



Schweizerischer Erdbebendienst
Service Sismologique Suisse
Servizio Sismico Svizzero
Swiss Seismological Service

ETH zürich

Lokale seismische Gefährdungsanalyse Von zerstörerischen Bodenerschütterungen und Erdbeben-induzierten Phänomenen

Donat Fäh

Schweizerischer Erdbebendienst ETH Zürich

Monitoring der Erde – Erdbeben in der Schweiz - Erdbebenvorsorge
Swisstopo 25.11.2016

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

Unterschiedliche Schutzziele → Unterschiedliche Gefährdungsniveaus



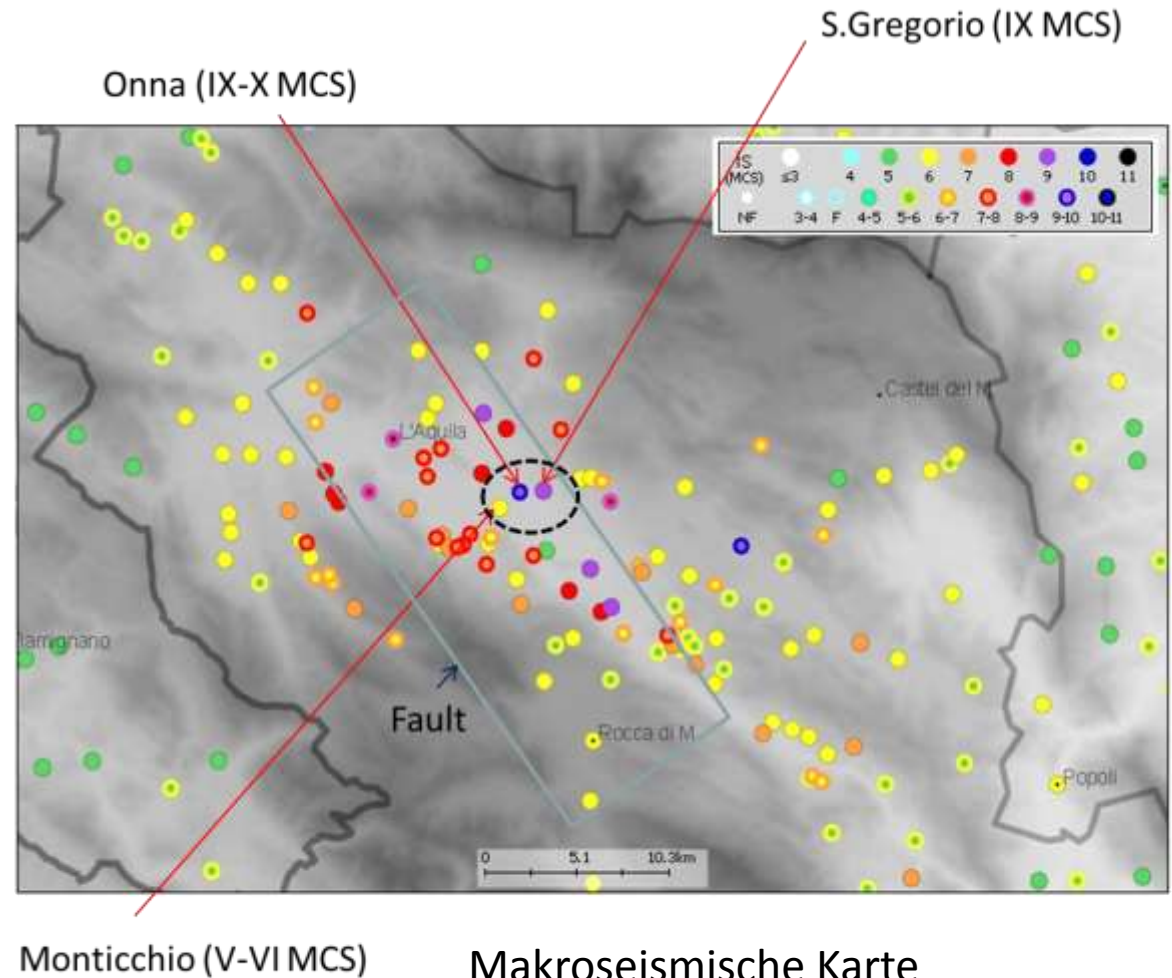
Baunorm für gewöhnliche Bauwerke:
10 % in 50 Jahren → 500-jähriges Ereignis



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



Die seismische Gefährdung wird jedoch durch **lokale Faktoren** bestimmt.



Makroseismische Karte
L'Aquila Erdbeben vom 9. April 2009

L'Aquila Erdbeben 2009



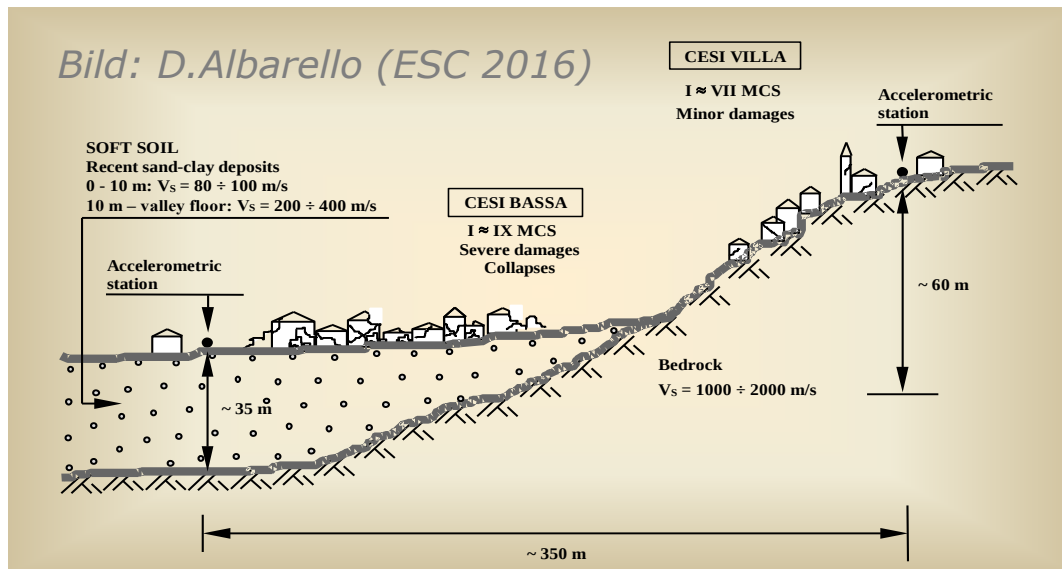
S.Gregorio (IX MCS)



Ähnliche Gebäude
Ganz anderes Schadensbild

Die seismische Gefährdung wird durch lokale Faktoren bestimmt:

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

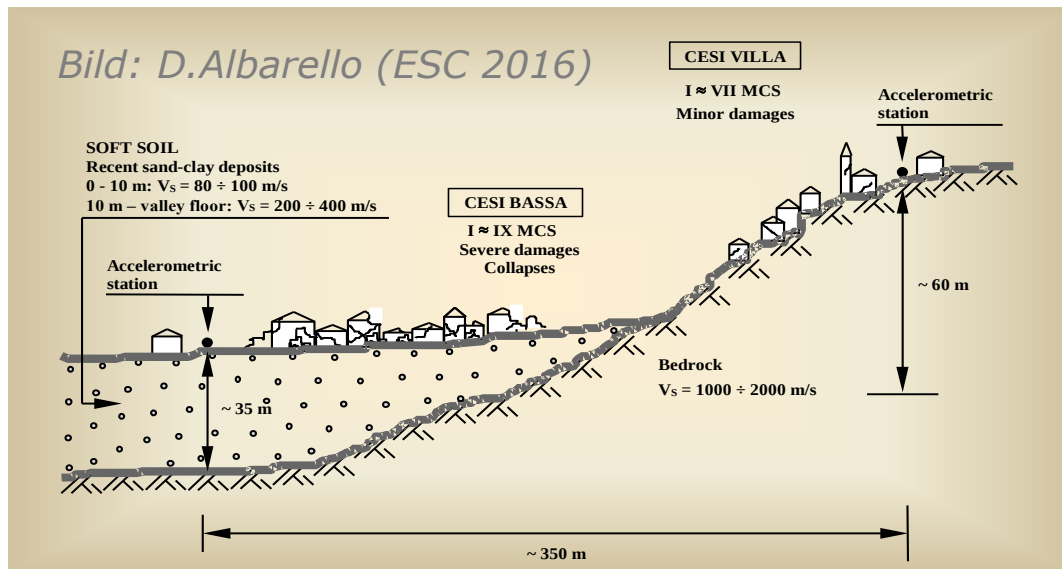


Die seismische Gefährdung wird durch lokale Faktoren bestimmt:

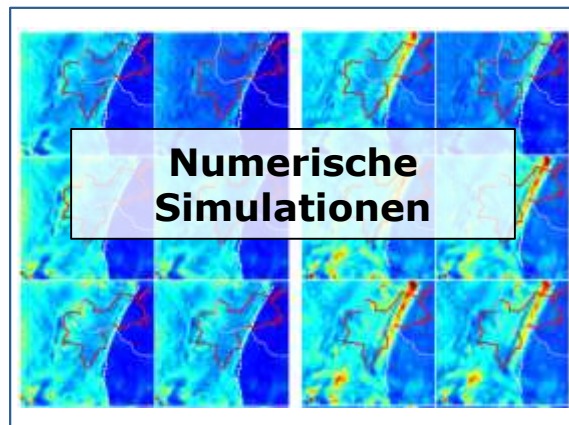
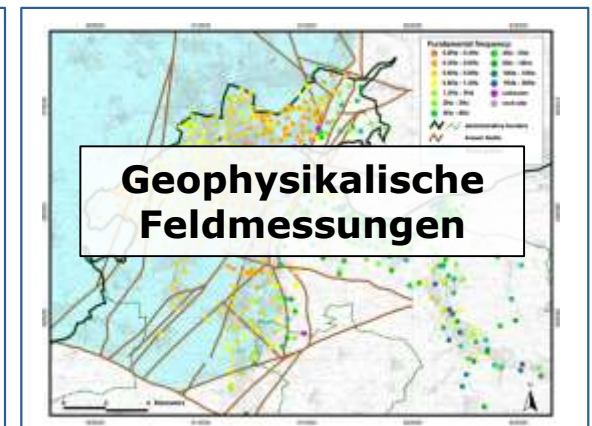
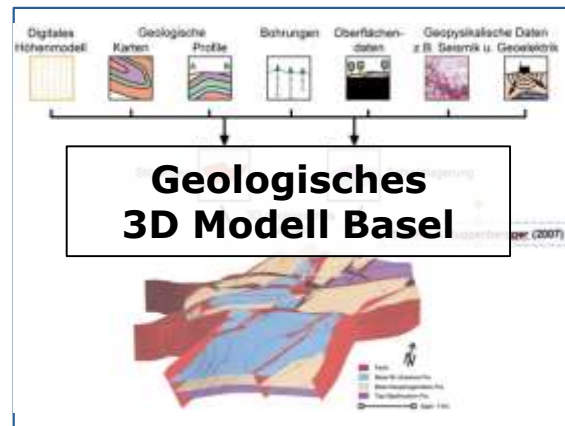
- 1) Zusammensetzung der Sedimente (Geologie)
- 2) Eigenschaften: Scherwellengeschwindigkeit, Dichte, Wassersättigung, . .
- 3) Mächtigkeit und Geometrie der Sedimentfüllung
- 4) Nichtlineares Materialverhalten (Bodenverfüssigung, induzierte Massenbewegungen)

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 Uebergängen



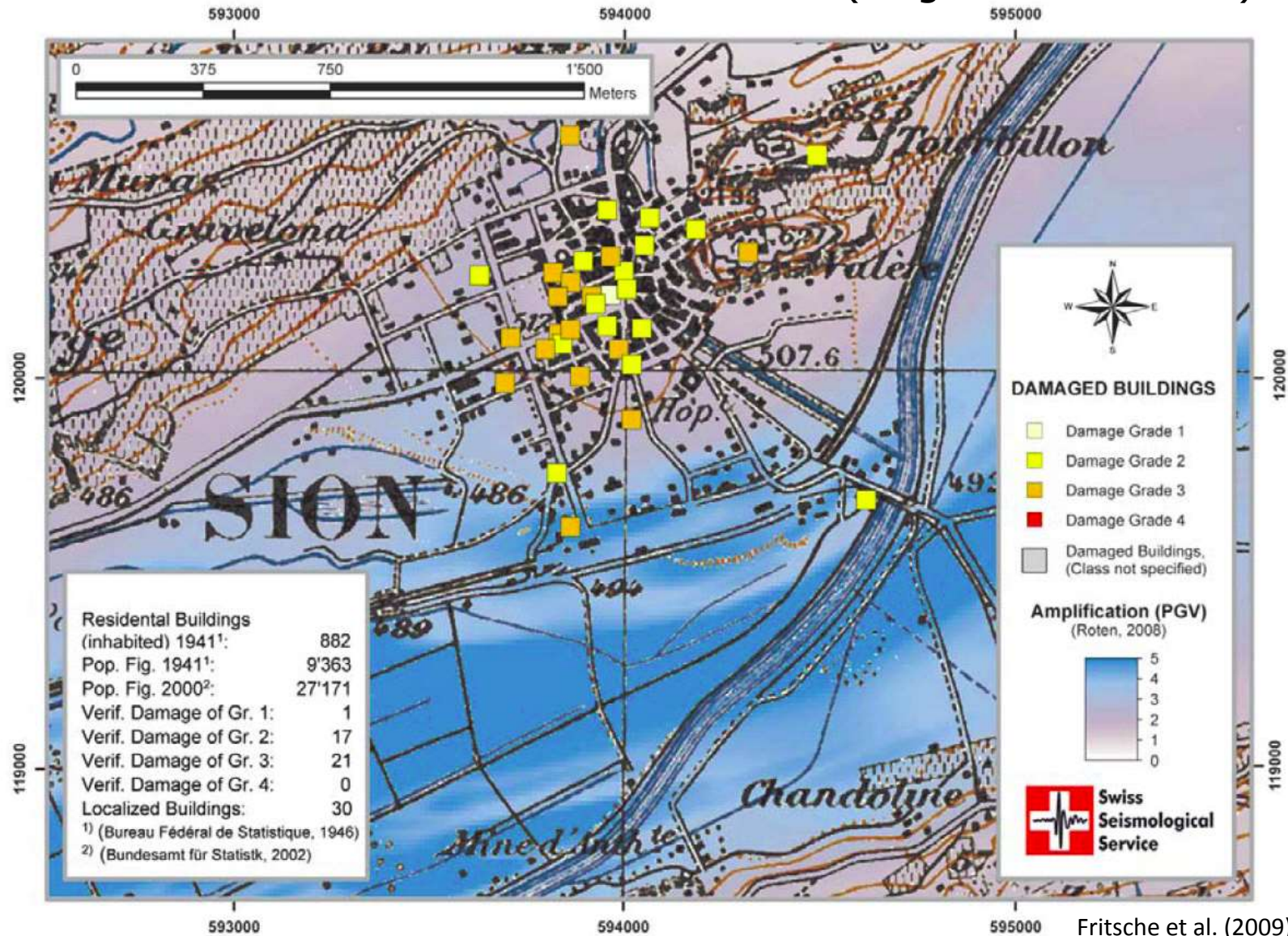
Mikrozonierung für die Region Basel (2003-2009):
Standort bezogene Spektren basierend auf....



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



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

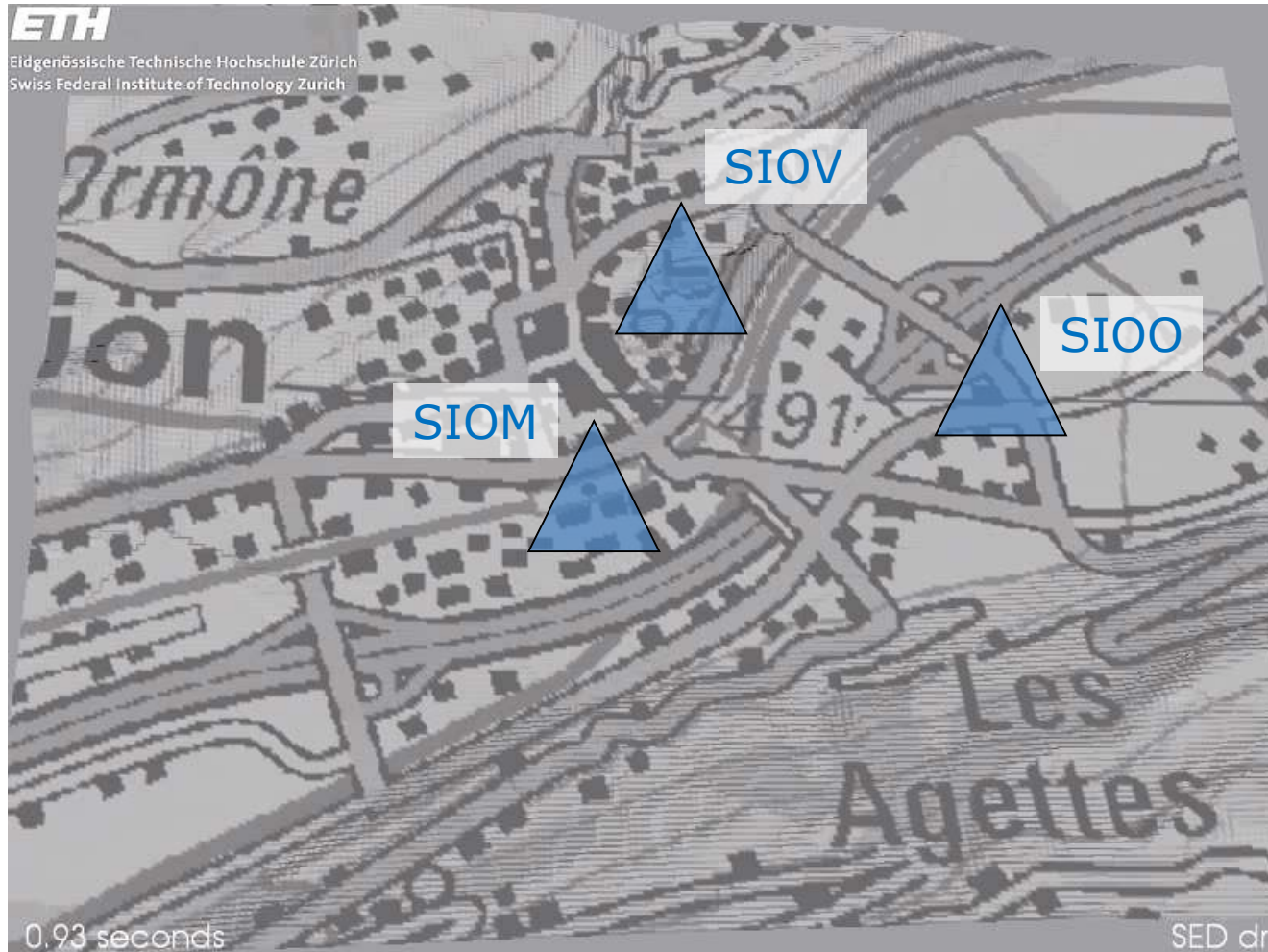


Januar 1946 - Glück im Unglück:

Das Epizentrum lag relativ weit weg von bewohntem Gebiet



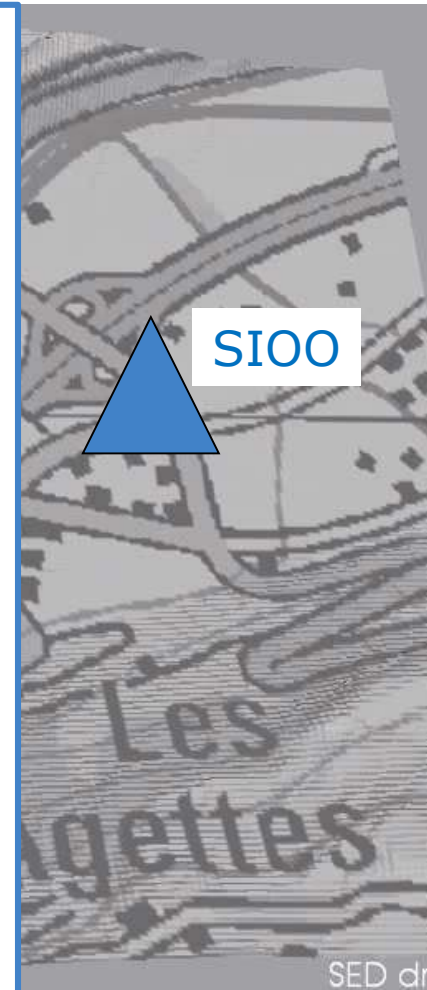
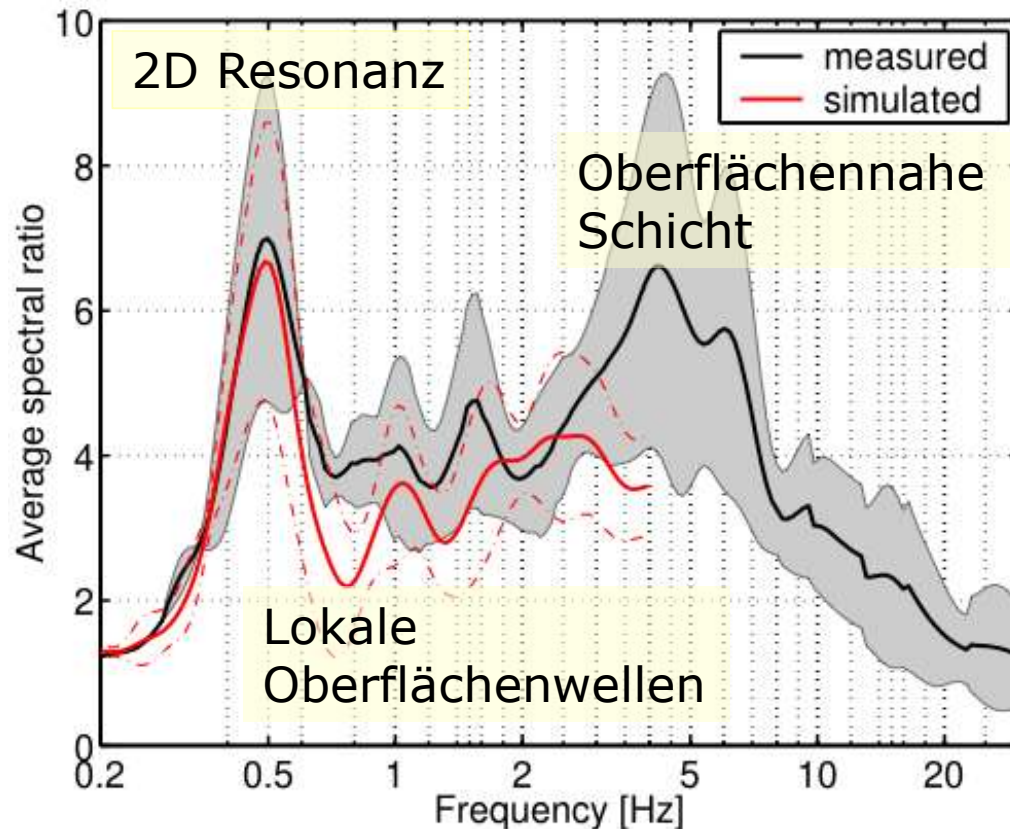
Modellierte Standorteffekte in Sion (Erdbeben vom 8. September, 2005 bei Vallorcine ($M_w=4.5$))



Modellierte Standorteffekte in Sion

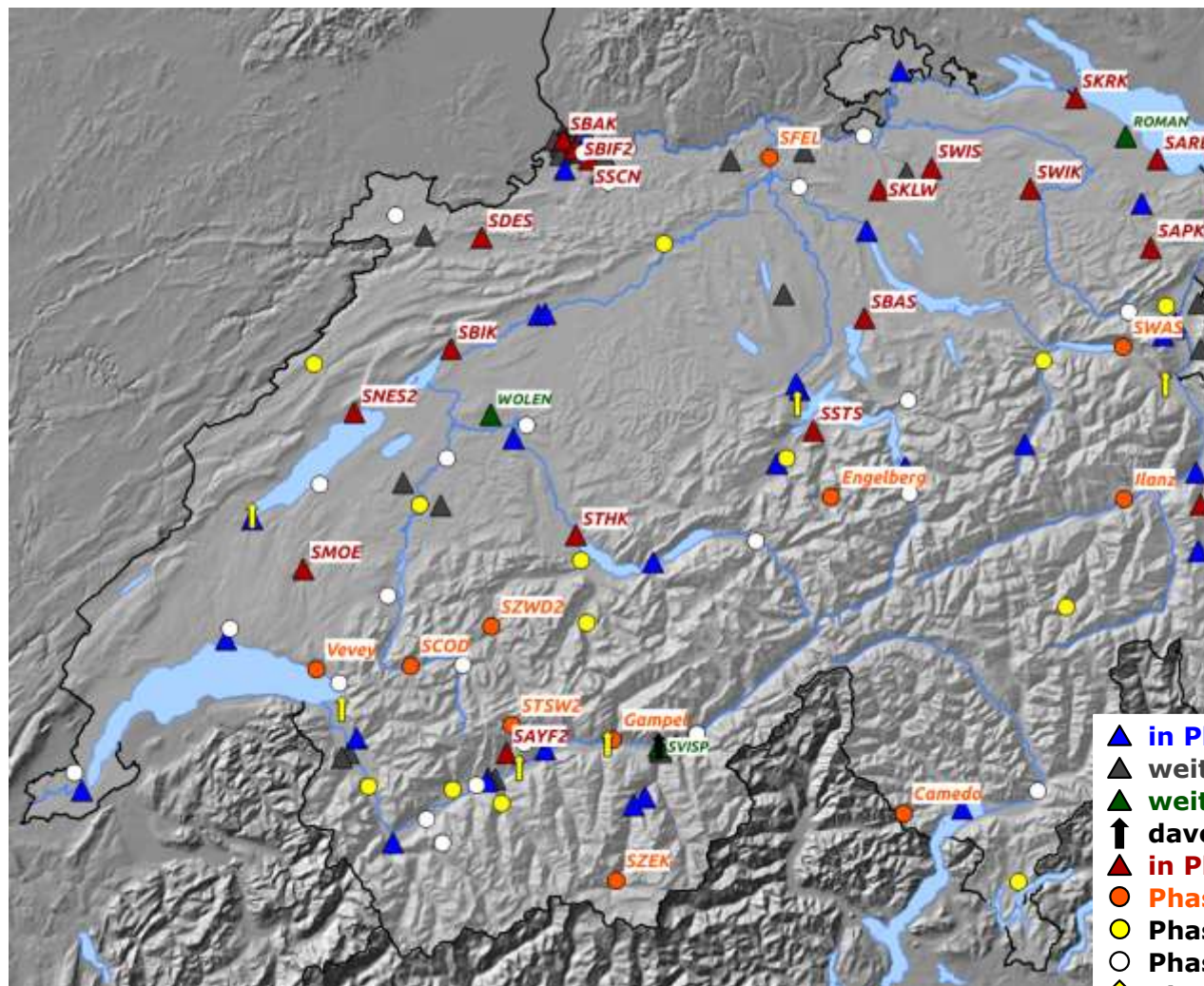
(Erdbeben vom 8. September, 2005 bei Vallorcine ($M_w=4.5$))

Verstärkung an der Station SIOO
relativ zum Felsstandort SIOV



SSMNet Erneuerung (2009-2019)

Ausbau der Überwachungsnetze zur Verbesserung der seismischen Gefährdungsmodelle: 100 Stationen davon 4 Bohrloch-Installationen

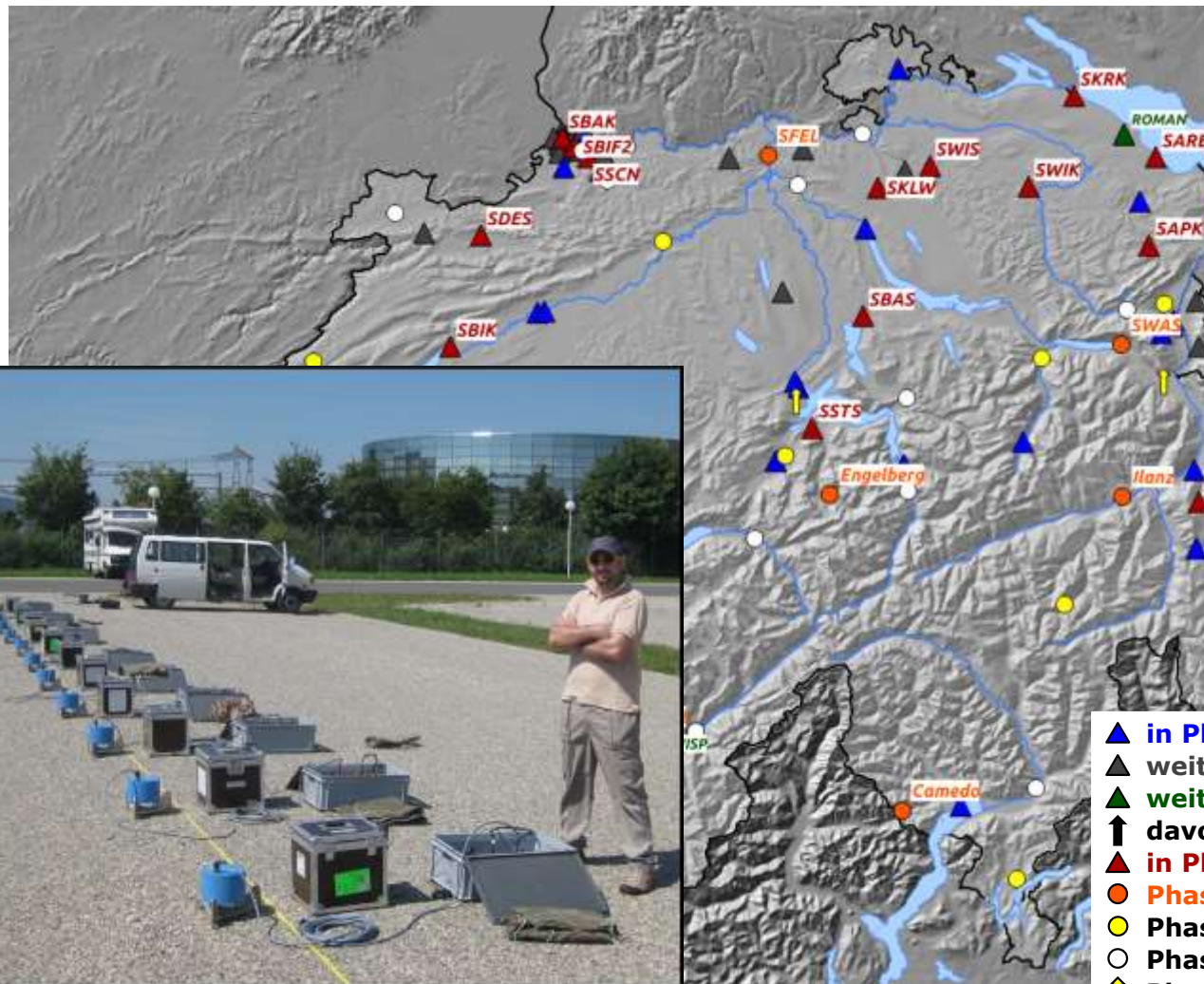


- ▲ in Phase 1 installierte Stationen (30)
- ▲ weitere SSMNet-Stationen (37)
- ▲ weitere 2015 installierte Stationen (3)
- ↑ davon Bohrlochstation (1)
- ▲ in Phase 2 bisher installierte Stationen (22)
- Phase 2: Standort festgelegt (11)
- Phase 2: weitere Ziele bis 2017 (13)
- Phase 2: weitere Zielgebiete (20/24)
- ↑ Phase 2: mögliche Bohrlochstationen (4/6)

Stand des SSMNet am 23. März 2016

SSMNet Erneuerung (2009-2019)

Ausbau der Überwachungsnetze zur Verbesserung der seismischen Gefährdungsmodelle: Standortcharakterisierung an allen Standorten



- ▲ in Phase 1 installierte Stationen (30)
- ▲ weitere SSMNet-Stationen (37)
- ▲ weitere 2015 installierte Stationen (3)
- ↑ davon Bohrlochstation (1)
- ▲ in Phase 2 bisher installierte Stationen (22)
- Phase 2: Standort festgelegt (11)
- Phase 2: weitere Ziele bis 2017 (13)
- Phase 2: weitere Zielgebiete (20/24)
- ↑ Phase 2: mögliche Bohrlochstationen (4/6)

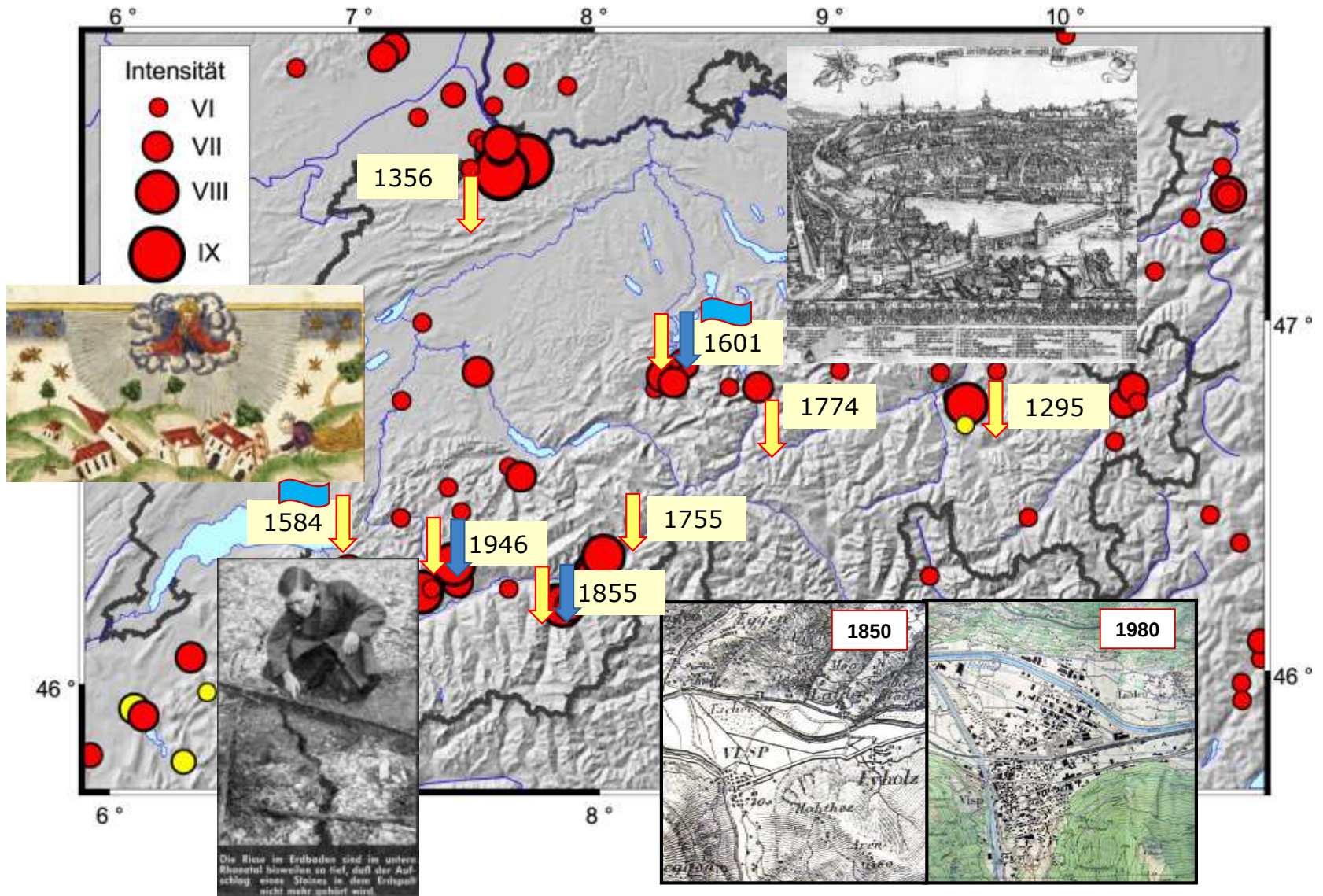
Stand des SSMNet am 23. März 2016

Historische Erdbeben mit

Bodenverflüssigung ↓

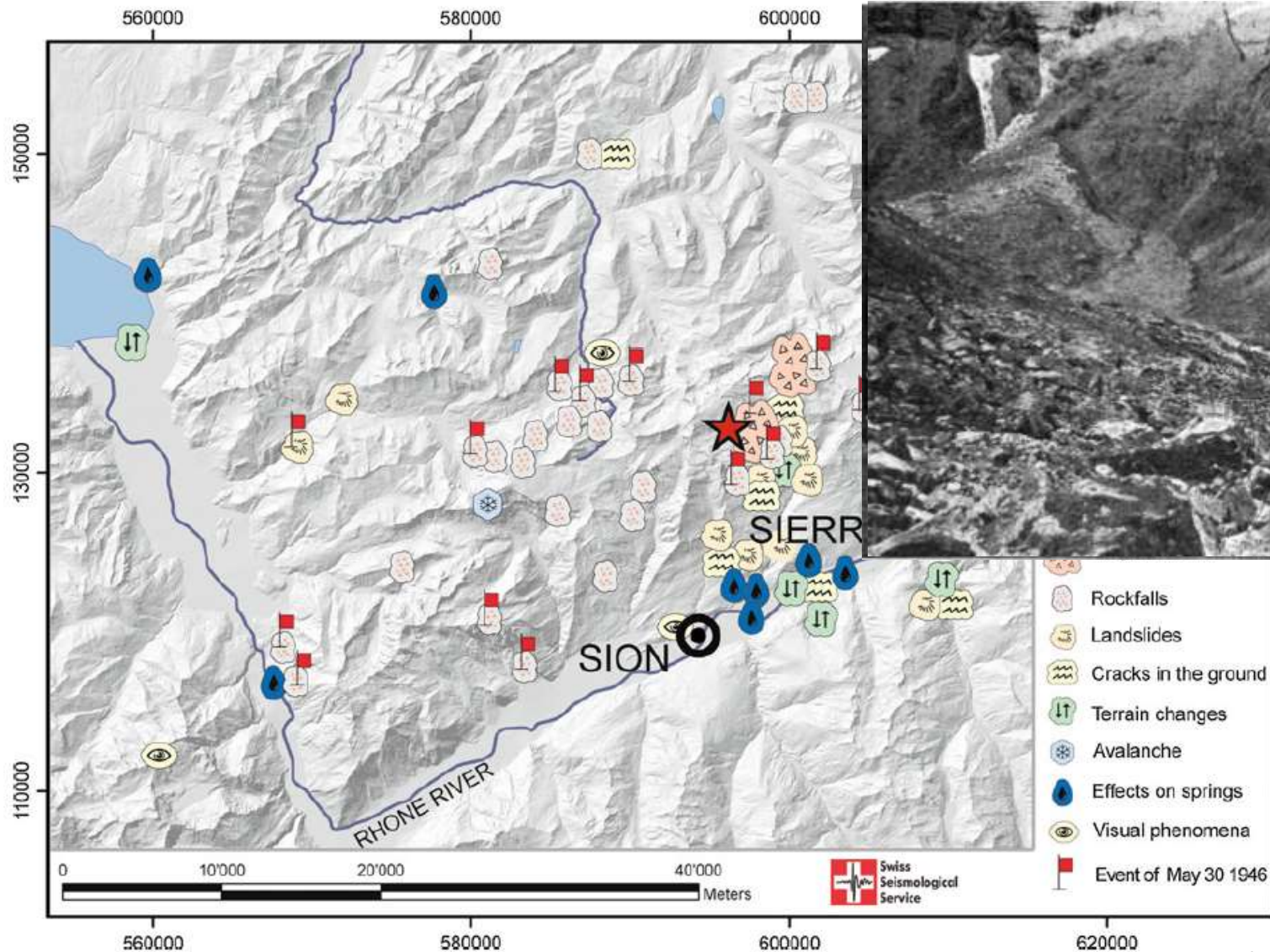
Bergsturz ↓

und Tsunami 



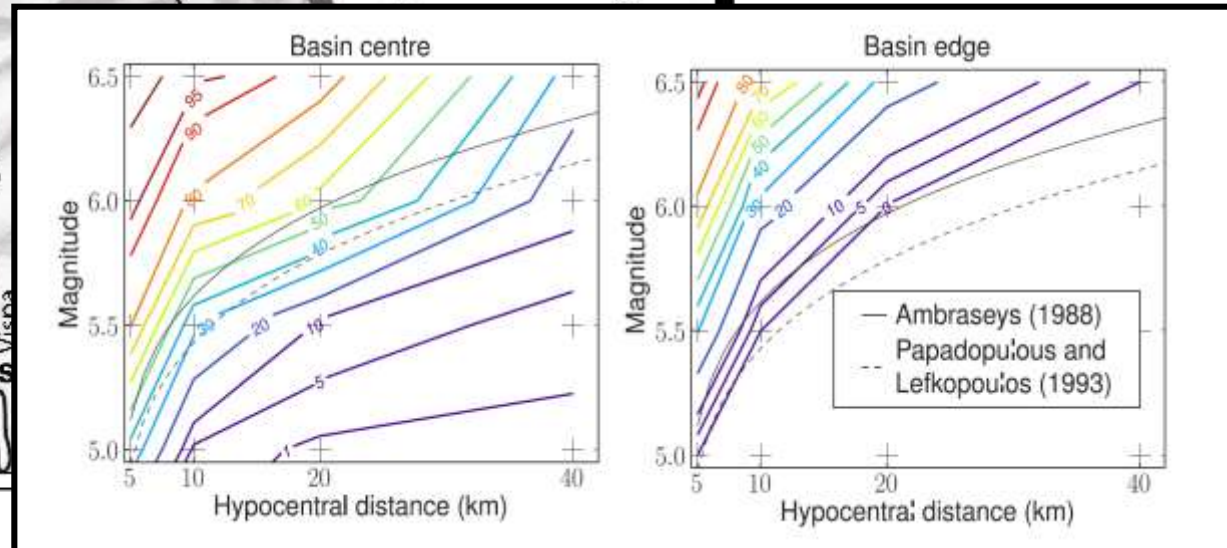
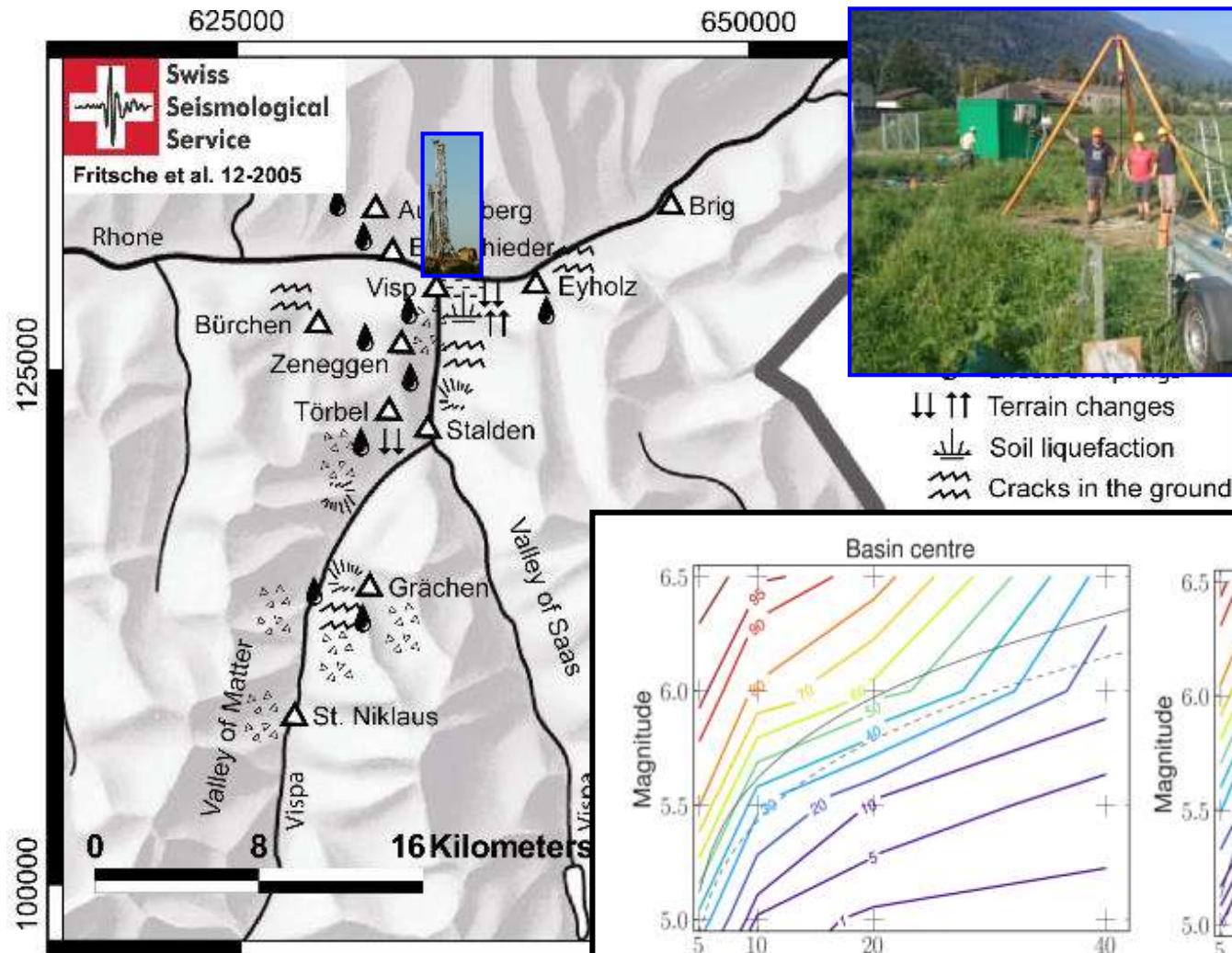
Erdbeben im Wallis 1946 ($M_w=5.8$)

Bergsturz am Rawilhorn (Nachbeben Mai 1946)

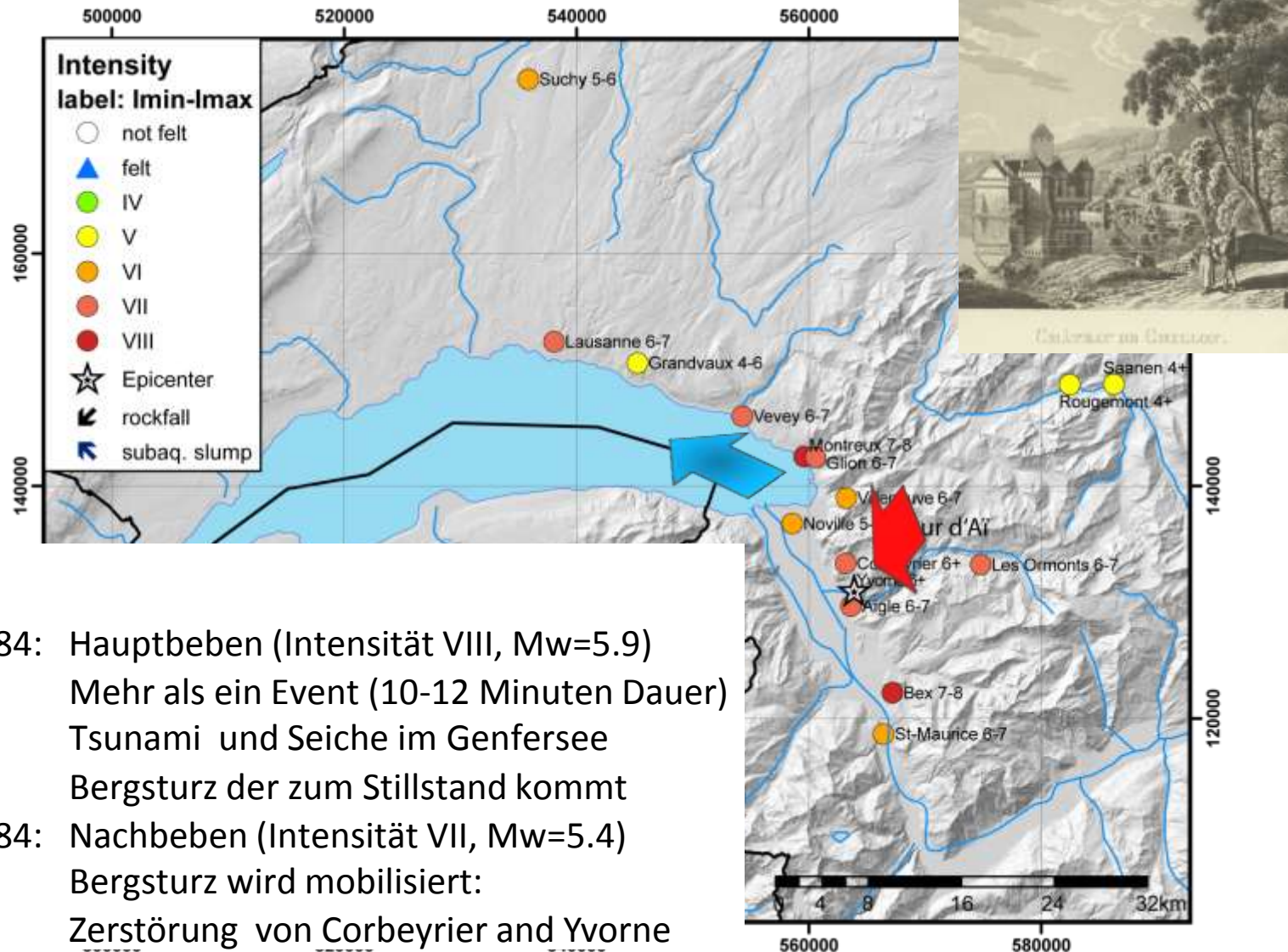


Nachweis: I. Marietan

Erdbeben von Visp 1855 ($M_w=6.2$)

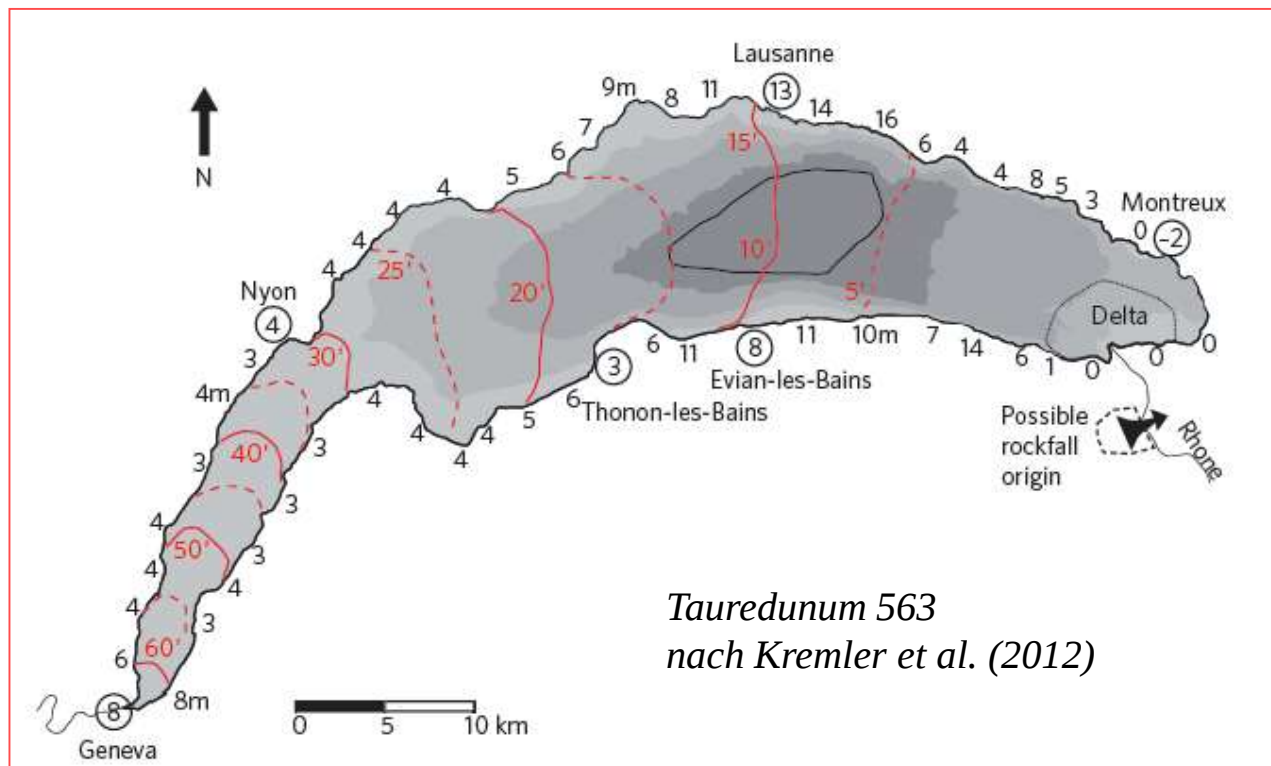


Erdbeben von Aigle 1584 ($M_w=5.9$)

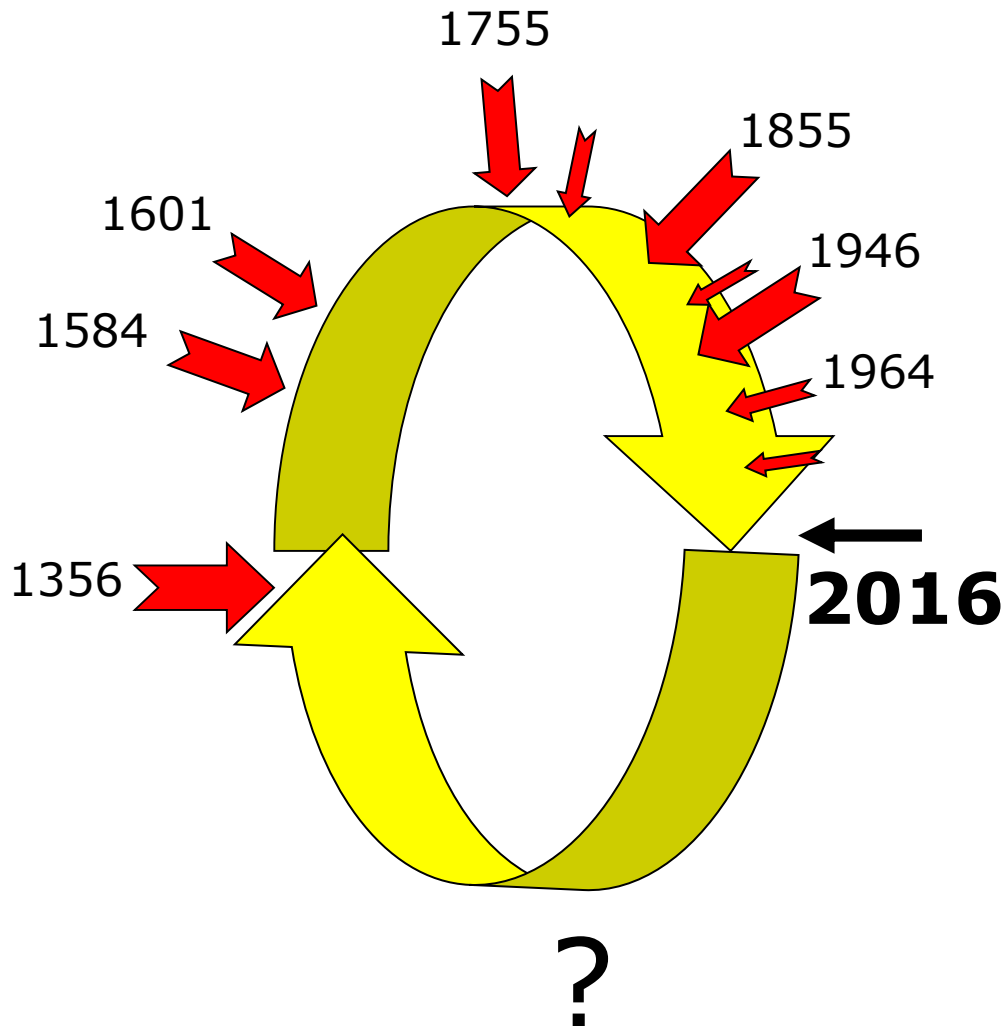


Ereignisse in der Schweiz mit Spuren von Tsunamis:

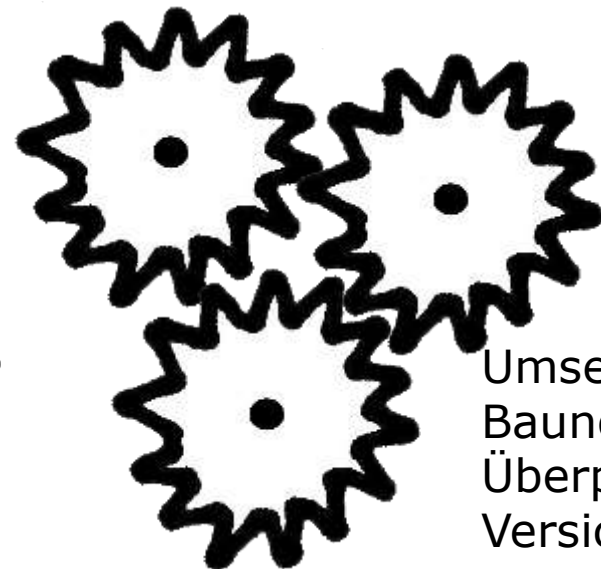
- Ca. 200-250 BC (Spuren in der ganzen Schweiz und Italien)
- Ca. 90 BC (Cornaux les Sauges, Tsunami im Neuenburgersee?)
- 563 (Touredunum, Tsunami im Genfersee)
- 1601 (Obwalden, Tsunami im Vierwaldstättersee)
- 1584 (Aigle, Tsunami im Genfersee)



Erdbebenzyklus und Erdbebenvorsorge



Interdisziplinäre Forschung
Gefährdungsanalyse
Szenario Modellierung



Information

Umsetzung
Baunormen
Überprüfung
Versicherung