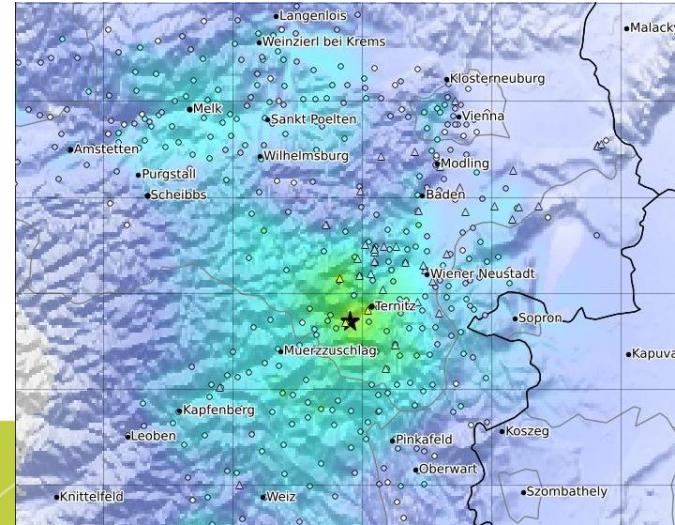


# ShakeMap in Austria Bighorn Rapid Response

Antelope User Group Meeting

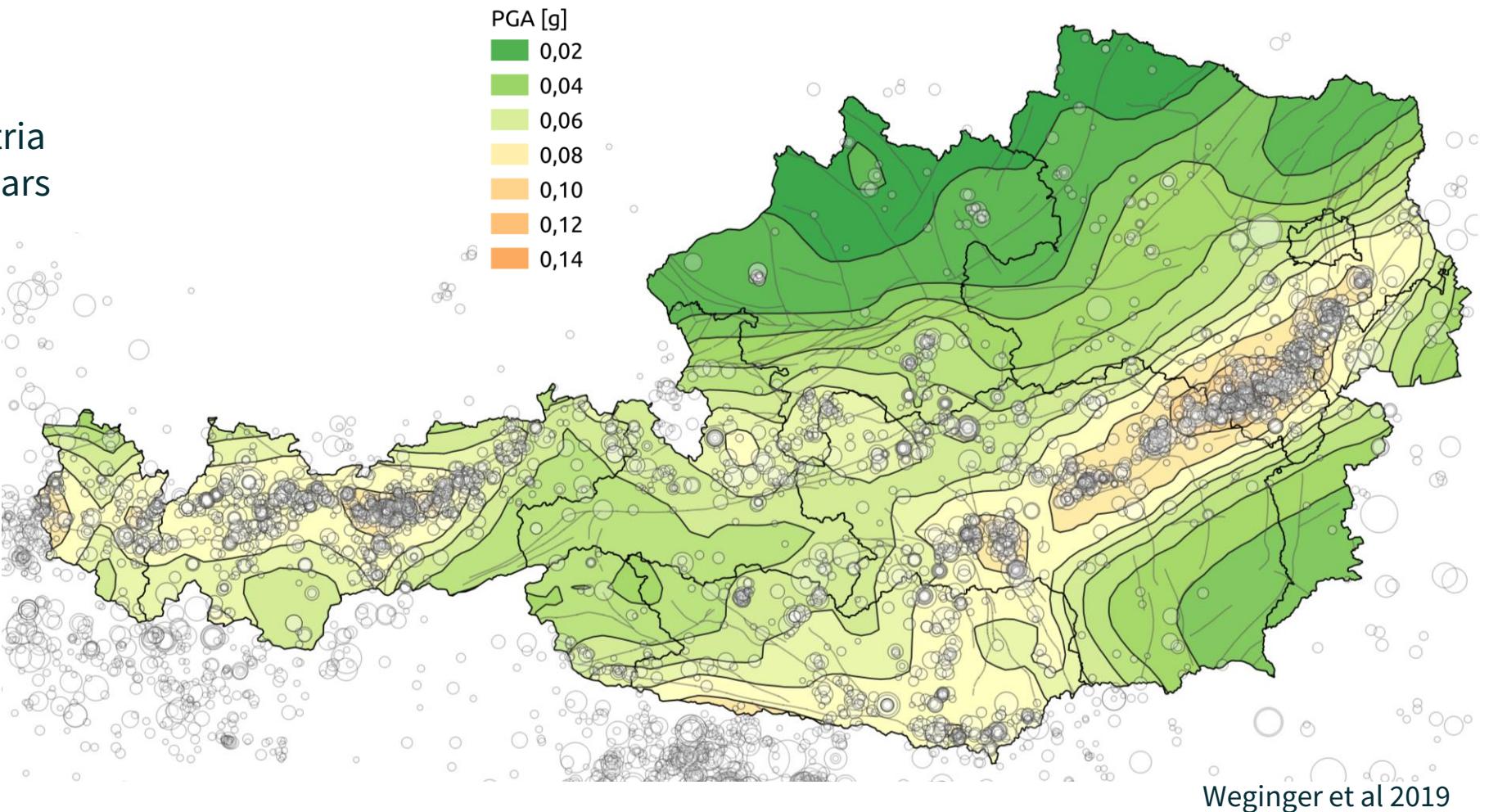
**Seismological Service Austria**  
Stefan Weginger  
[stefan.weginger@geosphere.at](mailto:stefan.weginger@geosphere.at)

5-7. June 2023



# Seismicity

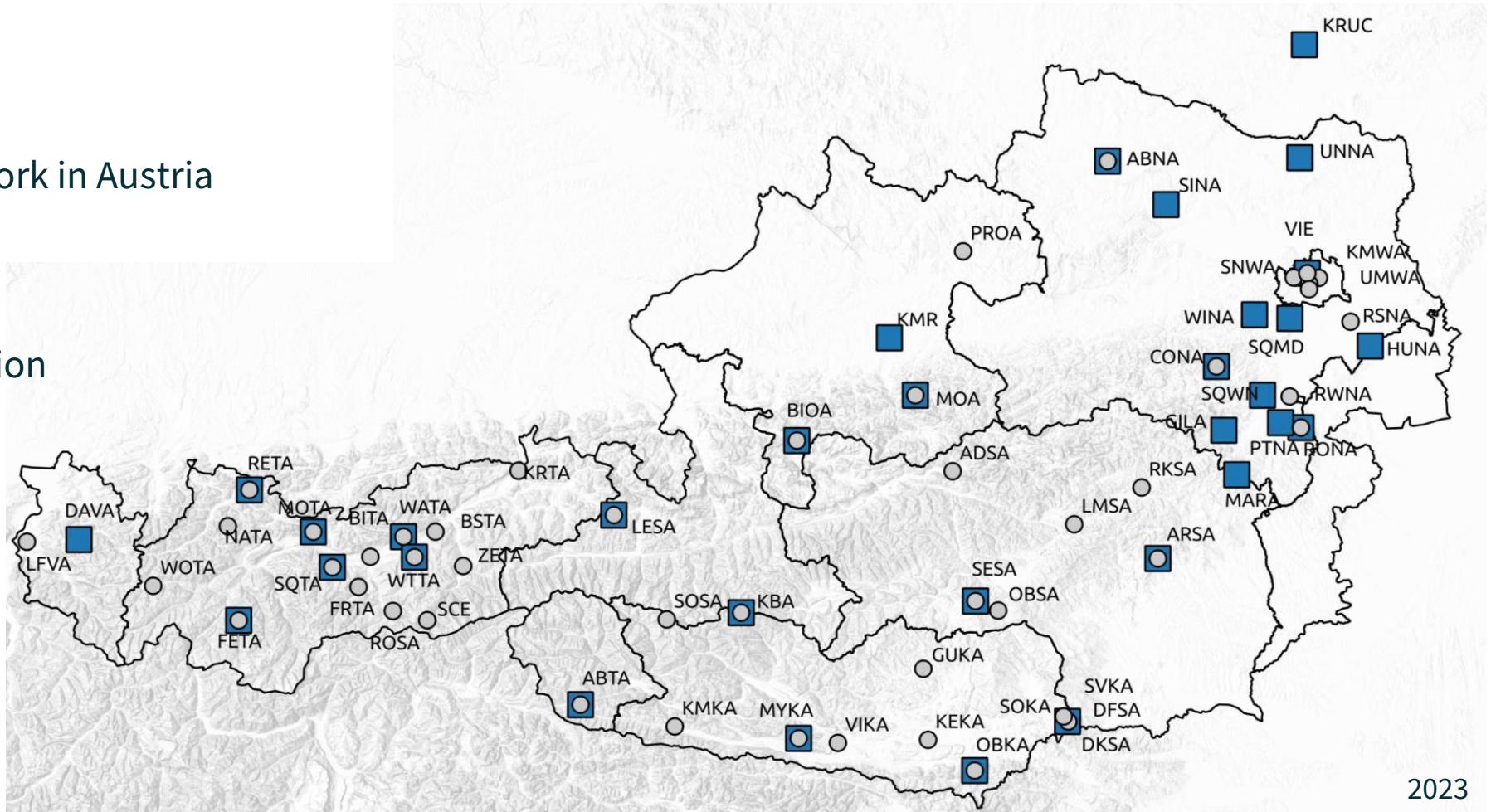
- Hazard-Map of Austria
  - PGA, 10% in 50 years



# Network

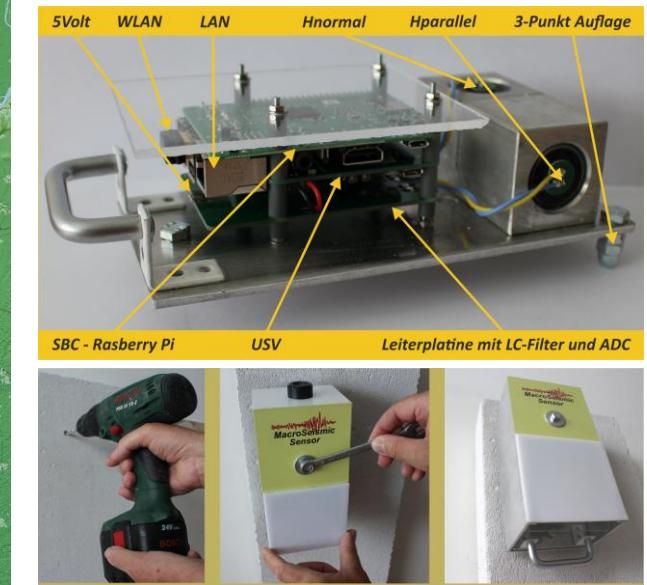
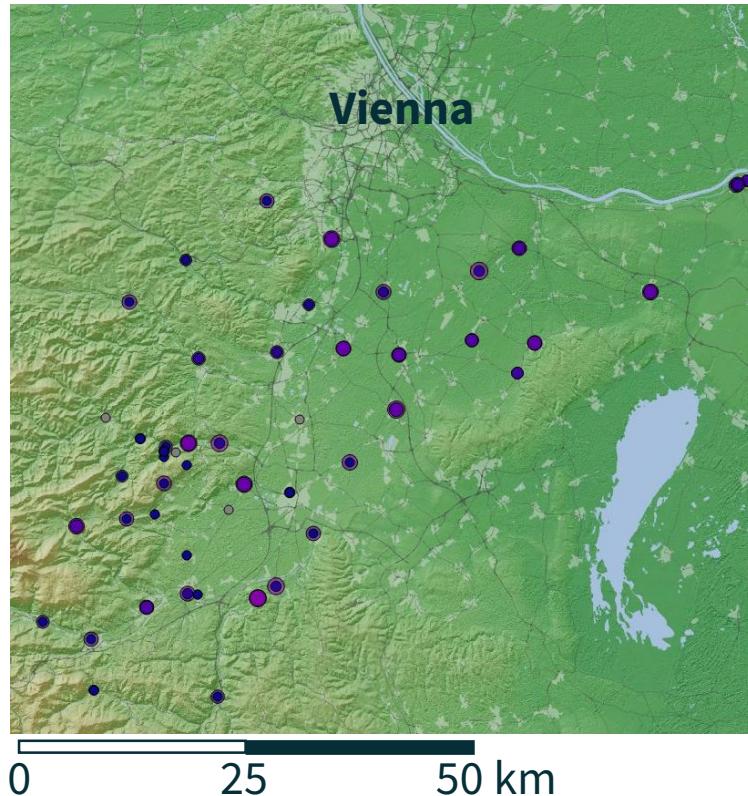
- Seismic station network in Austria  
~ 60 stations

■ Broadband station  
○ Strong motion station



# Ground Motion Data

- Macroseismic sensor network
  - 51 stations
  - with low cost sensor
  - in Vienna basin



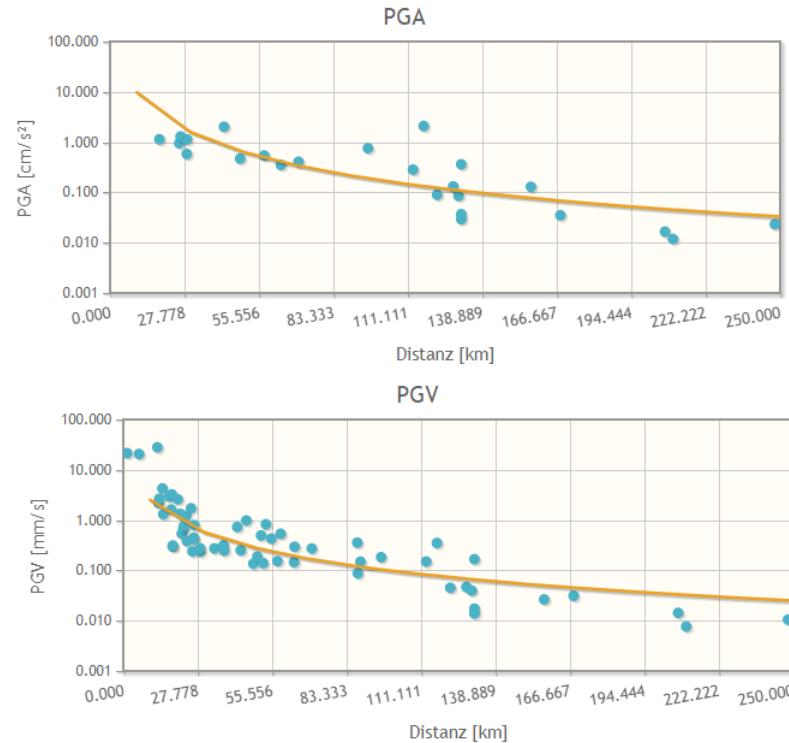
[www.macroseismicsensor.at](http://www.macroseismicsensor.at)

# Ground Motion Prediction Equation (GMPE)

- Local GMPE
  - Fits data best
  - Limited magnitude range
- Selection of GMPE
  - Openquake Hazardlib

GMPE Set:

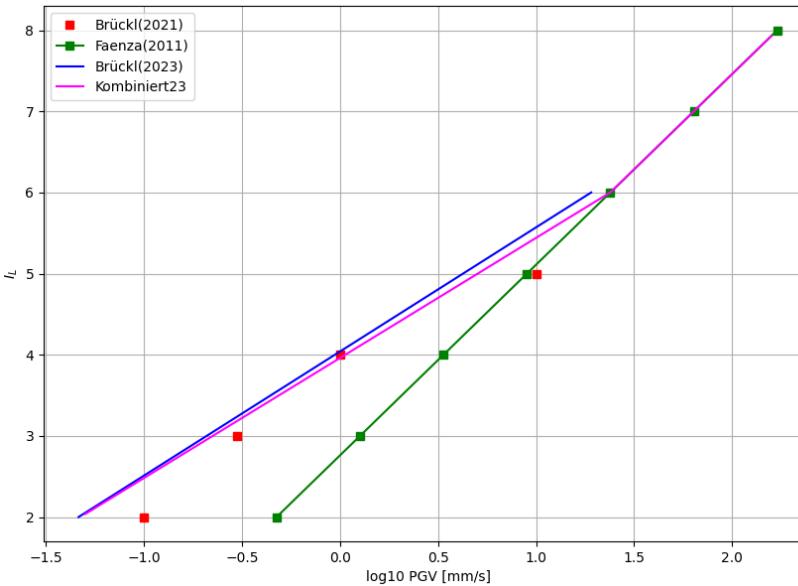
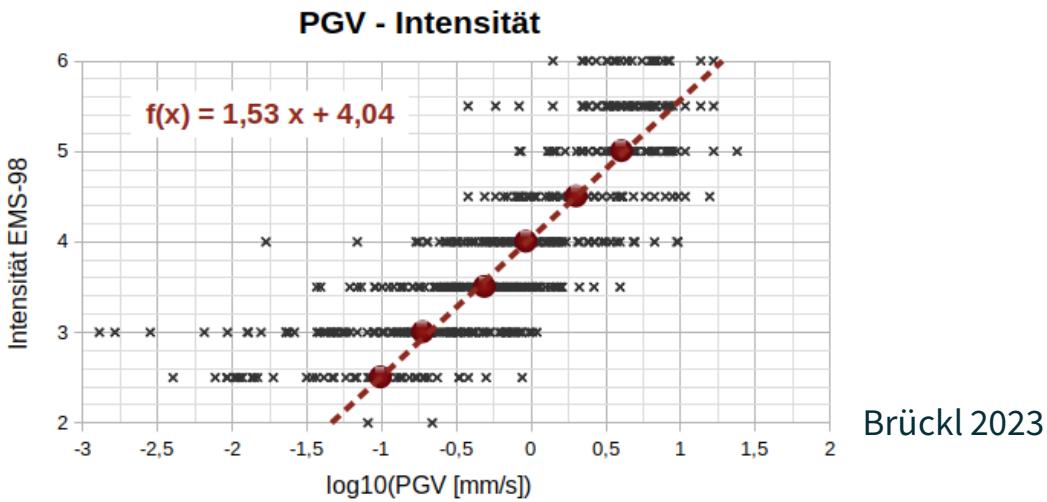
33% AkkarEtAlRjb2014  
33% CauzziEtAl2014  
33% Weginger2020



# Ground Motion Intensity Equation

- Brückl et al 2021 (extended Dataset 2023)
  - 786 local couples PGV – Intensity
  - II – V
- Faenza Michelini (2011)
  - VI and over

=> Combined relation



# Felt Report

- Collection from population
  - Webpage
  - QuakeWatch app
- Manual evaluation
  - Too late for ShakeMap
  - Final results
- Automatic evaluation
  - ShakeMap
  - Initial assessment

**Ihre Erdbebenmeldung**

Mit diesem Fragebogen werden die Auswirkungen von Erdbeben auf Mensch, Objekte, Bauwerke und Natur erfasst. Wir bitten Sie, ihre persönlichen Wahrnehmungen mittels der Beantwortung von 17 kurzen Fragen zu dokumentieren. Der Zeitaufwand beträgt wenige Minuten. Ihre Informationen dienen wissenschaftlichen Zwecken und in der Folge dem Österreichischen Bevölkerungsschutz. Alle Angaben werden vertraulich behandelt.

Danke für Ihre Mithilfe!

Ort und Uhrzeit	Wahrnehmungen	Gegenstände	Gebäudeschäden	Ihr Kommentar
13. Ruttelte oder schaukelte das Zimmer/Gebäude?				
<input type="radio"/> Nein <input type="radio"/> Schwach <input type="radio"/> Deutlich <input type="radio"/> Stark				
14. Hatte das Beben Auswirkungen auf Gegenstände?				
nein leicht deutlich stark				
<input type="radio"/> Lampe pendelte <input type="radio"/> Bildschirm (TV, PC, etc.) wackelte <input type="radio"/> Wandbilder rüttelten <input type="radio"/> Flüssigkeit in Gläsern bewegte sich <input type="radio"/> Gläser / Geschirr klimpten				
<input type="radio"/> Kleine Gegenstände / Wandbilder wurden verschoben <input type="radio"/> Kleine, wenig standfeste Gegenstände fielen um <input type="radio"/> Standfeste Gegenstände fielen um <input type="radio"/> Gläser / Geschirr zerbrach <input type="radio"/> Wandbilder fielen von der Wand <input type="radio"/> Bücher / Gegenstände fielen aus Regalen				
15. Hatte das Beben Auswirkungen auf Möbel?				
nein leicht deutlich stark				
<input type="radio"/> Leichte Möbel (Sessel, kl.Tisch, etc.) rüttelten <input type="radio"/> Schwere Möbel (Sofa, Kästen, etc.) rüttelten <input type="radio"/> Möbel fielen um <input type="radio"/> Fenster / Türen gingen auf oder zu				

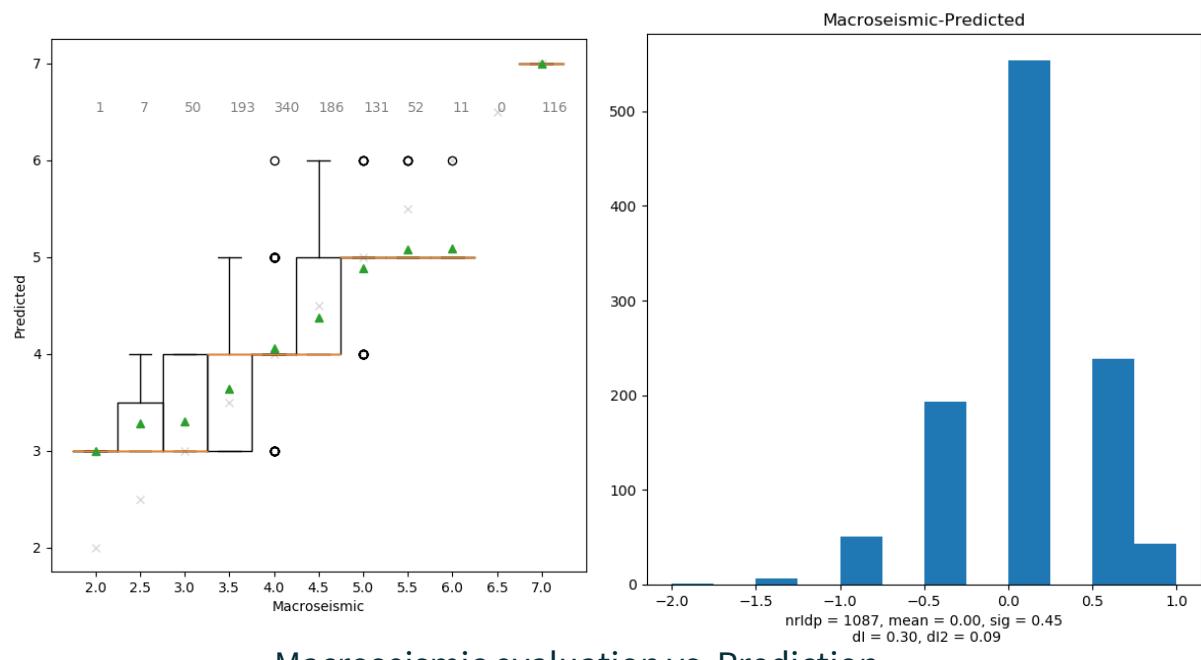
Bitte wählen Sie abschließend das Bild aus, das Ihre Wahrnehmungen am besten beschreibt:

Schwach erschütterungen. Ruhende Personen merken ein leichtes Zittern oder Schwanken. Lampen pendeln schwach.	Deutlich zu spüren. Einige Schläfrige erwachen. Rütteln von Möbeln, Türen und Fensterläden. Gläser und Geschirr klimpern.	Erschreckend. Viele Schlafende erwachen. Starkes Rütteln des Gebäudes. Raumes, der Möbel. Kleine Gegenstände werden verschoben oder fallen vereinzelt um. Möglich sind Haarsrisse im Verputz.
<input type="radio"/> Trifft am ehesten zu	<input type="radio"/> Trifft am ehesten zu	<input type="radio"/> Trifft am ehesten zu

Viele erschrecken und flüchten ins Freie. Möbel werden verschoben, einige Gegenstände fallen um. Mögliche Risse in Wänden, Abläufen von Verputzdecken und leichte Schäden an Rauchfangen.	Die meisten haben Angst und Reihenweise Möbel werden verschoben, einige Gegenstände fallen um. Mögliche Risse in Wänden, Abläufen von Verputzdecken und leichte Schäden an Rauchfangen.	Panik. Viele verlieren das Gleichgewicht. Schreien. Gegenstände fallen. Möbel, fallen um. Sogar Mauerschäden und strukturelle Schäden an Gebäuden. Einige Gebäude in schlechtem Zustand stürzen ein.
<input type="radio"/> Trifft am ehesten zu	<input type="radio"/> Trifft am ehesten zu	<input type="radio"/> Trifft am ehesten zu

# Felt Report - Automatic evaluation

- Picture selection
    - 75% percentile
    - pseudoEMS
    - no longer in use
  - Intassign - R. Musson 2006
    - adjusted Python script
    - in use
  - Sklearn.neural\_network.MLPClassifier
    - LEARN INPUT:
      - 145000 felt reports (2004-2023)
      - All questions and answer possibilities => 0,1
      - Manual macroseismic solution
    - PREDICT:
      - Event felt reports

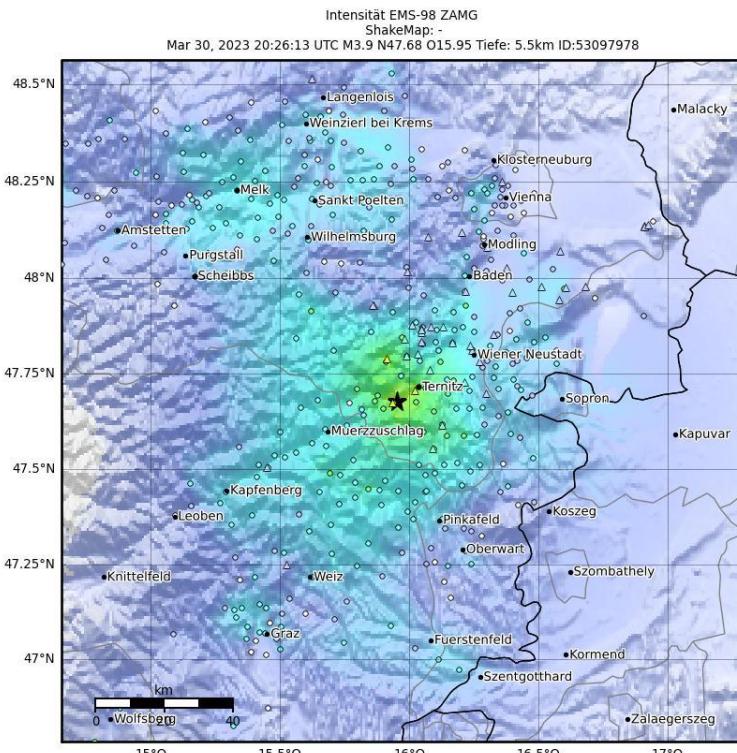
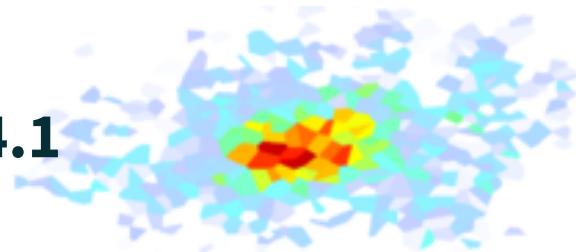


Best results, but no learning set for intensity over VI

# ShakeMap

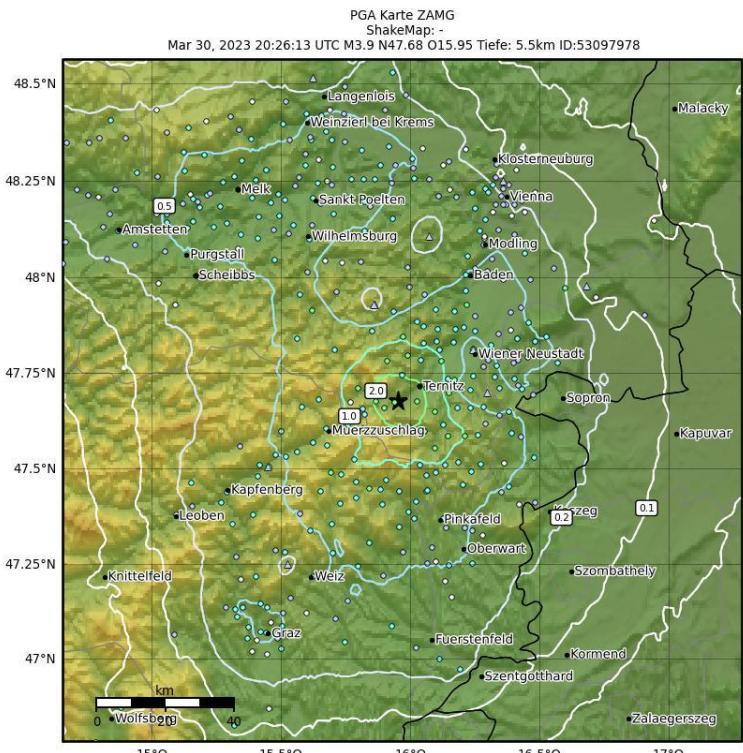
## USGS ShakeMap V4.1

- Input data
  - Event data
  - Ground motion data
  - Felt reports
  - GMPEs
  - $V_{S30}$  – Site Effect
- Trigger
  - Automatic detection (Antelope)
  - Reviewed update
- Output
  - Images
  - Webpage
  - Geojson



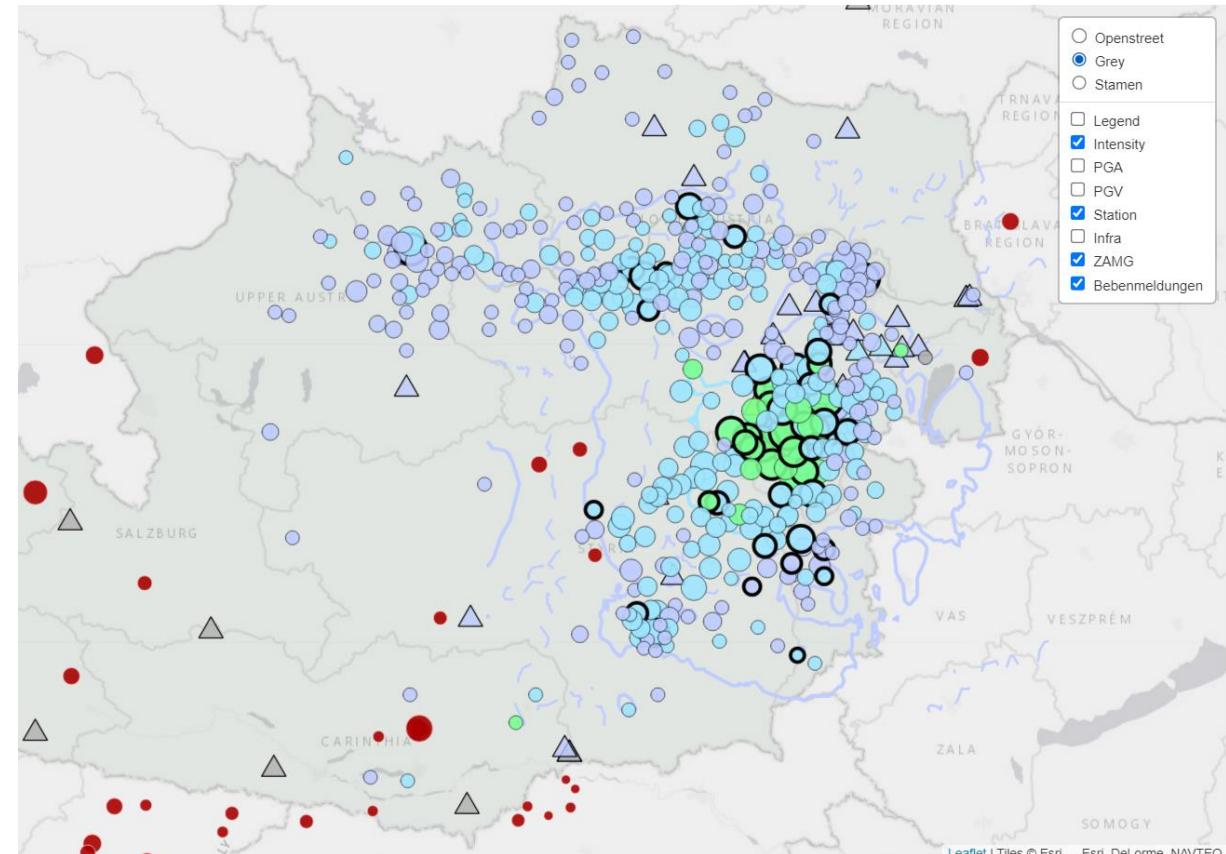
Skalierung: Faenza und Michelini (2010, 2011)  
△ Seismische Station ○ Gemeldete Intensität  
★ Epizentrum

Version 1: Berechnet 2023-04-04T12:51:47Z



# ShakeMap Webpage

- ShakeMap
  - Intensity
  - PGA
  - PGV
- Felt reports
- Ground motion data
- Recent seismicity
- Critical infrastructure



M<sub>L</sub> 4.2

2023-03-30

I<sub>0</sub> V-VI

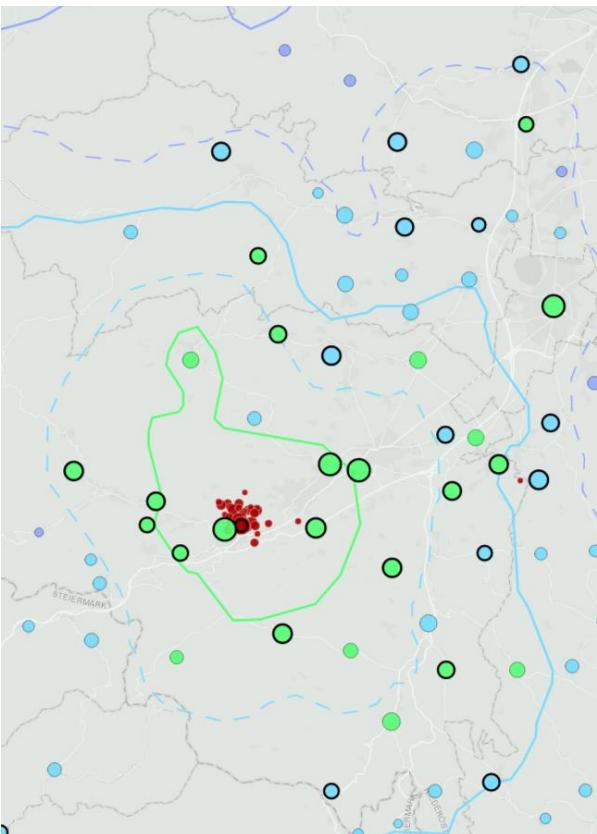
> 3000 felt reports

FUHLBAR	nicht	schwach	deutlich	kräftig	stark	sehr stark	heftig	extrem
SCHADEN								
PGA(%g)	<0.056	0.21	0.81	kaum	leicht	moderat	mod./schwer	schwer
PGV(cm/s)	<0.018	0.077	0.34	0.9	2.4	6.4	17	45
INTENSITÄT	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX

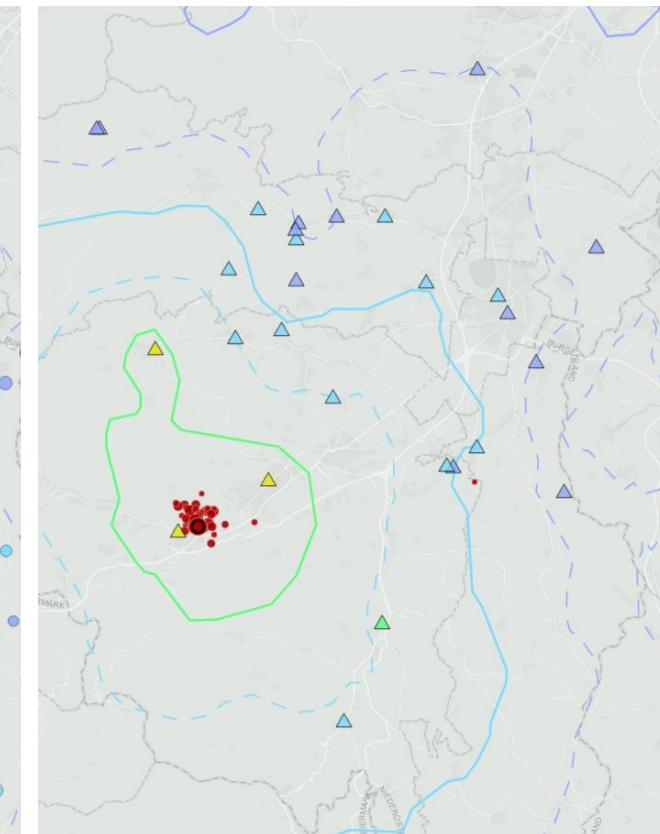
# ShakeMap Webpage

- ShakeMap
  - Intensity
  - PGA
  - PGV
- Felt reports
- Ground motion data
- Recent seismicity
- Critical infrastructure

Felt reports



Ground motion data



$M_L$  4.2  
2023-03-30  
 $I_0$  V-VI  
> 3000 felt reports

FUHLBAR	nicht	schwach	deutlich	kräftig	stark	sehr stark	heftig	extrem
SCHADEN	-	-	-	-	-	-	-	-
PGA(%g)	<0.056	0.21	0.81	2	4.8	12	29	70
PGV(cm/s)	<0.018	0.077	0.34	0.9	2.4	6.4	17	45
INTENSITÄT	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX

# Info Page

- Event overview
  - Basic information
  - Written description
  - Seismogram
- ShakeMap
- Felt reports
  - Overview
  - Detail

Enzenreith, Gloggnitz			
Kategorie	Untergruppe	Gesamt	pEMS
Stärke	nicht verspürt	1	0%
	sehr schwach	6	3%
	schwach	3	1%
	stark	84	40%
	deutlich	40	19%
Erschütterung	sehr stark	42	20%
	Zittern	52	25%
	Ruck	38	18%
	Stöße	64	31%
Reaktion	Schwanken	19	9%
	nicht beunruhigt	12	6%
	beunruhigt	34	16%
	erschrocken	110	53%
	Angst	31	15%
Schäden	Panik	7	3%
	Es war ein totaler Lärm als würde ein LKW mit aufheulendem Motor in die Hauswand fahren. Risse im Decken- und Wandbereich, kleine herabgefallene Teile Das Erdbeben, sowie das Nachbeben ca. 1h später, waren deutlich zu spüren. Das Beben verursachte Risse in der Decke von mind. 3 Zimmern des Wohnbereichs. Schäden durch tiefe Risse in einem Raum im Erdgeschoss und ein Riss um Obergeschoss. Ich habe gestern schon einen Erdbebenbericht gesendet allerdings habe ich die Schäden erst heute bemerkt. Das Erdbeben dauerte ca 5 Sekunden und 3 bis 4 Stöße wobei ein Stoß sehr heftig war. Fast alle Wände und Decken haben Schäden im Erdgeschoss und stärker im 1 Stock. Speziell entlang des Kamins. Diesmal mehr und stärker als vor 2 Jahren.		
stark verspürt	plötzliches, sehr stark wahrnehmbares Erschüttern und Rütteln im Haus Sehr starkes und äußerst unangenehmes Rütteln. Lange ca. 5 Sekunden		

## Erdbeben in Gloggnitz, Niederösterreich Erdbebenmeldung

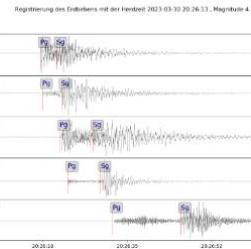
Zeit: 2023-03-30 22:26:13  
 Magnitude: 4.2  
 Herdtiefe: 5 km  
 Epizentrum: 15.9035 / 47.6782  
 Quelle: ZAMG:seismomlmb

Der Österreichische Erdbebendienst (GeoSphere Austria) meldet:

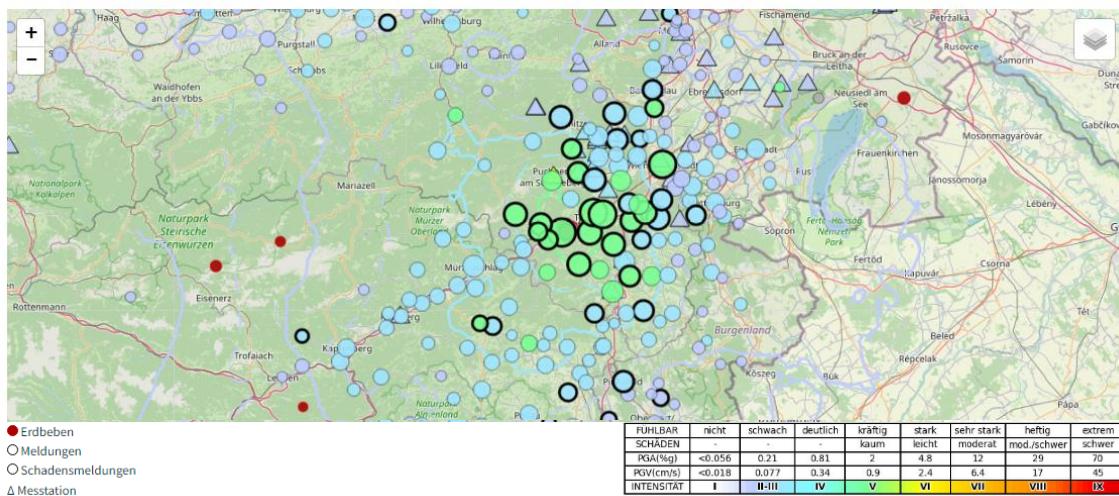
Am Donnerstag, den 30. März 2023 ereignete sich um 22:26 Uhr im Raum Gloggnitz, Niederösterreich ein Erdbeben der Magnitude 4.2. Das Beben wurde in weiten Teilen Ostösterreichs von der Bevölkerung deutlich verspürt.  
 Es sind im Bereich des Epizentrums leichte Gebäudeschäden möglich.

Verfasserin: Mag. Franziska Mayrhofer/Seismologin

## Seismogramm



## Auswirkungen



## Meldungen der Bevölkerung

Plz	Ort	pEMS	Anzahl Meldungen	Schadensmeldungen
2640	Gloggnitz	V	209	24
2620	Neunkirchen, Niederösterreich	V	181	9
2700	Wiener Neustadt	V	162	3
2630	Ternitz	V	161	13
2632	Wimpassing im Schwarzatale	V	59	9
2880	Kirchberg am Wechsel	V	44	5
2651	Reichenau an der Rax	V	42	1
2831	Warth, Niederösterreich	V	41	2
2823	Pitten	V	40	3

# Info Page

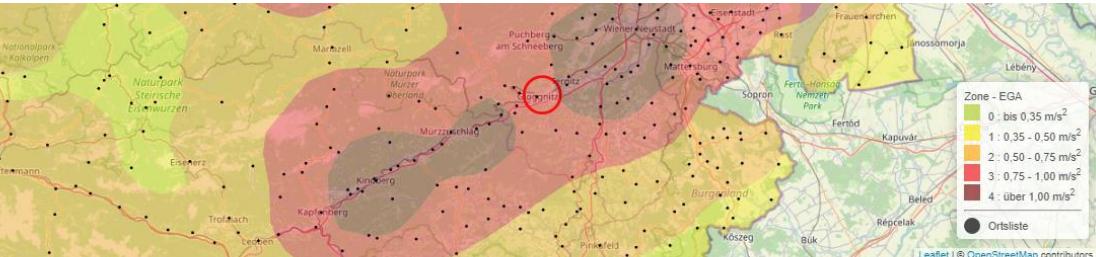
- Seismic hazard map
- Seismic description of the region
- Statistics
  - Strongest events
  - Felt event in the last year

2823	Pitten	V	40	3
2870	Aspang	V	32	0

Previous [1](#) [2](#) [3](#) [4](#) [5](#) ... [45](#) Next

## Erdbebenbemessungswerte für Österreich

Die folgenden Bemessungswerte dienen der erdbebensicheren Bauweise in Österreich.  
 $a_{BR}$  entsprechend der NORM EN 1998-1 (2011).



Ort	PLZ	Zone	$a_{BR}$ [m/s <sup>2</sup> ]
Gloggnitz	2640	3	0.95

Search: 2640

Previous [1](#) Next

## Erdbebengefahr in Niederösterreich

In Niederösterreich werden im Durchschnitt neun Erdbeben pro Jahr wahrgenommen. Erdbeben, die bereits zu leichten Schäden führen, ereignen sich etwa alle neun Jahre. Stärkere Erdbeben, die vereinzelt zu stärkeren Gebäudeschäden führen, finden alle 30-40 Jahre statt und noch stärkere im Abstand von mehr als 100 Jahren. Das letzte dieser Kategorie, das eine Intensität vom Grad 8 EMS-98 und eine Magnitude von 5,2 aufwies, fand am 8. Oktober 1927 in Schwadorf statt.

Die zwei bekanntesten Erdbeben der letzten 50 Jahre waren jene am 16. April 1972 in Seebenstein und am 11. Juli 2000 in Ebreichsdorf.

Das wohl stärkste Erdbeben in historischer Zeit ereignete sich am 15. September 1590 in Ried am Riederberg. Es führte zu großen Schäden im Tullnerfeld und in der heutigen Bundeshauptstadt (siehe Wien). Der Großteil dieser Erdbeben ist auf einen Bruch in der Erdkruste unter dem Wiener Becken zurückzuführen, der sich von Seebenstein bis nach Schwadorf und darüber hinaus bis in die Slowakei erstreckt. Entlang dieser Bruchlinie liegen Wiener Neustadt (1712, 1768, 1841) und Ebreichsdorf (1938, 2000), die immer wieder Epizentren von Erdbeben sind. Diese horizontale Verschiebung trägt zu einer Ausweitung des Wiener Beckens bei, die bis heute andauert und auch zu einer Absenkung führt, die geodätisch nachweisbar ist. Eine Ausnahme stellen die vereinzelten Erdbeben am Rande des Tullner Beckens dar, die mit einer keilförmigen Aufschüttung der Kalkalpen über die Böhmischa Masse erklärt werden kann.

Die Erdbeben in Niederösterreich ereignen sich in einer Tiefe zwischen 5 und 11 km.

Das Land Niederösterreich förderte ein langjähriges Projekt zur Erfassung historischer Erdbeben in Niederösterreich und hat zusammen mit dem BMWF die Errichtung des geophysikalischen Conrad Observatorys bei Muggendorf ermöglicht, wo umfassende Erdbeobachtungen durchgeführt werden.

## Stärkste Erdbeben

Δ 50 km

Zeit	Epizentrum	Magnitude	I0	Lat	Lon	Distanz
1768-02-27 02:45:00	Wiener Neustadt	5.0	7.0	47.8200	16.2400	27 km
1811-10-04 09:50:00	Krieglach	4.4	6.5	47.5500	15.5600	33 km
1830-06-08 08:10:00	Mährzzuschlag	4.4	6.5	47.6100	15.5700	23 km
1837-03-14 16:40:00	Muerzzuschlag	4.7	7.0	47.6100	15.5700	23 km
1885-09-22 01:00:00	Gloggnitz	4.2	6.5	47.6800	15.9400	1 km
1910-05-11 21:18:00	Ternitz	4.5	6.5	47.7400	15.9900	7 km
1926-07-06 08:39:00	Mährzzuschlag	4.4	6.5	47.6100	15.5700	23 km
1926-09-28 16:41:00	Ternitz	4.7	6.8	47.7200	16.0400	8 km
1927-07-25 21:35:00	Kindberg	5.1	7.0	47.5300	15.4900	38 km
1938-11-08 04:12:00	Ebreichsdorf	5.0	7.0	47.9600	16.4000	46 km

# Antelope Tools

- **rtextec.pf**

```
Processes &Tbl{  
    orbserver, orb2orb  
    TriggerProgram.py  
    orbxfer2 ... }
```

- **TriggerProgram.py**

```
pf=stock.pfreadd()  
myorb=orb.orbopen( pf['rtorb'] )  
pktid, srcname, pktime, pktbuf = myorb.reap()  
cpkt=Pkt.Packet(srcname, pktime, pktbuf)  
cdb=ds.Dbptr(cpkt.db)  
evid, prefor=cdb.getv('evid','prefor')
```

- **GroundMotionProgram.py**

```
tr=dbwf.trloadchan(t,t+dt,sta,cha)  
tr.trfilter('BW 0.2 5 50.0 5 ; DIF');  
tr.trdata()
```

- **Missing**

Documentation !

pieces of code in Python testscript

Waveform parametrization module

extended wfmeasure -> StationXML

e.g. Scwfparam (Seiscomp)

```
crontab &Arr{  
    UTC 2 2 * * *  
    UTC 5,20,35,50 * * * *  
    ... }  
  
TestProgram.py  
UpdateDidyoufeelit.py
```

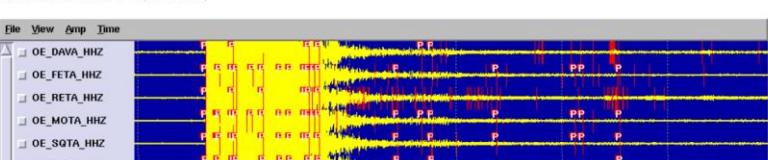
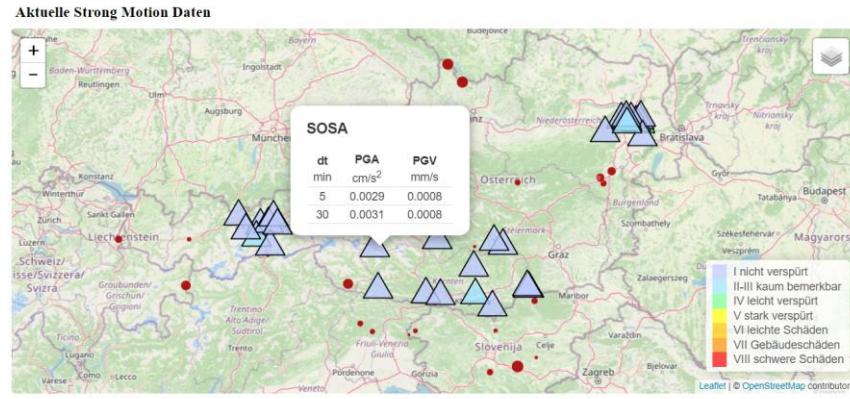
```
#forDevelop  
pktid, srcname, pktime, pktbuf = myorb.get(orb.ORBOLDEST)  
pktid, srcname, pktime, pktbuf = myorb.get(orb.ORBNEXT)
```

Openquake SMTK Lib  
PGA, PGV, response\_spectrum  
duration, arias intensity, cav, arms,

# Bighorn – Rapid Response

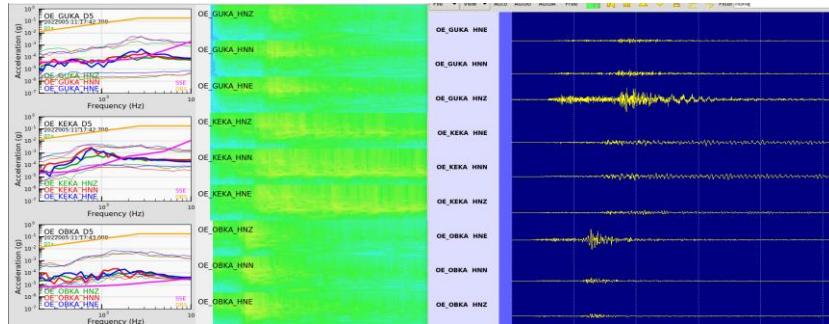
- Current status
  - PGA, PGV
  - last 5 and 30 minutes
- Threshold alarm
  - single station
  - 2 (of closest 3) station

## Current status



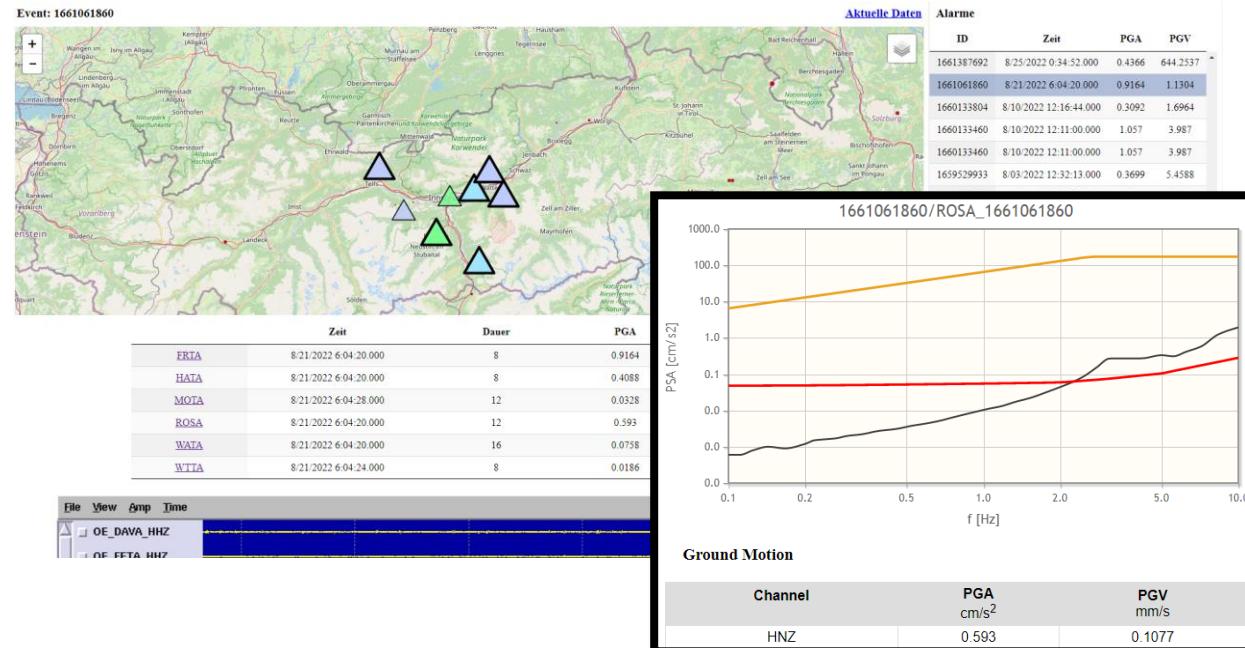
Alarme

ID	Zeit	PGA	PGV
1679417694	3/21/2023 16:54:54.000	0.1627	1.9389
1679406970	3/21/2023 13:56:10.000	0.4287	1.4987
1679400810	3/21/2023 12:13:30.000	0.2601	0.1028
1679057565	3/17/2023 12:52:45.600	0.0542	0.104
1678929270	3/16/2023 1:14:30.000	0.1344	0.0658
1678368334	3/09/2023 13:25:34.000	0.1839	0.1158
1678318345	3/08/2023 23:32:25.600	0.3566	0.0498
1678284801	3/08/2023 14:13:21.600	0.2919	0.0354
1677633397	3/01/2023 1:16:37.600	0.3415	0.088
1677114190	2/23/2023 1:03:10.000	0.0421	0.7221
1676540894	2/16/2023 9:48:14.000	0.5358	38.0052
1676540894	2/16/2023 9:48:14.000	0.5358	38.0052
1676380705	2/14/2023 13:18:25.600	0.2921	0.6214
1676301581	2/13/2023 15:19:41.600	0.0266	0.0576
1675679344	2/06/2023 10:29:04.000	1.0314	5.0347
1675679344	2/06/2023 10:29:04.000	1.0314	5.0347
1675646525	2/06/2023 1:22:05.000	0.482	3.5064
1675646525	2/06/2023 1:22:05.000	0.482	3.5064
1674884026	1/28/2023 5:33:46.000	0.0347	0.0171



Response spectrum and waveform

## Event details



# Magnitude 2,4 in Fulpmes, Tirol 2022

- 8:04:16 Origin time  
 8:04:18 P arrival at 1. station  
 8:04:20 single station alarm  
 8:04:25 2 (of closest 3) station alarm  
 8:05:21 Antelope automatik  
 8:05:27 ShakeMap - start  
 8:06 ShakeMap – webpage  
 4 x Update  
 8:32:20 Manual Review report  
 8:32:55 Civil protection page  
 8:34 Event on ZAMG-homepage



Datum:	21. August 2022
Herdzeit:	06:04:16 UTC (08:04 MESZ)
Magnitude:	2.4 (ml)
Herdtiefe:	7 km
Epizentrum:	47.16°N, 11.41°O (GoogleMaps)
Entfernung:	5 km O von Fulpmes 8 km NNW von Steinach

## Erdbebenmeldung

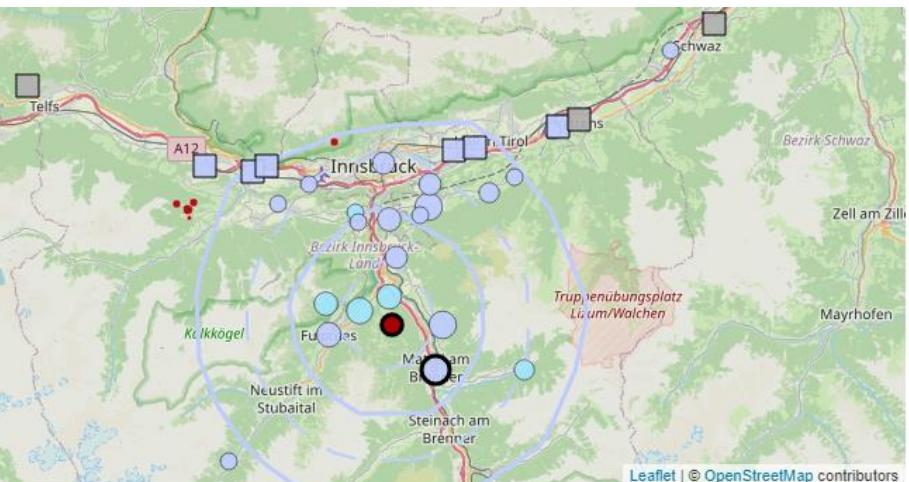
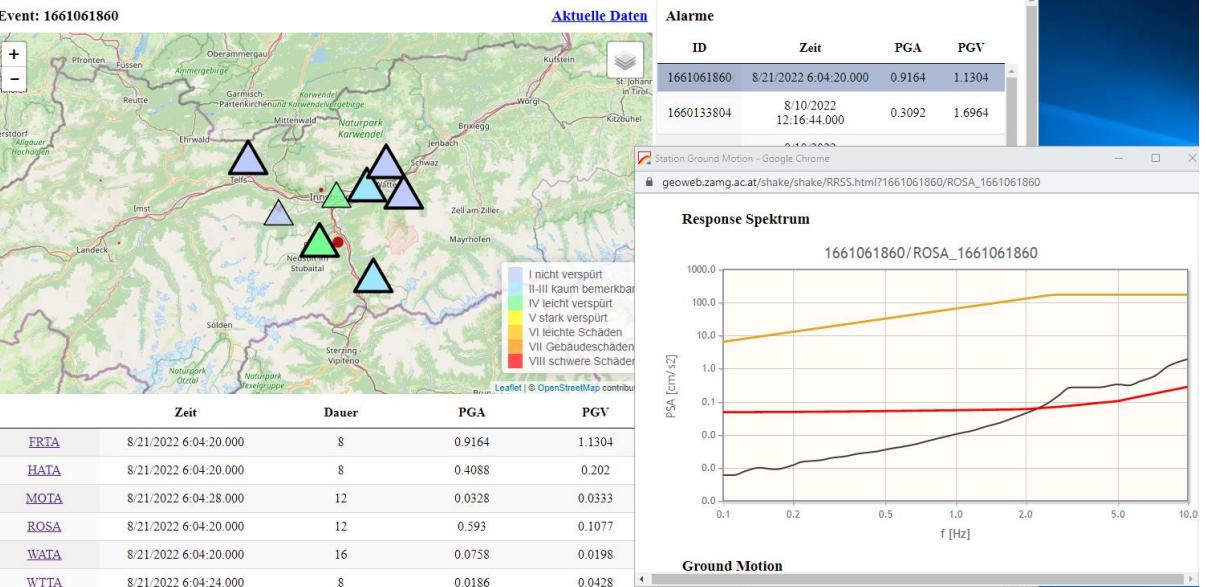
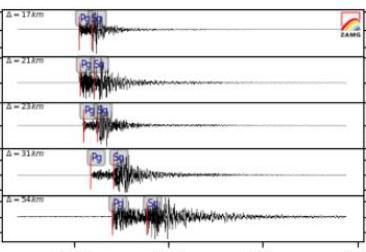
Der Erdbebendienst der ZAMG meldet:  
Am Sonntag, den 21. August 2022 ereignete sich um 08:04 Uhr MESZ östlich von Fulpmes, Tirol, ein Erdbeben der Magnitude 2.4. Es wurde von der Bevölkerung schwach bis deutlich verspürt. Die Erschütterungen waren auch in Innsbruck wahnehmbar. Schäden an Gebäuden sind keine bekannt und bei dieser Stärke nicht zu erwarten.

Verfasserin: Mag. Rita Meurers/Seismologin

## Berichten Sie uns über Ihre Erdbebenwahrnehmung

## Seismogramm

Registrierung des Erdbebens mit der Herdzeit 2022-08-21 06:04:16, Magnitude 2.4



FÜHLBAR	nicht	schwach	leicht	deutlich	stark	sehr stark	häufig	extrem
SCHÄDEN	-	-	-	kaum	leicht	moderat	mod./schwer	Schwer
PGA(%g)	<0.06	0.21	0.81	1.97	4.82	11.8	28.7	70.1
PGV(cm/s)	<0.02	0.08	0.34	0.9	2.39	6.37	17	45.2

**INTENSITÄT**

I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
---	--------	----	---	----	-----	------	----

| 16

# Antelope Tools

- **rtextec.pf**

```
Processes &Tbl{  
    orbserver, orb2orb, orbsmrsp, smrspalarm, orbpf2db,  
    orbwfproc, GroundMotion2WebRealtime.py  
    BighornAlarmTrigger.py}
```

```
crontab &Arr{  
    UTC 2 2 * * *  
    UTC 0 0 * * 0  
    UTC 1 2 * * *  
}  
  
TestScrip  
pkill -f "smrspalarm"  
truncate_log -r logs/* }
```

- **GroundMotion2WebRealtime.py**

orbwfproc - wffilter

    Filter waveform, INT DIF, Export

myorb.reap

    Collect waveform, calculate, update webpage

- **BighornAlarmTrigger.py**

```
pktid, srcname, pkttime, pktbuf = myorb.reap()  
cpkt = Pkt.Packet(srcname, pkttime, pktbuf)  
if /SMRSP (from orbsmrsp)  
    cpkt.pf['spectrum' | 'peak_accel' | 'peak_vel'] ...  
    Bugreport: wrong PGV from HH Channels in orbsmrsp  
if /ALARM (from smrspalarm)  
    cpkt.pf['pfstate'] = 'inprogress' | 'postalarm' | 'final'  
    cpkt.pf['spectrum' | 'channels']  
    -> Start Stop Event
```

- **Further**

AddToDB ( db.addv ), SendToOrb ( pkt.stuff(), orb.put() ), rtm ail



# THANK YOU

Stefan Weginger  
[stefan.weginger@geosphere.at](mailto:stefan.weginger@geosphere.at)