

Das Forschungsvorhaben **MAGS**

- **M**ikroseismische **A**ktivität **G**eothermischer **S**ysteme

Ziele:

- Messen und charakterisieren der an deutschen Geothermiestandorten aufgetretenen Seismizität.
- Abschätzung der seismischen Gefährdung
- Entwicklung von Strategien zur Vermeidung spürbarer Erdbeben
- Verbessertes Prozessverständnis zum Entstehen induzierter Erdbeben

Förderung:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



Koordination: **BGR**

Laufzeit: **Mai 2010 bis September 2013**

MAGS



Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe

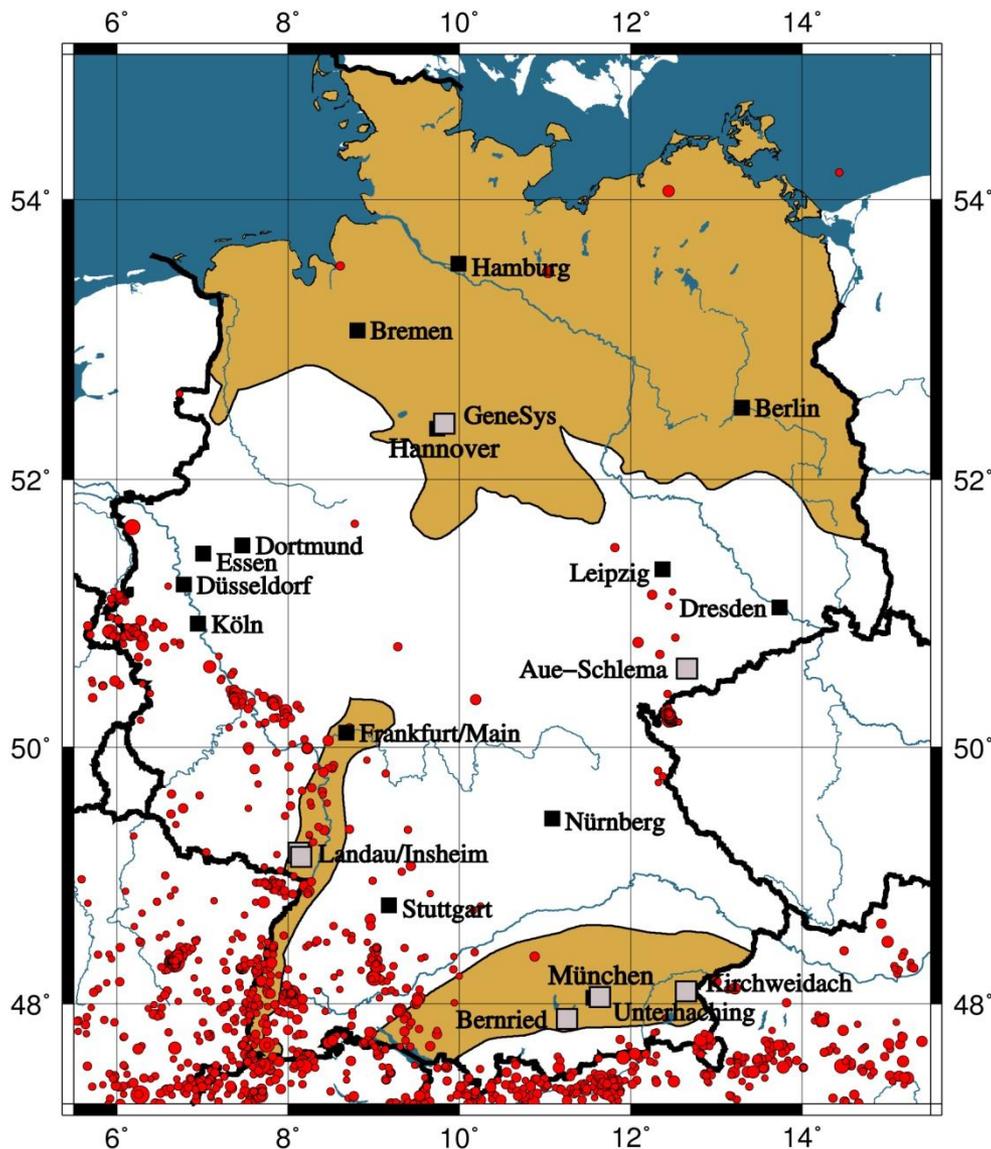
GEOZENTRUM HANNOVER

Projektpartner

 <p>KIT Karlsruher Institut für Technologie</p>	<p>Karlsruher Institut für Technologien J. Ritter, J. Groos</p>
 <p>LMU LUDWIG- MAXIMILIANS- UNIVERSITÄT MÜNCHEN</p>	<p>Ludwig-Maximilians-Universität München J. Wassermann, T. Megies</p>
 <p>BGR</p>	<p>Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe U. Wegler, C. Bönnemann, M. Bischoff, M. Vasterling T. Spies, J. Schlittenhardt, J. Kopera, W. Morales Avilés</p>
 <p>Freie Universität Berlin</p>	<p>Freie Universität Berlin S. Shapiro, C. Dinske, N. Hummel</p>
 <p>efzn Energie-Forschungszentrum Niedersachsen</p>  <p>TU Clausthal</p>	<p>Technische Universität Clausthal / Energie-Forschungszentrum Niedersachsen M. Hou, T. Kracke</p>
 <p>BERGAKADEMIE TECHNISCHE UNIVERSITÄT FREIBERG</p>	<p>Technische Universität Bergakademie Freiberg H. Konietzky, R. Mittag, H. Schütz</p>

Industriepartner

 <p>geox geothermische energie</p>	geo x GmbH Landau i.d. Pfalz
 <p>PFALZWERKE</p>	Pfalzwerke geofuture GmbH Insheim
 <p>BERNRIED ERDWÄRME</p>	Bernried Erwärme Kraftwerk GmbH Bernried
 <p>GEO ENERGIE BAYERN</p>	GeoEnergie Kirchweidach GmbH Kirchweidach
 <p>GEO THERMIE UNTERHACHING GmbH & Co KG</p>	Geothermie Unterhaching GmbH & Co KG Unterhaching
 <p>WISMUT</p>	Wismut GmbH Aue-Schlema

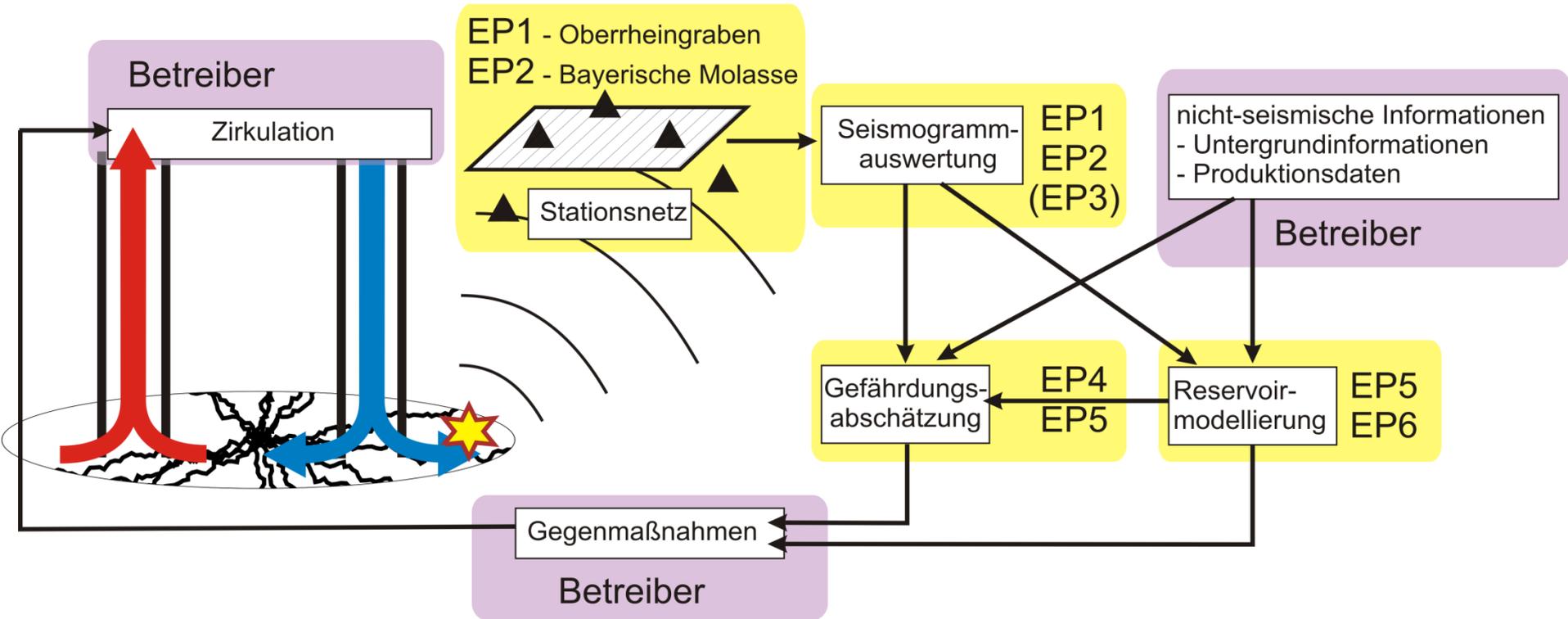


Gebiete für mögliche hydrogeothermale Nutzung (Schulz et al., 2007)

- **Oberrheingraben**
Landau, Insheim
- **Molasse**
Bernried, Unterhaching,
Kirchweidach
- **Norddeutsches Becken**
GeneSys
- **Kristallin**
Aue-Schlema

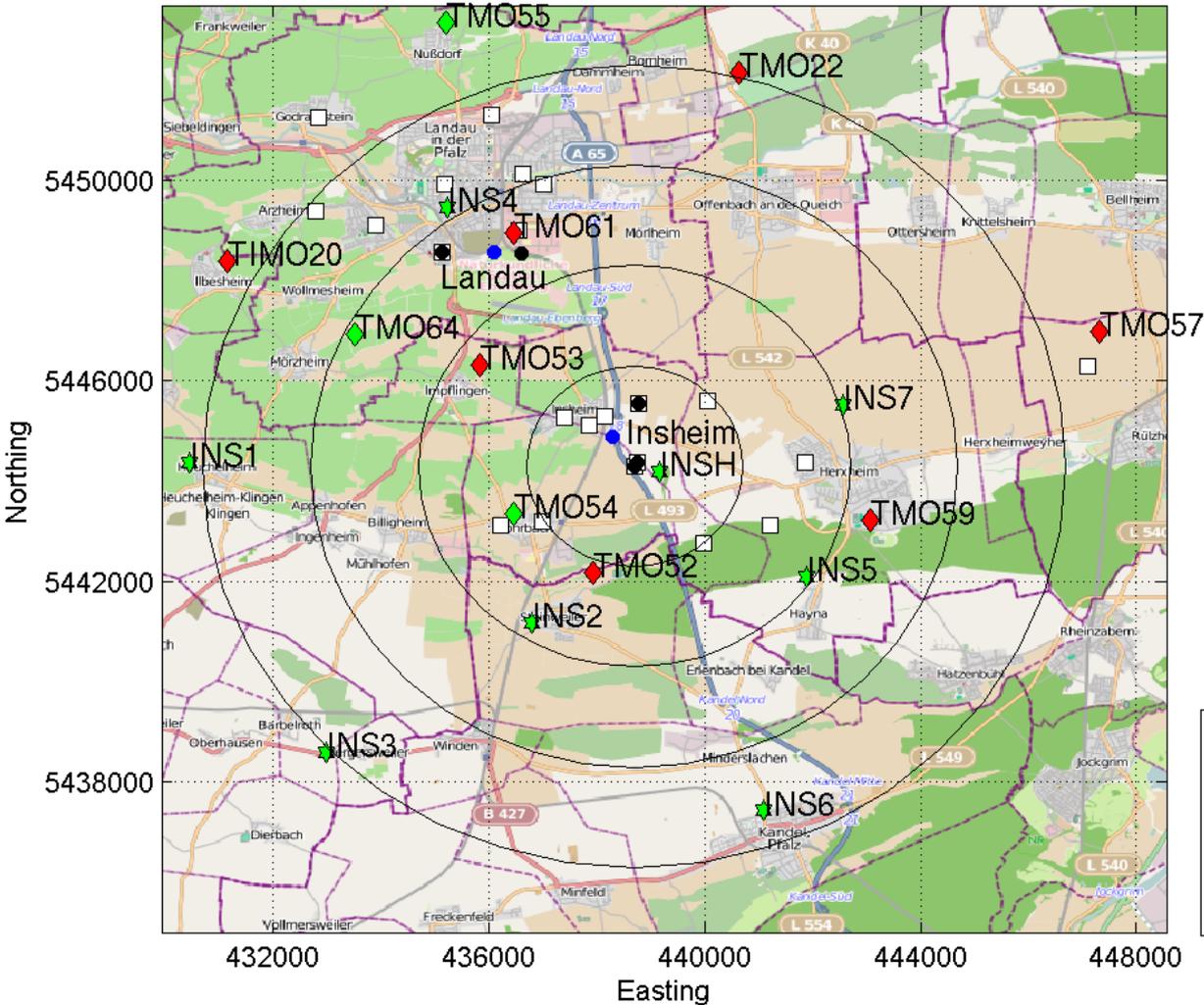
(Quellen: Schulz et al.,
BGR-Erdbebenkatalog)

Kontrollierte Zirkulation



Seismisches Monitoring an 7 Standorten in Deutschland

z.B. Südpfalz



(Quellen:
KIT, BESTEC, BGR)

- Industrie
- ◆ KIT online
- ◆ KIT nicht online
- ★ BGR online
- Ansatzpunkte
- Landepunkte

Korrelationsdetektor

Ähnlichkeitsfunktion

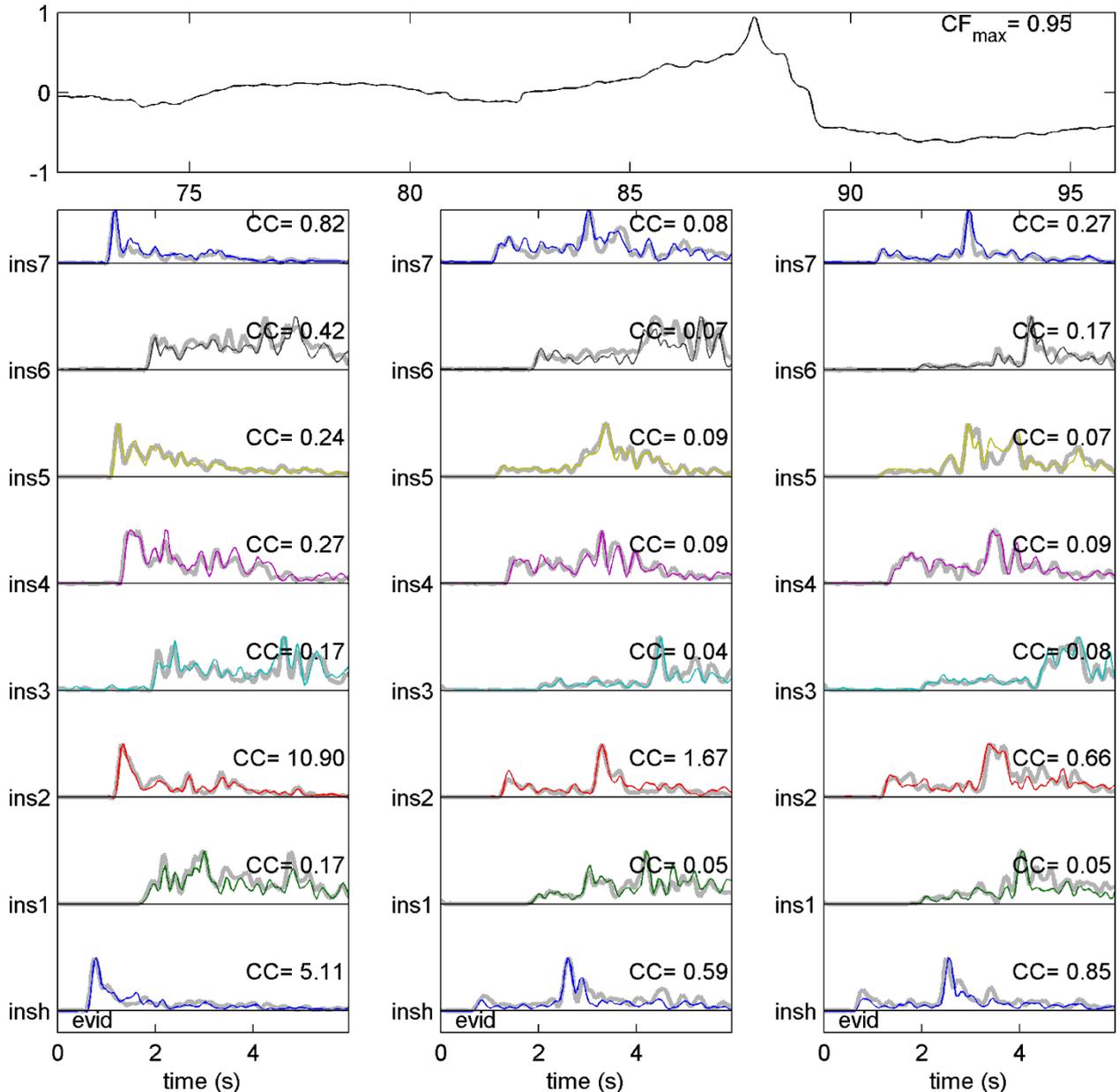
Vergleich Einhüllende
Masterevents (grau)
und aktuelles
Zeitfenster (bunt)

Master

17.02.2013, M_L 2,0
detektiertes Event

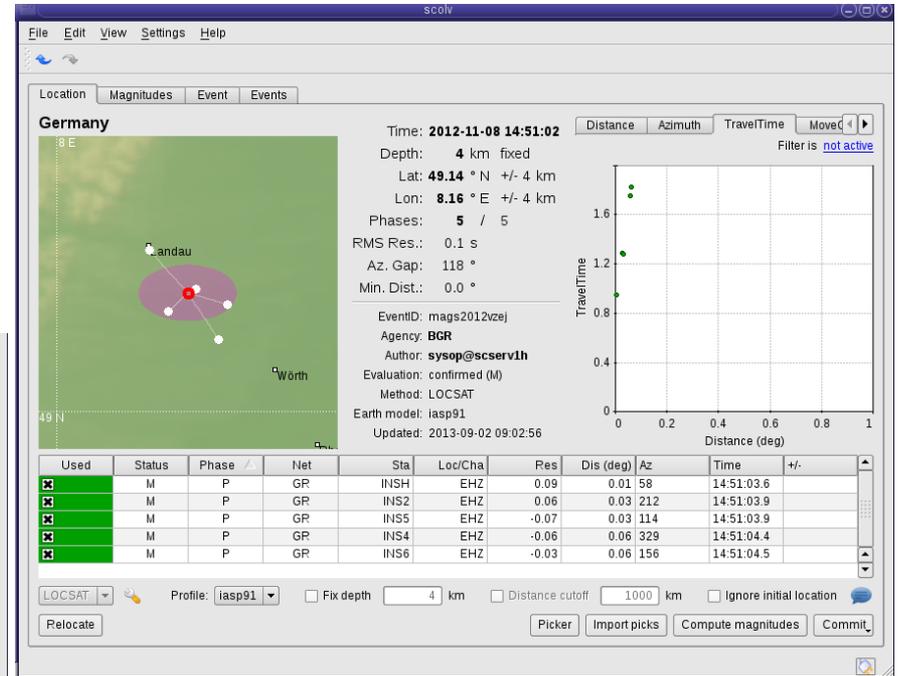
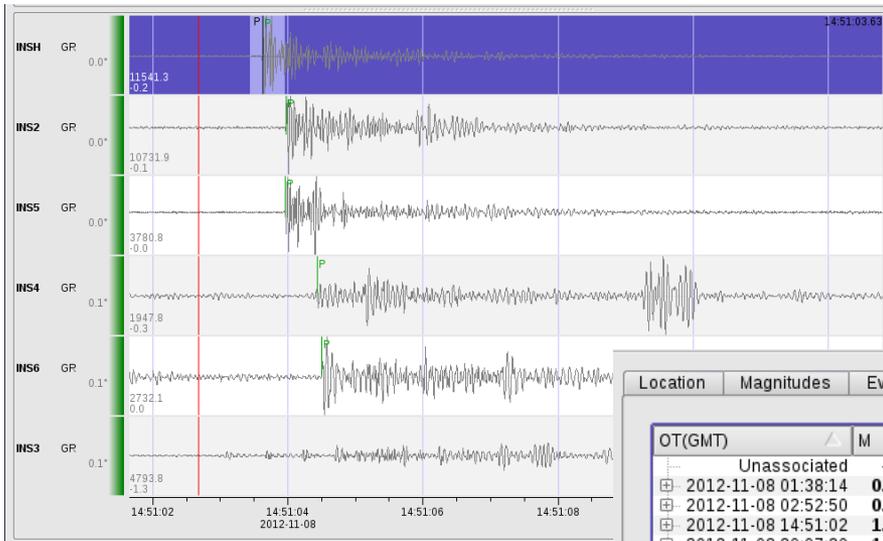
26.01.2013, M_L 1,8

(Quelle: BGR, 4.3)



Implementation in SeisComP3

- (Mobile) Echtzeit-Stationen
- Echtzeit-Detektor basierend auf Wellenformähnlichkeit

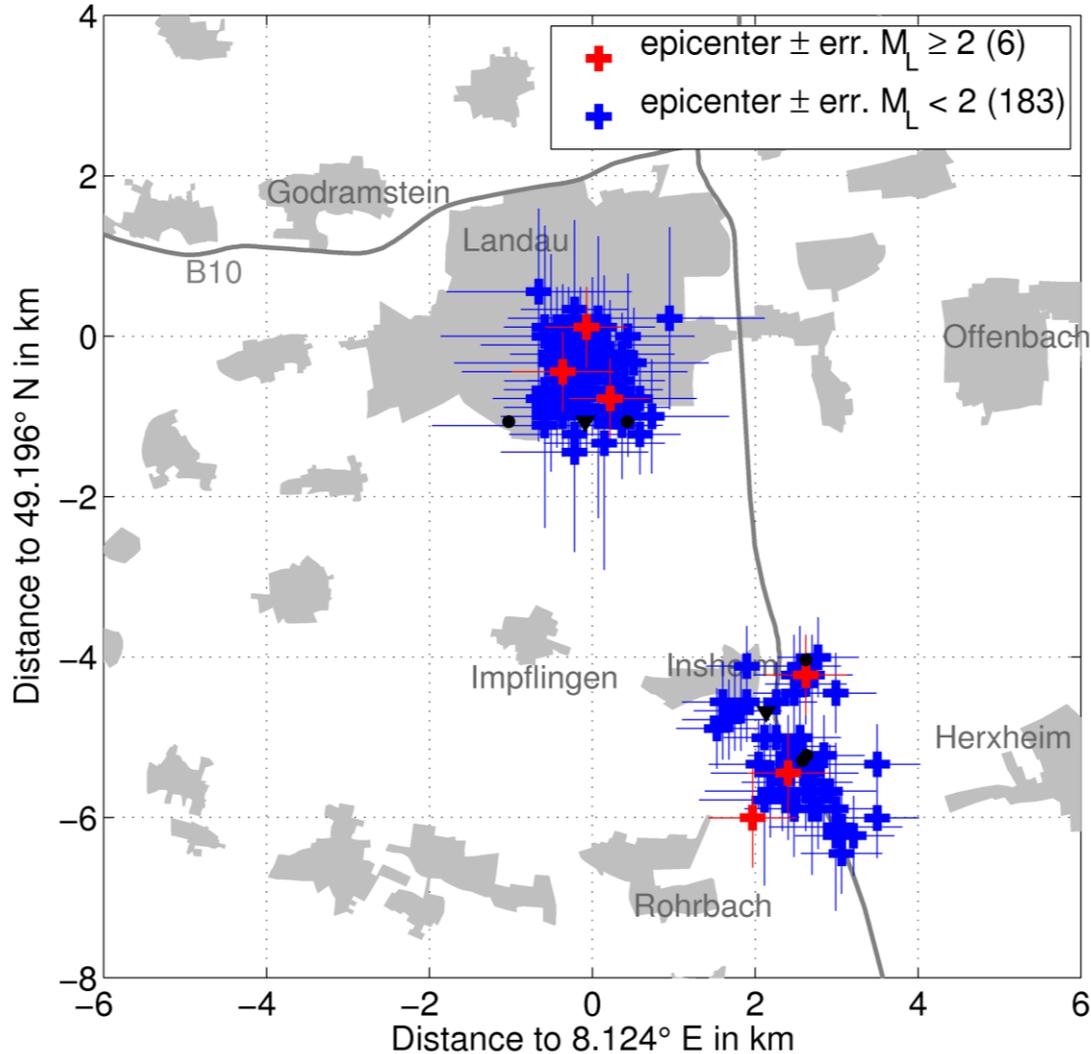


OT(GMT)	M	TP	Phases	Lat	Lon	Depth	Stat	Agency	Region	ID
Unassociated										
2012-11-08 01:38:14	0.1	MAGS	11	49.16 N	8.15 E	5 km	A	BGR	Germany	mags2012vyef
2012-11-08 02:52:50	0.6	MAGS	15	49.16 N	8.15 E	5 km	A	BGR	Germany	mags2012vygr
2012-11-08 14:51:02	1.3	MAGS	18	49.16 N	8.15 E	5 km	A	BGR	Germany	mags2012vzej
2012-11-08 20:07:20	1.5	MAGS	16	49.16 N	8.15 E	5 km	A	BGR	Germany	mags2012vzou
2012-11-08 20:12:44	0.7	MAGS	17	49.16 N	8.15 E	5 km	A	BGR	Germany	mags2012vzoz

→ Detektion → Zeit → Magnitude → Ort (über Masterevent)

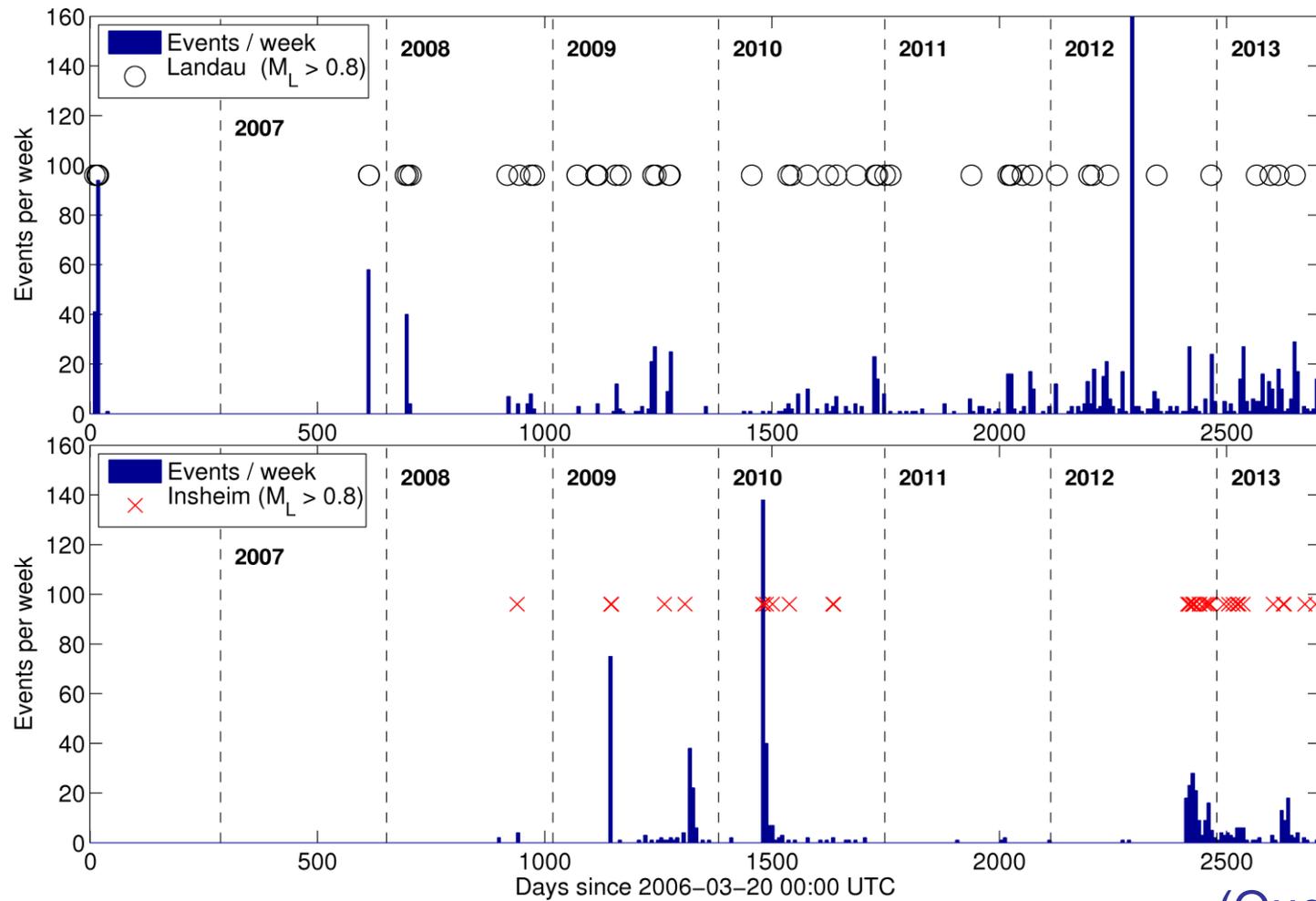
(Quelle: BGR, 4.3)

Mikroseismizität in der Südpfalz



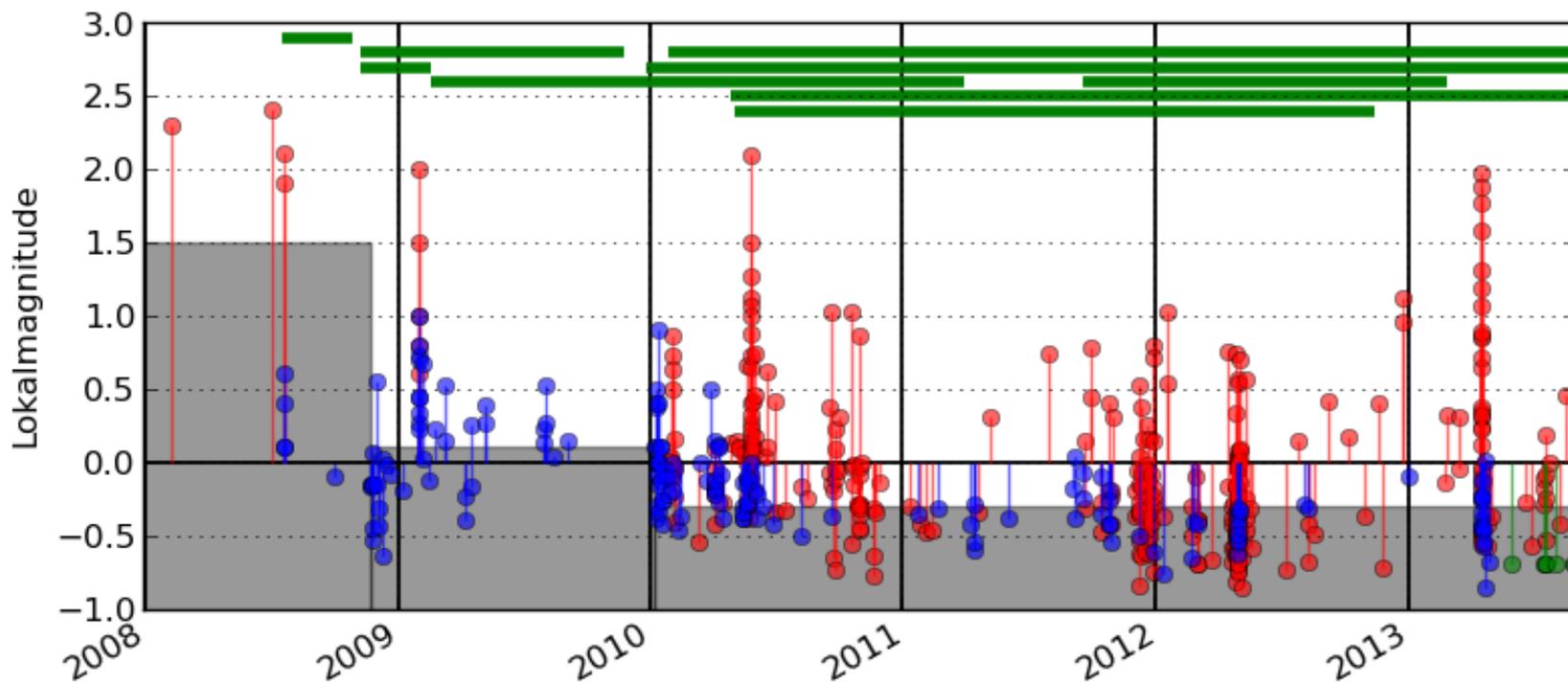
(Quelle: KIT)

Mikroseismizität in der Südpfalz



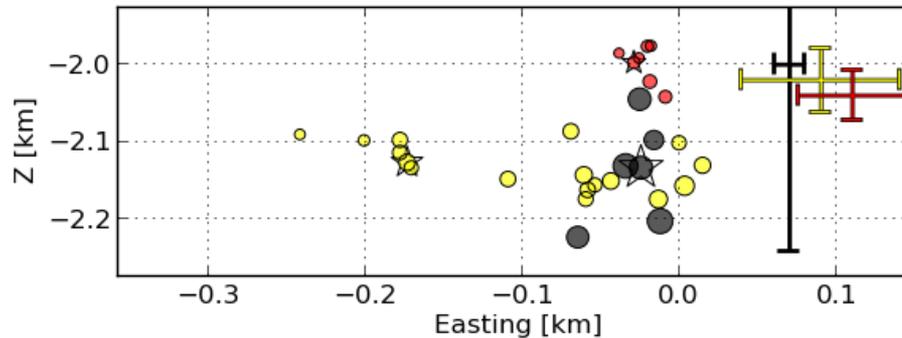
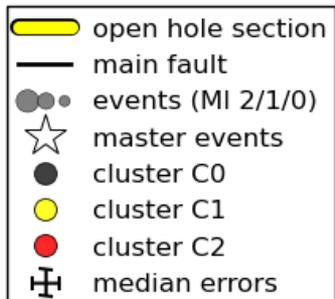
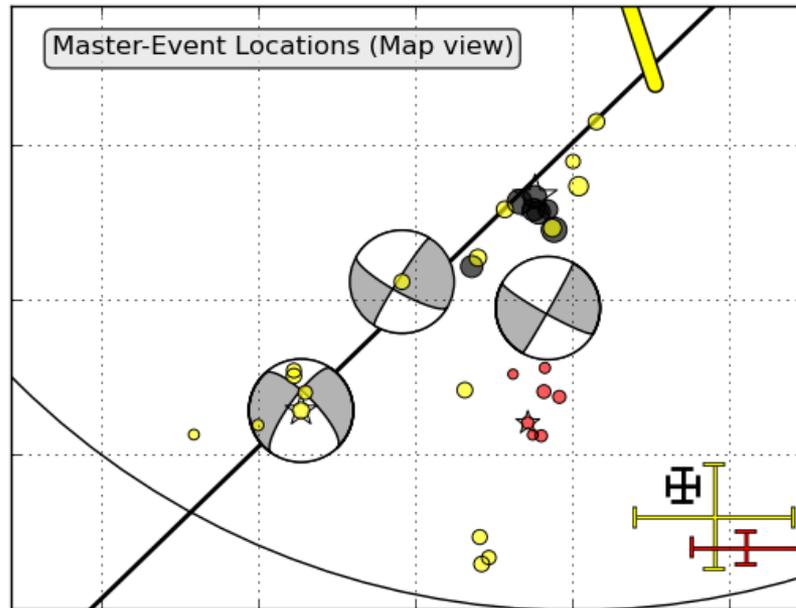
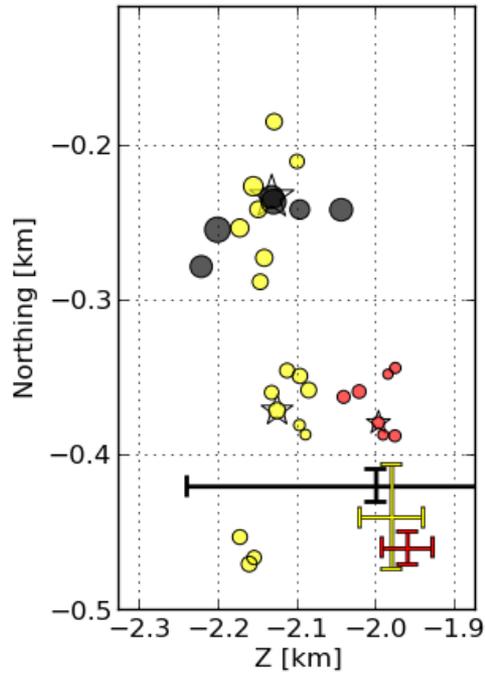
(Quelle: KIT)

Mikroseismizität bei Unterhaching



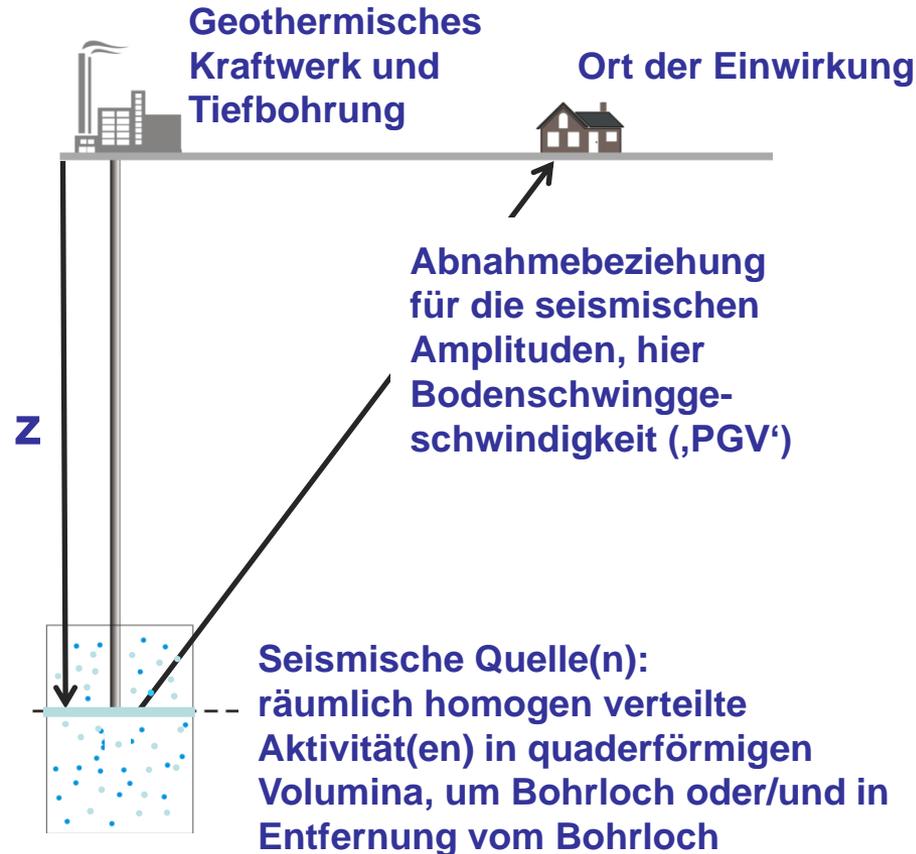
(Quelle: LMU)

Lokalisierungen Unterhaching



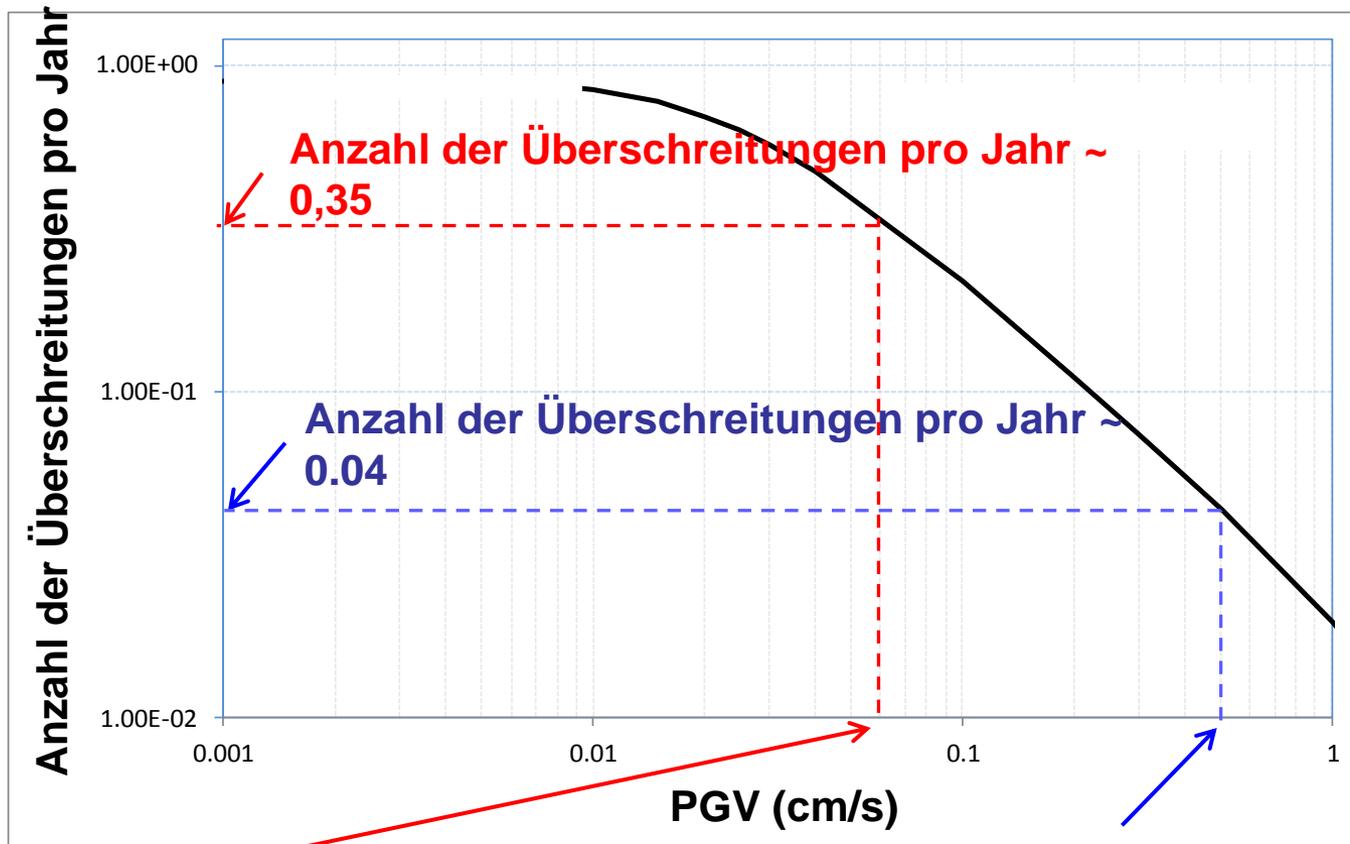
(Quelle: LMU)

Probabilistische seismische Gefährdungsanalyse für induzierte Seismizität bei tiefer Geothermie



(Quelle: BGR, 4.4)

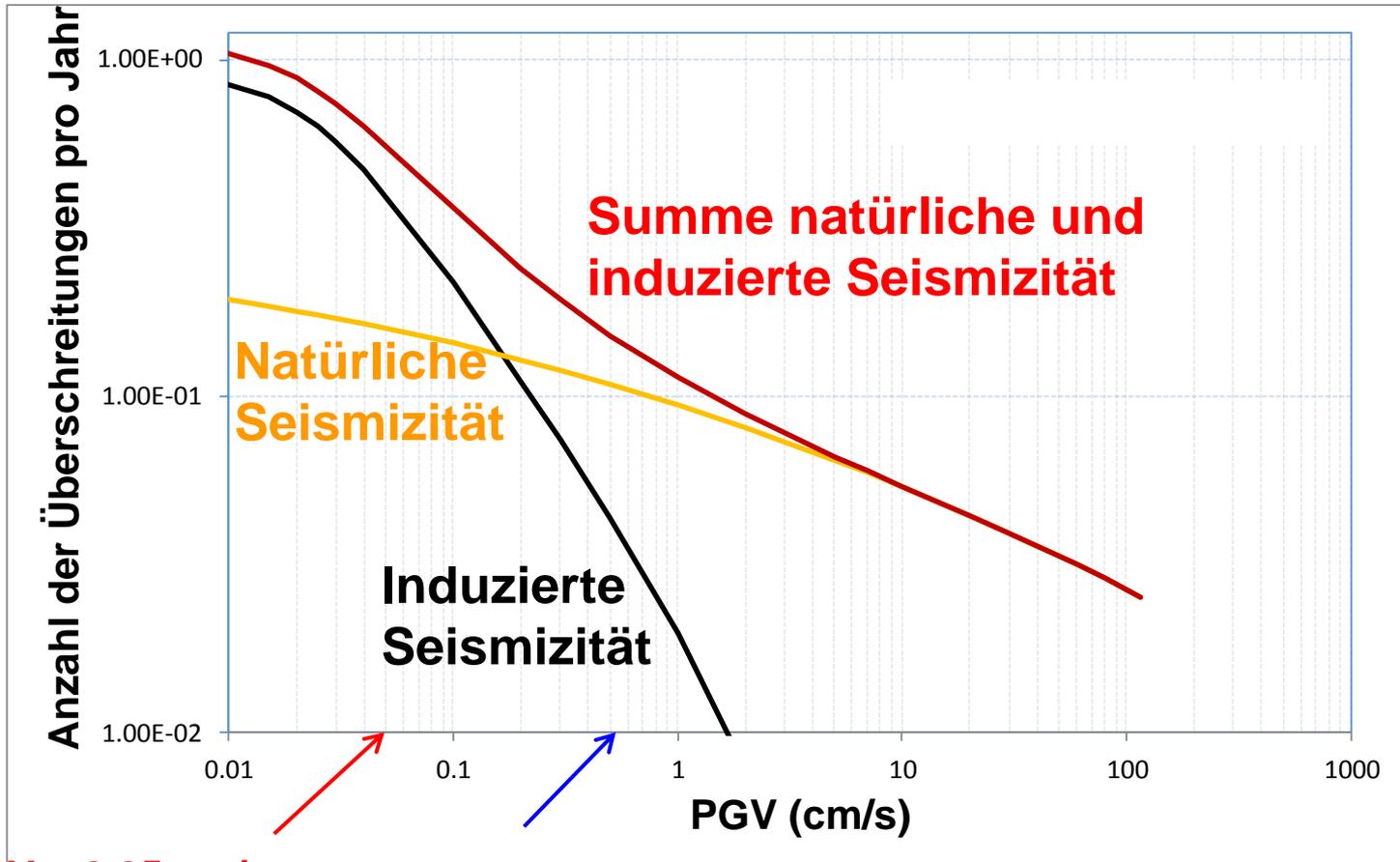
Probabilistische Gefährdungsanalyse Unterhaching: Resultat ist die Gefährdungskurve am Standort



PGV = 0.05 cm/s:
Schwellenwert für Spürbarkeit,
siehe Groos et al. (2013) bzw. DIN 4150

PGV = 0.5 cm/s:
Schwellenwert für Schäden an
Wohngebäuden nach DIN 4150

Probabilistische Gefährdungsanalyse Unterhaching: Vergleich natürliche und induzierte Seismizität



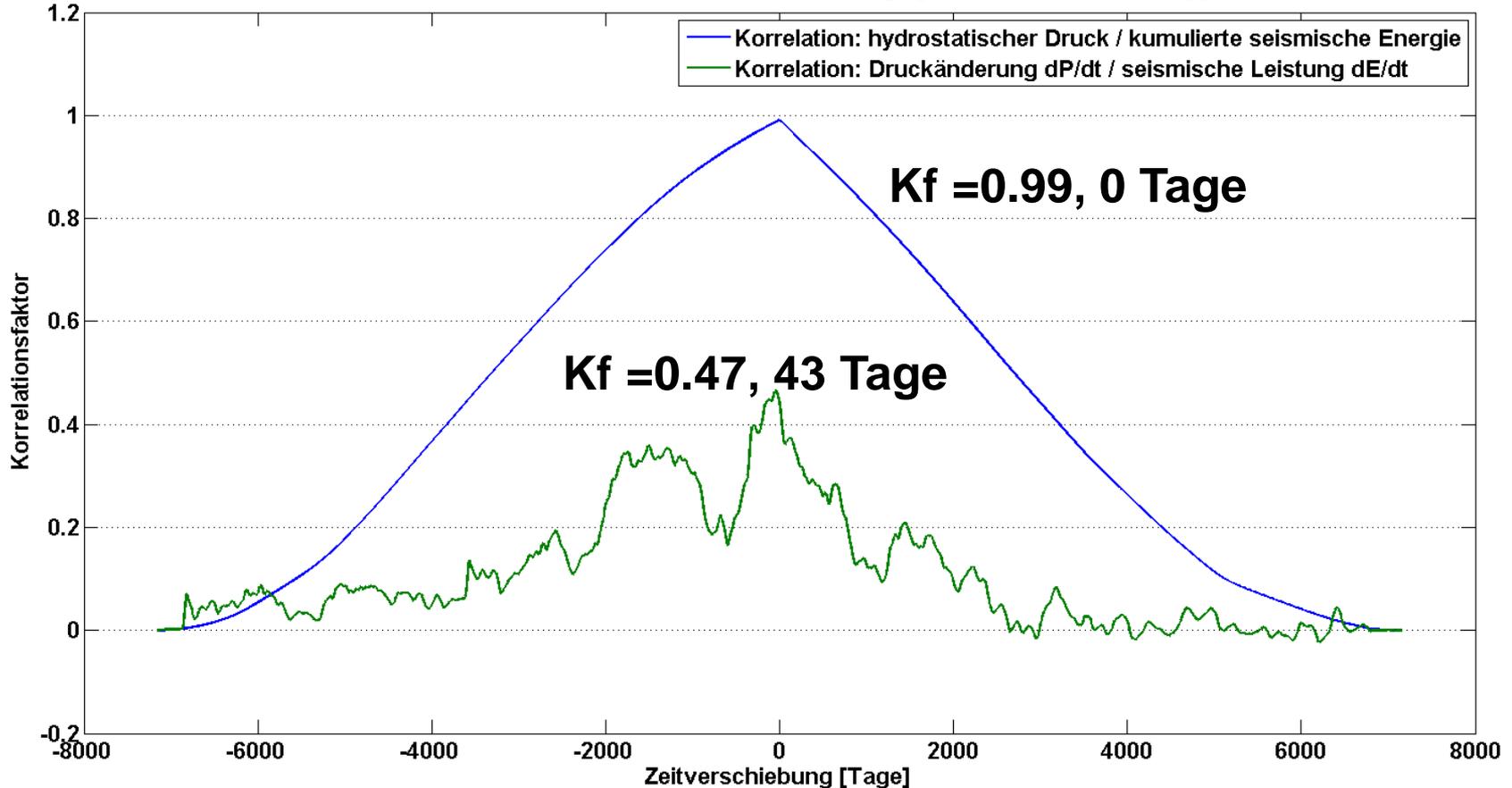
PGV = 0,05 cm/s:
Spürbarkeit

PGV = 0,5 cm/s:
Schäden an Wohngebäuden

(Quelle: BGR, 4.4)

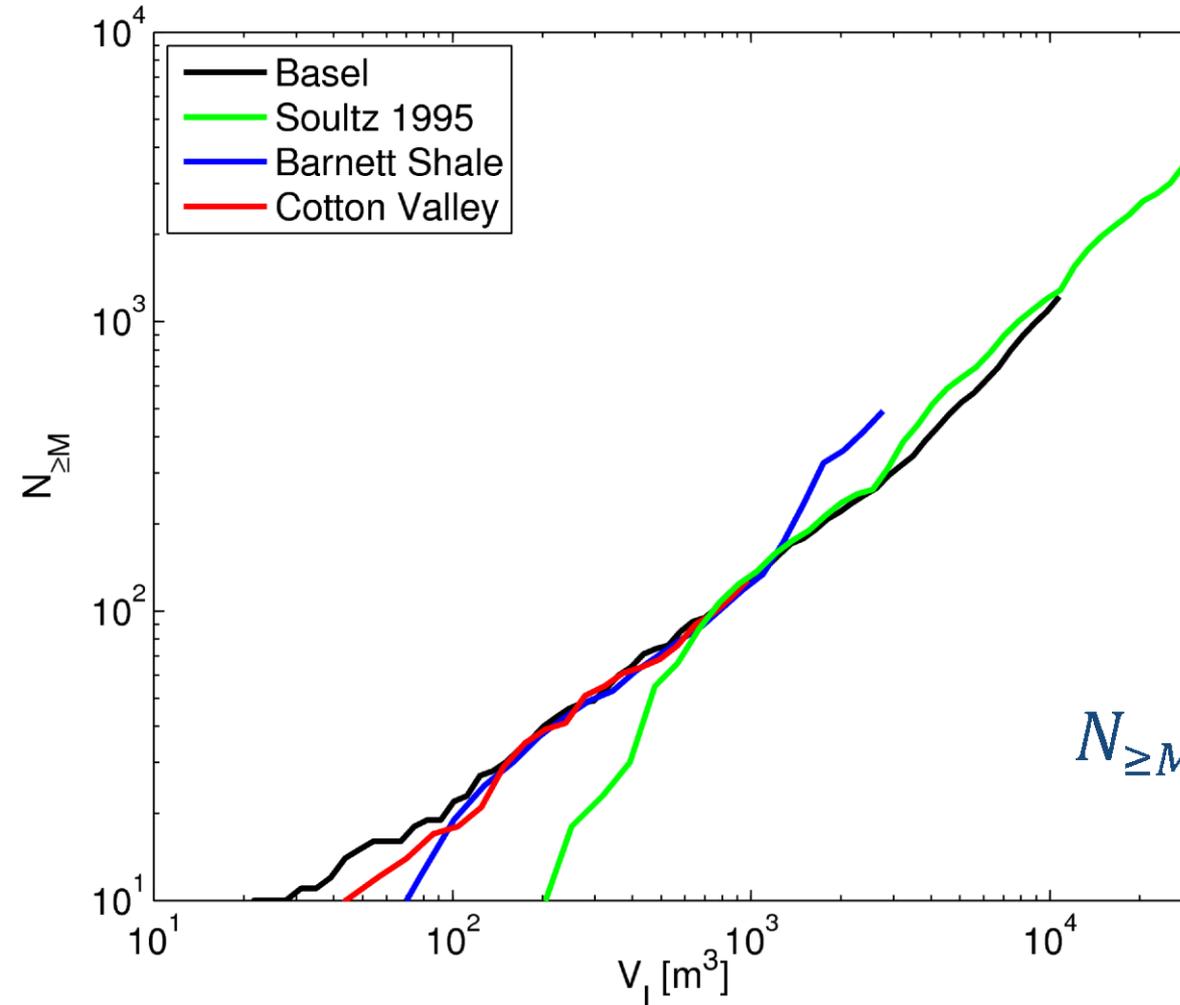
Korrelation der induzierten Seismizität mit dem Flutungsgeschehen in Aue/Schlema

Korrelationen der ind. Seismizität mit dem Flutungsgeschehen für alle Hypozentren



(Quelle: TUBAF)

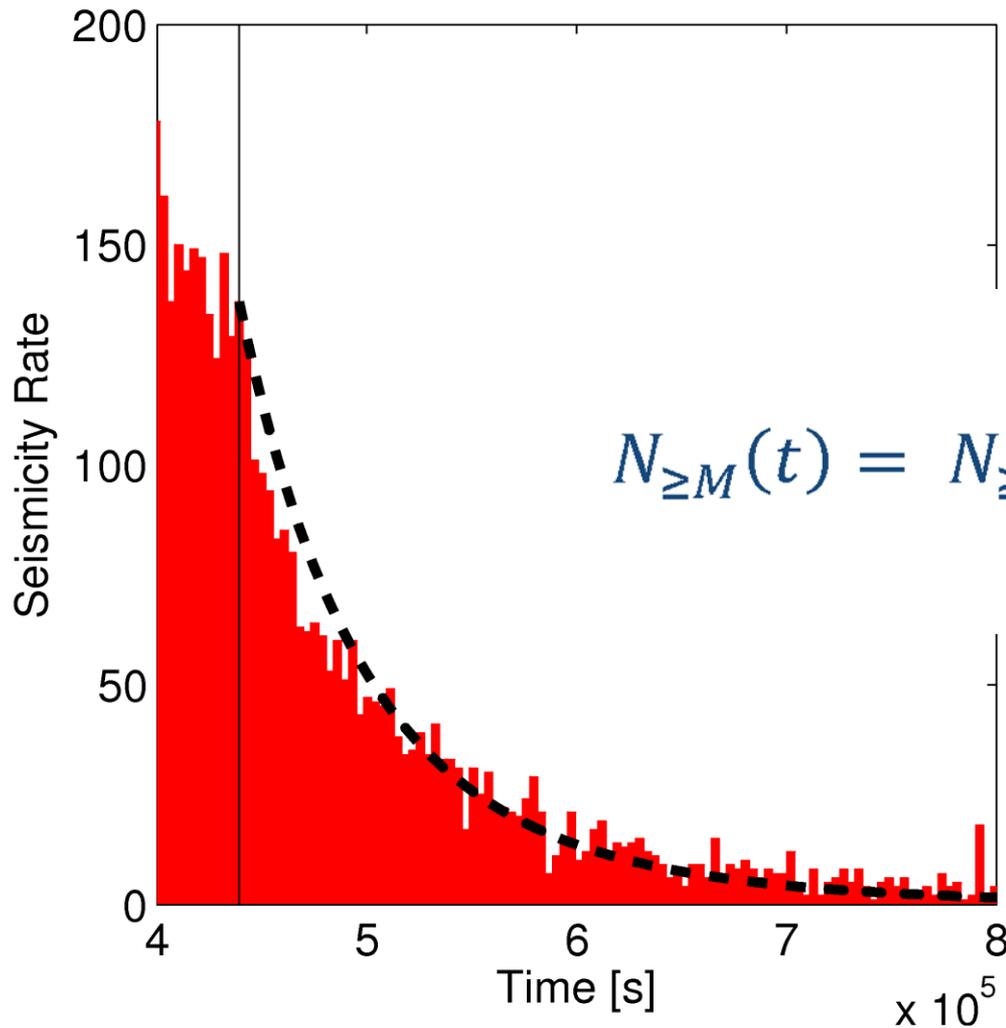
Stimulation mit Volumen $V_I(t)$



$$N_{\geq M}(t) = V_I(t) \cdot 10^{\Sigma - bM}$$

(Quelle: FUB)

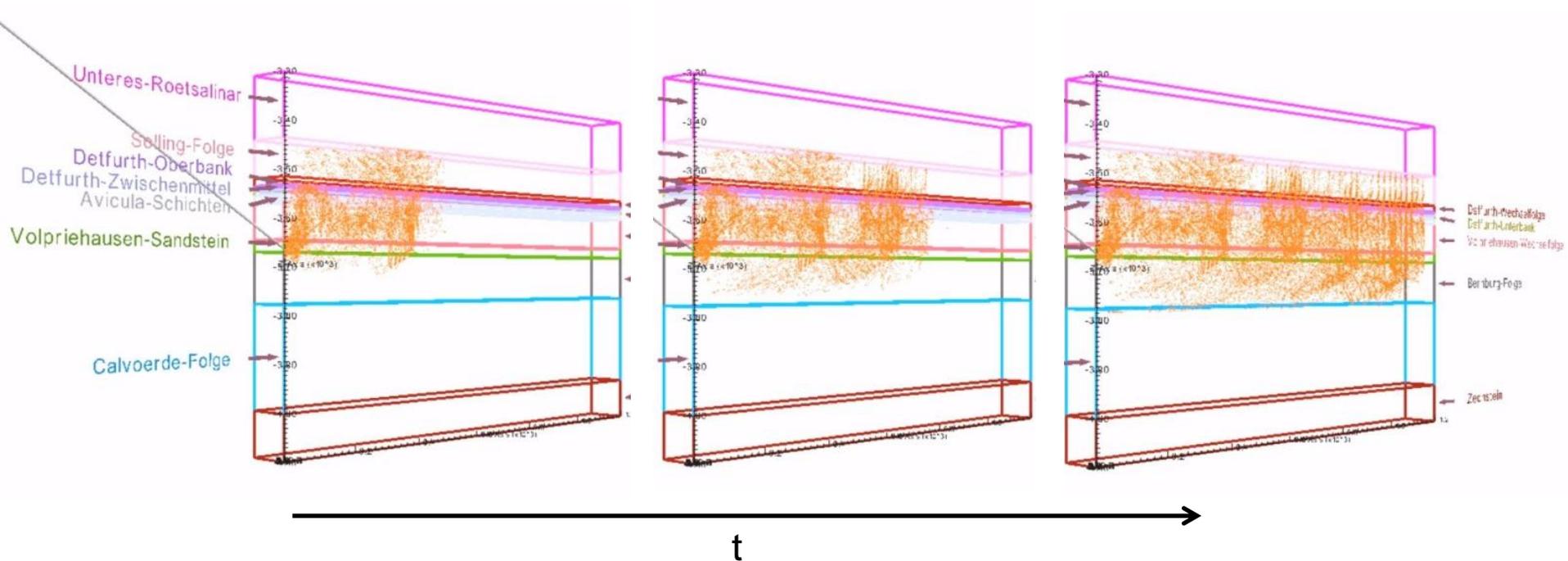
Seismizität nach dem Shut-In



$$N_{\geq M}(t) = N_{\geq M}(t_0) \cdot \left[1 + \frac{1 - \left(\frac{t}{t_0}\right)^{1-p}}{p-1} \right]$$

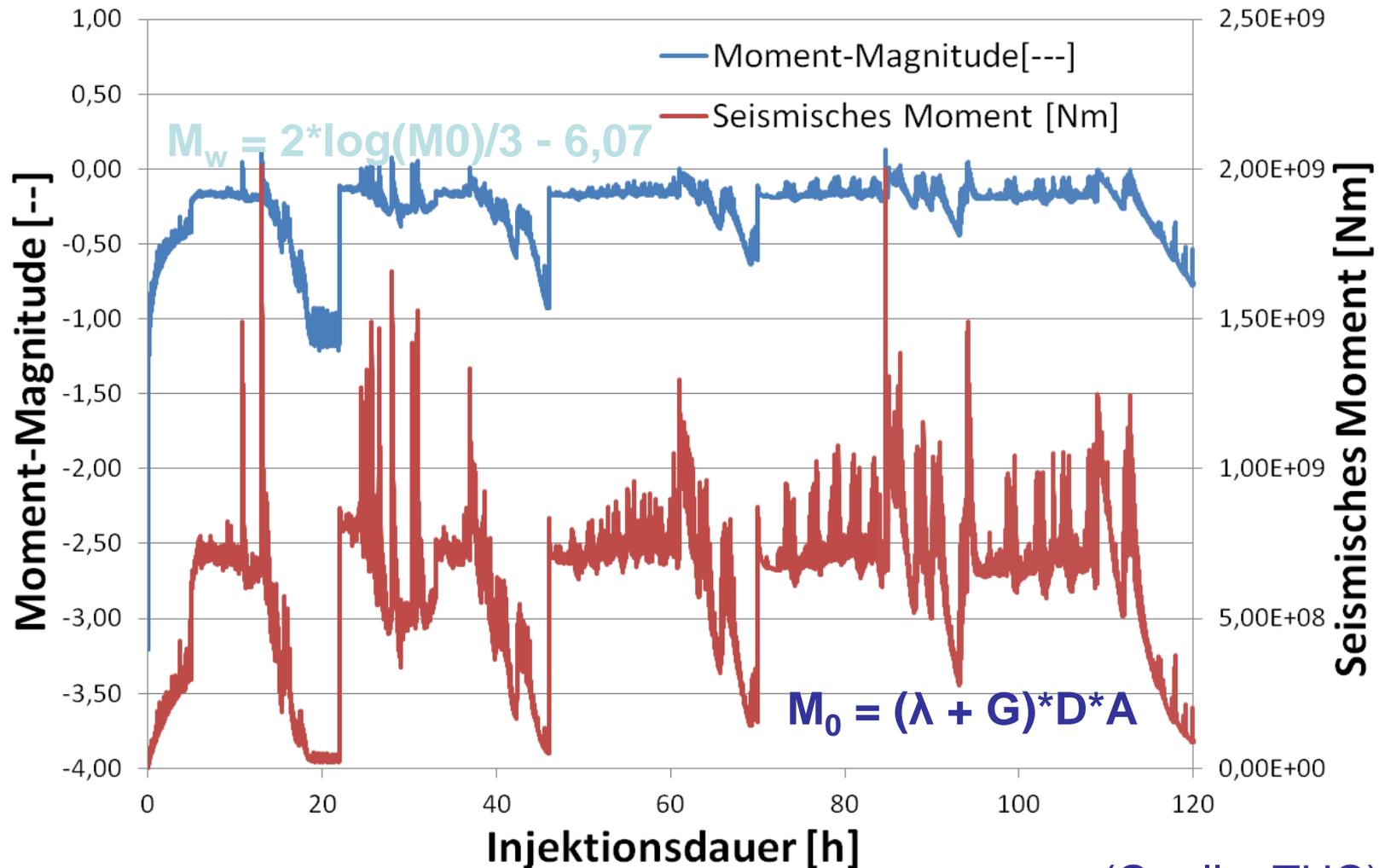
(Quelle: FUB)

Simulation der Mikroseismizität bei der Rissausbreitung, GeneSys



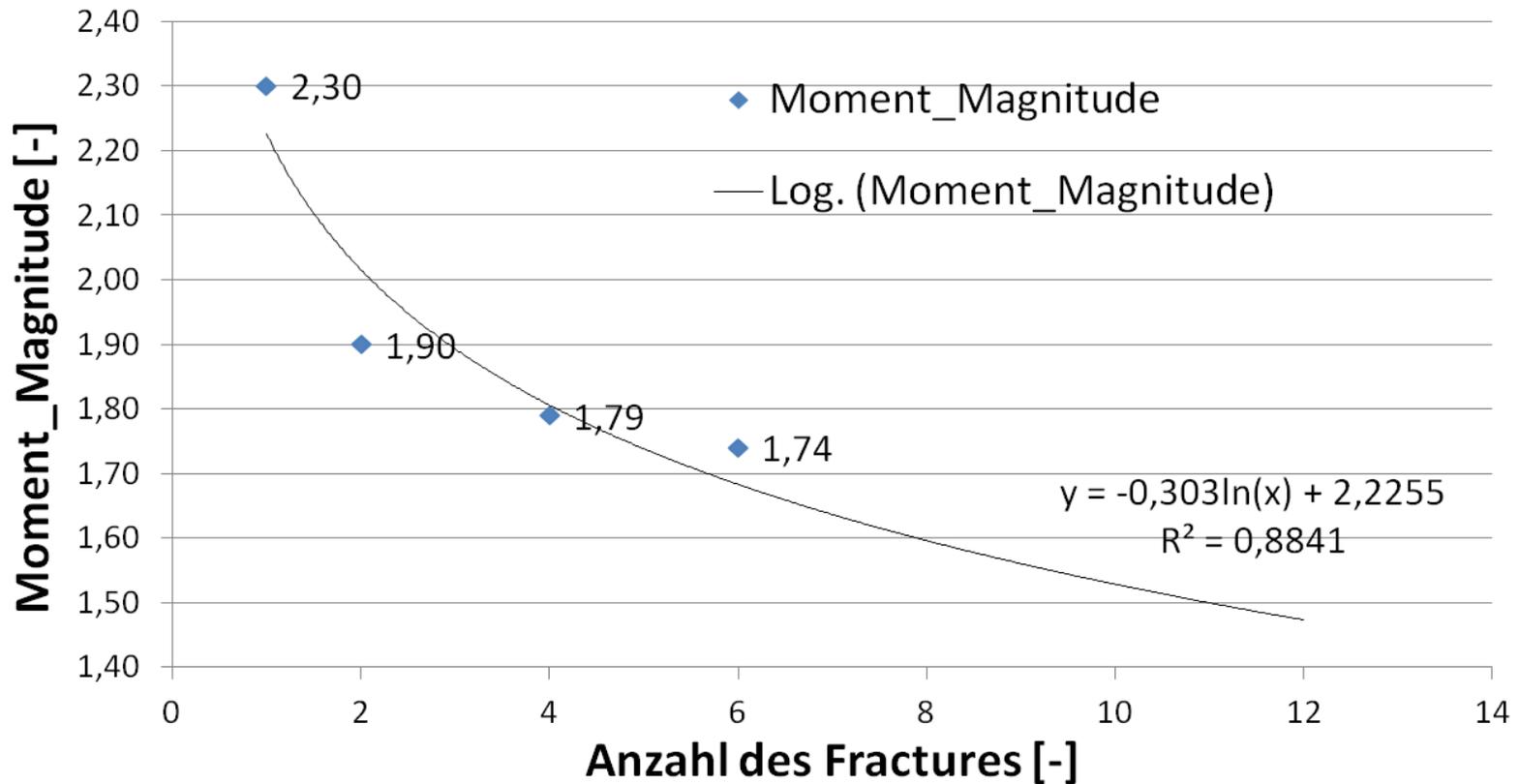
(Quelle: TUC)

GeneSys - berechnete Seismizität



(Quelle: TUC)

DHM (Basel) – Fiktive Optimierung des Multifrac-Erschließungskonzeptes (Volumen unverändert)



Multifrac-Erschließungskonzept führt zur Reduktion der max. Momentmagnitude

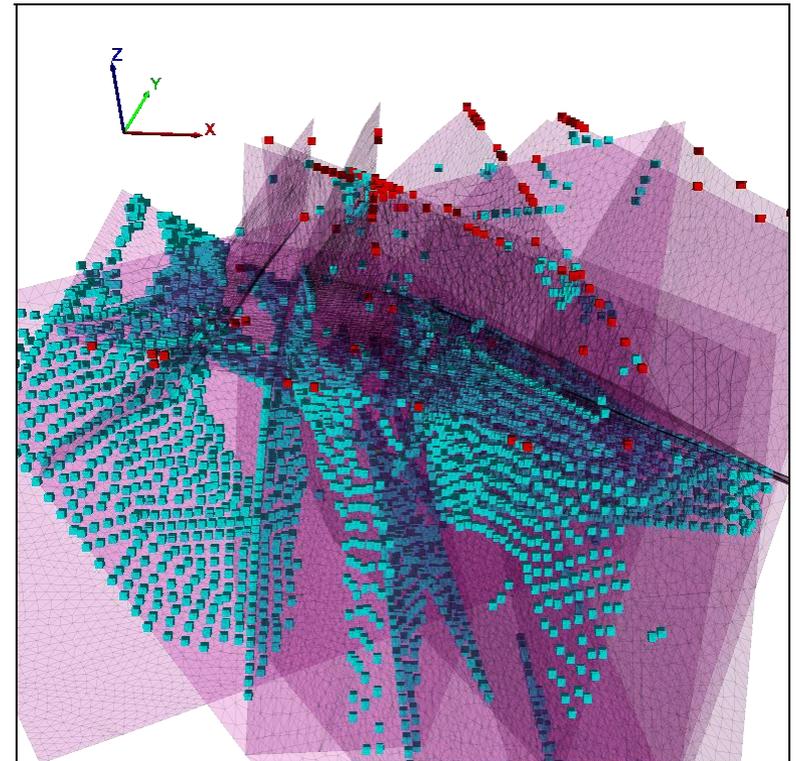
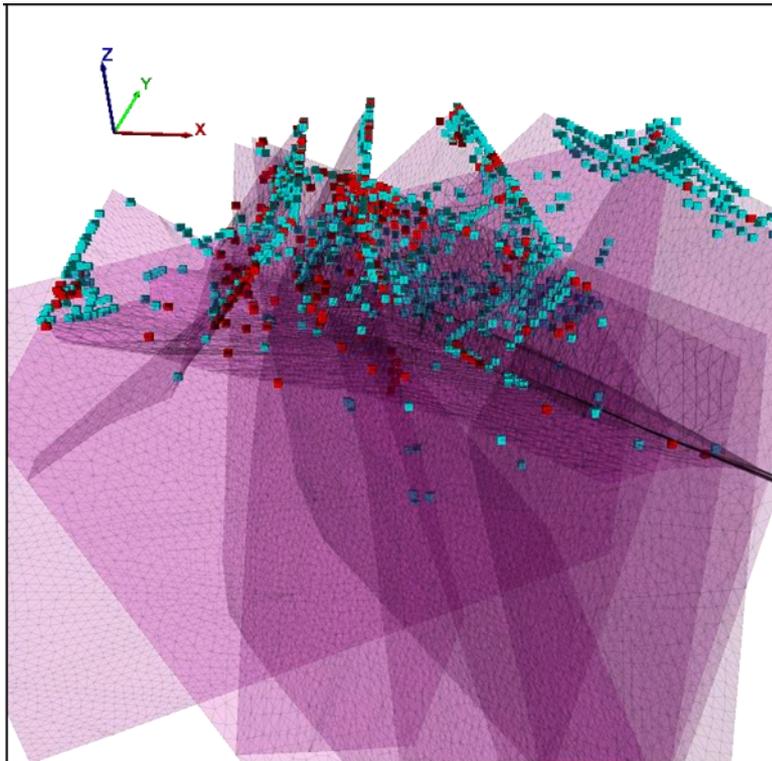
(Quelle: TUC)

Numerisches Modell Aue/Schlema

Kluftbewegungen während der
Abbauphase

Symbol: cube
Slipping now
Slipped (past)
Tensile failure

Kluftbewegungen während der
Flutungsphase



(Quelle: TUBAF)

Zusammenfassung

Ergebnisse:

- Seismizität an 7 deutschen Geothermiestandorten gemessen und charakterisiert
- Methoden zur Gefährdungsabschätzung zur Anwendung auf induzierte Seismizität angepasst
- Modellierungsansätze entwickelt und an weltweiten Datensätzen getestet

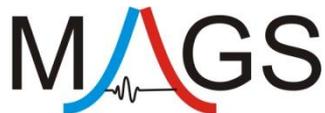
Dank an:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



Weitere Informationen: www.mags-projekt.de



GEOZENTRUM HANNOVER