



Schweizerischer Erdbebendienst
Service Sismologique Suisse
Servizio Sismico Svizzero
Swiss Seismological Service

ETH zürich

Lokale seismische Erdbeben-Gefährdungsanalyse

Donat Fäh

Schweizerischer Erdbebendienst (SED) - ETH Zürich

www.seismo.ethz.ch



**INFORMATIONSANLASS FÜR GEMEINDEN UND KANTONE
23.08.2019 - ETHZ**

Magnituden

Europäische Makroseismische Skala (EMS) 1998



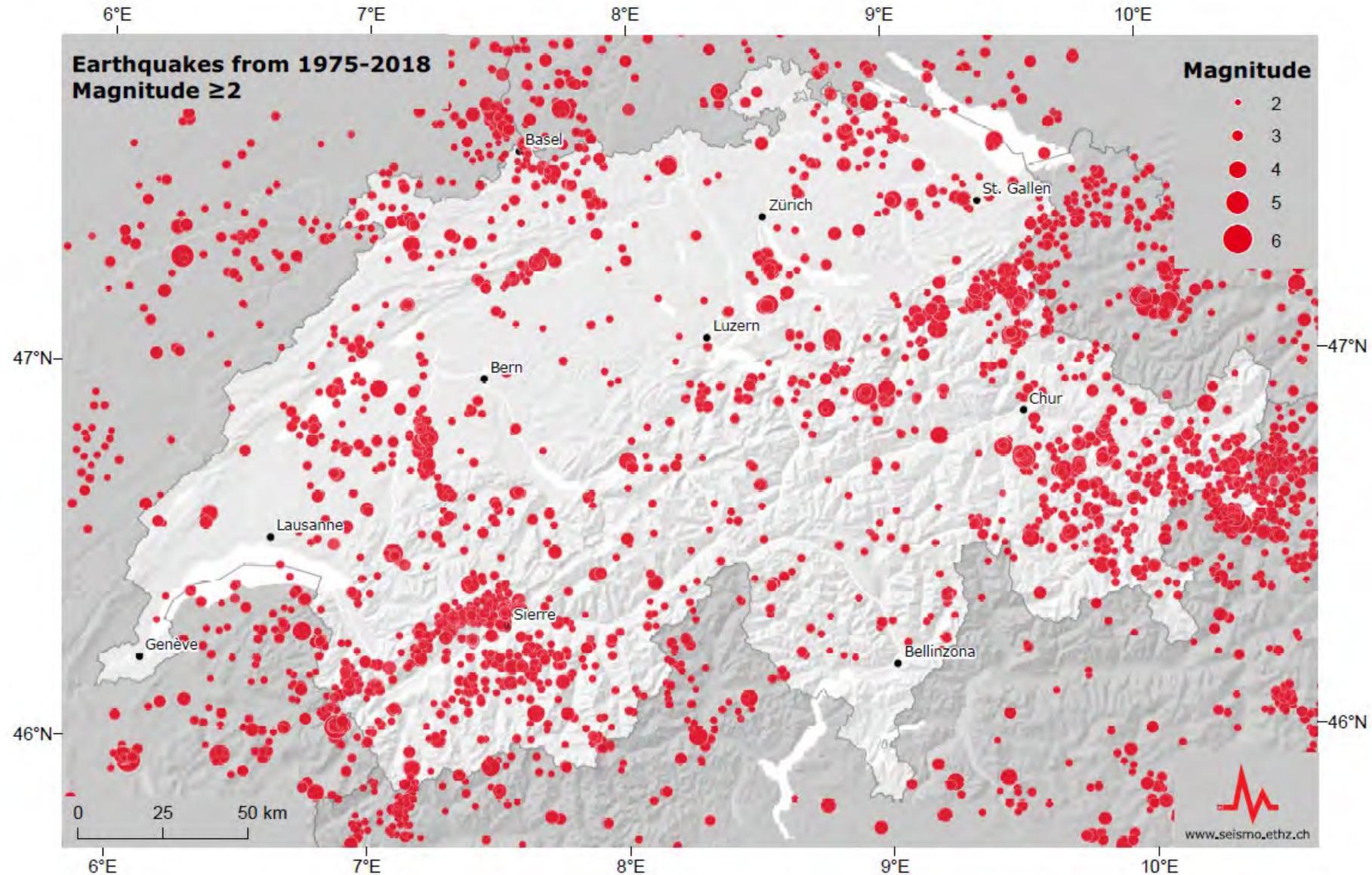
Intensität	Definition (Kurzform)
I	nicht fühlbar
II	kaum bemerkbar
III	Schwach
IV	Deutlich
V	Stark
VI	leichte Gebäudeschäden
VII	Gebäudeschäden
VIII	schwere Gebäudeschäden
IX	zerstörend
X	sehr zerstörend
XI	verwüstend
XII	vollständig verwüstend

Die Intensität beschreibt die Erschütterungswirkung an der Erdoberfläche an einem Standort

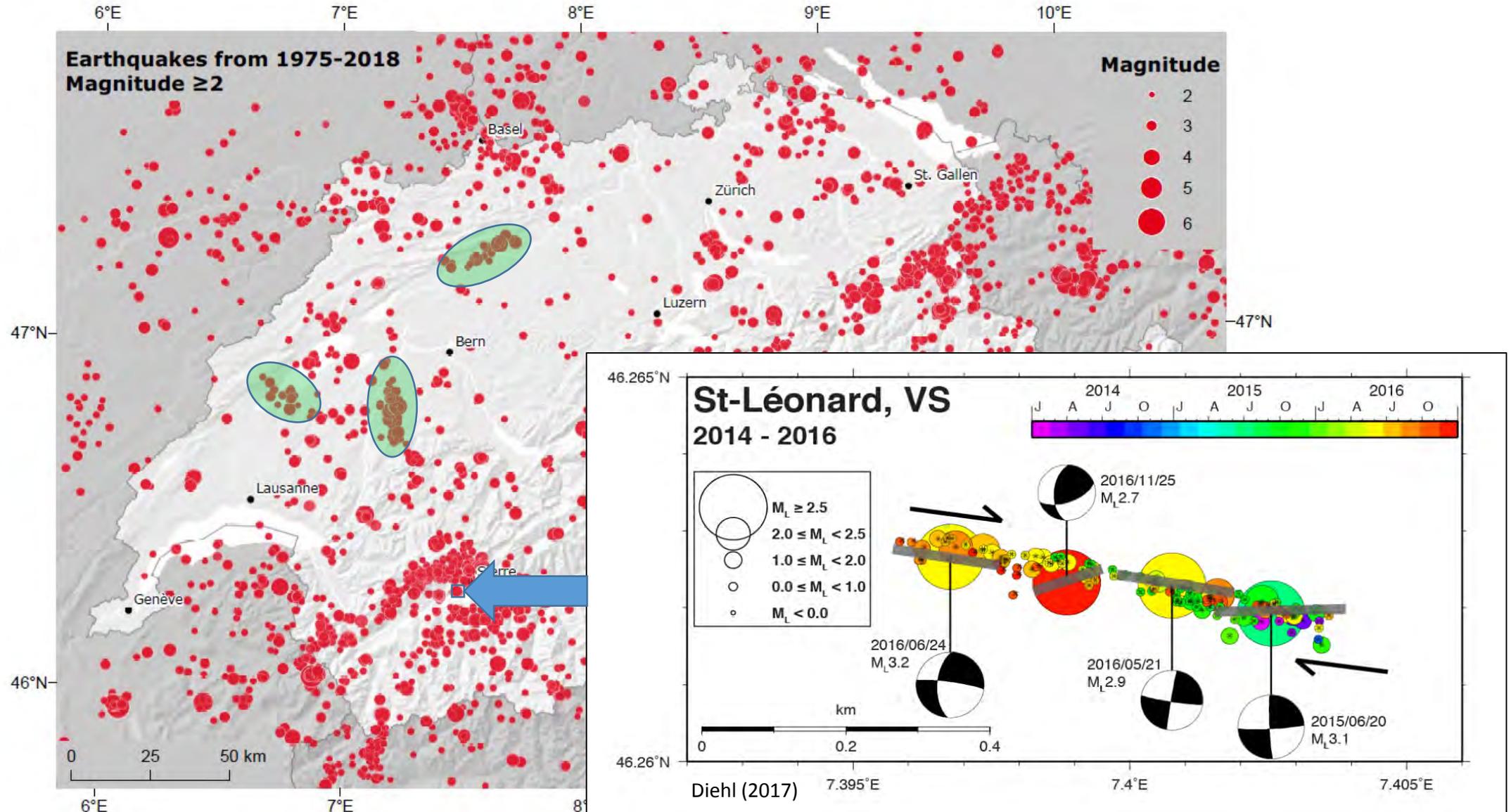
Die ausführliche Skala EMS unterscheidet:
a) **Verletzbarkeitsklassen (A-F)**
b) **Schadensgrade (1-5)**

EMS (1998): European Macroseismic Scale 1998. Grünthal, G. et al. (eds.)

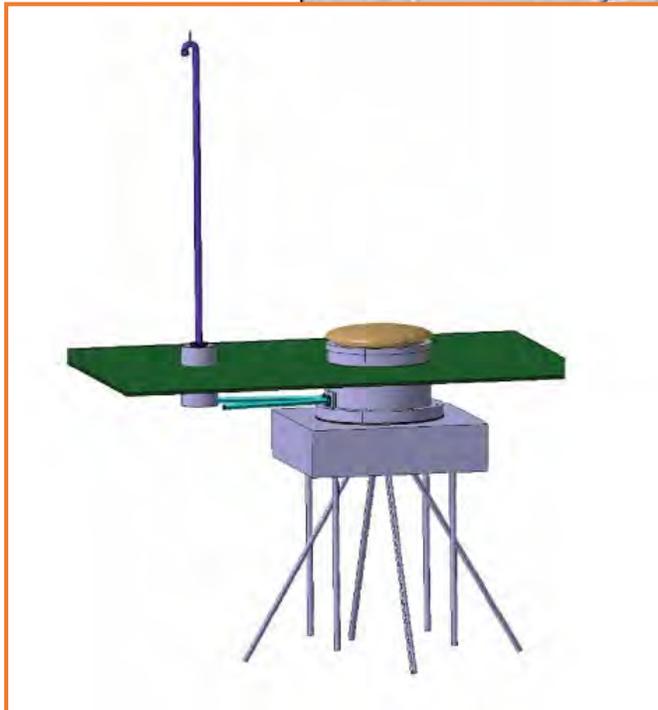
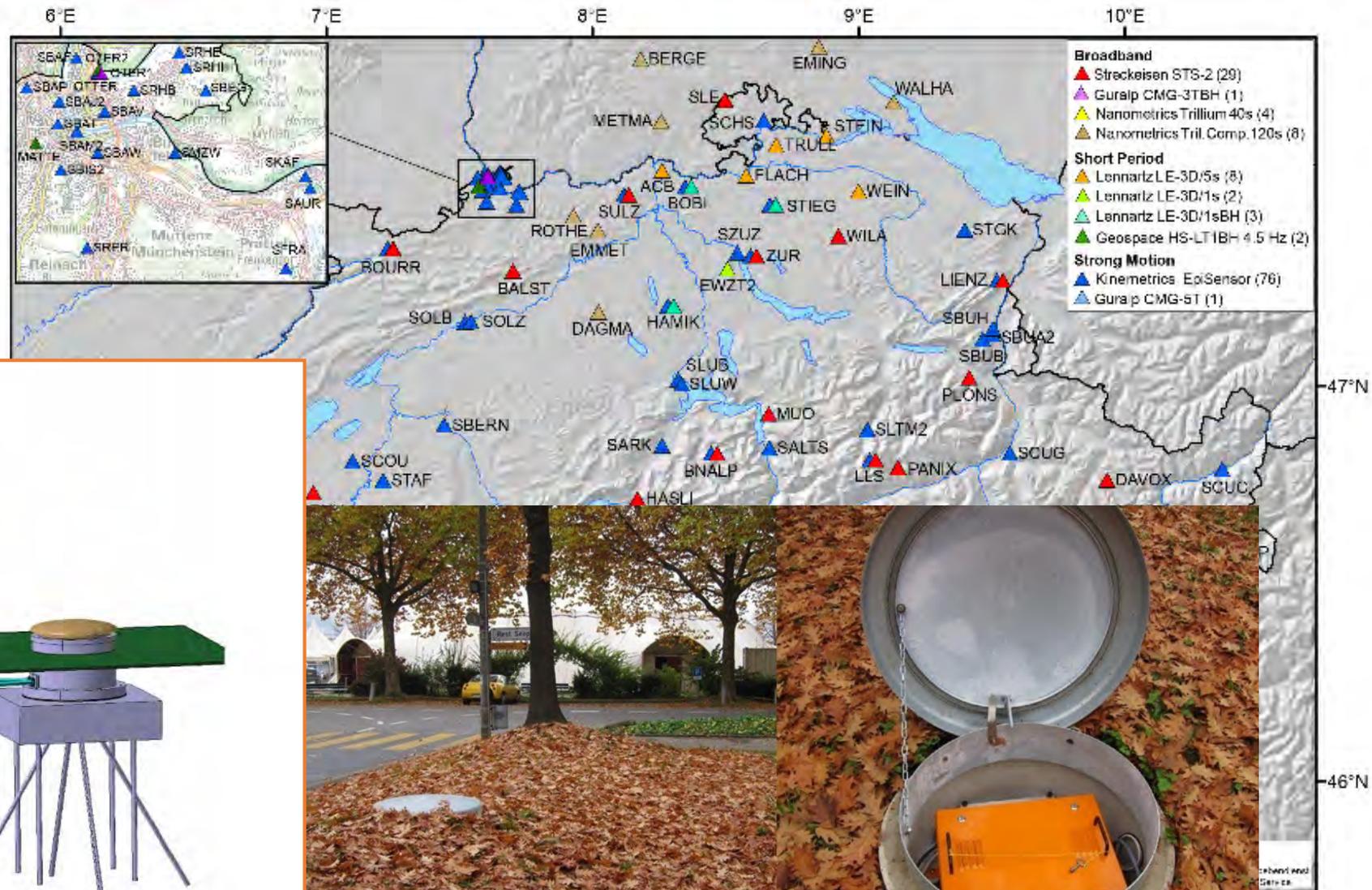
Instrumentell erfasste Erdbeben 1975-2018



Instrumentell erfasste Erdbeben 1975-2018 und aktive Bruchsysteme



Seismische Netzwerke der Schweiz: SDSNET und SSMNet

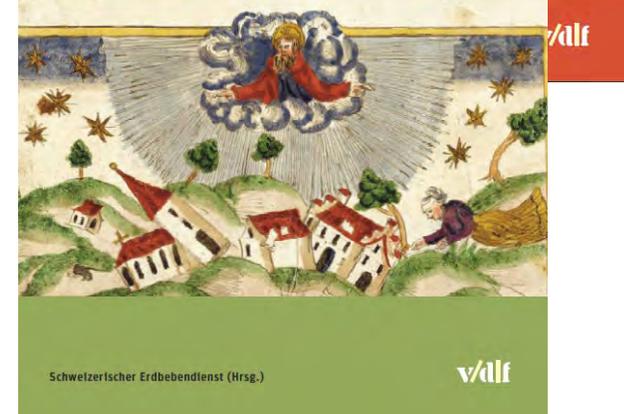
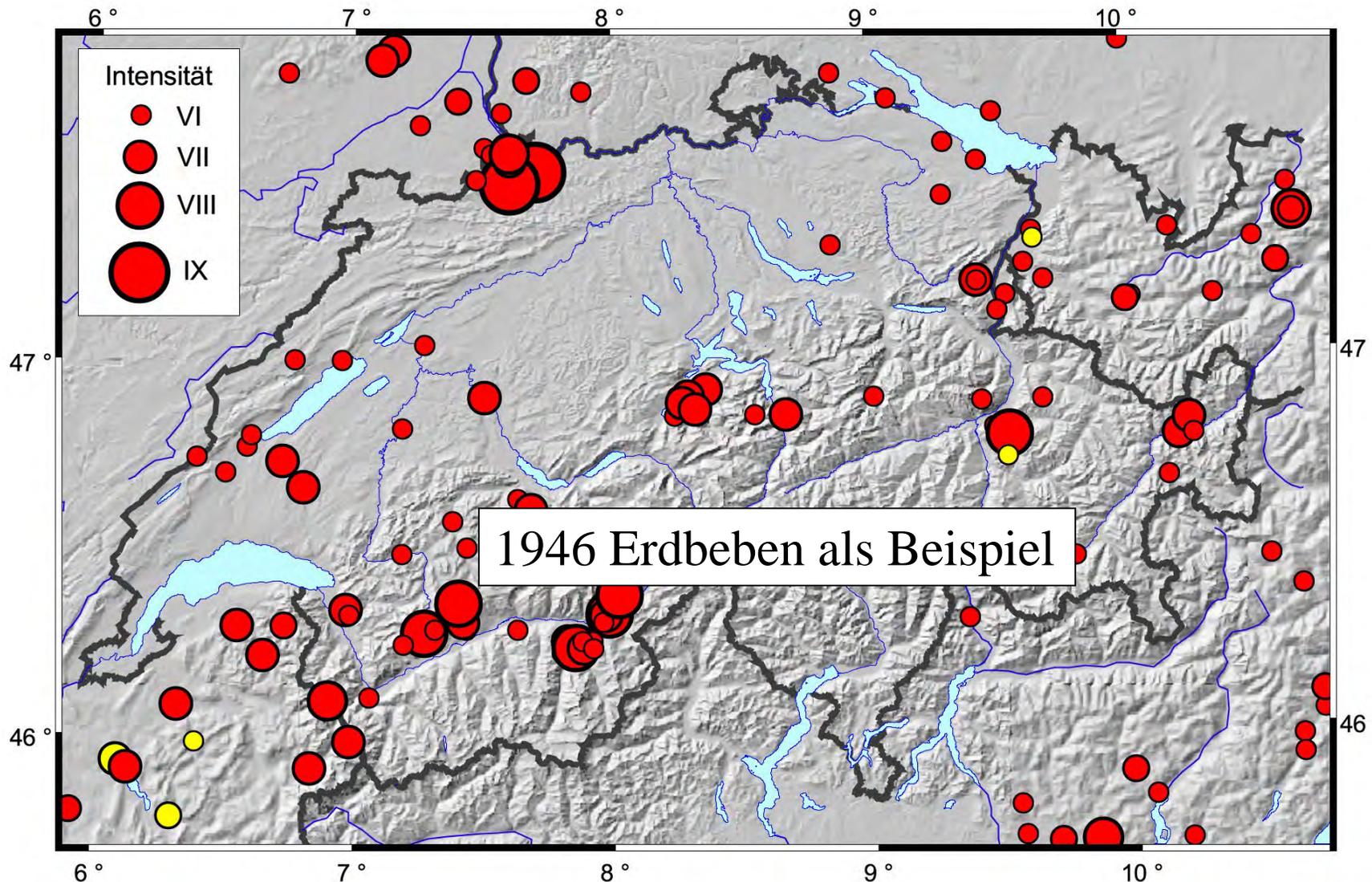


Neues Konzept für eine Freifeld-Installation



Historische Schadensbeben:

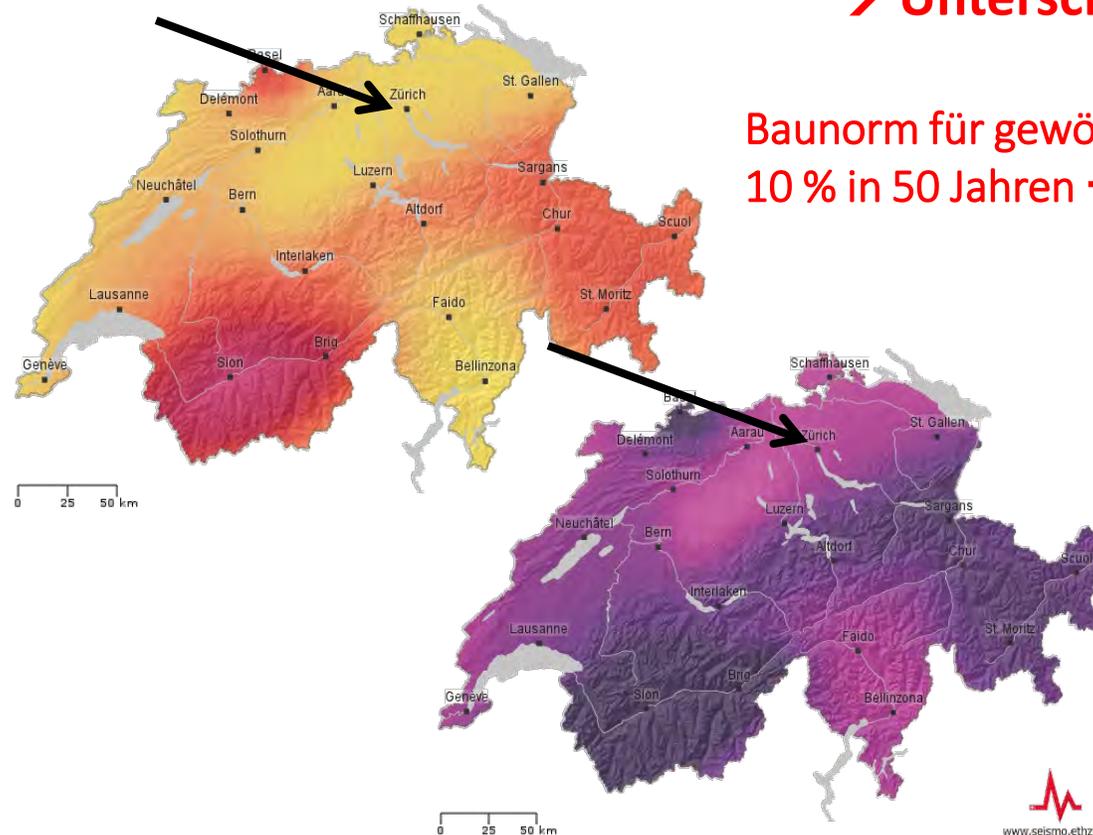
Wie häufig treten sie auf und wie gross waren die Auswirkungen?



Wahrscheinlichkeiten und Baunormen

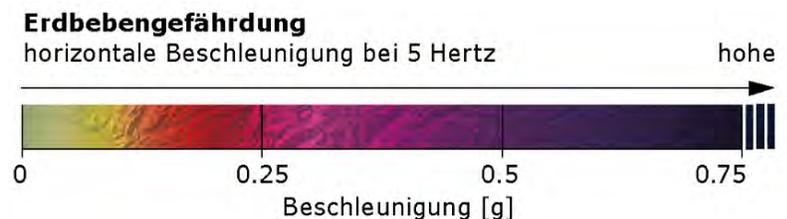
Die seismischen Gefährdungskarten zeigen uns, welche **Bodenbewegung** wir in einer **gewissen Zeitperiode** im Durchschnitt auf einem **felsigen Untergrund** erwarten müssen.

Unterschiedliche Schutzziele → **Unterschiedliche Gefährdungsniveaus**
→ **Unterschiedliches akzeptiertes Risiko**



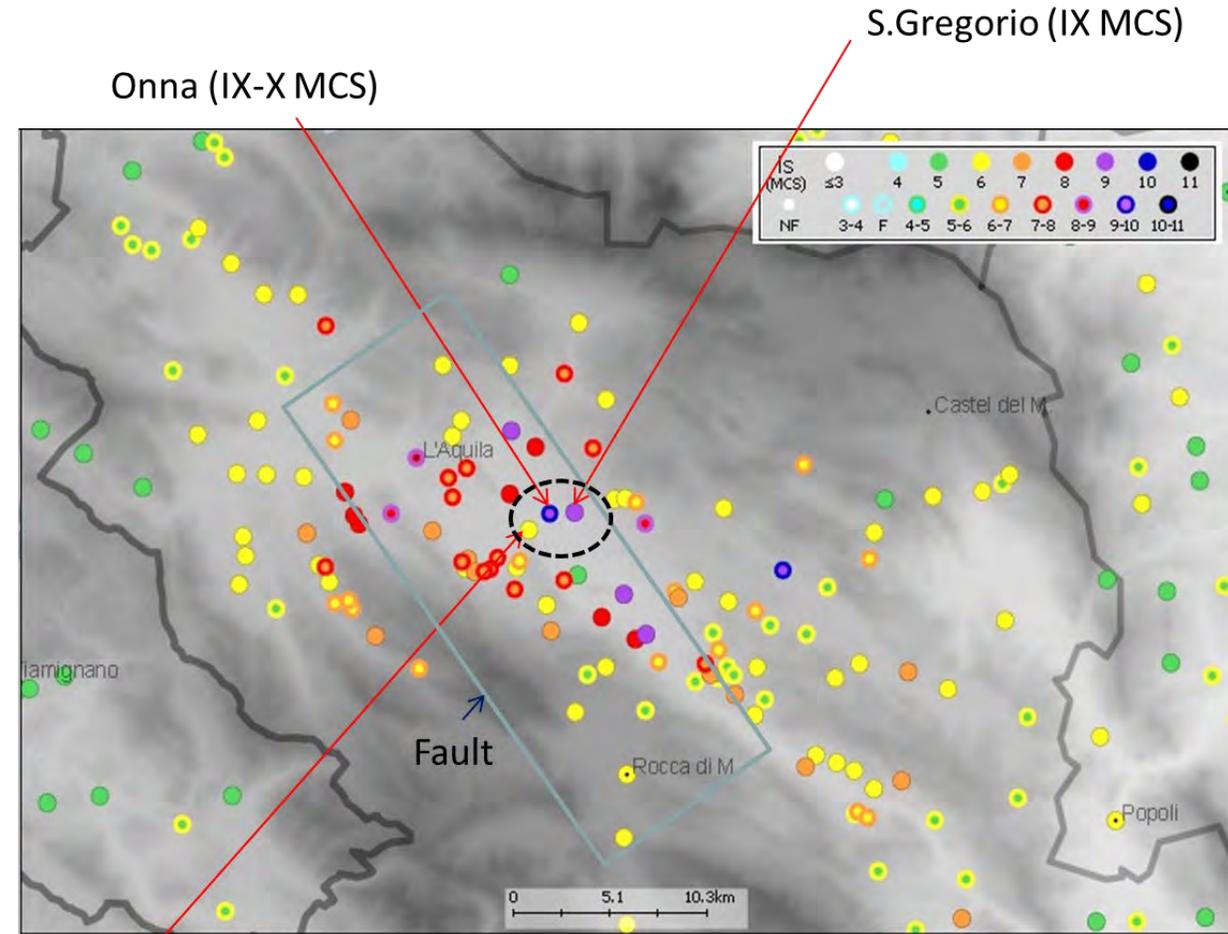
Baunorm für gewöhnliche Bauwerke:
10 % in 50 Jahren → **500-jähriges Ereignis**

Grosse Dämme :
0.5 % in 50 Jahren → **10'000-jähriges Ereignis**



Wahrscheinlichkeiten und Baunormen

Die seismische Gefährdung wird jedoch durch **lokale Faktoren, insbesondere die Geologie** am Standort bestimmt.



Monticchio (V-VI MCS)

Makroseismische Karte

L'Aquila Erdbeben vom 9. April 2009

L'Aquila Erdbeben 2009

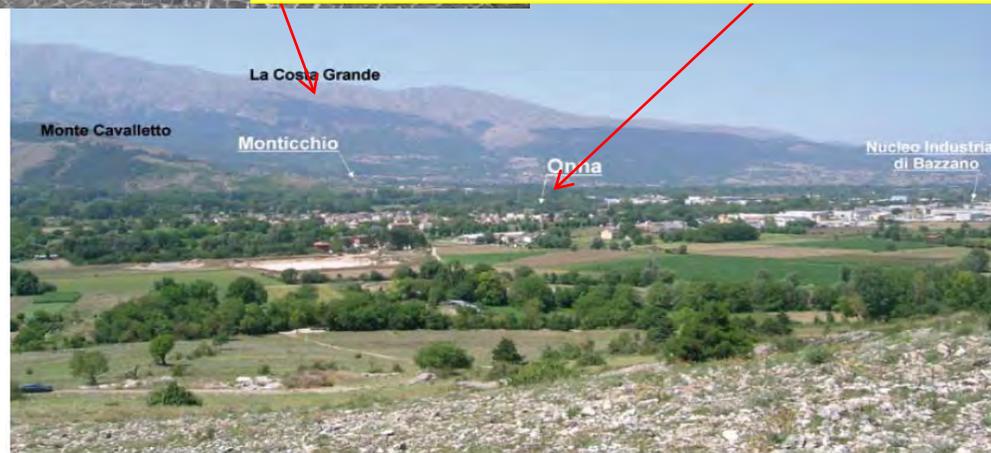
Monticchio (V-VI MCS)



Onna (IX-X MCS)



Wir kennen solche lokalen Effekte seit langem.
Wir können diese heute recht zuverlässig abschätzen.



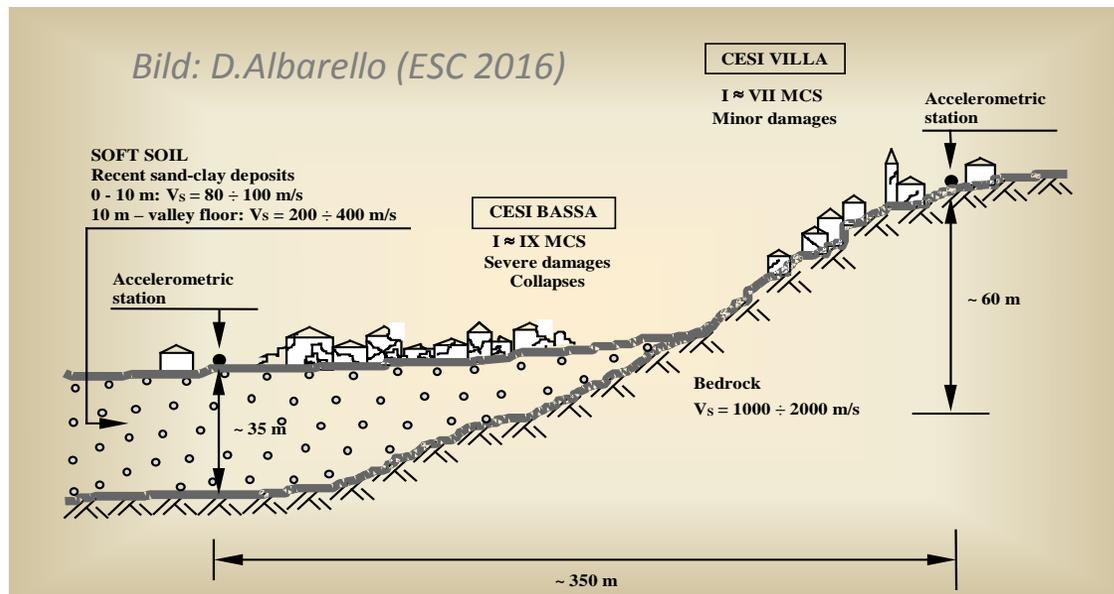
S.Gregorio (IX MCS)



Ähnliche Gebäude -
Ganz anderes Schadensbild

Die seismische Gefährdung wird durch lokale Faktoren bestimmt:

- 1) Zusammensetzung und Alter der Sedimente, Verwitterung des Fels (Geologie)
- 2) Eigenschaften: Scherwellengeschwindigkeit, Dichte, Wassersättigung, . .
- 3) Mächtigkeit und Geometrie der Sedimentfüllung
- 4) Nichtlineares Materialverhalten (Bodenverfüssigung, induzierte Massenbewegungen)



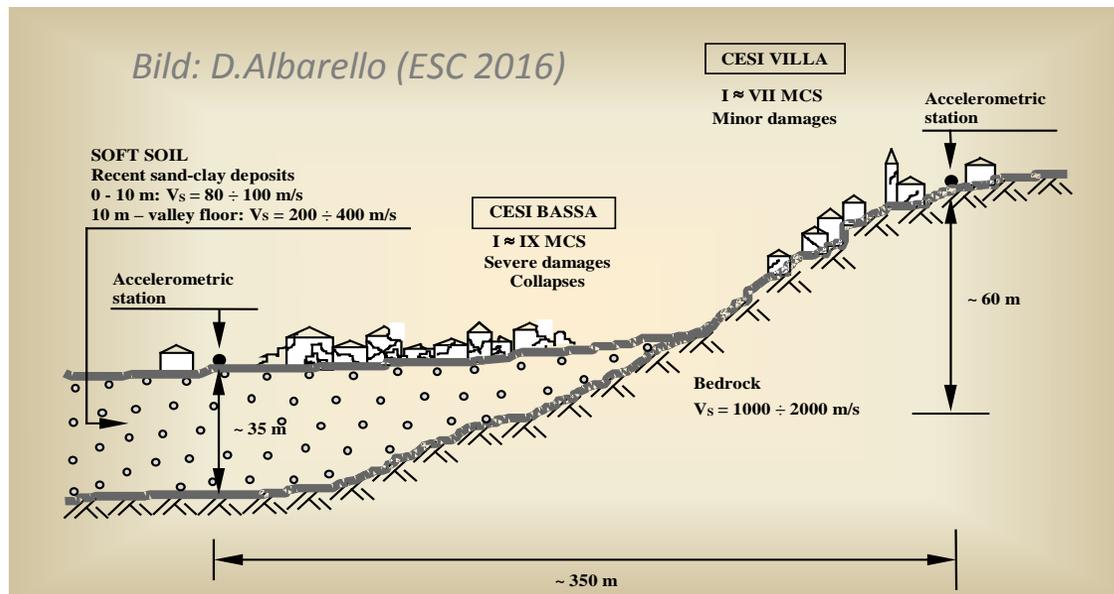
Typische Situation in der Schweiz

Die seismische Gefährdung wird durch lokale Faktoren bestimmt:

- 1) Zusammensetzung und Alter der Sedimente, Verwitterung des Fels (Geologie)
- 2) Eigenschaften: Scherwellengeschwindigkeit, Dichte, Wassersättigung, . .
- 3) Mächtigkeit und Geometrie der Sedimentfüllung
- 4) Nichtlineares Materialverhalten (Bodenverfüssigung, induzierte Massenbewegungen)

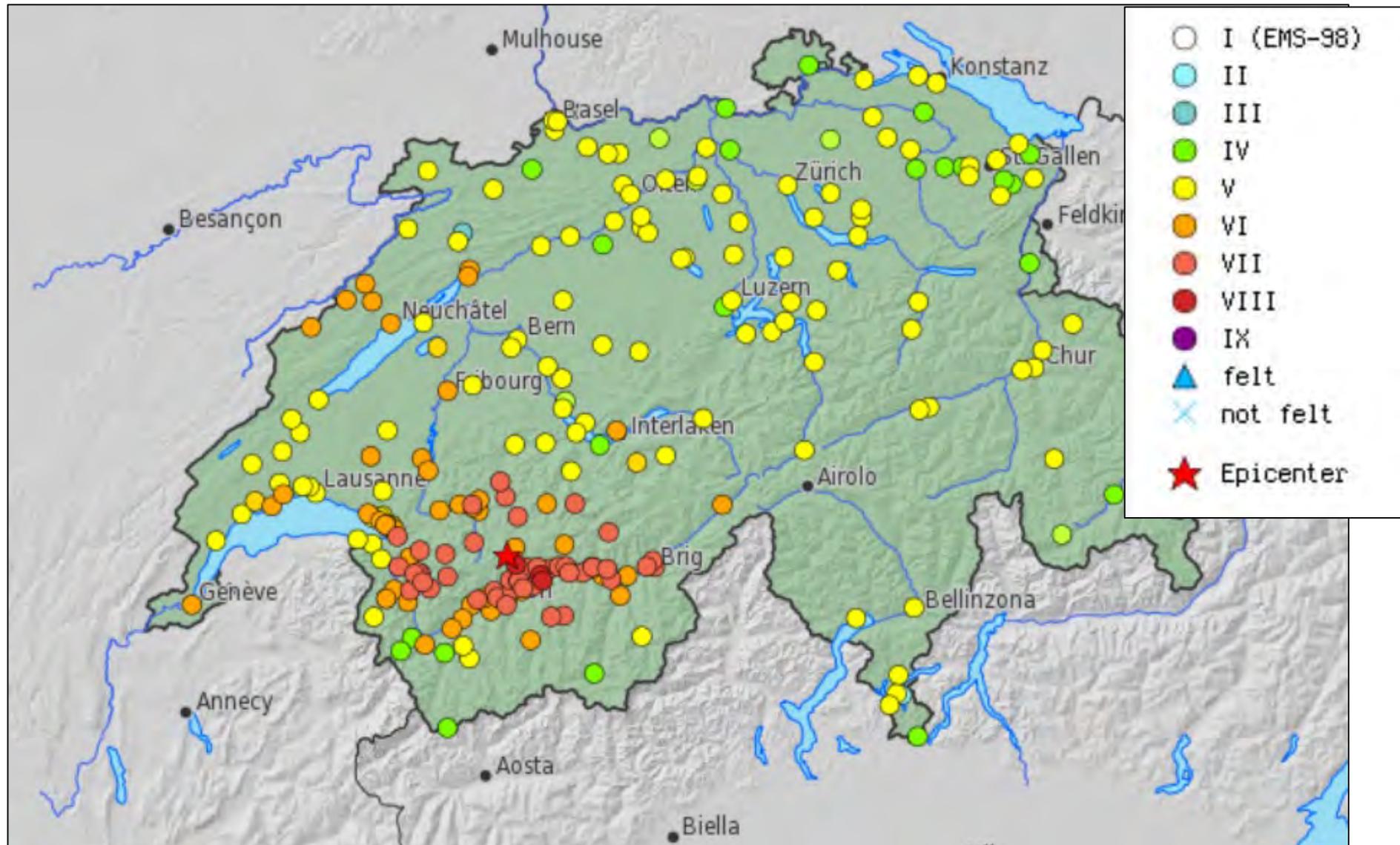
Daraus resultiert das dynamische Verhalten (**das wir messen und modellieren können**):

- a) Wellenverstärkungen oder Abminderung (regional und lokal)
- b) Resonanzverhalten
- c) Entstehung lokaler Oberflächenwellen an starken geologischen Übergängen

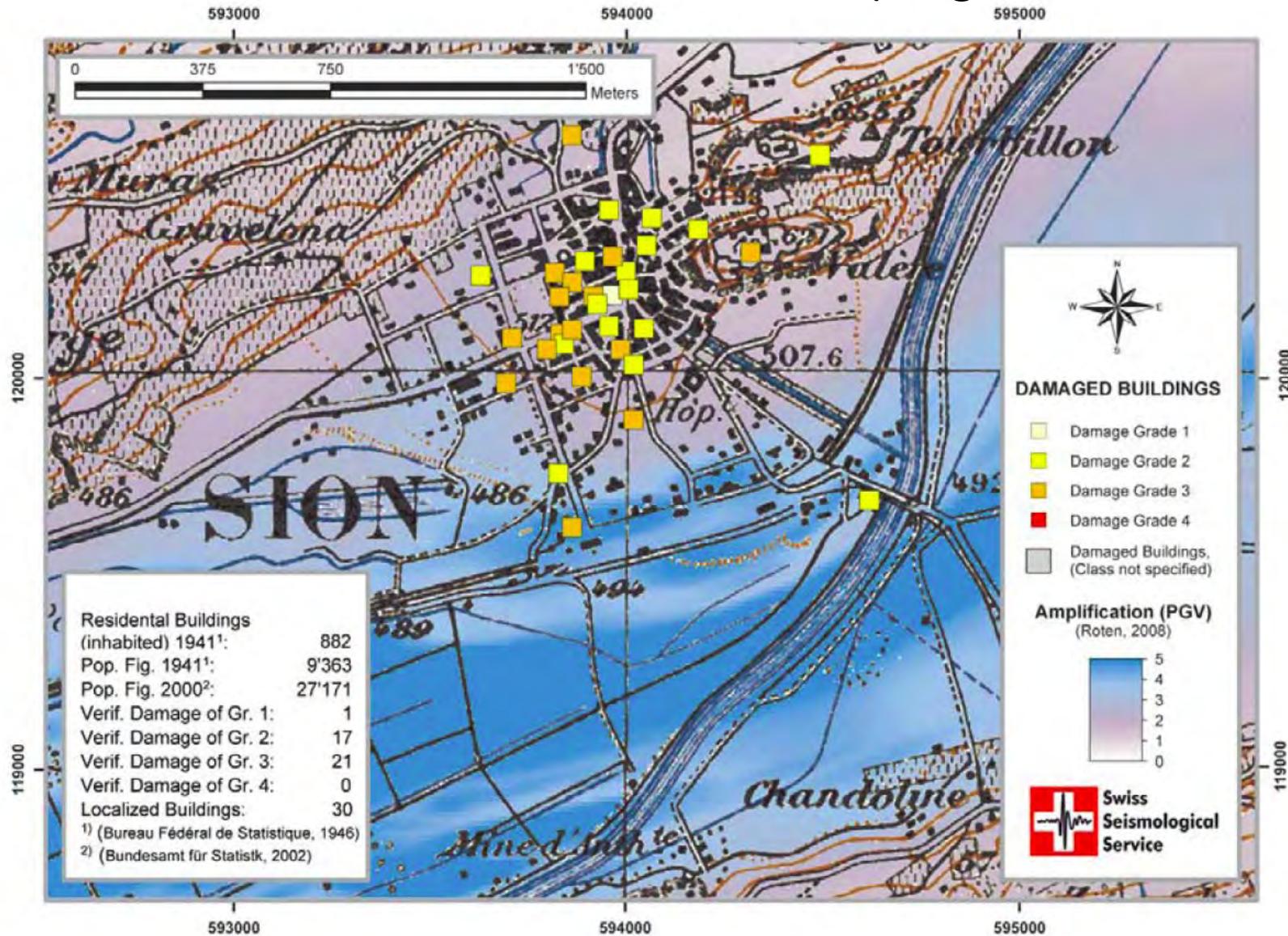


Typische Situation in der Schweiz

Erdbeben vom 25. Januar 1946 im Wallis (Magnitude Mw=5.8)

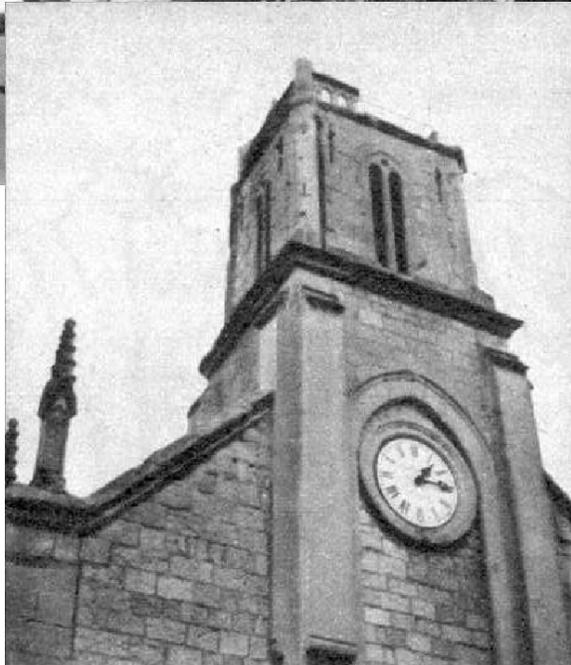
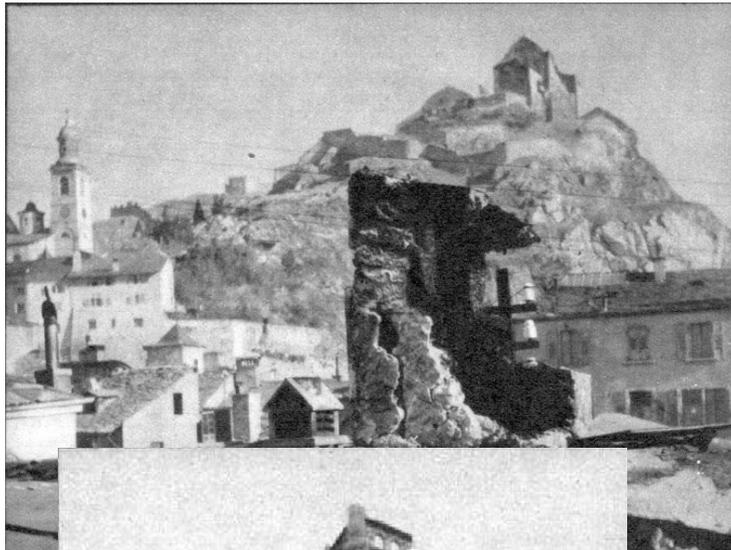


Erdbeben vom 25. Januar 1946 im Wallis (Magnitude Mw=5.8)

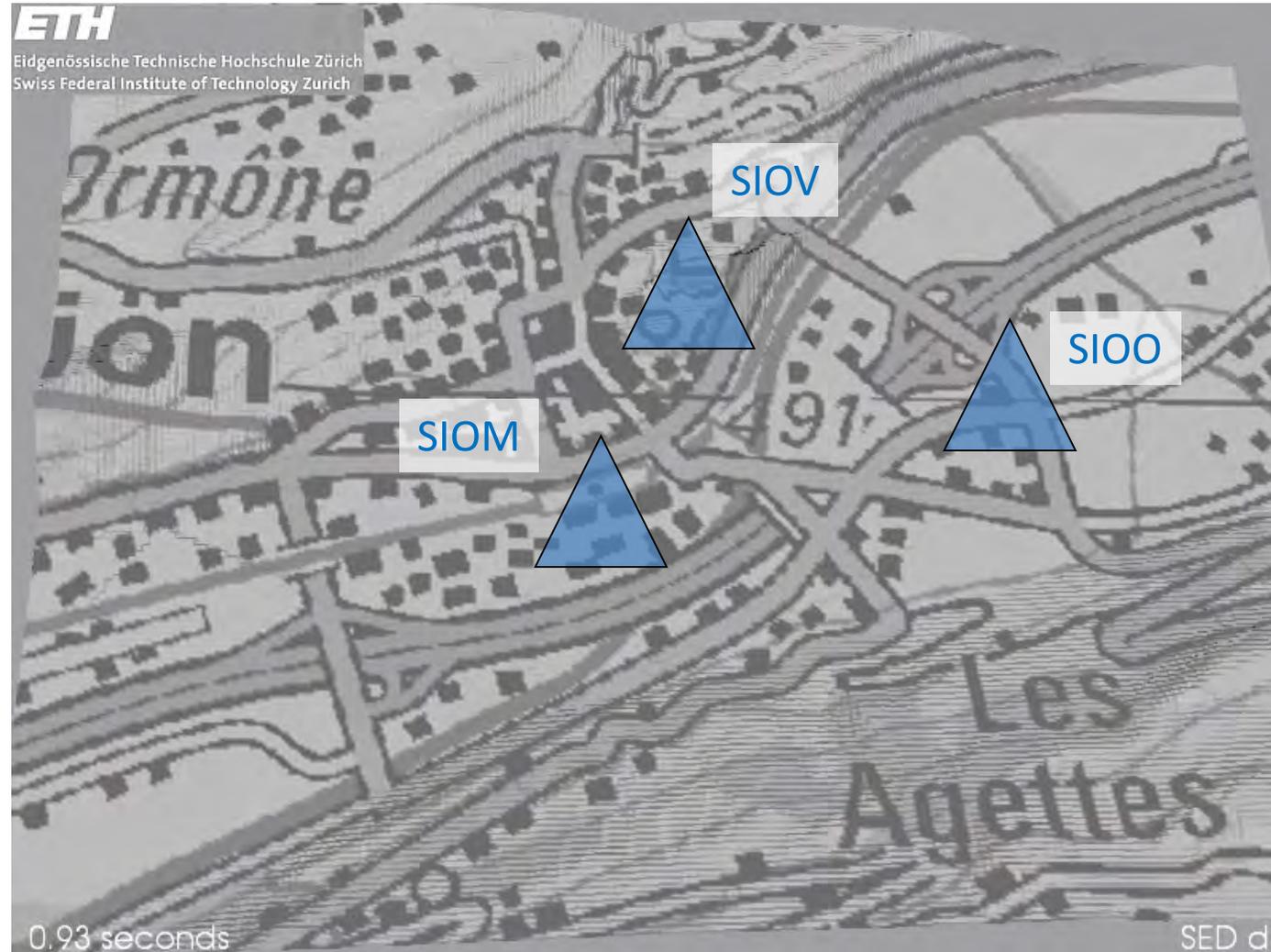


Januar 1946 - Glück im Unglück:

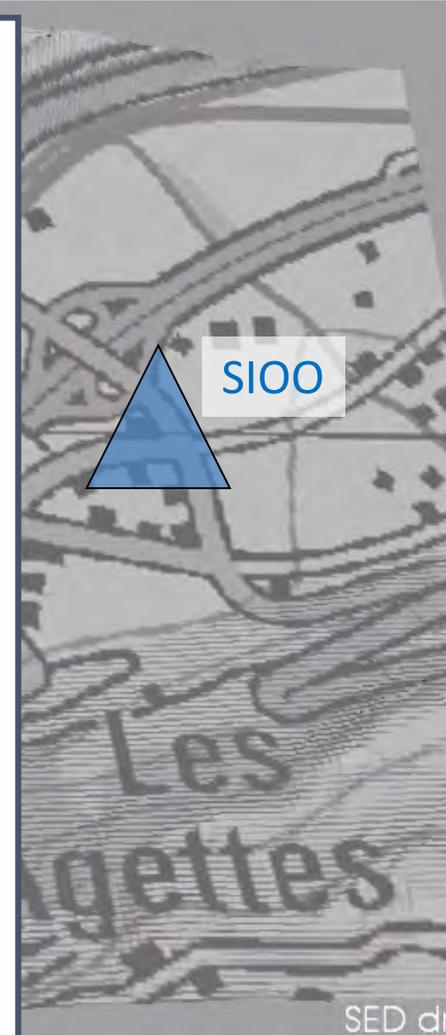
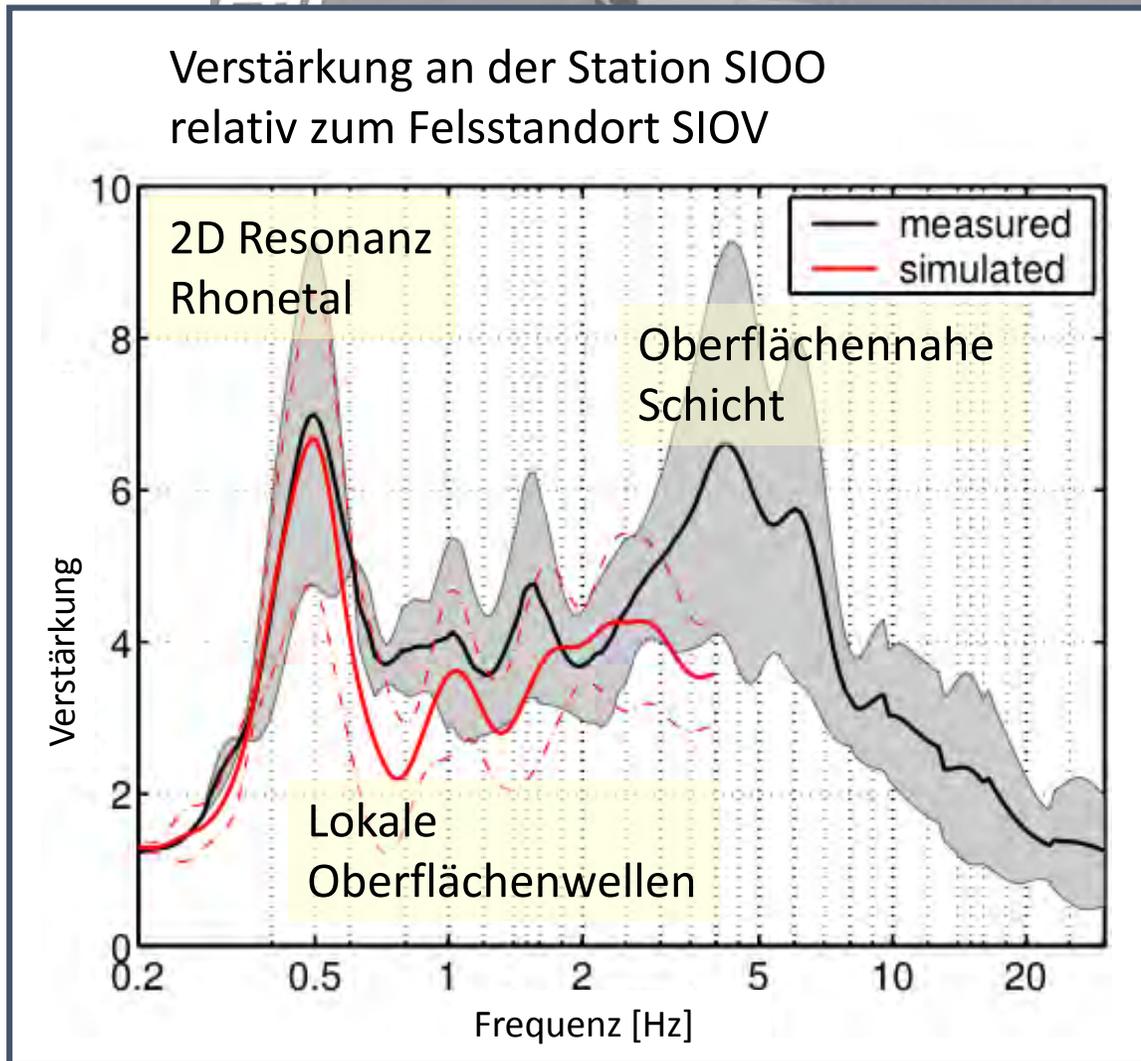
Das Epizentrum lag relativ weit weg von bewohntem Gebiet



Modellierte Standorteffekte in Sion (Erdbeben vom 8. September, 2005 bei Vallorcine (Mw=4.4))

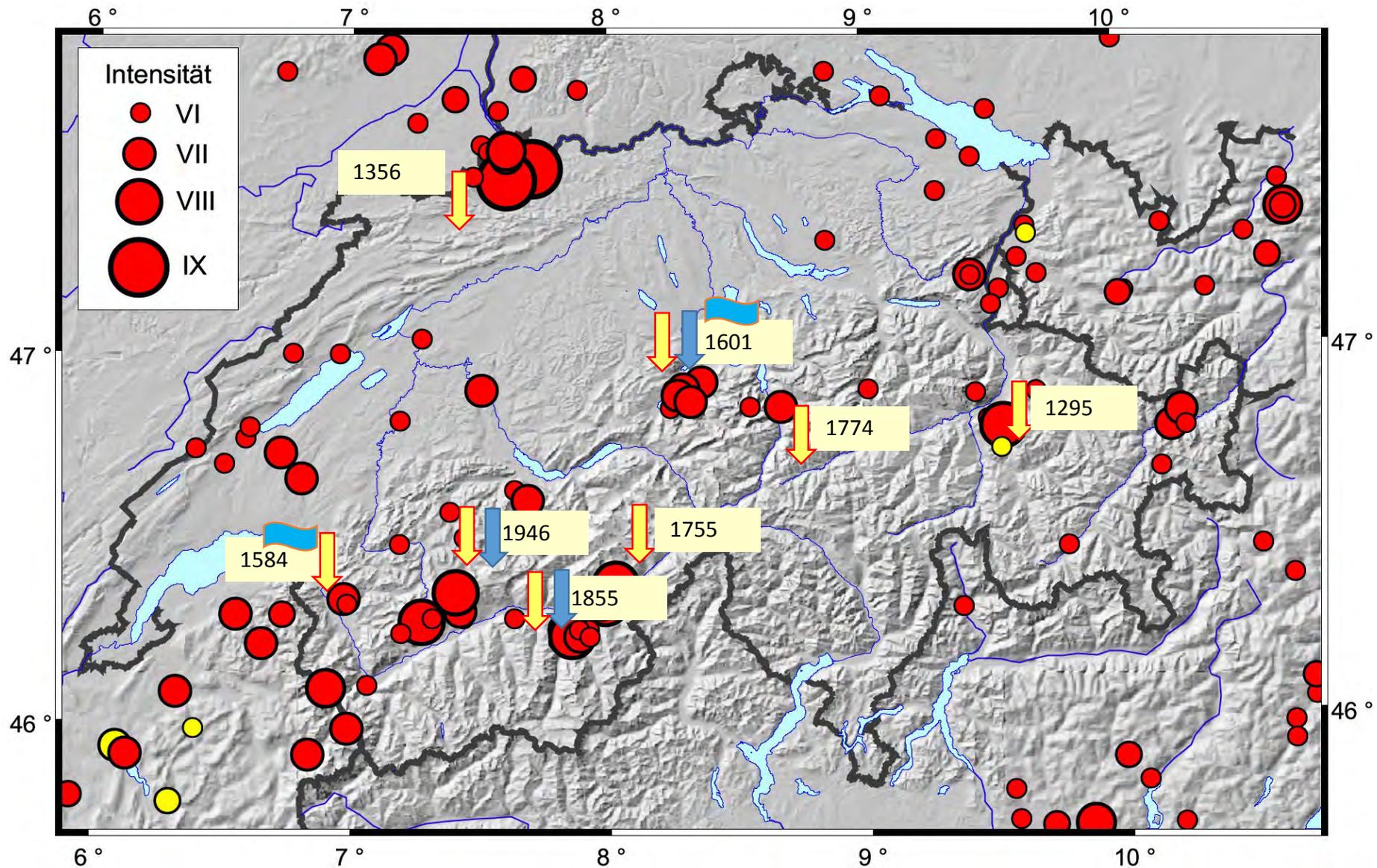


Modellierte Standorteffekte in Sion Erdbeben vom 8. September, 2005 bei Vallorcine (Mw=4.4)



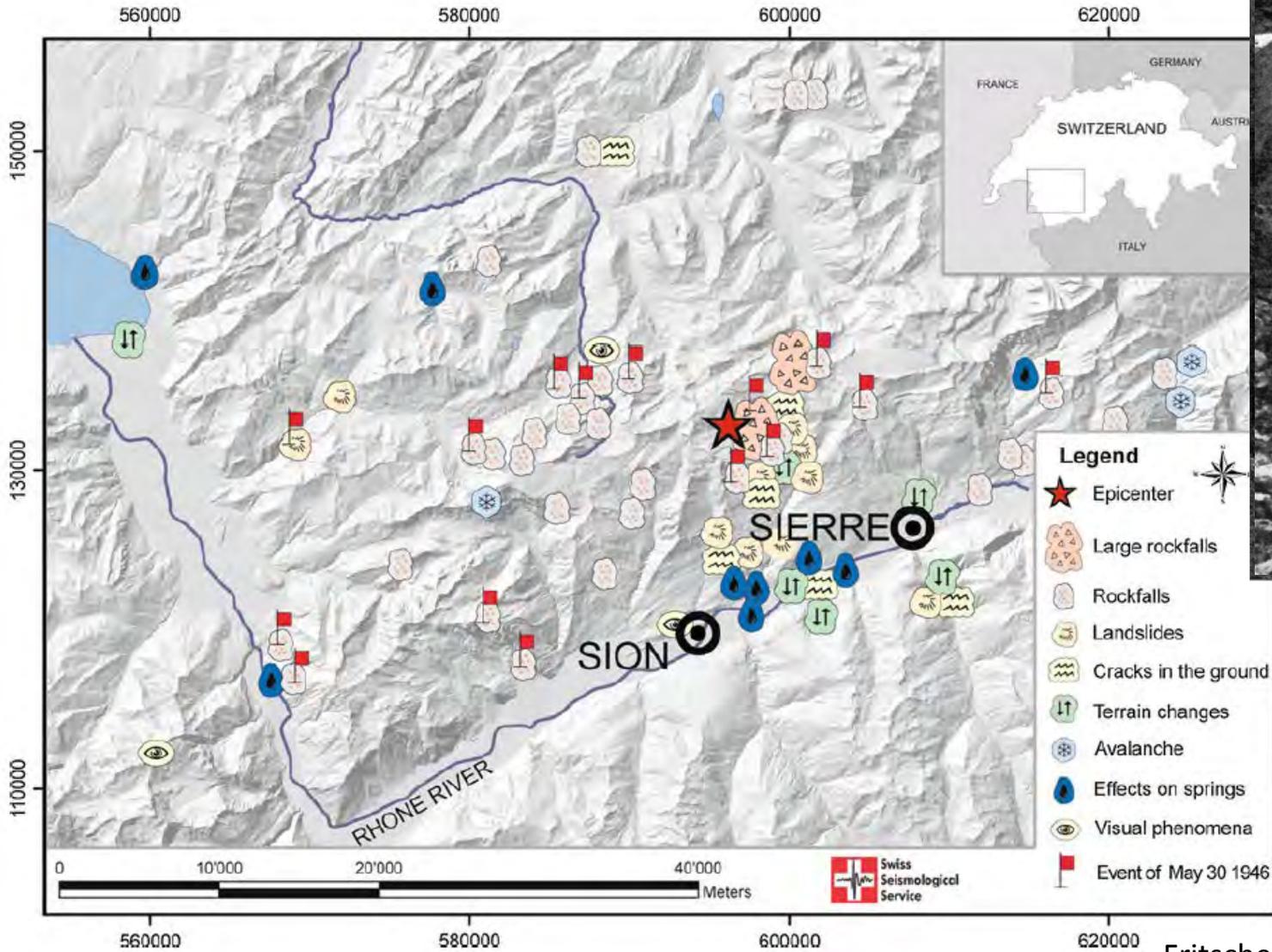
Erdbebeninduzierte Phänomene

Historische Erdbeben mit Bodenverflüssigung ↓ Bergsturz ↓ und Tsunami 



Erdbeben Wallis 1946 (Mw=5.8)

Bergsturz am Rawilhorn (Nachbeben Mai 1946)

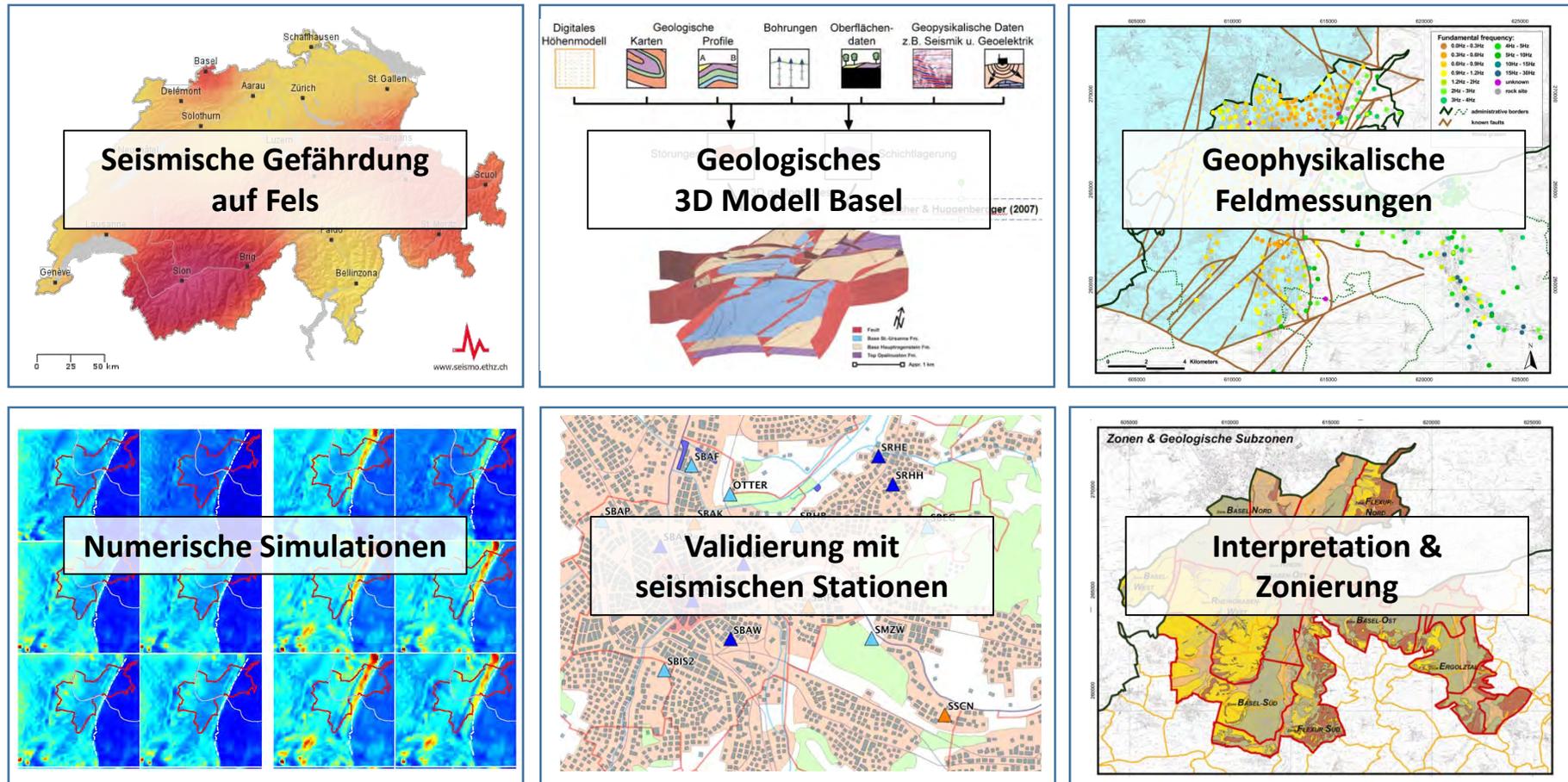


Nachweis: I. Marietan

Lokale seismische Gefährdungsanalyse

- Standortbezogene Spektren für die Anwendung der Baunormen
- Erfassen der möglichen erdbeben-induzierten Phänomene

Mikrozonierung für die Region Basel (2003-2009):



Lokale seismische Gefährdungsanalyse in der Erdbebenvorsorge

- Methoden der lokalen seismischen Gefährdungsanalyse (Mikrozonierung) sind weit fortgeschritten;
- Es braucht 4 Elemente:
 - 1) Kombination geologischer Information mit geophysikalischen Messungen
 - 2) Numerische Modellierung der möglichen Bodenerschütterungen
 - 3) Beobachtung mit seismischen Stationen zur Verifikation
 - 4) Beurteilung der möglichen erdbeben-induzierten Phänomene
- Je nach Fragestellung kann eine unterschiedliche Auflösung anvisiert werden;
- Revision der Norm SIA 261/1 regelt zukünftig spektrale Standort- und Mikrozonierungsstudien;
- Mikrozonierungen sind für die Raumplanung und die Ereignisbewältigung von Bedeutung.