Die Ausstellung „Wenn die Erde bebt…“

Von

BRÜCKL, E., HERRMANN, R., HEUER, R., MITTERBAUER, U. & PARITHUSTA, R.

Mit 1 Abbildung und 6 Tafeln

Anschriften der Verfasser/Addresses of the authors:
E. BRÜCKL und R. PARITHUSTA
Institut für Geodäsie und Geophysik
Technische Universität Wien
Gusshausstraße 27-29
A-1040 Wien

R. HERRMANN
Lichtensteinstraße 60/14
A-1090 Wien

R. HEUER
Zentrum für Allgemeine Mechanik und Baudynamik
Institut für Hochbau und Technologie
Technische Universität Wien
Karlsplatz 13
A-1040 Wien

U. MITTERBAUER
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
Hohe Warte 38
A-1180 Wien

Journal of Alpine Geology	52	S. 1-11	Wien 2010

Einleitung

Erdbeben sind unregelmäßig in Raum und Zeit wiederkehrende Naturereignisse, die seit jeher die betroffenen Menschen in ihren Bann ziehen. Katastrophale Ereignisse, wie das Beben von Haiti, 12. Januar 2010, mit mehr als 200.000 Todesopfern mobilisieren international koordinierte Hilfsaktionen und Solidarität. Sie zeigen aber auch, wie unzureichend in vielen Ländern aus den unterschiedlichsten Gründen der Erdbebengefahr begegnet wird. Die intensive, aber oft nur kurze Präsenz derartiger Ereignisse in den Medien weckt bei vielen Menschen den Wunsch, mehr über das Phänomen Erdbeben in wissenschaftlich fundierter und über die momentane Aktualität hinaus gehender Weise zu erfahren. Als Beitrag zum Internationalen Jahr des Planeten Erde (IYPE) soll die Ausstellung „Wenn die Erde bebt…“ diesem Bedarf Rechnung tragen.

Die Ausstellung eröffnet dem Besucher 6 verschiedene Zugänge zum Thema Erdbeben (Abb. 1). Diese reichen von „Zerstörung und Schrecken“, über „Wahrnehmen und Beobachten“, „Messen“, „Erforschen“ und „Verstehen“, bis hin zu „Leben mit Erdbeben“.

Informationen und Erklärungen zu den einzelnen Stationen finden sich auf Postern. Objekte, Animationen und ein interaktives Computerprogramm unterstützen das Begreifen der physikalisch-geologischen Grundlagen. Angeleitet durch Pädagogen finden bereits Volksschüler Interessantes und Verständliches in der Ausstellung. Das fachliche Niveau entspricht den Ansprüchen eines interessierten Laien und selbst Studenten der Geowissenschaften werden das, in einer einführenden Vorlesung erworbene Wissen festigen und vernetzen können.

Die Ausstellung wurde am 15. Januar 2010 im Naturhistorischen Museum Wien eröffnet und verblieb dort bis zum 22. März 2010. Etwa 16.000 Besucher und 100 Führungen (davon 61 Schulklassen) bestätigten das breite, öffentliche Interesse. „Wenn die Erde bebt…“ ist als Wanderausstellung konzipiert und wird im Frühjahr 2010 an den Universitäten Salzburg und Innsbruck gezeigt. Im Juni 2010 ist sie nochmals in Wien an der Technischen Universität zu sehen und kommt schließlich anläßlich der PANGEO 2010 nach Leoben. Im Folgenden werden die 6 Stationen der Ausstellung vorgestellt.

1. Zerstörung und Schrecken

In der ersten Station der Ausstellung werden beispielhaft Zerstörung und Schrecken, hervorgerufen durch die Beben von San Francisco 1906 (TAFEL I, a), Alaska 1964 (TAFEL I, b), Kobe 1995 (TAFEL I, c) und L'Aquila 2009 (TAFEL I, d) vor Augen geführt. Schwere Beben zerstören nicht nur direkt durch die Bodenbewegung. Sie können Brände auslösen (TAFEL I, e), den Boden verflüssigen (TAFEL I, f), oder Bergstürze mit z. T. extremer Reichweite triggern. Ein Beispiel hierfür ist der Fels- und Eissturz vom 6768 m hohen Gipfel der Huascaran 1970, mit einer Reichweite von 27 km und einer maximalen Geschwindigkeit von ~ 280 km/h. Wie Beispiele aus Pakistan (Kashmir 2006) und Nordamerika (Hebgen 1959) zeigen (TAFEL I, g), können durch Beben ausgelöste Bergstürze natürliche Dämme bilden und Flüsse aufstauen. Diese Wassermassen stellen ein weiteres Gefahrenpotential dar. Seebeben lösen immer wieder Tsunamis aus. So wurde Hawaii mehrfach von Tsunamis, die durch Erdbeben

Abb. 1: „Wenn die Erde bebt…“ - 6 Zugänge zum Thema Erdbeben.

nahe den Küsten von Alaska und den Aleuten entstanden, heimgesucht. In besonderer Erinnerung ist der Tsunami im Indischen Ozean, der durch das Erdbeben von Sumatra (26. Dezember 2004) hervorgerufen wurde und 230.000 Menschenleben forderte (TAFEL I, h). Der Tsunami, der 2009 Küsten der Samoa Inseln überflutete und 39 Todesopfer forderte, stellt das bislang jüngste Beispiel dar.

2. Wahrnehmen und Beobachten

Nach einer Klärung der wichtigsten Begriffe der Erdbebenkunde (Seismologie) wird Giuseppe Mercalli (TAFEL II, a) und seine 12-teilige Skala der Erdbebenintensität vorgestellt. An einer interaktiven Graphikstation (TAFEL II, b) kann die Einschätzung der Intensität geübt werden. Im Weiteren werden Isoseistenkarten (Isoseisten = Linien gleicher Intensität) gezeigt und die daraus ableitbare Information angesprochen. Diese, unter dem Begriff der Makroseismik subsummierten Methoden beruhen ausschließlich auf Berichten der menschlichen Wahrnehmung, sowie der Beobachtung der Wirkung der Beben auf Tiere, Gebäude und die Erdkruste selbst. Die Beschränkung auf qualitative, ohne exakte Messung erfasste Daten könnte als unzeitgemäß und überholt betrachtet werden. Es wird jedoch gezeigt, daß diese Einschätzung keinesfalls richtig ist. So liegt ein besonderer Wert der Makroseismik in ihrer Anwendbarkeit auf die Erforschung historischer Beben und die damit verbundene Möglichkeit, die Erdbebenstatistik zeitlich wesentlich zu erweitern. Die Bewertung historischer Dokumente (TAFEL II, c) erfordert auch Wissen und Methodik eines/einer Historikers/Historikerin. Für Österreich konnte der Erdbeben-Katalog bis zum Jahr 1201 zurück geführt werden (TAFEL II, d, e), weltweit noch wesentlich weiter.

3. Messen

In den messtechnischen Teil der Erdbebenkunde führt ein Überblick über die historische Entwicklung des Seismometers ein. Das Seismometer ist ein Instrument zur Erfassung von seismischen Bodenbewegungen. Bereits 132 v. Chr. wurde in China von Chang Heng eine Vorrichtung zur Detektion von Erdbebenwellen, ein sogenanntes Seismoskop gebaut. Die ersten Seismometer mit mechanischer oder optischer Aufzeichnung entwickelten Ende des 19. Jahrhunderts John Milne in den USA und Emil Wiechert in Deutschland. Zwischen 1906 und 1914 legte Boris Galitzin mit einem elektrodynamischen Seismometer das Fundament für die moderne Seismometrie. Während bis etwa 1980 kurzperiodische (Schwingungsdauer ~ 1s) und langperiodische Schwingungen (Schwingungsdauer > 8s) von unterschiedlichen Geräten aufgezeichnet wurden, kann heute das gesamte Spektrum der Erdbebenwellen (Schwingungsdauer von ca. <0.05 s bis >360 s) mit einem einzigen Meßsystem, dem sogenannten Breitbandseismometer erfasst werden. Ein Modell-Seismometer (TAFEL III, a) und eine entsprechende Erläuterung vermitteln die Funktion dieses wichtigsten Instrumentes der Erdbebenkunde. Die Grundbegriffe, die zum Verständnis einer seismographischen Aufzeichnung (Seismogramm) erforderlich sind, werden ebenfalls in Station III erklärt.

Das Modell-Seismometer und drei weitere, miniaturisierte Seismometer (sogenannte Geophone) sind zu einem kleinen, im Ausstellungsraum befindlichen, seismischen Netz zusammengefaßt. Die seismischen Signale werden in Echtzeit auf einem Bildschirm dargestellt. Unter dem Titel „Seismometers Observe You“ können Besucher erfahren, welche Erschütterungen Schritte oder Sprünge aus unterschiedlichen Entfernungen verursachen (TAFEL III, a). Die Empfindlichkeit eines Seismometers, der Informationsinhalt eines Seismogramms und die Vielfalt der Bodenbewegungen wird hierbei auch von den jüngsten Besuchern spielerisch begriffen.

Als Beispiel eines nationalen seismographischen Netzwerkes werden die Stationen des Österreichischen Erdbebendienstes einschließlich des Conrad Observatoriums vorgestellt (TAFEL III, b). Kurzzeitige Auslagen von Seismometern (CELEBRATION 2000, ALP 2002; Beobachtungsdauer ca. 1 Woche) und temporäre Forschungsnetzwerke (TRANSALP, ALPASS, CBP; Beobachtungsdauer ca. 1 Jahr) dienten der Erforschung der Lithosphäre. Die Forschungsnetzwerke ALPAACT und Gradenbach sind für eine Beobachtungsdauer von mindestens 10 Jahren konzipiert. Sie dienen der genauen Lokalisierung von Beben im Bereich Semmering und Wiener Becken, bzw. dem Studium von Mikrobeben, die von der Sackung Gradenbach, einer tiefgreifenden Massenbewegung südlich von Heiligenblut, ausgelöst werden. (TAFEL III, c). Daten eines globalen Netzes (TAFEL III, d) laufen u. a. bei der CTBTO - Comprehensive Test Ban Treaty Organization zusammen (TAFEL III, e). Die CTBTO hat ihren Sitz im Vienna International Centre.

Auf einem weiteren Bildschirm werden unter dem Titel „Seismometers Observe the Earth“ die Seismogramme von Stationen des globalen Netzwerkes nahezu in Echtzeit dargestellt. Die auf dem Bildschirm in TAFEL III, f erkennbaren Seismogramme entsprechen dem Beben von Sumatra, 5. März 2010, 16:07 UTC, Magnitude 6,5. Anläßlich einer, zur gleichen Zeit stattfindenden Führung konnte die Entwicklung dieser Seismogramme mit Spannung verfolgt werden. Es gelang auch, das Epizentrum der richtigen Region zuzuordnen.

4. Erforschen

Seismische Wellen eröffnen uns den Blick in das Erdinnere. Die P-Wellen (= Primär-, Longitudinal- oder Kompressions- bzw. Dehnungswellen), sowie die S-Wellen (= Sekundär-, Transversal- oder Scherwellen) sind Raumwellen und durchdringen die Erde. Rayleigh- und Love-Wellen sind an die Oberfläche gebunden, ihre Eindringtiefe in

die Erde steigt aber mit ihrer Wellenlänge (TAFEL IV, a). Die Ausbreitung der seismischen Wellen erfolgt entlang von Strahlen. Sehr bald nach der Entwicklung leistungsfähiger Seismometer Anfang des 20. Jahrhunderts erkannte man die Existenz eines flüssigen Äußeren Erdkerns aus einer sogenannten Schattenzone bei den P-Wellen und einem Fehlen von S-Wellen in der entsprechenden Entfernung vom Epizentrum (TAFEL IV, b). Animationen veranschaulichen dem Besucher die Bodenbewegungen, die Bodenbewegungen, diedurch die verschiedenen seismischen Wellen hervorrufenwerden und visualisieren die Wellenausbreitung durch den gesamten Erdkörper (TAFEL IV, c). Der „Fahrplan der unterschiedlichen seismischen Wellenzüge“ (Laufzeitkurven, TAFEL IV, d) und der daraus abgeleitete Aufbau der Erde (TAFEL IV, e) werden ebenfalls in Beziehung gebracht. Laufzeitkurven und Seismogramme von möglichst vielen (mindestens 3) Stationen ermöglichen die genaue Lokalisierung von Beben. Zur Bestimmung ihrer Stärke führte Charles Richter (Foto in TAFEL IV, f) in Kalifornien nach dem Beben von San Francisco, 1906, die Magnitude ein. Die Magnitude eines Bebens kann rasch aus einem Seismogramm und einer entsprechenden Entfernungskorrektur bestimmt werden. Das Konzept der Magnitude hat sich bis heute bewährt. Abschließend wird der Zusammenhang zwischen Magnitude und Häufigkeiten von Erdbeben vorgestellt (TAFEL IV, f) und das größtmögliche Beben angesprochen.

5. Verstehen

Erdbeben markieren die Grenzen tektonischer Platten (TAFEL V, a). Die Relativbewegungen dieser annähernd starren Platten können über Millionen von Jahren aus dem Alter des Ozeanbodens abgeleitet werden (TAFEL V, b). Geodätische und seismische Daten liefern eine Momentaufnahme der Bewegung (TAFEL V, c). Für die Entstehung der meisten Erdbeben sind die verschiedenen, an den Plattengrenzen ablaufenden Prozesse verantwortlich (TAFEL V, d). In Ozeanbecken konzentrieren sich Erdbeben auf die mittelozeanischen Schwellen und jene Kontinentalränder, die durch Tiefseegräben gekennzeichnet sind. Beben sind mit den Prozessen des „sea-floor spreading“ (Neubildung ozeanischer Lithosphäre an den mittelozeanischen Schwellen), seitlicher Verschiebungen an „transform faults“ und Subduktionszonen (Abtauchen kalter ozeanischer Lithosphäre in den Erdmantel) verbunden. In aktiven, seitlichen Verschiebungen auf Kontinenten (z. B. San Andreas Störung) und geologisch jungen Gebirgen, die durch Kontinent-Kontinent Kollision entstanden sind (z. B. Alpen, Himalaya), sind Erdbeben zumeist über breite Zonen verteilt (siehe auch TAFEL V, a).

Das San Francisco Beben, 1906, verursachte entlang der San Andreas Störung (Grenze zwischen der Nordamerikanischen und Pazifischen Platte) transversale Verschiebungen von mehreren Metern (TAFEL V, e). Aus dem Vergleich der Lage geodätisch eingemessener Punkte vor und nach dem Beben erklärte Harry Fielding Reid (TAFEL V, f) den Erdbebenmechanismus als elastischen Rückschlag nach Überschreiten der Reibungskräfte an der geologischen Störung, bzw. Plattengrenze (TAFEL V, g). Mit einer „Erdbebenmaschine“ (TAFEL V, h) wird die unregelmäßige und ruckweise Bewegung (stick-slip) an der Störungsfläche simuliert. Diese Erdbebenmaschine stellt eine physikalische Realisierung des sogenannten „slider-blocks“ dar, ein Modell, das viel zum Verständnis des Erdbebenmechanismus beigetragen hat.

6. Leben mit Erdbeben

Trotz unterschiedlichster Ansätze und vereinzelter Erfolgsmeldungen ist die Wissenschaft (Seismologie) noch nicht so weit, daß einzelne Beben mit einer raum-zeitlichen Zuverlässigkeit vorausgesagt werden können, die eine Warnung der Bevölkerung und die Umsetzung entsprechender Schutzmaßnahmen (z.B. Evakuierung) erlauben würden. Sehr gut kann jedoch auf der Basis der Erdbebenkataloge die Erdbebengefährdung für die verschiedenen Regionen der Erde angegeben werden (TAFEL VI, a). Die kurze Zeit zwischen dem Eintreffen der ersten, zumeist schwächeren P-Wellen und den später folgenden stärkeren S- und Oberflächenwellen kann auch genutzt werden, um zur Vermeidung von Bränden Gas- und Stromleitungen abzuschalten. Wie bereits in Station I dargelegt wurde, können Beben im Bereich der Subduktionszonen Tsunamis auslösen. Ist das Entstehen eines Tsunamis einmal durch die seismische Lokalisierung des Bebens und die Beobachtung der langwelligen Hebung oder Senkung des Meeresspiegels nachgewiesen, kann seine Ausbreitung sehr genau berechnet werden und Warnungen ausgegeben werden (TAFEL VI, b). Im Pazifik ist dieses Warnsystem einschließlich der entsprechenden Verständigung der Bevölkerung erfolgreich etabliert. Im Indischen Ozean kam es für die Opfer des Tsunamis vom 26. Dezember 2004 zu spät.

Erdbebensicheres, auf die jeweilige Gefährdung abgestimmtes Bauen ist ein besonders wichtiger Aspekt, wenn man gezwungen ist, mit Erdbeben zu leben. In Modellen wird gezeigt, wie Hochhäuser durch Pendel oder schwingende Wassersäulen vor gefährlichem Aufschaukeln bewahrt werden (TAFEL VI, c). Diese Möglichkeiten, Hochhäuser erdbebensicher zu machen, werden in verfeinerter Form tatsächlich genutzt (TAFEL VI, d).

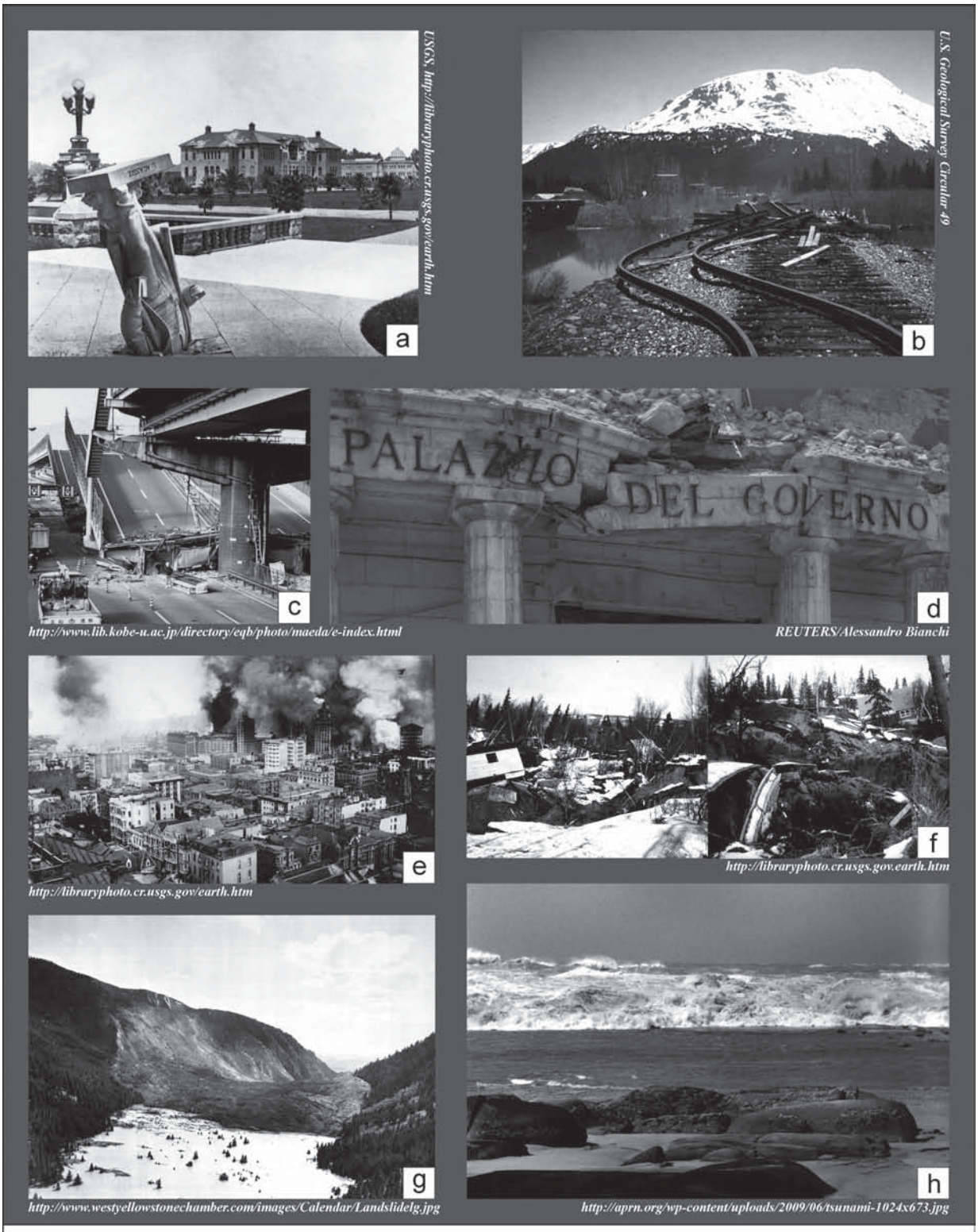
Erdbebenschäden und -opfer werden jedoch auch in Zukunft nicht gänzlich vermeidbar sein. Helfen nach einem katastrophalen Beben, sowie rasche und auf die Bedürfnisse der Betroffenen abgestimmte Notunterkünfte, sind daher auch ein Aspekt der Ausstellung (TAFEL VI, e). Abschließend wird bewußt gemacht, daß Sicherheit nicht nur durch internationale Warnsysteme und staatliche Vorkehrungen erhöht wird. Im Ernstfall kann auch richtiges persönliches Verhalten das eigene Leben retten. Information, Warnung und Übungseinsätze (TAFEL VI, f) unterstützen dabei das Individuum.

Dank

Die Ausstellung „Wenn die Erde bebt…“ ist ein österreichischer Beitrag zu IYPE – Internationales Jahr des Planeten Erde. Das Projekt wurde vom Nationalkomitee für IYPE bewilligt. Die Finanzierung erfolgte dankenswerter Weise durch das Bundesministerium für Wissenschaft und Forschung. Weiters bedanken sich die Autoren bei den vielen, namentlich nicht genannten Mitarbeitern der Technischen Universität Wien und der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien, für ihren Einsatz bei der Vorbereitung und Betreuung der Ausstellung. R. Golebiowski und M. Harzhauser danken wir für die organisatorische Unterstützung der Ausstellung im Naturhistorischen Museum Wien. Die Ausstellungen in Salzburg, Innsbruck und Leoben werden von F. Bleibinhaus, F. Neubauer, B. Fügenschuh, M. Ostermann, sowie F. Ebner und K. Millahn betreut.

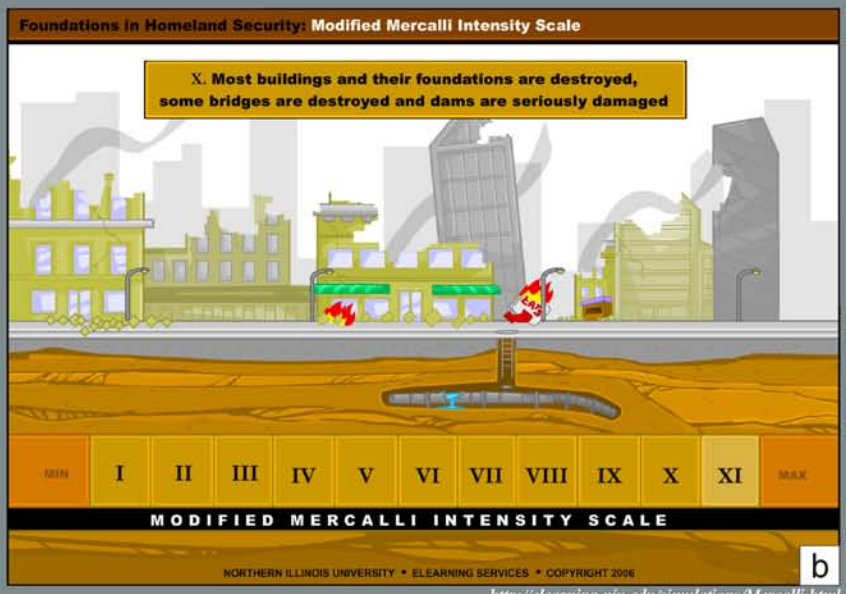
Weitere Informationen zur Ausstellung

http://info.tuwien.ac.at/geophysik/education/WDEB.htm



TAFEL I-Zerstörung und Schrecken

Zerstörungen durch die Beben von (a) San Francisco 1906 (die Statue von Louis Agassiz nach dem Beben), (b) Alaska 1964, (c) Kobe 1995, (d) L'Aquila (2009); (e) Brände in San Francisco, 1906; (f) Bodenverflüssigung in Anchorage, Alaska 1964; (g) Bergsturz (Hebgen 1959) und (h) Tsunami (Sumatra 2004) als Folgeschäden.

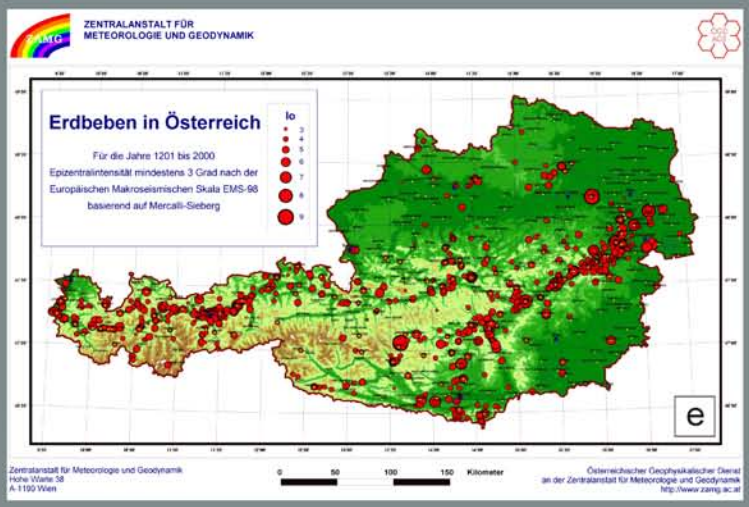


http://elearning.niu.edu/simulations/Mercalli.html

Jahr	Epizentralgebiet	Intensität nach Mercalli-Sieberg
1201	Murau, Steiermark	9
1267	Kindberg, Steiermark	8
1348	Friaul und Kärnten (Villach-Dobratsch)	10
1572	Innsbruck, Tirol	9
1590	Neulengbach, Niederösterreich	9
1670	Hall in Tirol	8
1688	Innsbruck, Tirol	8
1690	Friaul und Kärnten	9
1768	Wiener Neustadt, Niederösterreich	8
1794	Leoben, Steiermark	7–8
1886	Kindberg, Steiermark	8
1927	Schwadorf, Niederösterreich	8
1972	Seebenstein, Niederösterreich	7–8

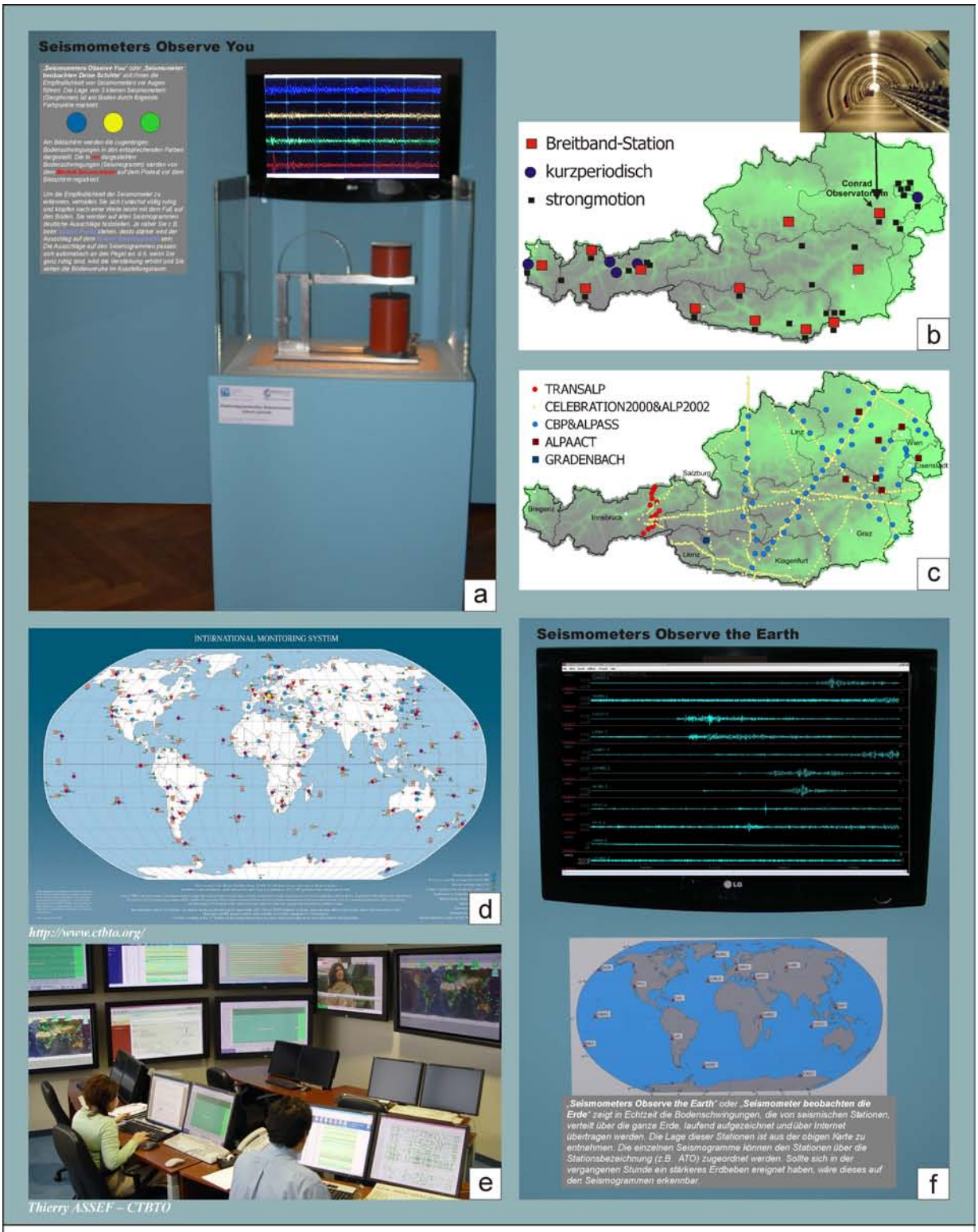
d

Stadtarchiv Baden



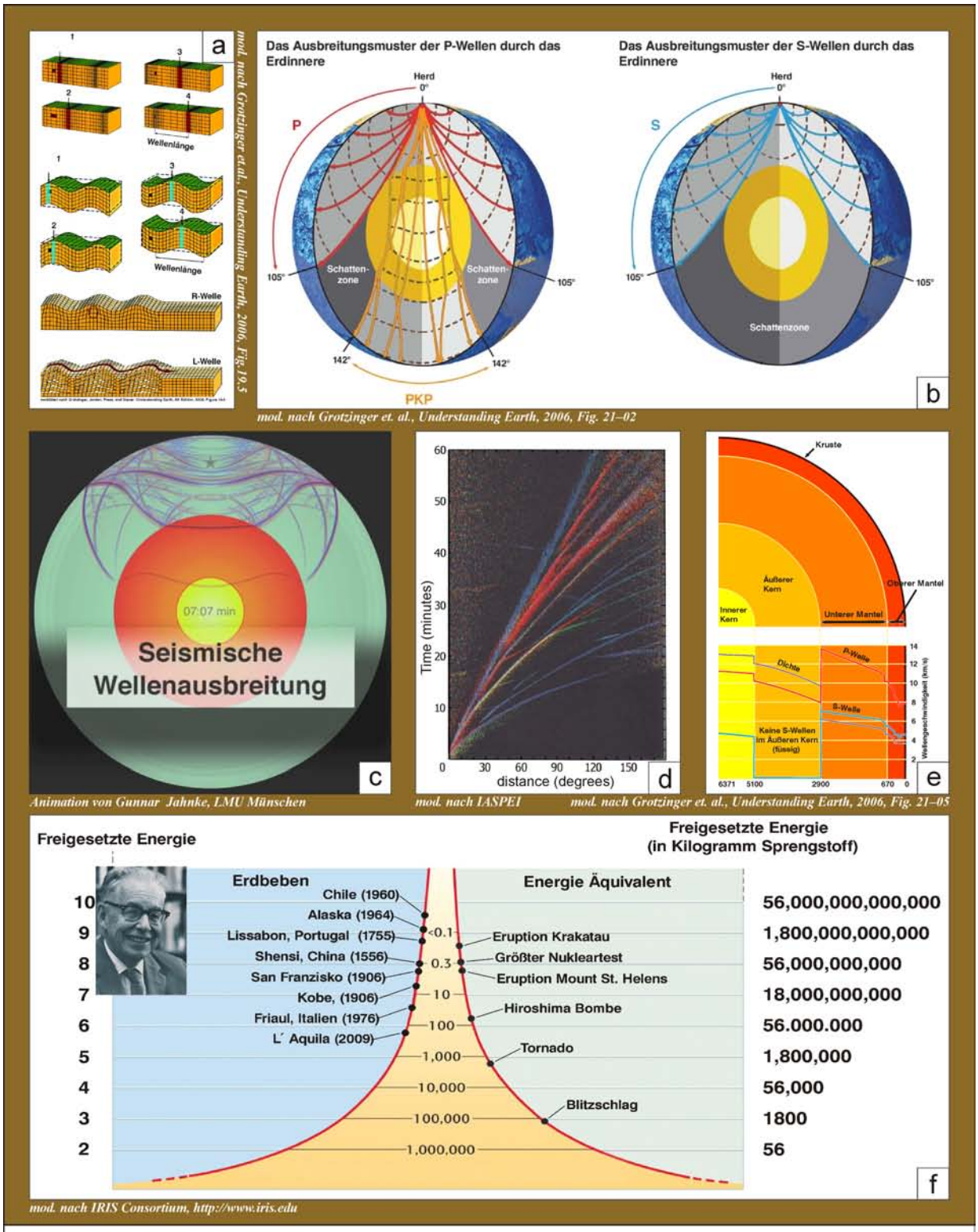
TAFEL II-Wahrnehmen und Beobachten

(a) Giuseppe Mercalli und (b) interaktives Computerprogramm zur Veranschaulichung der 12-teiligen Skala der Intensität nach Mercalli (modifizierte Skala); (c) Dokumente historischer Beben; (d) Tabelle und (e) Karte der Erdbeben in Österreich seit 1201.



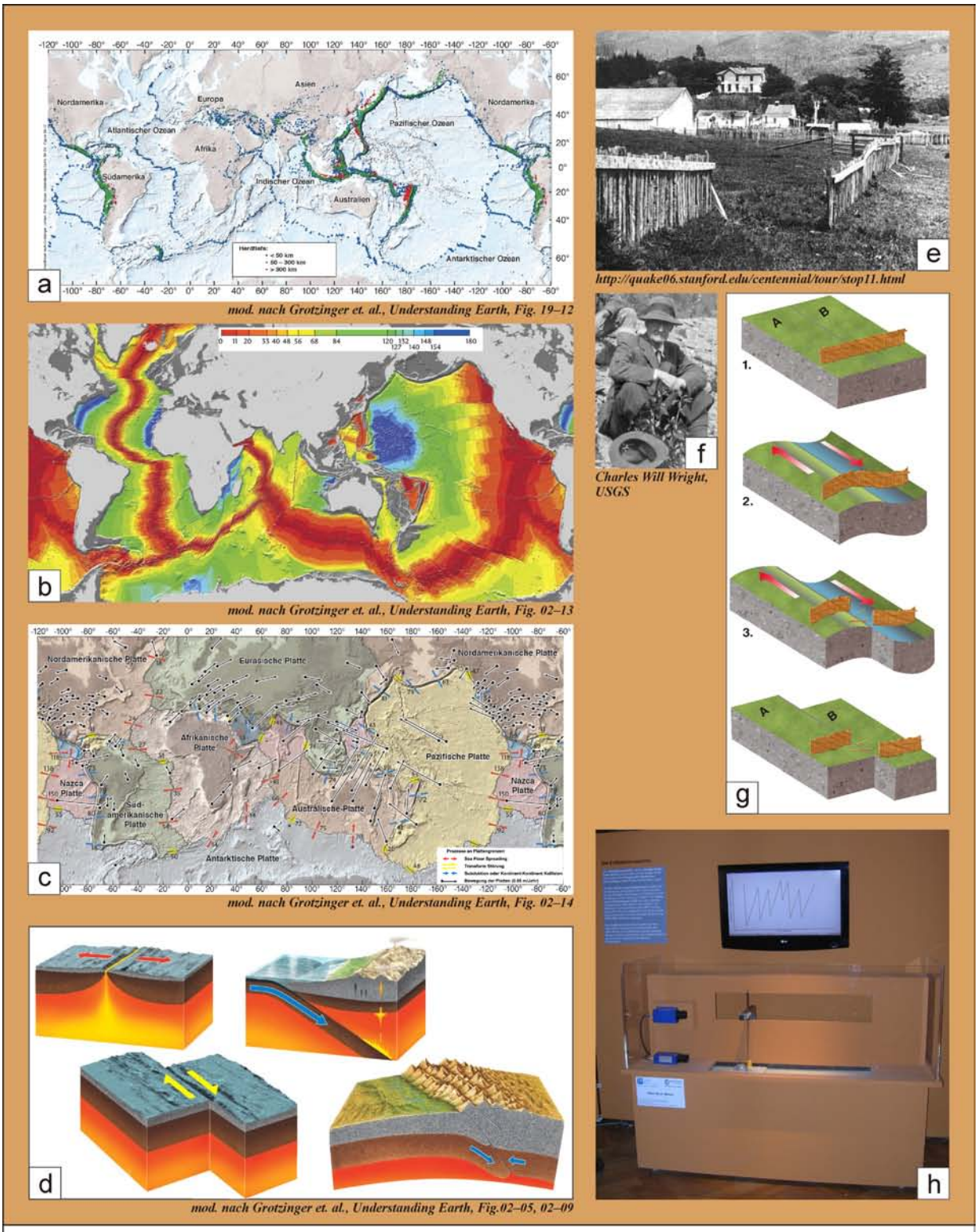
TAFEL III-Messen

(a) Modell-Seismometer und Seismogramme eines örtlichen Netzwerkes; (b) seismisches Netz des österreichischen Erdbebendienstes und (c) temporäre Forschungsnetzwerke in Österreich; (d) globales Netz und (e) Zentrale der CTBTO in Wien; (f) in Echtzeit dargestellte Seismogramme eines globalen Netzwerkes.



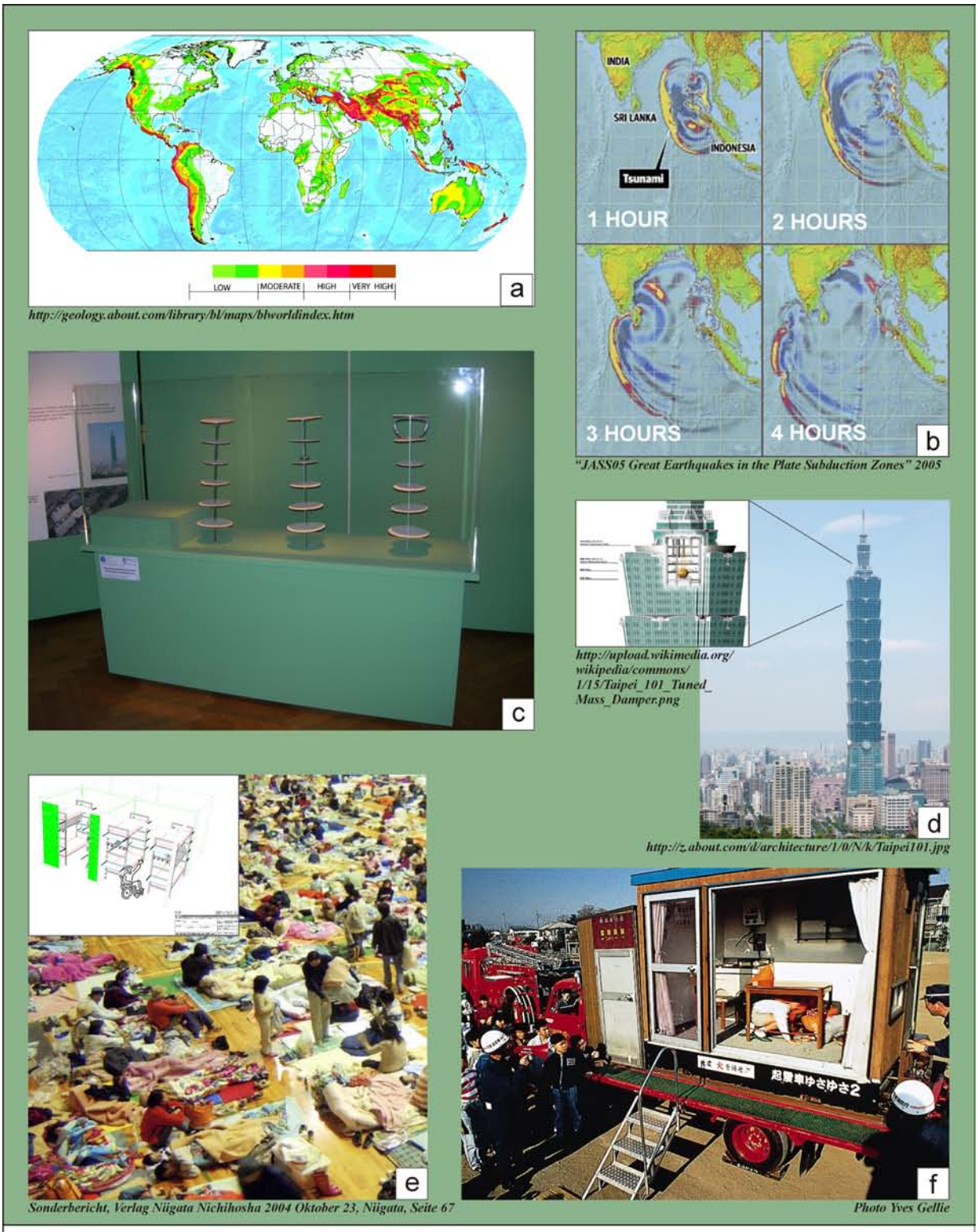
TAFEL IV-Erforschen

(a) seismische Wellen, (b) Strahlenverlauf und (c) Animation der Wellenausbreitung durch die Erde, (d) Laufzeitkurven und (e) Aufbau der Erde; (f) Häufigkeit, Magnitude und Energie Äquivalent von Beben (Foto: Charles Richter).



TAFEL V-Verstehen

(a) globale Verteilung der Erdbeben; (b) Alter der ozeanischen Lithosphäre; (c) aktuelle Bewegung der Platten; (d) Prozesse an Plattengrenzen; (e) San Andreas Verwerfung nach dem Beben von San Francisco 1906; (f) H. F. Reid und seine (g) Theorie des elastischen Rückschlages; (h) Erdbebenmaschine (slider-block Modell).



TAFEL VI-Leben mit Erdbeben

(a) globale Erdbebengefährdung; (b) Ausbreitung eines Tsunamis; (c) Modelle zur Schwingungsdämpfung an Hochhäusern; (d) Taipei 101; (e) Helfen nach einer Katastrophe (geeignete Notunterkünfte an Stelle von Massenlagern);

(f) Erdbebensimulator - Üben des richtiges Verhaltens im Ernstfall.