

MAGS Einzelprojekt EP 4:

**Untersuchung der seismischen Gefährdung aufgrund induzierter
Seismizität bei tiefer geothermischer Energiegewinnung**

Fortschrittsbericht 15.9.2011 – 15.3.2012

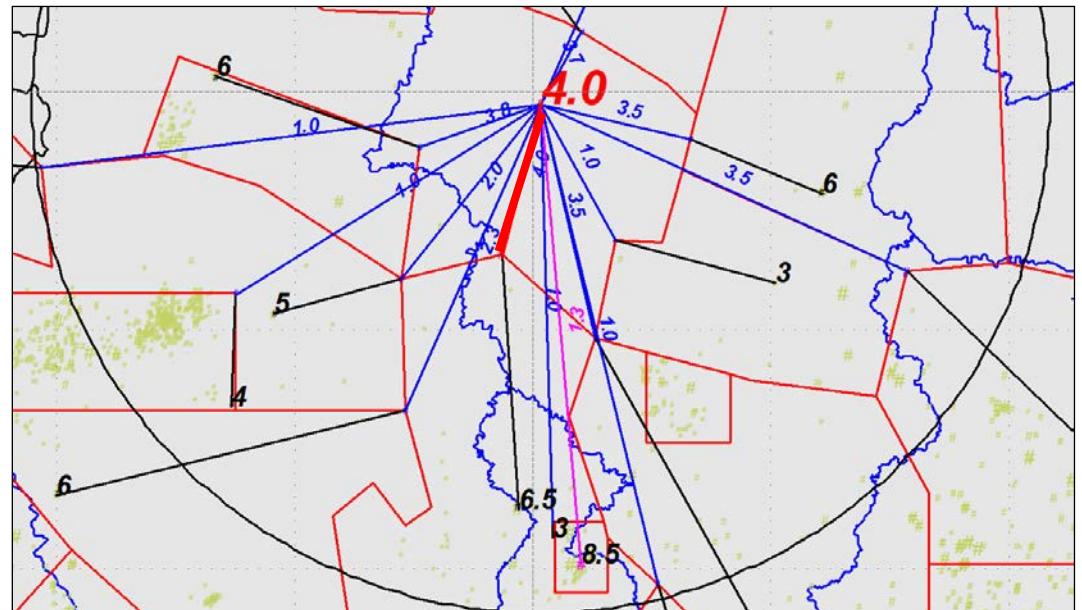
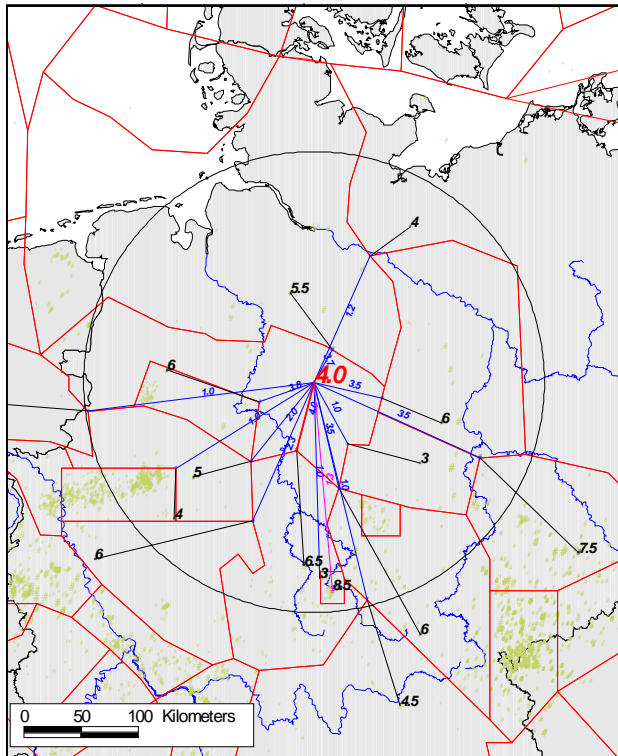
Jürgen Kopera, Wilhelm Morales Avilés,
Jörg Schlittenhardt & Thomas Spies

BGR

Die fünf Arbeitspakete (AP) von EP4

- AP 1: Ermittlung der seismischen Gefährdung aufgrund natürlicher Seismizität
- AP 2: Ableitung von Amplituden- und Intensitätsabnahmebeziehungen
- AP 3: Zusammenstellung der Seismizitätsparameter für induzierte Ereignisse
- AP 4: Probabilistische seismische Gefährdungsanalyse induzierte Seismizität
- AP 5: Vergleich der Gefährdung natürlicher und induzierter Seismizität

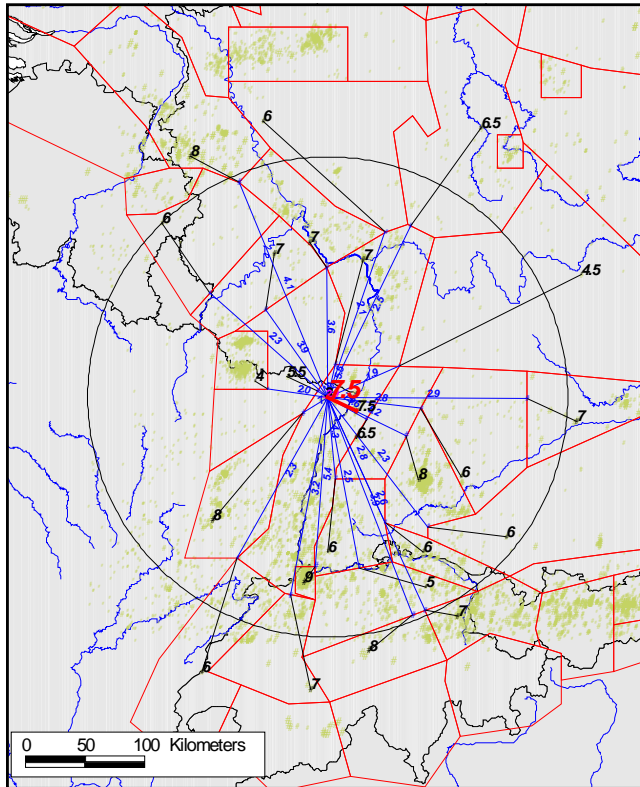
Ermittlung der Gefährdung aufgrund natürlicher Seismizität mit deterministischen und probabilistischen Verfahren (AP 1): Standorte Landau, Unterhaching und Hannover (GeneSys) Klassische deterministische Analyse, hier für Hannover (Intensität 4)



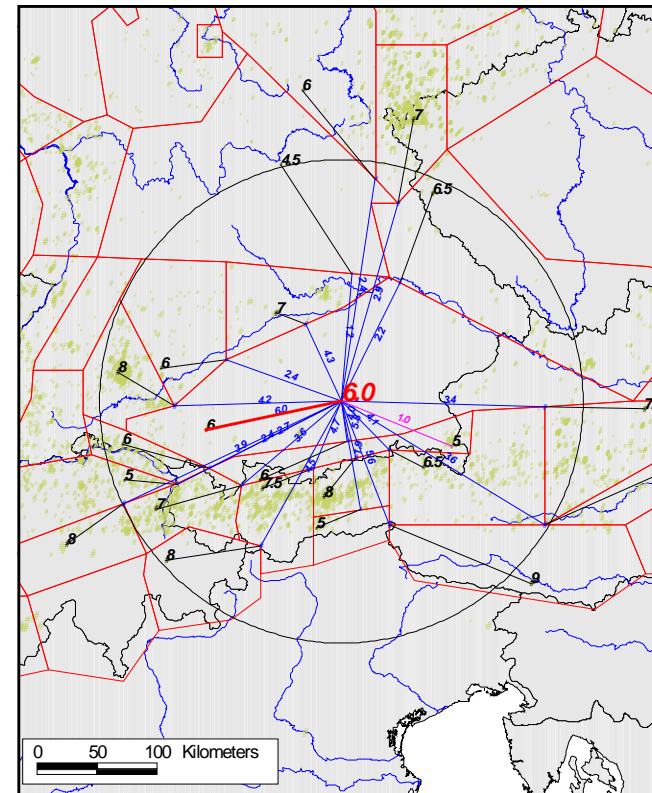
Ermittlung der Gefährdung aufgrund natürlicher Seismizität mit deterministischen und probabilistischen Verfahren (AP 1): Standorte Landau, Unterhaching und Hannover (Genesis)

Klassische deterministische Analyse, hier Vergleich Landau und Unterhaching (Intensitäten 7,5 und 6)

Landau



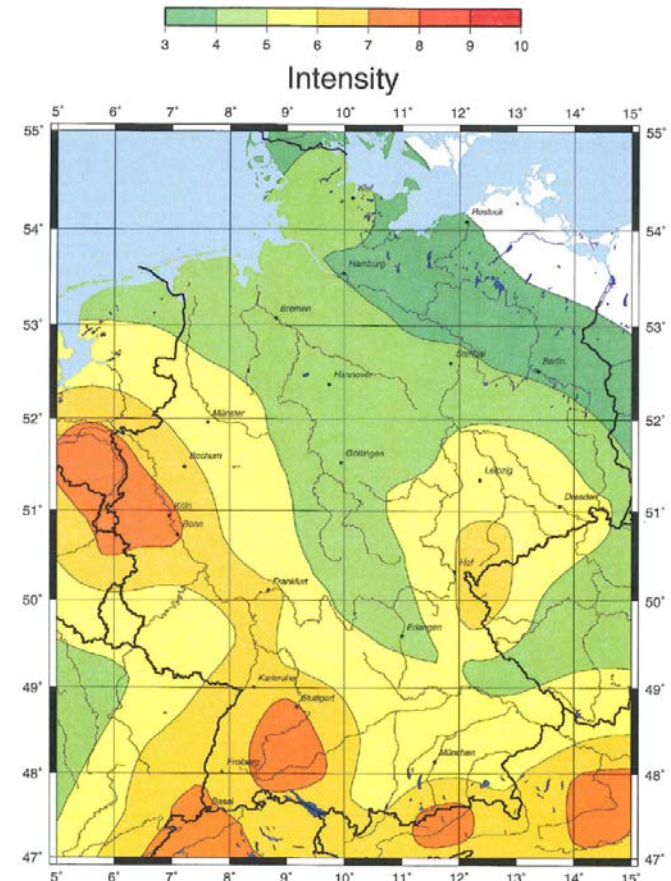
Unterhaching

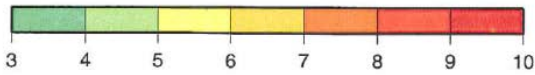


Ermittlung der Gefährdung aufgrund natürlicher Seismizität mit deterministischen und probabilistischen Verfahren (AP 1): Standorte Landau, Unterhaching und Hannover (GeneSys)

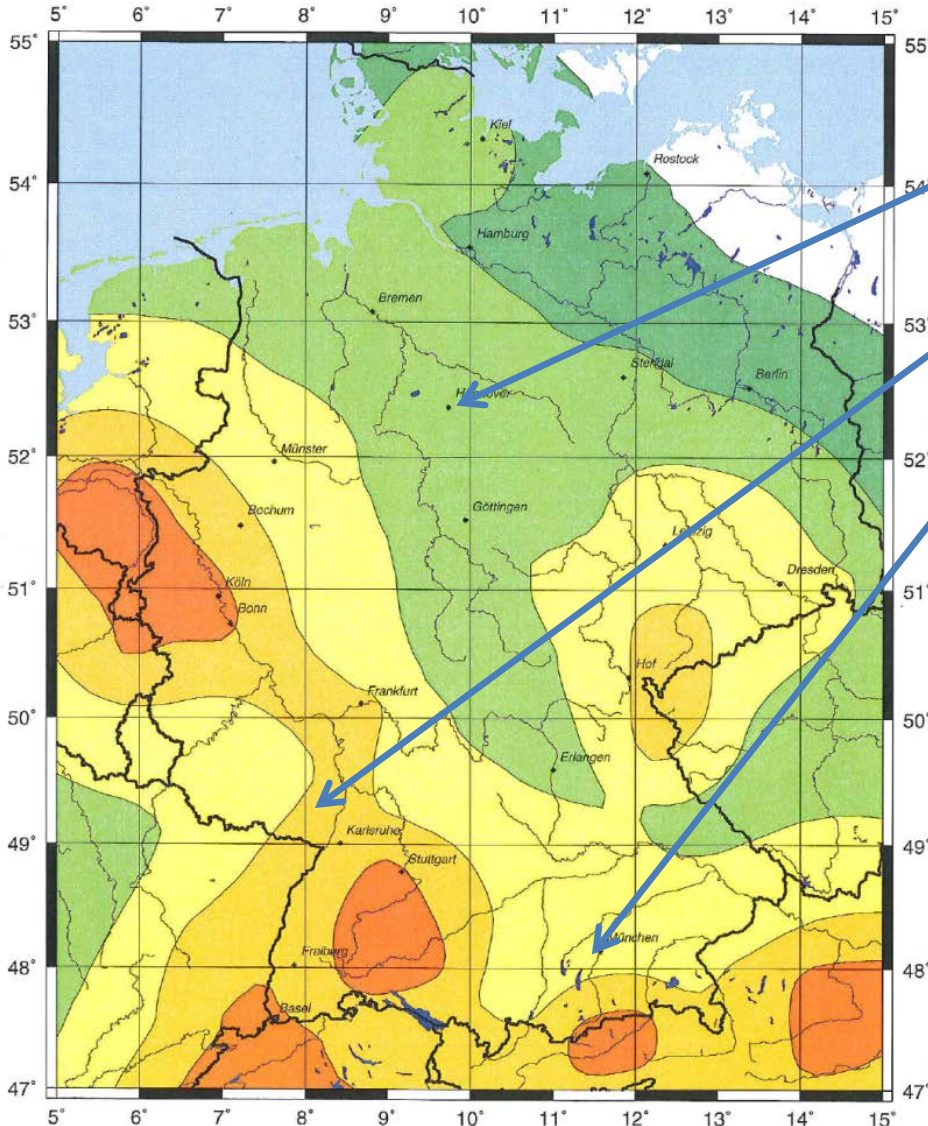
Probabilistische Analyse nach DIN 4149 und KTA 2201

- DIN 4149: Überschreitenswahrscheinlichkeit $2.1 \cdot 10^{-3}$ 1/a bzw. 475 Jahre mittlere Wiederkehrperiode
- Verwendung von Intensitäten,
- Verwendung von Intensitätsabnahmebeziehungen
- Bisher genutzt: Programm EQRISK (McGuire, 1976),
Erweiterungen durch BGR





Intensity



Ergebnisse:

Hannover: Intensität 4 – 5

Landau: Intensität 6 – 7

Unterhaching: Intensität 5 – 6

Nutzen der Gefährdungsanalysen der natürlichen Seismizität

- Übertragung der Verfahren auf den Fall der induzierten Seismizität
- Vergleich mit induzierter Seismizität: ‚Was kommt dazu?‘ Vgl. AP5!
- Obere Abschätzung für die Einwirkungen getriggelter Seismizität



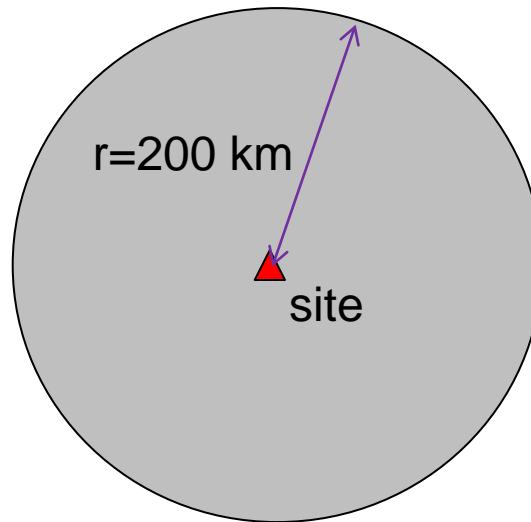
Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe

Probabilistisches Verfahren (AP 1 und AP 4): Einsatz eines neuen und zertifizierten Programms

- Aspekt ‚Einsatz zertifizierter Programme‘ hat hohe Relevanz für die Empfehlungen und Richtlinien für Ausbau und Betrieb der Anlagen (AP 5)
- Hier in EP 4: Test und Einsatz des neuen Programms Programm EZ-FRISK (McGuire, 2011)
- Verwendung von Magnituden anstatt Intensitäten
- Verwendung von Amplitudenabnahmebeziehungen (PGA, PGV, spektral)
- Vergleichsrechnungen mit EQRISK (bisher genutzt) und EZ-FRISK für Testbeispiele

Testbeispiel für Vergleich der Ergebnisse von EQRISK und EZ-FRISK

- kreisförmige seismische Quellregion,
- Herdtiefe 7 km,
- Standort in der Mitte
- Abnahmebeziehung nach Sponheuer (1960) (bestätigt in Strohmeyer & Grünthal, 2009)



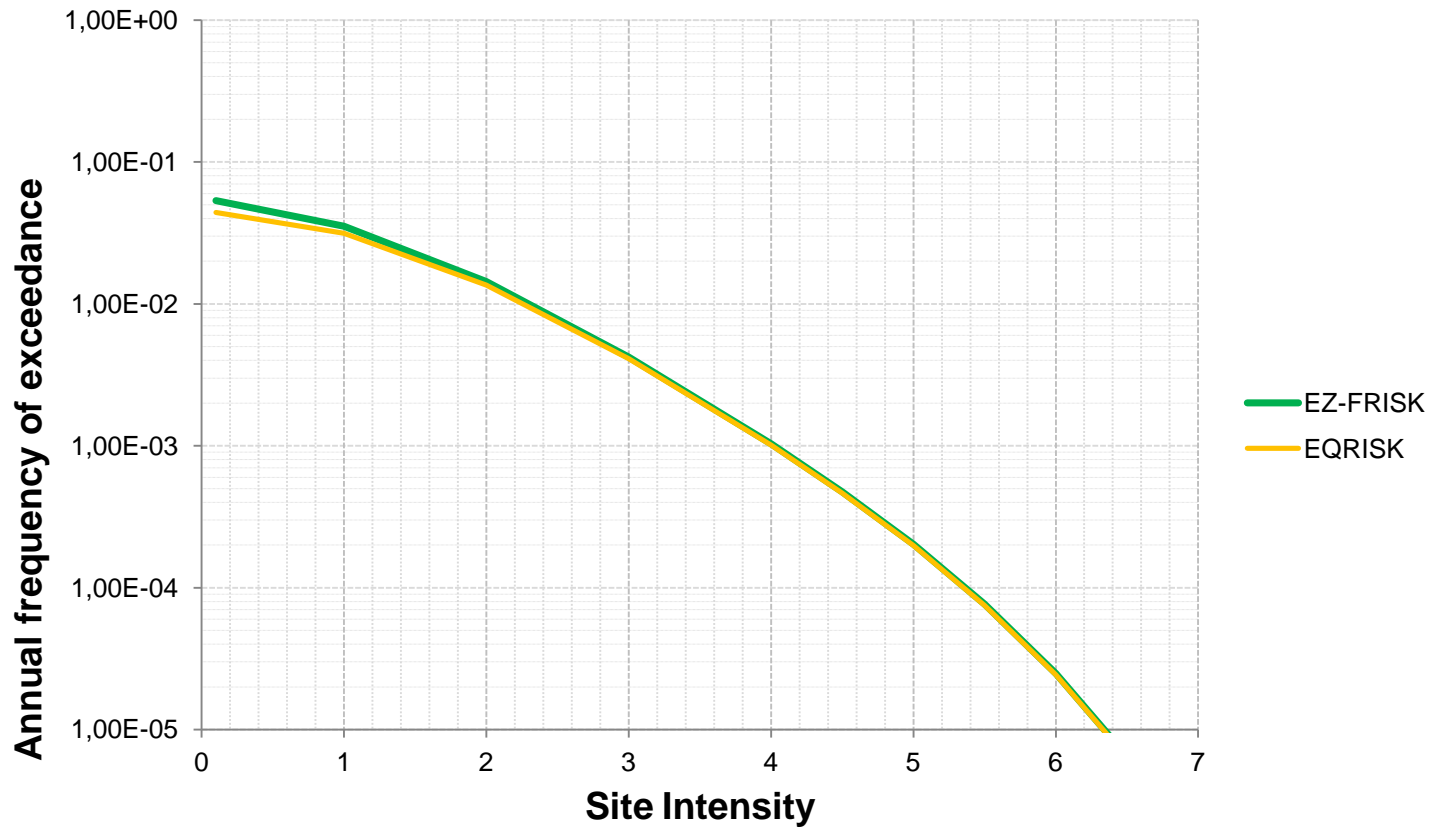
Circular seismic source

$I_{min}=5$; $I_{max}=7$; $n_y=0.0474$; $b=0.602$

GMPE by Sponheuer 1960:

$I=I_0 - 3\log(R/h) - 1.30\alpha(R-h)$; $\sigma=0.50$

$h=7$ km; $\alpha=0.002$ km⁻¹



Vergleich der Ergebnisse von EQRISK und EZ-FRISK

- Kreisförmige seismische Quellregion, Herdtiefe 7 km, Standort in der Mitte,
- sehr gute Übereinstimmung der Ergebnisse

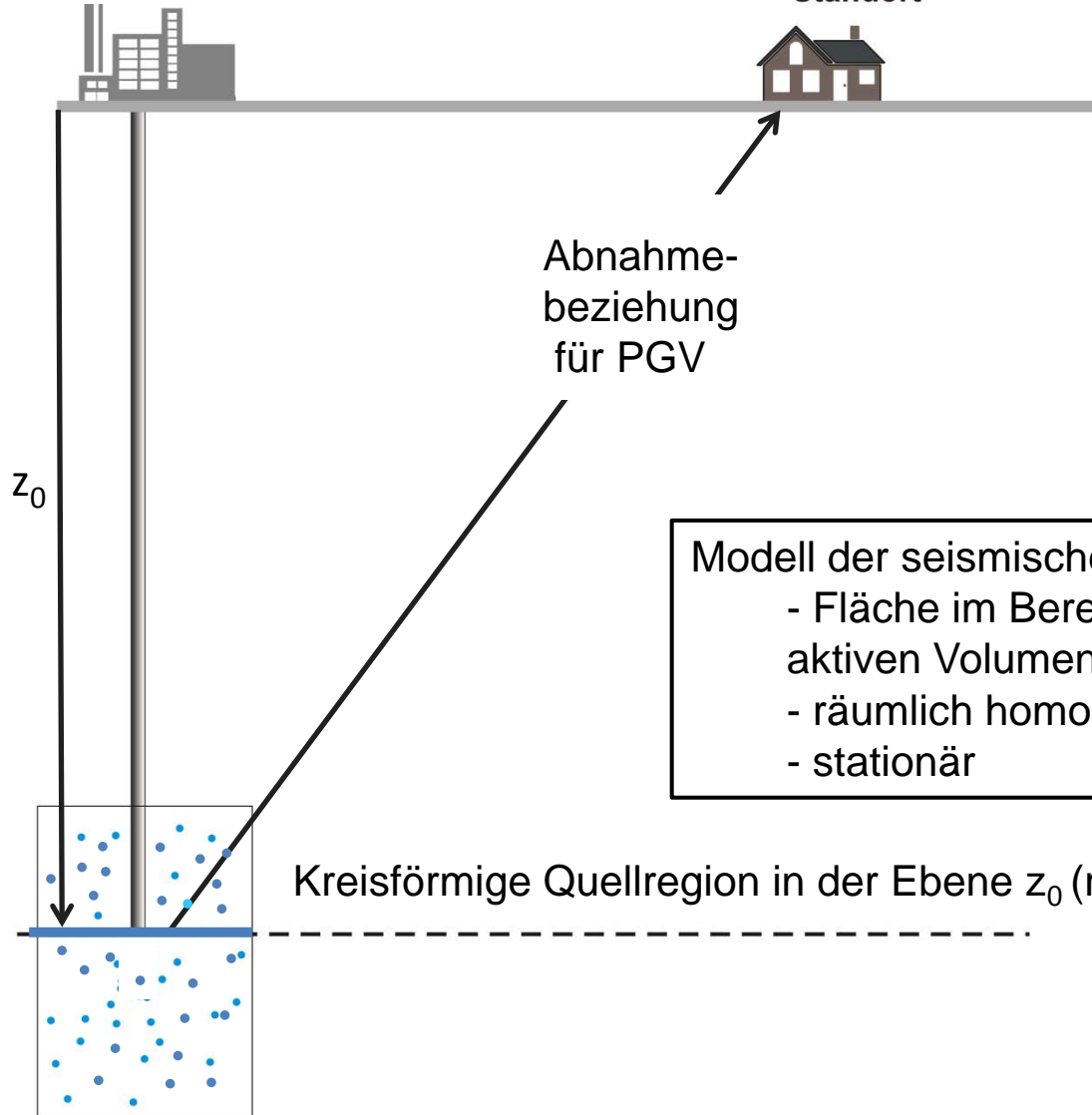
Ansatz zur Berechnung der seismischen Gefährdung aufgrund induzierter Seismizität mit probabilistischen Verfahren (AP 4)

- Einsatz des neuen Programms EZ-FRISK
- Modell der seismischen Quelle:
 - Alle seismischen Ereignisse finden auf einer Fläche in einem Tiefen-Niveau innerhalb des seismisch aktiven Volumens um das Bohrloch statt, räumlich homogene Verteilung der Seismizität in der Fläche
 - Stationäre Seismizität
- Abnahmebeziehungen für PGV (peak ground velocity), da PGV-Daten an den Standorten ermittelt wurden (EP1, EP2, EP3).
(Die Beziehungen müssen noch abgeleitet werden: AP 3)
- Magnituden-Häufigkeits-Verteilungen aus seismischen Katalogen der Standorte liegen vor (EP 1, EP2, EP3).
- Auswertung dieser Verteilungen nach „Gutenberg und Richter“:
Bestimmung der Steigung (b-Wert) und des Achsenabschnitts (a-Wert, Aktivitätswert)

Ansatz zur Analyse der induzierten Seismizität (2D-Ansicht)

Geothermisches Kraftwerk

Standort



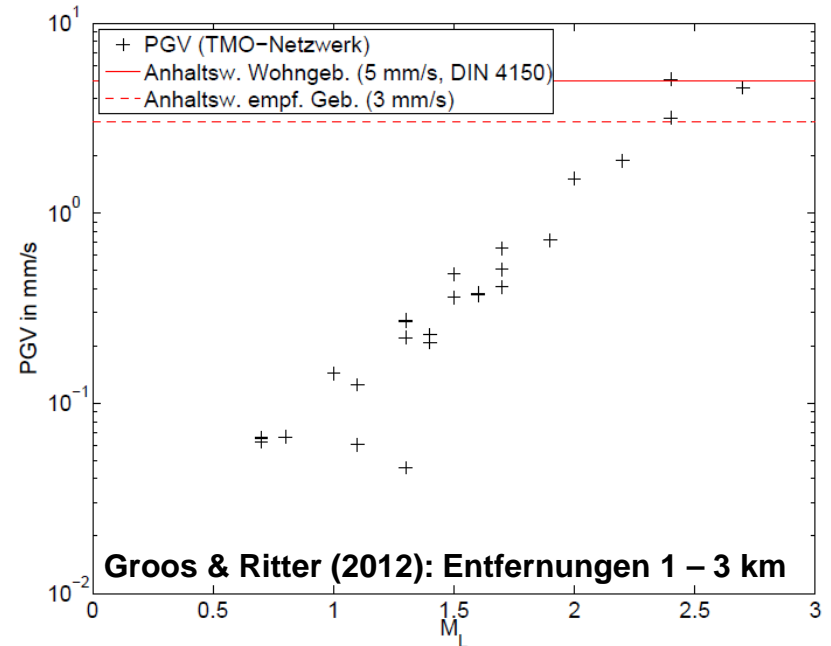
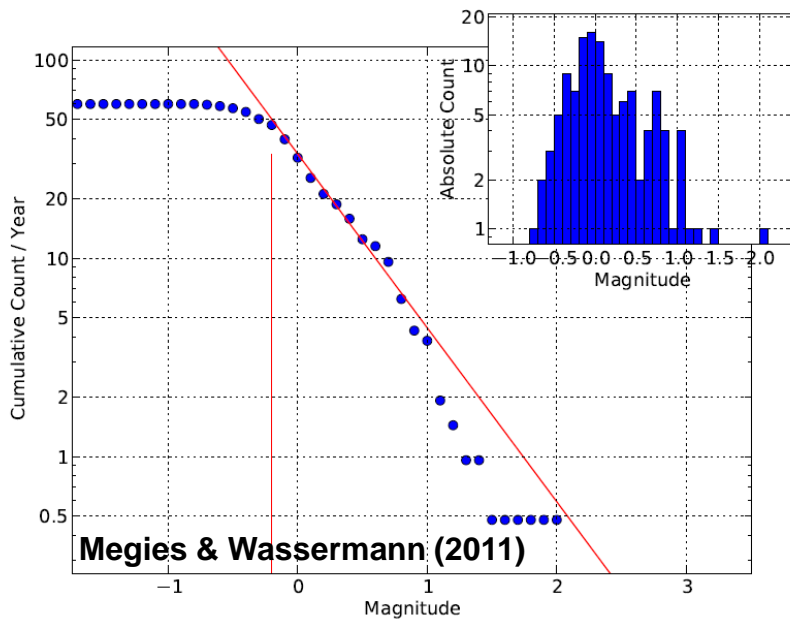
Abnahmebeziehung für PGV

Modell der seismischen Quellregion:
- Fläche im Bereich des seismisch aktiven Volumens
- räumlich homogen in der Fläche
- stationär

Kreisförmige Quellregion in der Ebene z_0 (radiale Symmetrie)

Datengrundlagen für die probabilistischen Verfahren (AP 2 und 3): Zusammenarbeit mit den EP 1, 2 und 3

- Magnituden-Häufigkeits-Verteilungen aus seismischen Katalogen liegen vor: Beispiel von EP 2 siehe links unten (Megies & Wassermann et al., 2011)
- Ermittlung von PGV (peak ground velocity) aus Seismogrammen: siehe Beispiel von EP1 rechts unten (Groos & Ritter, 2012). Die Beziehungen zwischen PGV, Entfernung und Magnitude müssen noch bestimmt werden.



Zusammenfassung

- Gefährdung aufgrund natürlicher Seismizität mit deterministischen und probabilistischen Verfahren ermittelt
- Nutzen der Gefährdungsanalysen der natürlichen Seismizität:
 - Übertragung der Verfahren auf den Fall der induzierten Seismizität
 - Vergleich mit induzierter Seismizität : ‚Was kommt dazu?‘
 - Obere Abschätzung für die Einwirkungen getriggelter Seismizität
- Neues und zertifiziertes Programm für die probabilistische Analyse getestet und für die Anwendung in EP4 vorbereitet
- Ansatz zur Berechnung der seismischen Gefährdung aufgrund induzierter Seismizität mit probabilistischen Verfahren entwickelt
- Datengrundlagen für die probabilistischen Verfahren anhand der Ergebnisse der EP 1, 2 und 3 zusammengestellt

Ausblick für nächstes Halbjahr

- Aus Datengrundlagen werden Magnituden-Häufigkeits-Verteilungen und Abnahmebeziehungen abgeleitet
- Ansatz für die Berechnung der Gefährdung aufgrund induzierter Seismizität wird erweitert