



Mohammadreza Nili

# DAS ERDBEBEN IN BAM (TEKTONIK UND SEISMIK)

PROF. DR.-ING. UWE E. DORKA

# Gliederung

- Allgemeines

- 1.1. Erdbeben und ihre Ursachen
- 1.2. Tektonische Beben

- ERDBEBENGEFÄHRDUNG DES IRAN

- 2.1. Tektonik des Iran
- 2.2. Erdbebengefährdung iranischer Städte

- Bam

- 3.1. Die Bauwerke in Bam
- 3.2. Das Erdbeben in Bam im Jahre 2003
- 3.3. Berechnete Bodenverformungen für ein vereinfachtes Herdmodell
- 3.4. Intensität
- 3.5. Erdbebengefährdung der Stadt Bam

# 1. Allgemeines

## 1.1 Erdbeben und ihre Ursachen

Erdbeben sind Erschütterungen der Erdoberfläche, die durch geologische Vorgänge in der Erdkruste und im oberen Erdmantel ausgelöst werden. Sie werden in fünf Kategorien unterschieden:

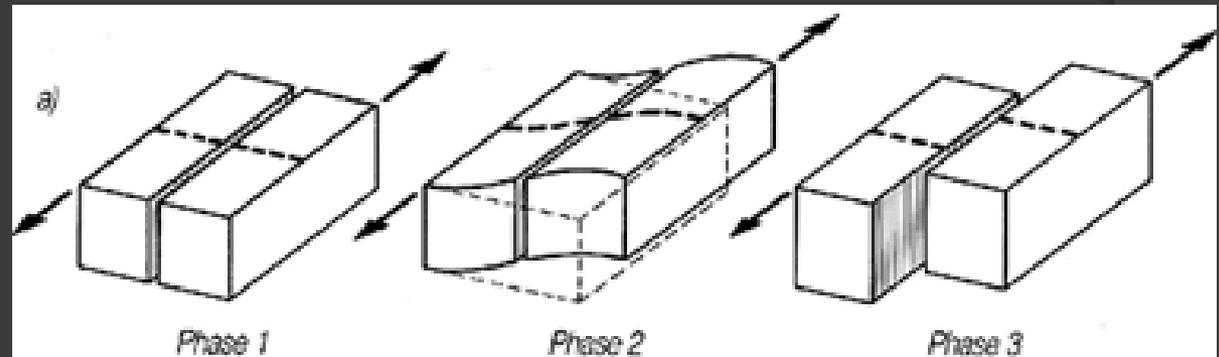
- ⊙ Tektonische Beben
- ⊙ Vulkanische Beben
- ⊙ Einsturzbeben
- ⊙ Stauseeinduzierte Beben
- ⊙ Künstliche Beben oder Explosionsbeben

Unter ingenieurseismologischen Betrachtungen stehen qualitativ und quantitativ die tektonischen Beben (sog. Dislokationsbeben) im Vordergrund

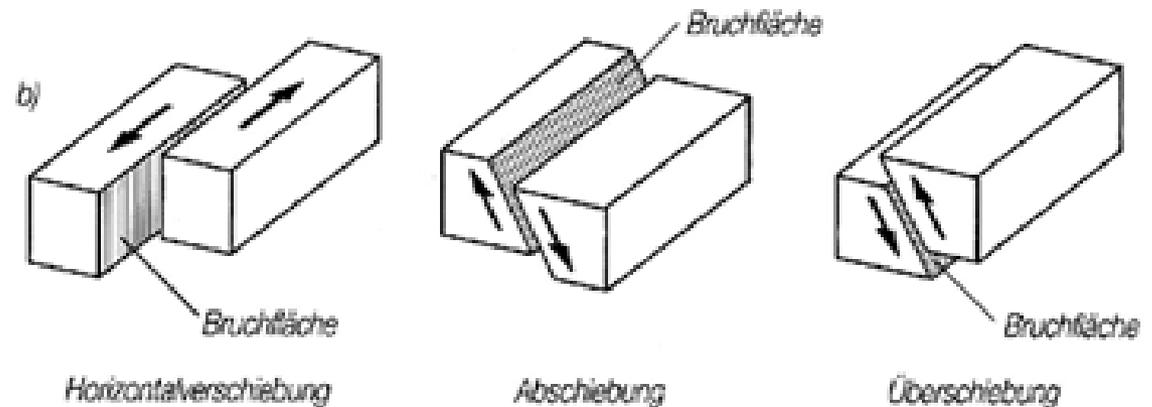
# 1.2 Tektonische Beben

Schematische Darstellung der Entstehung von Erdbeben:

a) Verformung  
und Verschiebung  
von Blöcken



b) Mögliche  
Blockverschiebungen

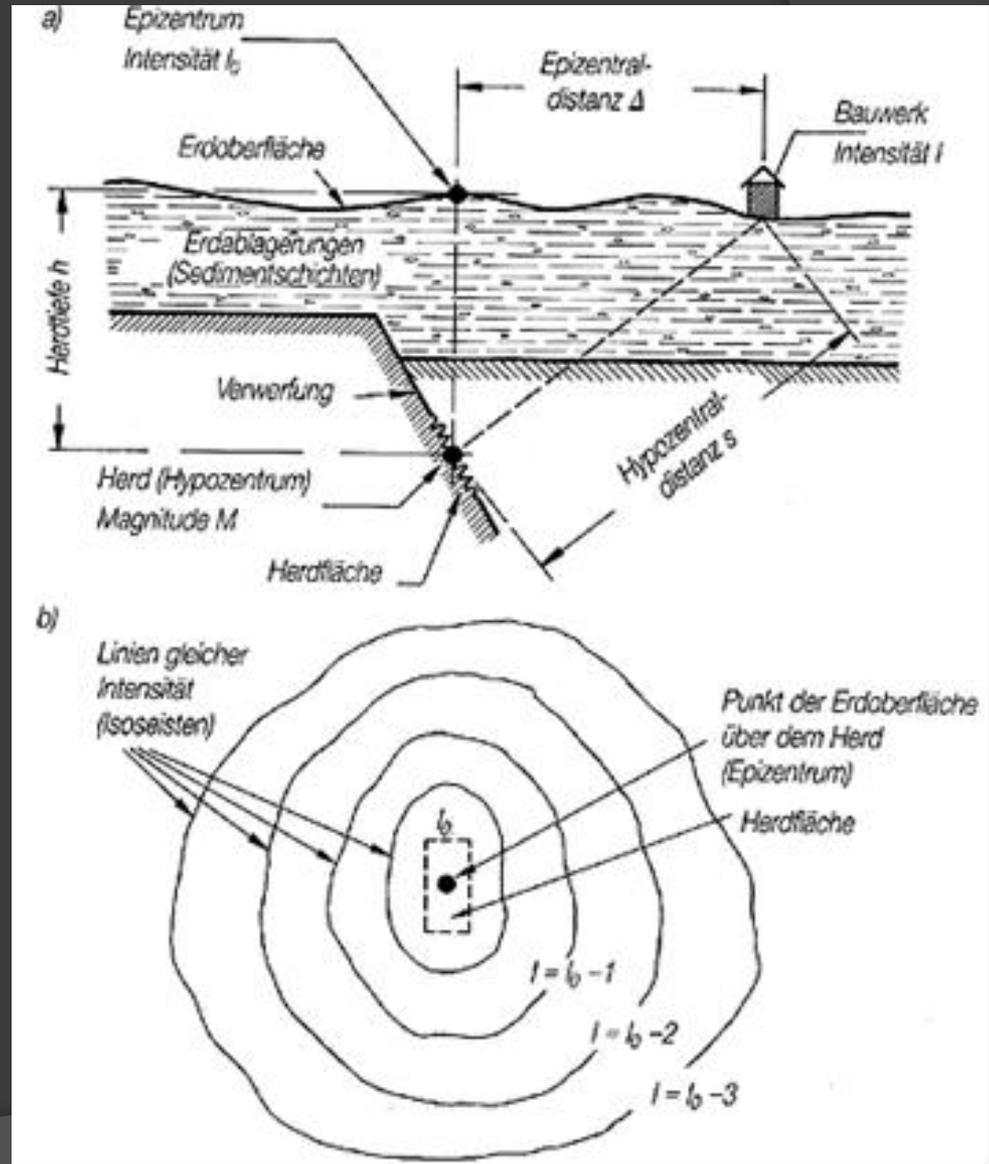


# 1.2 Tektonische Beben

Wichtige Merkmale von Erdbeben in :

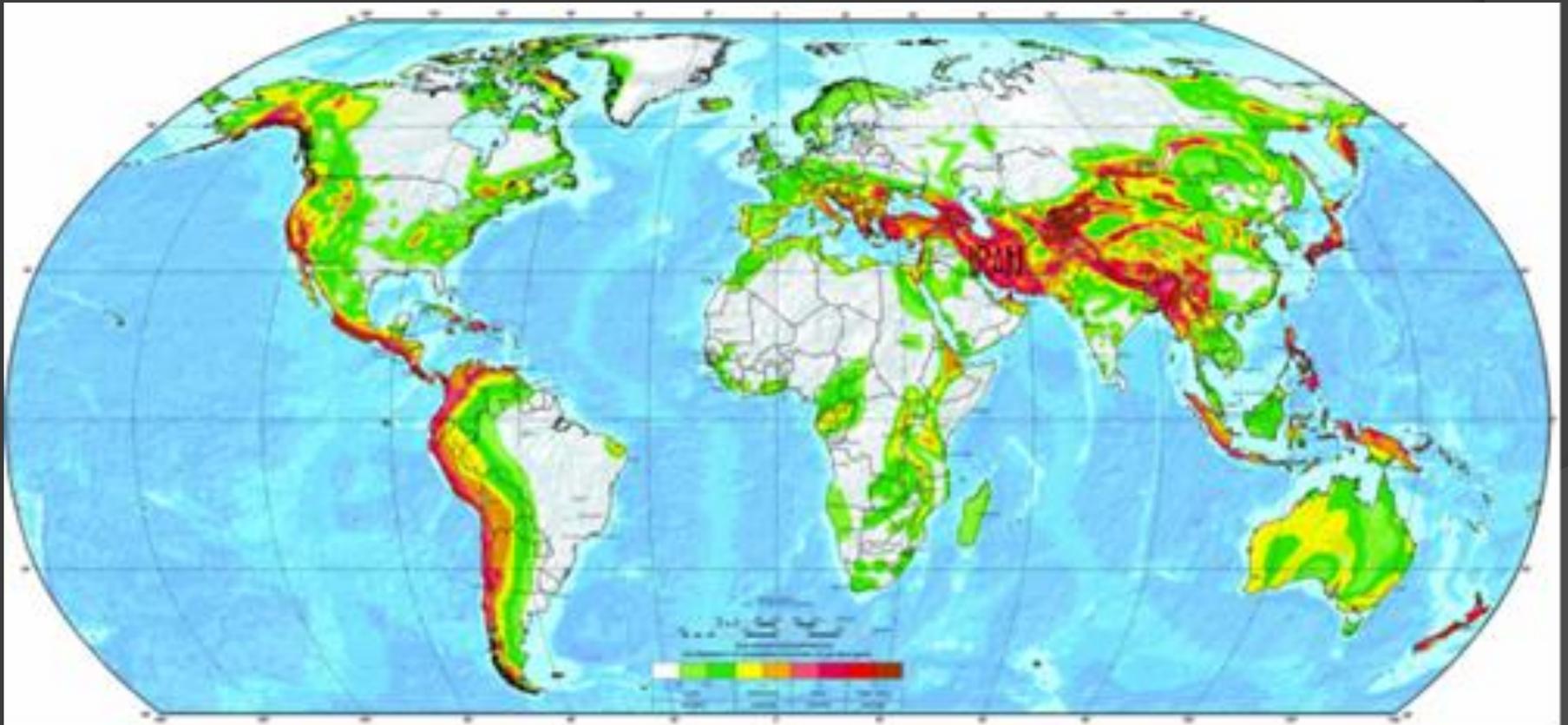
a) Schnitt durch Herdgebiet

b) Isoleistenkarte



# 2. ERDBEBENGEFÄHRDUNG DES IRAN

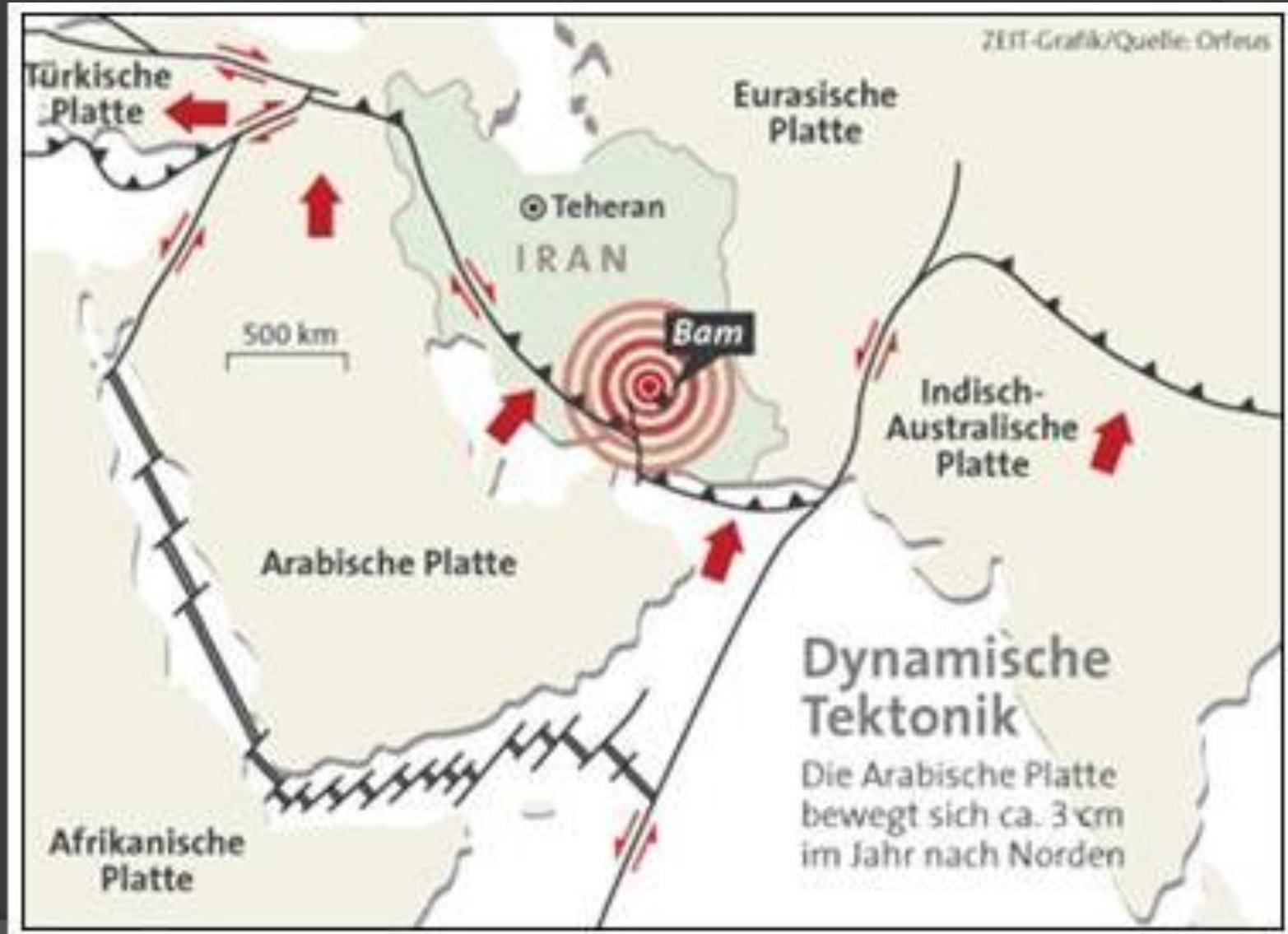
## 2.1 Tektonik des Iran



## 2.1 Tektonik des Iran

- Die iranische Platte gehört zu den erdbebengefährdetsten Gebieten der Welt. Sie liegt auf dem mittleren Teil des Alpen-Himalaya-Gürtels, der von Portugal in Richtung Südeuropa und Türkei läuft und bis Südostasien reicht .
- Die iranische Platte grenzt im Norden an die euroasiatische Platte, im Westen an die türkische, im Osten an die indisch-australische Platte und im Süden an die arabische Platte. Dadurch sind keine Verschiebungsmöglichkeiten gegeben.

## 2.1 Tektonik des Iran



## 2.1 Tektonik des Iran

- Die arabische Platte bewegt sich mit einer jährlichen Geschwindigkeit von ca. 30 mm in Richtung Nord bis Nordost. Sie setzt die iranische Platte unter ständige gewaltige Spannung und verursacht die Verformungen in der iranischen Kruste.
- Eine indirekte Verformung wird auch durch die indisch-australische Platte verursacht, die sich in nördliche Richtung bewegt. Die Verformung der iranischen Kruste zeigt sich in einer noch immer andauernden Hebung des Gebirges und in Erdbeben. Die wichtigste tektonische Eigenschaft dieser Region wird durch das Aufschieben der arabischen Platte auf die iranische charakterisiert.

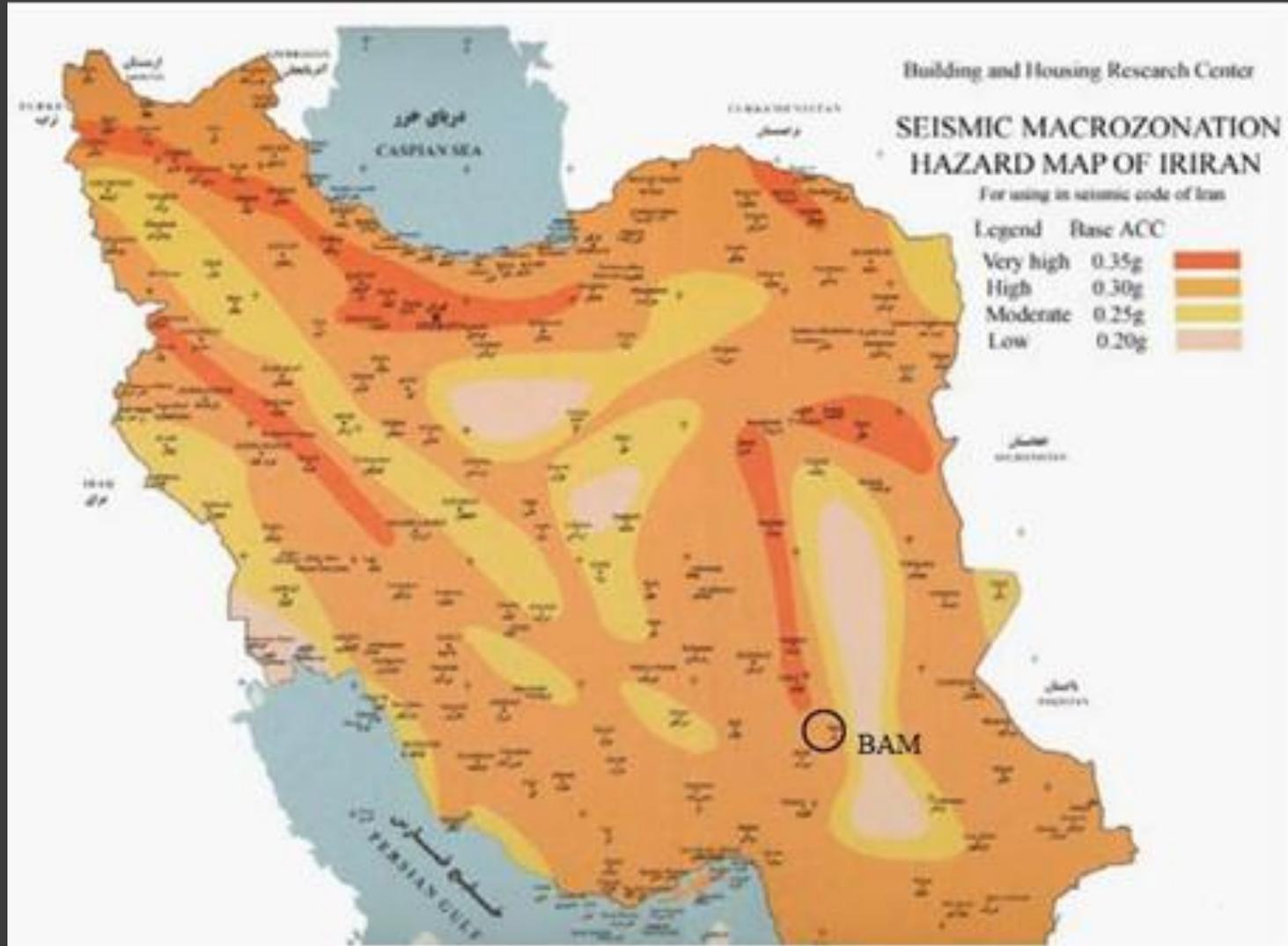
## 2.1 Tektonik des Iran

- Das Resultat der erwähnten Bewegungen und Stauderungen durch die arabischen und euroasiatischen Platten endet in einer allseitigen Einengung der Kruste im Iran.

Ein Teil der absorbierten Krustenverformung wird zur Verfaltung des Zagrosgebirges aufgewendet und der Rest wird in Form des Bebens in unregelmäßigen Abständen entlang der aktiven Störungen entladen.

- Die iranische Platte hat eine sehr zerstückelte und tektonisierte Erdkruste mit zahlreichen aktiven und passiven Verwerfungen. Plötzliche horizontale und vertikale Verschiebungen, aktive Verwerfungen sowie das Freiwerden der gespeicherten elastischen Verformungsenergie im Gestein sind die Gründe für iranische Erdbeben.

## 2.2 Erdbebengefährdung iranischer Städte



## 2.2 Erdbebengefährdung iranischer Städte

Die erdbebengefährdeten Gebiete des Irans sind in vier Hauptregionen aufzuteilen (nach Code 2800-1999 ):

- ⦿ Die Region Ost, bestehend aus Khorasan und Nordsistan
- ⦿ Die Region Nord entlang der Alborzgebirgskette bis nach Azerbaijan
- ⦿ Die Region entlang der Zagrosgebirgszüge bis nach Bandarabbas
- ⦿ Die Gebiete Makran und Balutschestan im Südostiran

## 2.2 Erdbebengefährdung iranischer Städte

- Große Städte im Iran befinden sich entweder an Berghängen oder am Beginn der Ebenen.
- Distanz zwischen den Bergspitzen und dem Zentrum von Städten beträgt durchschnittlich ca. 15 bis 20 km.

Die meisten Verwerfungen verlaufen entlang der Bergketten, was eine Epizentraldistanz von ca. 15 bis 20 km bedeutet.

Nach einer Statistik beträgt die durchschnittliche Epizentraldistanz von allen Städten, die durch ein Erdbeben der Stärke  $> 6.5$  auf der Richter-Skala zerstört wurden, ca. 11 km.

Da die Mehrheit der zerstörerischen Erdbeben tektonischer Natur sind, wird der Abstand der Störungsbrüche der Städte zusammengefasst.

# 3. Bam



# 3. Bam

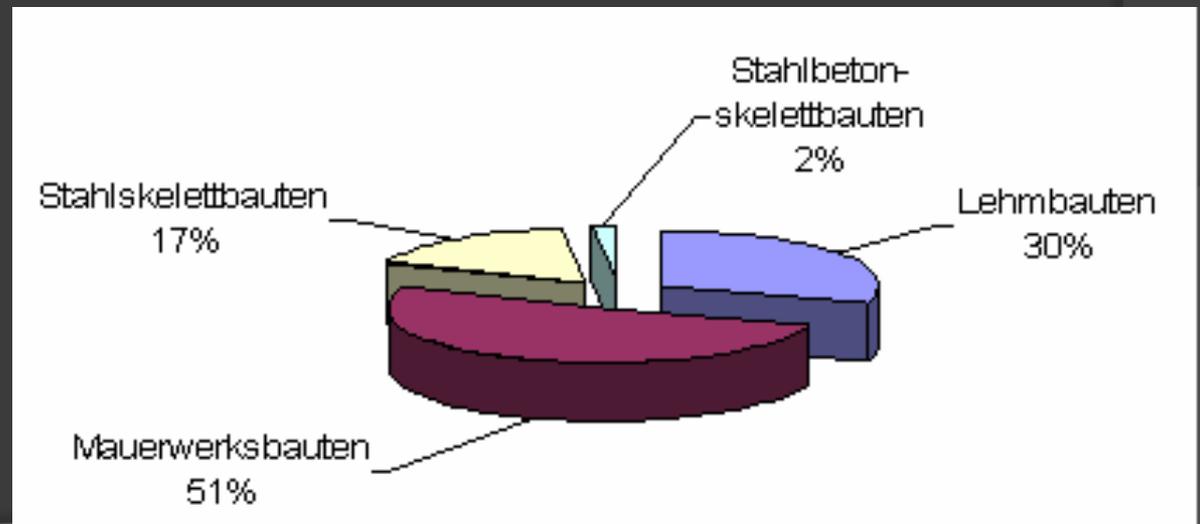
Bam liegt in der Provinz Kerman im Südosten des Iran, ca. 1060 m über dem Meeresspiegel, am südlichen Rand der Wüste Lut.

Die antike Stadt Bam ist ein Paradebeispiel für eine mittelalterliche Festungsstadt, die in der traditionellen einheimischen Bautechnik des Lehmbaus errichtet worden ist. Hierbei wurden Lehmschichten (Chineh) und luftgetrocknete Ziegel (Khesht) kombiniert. Da Bam eine Oasenstadt ist, wird die Wasserversorgung durch ein ausgeklügeltes Bewässerungssystem (Ganat) sichergestellt. Hierbei wird das Wasser vom Fuße des einige Kilometer entfernten Barezgebirges unterirdisch in die Stadt geleitet. Die Zitadelle und die umgebende Altstadt sind der größte erhaltene Lehmziegelkomplex aus antiker Zeit. Sie wurden auch als „Juwel aus Lehm“ bezeichnet.

# 3.1. Die Bauwerke in Bam

Die Bauwerke in Bam lassen sich in die folgenden Kategorien einteilen:

- Mauerwerksbauten
- Lehmbauten
- Stahlbauten
- Stahlbetonbauten



## 3.2. Das Erdbeben in Bam im Jahr 2003



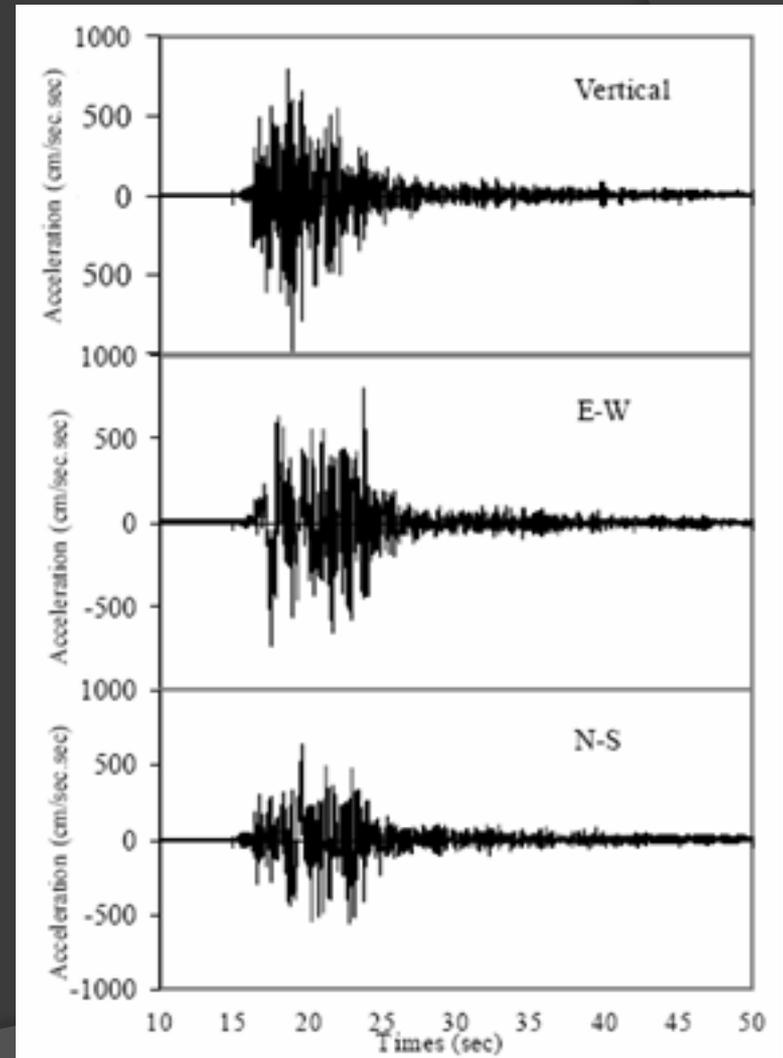
Am 26. Dezember 2003 um 5:26:52 AM Lokalzeit wurde die Stadt Bam von einem zerstörerischen Beben der **Stärke 6.5** auf der Richterskala erschüttert.

Der historische Stadtteil um die Zitadelle wurde vollständig zerstört.

Nach offiziellen Angaben kamen mehr als 40.000 Menschen ums Leben. etwa 50.000 wurden verletzt und 100.000 obdachlos.

## 3.2. Das Erdbeben in Bam im Jahr 2003

- Die Dauer der stärksten Erschütterung betrug für die horizontalen und vertikalen Komponenten max. 8 Sekunden.
- Die maximale Beschleunigung in die horizontale Richtung betrug  $0.799g$  und  $0.636g$ , in die vertikale Richtung betrug sie  $0.988g$ .



## 3.2. Das Erdbeben in Bam im Jahr 2003

- ⊙ Die **vertikale** Beschleunigung ist im Allgemeinen **kleiner** als die horizontale. Aber in einem Bereich nahe des Epizentrums und bei einer geringen Herdtiefe des Bebens kann die vertikale Beschleunigung gleich oder größer als der horizontalen sein.
- ⊙ Im vorliegenden Fall erreichten die P-Wellen das registrierende Beschleunigungs-Messgerät des Standortes Bam im Regierungs-amt eine Sekunde vor den S-Wellen. Das bedeutet eine Hypozentraldistanz von ca. sieben Kilometern. Es handelte sich um ein Flachbeben, dessen Hypozentrum unter der Stadt Bam lag. Die Herdtiefe wurde auf 6 bis 7 km geschätzt.

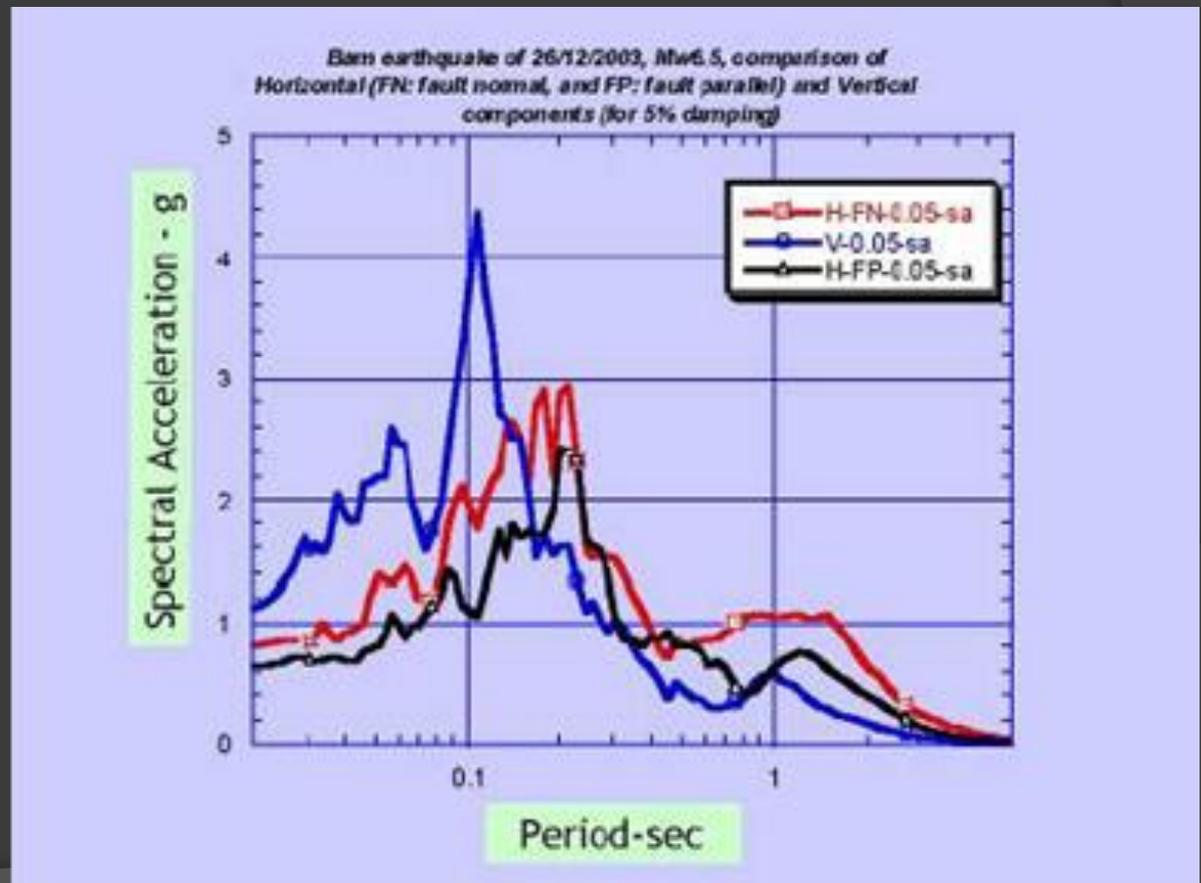
## 3.2. Das Erdbeben in Bam im Jahr 2003

- Nach den ersten Informationen soll die sogenannte Bam-Störung eine bis dahin nicht aktive Störung das Erdbeben verursacht haben. Diese geologische Verwerfung ist 50 km lang und verläuft zwischen Bam und Barawat wie alle Störungen in dieser Region in Nord-Südrichtung .

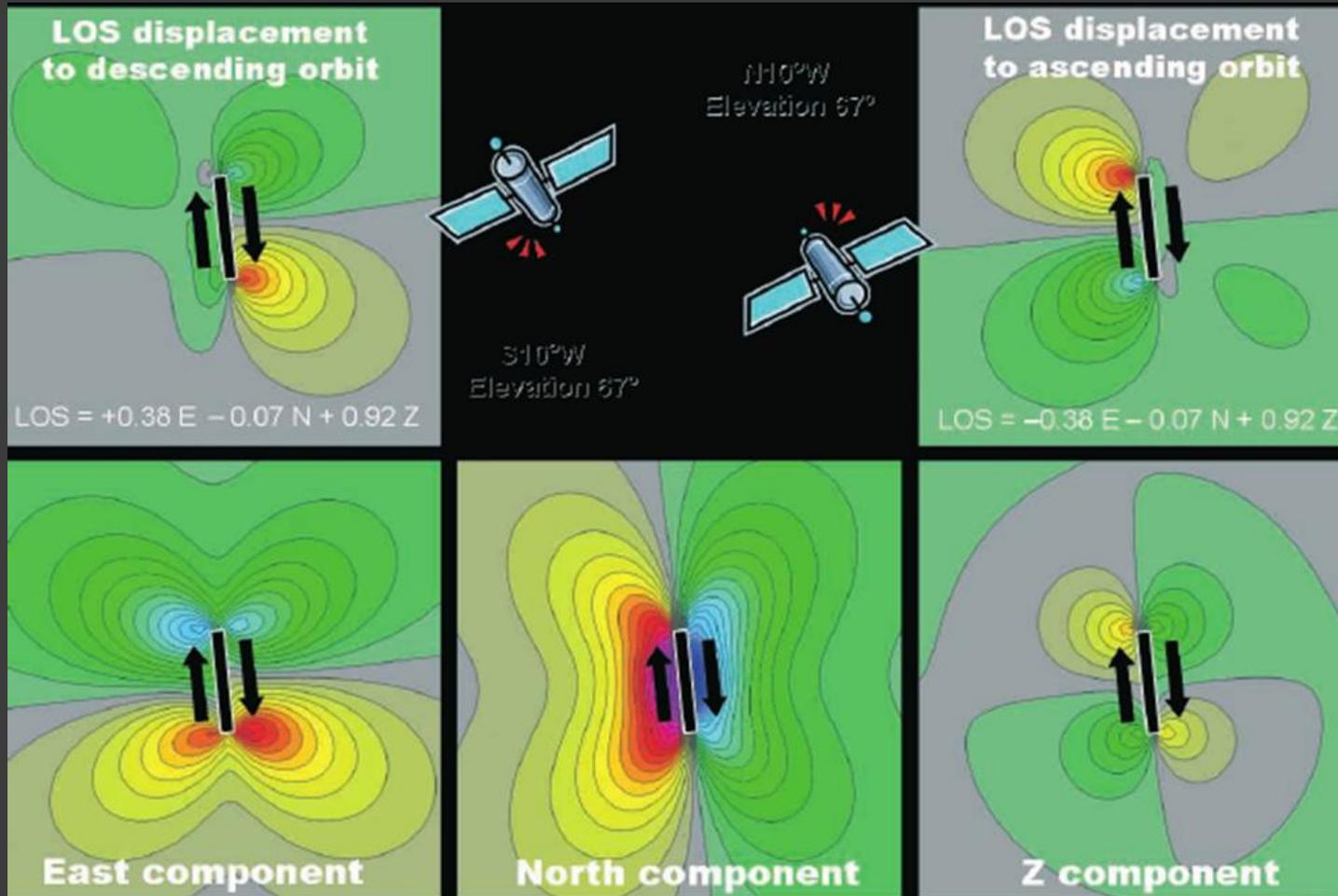
Später stellte sich heraus, dass nicht die Bam-Störung die Ursache für das Beben war, sondern eine bis dahin unbekannte Störung unter der Stadt Bam. Diese Tatsache wird dadurch bestätigt, dass die Konzentration der Zerstörung in Bam lag.

## 3.2. Das Erdbeben in Bam im Jahr 2003

Die Beschleunigung der Dämpfung für die verschiedenen Komponenten.



### 3.3. Berechnete Bodenverformungen für ein vereinfachtes Herdmodell



*grün-blau für negativ und gelb-rot für Positiv*

### 3.3. Berechnete Bodenverformungen für ein vereinfachtes Herdmodell

- *Die verwendete Bruchfläche ist 12 km x 12 km mit der Oberkante in einer Tiefe von 0,5 km. Ein homogener Versatz von 210 cm wurde angenommen.*
- *Streichen = 174°, Neigung = 88° und Versatz = 178°. Das Intervall der Konturlinien ist 2,8 cm (grün-blau für negativ und gelb-rot für Positiv).*

## 3.4.Intensität

- Die Intensität des Erdbebens in Bam und Barawat wurde mit IX nach der MM-Skala festgestellt. Sie nahm mit der Entfernung von Bam schnell ab, so dass in Arke Jadid (dort befinden sich eine freie wirtschaftliche Zone und das Industriegebiet von Bam), das 10-Kilometer von der Stadt Bam entfernt liegt, keine großen Schäden an Bauwerken beobachtet wurden. Die Dämpfung der Energie des Erdbebens war besonders in Richtung Ost-West schneller.

Aus diesen Beobachtungen wird deutlich, dass das vom Erdbeben betroffene Gebiet stark örtlich begrenzt war. Der betroffene Bereich umfasste Bam, Barawat und die umliegenden Dörfer.

## 3.5. Erdbebengefährdung der Stadt Bam

- Vor dem iranischen Erdbebenkatalog war bis zum 26.12.2003 kein Erdbeben in Bam verzeichnet. Dies kann auf Grund des Erhaltungszustands der historischen Stadt (Arge-Bam) bestätigt werden.
- In einer Studie der beratenden Ingenieure von Armanschahr aus dem Jahr 1991 wurde Bam trotzdem als erdbebengefährdet bezeichnet. Entsprechend weist der iranische Code 2800 in seiner ersten Fassung von 1988 Bam mit einer Bemessungsbeschleunigung von  $a = 0.35g$  als „sehr hoch gefährdet“ aus. Auch in der zweiten Fassung des Codes von 1999 wird Bam mit einer Bemessungsbeschleunigung von  $a=0.30g$  als „hoch gefährdet“ eingestuft.

# LITERATURVERZEICHNIS

- ◉ Müller, K.: Erdbebensicherung von Hochbauten, Ernst & Sohn, Berlin, 1984
- ◉ Bachmann, H.: Erdbebensicherung von Bauwerken, Birkenhäuser, Basel, 1995
- ◉ Mogaddam, Hassan: Earthquake Engineering, Farahang, Teheran, 2003
- ◉ Gero von Randow: Die Ansammlung aller Plagen. Die rohe Naturgewalt in der Geschichte, die Zeit, 31.12.2003
- ◉ Mirzaie, H. und Farzanegan, E.: Gosaresche Khili fori mogaddemati zamin larze Bam 1, BHRC, Teheran, 2004
- ◉ Farzangegan, H., Miorzaie, H.: Bam zamin larzeash miamuzad, BHRC, Teheran, 2004
- ◉ Zweijahresbericht 2004/2005 GeoForschungsZentrum Potsdam
- ◉ Code 2800: Iranian Code of practice for seismic Resistant Desing of Buildings, BHRC, Teheran, 2005



Mohammadreza Nili

# DAS ERDBEBEN IN BAM (TEKTONIK UND SEISMIK)