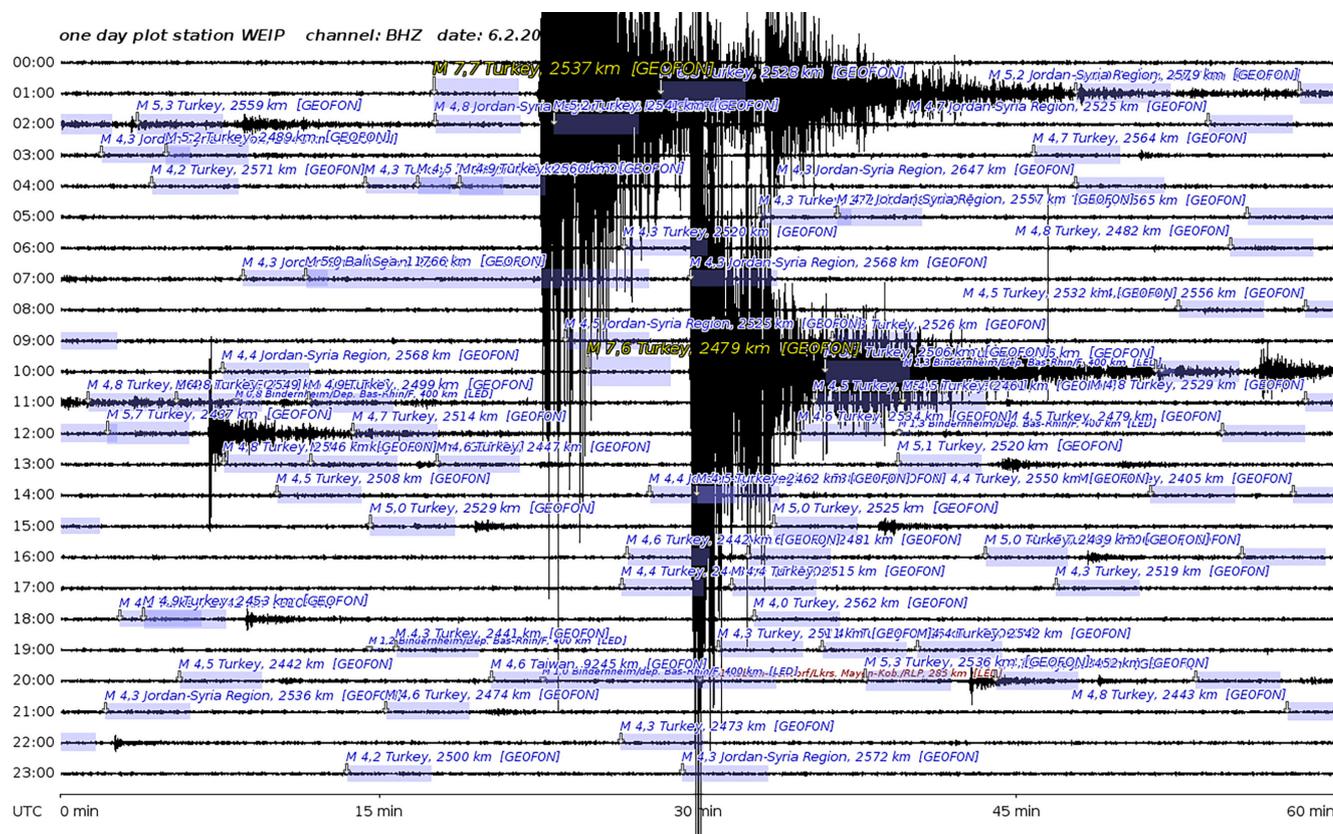


Bild 1. Tages-Plot der seismischen Station in der Parkhöhle Weimar vom 06.02.2023. Grafik: <https://edac.biz/aktuelles/seismische-station-weimar>

## Vorbemerkungen

Die schweren Erdbeben in der Türkei und Syrien sind Anlass, auf langjährige Arbeiten in der betroffenen Region zurückzukommen, aktuelle Fragen für das Erdbebeningenieurwesen aufzuwerfen und auf ambitioniert gestaltete Forschungsvorhaben einzugehen, die zur Frühwarnung vor Erdbeben beitragen sollten.

Das Kahramanmaraş – Gaziantep (Türkiye) Erdbeben am 06. Februar 2023 (04:17 GMT+03:00) ist durch die Sequenz von drei starken Ereignissen gekennzeichnet. **Bild 1** zeigt den Tagesplot der von EDAC betriebenen Station in der Parkhöhle „Stiftung Klassik Weimar“. (Das Erdbeben-Infoterminal wurde 2009 als „90 Jahre Bauhaus“- Projekt vorbereitet und installiert; es steht seitdem der Öffentlichkeit kontinuierlich und betriebsfähig zur Verfügung: <https://edac.biz/aktuelles/seismische-station-weimar>.)

Die Schwere der Erdbeben war bereits an den Registrierungen der Station in Weimar (Bild 1) nachzuvollziehen. Spätestens nach der Abfolge von drei Ereignissen (01:17: M = 7,7; 01:27: M = 6,7; 10:24: M = 7,6) war klar, mit welchen verheerenden Auswirkungen und Nachrichtenbildern in einer Region, die jahrhundertlang in einer Art seismischer Ruhe verharrete, zu rechnen war. Die Betroffenheit war durch die Kenntnis der Situation vor Ort begründet.

Das Zentrum für die Ingenieuranalyse von Erdbebenschäden (EDAC) hat in der Vergangenheit zusammen mit türkischen Kooperationspartnern im Rahmen des Gemeinschaftsprojektes SERAMAR (<https://edac.biz/projekte/seramar>) den Bauwerksbestand der jetzt sehr schwer betroffenen Stadt Antakya zum Stand 2008 vollständig dokumentiert (ca. 22 000 Bauwerke), die Verletzbarkeit gegenüber Erdbebeneinwirkungen

gen bewertet und Schadensprognosen für verschiedene Szenarien vorgelegt.

Der Beitrag dokumentiert die Schäden, die bei den damals instrumentierten Gebäuden jetzt aufgetreten sind. Er spiegelt die Erdbebenserien an den Auswertungen, die im Rahmen der Einsätze der Deutschen Task Force Erdbeben nicht zuletzt nach den beiden starken Erdbeben August und November 1999 durchgeführt wurden. Bereits damals konnten erste Erkenntnisse zur Schadensprogression im Falle von zwei starken, aufeinanderfolgenden Erdbeben gewonnen werden.

Die gestellten Fragen umfassen die Anforderungen an die Bauordnung, künftige Schadensmodelle und geben in der Zusammenschau der gewonnenen Erfahrungen erste Antworten für die unverzichtbare Bauwerkszertifizierung.

Es ist nicht Gegenstand des Beitrages, auf die bereits vorliegenden ersten Dokumentationen zu den gemessenen Bodenbewegungen und die Einordnung in die zonen- und untergrundbezogenen Normspektren oder gar periodenabhängige Abweichungen einzugehen, [1], da die Mehrzahl der betroffenen Gebäude offensichtlich ohne Erdbebenvorkehrungen und/oder ohne Beachtung der geltenden Standards gebaut wurden.

### 1 Erdbeben in der Türkei

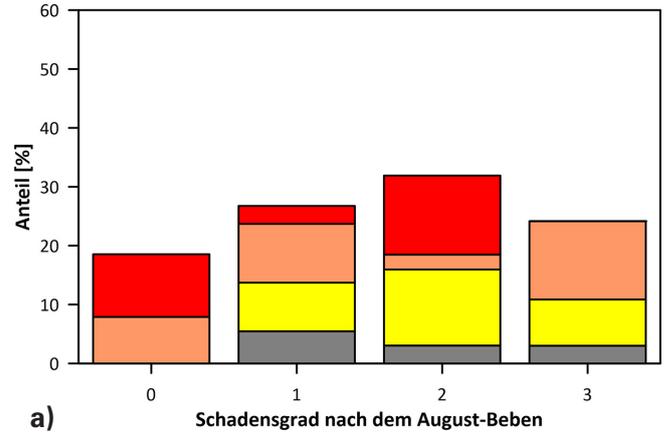
Die Untersuchungen stehen letztlich in Verbindung mit den beiden schweren Erdbeben 1999 (und zuvor 1998 in Adana) und den weiteren Einsätzen der Deutschen Task Force Erdbeben in der Türkei (unter anderem 2002, 2003).

**Frage 1:** Was war bereits aus diesen Erdbeben und der Ingenieuranalyse der Erdbebenschäden zu lernen?

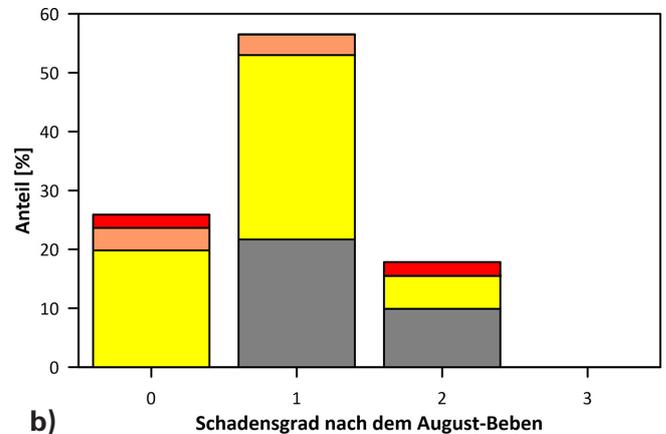
**Antwort:** Bereits beim Adana-Erdbeben 1998 zeigte die Schadenstatistik bei den mehrgeschossigen Stahlbetonrahmensystemen einen signifikanten Einfluss der Geschosskategorie [2, 3] und der Qualität der für die ausfachenden Wände (infills) verwendeten Steinart.

Mit dem Izmit (Kocaeli)-Erdbeben (17. August 1999, Magnitude  $M_s = 7,8$ ) und dem Düzce-Erdbeben (12. November 1999, Magnitude  $M_s = 7,5$ ) gab es erstmals (so zumindest wahrgenommen) zwei schwere Beben, die eine Region teilweise gleichrangig in kurzem Zeitabstand betroffen haben. Im Beitrag [4] konnte demzufolge auch und in dieser Form erstmalig die Schadensprogression in einem überschaubar kleinen Stadtgebiet im Falle vorgeschädigter Gebäude kartiert und nachvollzogen werden. Bild 2 zitiert aus [4] in überarbeiteten Grafiken die Bilder 34b bis 34d und zeigt in den Balkendiagrammen die Schadensprogressionen im Aufnahmegebiet (siehe Bild 33 in [4]) ausgehend vom Schadensgrad nach dem August-Erdbeben.

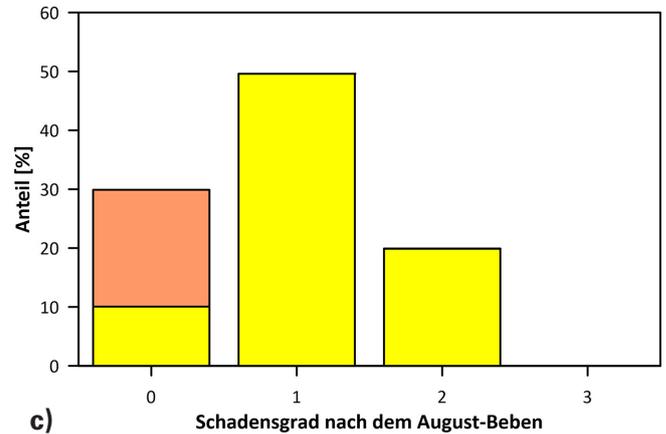
Die Schadenszunahme wird in Form des Zuwachses des Schadensgrades ( $\Delta D$ ) ausgedrückt, der nach der Bauwerksgruppe differenziert wurde. Wie Bild 2a verdeutlicht, ist der Schadenszuwachs bei Stahlbetonrahmen mit HLZ-Ausfachung besonders ausgeprägt; einige bereits vorgeschädigte Bauwerke erlitten nach dem November-Beben einen partiellen Einsturz (Schadensgrad D4) oder kollabierten vollends (Schadensgrad D5). Bei den anderen Bauweisen dominierte ein Schadenszuwachs um einen Schadensgrad, dabei lag die Vorschädigung oft bei Schadensgrad 1 (Bilder 2b und 2c). Analoge Auswertungen sind für die Erdbebenserie Februar 2022 angesichts der vergleichbaren Erdbebenstärken und dem enormen Ausmaß der Zerstörung nun nur noch durch die Reinterpretation von Luftbildaufnahmen durchführbar.



a)



b)



c)

**Legende:  $\Delta D$**



**Bild 2.** Auswertung Schadensprogression eines Gebietes in Düzce nach dem (zweiten) Beben vom 12.11.1999: a) Stahlbetonrahmen mit HLZ-Ausfachung, b) Stahlbetonrahmen mit VZ-Ausfachung, c) Mauerwerk aus Vollziegel (VZ). Grafik: nach [4]

Die unterschiedlichen Schadensbeobachtungen bei weak und strong infills wurde im Kontext der Interpretation der Schütterwirkungen hingewiesen [5]; die diesbezügliche Sensibilisierung hat zu Forschungsarbeiten (u.a. [6]) in der Folgezeit und we-



**Bild 3.** Schulung von Studierenden der MK-Universität bei der Aufnahme und Bewertung der Gebäude nach Verletzbarkeitsklassen. Fotos: [7], [8]



sentlich zur Europäischen Normenentwicklung beigetragen. Es lohnt sich, in den aktuellen Normen – nicht zuletzt in den Drafts zur 2ten Generation von Eurocode 8 zu verfolgen, wie umfänglich das Problem der (tragenden) Mauerwerkswände mittlerweile behandelt wird.

In nachfolgenden Jahren hat es weitere Erdbeben mit „Ereigniskaskaden“ gegeben (z. B. Van (Türkei)-Erdbeben 2011; Ghoroka (Nepal)-Erdbeben 2015 und auch in Europa (Norditalien 2012 u. a.), die von der herkömmlichen „Bemessungssituation“ abweichen. Die eben von einem Bemessungserdbeben und dann einer Reihe schwächerer (nicht mehr destruktiver) Schadensbeben ausgehen. Dieser auslegungsphilosophische Grundansatz ist offenkundig im Fall aktivierter und (zuvor) komplex „verzahnter“ Verwerfungen mit Ereigniskaskaden nicht mehr aufrechtzuerhalten.

**Frage 2:** Wie sollten sich unter solchen Bedingungen die Nachweisanforderungen ändern?

**Antwort:** Es ist zumindest darüber nachzudenken, die „Ziel-Verhaltenszustände“ der Gebäude neu zu definieren. Das Instrumentarium ist mit den „Limit oder Performance States“ gegeben. Das heißt, ein Gebäude wäre bei Erwartung von zwei (oder mehreren?) „Hauptbeben“ so zu bemessen, dass es bei dem ersten Beben nur geringe Schäden aufweist und beim zweiten infolge der Schadensprogression im Bereich „Severe Damage (SD)“ oder „Fully Operational (OP)“ ankommt.

Dies sollte für die Bauwerkskategorien allgemeiner Hochbauten und Krankenhäuser sicher modifiziert gehandhabt werden. In jedem Fall wären Gebäude so zwar nicht erdbebensicher aber ereignisgerecht ausgelegt.

## 2 Zur betroffenen Region und dem SERAMAR-Projekt

**Frage 3:** Warum wurde die Region gewählt?

**Antwort:** Die Projektinitiatoren (hinter dem von verschiedenen Projektträgern auf deutscher und türkischer Seite geförderten Vorhaben) hatten nach den beiden Erdbeben in der Türkei von 1999 (s. [4]) im Gegensatz zu anderen Forschungseinrichtungen nicht auf den Großraum Istanbul, sondern bewusst auf die bislang wenig betrachtete Region in der türkisch-syrischen Grenzregion orientiert. Die Richtigkeit der damaligen Entscheidung wurde jetzt leider eindrucksvoll bestätigt.

Projektratgeber war der langjährige Vorsitzende der IAEE Polat Gülkan, der im Hinblick auf die seismologische Besonderheit die fehlende Fokussierung auf diese Region kritisierte und die Notwendigkeit einer breiten Ingenieurqualifikation und die Einbindung der Universität oder Fachkollegen vor Ort als Ziele herausstellte.

Die **Bilder 3** erinnern an die Schulung der Kollegen und Studenten, und die Einbindung der lokalen Universitäten und Experten.

Ergebnisse wurden in einem internationalen Workshop den lokal Verantwortlichen vorgestellt und dabei die Erstellung eines Masterplanes für Antakya und das auch (weitaus größeren) Gaziantep angeregt. Die Arbeiten (u. a. Poster und Fotos vom Workshop vor Ort) sind der oben genannten Internetseite zu entnehmen.

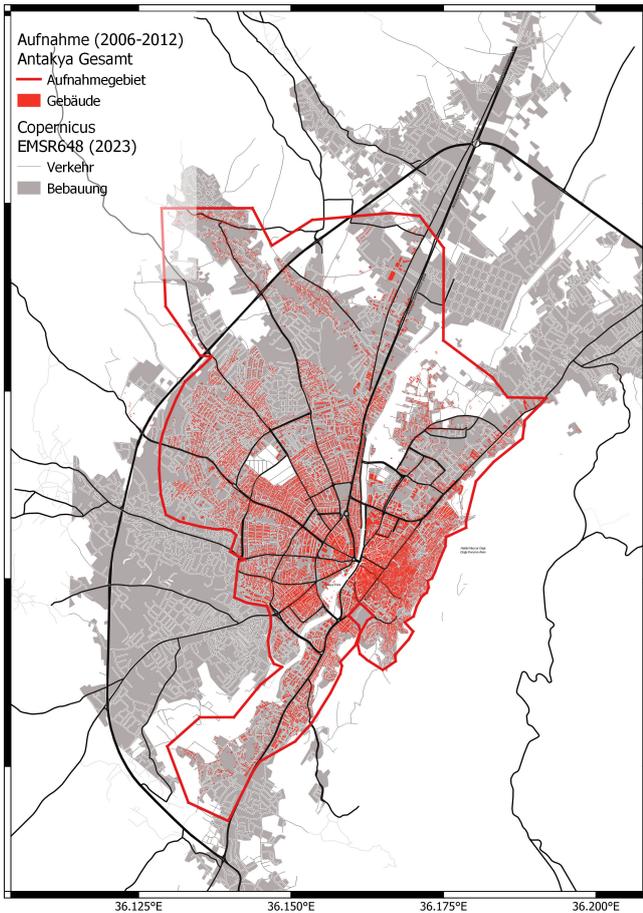
**Frage 4:** Welchen Wert haben die damaligen Auswertungen und wie können die Ergebnisse wie zum Beispiel die Bestandserhebungen und Messungen im Weiteren verwendet werden?

**Antwort:** Es bietet sich jetzt – trotz der Erfolglosigkeit der damaligen Initiativen – die einmalige Gelegenheit, diese unikalenen Vorarbeiten, Bestandserhebungen und bereits publizierten Schadensprognosen des SERAMAR-Projektes nochmals in den Fokus der Öffentlichkeit zu rücken oder in laufende Vorhaben zu integrieren.

Der forschungswürdige Ansatz besteht aus Sicht der Autoren darin, das Verhalten vorgeschädigter Bauwerke unter weiteren Starkbeben zu untersuchen und dabei die in Quantität und Qualität einmalige Bandbreite der Schadensgrade von unterschiedlichen Bauweisen unter sehr unterschiedlichen (breit gefächerten) Einwirkungsintensitäten einbeziehen zu können.

Es ist notwendig hervorzuheben, dass sich bereits der im Zeitfenster 2005 bis 2008 erstmals erhobene Bauwerksbestand dramatisch zahlenmäßig erweitert hat. **Bild 4** vermittelt einen Eindruck von dieser rasanten Stadtentwicklung und territorialen Expansion. Es ist nicht auszuschließen, dass gerade diese Stadterweiterung nach 2012 weitgehend unkontrolliert erfolgte.

Im SERAMAR-Projekt wurden verschiedene Szenarien durchgespielt und auf Basis der Schäden auch Prognosen über die zu erwartenden Verletzten und Toten in den aufgenommenen Stadtgebieten kartiert. Diese können auf ihre Belastbarkeit und im Hinblick auf die SHAKEmap-Routinen überprüft werden.



**Bild 4.** Kartierung der Stadtentwicklung von Antakya; Darstellung des Aufnahmegebiets im Rahmen des SERAMAR-Projektes (2006 bis 2012) und der Situation Februar 2023. Grafik: SERAMAR project

Steps	Certificate		
	1 Gold	2 Silver	3 Bronze
<b>Vulnerability Assessment</b>			
(1) Field survey and visual inspection of the building	✓	✓	✓
(2) Evaluation of the building documentation I – coarse			✓
(3) Evaluation of the building documentation II – detailed	✓	✓	
(4) Analytical investigation I – based on (2)			✓
(5) Analytical investigation I – based on (3) and (4)	✓	✓	
(6) Instrumental testing and determination of the dynamic building characteristic	✓	✓	
(7) Long-term building monitoring system	✓		
<b>Damage Prognosis</b>	✓	✓	

**Bild 5.** Vorschlag zur Gebäude-Zertifizierung auf Basis der durchgeführten Verletzbarkeitsanalysen und Szenarien bezogenen Schadensprognosen Grafik: entnommen aus einem Poster zum Workshop 2010, siehe <https://edac.biz/projekte/seramar>

Teil des SERAMAR-Projektes war die seismische Instrumentierung ausgewählter Gebäude, wobei die Geräte durch Syscom AG großzügig (unentgeltlich) zur Verfügung gestellt wurden. Der mühsame Weg der Instrumentierung lässt sich an den verschiedenen Beiträgen zu Türkischen und Welterdbebenkonferenzen ([9] bis [12]) nachvollziehen.

Die gewonnenen Messdaten der Bauwerksreaktion ermöglichten es, Modellkalibrierungen für belastbare analytische Schadensprognosen vergleichbarer Gebäudetypen vorzunehmen (u. a. [13], [14]). In diesem Kontext wurden quasi die gesamte Palette der Ingenieurinstrumentarien ausgereizt, und es gab konkrete Vorschläge, diese bei Zertifizierung der mehrgeschossigen Stahlbetongebäude zur Anwendung zu bringen (**Bild 5**).

**Frage 5:** Wie haben sich diese instrumentierten, für den Bestand repräsentativen Gebäude verhalten?

**Antwort:** Die in den **Bildern 6** und **Bildern 7** zusammengefassten Fotoübersichten zeigen die drei instrumentierten Stahlbeton- und die zwei ebenfalls instrumentierten Mauerwerksgebäude (Ata Collage und Stadtverwaltung) zum Zeitpunkt der Instrumentierung und – soweit verfügbar und zugänglich – aktuell. Folgende Schadensbeschreibungen liegen von türkischer Seite vor:

Das Schulgebäude (ein Typenprojekt, das bereits beim Bingöl-Erdbeben 2003 durch mehrere Versagensfälle auffiel [15], und danach verstärkt wurde, zeigt lediglich geringe Schäden, woraus geschlussfolgert werden kann, dass einerseits aus den Erfahrungen gelernt wurde und andererseits die Baunormen sachgerecht umgesetzt wurden (Bilder 6a und 6d).

Das 5-geschossige Wohngebäude, das umfangreich untersucht wurde (u. a. [14]) hat die Erdbebenserie überraschend gut überstanden. Die am 3D-Modell durchgeführten Analysen und abgeleiteten Kapazitätskurven bestätigten bereits die zu erwartende Qualität einer ansatzweise erdbebengerechten Auslegung. Detailinspektionen (auch im Gebäudeinneren) werden zeigen, ob diese erste Bewertung aufrechtzuerhalten ist (Bilder 6b und 6e).

Das Krankenhaus, ein mit Tragwänden in beiden Richtungen stabilisiertes Gebäude ist in den weicheren „rahmenstabilisierten“ Mittelbereichen schwer geschädigt und nicht mehr in Betrieb. Detailaufnahmen zeigen die freigelegte Bewehrung und großen Schubrisse und das Totalversagen der nicht-strukturellen Mauerwerksausfachungen (Bilder 6c und 6f).

Die beiden Mauerwerksgebäude zeigen im Verhältnis zu den vielen Stahlbeton-TotalEinstürzen und unter Beachtung der Ereignisstärken aufeinanderfolgender Erdbeben eine zu erwartende Schädigung (bzw. ein Versagen) im oberen Geschoss (Bilder 7c und 7d).

Von allen Gebäuden liegen detaillierte Dokumentationen und Berechnungsmodelle vor, sodass Schadensanalysen mit den Beobachtungen abgeglichen werden können.

### 3 Makroseismische Bewertung, Intensität und SHAKEmaps

Erdbebenherde, Verwerfungen und registrierte Bodenbewegungen (eines dichten Stationsnetzes) sind die maßgeblichen Eingangsgrößen, um SHAKEmaps zu generieren. Die vom USGS in verschiedenen Versionen vorgelegten SHAKEmaps, [1], bestätigen die Probleme, Schüttergebietskarten nach herkömmlichen Punkt- oder Linienmuster des Herdes sowie der Herdzone (Verwerfungslinie) aufzubereiten. Bei der Erdbebenserie sind verschiedene Verwerfungen aktiv geworden. Die final reproduzierten und „prognostizierten“ Schütterwirkungen erklären sich nur aus einer „Krümmung“, die die Beobachtungen aufnimmt, um so letztlich auch die aktivierten Verwerfungszonen anhand der Maximalintensitäten darzustellen. (Auf eine Wiedergabe sei mit Verweis auf [1] verzichtet.)

**Schulgebäude**

a)

**Wohnhaus**

b)

**Krankenhaus**

c)



d)



e)



f)

**Bild 6.** Instrumentierte Stahlbetongebäude in 2006: (a), b), c) und nach der Bebenserie 2022: d), e), f) Fotos: eigene Darstellung

**Frage 6:** Wie sieht die makroseismische Auswertung aus; welche Intensität (EMS) ist zuzuordnen?

**Antwort:** Die makroseismische Karte und Bewertung müsste sich auf die beobachteten Effekte des ersten Hauptbebens beschränken. Es darf von  $I(EMS) = X$  ausgegangen werden. Die Interpretation der Schütterwirkungen am Ende der Ereignisserie würde eine unzutreffend überhöhte Zuordnung bieten. Es sei denn, man entscheidet sich, Karte für Ereigniskaskaden anzubieten und diese als solche zu kennzeichnen.

Übernimmt man die (auf eine Mikroregion beschränkte) Auswertungen von Bild 2, wäre zu konstatieren, dass hier eine „Rückrechnung“ (Anpassung) der Schadensgrade erforderlich wäre.

**Frage 7:** Kann man für diese Form der Ereignisserie eine Schadensprognose liefern?

**Antwort:** Die Prognose ist möglich, wenn sie sich auf den (geschädigten) Zustand der Gebäude nach dem ersten Ereignis bezieht. Das bedeutet rein umsetzungstechnisch, die Verletzbarkeit des Gebäudebestandes ist vorher so zu bewerten, dass sie die Qualität der nun (vor)geschädigten Gebäude aufnimmt und antizipiert. Dieses Vorgehen kann durch ein Vulnerability Adjustment umgesetzt werden.

Die Antwort legt es nahe, sich grundsätzlich mit „Kaskadenerignissen“ systematischer auseinanderzusetzen.

#### 4 Früherkennung und Warnung: Rapid Response to Earthquakes (RRE)

In dem EU-Vorhaben TURNkey ([16], <https://earthquake-turnkey.eu>) wurde sich mit der operationellen Erdbebenvorhersage (OEF) als Synonym für eine zeitabhängige Gefährdungsbeurteilung

sowie mit der Erdbebenfrühwarnung (EEW) und ihrem Einsatz sowohl in Echtzeit (während eines Ereignisses) als auch in nahezu Echtzeit bei der schnellen Reaktion auf Erdbebenauswirkungen (RRE) befasst, um die Lücke zwischen theoretischen Systemen und ihrer praktischen Anwendung in Europa zu schließen und um die Entscheidungsträger vor, während und nach einem Erdbeben (Decision Support) zu unterstützen. Im Fokus stand einerseits die Verfeinerung der seismischen Datenerfassung und andererseits ihre Nutzung und Auswertung in einer dafür entwickelten Plattform.

**Frage 8:** Hätte ein solches Instrumentarium Menschenleben retten und die enormen Schäden verhindern können?

**Antwort:** Wie nun von türkischer Seite immer deutlicher und nach Erklärungen fordernd dargestellt wird, ist eine große Anzahl der Gebäude „informell“ und nicht nach den erforderlichen Bauweisen- oder gar Erdbebenstandards ausgelegt oder gebaut worden. Insofern ist ihr Versagen nicht Schicksal, sondern hat Ursachen und Verantwortliche.

Das Beben ereignete sich in der Nacht, das heißt es hat die Bewohner unvorbereitet getroffen. Der Grad ihrer „Erreichbarkeit“ ist sicher als gering einzuschätzen. Denkbar wären sicher Alarmsysteme, für die die technischen Voraussetzungen erst zu schaffen wären.

Die TURNkey-Plattform hätte aber im Vorfeld zur Awareness und vielleicht auch zur Preparedness beigetragen, da sie vom Anwender (hier: der Stadt) abverlangt, den Gebäudebestand darzustellen und zu bewerten. Insofern bedeutet das Angebot und die Verfügbarkeit von Tools, Handlungsdruck ausüben zu können.

**Frage 9:** Wie ist das Missverhältnis zwischen existierenden (mustergültigen) Erdbeben-Baunormen und unzureichender baupraktischer Umsetzung aufzulösen?

**Ata Collage**



a)

**Gebäude der Stadtverwaltung**



b)



c)



d)

**Bild 7.** Instrumentierte Mauerwerksgebäude vor und nach der Bebenserie 2022. *Fotos: eigene Darstellung*

**Antwort:** Im Rahmen des SERAMAR-Projektes wurde zum Workshop 2010 vorgeschlagen, eine Zertifizierung der Gebäude einzuführen. Dabei sollte die Qualität der Baukontrolle überprüft, die Erdbebentauglichkeit durch verschiedene ingenieurtechnische Untersuchungen nachgewiesen und den Bewohnern ein grundlegendes Risikoverständnis abverlangt werden (Bild 5).

Durch soziologische Studien und die unter Anleitung von Dr. Elke M. Geenen (ISOKIA, Kiel) durchgeführten Befragungen konnte erstmals eine Einschätzung der Resilienz der Bewohner klassifiziert, kartiert und somit mit der Verletzbarkeitsbewertung verschnitten und überlagert werden, [8].

**Frage 10:** Wie sieht es mit der Umsetzung erdbebengerechter Gebäude in Deutschland oder den D-A-CH-Staaten insgesamt aus?

**Antwort:** Bereits im Zusammenhang mit der Einführung des Gelbdruckes zu DIN 4149:2005 wurde eine statistische Erhebung des Gebäudebestandes in den durch Erdbebengebiete ausge-

wiesenen Bundesländer durchgeführt [17]. Sie bestätigt, dass die Mehrzahl der Wohngebäude vor der Einführung der ersten Erdbebenbaunormen errichtet wurden und unter einen Bestandsschutz fallen. Schadenspotenziale für deutsche Erdbebengebiete und den vorhandenen Gebäudebestand können den Beiträgen [18], [19] entnommen werden. Nicht zuletzt die Risikostudie „Erdbeben“ des BBK [20] bestätigt, dass auch in Deutschland ein nicht zu vernachlässigendes Erdbebenrisiko besteht und entsprechend sachlich-informativ kommuniziert werden sollte.

Die Erdbebenserie ist in der Stärke und den Auswirkungen nicht auf die gering- bis moderat-seismischen Erdbebenregionen Deutschlands zu übertragen. Dennoch obliegt es der Ingenieurverantwortung, Gefahren nicht zu verdrängen oder klein zu reden. Erdbebengerecht gebaute Häuser besitzen grundsätzlich Merkmale, die auch gegenüber anderen Naturgefahren grundsätzlich ein höheres Maß an Widerstandsfähigkeit gewährleisten (können).

## DANKSAGUNG

Die Autoren danken Dr.-Ing. Silke Beinersdorf, Dipl.-Ing. Christian Kaufmann, Dipl.-Ing. Tobias Langhammer und Dr.-Ing. Holger Maiwald vom Earthquake Damage Analysis Center (EDAC) für ihre Unterstützung bei der Aktualisierung der SERAMAR-Interseite und der Erstellung der Grafiken zur Erdbebenserie, die wie zum Beispiel die Karte der Verwerfungen und Epizentren oder SHAKEmap-Varianten aus Platzgründen nicht im Beitrag aufgenommen werden konnten.

## HINWEISE

Das nachfolgende Literaturverzeichnis erhebt keinesfalls den Anspruch auf Vollständigkeit. Vielmehr verweisen die Autoren auf den Versuch einer in der Chronologie möglichst umfassenden Auflistung der verschiedenen Beiträge auf der Internetseite <https://edac.biz/projekte/seramar>, um dem SERAMAR-Projekt weiterhin eine fundierte Grundlage für Kommunikation, Werbung, Öffentlichkeit und damit praktische Relevanz zu sichern. Anhand der Beiträge und ihrer Autorinnen und Autoren werden auch die bis dahin beteiligten Institutionen und Kolleginnen und Kollegen gewürdigt.

Letzte Präsentationen wurden zur 17. Welt Erdbebenkonferenz 2017 in Chile gegeben, um die Vorgehensweise der Datenerhebung, Bestandsaufnahme und intensitätsbasierten Szenariendurchführung international zu empfehlen und einzuführen. In Bild 4 wurden Daten des Copernicus Emergency Management Service (2023) verwendet.

## Literatur

- [1] *Hancılar, U.; Şeşetyan, K.; Çaktı, E.; et al.*: Kahramanmaraş – Gaziantep Türkiye M7.7 Earthquake, 6 February 2023 (04:17 GMT+03:00): Strong Ground Motion and Building Damage Estimations. Preliminary Report, 16.02.2023 (v6), Boğaziçi University Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute; Department of Earthquake Engineering, 2022.
- [2] *Raschke, M.; Wuttke, F.; Wenk, Th.*: Das Adana (Ceyhan) Erdbeben vom 27. Juni 1998. In: D-A-CH Mitteilungsblatt 17.2 (1998).
- [3] *Wenk, Th.; Lacave, C.; Peter, K.*: The Adana-Ceyhan Earthquake of June 27, 1998. Report on the Reconnaissance Mission from July 6 – 12, 1998 of the Swiss Society of Earthquake Engineering and Structural Dynamics (SGEB), p. 47.
- [4] *Schwarz, J.; Lang, D.H.; Raschke, M.* (2000): Die Erdbeben in der Türkei am 17.08.1999 und 12.11.1999. Ein Beitrag zur Ingenieuranalyse der Schäden. In: Bautechnik 77 (2000), Heft 5, S. 301–324.
- [5] *Schwarz J.; Abrahamczyk L.; Leipold M. et al.*: Vulnerability assessment and damage description for R.C. frame structures following the EMS-98 principles. In: Bulletin of Earthquake Engineering, Vol. 13 (2015), Iss. 4, pp. 1141–1159.
- [6] *Sigmund, V. et al.*: FRAMED–Masonry Composites for Modeling and Standardization, FRAMA, International Benchmark within Research Project. Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Croatia, [www.framed-masonry.com](http://www.framed-masonry.com), 2014.
- [7] *Lang, D.H.; Schwarz, J.; Abrahamczyk, L. et al.*: Seismic risk assessment and mitigation in the Antakya-Maras region (Southern Turkey) on the basis of microzonation, vulnerability and preparedness studies (SERAMAR). International Disaster Reduction Conference, Davos, Switzerland, August 27 – September 1, 2006.
- [8] *Abrahamczyk, L.; Schwarz, J.; Langhammer, T. et al.*: Seismic Risk Assessment and Mitigation in the Antakya-Maras Region (SERAMAR): Empirical Studies on the basis of EMS-98. In: Earthquake Spectra, Vol. 29 (2013), Iss. 3, pp. 683–704. doi.org/10.1193/1.4000163.
- [9] *Abrahamczyk, L.; Schwarz, J.; Lang, D.H. et al.*: Building monitoring for seismic risk assessment (I): Instrumentation of RC frame structures as a part of the SERAMAR project. In: Proceedings 14<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering, 12–17 October 2008, Abstract ID: 09–01–0140, Beijing, China, 2008.
- [10] *Genes, M.C.; Bıkçe, M.; Kaçın, S. et al.*: Building monitoring for seismic risk assessment (II): instrumental testing of RC frame structures and analytical reinterpretation of response characteristics. In: Proceedings: 14<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering, 12–17 October 2008, Abstract ID: 09–01–0140, Beijing, China, 2008.
- [11] *Genes, M.C.; Bıkçe, M.; Kaçın, S. et al.*: Identification of dynamic characteristics of multistory RC structures by combining instrumental and numerical data: case study Antakya, Turkey. In: Proceedings: Earthquake & Tsunami 2009, Istanbul, Turkey, 2009.
- [12] *Genes, M.C.; Erberik, A.M.; Abrahamczyk, L. et al.*: Vulnerability assessment of two instrumented masonry buildings in Antakya (Hatay, Turkey). 10<sup>th</sup> International Congress on Advances in Civil Engineering ACE2012 Middle East Technical University, Cultural and Convention Center, Ankara Turkey, 17–19 October 2012, Paper 1019, 2012.
- [13] *Schwarz, J.; Lang, D.H.; Abrahamczyk, L. et al.*: Seismische Instrumentierung von mehrgeschossigen Stahlbetongebäuden – ein Beitrag zum SERAMAR Projekt. D-A-CH Tagung 2007, Wien, Tagungsberichte, Beitrag 23, S. 14, 2007.
- [14] *Abrahamczyk, L.*: Kenngrößen zur Prognose des Verhaltens von Geschossbauwerken in Erdbebengebieten und Kriterien für den Ertüchtigungsbedarf. Dissertation. Schriftenreihe des Instituts für Konstruktiven Ingenieurbau der Bauhaus-Universität Weimar, Band 24, VDG Weimar, 2014.
- [15] *Schwarz, J.; Abrahamczyk, L.; Lang, D.H. et al.*: Ingenieuranalyse von Erdbebenschäden: Das Bingöl (Türkei) Erdbeben vom 1. Mai 2003. In: Bautechnik 81 (2004), Heft 6, S. 445–460. doi.org/10.1002/bate.200490107.
- [16] TURNkey project 821046-part B. TURNkey general presentation for work packs (WPI), H2020-SC5–2018. 2019.
- [17] *Abrahamczyk, L.; Langhammer, T.; Schwarz, J.*: Erdbebengebiete der Bundesrepublik Deutschland – eine statistische Auswertung. In: Bautechnik 82 (2005), Heft 8, S. 500–507. doi.org/10.1002/bate.200590166.
- [18] *Schwarz, J.; Langhammer, T.; Kaufmann, C.*: Quantifizierung der Schadenspotentiale infolge Erdbeben – Teil 1: Rekonstruktion des Bebens in der Schwäbischen Alb vom 03. September 1978. In: Bautechnik 82 (2005), Heft 8, S. 520–532. doi.org/10.1002/bate.200590170.
- [19] *Schwarz, J.; Langhammer, T.; Kaufmann, C.*: Quantifizierung der Schadenspotentiale infolge Erdbeben (2): Modellstudie Baden-Württemberg. In: Bautechnik 83 (2006), Heft 12, S. 827–841. doi.org/10.1002/bate.200610072.
- [20] Bericht zur Risikoanalyse im Bevölkerungsschutz 2019. „Risikoanalyse Erdbeben“ Unterrichtung durch die Bundesregierung. 19. Wahlperiode. Drucksache 19/23825 vom 21.10.2020.

## Dr. - Ing. Jochen Schwarz



schwarz@uni-weimar.de  
Bauhaus-Universität Weimar  
Fakultät Bauingenieurwesen  
Institut für Konstruktiven Ingenieurbau  
Zentrum für die Ingenieuranalyse für Erdbebenschäden (EDAC)  
Marienstraße 13B, 99423 Weimar

Foto: Privat

## Jun. - Prof. Dr. - Ing. Lars Abrahamczyk



lars.abrahamczyk@uni-weimar.de  
Bauhaus-Universität Weimar  
Fakultät Bauingenieurwesen  
Institut für Konstruktiven Ingenieurbau  
Professur Komplexe Tragwerke  
Marienstraße 7A, 99423 Weimar

Foto: Privat

## Assoc. Prof. Dr. Mehmet Cemal Genes



cemal.genes@emu.edu.tr  
Eastern Mediterranean University (EMU)  
Civil Engineering Department  
Famagusta, North Cyprus Via Mersin 10, Turke

Foto: Privat