



Schweizerischer Erdbebendienst
Service Sismologique Suisse
Servizio Sismico Svizzero
Swiss Seismological Service

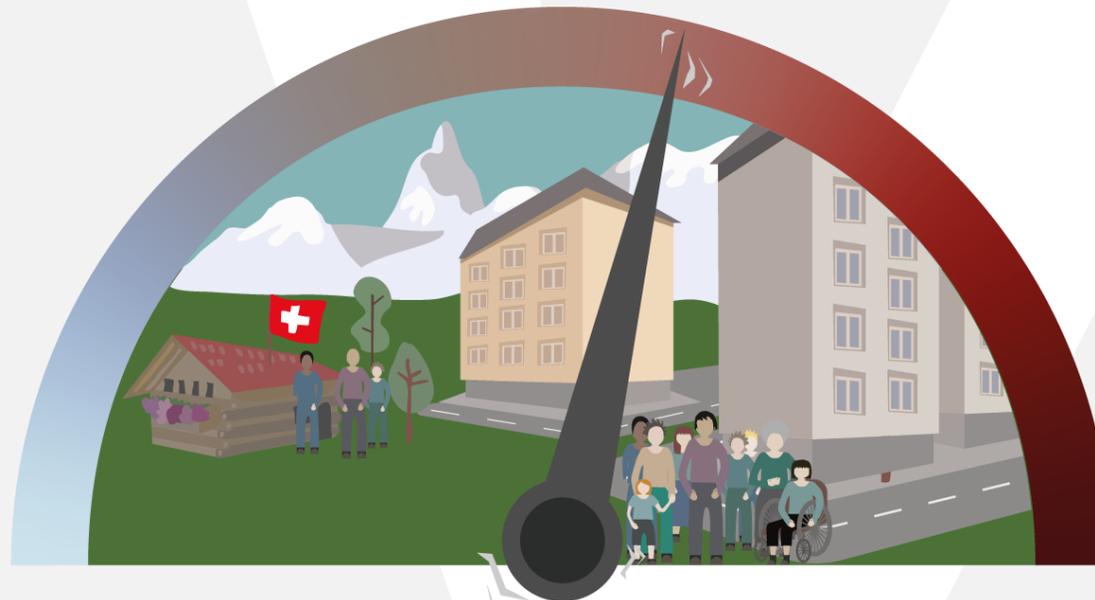
ETH zürich

Das Erdbebenrisiko in der Schweiz kennen

Das Erdbebenrisikomodell und die wichtigsten Erkenntnisse

Prof. Stefan Wiemer

Direktor des Schweizerischen Erdbebendienstes an der ETH Zürich



Erdbeben können tödlich sein

Wir alle erinnern uns an die schrecklichen Bilder vor einem Monat aus der Türkei und Syrien



Ein Magnitude 7.8 wird es in der Schweiz wohl nicht geben

Was passiert bei einem „typischen“ Erdbeben in der Schweiz?

Beispiel: Erdbeben in L'Aquila im Jahr 2009 mit einer Magnitude von 6.3



308 Todesopfer



15'000 beschädigte Gebäude

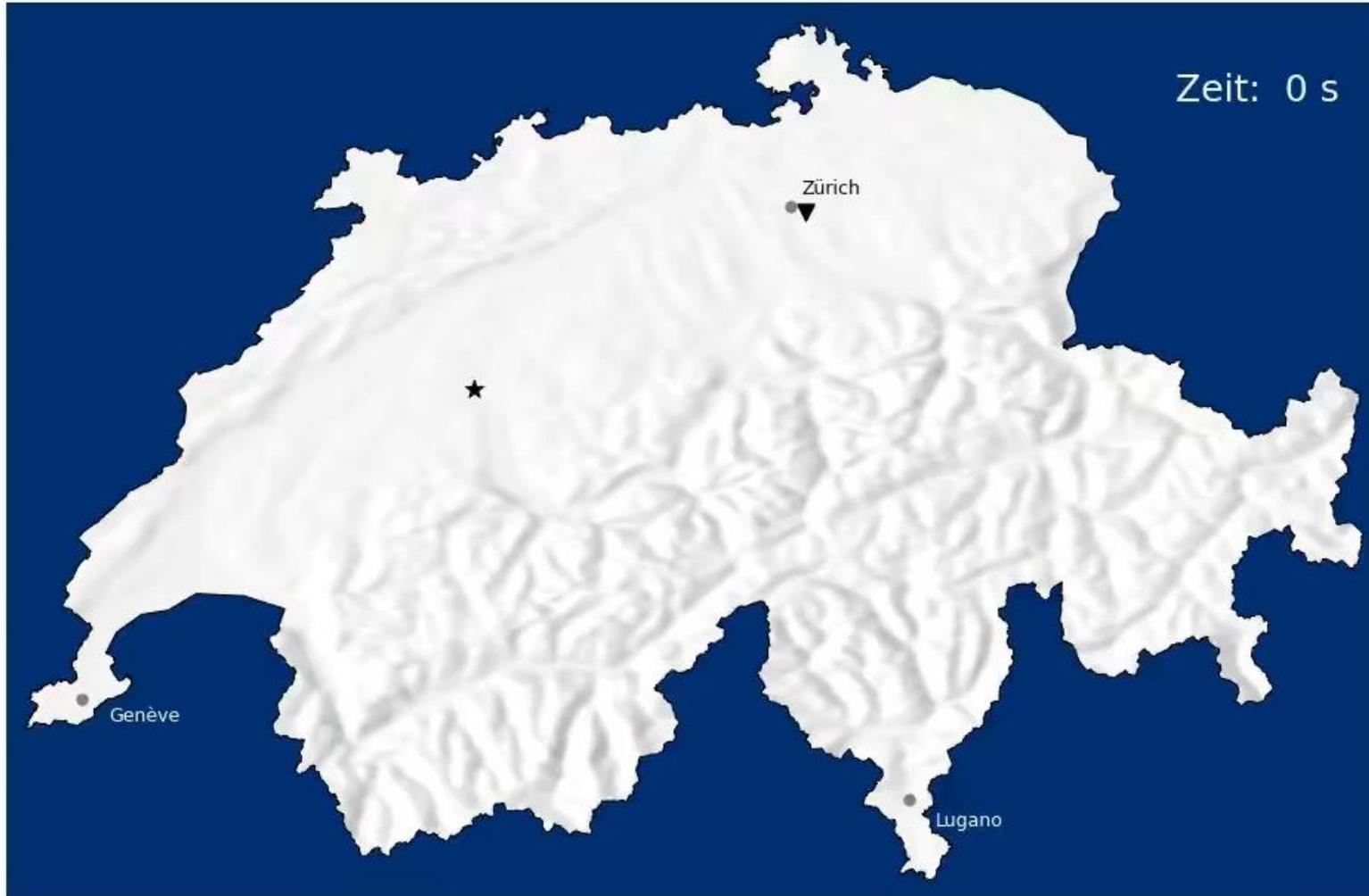


67'000 Obdachlose



Schadenssumme von rund
11 Milliarden Euro

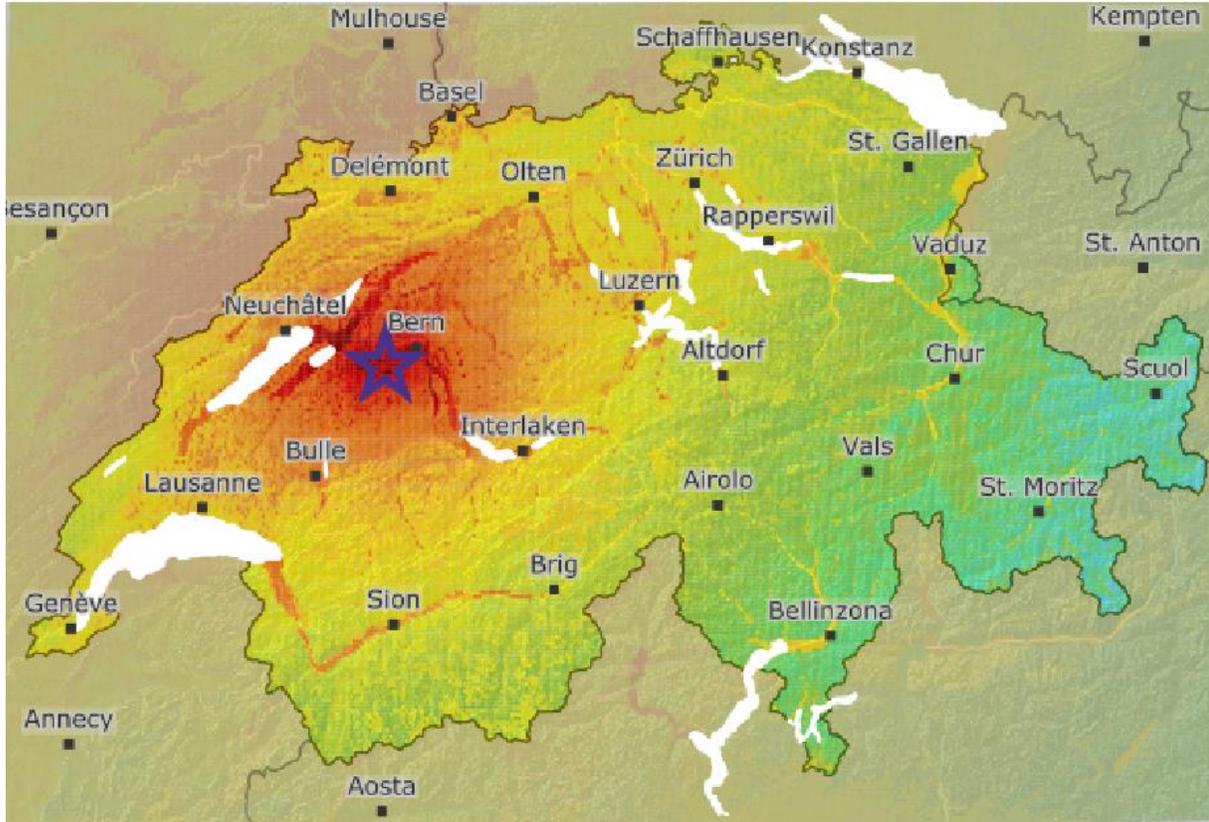
Was würde passieren, wenn es jetzt hier unter uns in Bern bebt?



© Laura Ermert
Computation at CSCS (Piz Daint)
Amplifikation (0.5 Hz): Paulo Bergamo
P- and S- Geschwindigkeiten: Tobias Diehl
Momententensor: Maria Mesimeri

Das neue Risikomodell erlaubt uns durchzuspielen, was in der Schweiz passieren würde

Beispiel: zu erwartende Folgen bei einem Erdbeben der Magnitude 6 in Bern



Intensität	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Auswirkungen	kaum bemerkbar	schwach verspürt	deutlich verspürt	stark verspürt	leichte Gebäudeschäden	Gebäudeschäden	schwere Gebäudeschäden	zerstörend

Anzahl Todesopfer in der Schweiz

Ø 400

Die Anzahl Todesopfer liegt mit grosser Wahrscheinlichkeit im eingefärbten Bereich.



Anzahl Schutzsuchende in der Schweiz

Ø 61'000

Die Anzahl Schutzsuchende liegt mit grosser Wahrscheinlichkeit im eingefärbten Bereich.



Kosten Gebäudeschäden in der Schweiz

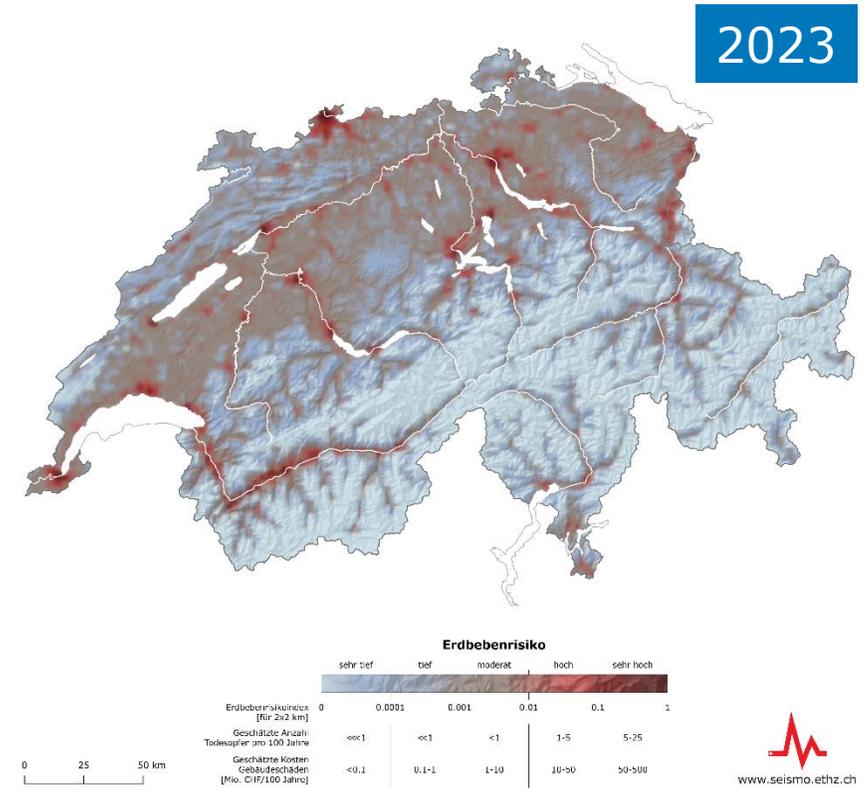
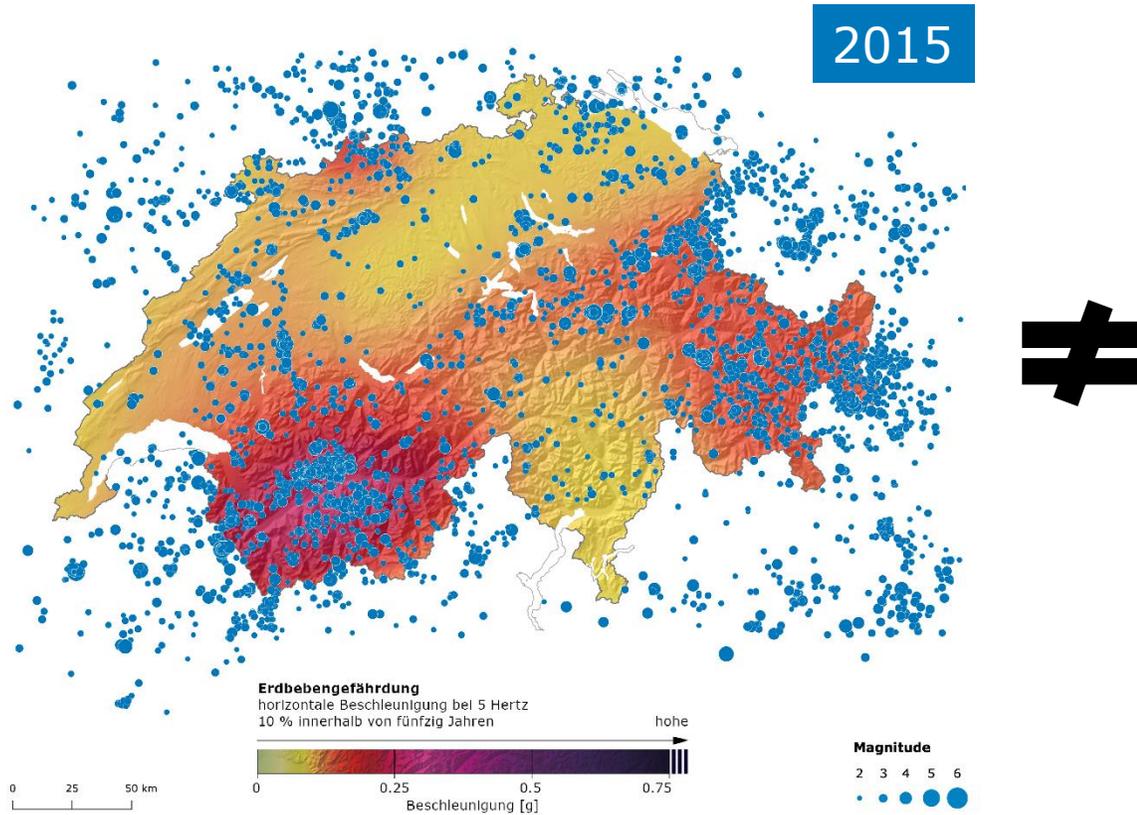
Ø 11 Mia.

Die Kosten für Gebäudeschäden liegen mit grosser Wahrscheinlichkeit im eingefärbten Bereich.



Von Erdbeben und Erdbebengefährdung ...

zum Erdbebenrisiko



Die Erdbebengefährdung beschreibt, wie oft und wie stark die Erde an einem bestimmten Standort in Zukunft beben könnte.

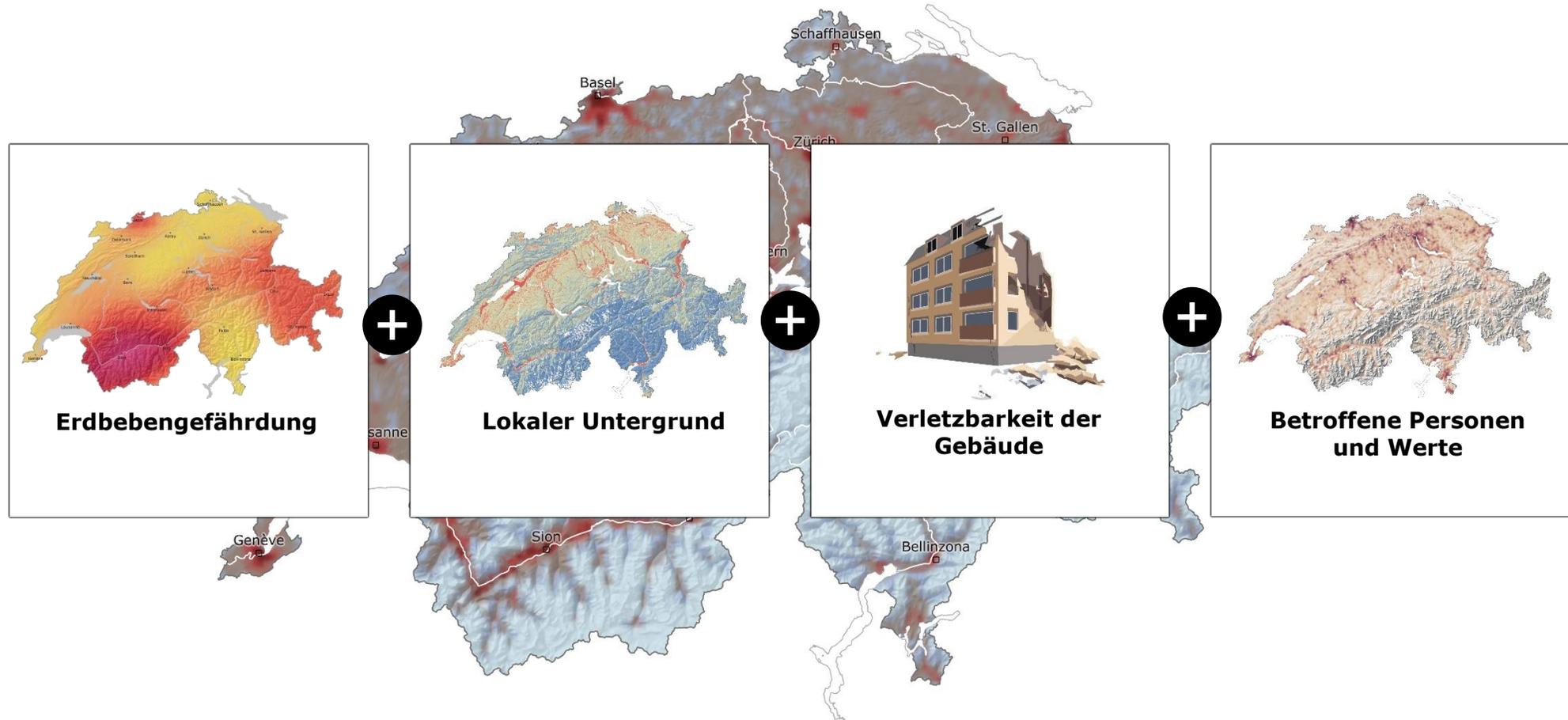
Das Erdbebenrisiko beschreibt die möglichen Auswirkungen von Erdbeben auf Personen und Gebäude sowie die damit verbundenen finanziellen Verluste.

Was ist überhaupt «Risiko»?

- **Risiko hat viele Dimensionen:** (Wikipedia: *'Seismic risk has been defined,, as the potential economic, social and environmental consequences of hazardous events that may occur in a specified period of time'*)
 - Das persönliche Risiko eines Menschen in einem Erdbeben zu sterben, verletzt zu werden, oder temporär obdachlos zu werden.
 - Das Risiko einen gewissen Schadegrad an einem Gebäude in einen vorgegeben Zeitraum zu beobachten.
 - Das finanzielle Risiko eines Hausbesitzer/einer Hausbesitzerin einen Erdbebenschaden im nächsten Jahr zu erleiden.
 - Das kumulative finanzielle Risiko in einer Gemeinde, auf einen Quadratkilometern, in einem Kanton, der Schweiz oder für ein Gebäudeportfolio.
 - Das kumulative Risiko von Toten, Verletzten oder Obdachlosen in einer Gemeinde, einem Kanton, der Schweiz.
 - etc.
- All diese Berechnungen sind mit dem ERM-CH23 Modell nun möglich.

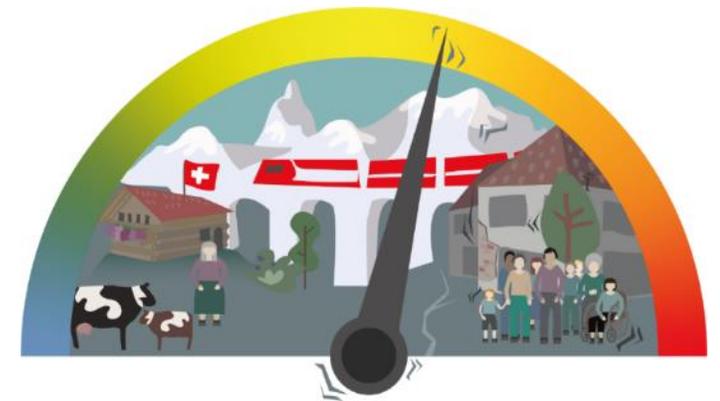
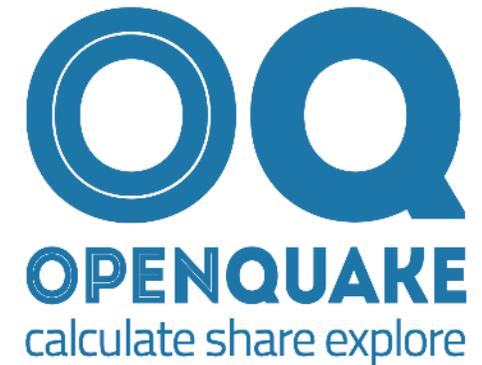


Was ist das Erdbebenrisiko?



Alleinstellungsmerkmale des Erdbebenrisikomodells der Schweiz

- Öffentlich zugänglich, Open Access, Open Source, transparent, dokumentiert und reproduzierbar (mit gewissen Einschränkungen)
 - Konsistent mit dem nationalen Gefährdungsmodell
 - Basierend auf substantiell verbesserten und höher auflösenden Datengrundlagen im den Bereichen lokaler Untergrund, betroffene Werte und Verletzbarkeiten.
 - Entspricht dem Stand der Technik und Forschung. Optimierte Quantifizierung der Unsicherheiten im Vergleich zu kommerziellen Modellen.
 - Regelmässige Aktualisierungen sowie Weiterentwicklungen geplant.
 - Umfassende, öffentlich zugängliche Information zu den Resultaten für unterschiedliche Zielgruppen aufbereitet.
- Nur wenige Länder der Welt haben bislang ein vergleichbar detailliertes, öffentlich zugängliches Erdbebenrisikomodell.



Zahlreiche Nutzen und Nutzer

- Das Erdbebenrisikomodell der Schweiz erlaubt es erstmals, die zu erwartenden Auswirkungen auf Personen und Gebäude sowie die daraus resultierenden finanziellen Verluste zu beziffern.
- Breite Anwendungs- und Nutzungsmöglichkeiten relevant für Behörden, Bevölkerung und Wirtschaft

Erdbebenvorsorge



Ereignisbewältigung



Risikoanalysen



Sensibilisierung



- Anwendungsbeispiele
 - Schnelle Schadensabschätzungen
 - Risikoabschätzungen für Gebäudeportfolios oder unterschiedliche Zeiträume
 - Grundlage für Risikovergleiche z. B. mit anderen Naturgefahren

→ Eine bessere Erdbebenvorsorge und -bewältigung ist eine gesamtgesellschaftliche Aufgabe!

→ Ziel und Herausforderungen Grundlagen für informierte Entscheide bereitzustellen.

Unsicherheiten und Validierung

Grosse Modellunsicherheiten



- Wo genau ereignet sich ein Erdbeben?
- Wie genau bricht die Verwerfung?
- Wie genau ist die Abminderung und lokale Verstärkung?
- Wie genau reagieren Gebäude?

Modellvalidierung als Herausforderung



- Bisher nur wenige starke Beben in der Schweiz
- Erkenntnisse aus anderen Ländern nur begrenzt übertragbar (Bausubstanz)
- Auch das Ausbleiben von Schäden ist eine wichtige Erkenntnis
- Begleitung Modellentwicklung durch externe Experten
- Fachreview

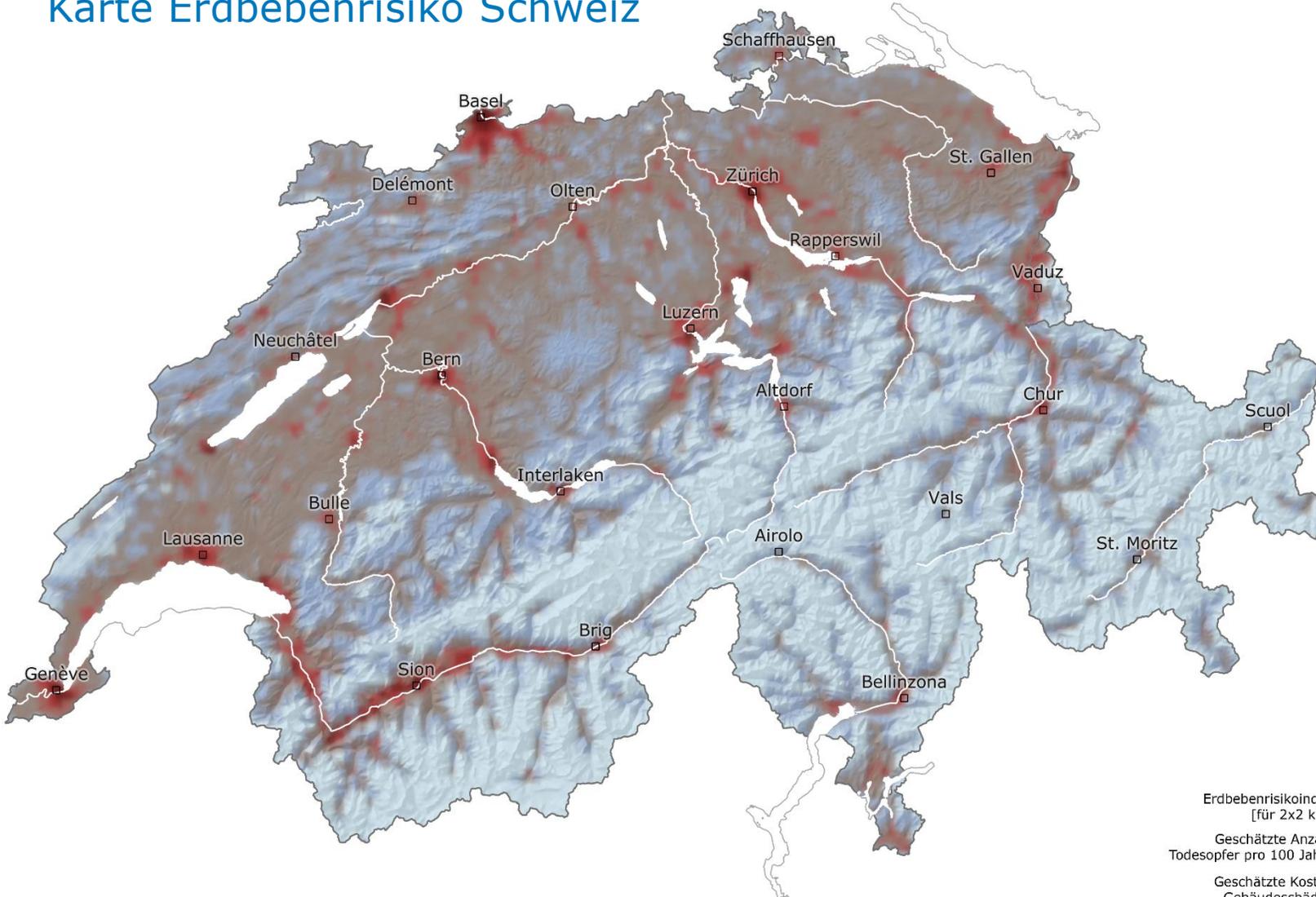
Nicht im Modell berücksichtigt



- Auswirkungen von Erdbeben auf ein spezifisches Gebäude
- Auswirkungen auf Infrastrukturen und die Folgen sekundärer Ereignisse (z. B. Hangrutschungen oder Feuer)
- Wirtschaftliche Verluste (z. B. von Betriebsunterbrüchen)
- Soziale Folgen (z. B. von Umsiedlungen)

Karte Erdbebenrisiko Schweiz

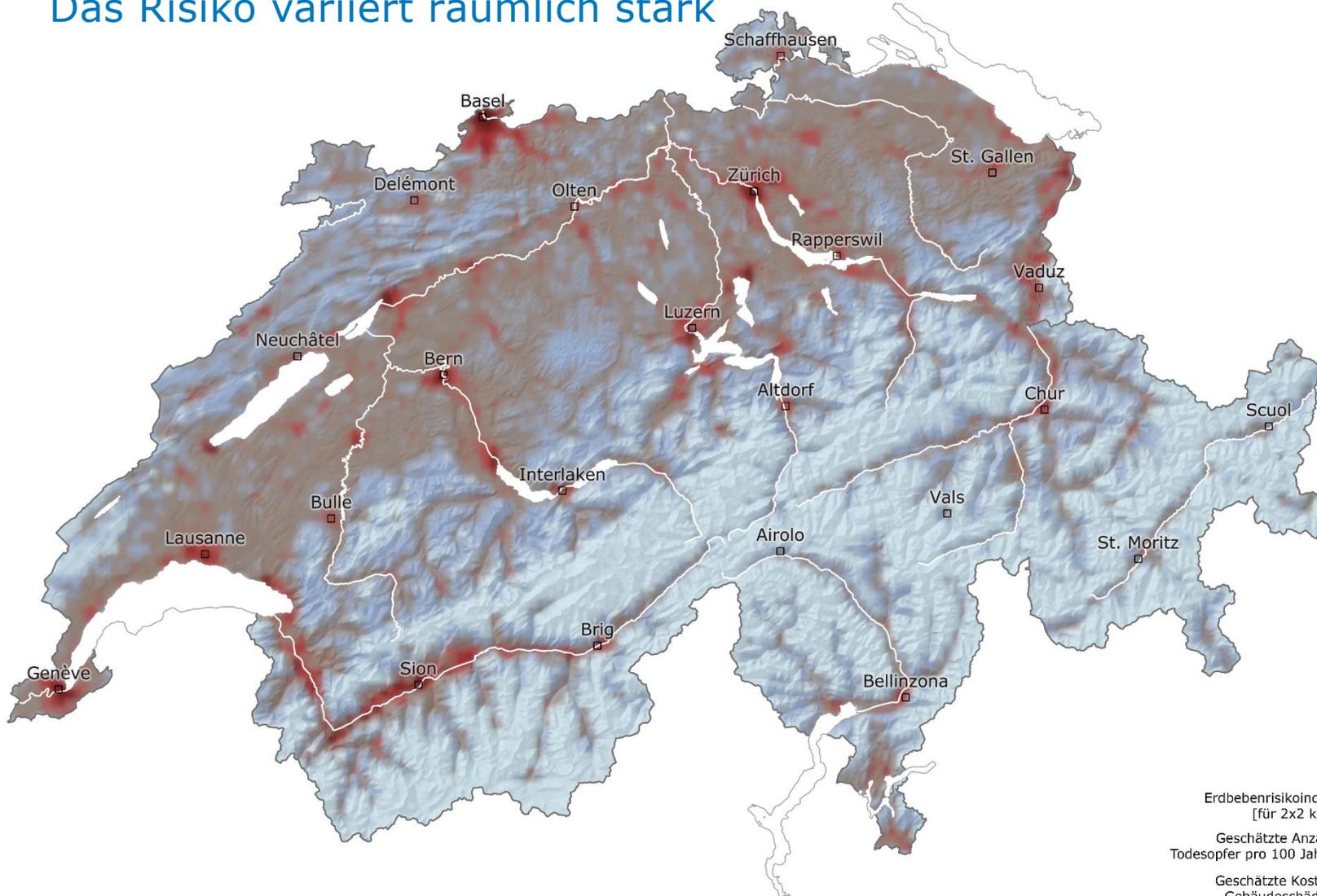
Diese Erdbebenrisikokarte basiert auf einem Index, der die zu erwartende Anzahl Todesopfer mit den geschätzten finanziellen Verlusten aufgrund von Gebäudeschäden kombiniert.



Erdbebenrisiko

	sehr tief	tief	moderat	hoch	sehr hoch	
Erdbebenrisikoindex [für 2x2 km]	0	0.0001	0.001	0.01	0.1	1
Geschätzte Anzahl Todesopfer pro 100 Jahre	<<<1	<<1	<1	1-5	5-25	
Geschätzte Kosten Gebäudeschäden [Mio. CHF/100 Jahre]	<0.1	0.1-1	1-10	10-50	50-500	

Das Risiko variiert räumlich stark



Das Risiko in einem «guten» Gebäude auf hartem Untergrund in einer Region mit niedriger Gefährdung zu sterben ist bis zu 500'000 mal kleiner also in einem «schlechten» Gebäude auf weichen Sedimenten, in einer Region mit hoher Gefährdung.

Faktor 10'000

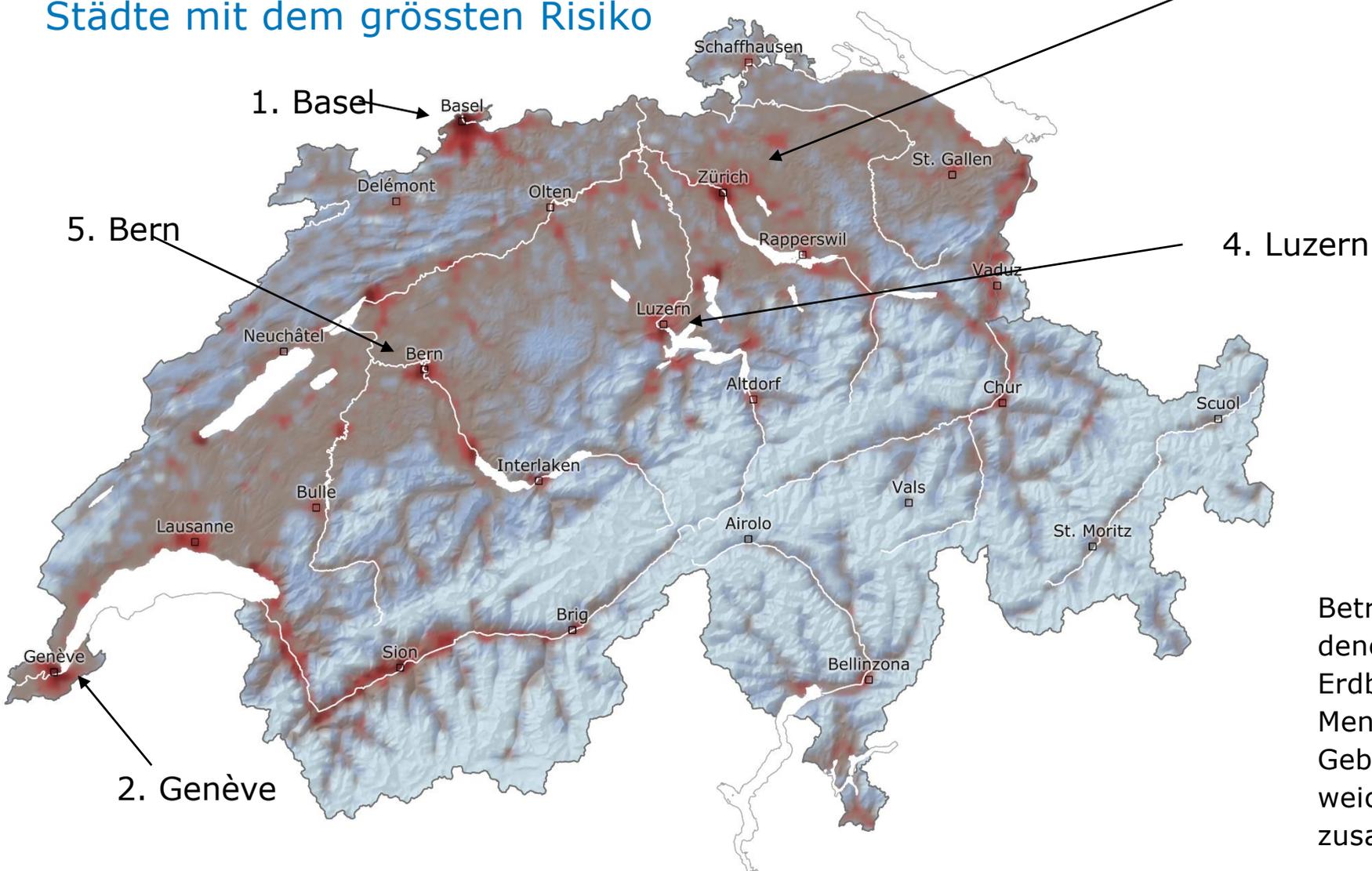


Erdbebenrisiko



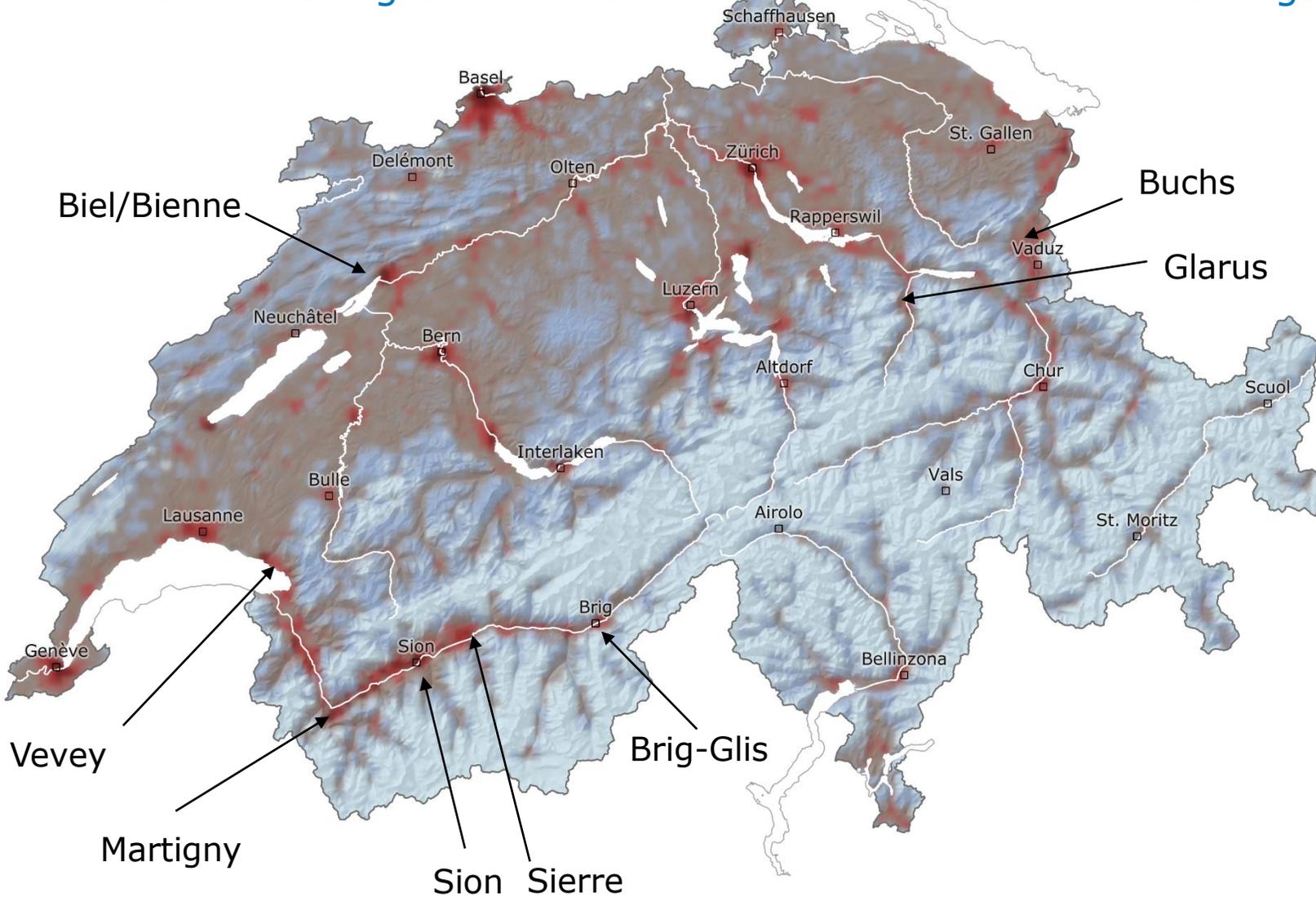
	sehr tief	tief	moderat	hoch	sehr hoch	
Erdbebenrisikoindex [für 2x2 km]	0	0.0001	0.001	0.01	0.1	1
Geschätzte Anzahl Todesopfer pro 100 Jahre	<<<1	<<1	<1	1-5	5-25	
Geschätzte Kosten Gebäudeschäden [Mio. CHF/100 Jahre]	<0.1	0.1-1	1-10	10-50	50-500	

Städte mit dem grössten Risiko



Betroffen sind vor allem Gebiete, in denen neben der Erdbebengefährdung viele Menschen und verletzliche Gebäude auf einem schlechten, weichen Untergrund zusammenkommen.

Städte mit dem grössten Risiko im Verhältnis zur Bevölkerungsgrösse



Auch ein wenig besiedeltes Gebiet kann stark von den Folgen eines Bebens betroffen sein. Aber die Schäden sind in der Summe geringer als in grösseren Ortschaften.

Zusammenfassung: Erdbebenrisiko in der Schweiz

Das Risiko verteilt sich nicht gleichmässig über die Zeit, sondern ist durch seltene, katastrophale Erdbeben dominiert.

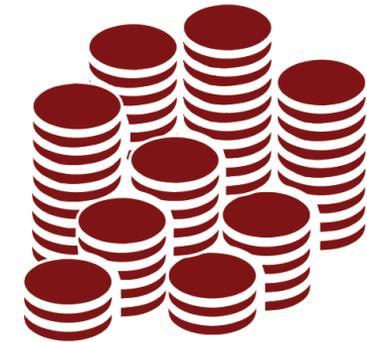
Geschätzte Auswirkungen für einen Zeitraum von hundert Jahren:



150 bis 1'600
Todesopfer

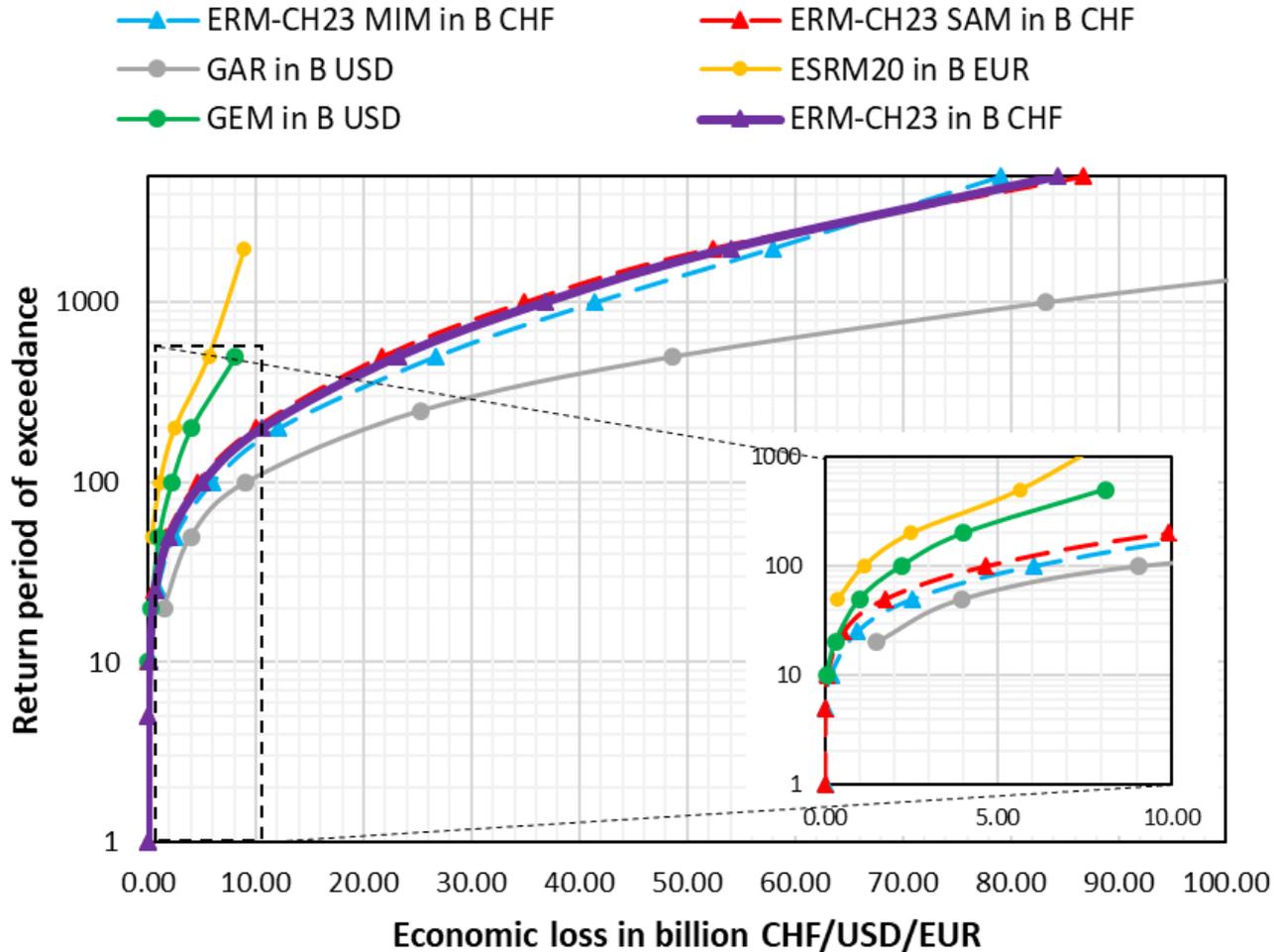


40'000 bis 175'000
kurz- bis langfristig Schutzsuchende



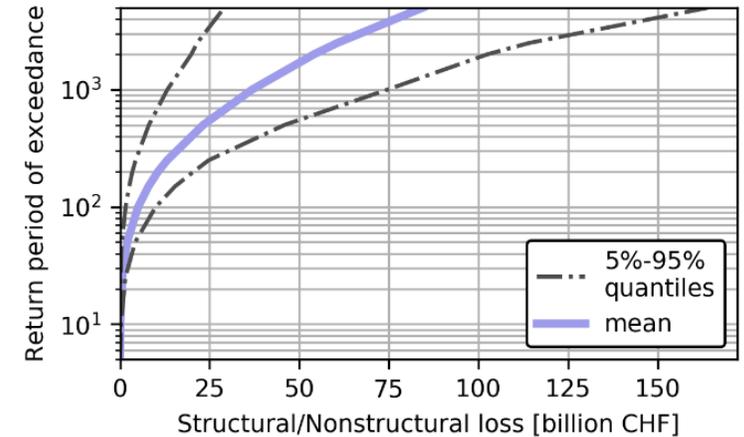
11 bis 44 Milliarden CHF
Schäden an Gebäuden und ihren Inhalten

Probabilistische Risikokurven – Vergleich mit anderen Modellen

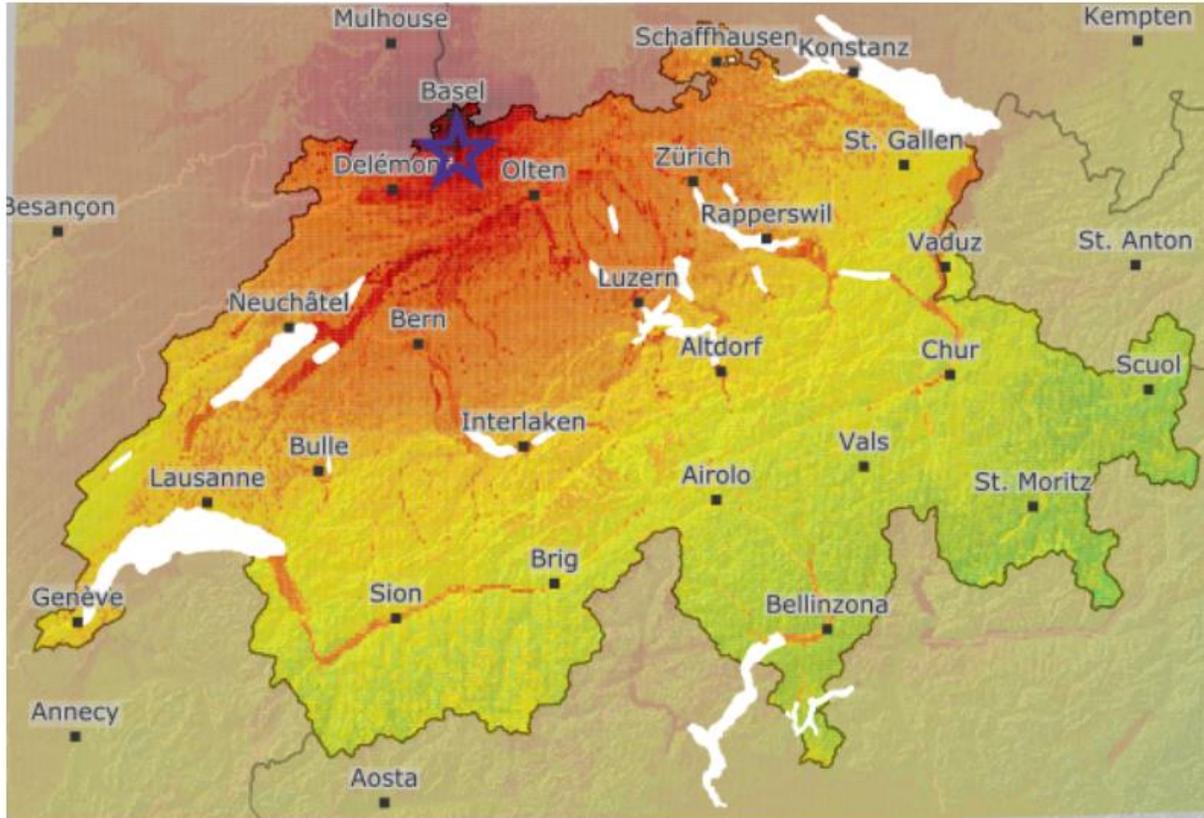


→ Seltene Ereignisse sind extrem schadensreich

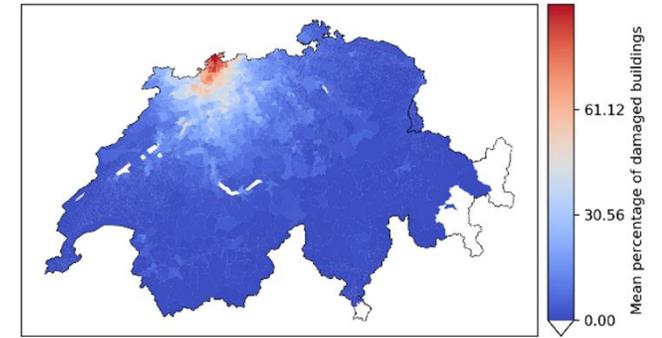
→ Die Unsicherheiten sind gross



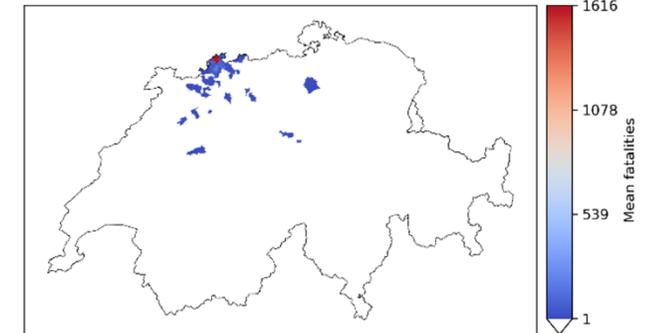
Szenarien: Basel Mw6.6



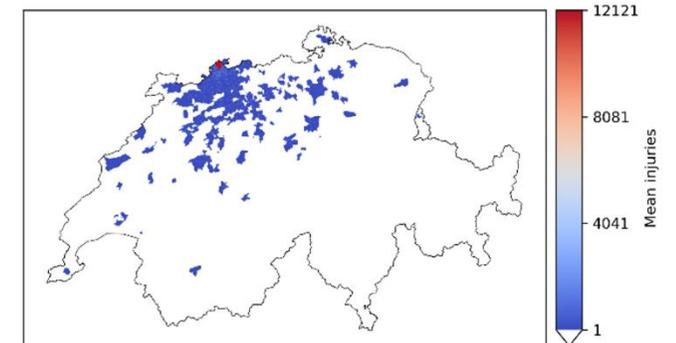
								
Intensität	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Auswirkungen	kaum bemerkbar	schwach verspürt	deutlich verspürt	stark verspürt	leichte Gebäudeschäden	Gebäudeschäden	schwere Gebäudeschäden	zerstörend



Damage ratio



Fatalities

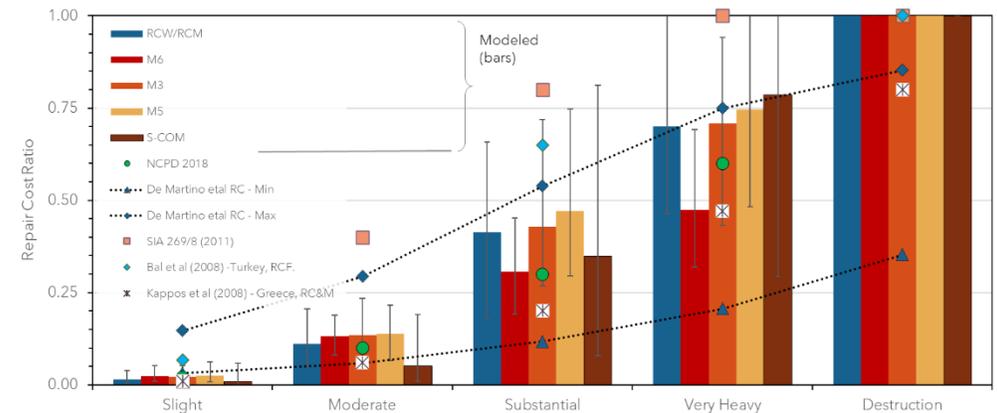
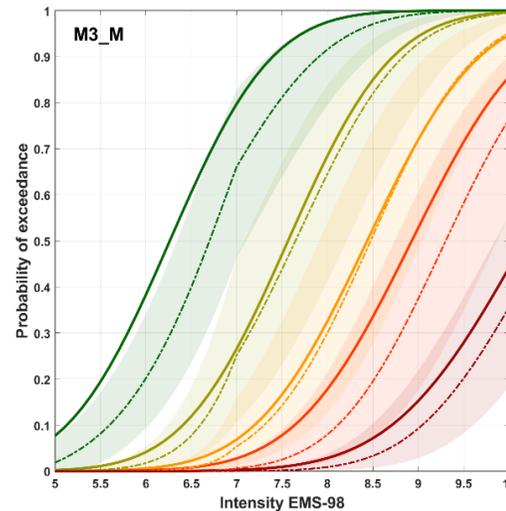
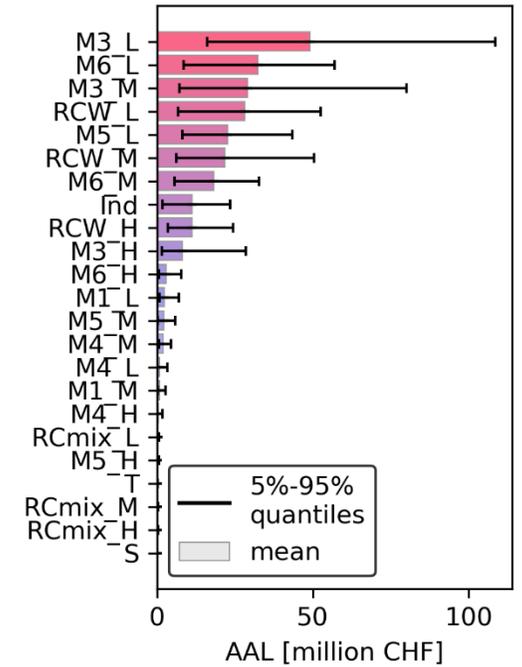
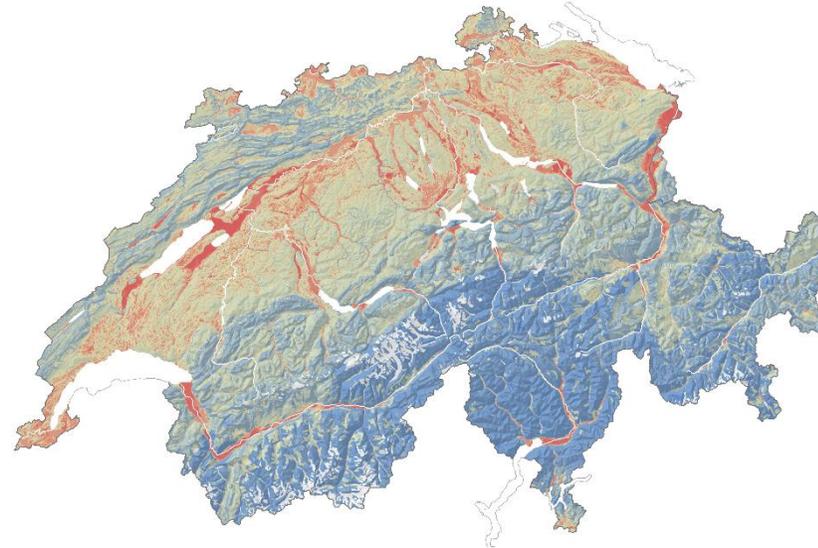
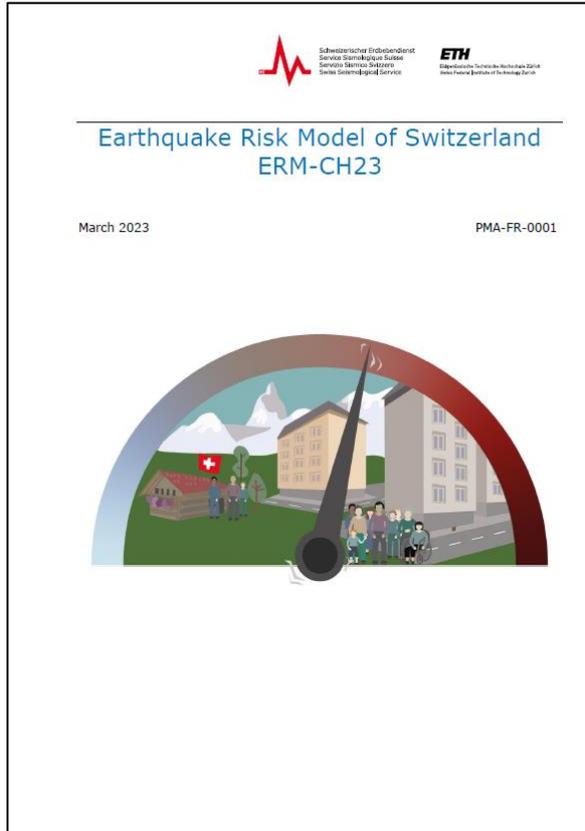


Injuries

Was wäre wenn ... Szenarien aufgrund von historische Beben

Szenario	Gebäudeschäden	Todesopfer	Verletzte	Schutzsuchende
1584 Aigle Mw 5.9	7.0 Mia. CHF	300	20'000	30'000
1774 Altdorf Mw 5.7	2.0 Mia. CHF	60	500	9'000
1524 Ardon Mw 5.8	3.5 Mia. CHF	100	800	14'000
1356 Basel Mw 6.6	45 Mia. CHF	3'000	21'000	200'000
1755 Brig-Glis Mw 5.7	1.5 Mia. CHF	50	300	5'000
1295 Churwalden Mw 6.2	6 Mia. CHF	300	2'000	22'000
1622 Ftan Mw 5.4	105 Mio. CHF	0	10	200
1946 Sierre Mw 5.8	2.4 Mia. CHF	40	300	9'000
1855 Stalden-Visp Mw 6.2	5.5 Mia. CHF	150	1'000	20'000
1601 Unterwalden Mw 5.9	12 Mia. CHF	550	3'800	50'000

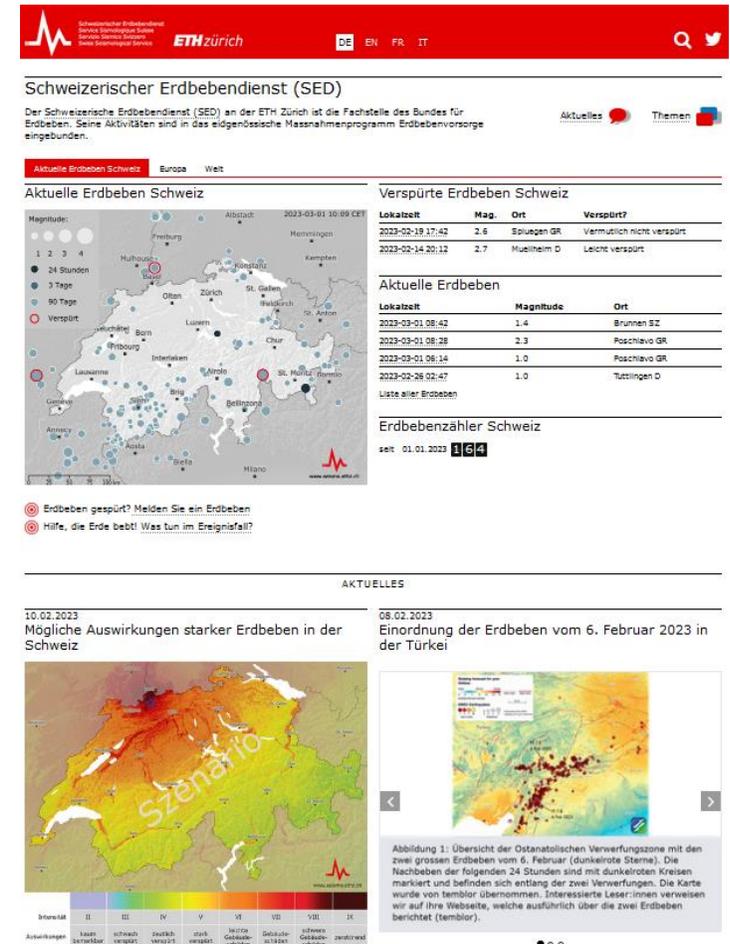
All das – und noch viel mehr : im technischen Bericht



Ausblick

- Das nächste grosse Beben wird kommen – das Erdbebenrisikomodell schafft wichtige Grundlagen, um besser darauf vorbereitet zu sein.
- Weiterentwicklungen
 - Unsicherheiten verkleinern, um Modellaussagen zu verbessern
 - Verbesserte Datensätze
 - Veröffentlichung einer aktualisierten Version jeweils wenn sich die Grundlagen massgeblich verändern
 - Schulungen
- Mittelfristige Zukunft (2027+)
 - Die nächste Generation der Gefährdungs- und Risikomodelle der Schweiz wird stärker auf simulationsbasierten Ansätzen, physikalischen Modellierungen und Maschine Learning basieren.

→ Alle Infos nun online auf www.seismo.ethz.ch



Schweizerischer Erdbebendienst (SED)
 Der Schweizerische Erdbebendienst (SED) an der ETH Zürich ist die Fachstelle des Bundes für Erdbeben. Seine Aktivitäten sind in das eidgenössische Massnahmenprogramm Erdbebenvorsorge eingebunden.

Aktuelle Erdbeben Schweiz

Verspürte Erdbeben Schweiz

Lokalzeit	Mag.	Ort	Verspürt?
2023-02-19 17:42	2.6	Spiez GR	Vermutlich nicht verspürt
2023-02-14 20:12	2.7	Huelheim D	Leicht verspürt

Aktuelle Erdbeben

Lokalzeit	Magnitude	Ort
2023-03-01 08:42	1.4	Brunnen SZ
2023-03-01 08:28	2.3	Poschiavo GR
2023-03-01 08:14	1.0	Poschiavo GR
2023-02-28 02:47	1.0	Tuttlingen D

Erdbebenzähler Schweiz
 seit 01.01.2023 **164**

10.01.2023
 Mögliche Auswirkungen starker Erdbeben in der Schweiz

08.02.2023
 Einordnung der Erdbeben vom 6. Februar 2023 in der Türkei

Abbildung 1: Übersicht der Ostanatolischen Verwerfungszone mit den zwei grossen Erdbeben vom 6. Februar (dunkelrote Sterne). Die Nachbeben der folgenden 24 Stunden sind mit dunkelroten Kreisen markiert und befinden sich entlang der zwei Verwerfungen. Die Karte wurde von temblor übernommen. Interessierte Leser:innen verweisen wir auf ihre Webseite, welche ausführlich über die zwei Erdbeben berichtet (temblor).