

## EINSATZ IN DAS GEBIET DES AFYON - SULTANDAGI ERDBEBENS VOM 03. FEBRUAR 2002

*Clemens Ende*<sup>1</sup>, *Yahya Y. Bayraktarli*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Erdbebenzentrum, Bauhaus-Universität Weimar    <sup>2</sup> Universität Karlsruhe

### Das Erdbeben

Am 3. Februar ereignete sich ein Erdbeben der Magnitude  $M_S = 6.5$  (03. Februar, 2002, 09:11 Uhr Ortszeit, 07:11:29:18 UTC, Tiefe 10 km, 38.521N 31.156E, nach USGS) in der türkischen Provinz Afyon. Das Epizentrum wird nach Angaben vom USGS zwischen den Städten Cay und Sultandagi angegeben. In den ersten Tagen ereigneten sich mehrere Nachbeben, deren Magnituden  $M_S > 5.0$  erreichten. Während des Hauptbebens wurden über 50 Menschen getötet, mehrere hundert verletzt und tausende obdachlos. Die Hilfsmaßnahmen der Regierung für die betroffene Bevölkerung waren gut organisiert.

Das Epizentralgebiet ist dünn besiedelt und wird hauptsächlich landwirtschaftlich genutzt. Es erstreckt sich in Ost-West-Richtung von Aksehir über Cay bis nach Cobanlar mit einer Entfernung von 40 km. Die Nord-Süd-Ausbreitung von Bolvadin über Cay bis in den im Süden gelegenen Gebirgszug beträgt 20 km (Abb. 1).

Nach der türkischen Erdbebennorm wird dem Gebiet die höchste Bodenbeschleunigung zugewiesen, das Beben kann somit nicht als Überraschungsereignis betrachtet werden.

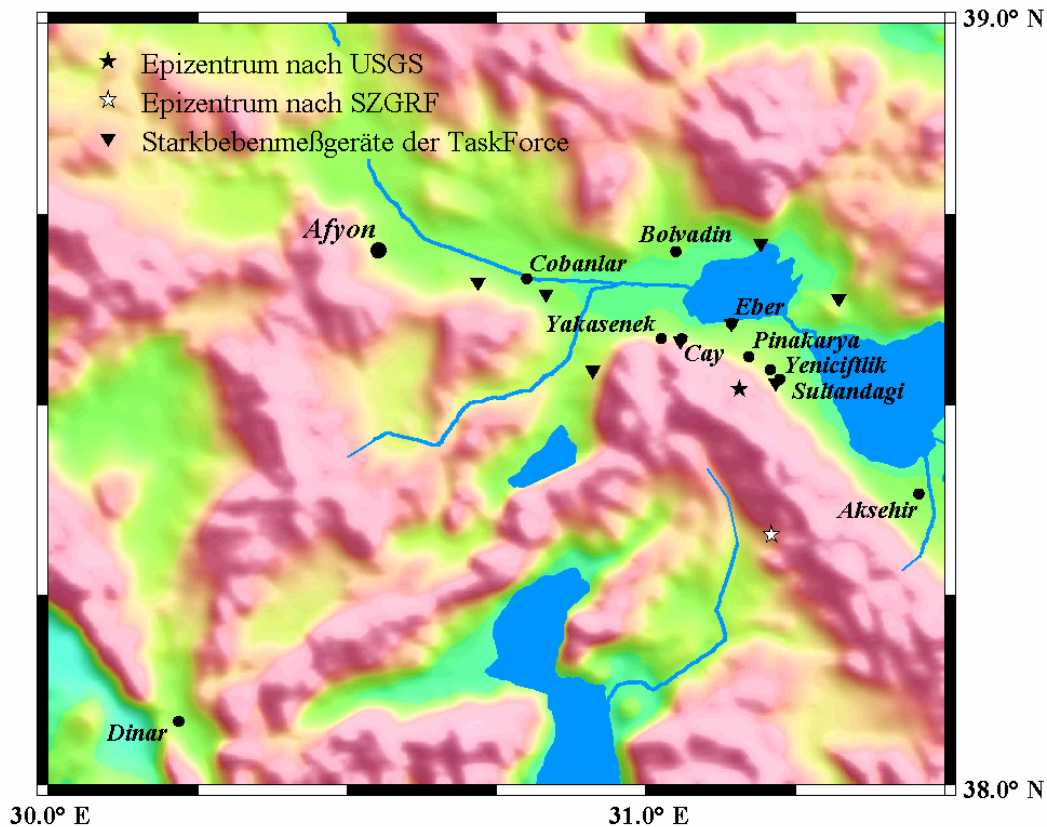


Abb. 1. Karte des Bebengebietes



**Abb. 2.** Totalschaden eines 8-geschossigen Wohnhauses



**Abb. 3.** Detail zu Abb. 2, Anschluß Riegel - Wand

### **TaskForce und Aufgaben**

Am 06. Februar 2002 traf eine Gruppe der Deutschen TaskForce im Bebengebiet ein. Sie bestand aus Mitgliedern des Geo-ForschungsZentrums Potsdams (Claus Milkereit und Heiko Woith), der Universität Karlsruhe (Yahya Y. Bayraktarli) und der Bauhaus-Universität Weimar (Clemens Ende). Begleitet wurde die TaskForce von Mitarbeitern des türkischen Generaldirektorates für Katastrophenangelegenheiten (AFET). Andere internationale Gruppen sind im Bebengebiet nicht angetroffen worden.

Ziele des Einsatzes waren die Erfassung der Nachbebenstätigkeit durch den Aufbau eines seismologischen Netzes mit 8 Starkbebenmeßgeräten (Abb. 1), die Untersuchung der hydrogeologischen Gegebenheiten im Gebiet, die Erfassung der aufgetretenen Bauwerksschäden und erstmals die Instrumentierung von Bauwerken mit Starkbebenmeßgeräten.

### **Bauwerksschäden**

Die Gruppe Bau der TaskForce untersuchte systematisch die Städte und Dörfer im Bebengebiet. Hohe Schadenskonzentrationen waren in Cay, Eber, Yeniciftlik, Yakasenek und Pinakarya festzustellen, die wie folgt bewertet werden:

- Schäden an traditionellen (adobe) Bauweisen dominierten,
- Mauerwerksbauten mit Stahlbetondecken waren vielfach geschädigt (große Spanne der Schadensgrade),
- Stahlbetonrahmenkonstruktionen erlitten selten Schaden.

Die Schadensbilder im nördlichen Stadtrandgebiet von Cay (Epizentrum) stellen im Bebengebiet eine Ausnahme dar. Betroffen sind dort gleichermaßen Stahlbetonrahmenkonstruktionen, mehrgeschossige Mauerwerksbauten und Stahlbetonrahmenhallen.



**Abb. 4.** 3-geschossiger Mauerwerksbau



**Abb. 5.** 2 1/2-geschossiger Mauerwerksbau



**Abb. 6.** 4-geschossige "Mischbauweise"



**Abb. 7.** Detail aus Abb. 6, Kombination Bruchsteinmauerwerk mit Hohlziegeln

Ursachen waren konstruktive und baustoffliche Mängel, die auch am Einsturz eines 8-geschossigen Wohngebäudes in (Abb. 2 und 3) beobachtet werden konnten. Im Nachbarwohngebiet erlitten die meisten Mauerwerksbauten den Schadensgrad 3, einige 4 bis 5 (EMS-98). Häufigste Ursache für diese Schäden waren weiche Geschosse (z. B. Läden oder Werkstätten im Erdgeschoss) und unzureichend bemessene Wände (Abb. 4). Charakteristisch für diese Gegend sind zweischalige Außenwände mit einer Dämmschicht, wobei beide Mauerwerksschalen nicht miteinander verbunden sind und meistens die Stoßfugenvermörtelung fehlt. Im selben Wohngebiet befanden sich auch Gebäude, die kaum Schäden aufwiesen. Dazu zählt auch das 2 1/2-geschossige Haus in Abbildung 5, das vom selben Bautyp wie das in Abbildung 4 dargestellte Gebäude ist, aber nicht das schwache Erdgeschoß besitzt.

Auffällig waren auch "Mischbauweisen" im Sinne der Kombination verschiedener Mauerwerksarten (Abb. 6 und 7).

Das im Osten gelegene Industriegebiet von Cay bestand aus mehreren Stahlbetonrahmenhallen (Abb. 8). Die Mehrzahl der Hallen stürzte ein (siehe Bsp. in Abb. 9). Hauptursache für das Versagen der Konstruktion war die massive Dachkonstruktion auf zu gering bemessenen Stützen, fehlende Rahmenwirkung und das Herausfallen der Querwände (Abb. 8). Eine weitere Ursache für die hohe Anzahl von geschädigten Bauwerken verschiedenster Bauweisen in Cay ist zurückzuführen auf die unmittelbaren Nähe zum Epizentrum und der damit zu erwartenden höheren Bodenbeschleunigung.

In geringer Entfernung zum Epizentrum überstanden die jüngeren Gebäude (z.B. reine Mauerwerksbauten oder Stahlbetonrahmenkonstruktionen) die Erdbebeneinwirkung mit



geringen bzw. sogar ohne Schäden (Abb. 10). Traditionelle Bauweisen (Verletzbarkeitsklasse A nach EMS-98) wurden dagegen stark in Mitleidenschaft gezogen. Eine Vielzahl von Einstürzen war in den Ortschaften Eber (Abb. 11), Yeniciftlik und Yakasenek. Verantwortlich hierfür sind konstruktive Mängel, z.B. fehlende Aussteifungen, schwere Dachausbildungen und wiederum die unvorteilhafte Kombination von unterschiedlichen Baumaterialien.



**Abb. 8.** *Geschädigte Stahlbetonhalle*



**Abb. 9.** *Eingestürzte Stahlbetonhalle*



**Abb. 10.** *Eingestürzte traditionelle Bauweise vor jüngerem Gebäude in Eber*



**Abb. 11.** *Fachwerk mit Ziegelsteinfüllung, linker Bildrand umgekipptes Minarett*

Diese Beobachtungen verdeutlichen die hohe Verletzbarkeit traditioneller Bauweisen, die bei den hier aufgetretenen Schütterwirkungen versagten.

In den Orten Bolvadin, Cobanlar, Aksehir und Umgebung sind nur noch vereinzelt Schäden an höheren Gebäuden (leichte Risse) oder Moscheen (Umkippen des Minarettts) aufgetreten.

Auch während dieses Einsatzes konnten Schadensmechanismen beobachtet werden, die bereits bei früheren Einsätzen in der Türkei zahlreich dokumentiert wurden (Siehe auch DACH- Mitteilungsblätter: [1], [2] und [3]). Es bestätigte sich die Erfahrung, dass die Einhaltung der Normen und Grundregeln des erdbebengerechten Bauens entscheidend für das Überleben der Menschen und die Minimierung wirtschaftlicher Schäden ist.

## Meßtechnische Instrumentierung ausgewählter Stahlbetongebäude

In den ersten Tagen des Einsatzes (08. bis 12.02.02) wurden in Sultandagi mehrgeschossige Stahlbetongebäude mit Starkbebenmeßgeräten instrumentiert, um das Antwortverhalten der Strukturen unter den Nachbeben aufzuzeichnen. Dafür wurde ein Bauwerkstyp in zwei verschiedenen Rohbaustadien ausgesucht. Die Rohbauphase 1 zeigt die reine Stahlbetonskelettstruktur (Abb. 12), Rohbauphase 2 ist durch die Ausfachung mit Mauerwerkswänden gekennzeichnet (Abb. 13).

Das in Bauphase 1 befindliche Gebäude hat während des Bebens nur sehr leichte Schäden (Abplatzungen an Stützenfüßen) erfahren, wohingegen das Gebäude der zweiten Bauphase Schädigungen im Bereich der Ausfachungen erlitt.



**Abb. 12.** *Instrumentiertes Gebäude, Rohbauphase 1*



**Abb. 13.** *Instrumentiertes Gebäude, Rohbauphase 2*

In beiden Gebäuden wurden zwei Tage lang je ein Starkbebenmeßgerät im Erdgeschoß und im 5. Obergeschoß in der vertikalen Gebäudeachse installiert. In 30 Metern Entfernung wurde eine zusätzliche Freifeldstation aufgebaut, um die Beben genauer detektieren zu können. Die Planungsunterlagen der Gebäude wurden vom zuständigen Bauamt zur Verfügung gestellt und sind durch ein Aufmaß vor Ort mit den Bauwerksmaßen abgeglichen worden.

### Literatur

- [1] Das Adana - Ceyhan Erdbeben vom 27. Juni 1998, *DACH- Mitteilungsblatt*, Band. 17, 2, August 1998.
- [2] Das Kocaeli (Türkei) Erdbeben vom 17. August 1999, *DACH- Mitteilungsblatt*, Band. 18, 2, September 1999.
- [3] Post-TaskForce Einsatz in den Erdbebengebieten der Türkei, *DACH- Mitteilungsblatt*, Band. 20, 1, April 2001.