

Erdbebengefährdung – Erdbebenrisiko und Kernkraftwerke

- Roman Lahodynsky, Geologe, Institut für Sicherheits- & Risikowissenschaften (ISR der BOKU, früher IRF der Uni-Wien)
- Seit 1990 Fachdiskussion über die „externen Gefährdungen (hazards)“ für KKWs, besonders Erdbebengefahr im Raum Alpen – Böhmisches Masse – Karpaten – Pannonien – Balkan
- 2011: Fukushima; nukleare „stress tests“

Fukushima (heute und morgen)

23.9.2011 TAZ-Interview mit Vizepräsident Suzuki von der japanischen Atomenergiekommission

- **„Es ist immer noch sehr gefährlich“**
- **„Alle drei Reaktoren kühlen langsam herunter. Aber das ist nicht das Ende der Probleme und garantiert keine Sicherheit. Wir wissen noch immer nicht, wo genau die beschädigten Brennelemente sind“**
- Ausbreitung der Radioaktivität
- Evakuierungszonen und Wiederbesiedelung
- Dauer der Aufräumarbeiten 10 Jahre und mehr
- Strahlenbelastung derzeit zu hoch, keine oder unsichere Datenlage
- Geschätzter finanzieller Schaden vor Ort etwa 5 Milliarden Dollar
im Umfeld etwa 250 Milliarden \$
- **Gewinne privatisieren, Verluste und Schäden sozialisieren**
- **Gesundheitsbelastung für gegenwärtige und zukünftige Generationen unbekannt**

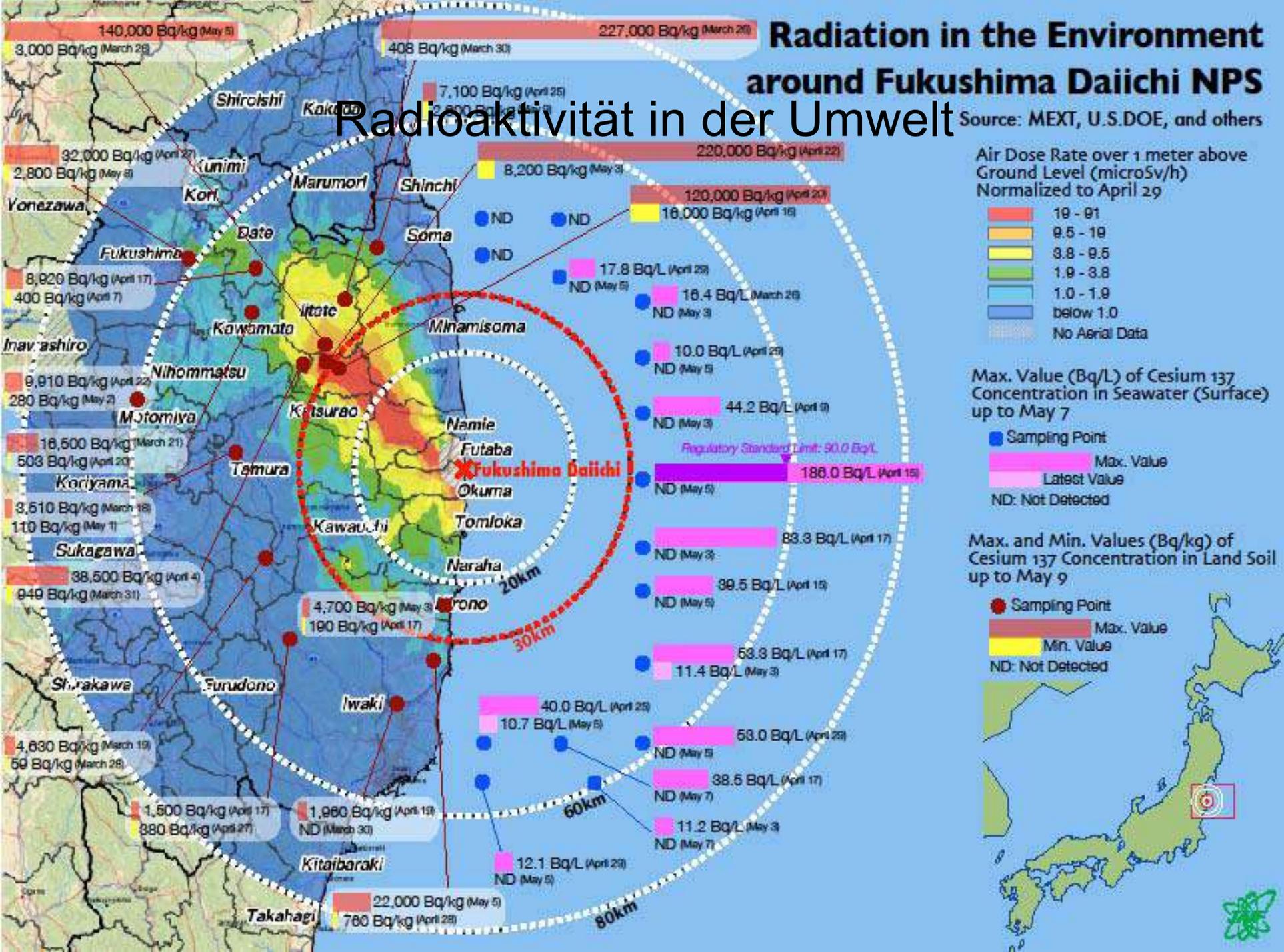
Fukushima heute (Umland): Konsequenzen für Europa: Überprüfung der Kernkraftwerksstandorte



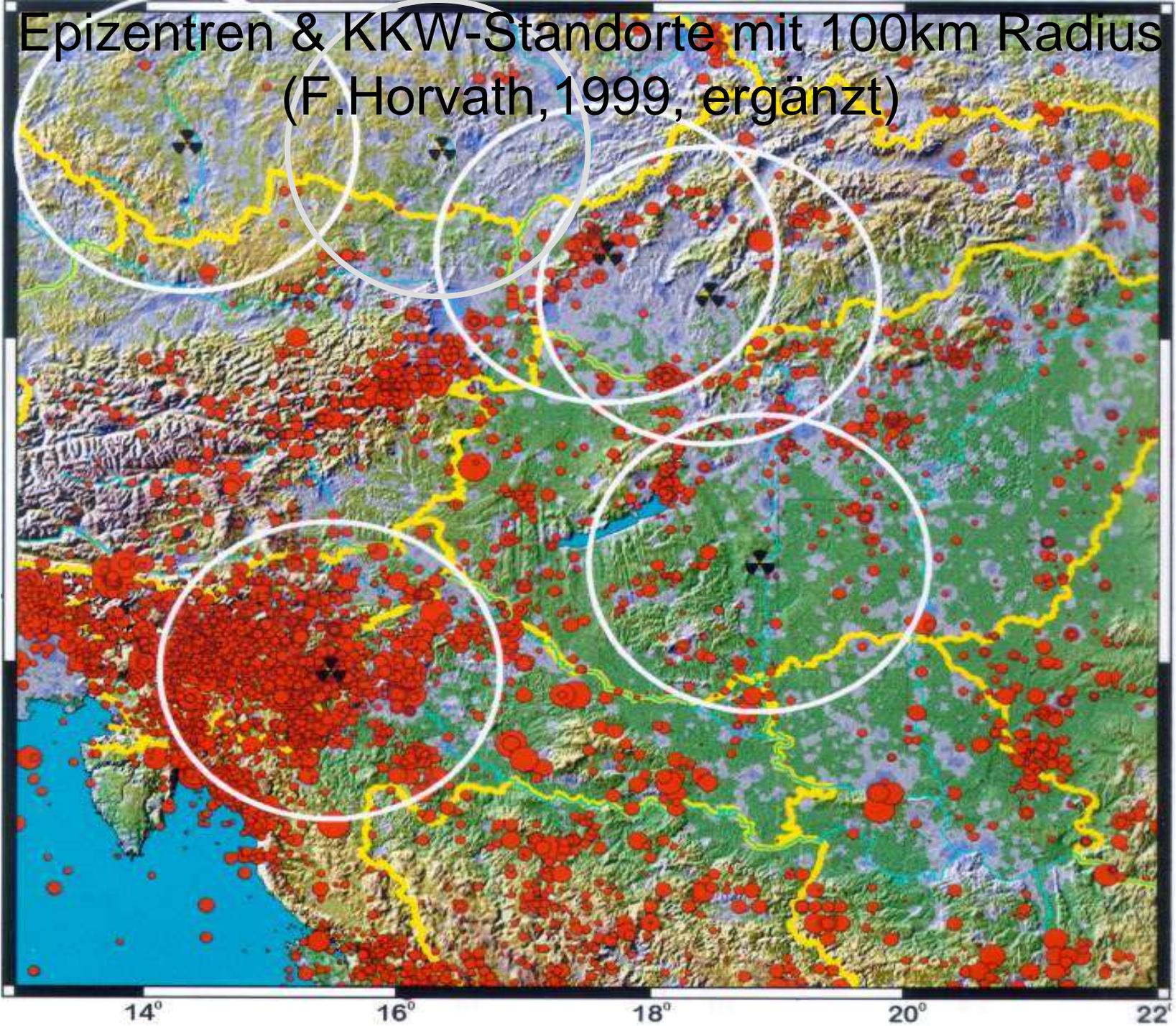
Radiation in the Environment around Fukushima Daiichi NPS

Radioaktivität in der Umwelt

Source: MEXT, U.S.DOE, and others



Epizentren & KKW-Standorte mit 100km Radius (F.Horvath, 1999, ergänzt)



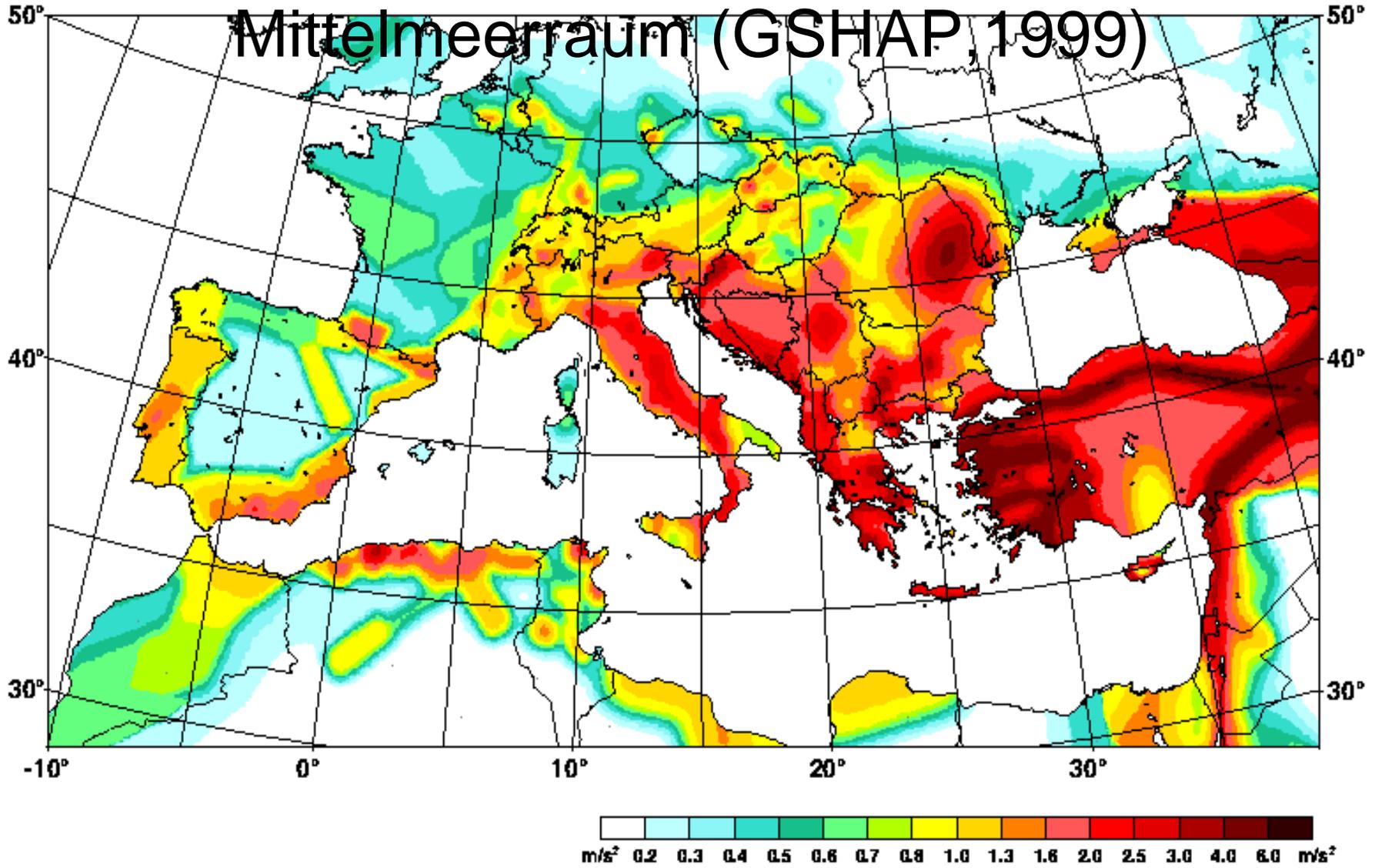
Erdbeben & Kernkraftwerke – Begriffe1

- Tektonik, Geomorphologie, Seismologie, Geschichtswissenschaft, Erdbebeningenieurwesen
- PGA (Spitzenwert der maximalen horizontalen Bodenbeschleunigung). Minimum für aseismische Gebiete $0,1g = 0,01m/s^2$
- DBE / SSE (design base / safe shutdown earthquake): von $I = 6$ MSK (Skala der Intensitäten nach Medvedev-Sponheuer-Karnik) erhöht auf 7 (ETE & EDU)
- SSE = $I_{max\ obs}$ (stärkste historische Intensität) + 1 (oder + 1,5)

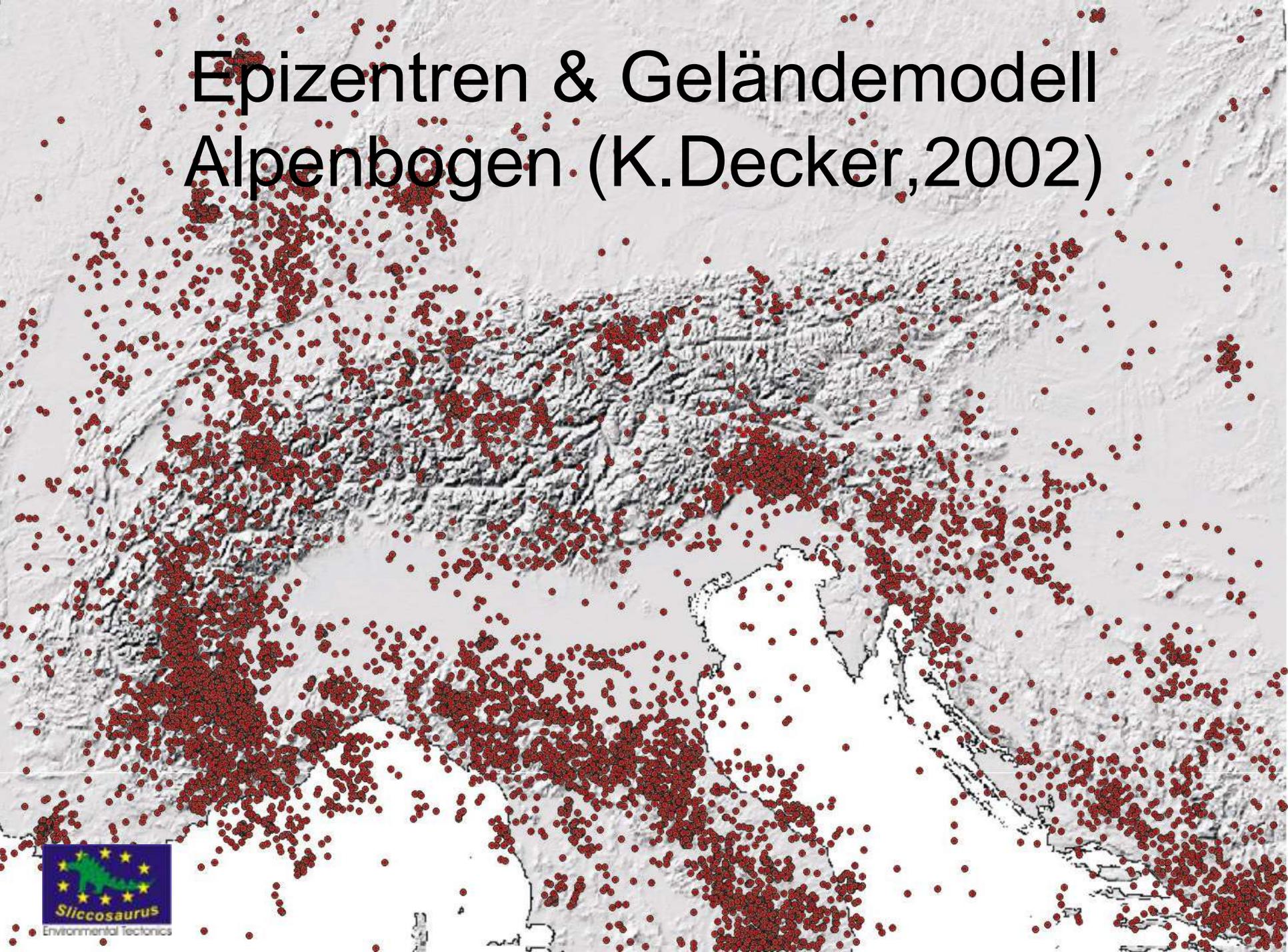
Erdbeben & Kernkraftwerke – Begriffe2

- MCE (größtmögliches Beben) I =10 (Wien, Bratislava, EBO); I = 9-10 (Komarno, Kremnica, EMO)
- Statistik mangelhaft (historische Ereignisse bis vor ca. 400 - 500 Jahren bekannt, lückenhafte Überlieferung, seltene Starkbebenereignisse nicht erfasst)
- Paläoseismologie und Neotektonik („trenching“, Höhlensinter, Altersdatierung). Mehrere Magnituden mit M größer 6 und 1mal M=7 in den letzten 100.000 Jahren östlich Wien nachgewiesen

Max.horiz. Bodenbeschleunigung (pga) im Mittelmeerraum (GSHAP, 1999)

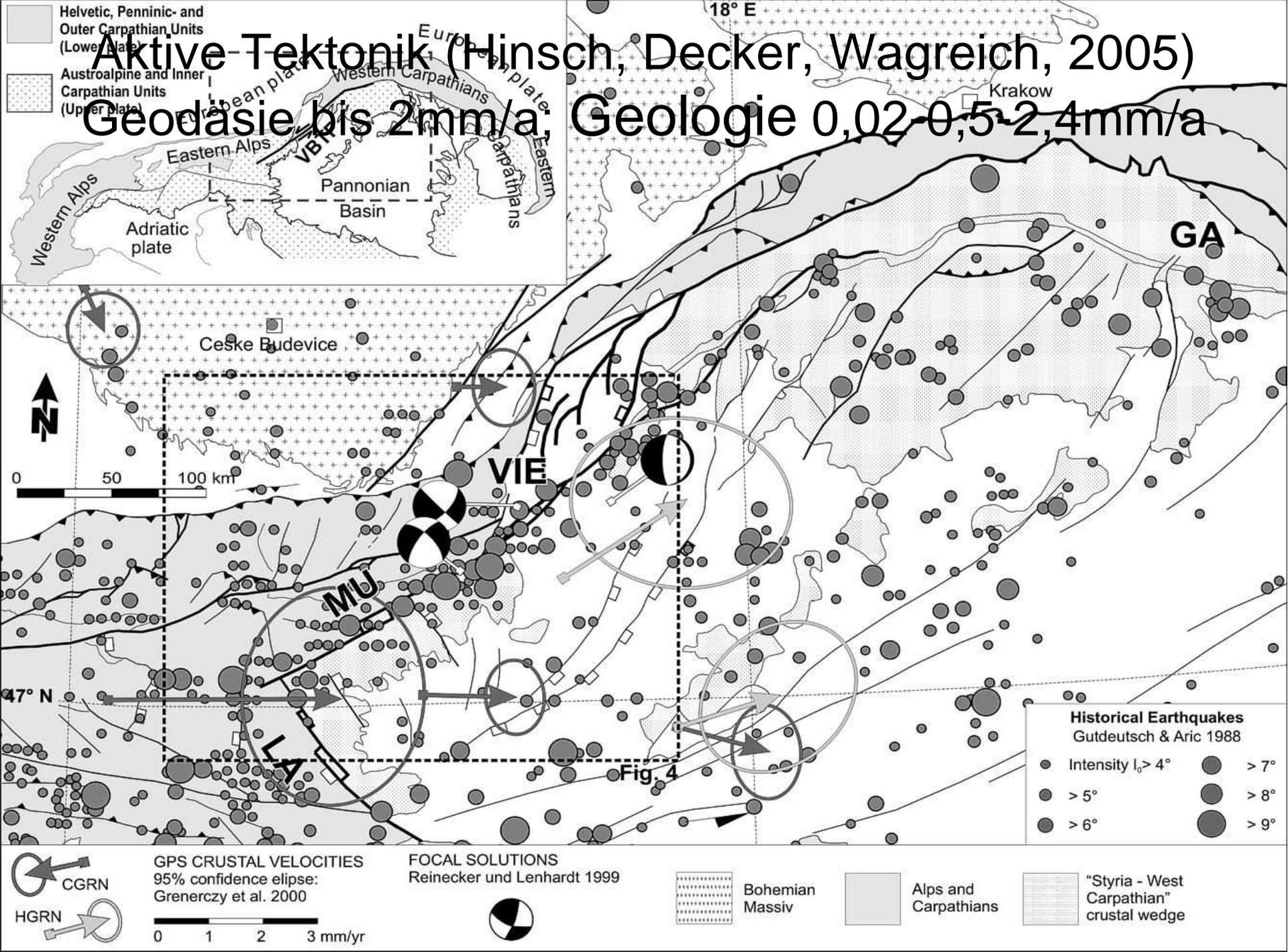


Epizentren & Geländemodell Alpenbogen (K.Decker,2002)



Aktive Tektonik (Hinsch, Decker, Wagreich, 2005)

Geodäsie bis 2mm/a, Geologie 0,02-0,5-2,4mm/a



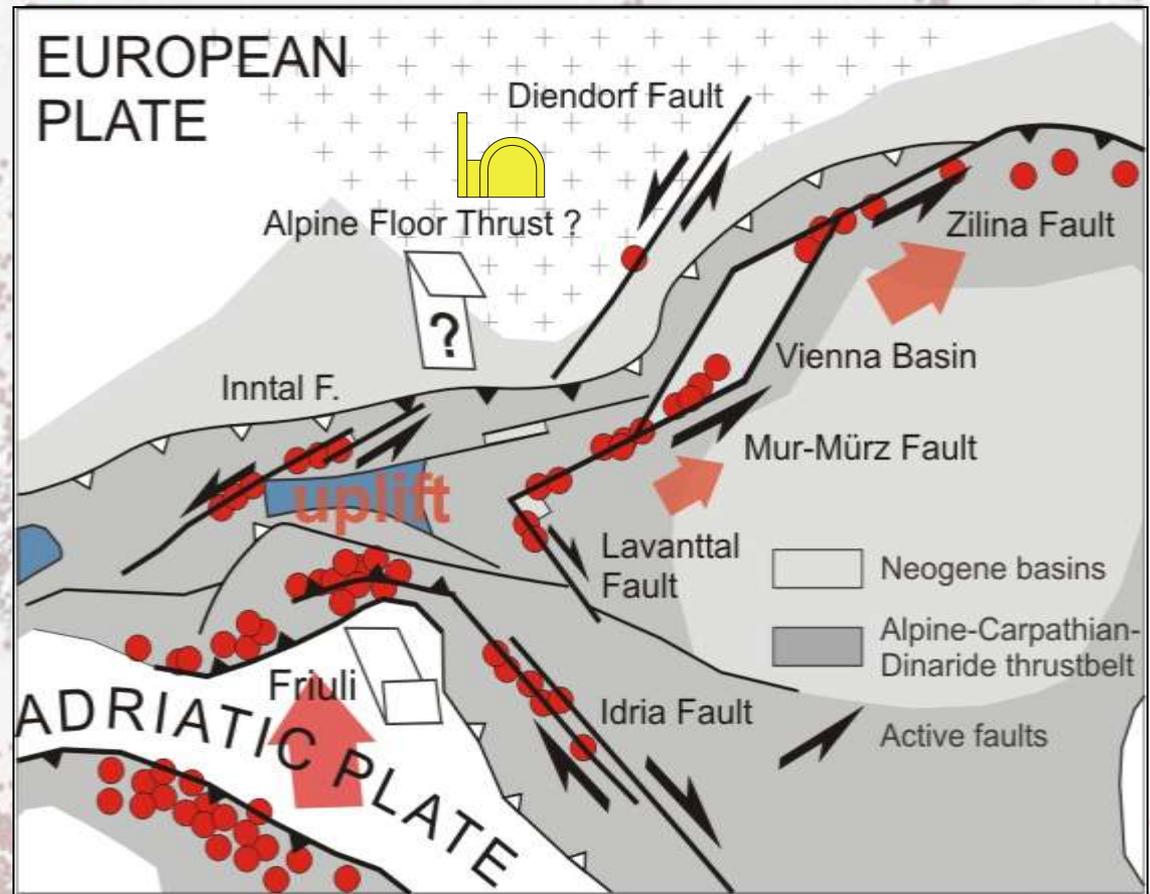
Tektonisches Modell (K.Decker)

Boundary conditions

~ 10 mm/y convergence between Adria and Europe

Active tectonics in the Alps:
Lateral escape, basal accretion and surface uplift, south-alpine backthrusting

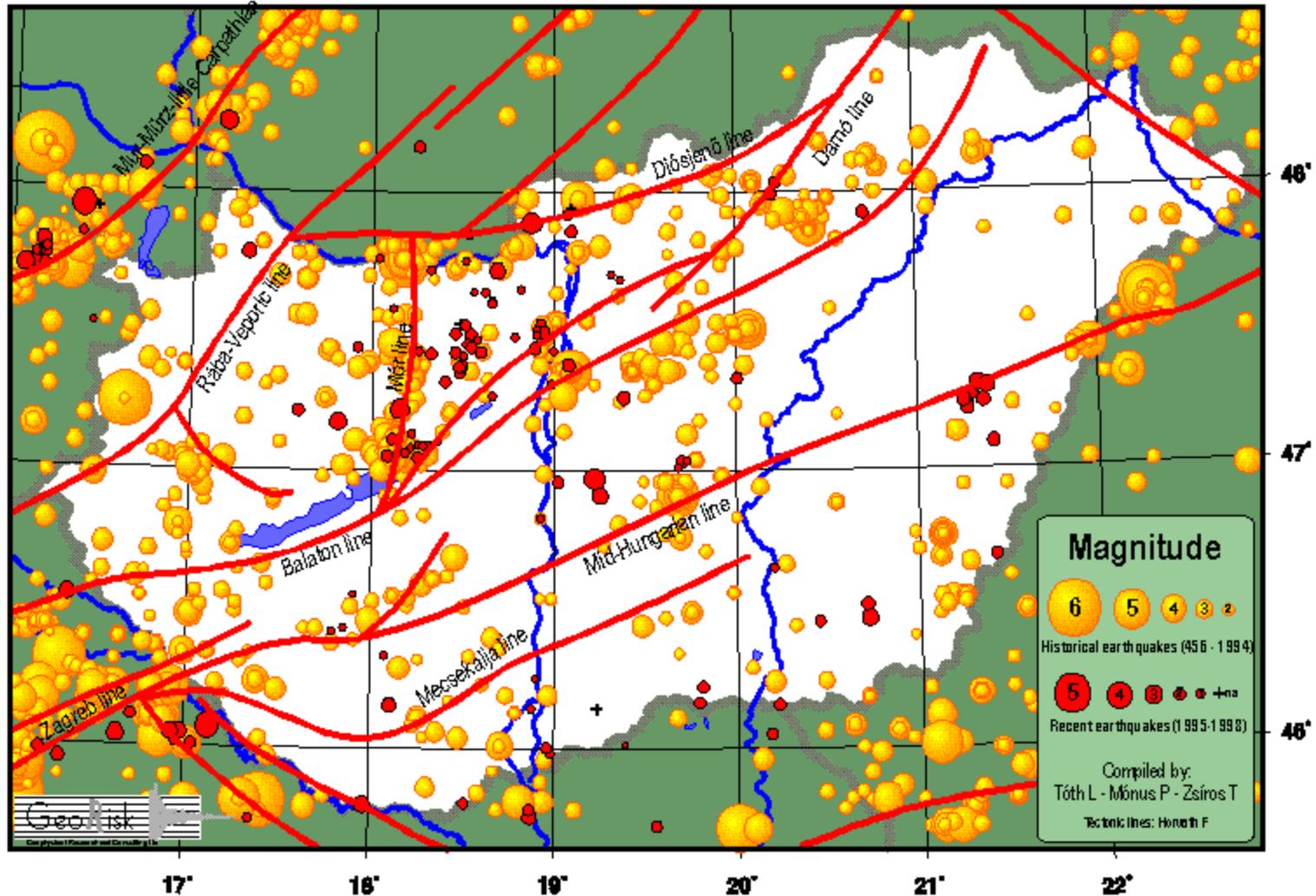
Evidence for foreland deformation



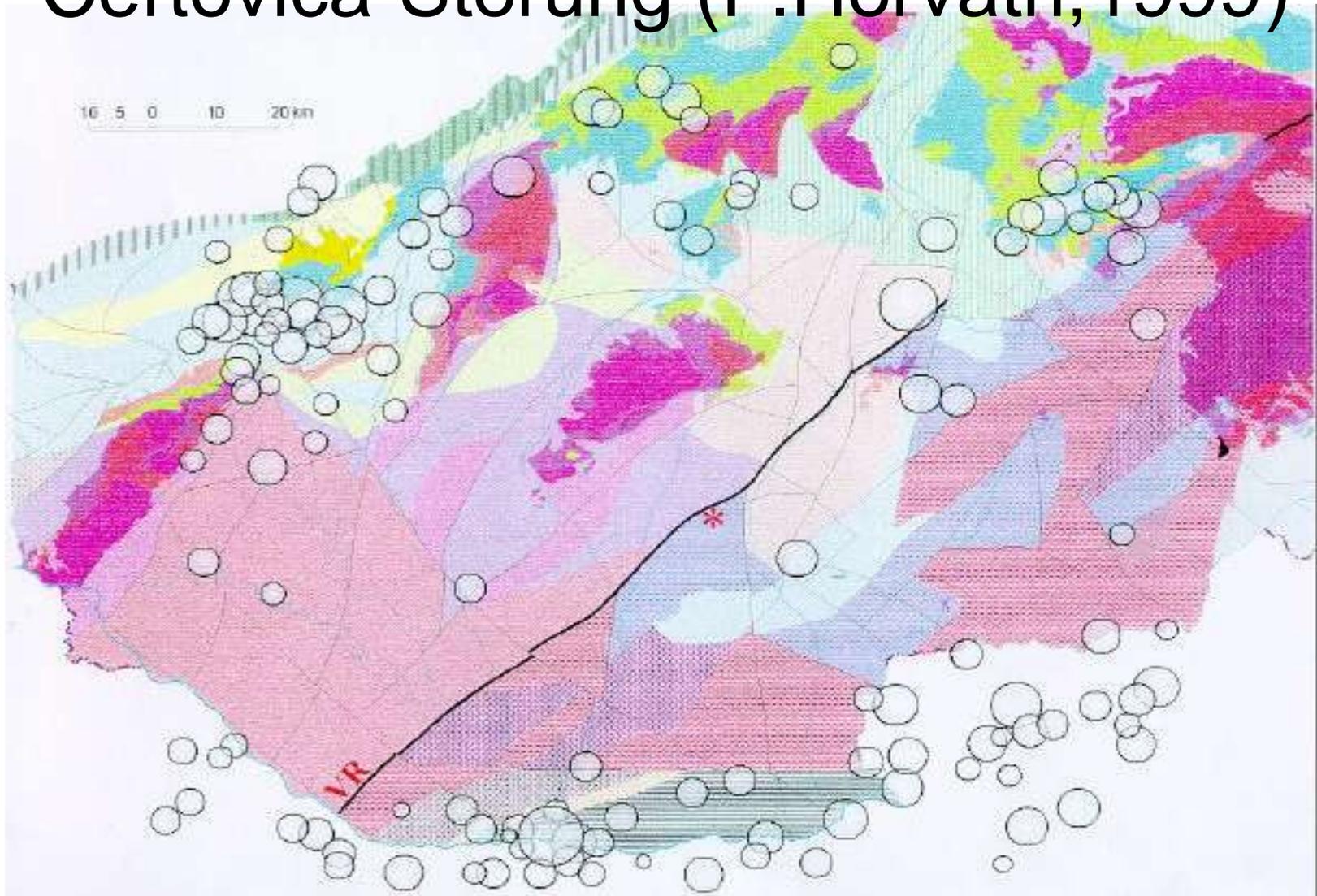
Seismicity & faults: F. Horvath, L. Toth, 1998

Seismicity in Hungary

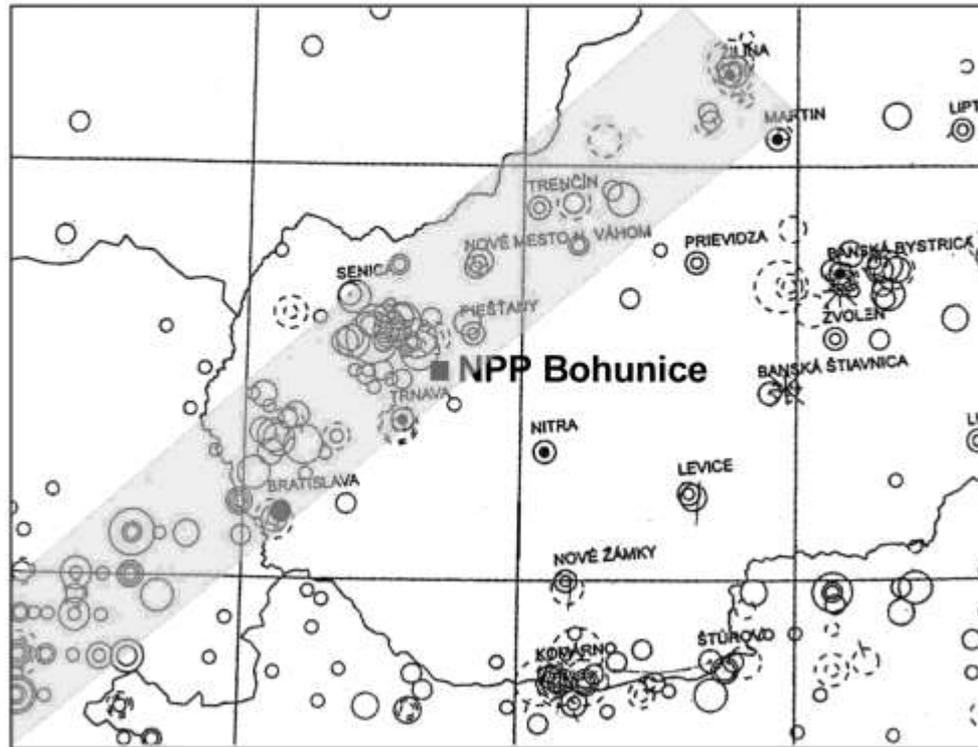
Historical earthquakes (456-1994; orange bubbles) and recent events (1995-98; red filled circles)



*= Mochovce KKW & VR=Vepor-Rab-
Certovica-Störung (F.Horvath, 1999)

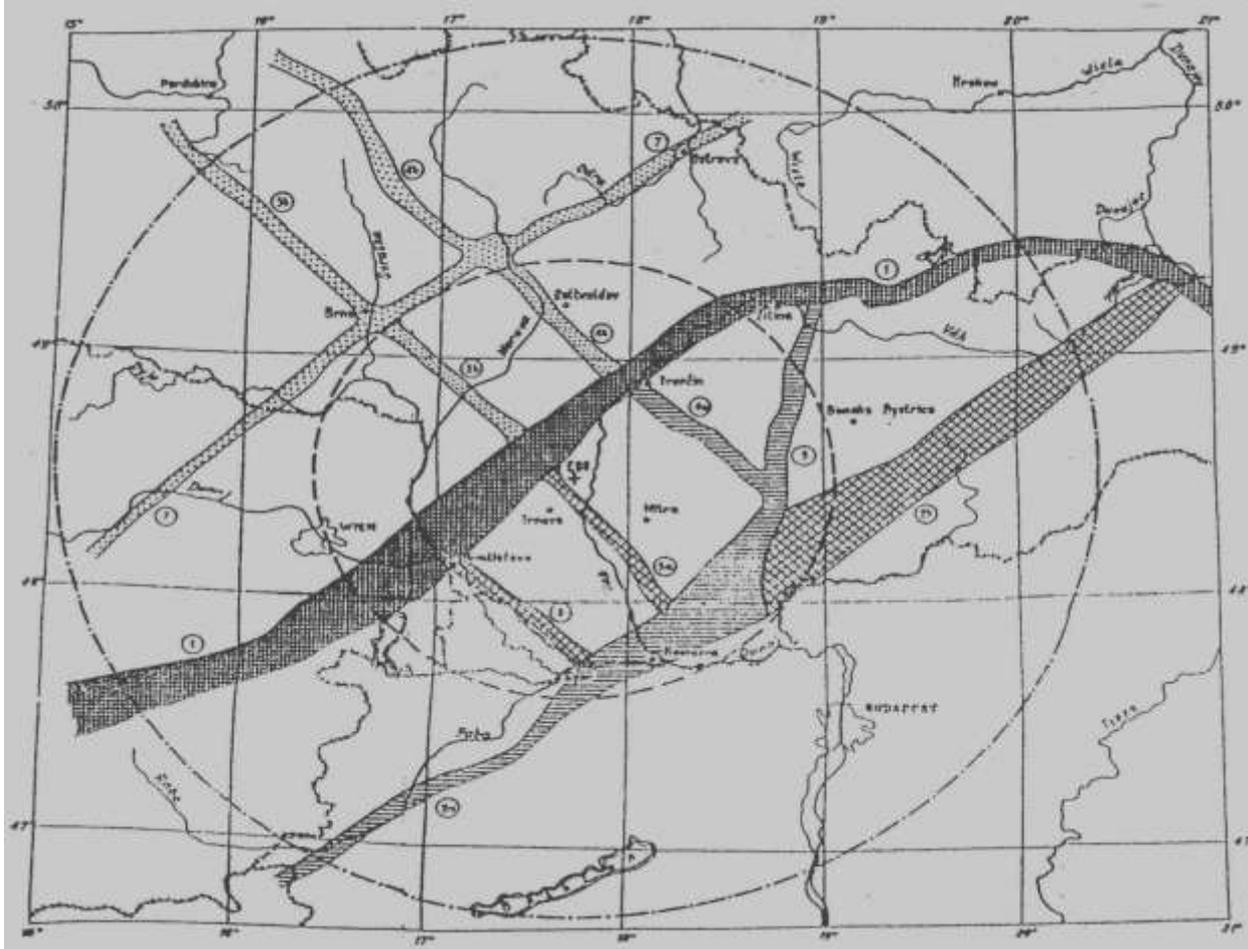


Fault zones and NPP-sites (F. Kohlbeck)

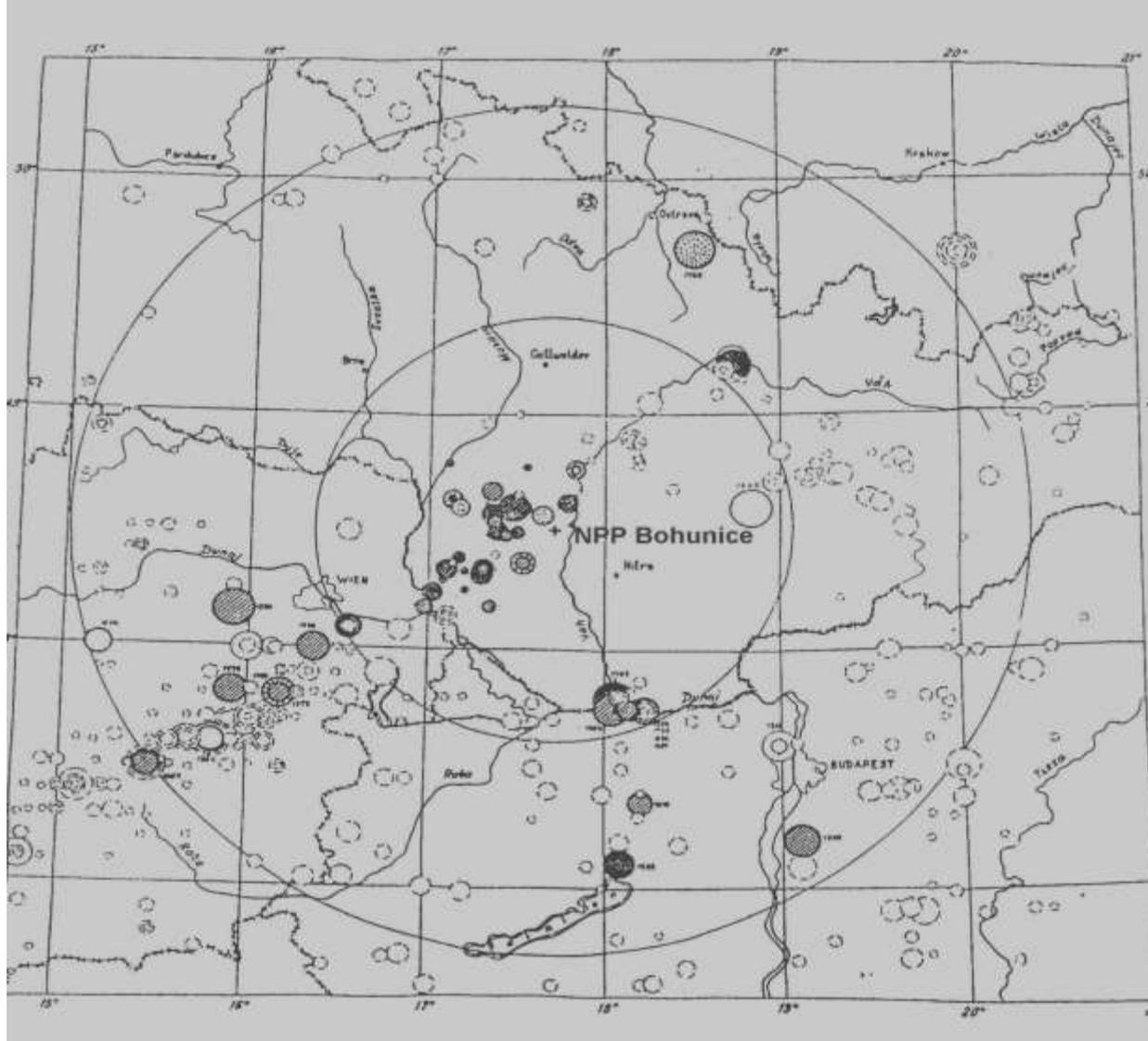


Earthquakes with $M \geq 2.9$ in the vicinity of Bohunice taken from the Slovak Epicentral map

Grey strip indicates the Peripieninic- Mur-Mürz earthquake zone. The NPP is located inside this zone. If one draws the zone smaller the NPP would be at least on its border. F. Kohlbeck, 1999



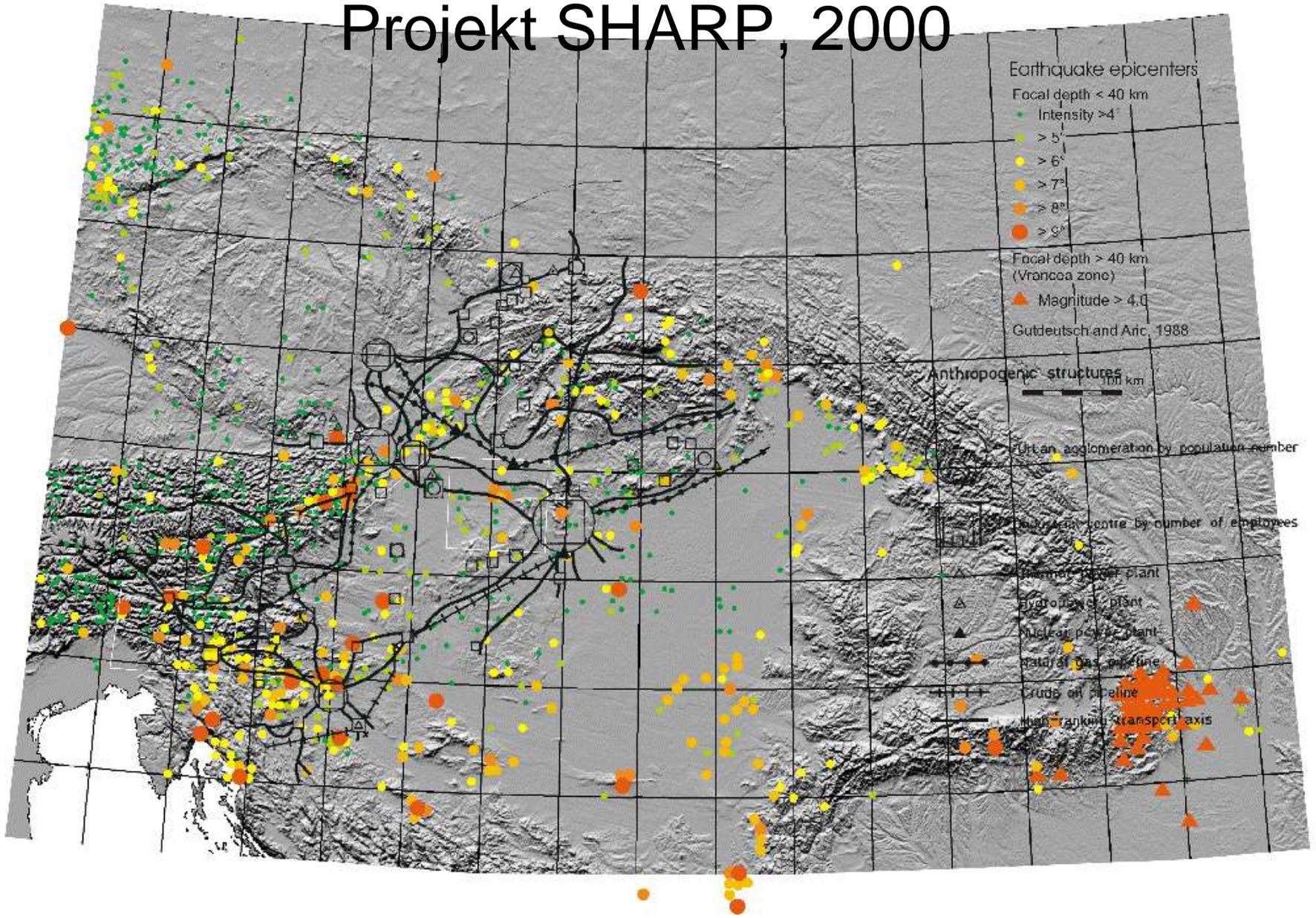
This figure shows fig.1 from Steinberg et al. (1988). The dark hatched region marks the Mur-Mürz-Peripieninic zone. It was attributed to a region with maximal Magnitude $M_{max} \leq 6.5$. One recognizes, that Bohunice is drawn outside of this zone, contrary to one would expect from Fig.3a. The same is true for Trnava which has been the epicentre of a historical earthquake (F. Kohlbeck, 1999)



This figure shows fig.2a from Steinberg et al. (1988). NPP Bohunice marked by a cross is located in the centre of the circles. One clearly recognises, that the NPP is located on the border or within a region of high seismicity, but not outside of this region (F. Kohlbeck, 1999)

Erdbeben, Siedlungen, Verbindungen

Projekt SHARP, 2000



High-hazard Test site:
Alps-Dinarides Junction

Medium hazard test site:
Mur-Mürz-Vienna Basin-Zilina

Medium hazard test site:
Transdanubia

Historische Seismizität (SHARP 2000)

Historical and instrumentally recorded earthquakes
(I refers to maximum macroseismic intensity)

1348 Villach I ≈ IX-X
1511 Idrija I ≈ VIII-IX
1976 Friuli M = 6.5
1998 Bovec M = 5.7

1201 Katschberg/ Murau I ≈ IX (M = 6,1?)
1267 Kindberg I ≈ VIII
1590 Neulengbach I ≈ IX (M = 6?)
1668 Wr. Neustadt I ≈ VII fake
1712 Wr. Neustadt I ≈ VII
1768 Bad Fischau I ≈ VIII
1794 Leoben I ≈ VIII
1841 Wr. Neustadt I ≈ VII
1858 Zilina I ≈ VII-VIII
1906 Dobra Voda I ≈ VIII (M=5,7)
1927 Schwadorf I = VIII (M=5,2)

1443 Kremnica I = VIII (M=6)
1763 Komárno I ≈ IX
1783 Komárno I = VIII
1806 Komárno I = VII
1851 Komárno I = VII
1810 Mór I = VIII
1810 Mór I = VII
1956 Dunaharaszti I = VIII
1911 Kecskemét I = VIII
1985 Berhida I = VII

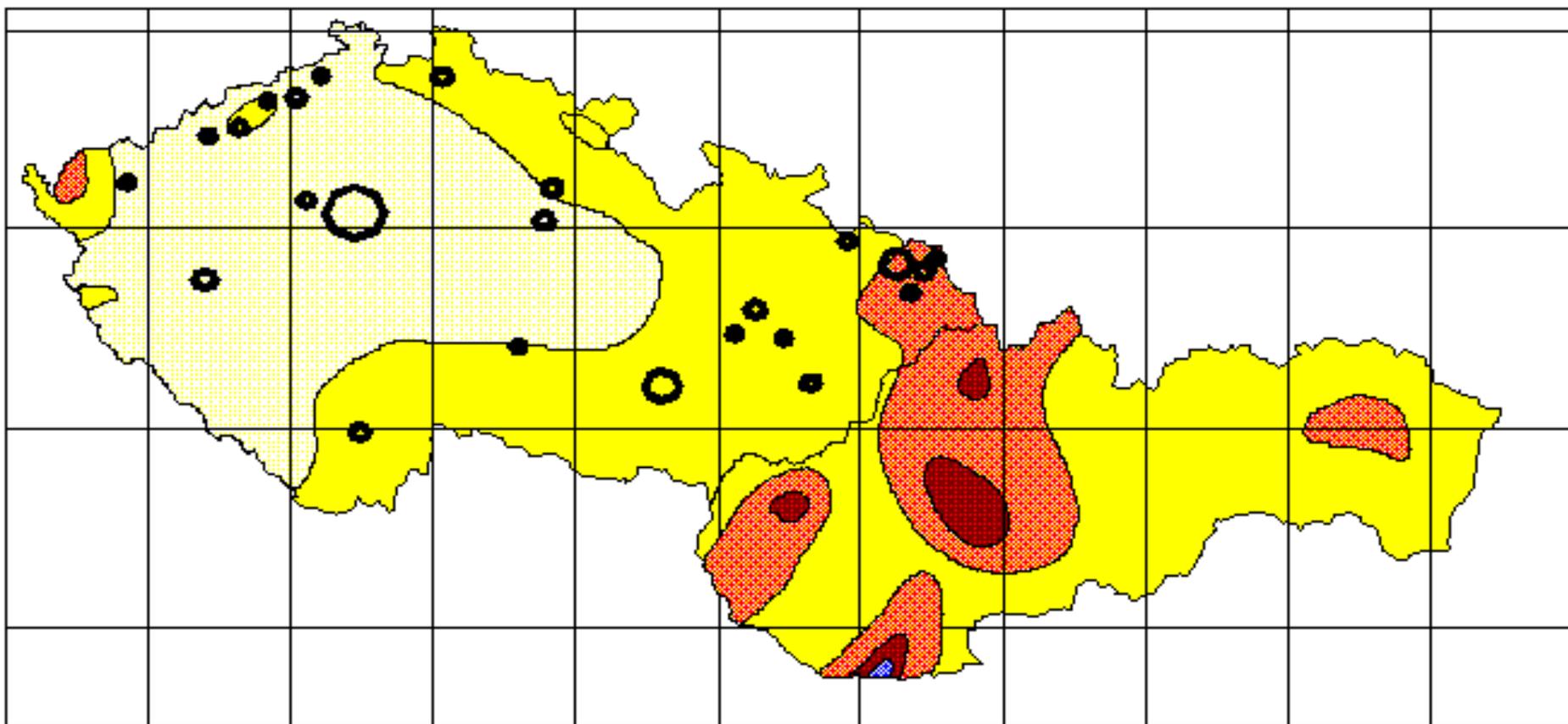
Socio-economic aspects

Urban issues:
Ljubljana (Capital), Udine, Villach, Trieste; 1,5 Mio. Inhabitants
Economical issues:
Upper Sava basin industrial area 40% of Slovenian GNP
Krsko NPP
Transport issues:
First-order traffic and energy transmission lines crossing the Alps

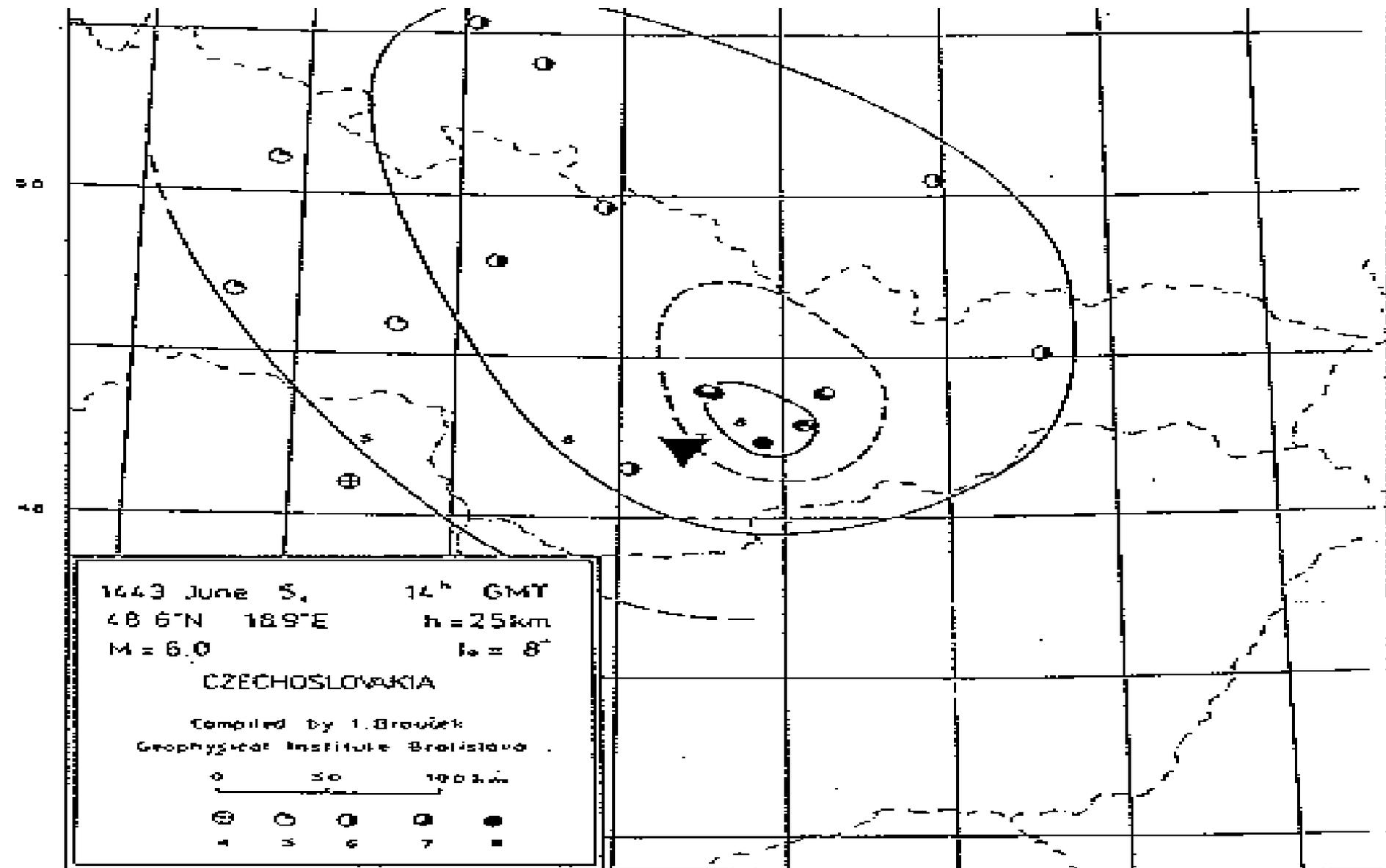
Urban issues:
Vienna and Bratislava (Capitals) 2,5 Mio. Inhabitants
Economical issues:
30% of the Austrian GDP
40% of the Slovak GDP
Bohunice NPP
Transport issues:
First-order traffic and energy transmission lines crossing the Alps

Urban issues:
Budapest (Capital) 3,5 Mio. inhabitants
Economical issues:
45% of the Hungarian GDP
Páks, Mochovce NPPs
Transport issues:
First-order traffic and energy transmission lines

Mapa na následujícím obrázku ukazuje jaké lze očekávat podle dosavadních znalostí maximální účinky zemětřesení na území České republiky a Slovenské republiky v intenzitách podle makroseismické stupnice MSK-64. V následujícím seznamu je v závorce je uvedena pro tato města maximální intenzita zemětřesení, jaká podle MSK-64 lze v místě očekávat <http://rebel.ig.cas.cz/seismika/seismicita.php>



Kremnica 1443, M=6, I=8



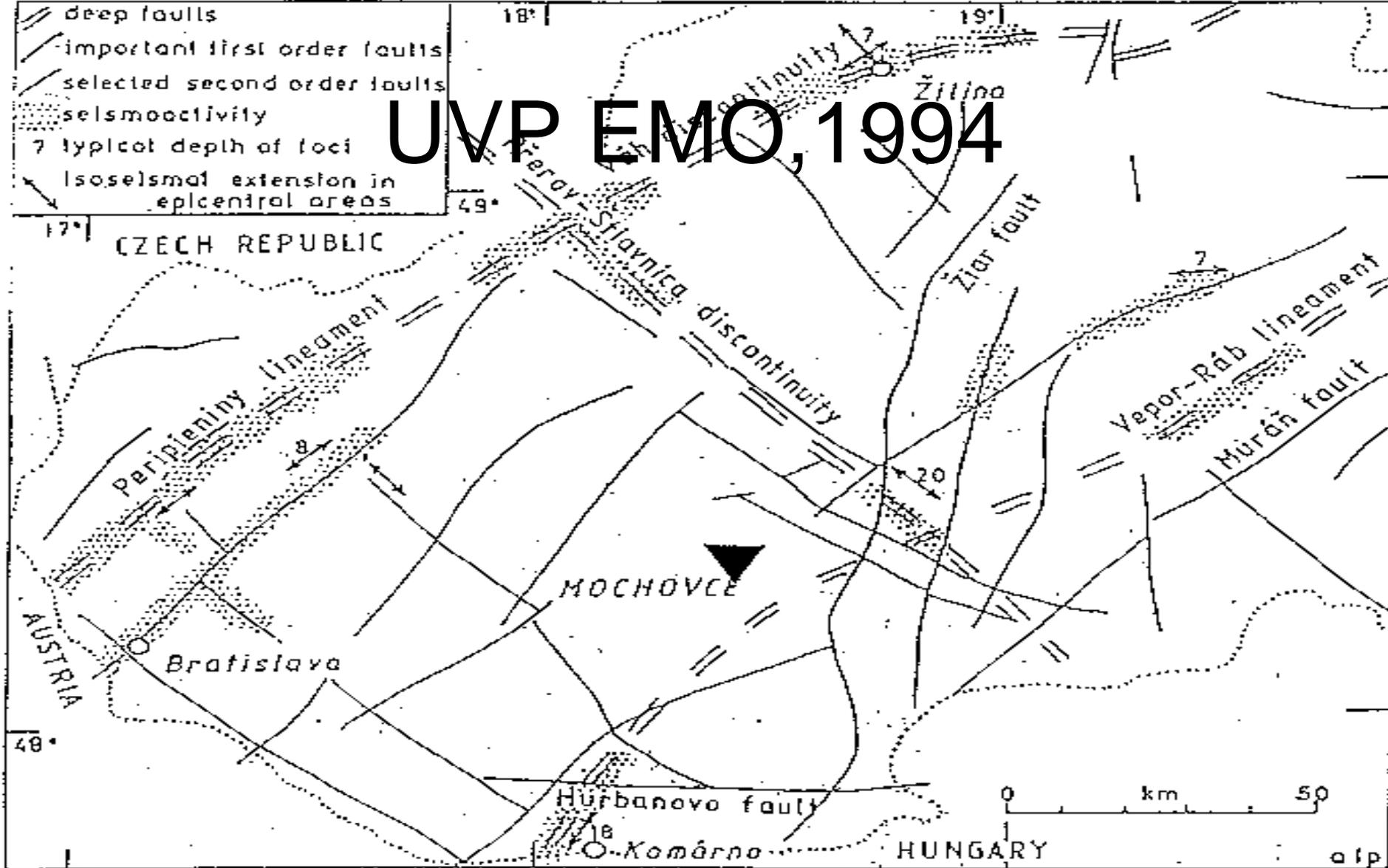
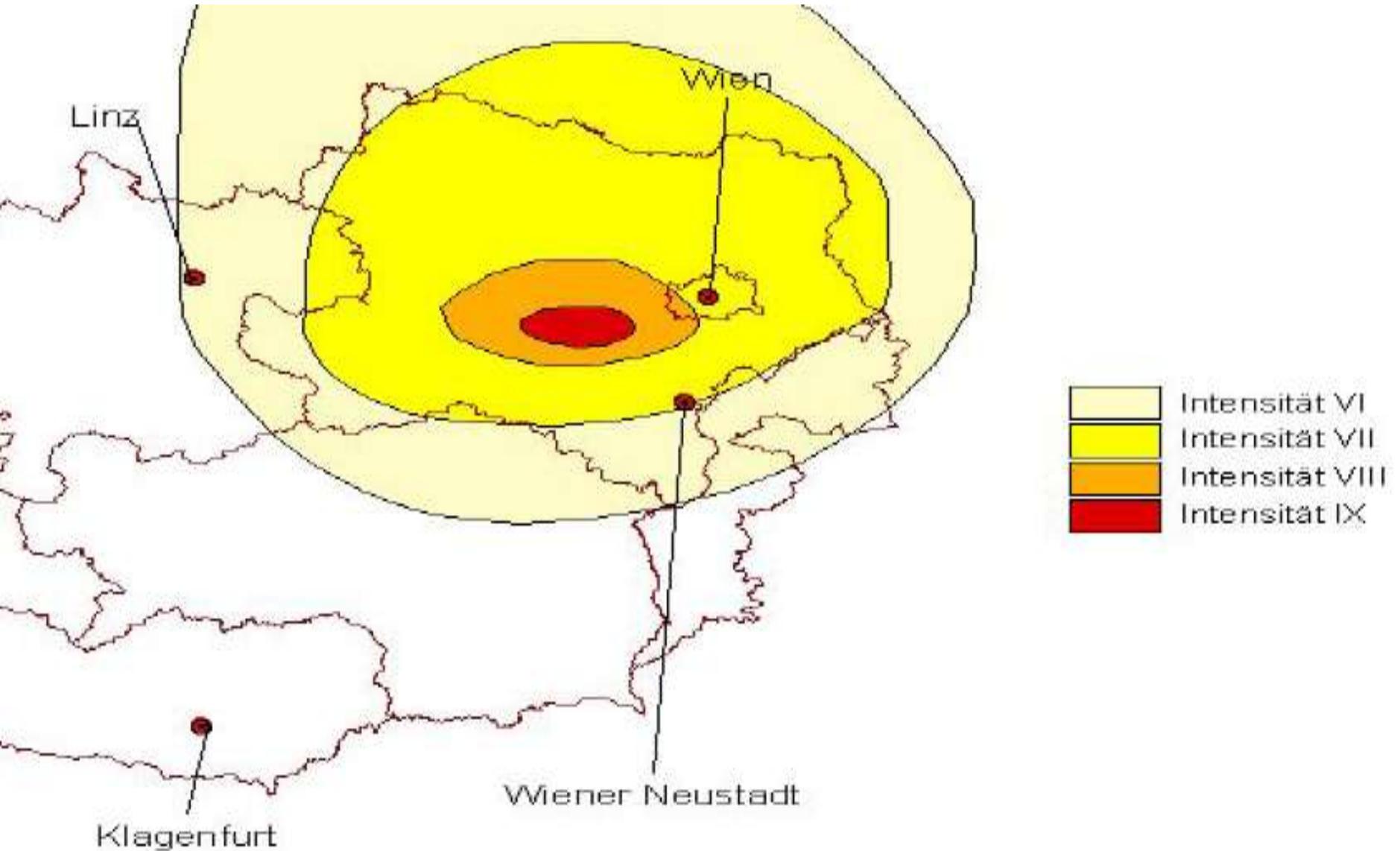


Figure 6-11 (from EIA 1994)

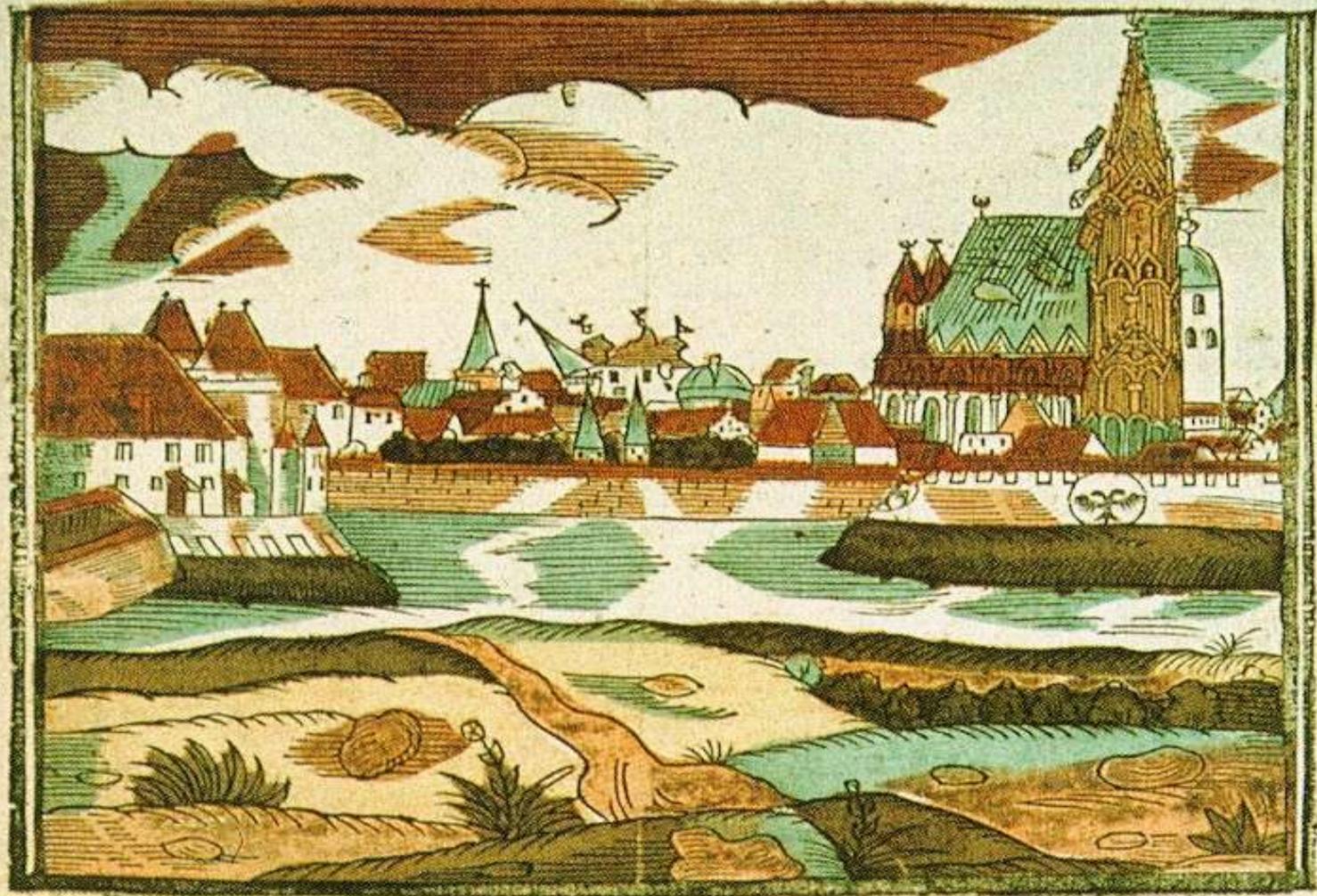
showing geological fault zones. The Prerov-Stiavnica fault and the Vepor-Ráb lineament are regarded as seismically active. The epicentre of the 1443 Kremnica earthquake is assumed to be at their intersection. The minimum distance of the Vepor-Ráb lineament from the site is 12 km.

Neulengbach 1590 (A. Smolka, Munich-Re)



Neulengbach 1590 – Wien betroffen! Trümmer vom Stephansturm durchschlagen das Dach (nach einer Chronik in Olomouc)

Gradwive Novinyo inamienitem a Strassiwem
Zeme erzeseny / kderz se w Slesku / a Dorawie / a powssch Rakauskych / ob zwoassenie
pa? Widni stalo / a czo zawelkani sstodu / na kostelich / a Domich vzmilo / 15. teho dne
Miejze Sarzij tohoto 1590. Letha.



Stadtturm in Tulln, erbaut 1590, beschädigt
beim Beben 1590 Neulengbach, I=9





Karner in Tulln, beschädigt 1590

Tullner Stadtpfarrkirche, 1590
gekippte Wand des nördlichen
Seitenschiffes, Portal





Tulln, Stadtpfarrkirche,
Schaden vom Erdbeben 1590
Neulengbach, Intensität 9

Szenario der Schäden: Köln, Basel, Wien

A.Smolka, Münchner Rückversicherung

Magnitude/Historisches Ereignis/Gesamt-
schaden, wäre das Beben heute (€ Mrd)

- 6.0 / (für Köln – Aachen) / 13
- 6.4 / Düren 1756 / 48
- 6.5? / Basel 1356 / ca. 40
- 5.5-6? / Neulengbach 1590 / 15,2
(25,6 „worst case Scenario“ Raum Wien)

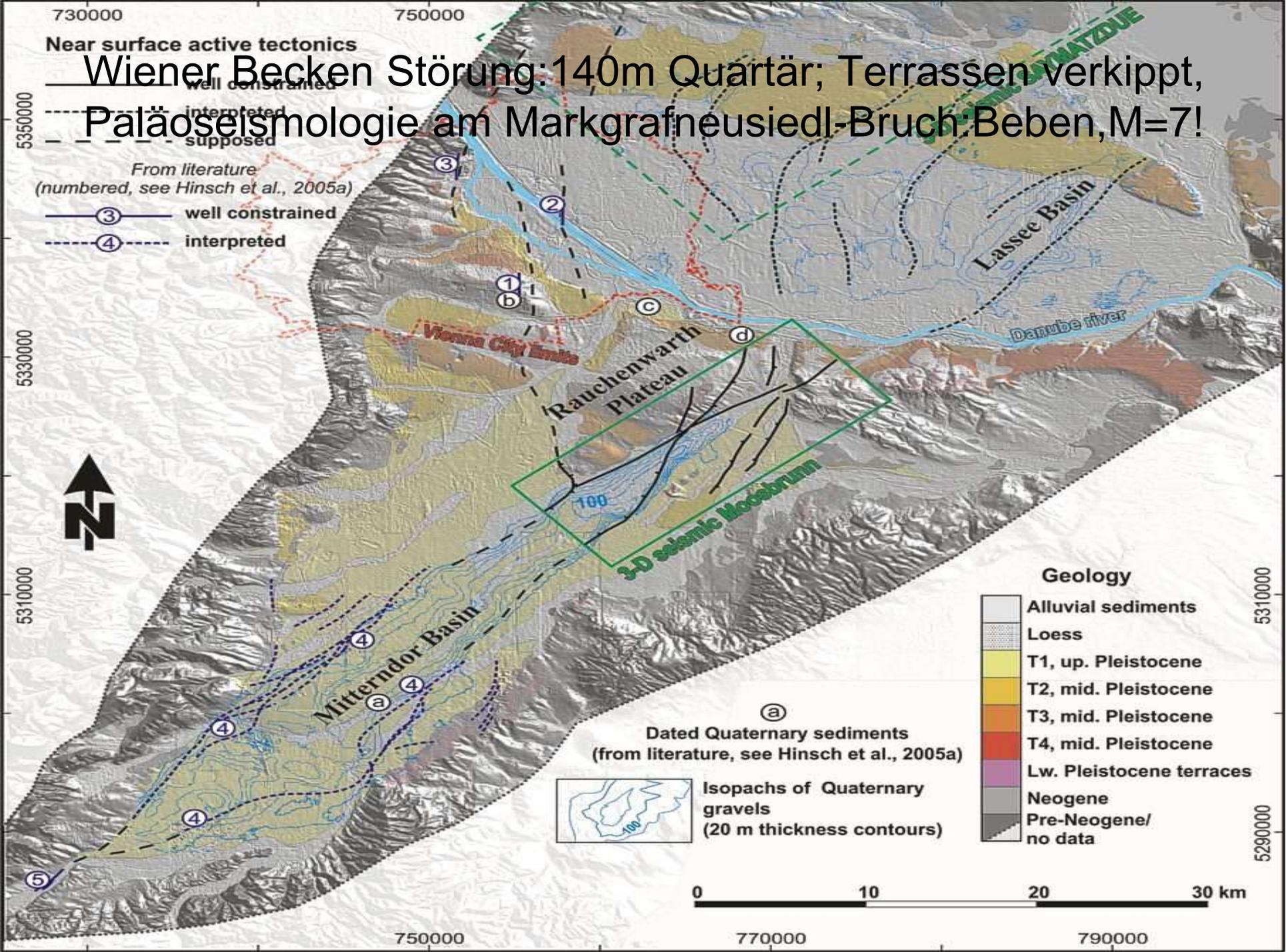
Athen September 1999 –ein Warnschuss

A. Smolka, Münchner -Rückversicherung

- Athen 7.9.1999
- $M = 5,9$
- 20 km
Epizentralabstand
- Schaden: € 3,5 Mrd.

- Wien X.X.2XXX
- $M = 6,0$
- Abstand = x km
- Schaden: € ? Mrd





Wiener Becken Störung: 140m Quartär; Terrassen verkippt,
 Paläoseismologie am Markgrafneusiedl-Bruch: Beben, M=7!

Wiener Becken, Marchfeld, Markgrafneusiedler Bruch, Magnitude 7



Paläoseismologie im Wiener Becken, Marchfeld, Markgrafneusiedler Bruch, M=7

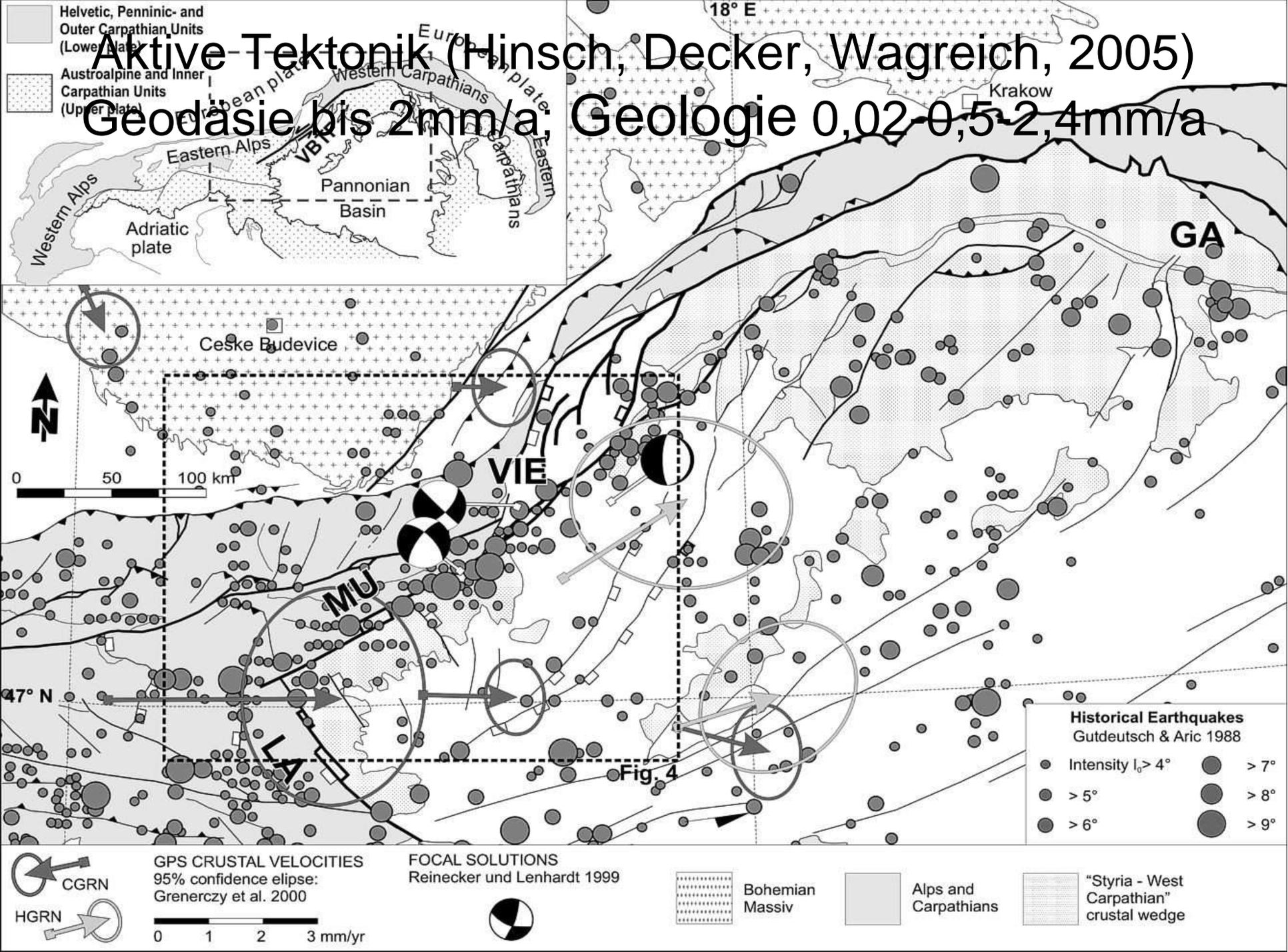


Wiener Becken, Marchfeld, Markgrafneusiedler Bruch, M=7



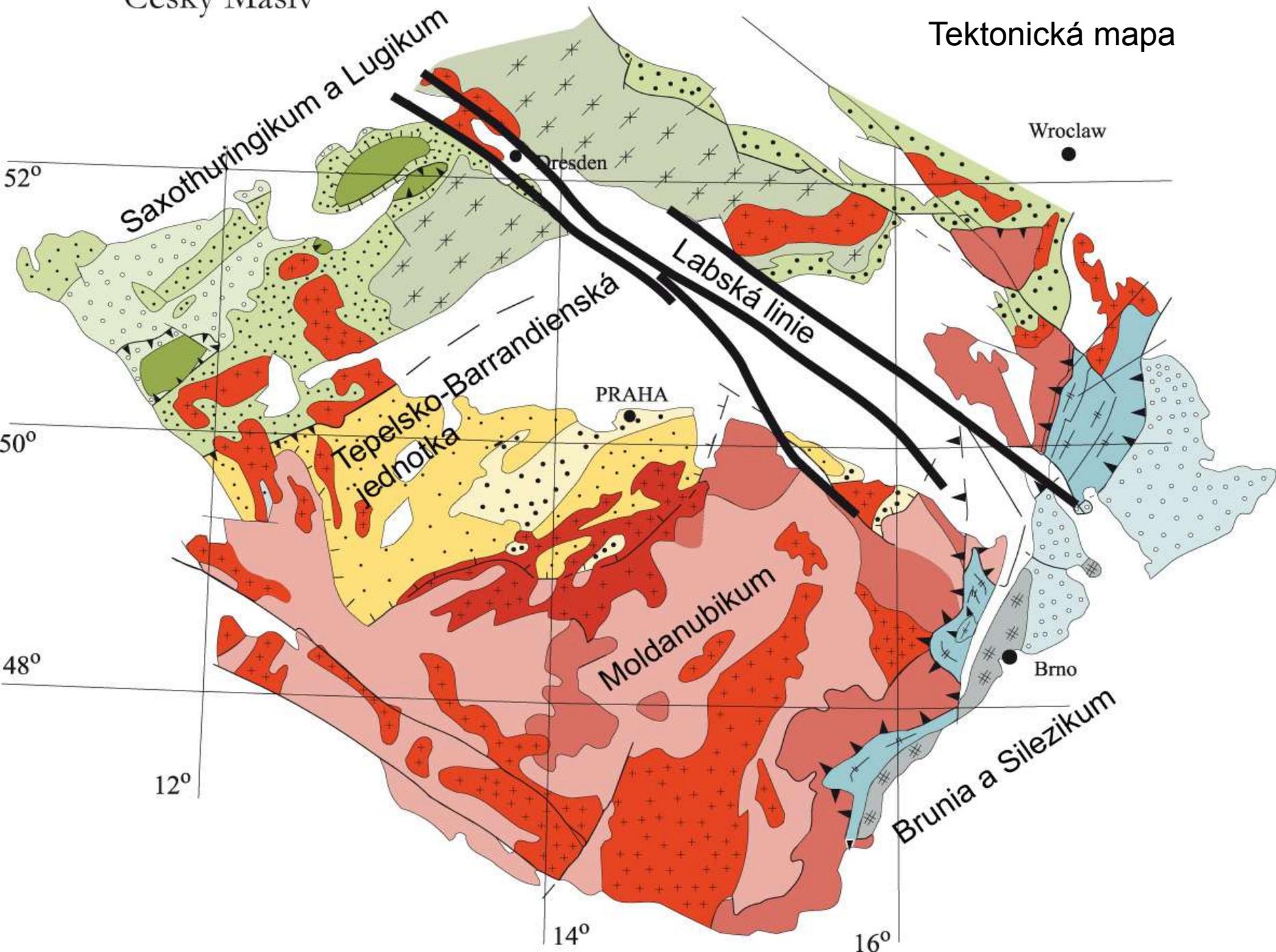
Aktive Tektonik (Hinsch, Decker, Wagreich, 2005)

Geodäsie bis 2mm/a, Geologie 0,02-0,5-2,4mm/a



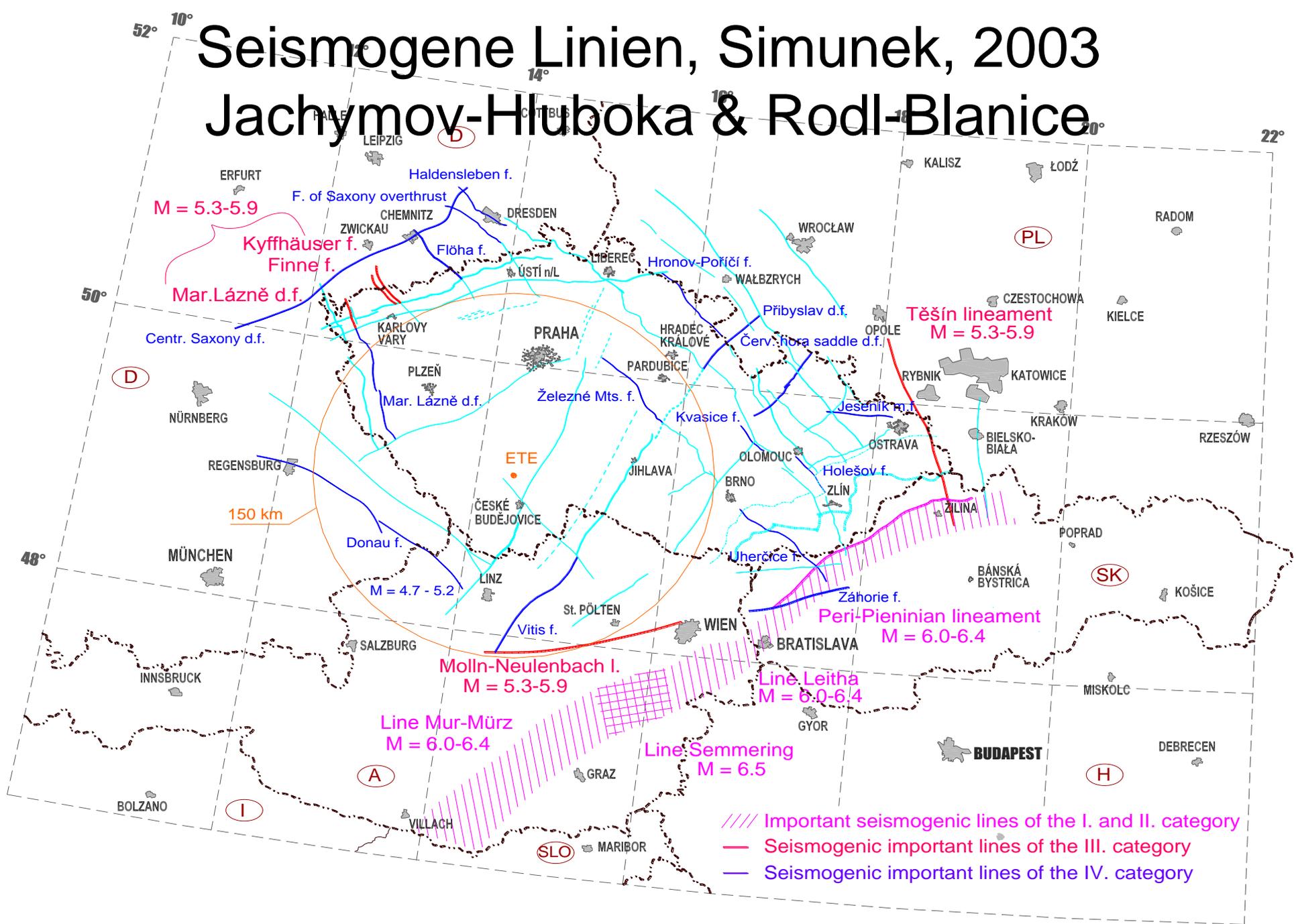
Český Masív

Tektonická mapa

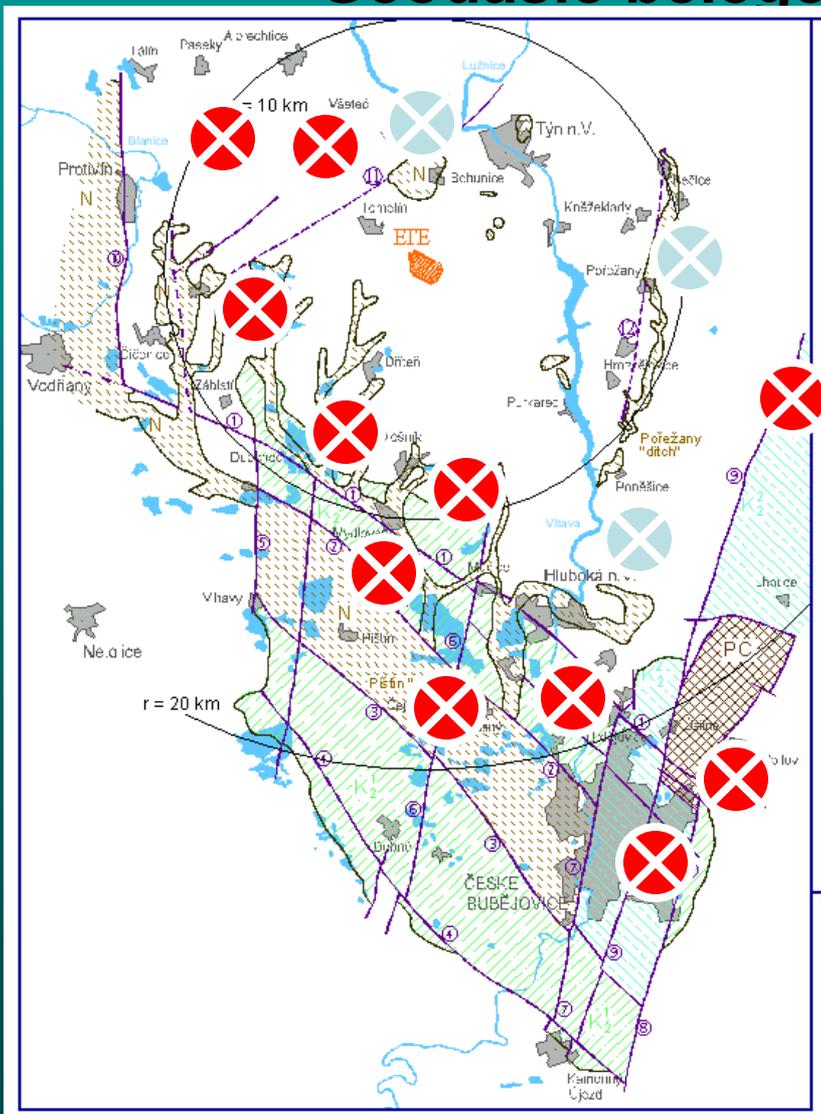


Seismogene Linien, Simunek, 2003

Jachymov-Hluboka & Rodl-Blanice



Empfehlung: Re-Evaluierung der nahen Brüche Morphologie des Geländes, Moldauterrassen, Geodäsie belegen die aktive Tektonik



Data available



No data available

Conclusions

Proved Quaternary and Holocene (< 12.000 ky) tectonics of the Bohemian Massif is complex and includes

1. Complex deformation and reactivation of Permian and/or Cretaceous and/or Miocene strike-slip faults (NE-striking sinistral faults and NNW-striking faults)
2. Formation of NW-striking grabens bounded by NW-striking normal faults

Earthquake data are insufficient for assessing seismic hazard without the use of sound geological and tectonic data. This is shown from comparable faults in the Austrian part of the Bohemian Massif (Diendorf Faults)

Projekt Temelin – Paläoseismologie, 2011

- Geomorphologische Daten weisen auf eine junge Hebung der Liegendscholle am divergenten Abschnitt der Hluboká Störung. Dies ergibt sich aus dem Vergleich der Störungsstufe südöstlich von Hluboká mit anderen Geländestufen am Rand des Budweiser Beckens, die nicht an Störungen gebunden sind.

Junger Versatz der Moldau-Terrassen an der Hluboka Störung

- Die Einschätzung der jüngsten tektonischen Entwicklung der Hluboká Störung beruht weiters auf der Korrelation quartärer Moldau-Flussterrassen über die Störung hinweg
- Das Auftreten etwa 22 ka und 42 ka alter fluviatiler Sedimente in unterschiedlichen Höhen im Hangenden und Liegenden der Störung. Diese Sedimente dürften um 4.5 bis 6.4 m vertikal versetzt sein (ka=1000 Jahre)

Erdbebengefährdungsabschätzung in Österreich ? Kein Vorbild!

- Kernkraftwerk **Zwentendorf** wurde ohne Berücksichtigung der Bebenstärke von Neulengbach 1590 ($I=9$) situiert
- Forschungsreaktor und Zwischenlager für radioaktive Abfälle in **Seibersdorf**, nahe der aktivsten tektonischen Störung (Mur-Mürz-Wiener Becken) und der Mitterndorfer Grundwassersenkung situiert
- **Maximale Bebenstärke** im Wiener Becken mit **$M=5,6$** bisher unterschätzt (ZAMG). Nachweis von **$M=7$** (Decker et al. 2011)
- Erdbebendienst untersucht nur historische Beben, Paläoseismologie wird nicht angewendet, stärkstes Tiroler Beben mit Bergsturz von $3,3\text{km}^3$ in EU Projekt negiert (**Kölfels, Ötztal, 9800 BP, M ca. 7,5**)
- Starkbeben im Raum **Villach 1348** mit lokalem riesigen Bergsturz unter Annahme eines Epizentrums in Friaul aus dem Katalog entfernt



Umhausen, Ötztal,
9800 BP, M 7,5

Umhausen, Ötztal, 9800 BP, M ca. 7,5
Tschirgant, Inntal, 11000 BP



Zusammenfassung 1 („im Lichte der Ereignisse von Fukushima“): EBO / EMO

- Die Existenz von Störungszonen, an denen nachpliozäne Versetzungen von 25-40m stattgefunden haben, ist auch in slowakischen Studien nachgewiesen. Keine Ergebnisse paläoseismologischer Studien bekannt
- Tiefenstörungen nahe EBO (Semmering-Peripieniny-Vah: M=6, M=7, I=8 -10) und EMO (Vepor-Rab-Certovica: M=6, I=8 Kremnica, und 4 histor. Starkbeben I= 7, 8 & 9 Komarno)
- Bebenstärken unterschätzt, für EMO wurde M=6 kategorisch ausgeschlossen
- PSHA 2003 berücksichtigt für EMO nur nach 1956 instrumentell erfasste Beben

Zusammenfassung 2 („im Lichte der Ereignisse von Fukushima“): CZ&SK

- Ausgeführte seismische Zonierungen sind laut DOE (USA) unzulässig (Zusammentreffen von Zonen in einem Punkt, Querung großer tektonischer Störungen, künstlicher Gürtel kleinster Zonen als Puffer zur „Abmilderung“ gegenüber Zonen mit Starkbeben)
- Manche seismische Zonengrenzen folgen den Staatsgrenzen (D/CZ/A), oder weichen dem KKW aus
- Kombinierte Gefährdung: Unterbrechung der Wasserzufuhr und Straßenverbindung von den Flüssen Vltava, Jihlava und Hron wird ausgeschlossen
- Keine Berücksichtigung zusätzlicher Margen d.h. Sicherheitsspielräume (kein „margin assessment“)

Zusammenfassung 3 („im Lichte der Ereignisse von Fukushima“): ETE, EDU

- Die Studien der tschechischen Geowissenschaftler (umfangreiche Literatur in internationalen Journalen vor KKW-Planung) wurden negiert, Tiefenstörungen & neotektonische Aktivität trotz Beweise (aktive Subsidenz, Verstellung junger Terrassen) geleugnet.
- IAEA-Site-Safety-Review-Mission 1990 bekam keinen vollständigen Erdbebenkatalog (größtes historisches Beben von 1590 verschwiegen)
- A-Expert-Team: Negativ: Einsicht in geologische Gutachten verweigert. Positiv: Laut dem POSAR – Dokument halten viele Bauteile und Strukturen höheren seismischen Belastungen stand; eine allgemeine Nachrüstung auf 0,2g wäre also durchaus möglich!

Vergleich Design / Neuabschätzung PGA, nach Gürpınar, IAEA, 2010, ergänzt; (mit den empfohlenen Aufrüstungen auf höhere Bodenbeschleunigungen)

Generelle Unterschätzung in der Planungsphase

- Bohunice NPP < 0,1g / 0,28g (0,34g? 0,45-0,6g!)
 - Mochovce NPP < 0,1g / 0,15g (~ 0,2g? 0,35-0,4g!)
(SK, CNS-2011: 0,143g, A, I, H, HR, D, 1999: 0,17-0,25g!)
 - **Temelin NPP < 0,06g / 0,1g (A: 0,2g Minimum!)**
 - Leningrad NPP < 0,1g / 0,1g
 - Krsko NPP 0,3g / 0,4g (ICISA, 1995: 0,55g,
IAEA, 2003: 0,85g!)
 - Paks NPP < 0,1g / 0,35g – 0,28g?
 - Medzamor NPP 0,1g / 0,2g durch Mikrozonierung herabgestuft, jetzt nur 0,35g? GSHAP, 1999: 0,8g!)
- Extrem unterschätzte seismische Gefährdung, da lagenweise verwitterter Basalt und Sedimente

**Danke für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Institut für Sicherheits-
& Risikowissen-
schaften, BOKU

www.risk.boku.ac.at

