



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](http://www.seismo.ethz.ch)



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

## Magnituden

## Europäische Makroseismische Skala (EMS) 1998

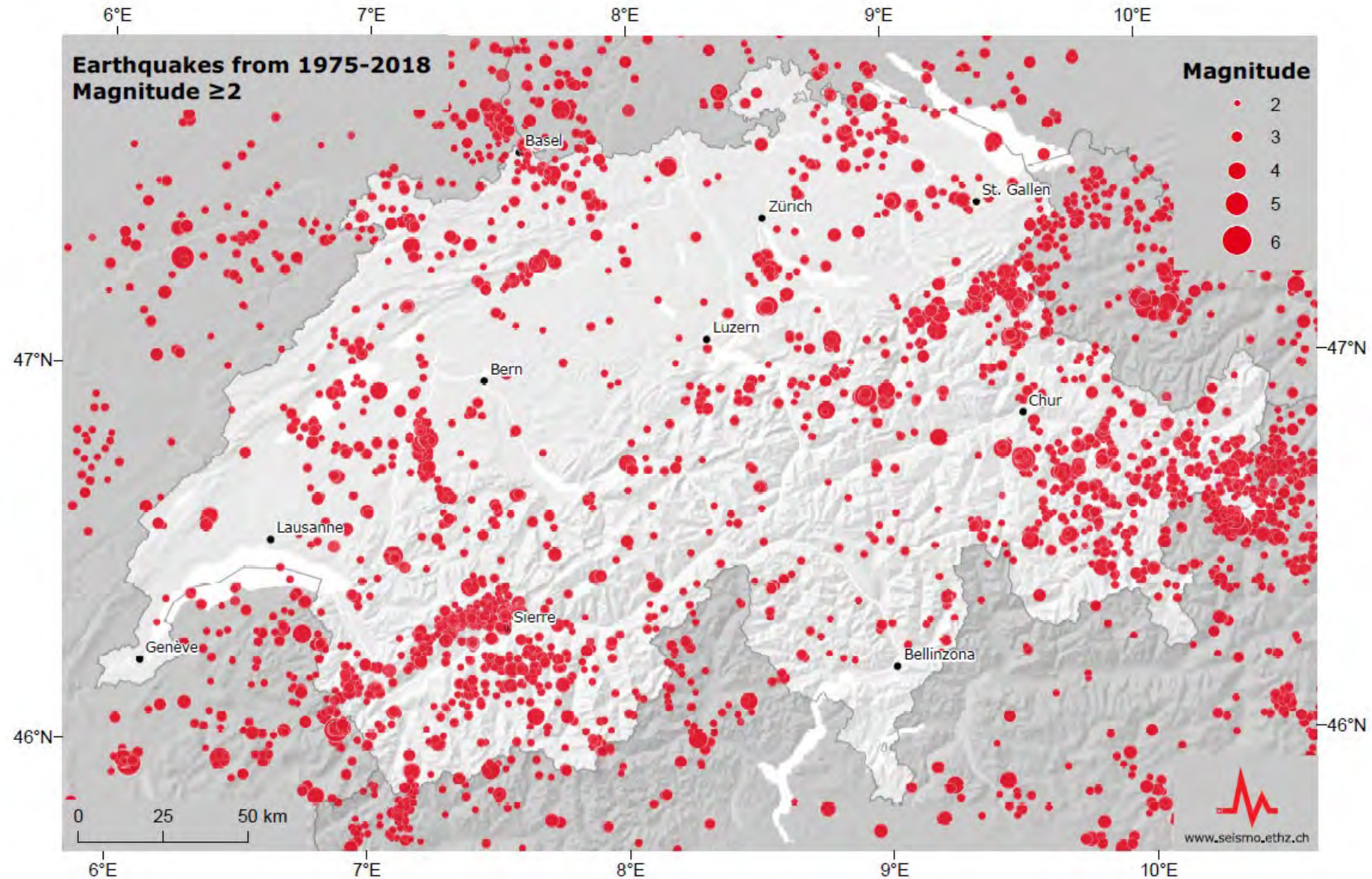


Intensität	Definition (Kurzform)
I	nicht fühlbar
II	kaum bemerkbar
III	Schwach
IV	Deutlich
V	Stark
VI	leichte Gebäudeschäden
VII	Gebäudeschäden
VIII	schwere Gebäudeschäden
IX	zerstörend
X	sehr zerstörend
XI	verwüstend
XII	vollständig verwüstend

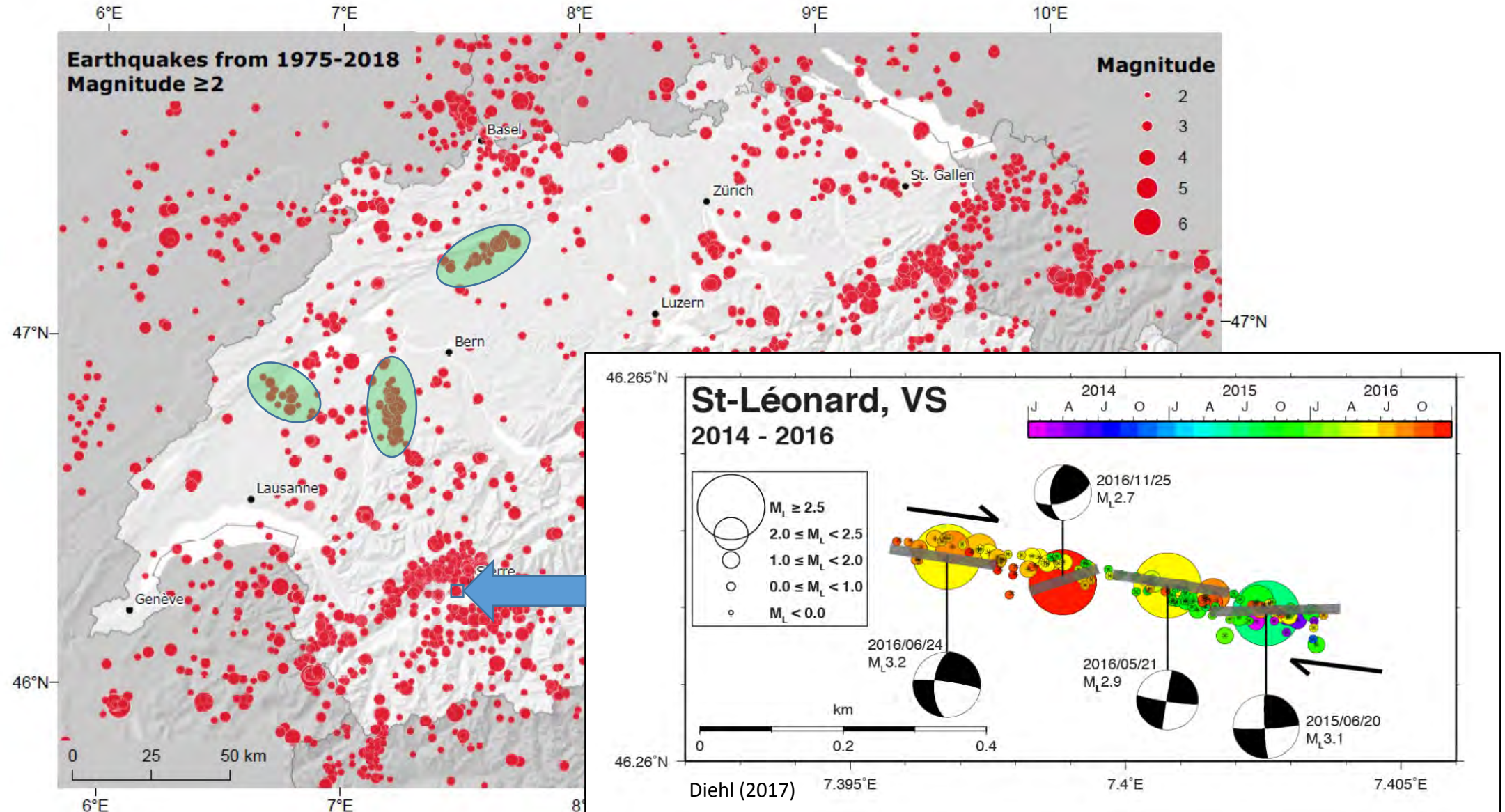
**Die Intensität beschreibt die Erschütterungswirkung an der Erdoberfläche an einem Standort**

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

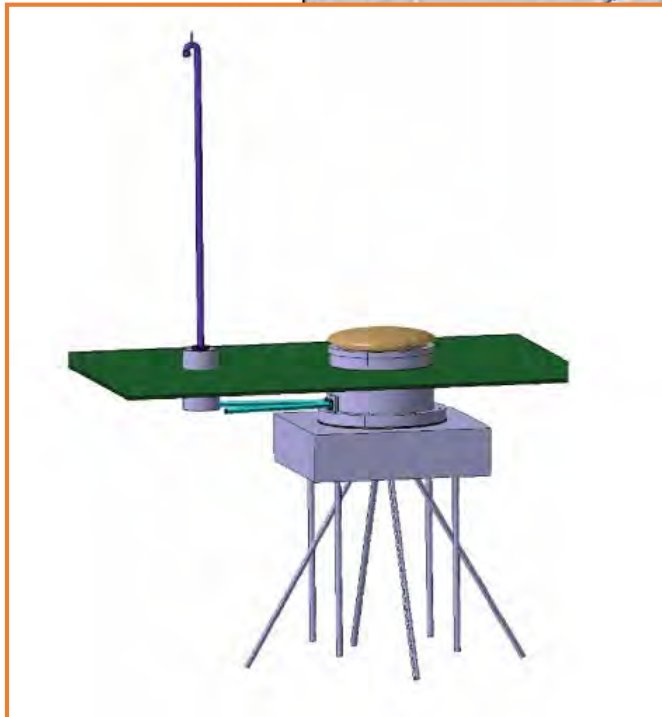
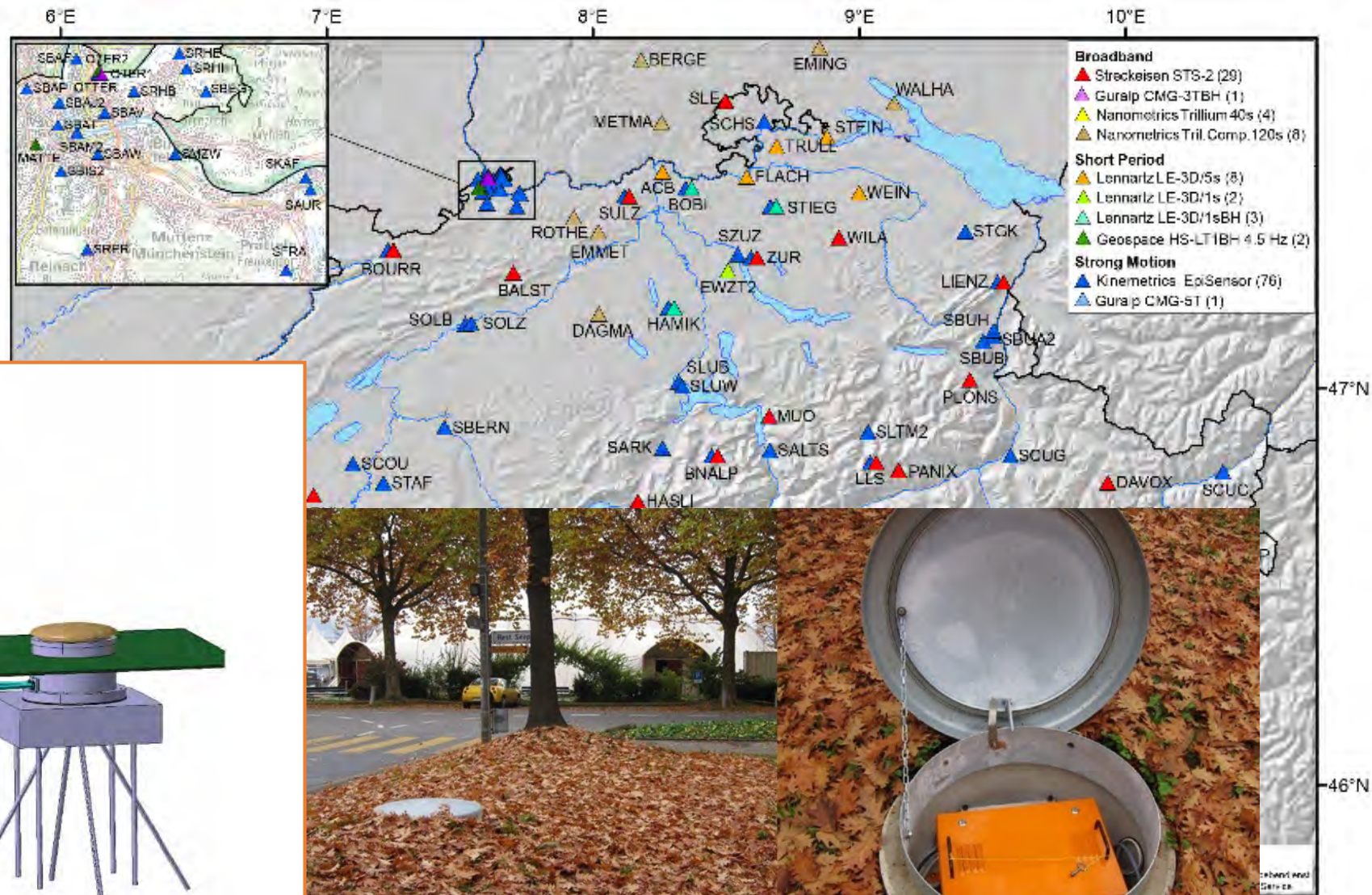
# Instrumentell erfasste Erdbeben 1975-2018



# Instrumentell erfasste Erdbeben 1975-2018 und aktive Bruchsysteme



# Seismische Netzwerke der Schweiz: SDSNET und SSMNet

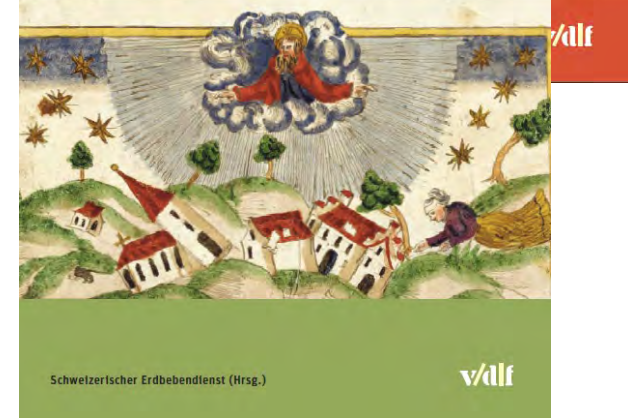
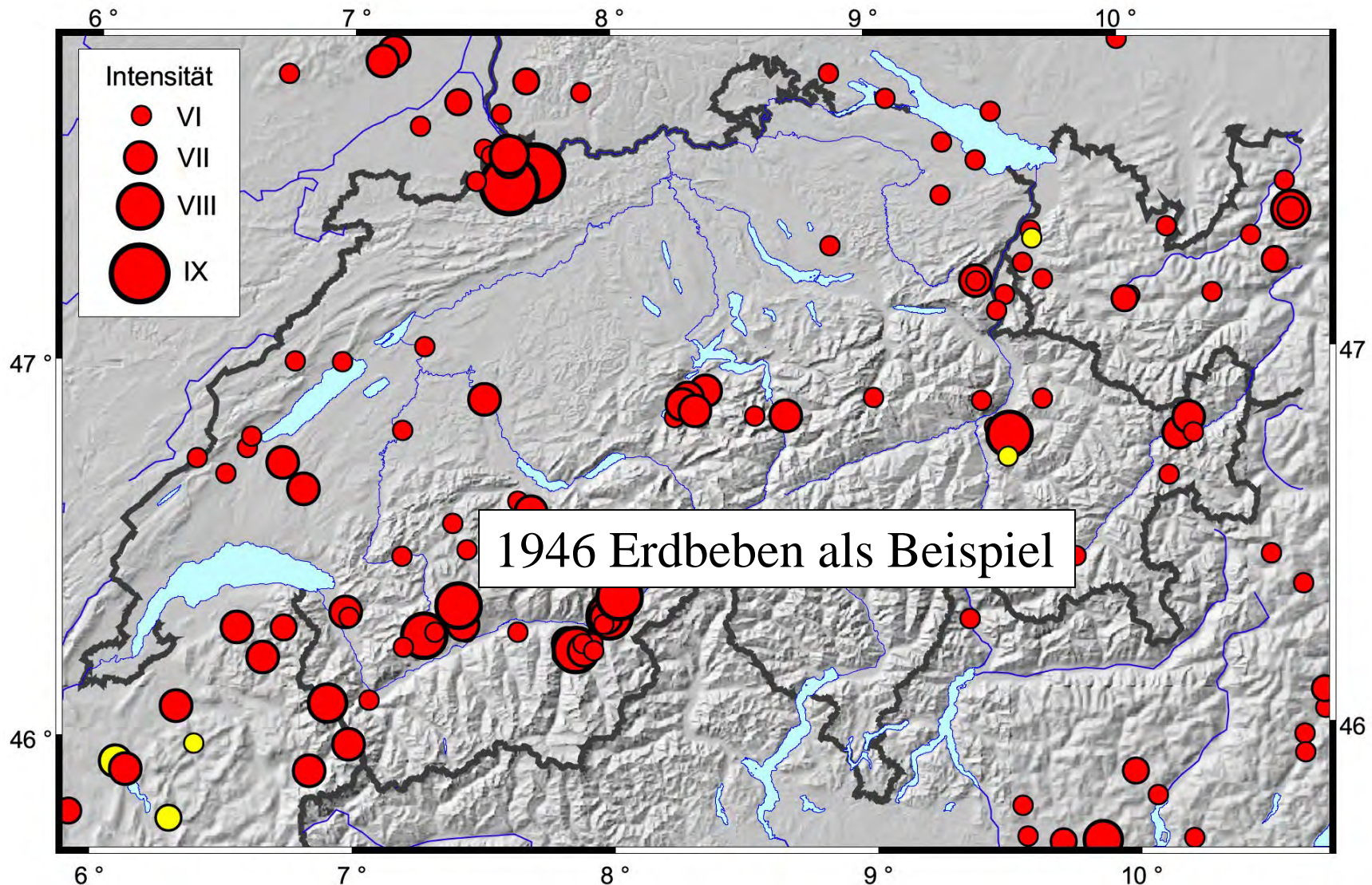


Neues Konzept für eine Freifeld-Installation



# Historische Schadensbeben:

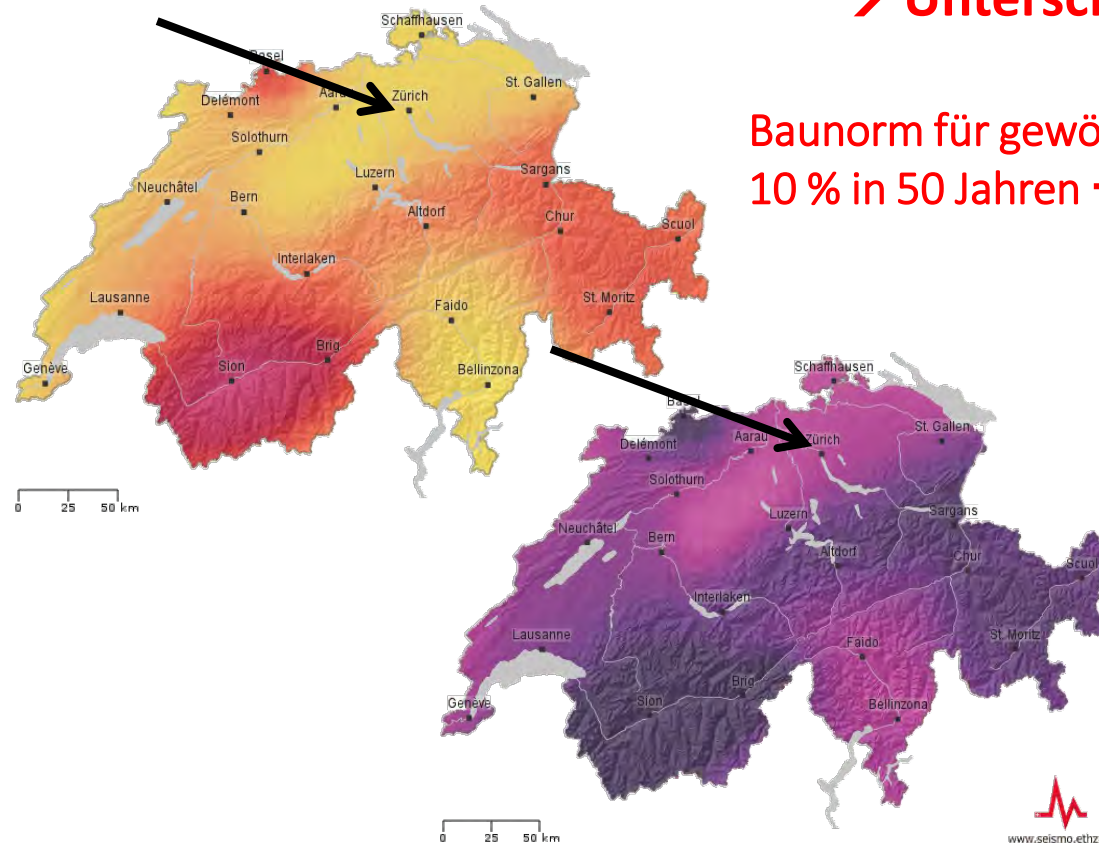
Wie häufig treten sie auf und wie gross waren die Auswirkungen?



# Wahrscheinlichkeiten und Baunormen

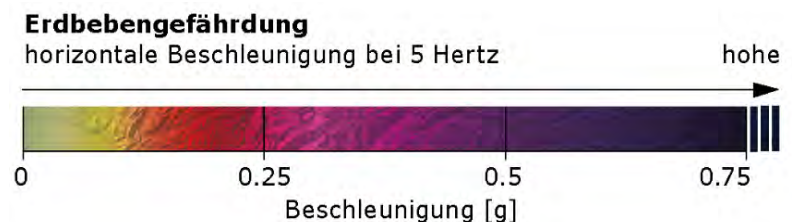
Die seismischen Gefährdungskarten zeigen uns, welche **Bodenbewegung** wir in einer **gewissen Zeitperiode** im Durchschnitt auf einem **felsigen Untergrund** erwarten müssen.

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



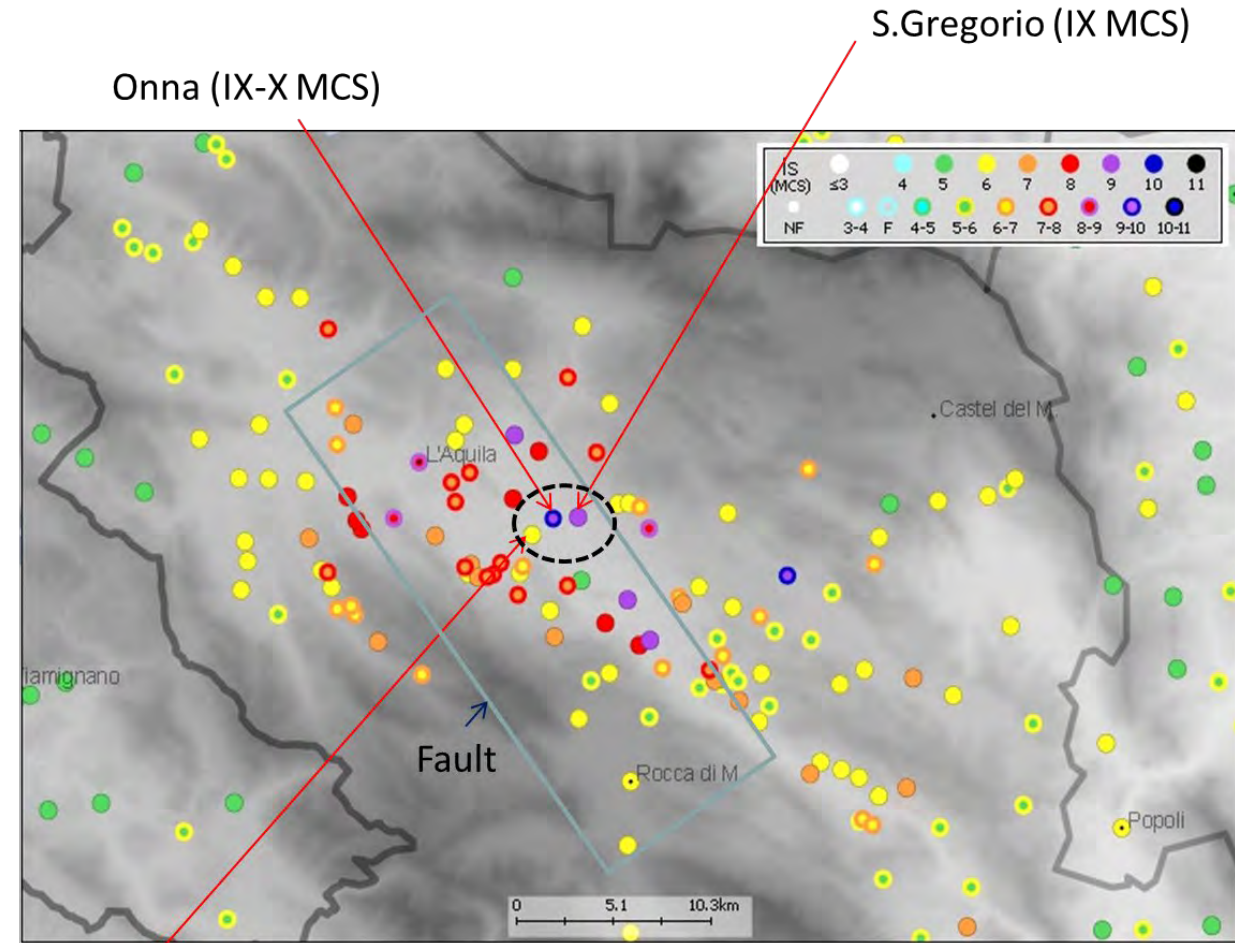
**Baunorm für gewöhnliche Bauwerke:**  
**10 % in 50 Jahren** → **500-jähriges Ereignis**

**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

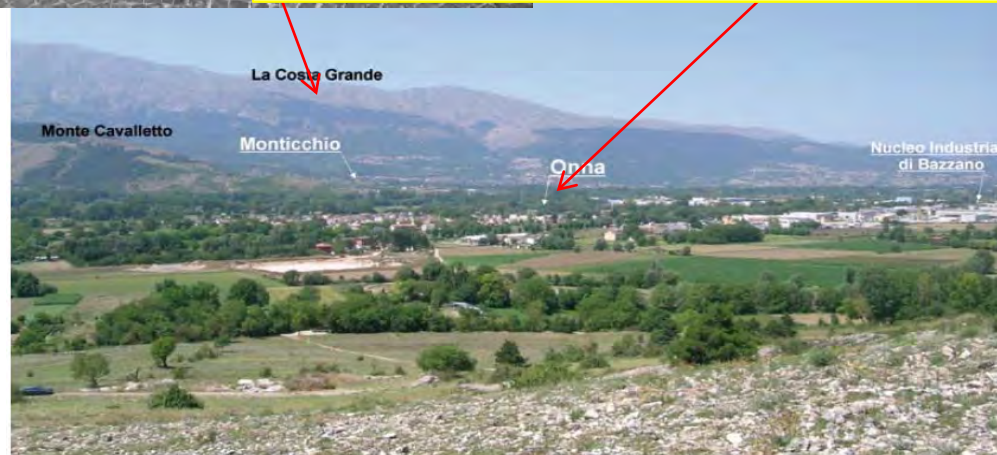
Monticchio (V-VI MCS)



Onna (IX-X MCS)



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



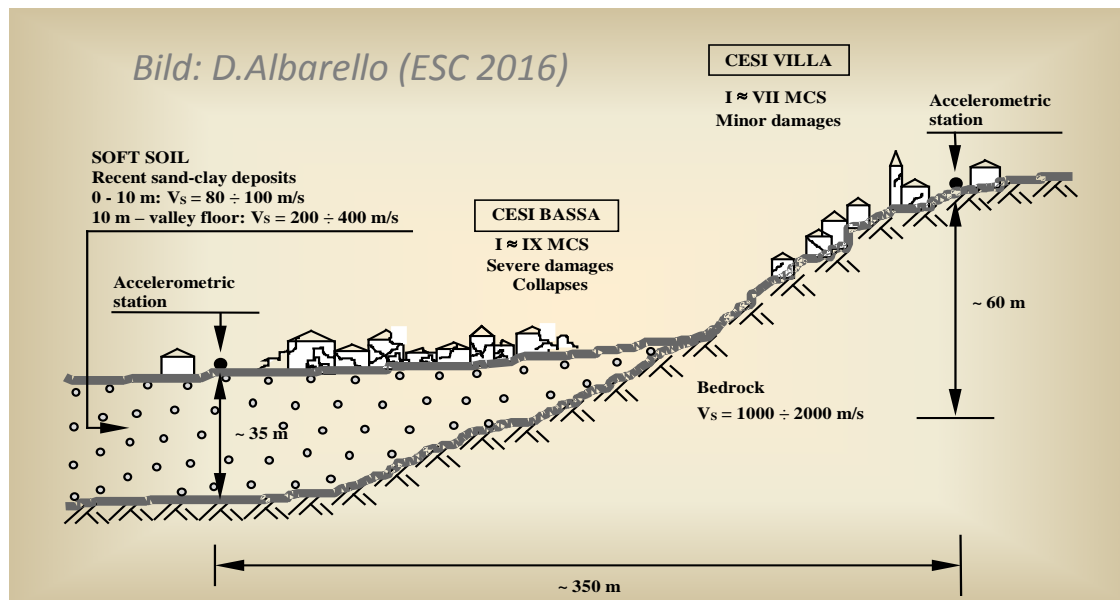
S.Gregorio (IX MCS)



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)



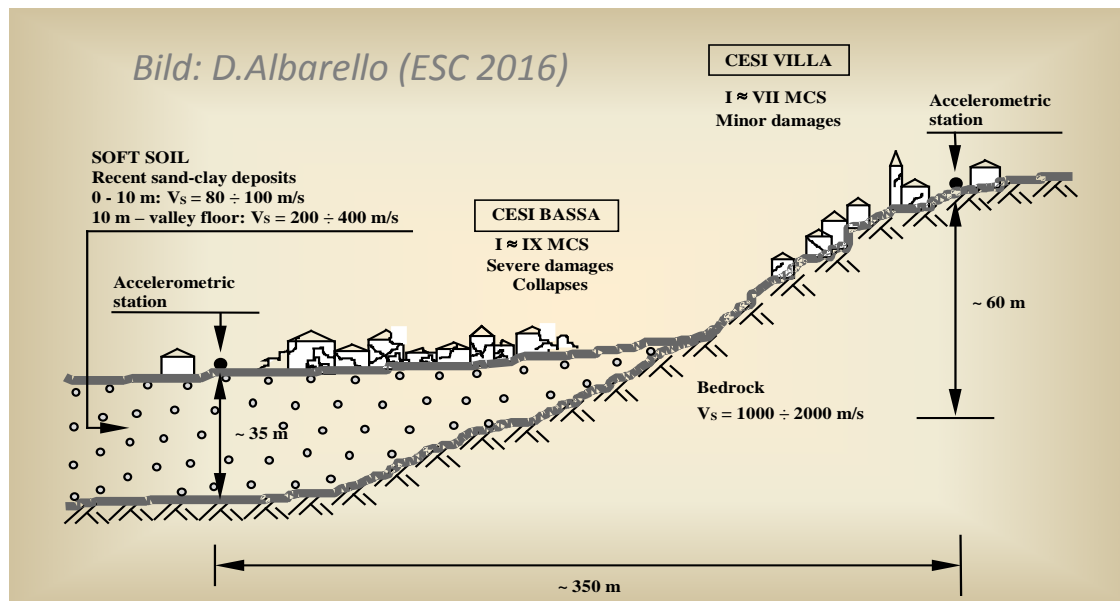
Typische Situation in der Schweiz

## 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)

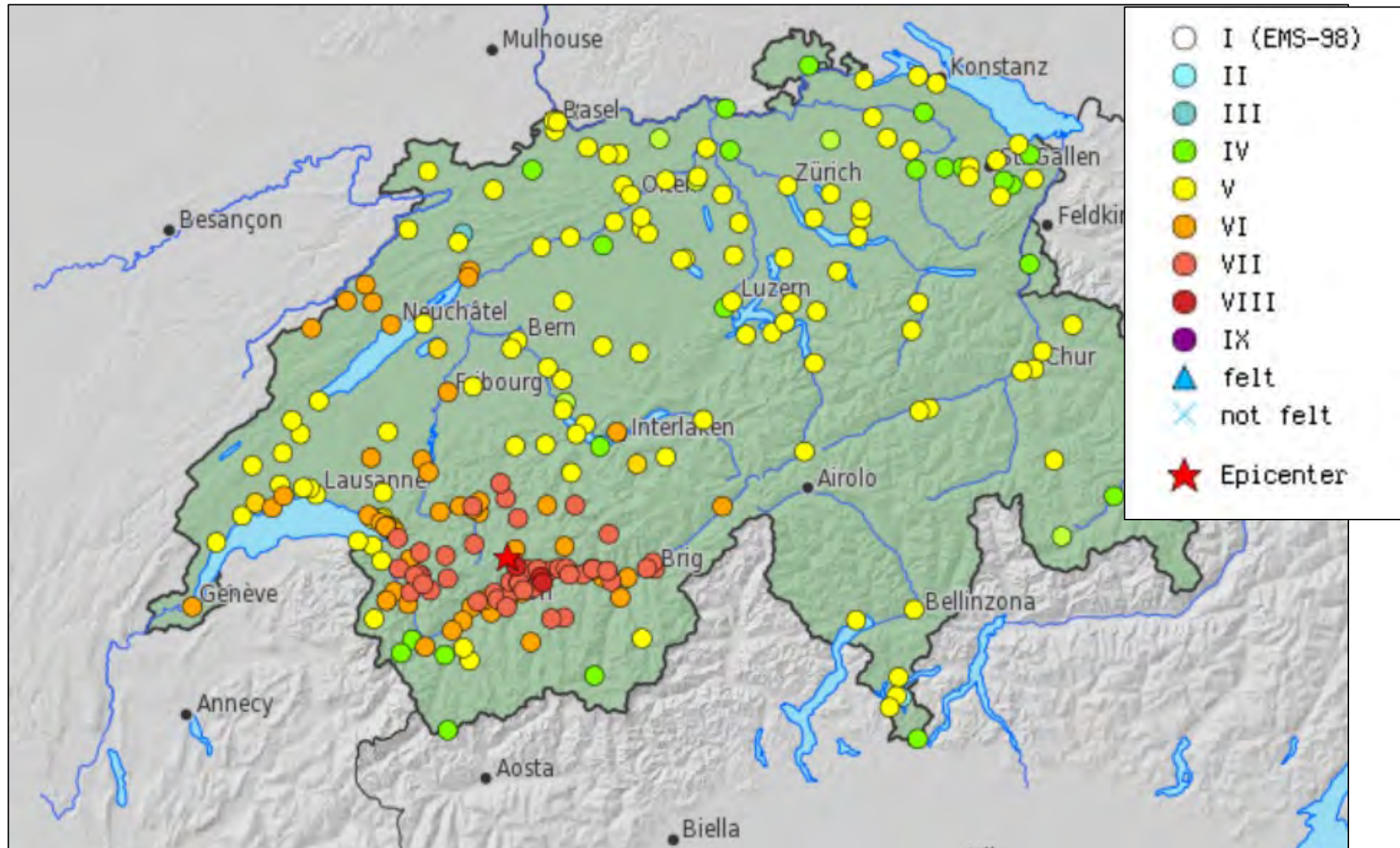
## Daraus resultiert das dynamische Verhalten (**das wir messen und modellieren können**):

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

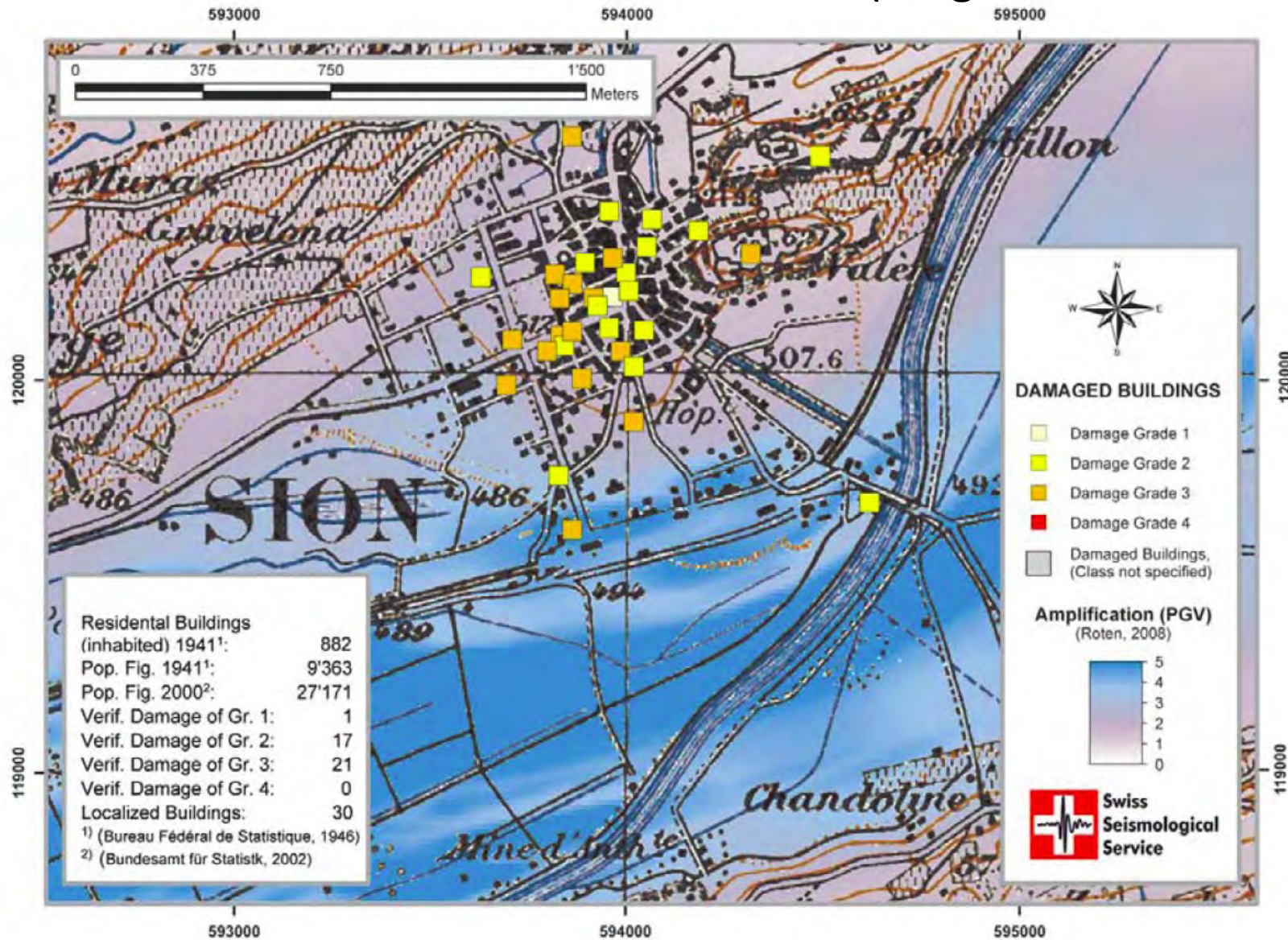


Typische Situation in der Schweiz

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

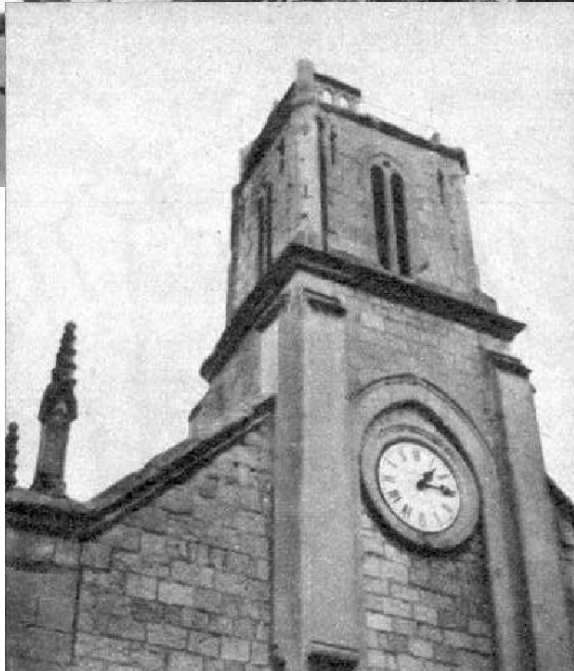
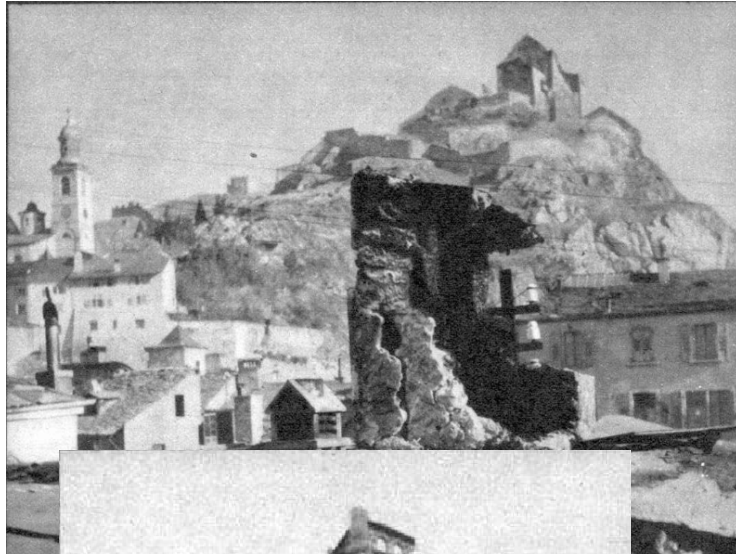


# Erdbeben vom 25. Januar 1946 im Wallis (Magnitude Mw=5.8)



## Januar 1946 - Glück im Unglück:

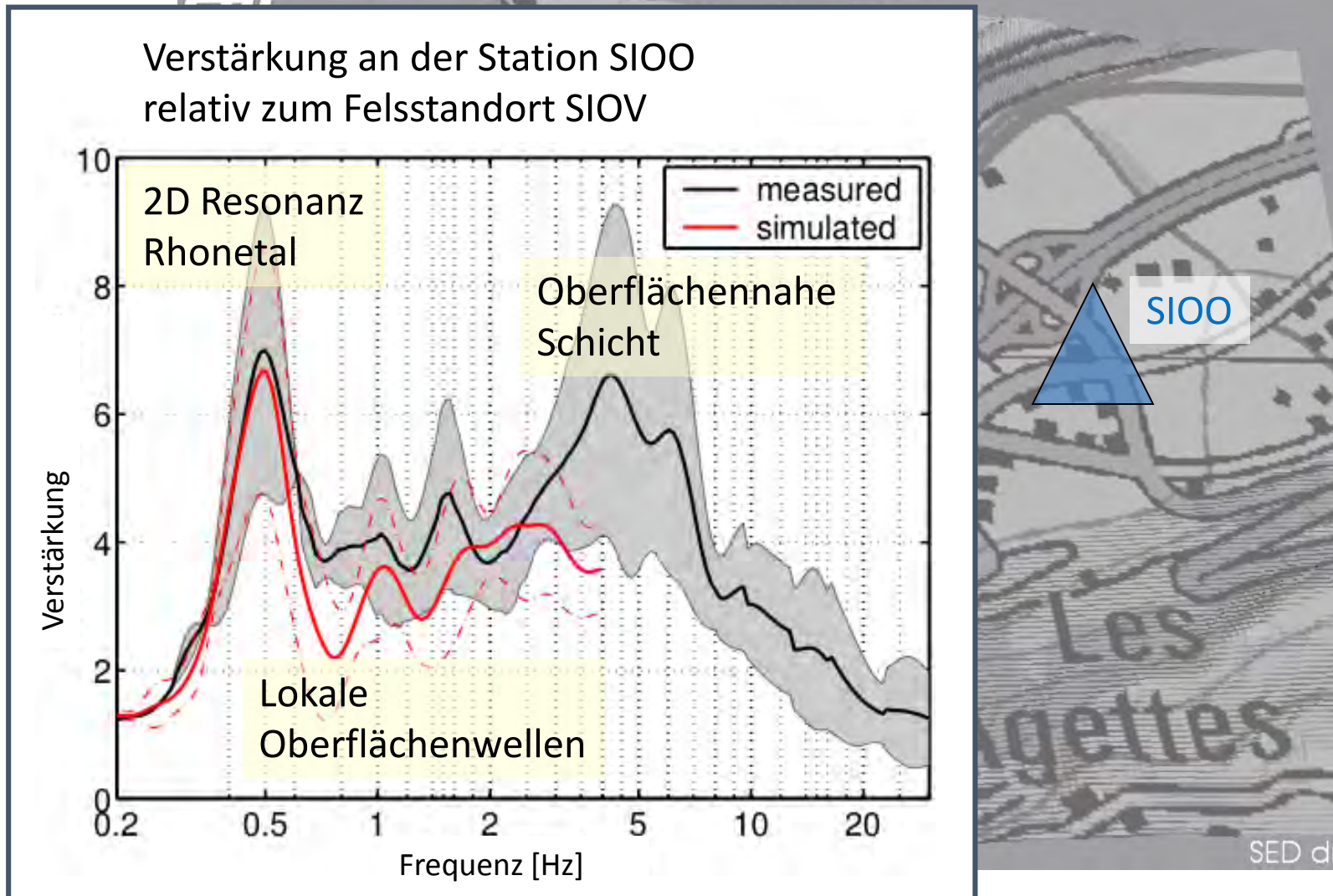
Das Epizentrum lag relativ weit weg von bewohntem Gebiet



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



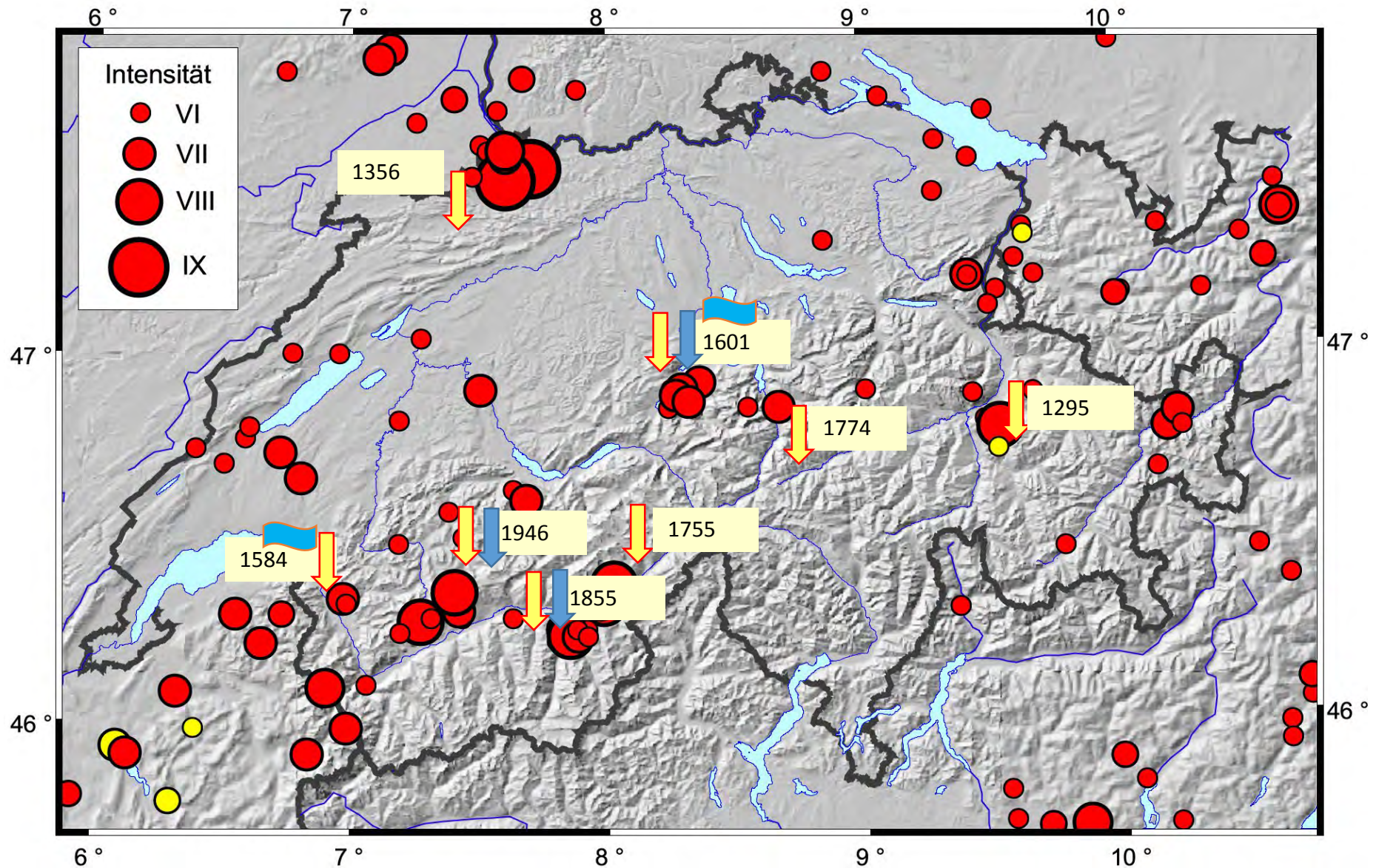
## Modellierte Standorteffekte in Sion Erdbeben vom 8. September, 2005 bei Vallorcine (Mw=4.4)





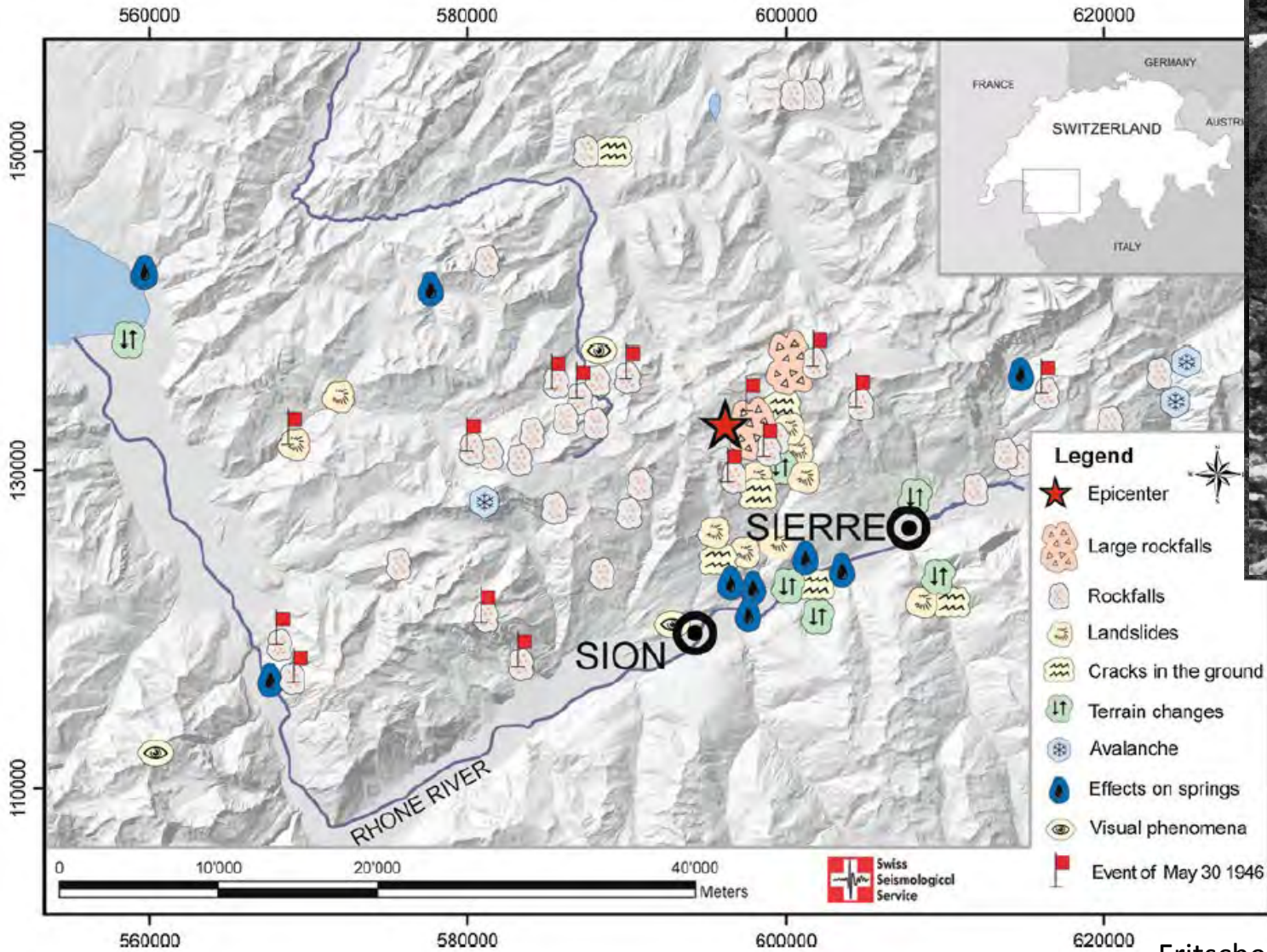
# Erdbebeninduzierte Phänomene

Historische Erdbeben mit Bodenverflüssigung ↓ Bergsturz ↓ und Tsunami 



## Erdbeben Wallis 1946 (Mw=5.8)

## Bergsturz am Rawilhorn (Nachbeben Mai 1946)

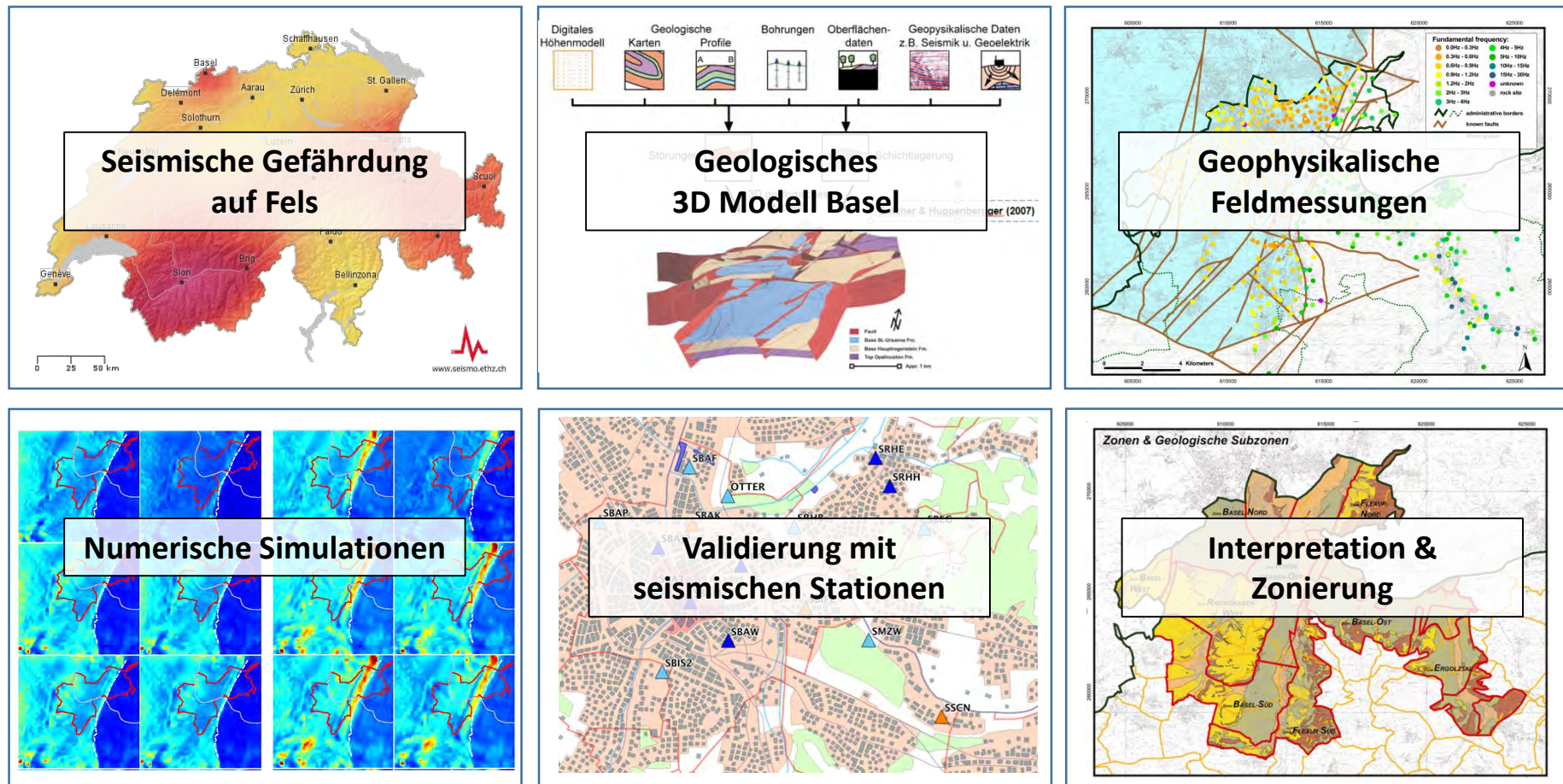


Nachweis: I. Marietan

# Lokale seismische Gefährdungsanalyse

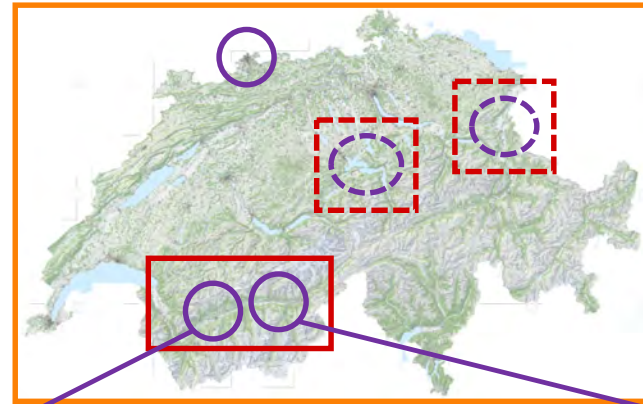
- Standortbezogene Spektren für die Anwendung der Baunormen
- Erfassen der möglichen erdbeben-induzierten Phänomene

## Mikrozonierung für die Region Basel (2003-2009):



# Verbesserung der lokalen seismischen Gefährdungsanalyse in der Schweiz

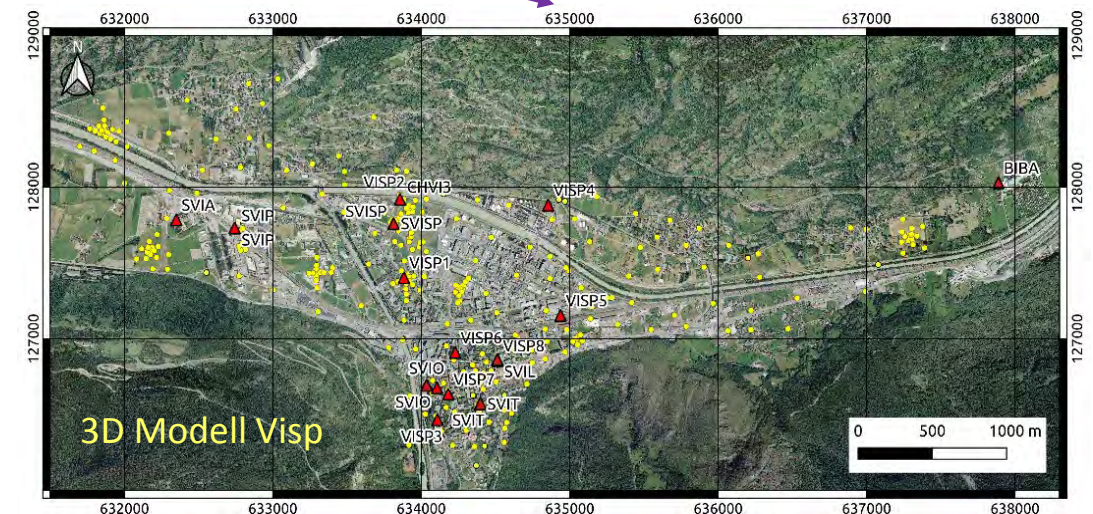
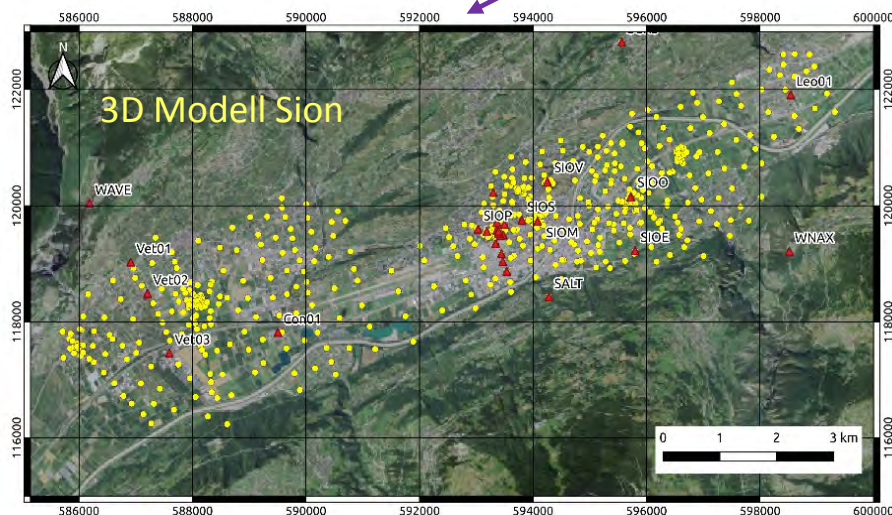
als Teil der Projekte Erdbeben Risikomodelle Schweiz (2018-2023), Risikomodelle Basel (2019-2023), ...



Verstärkungsmodelle:

- Nationales Modell
- Regionale Modelle
- Lokale Modelle

↓  
Auflösung



# 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.