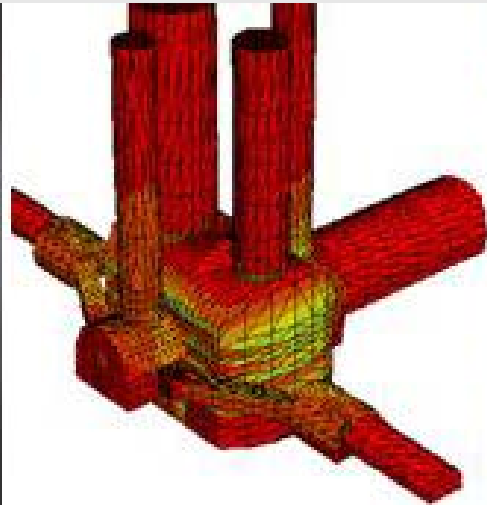


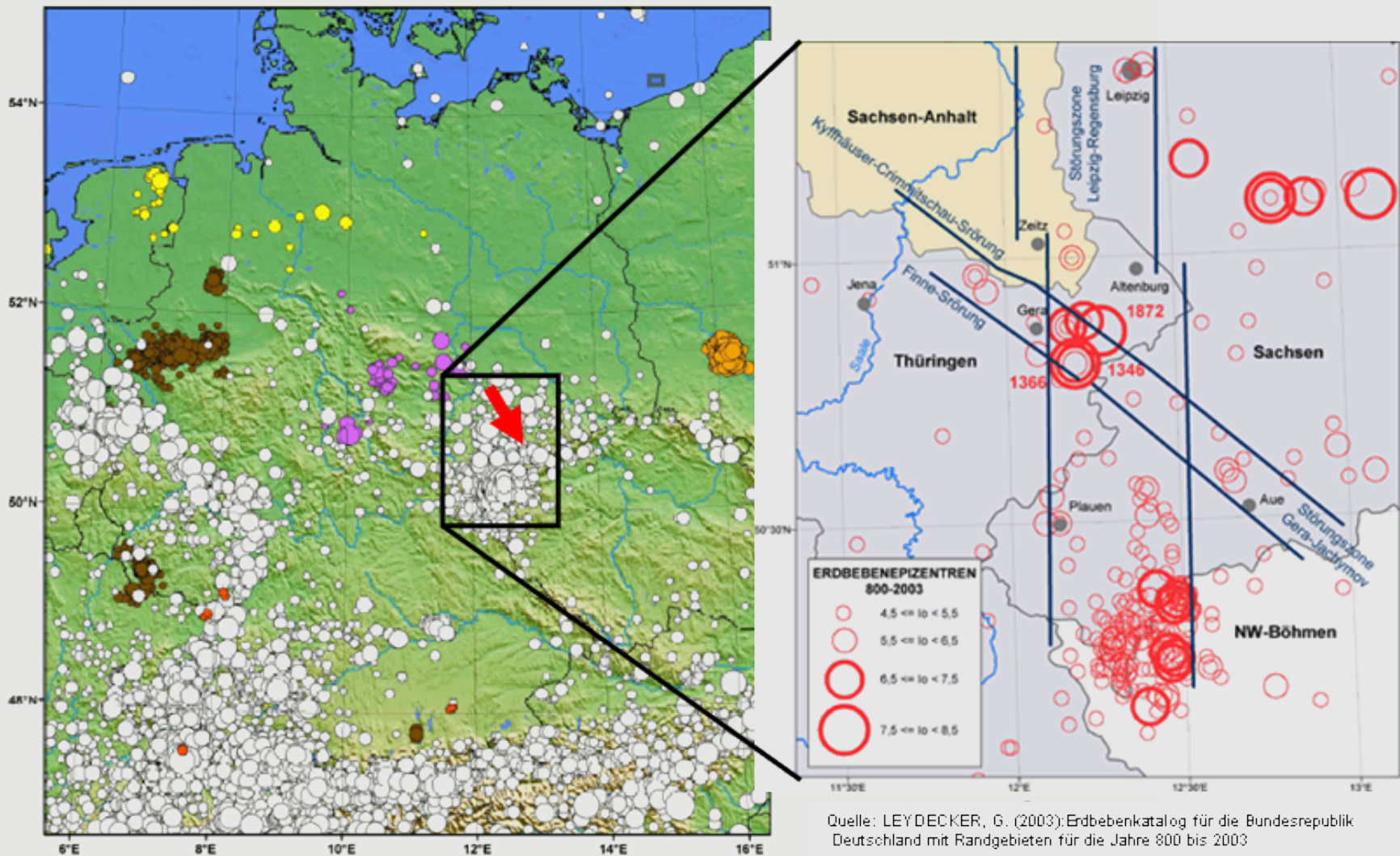
# MAGS

## EP 7: Prognose der möglichen induzierten / getriggerten Seismizität im Kristallin in Auswertung der flutungsbedingten seismischen Ereignisse im Bergbaurevier Aue/Schlema

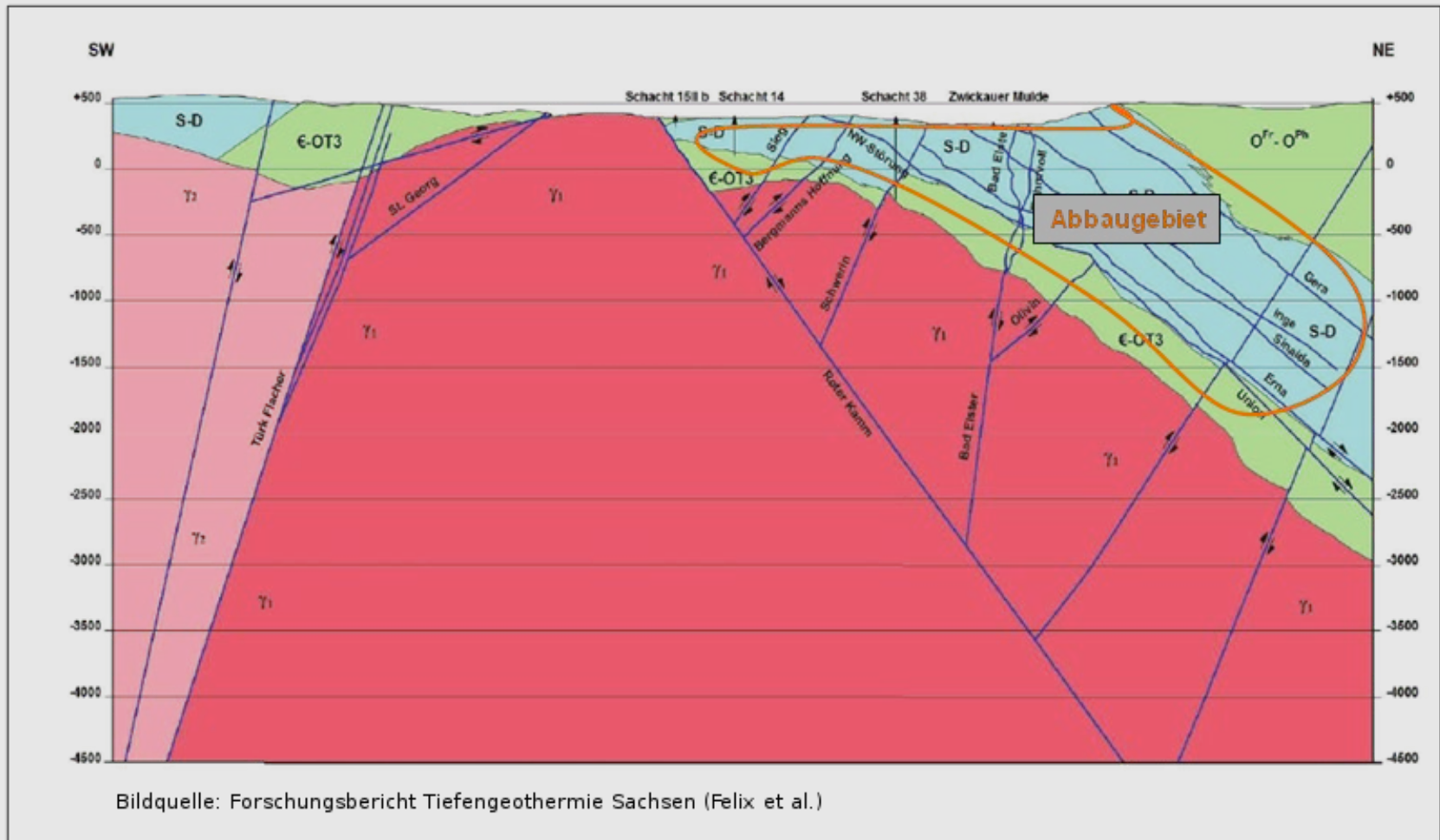


Prof. Dr. -Ing. habil. Heinz Konietzky, Dipl.-Geophys. Reinhard Mittag, Dipl.-Geophys. Holger Schütz

# Seismologische Situation



# Geologische Situation

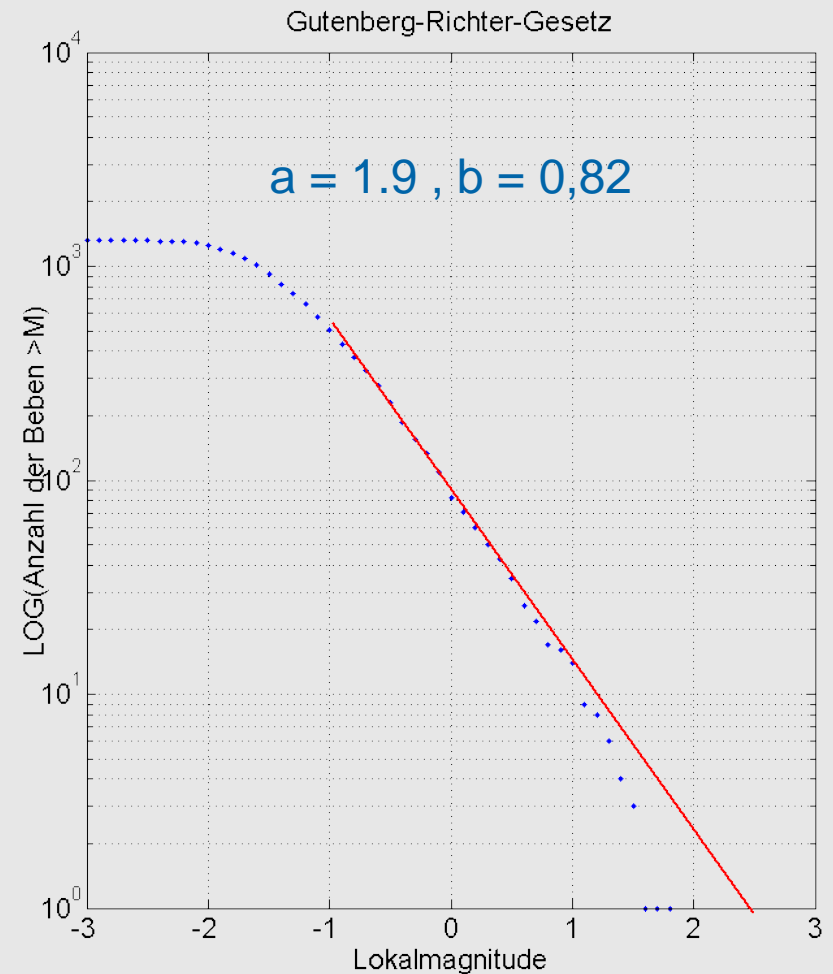
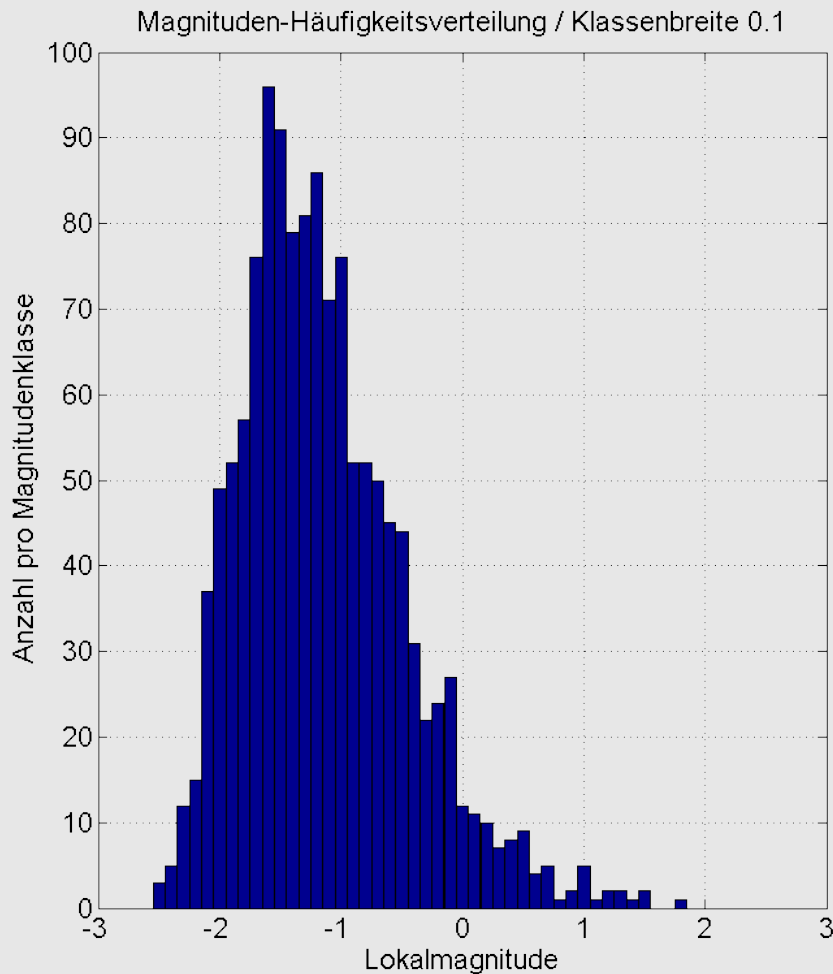


# Durchgeführte Arbeiten

- Messnetzerweiterung
- Homogenisierung der Datengrundlagen
- Aufbau eines geologischen Modells
- Ableitung weiterer Herdparameter
- Ableitung von Maximalmagnituden
- Korrelation induzierte Seismizität und Flutungsgeschehen
- Ableitung von Dämpfungsbeziehungen
- numerische Simulationen zur Dateninterpretation
- Vergleich mit anderen Standorten
- komplexe Auswertung / Schlussfolgerungen

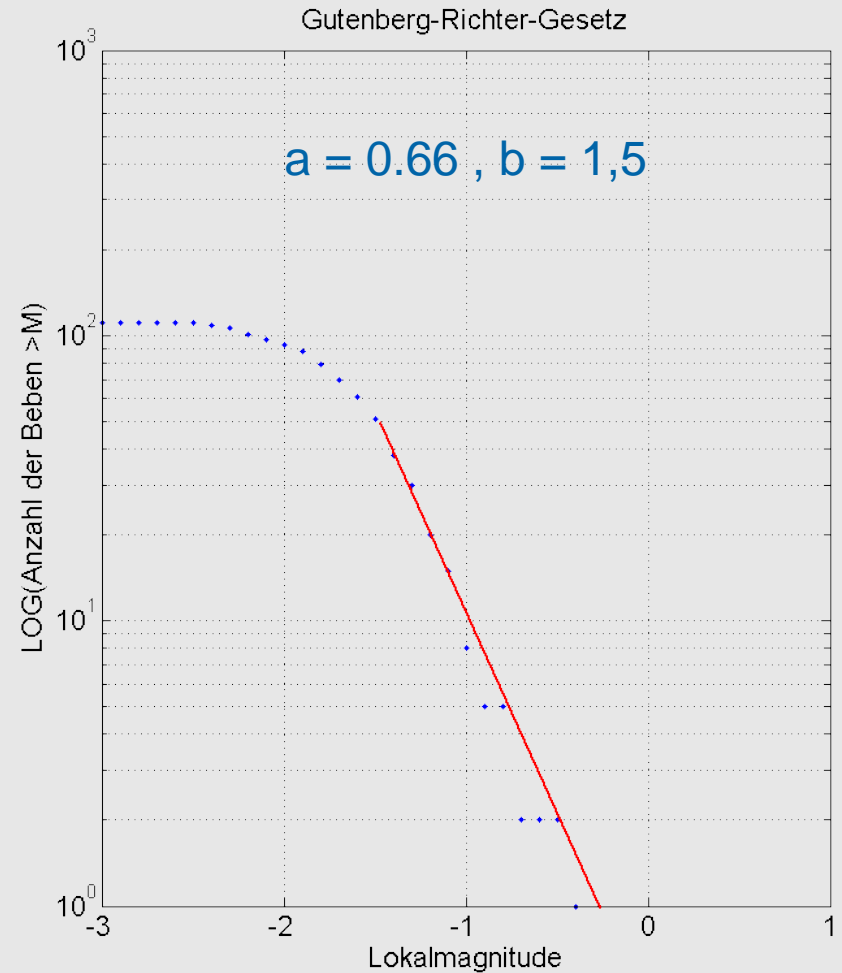
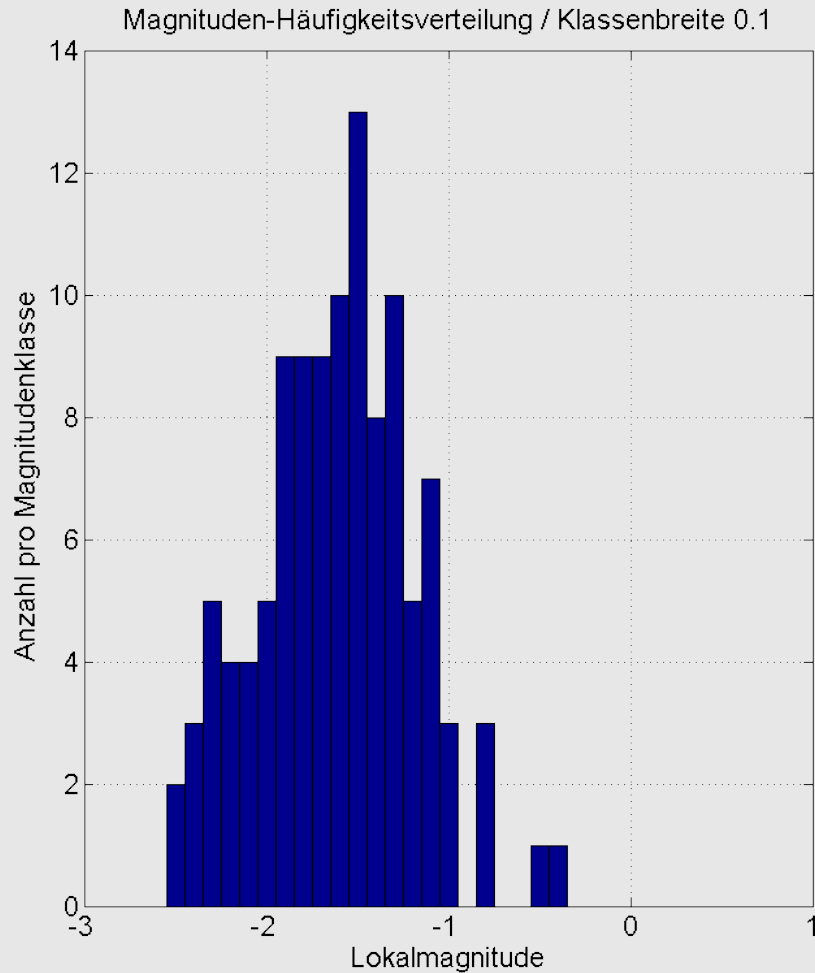
# Magnitudenabschätzung induzierte Seismizität

Gutenberg-Richter-Beziehung für Hypozentren im Granit N = 1315  
 Abgeschätzte Maximalmagnitude  $M_L=2.5$



# Magnitudenabschätzung induzierte Seismizität

Gutenberg-Richter-Beziehung für Hypozentren im Schiefer  
(ohne Quarzitschiefer) N = 111, Abgeschätzte Maximalmagnitude ML = -0.3

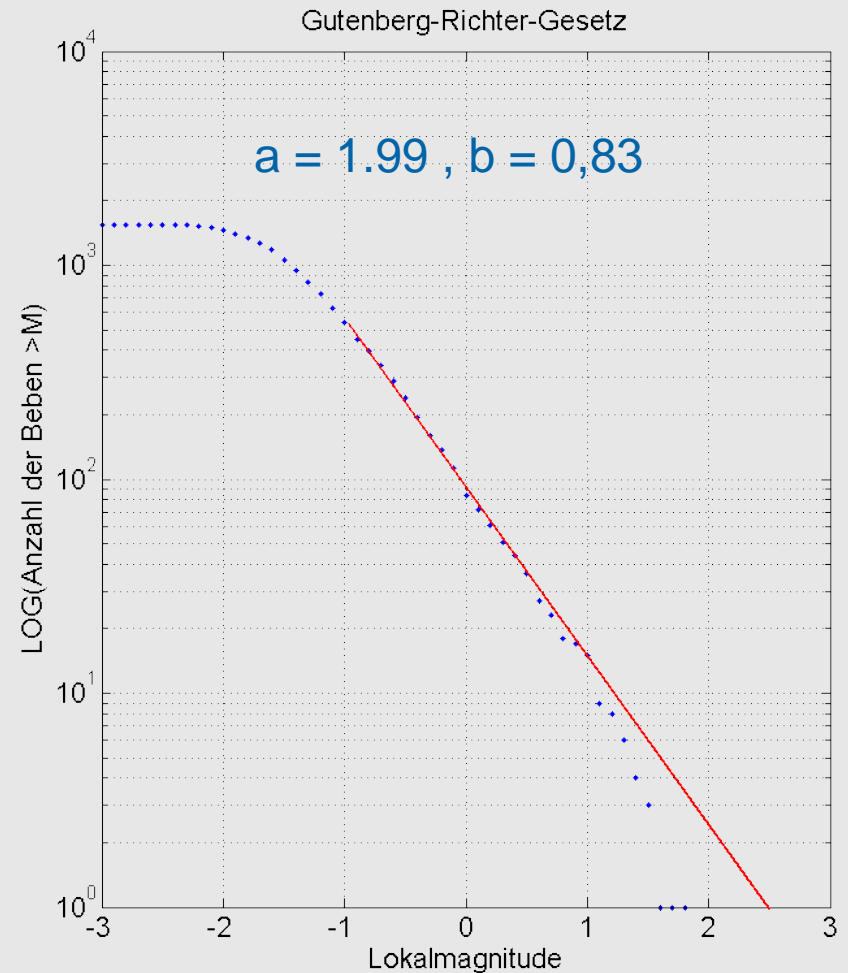
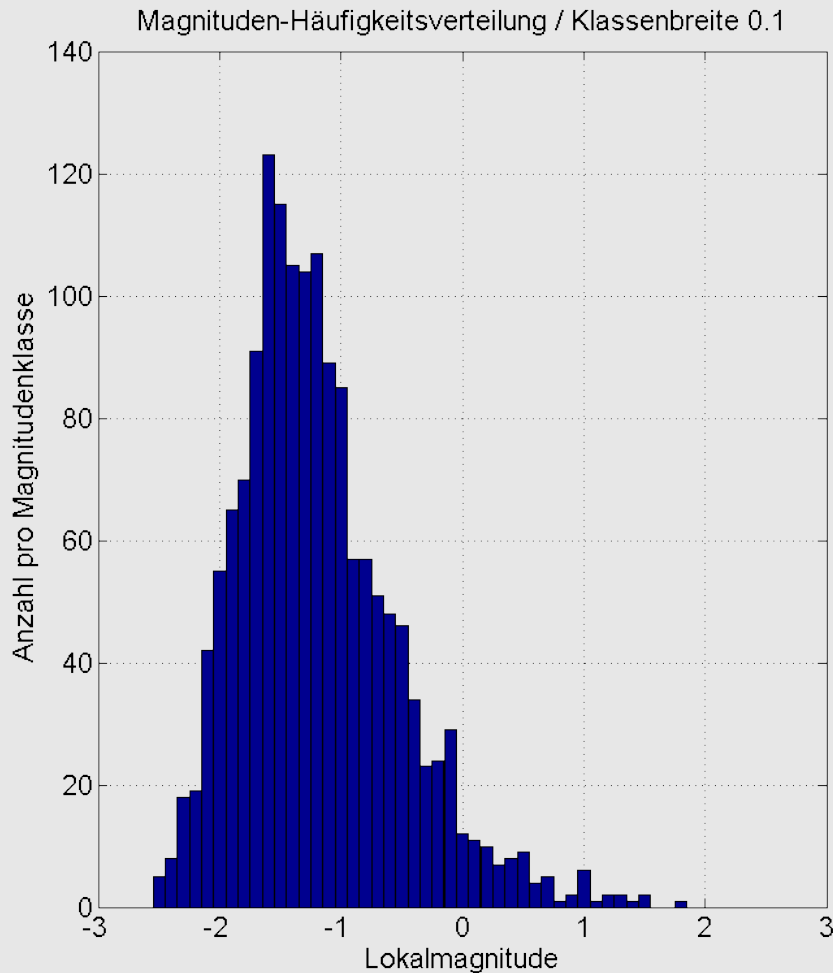




# Magnitudenabschätzung induzierte Seismizität

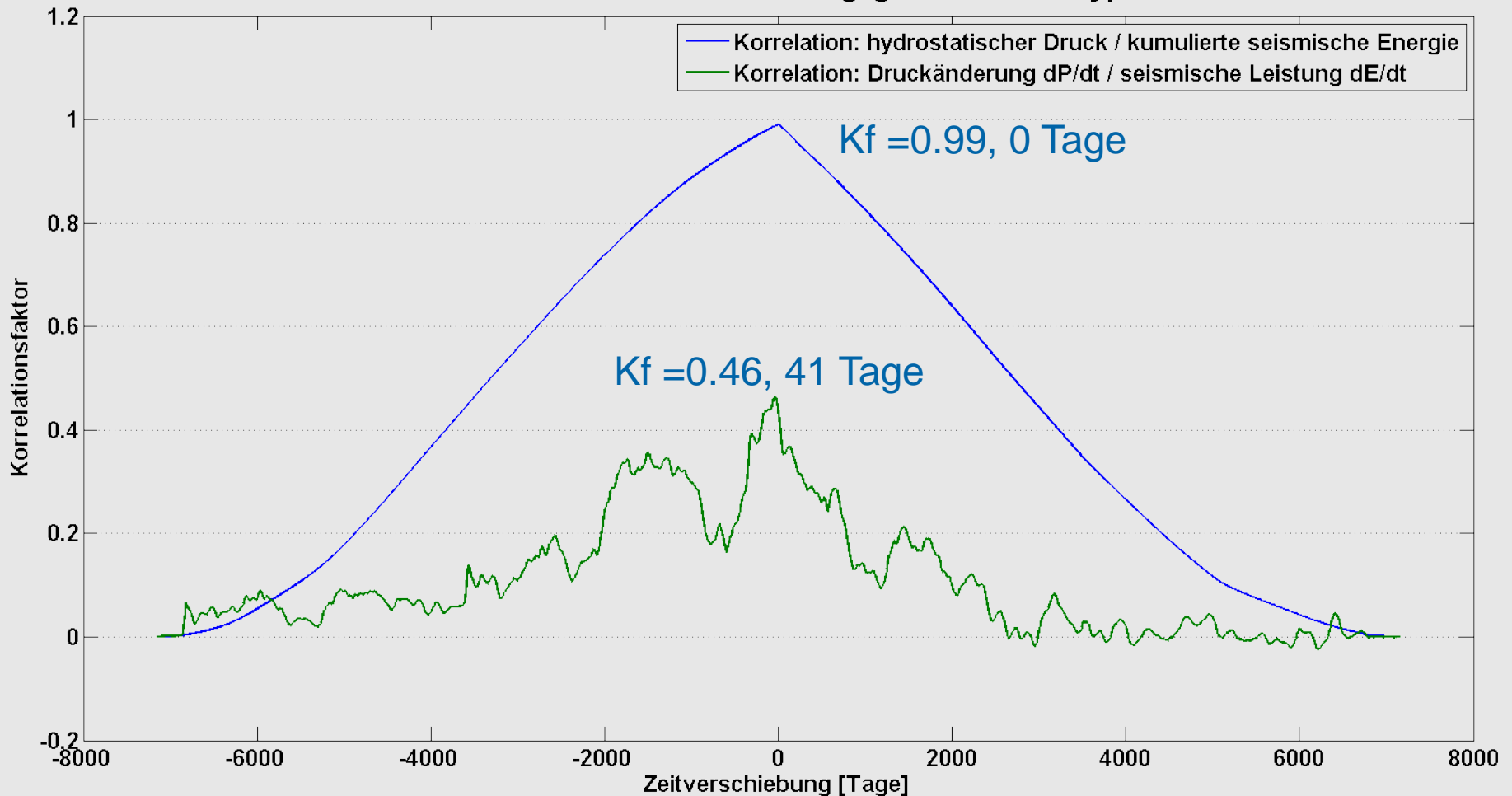
Gutenberg-Richter-Beziehung für alle Hypozentren  $N = 1554$

Abgeschätzte Maximalmagnitude für induzierte Seismizität  $M_L=2.5$



# Korrelation der induzierten Seismizität mit dem Flutungsgeschehen

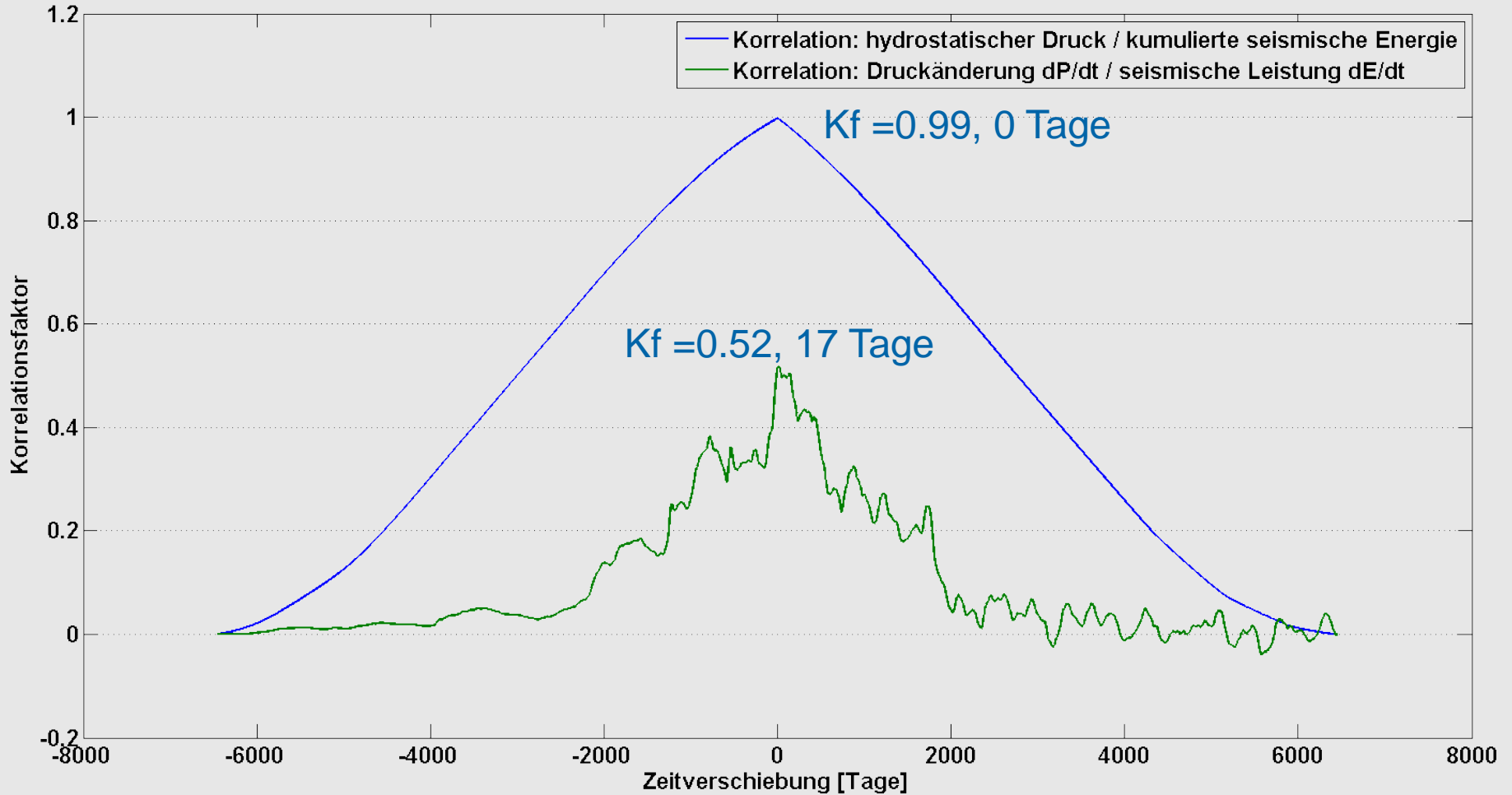
Korrelationen der ind. Seismizität mit dem Flutungsgeschehen für Hypozentren im Granit





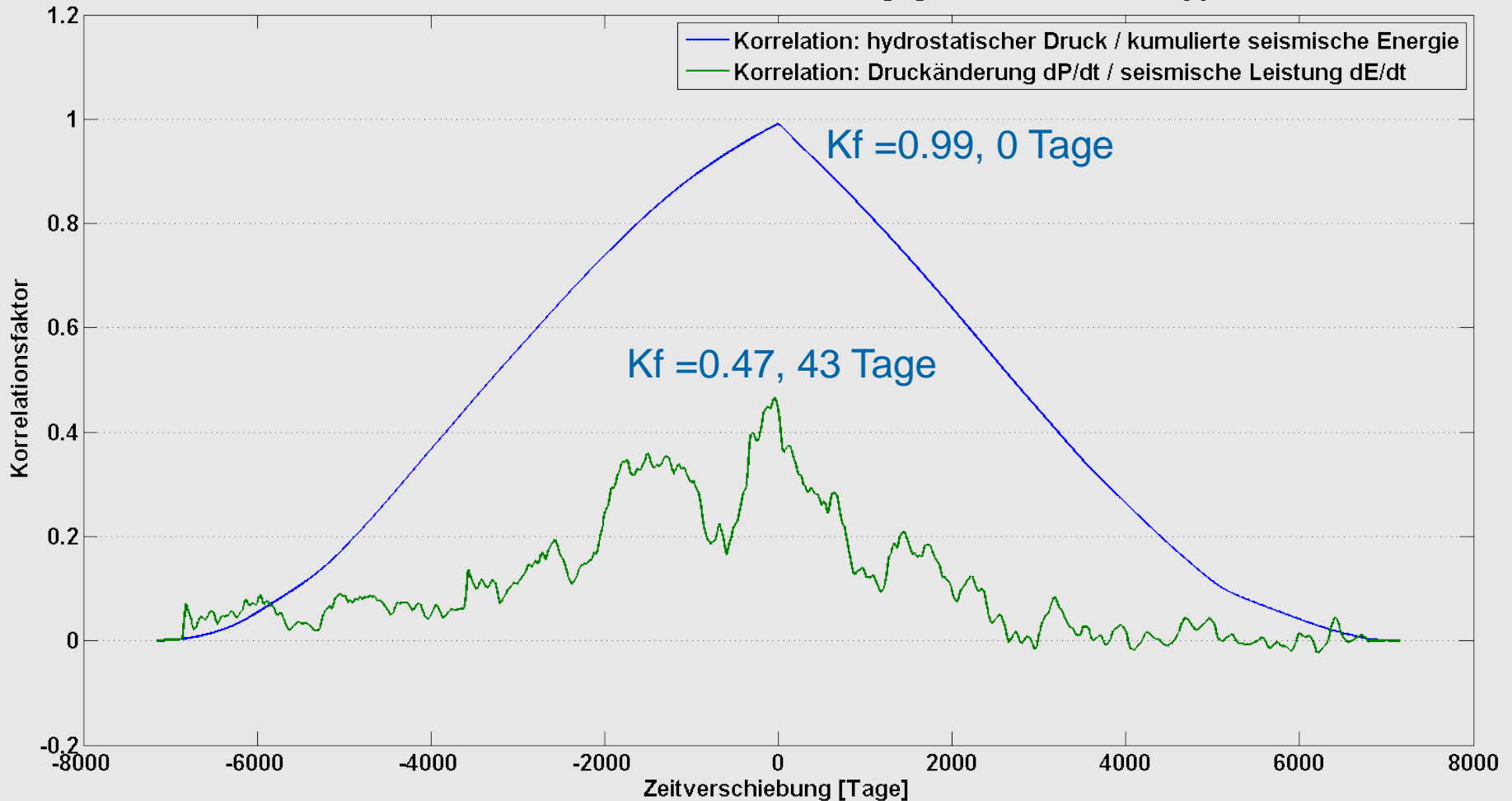
# Korrelation der induzierten Seismizität mit dem Flutungsgeschehen

Korrelationen der ind. Seismizität mit dem Flutungsgeschehen für Hypozentren im Schiefer (ohne Quarzitschiefer)



# Korrelation der induzierten Seismizität mit dem Flutungsgeschehen

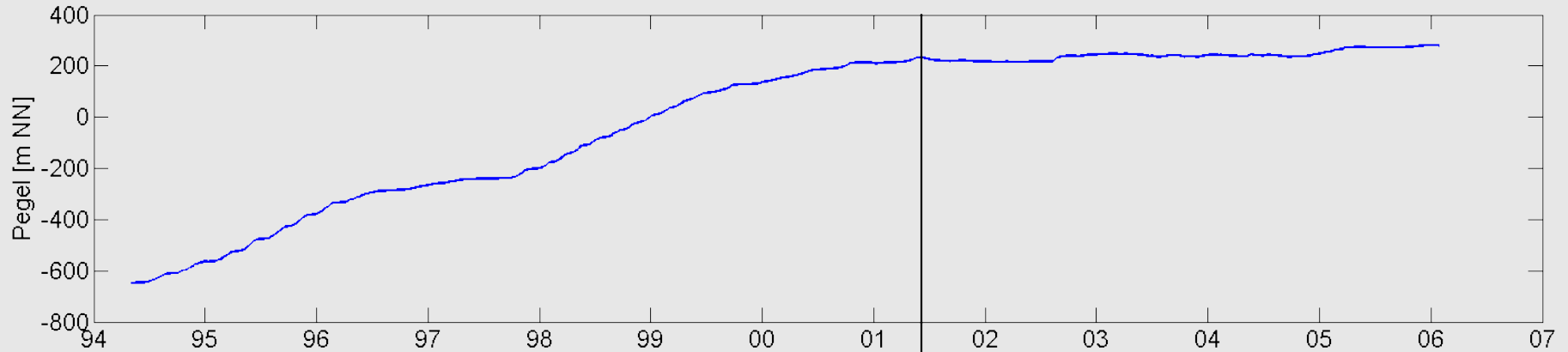
Korrelationen der ind. Seismizität mit dem Flutungsgeschehen für alle Hypozentren



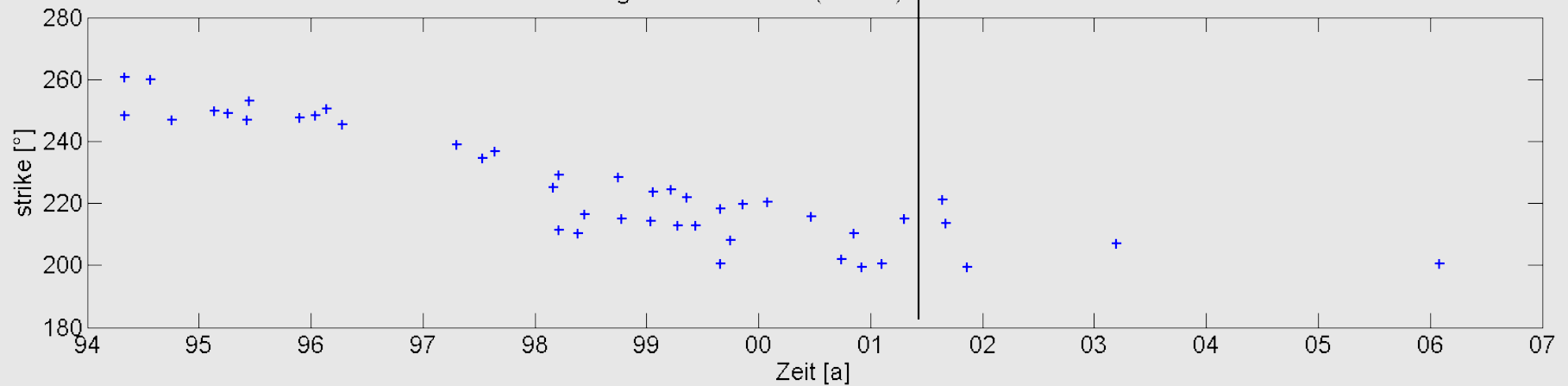


# Orientierung der Herdflächen im Flutungsverlauf

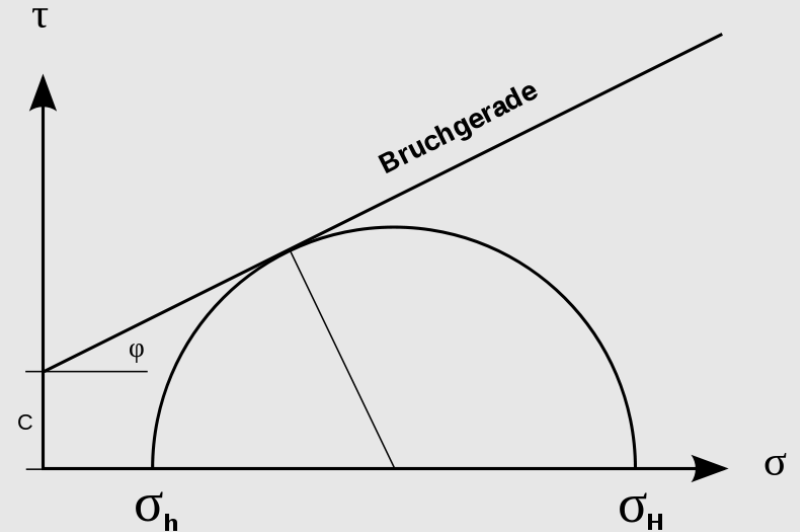
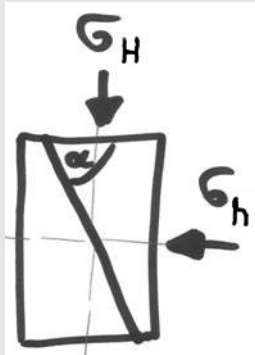
Flutungspegel im zeitlichen Verlauf



Orientierung der Herdflächen (Herd 1)

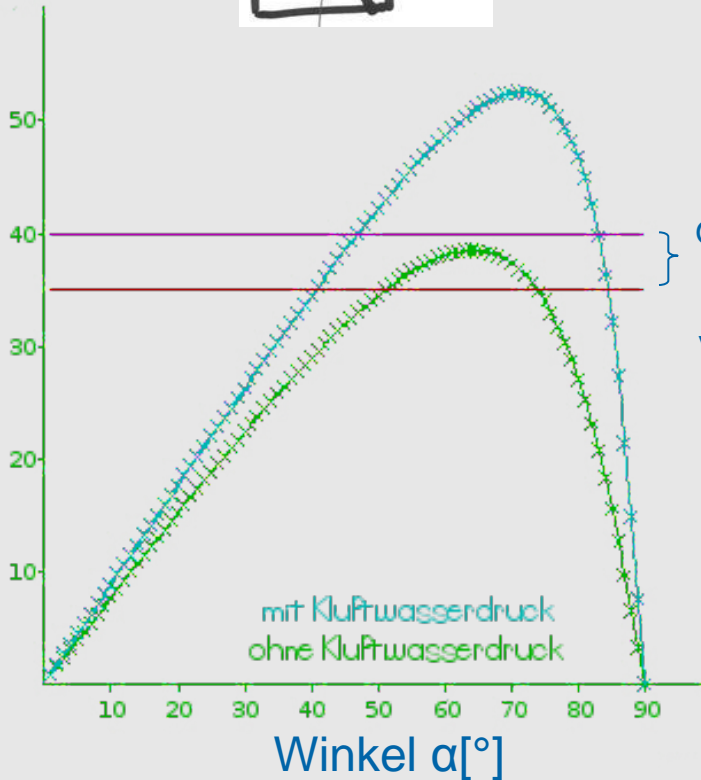


# Orientierung der Herdflächen im Flutungsverlauf



$$\tau = \sigma \cdot \tan \phi + c$$

Atan(Tau/Sigma) [°]

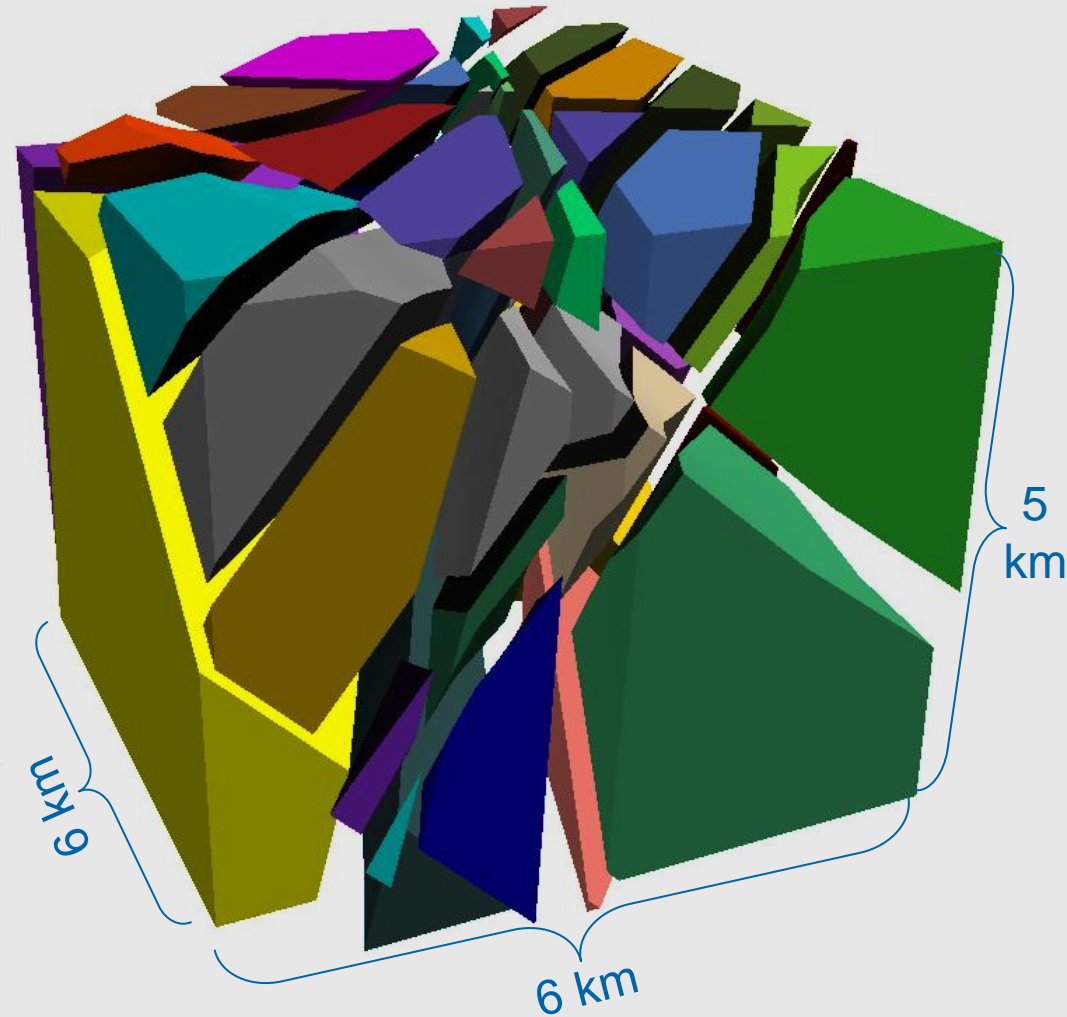
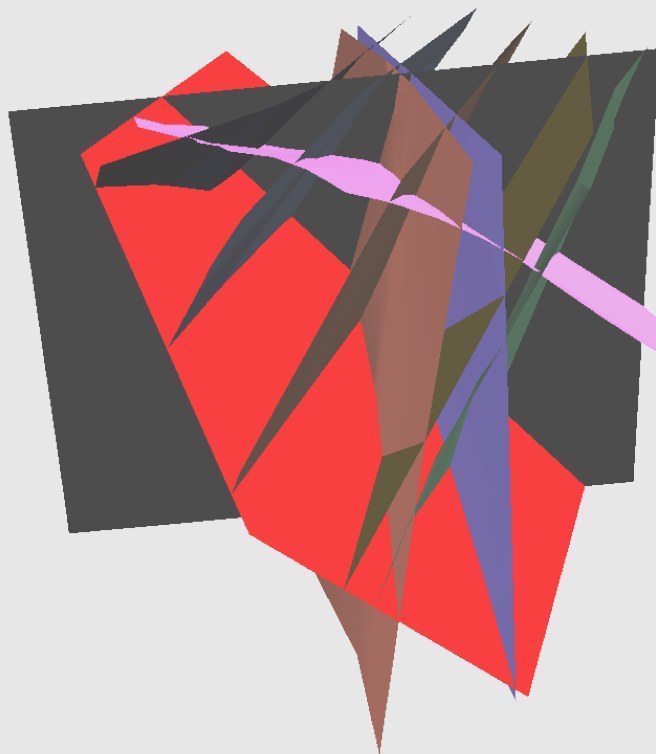


} Ober-, Untergrenze gemessener Reibungswinkel  
Versagen oberhalb der Grenze

- durch Kluftwasserdruck andere Kluftorientierungen möglich

# Geologisches Modell

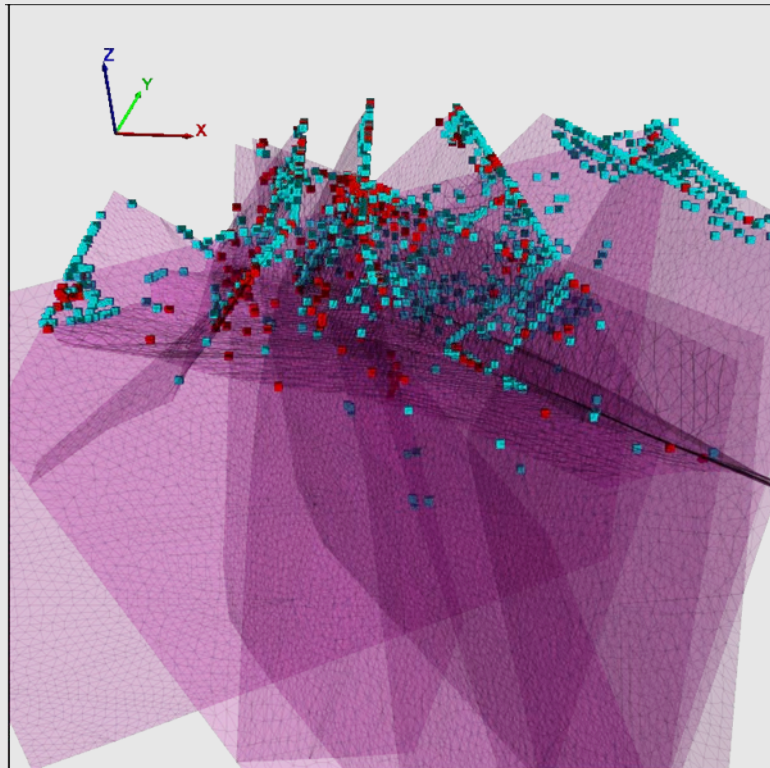
- 9 Störungssysteme
- 2 Gesteinsarten
- 53 Regionen
- Rahmen zum Aufbringen des Regionalspannungsfeldes



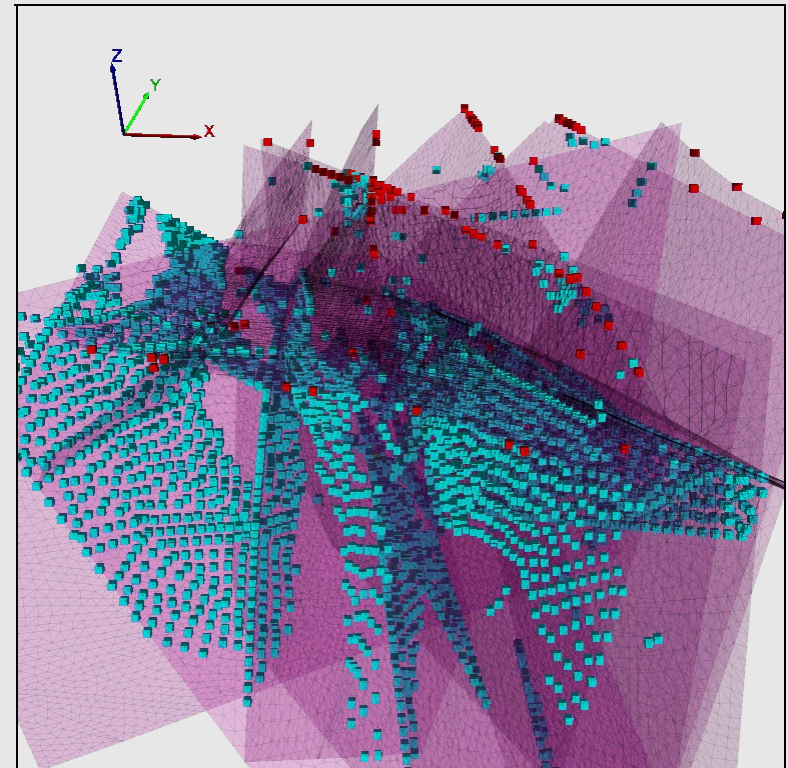
# Numerisches Modell

## Kluftbewegungen während der Abbauphase

Symbol: cube  
■ Slipping now  
■ Slipped (past)  
■ Tensile failure



## Kluftbewegungen während der Flutungsphase

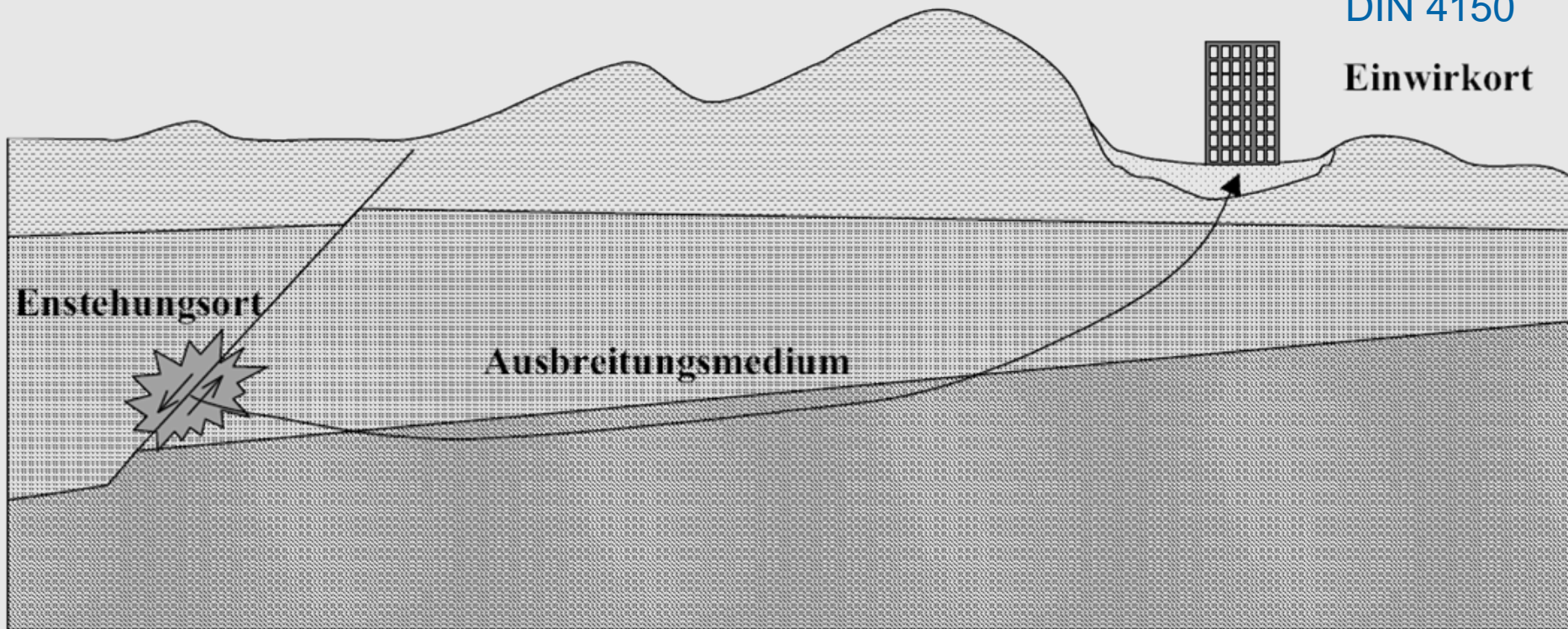




# Bestimmung von Dämpfungsparametern

DIN 4150

Einwirkort



Bildquelle: K. Meskouris et al., *Seismologische Grundlagen*



# Bestimmung von Dämpfungsparametern

$$A_{(X)} = A_0 \cdot e^{-\alpha \cdot (X - X_0)} \cdot \frac{X_0}{X} \cdot f_{(\text{Reflexionen})}$$

**intrinsische Dämpfung**
**geometrischer Ausbreitungverlust (Kugelwelle)**
**besonders bei geschichteten Sedimenten**

unter Vernachlässigung der Reflexion Granit-Schiefer:

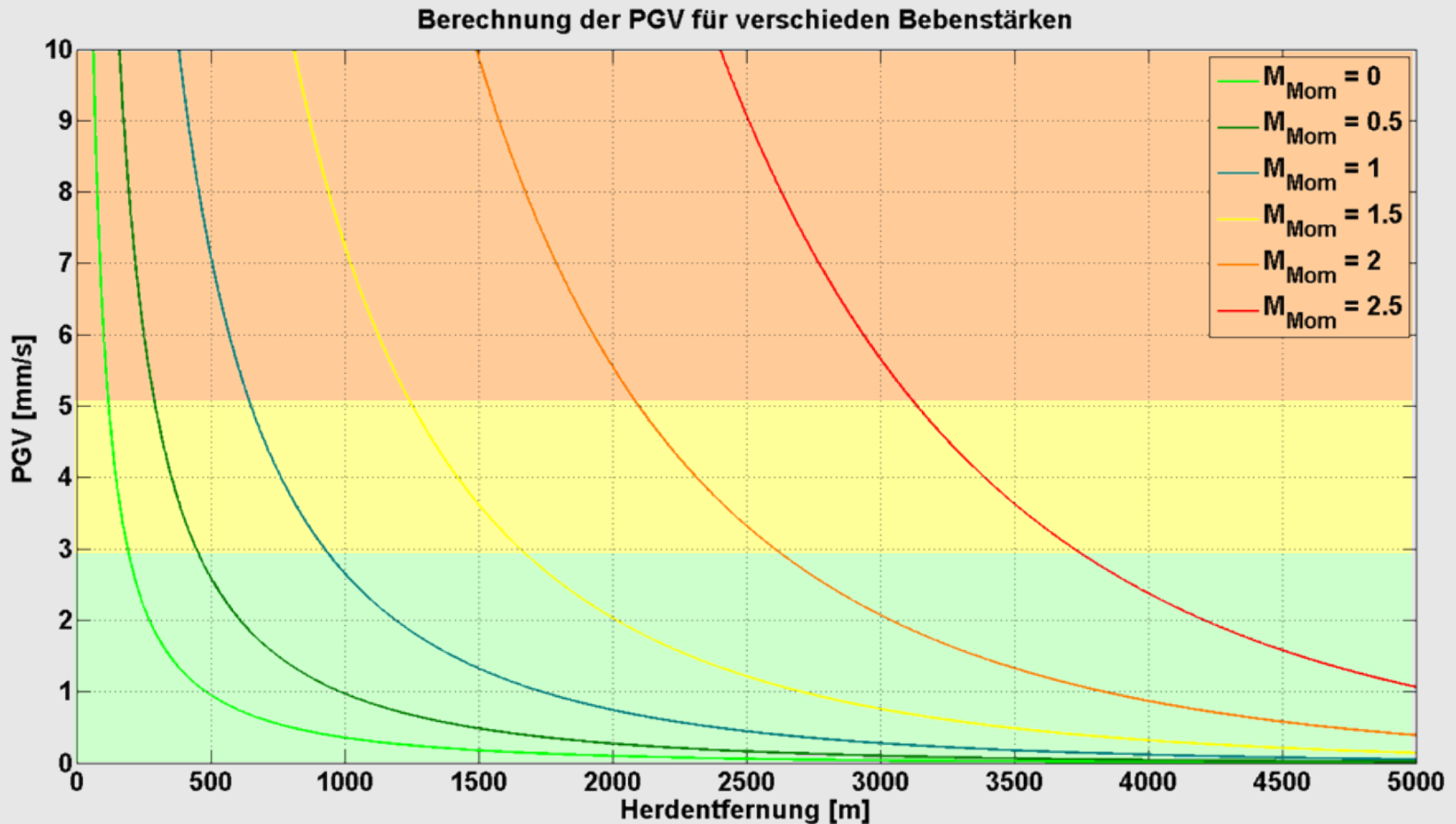
- Bestimmung von  $A_0$  und  $\alpha$  aus den Messwerten.
- Auswertung von 540 Datensätzen mit bestimmter PGV
- Ermittlung einer Beziehung von  $A_0$  und  $M_{\text{mom}}$
- Problem: starke Streuung der Einzelwerte

$$\text{PGV}_{(X)} = f_{(M_{\text{mom}})} \cdot e^{-\alpha \cdot (X - X_0)} \cdot \frac{X_0}{X}$$

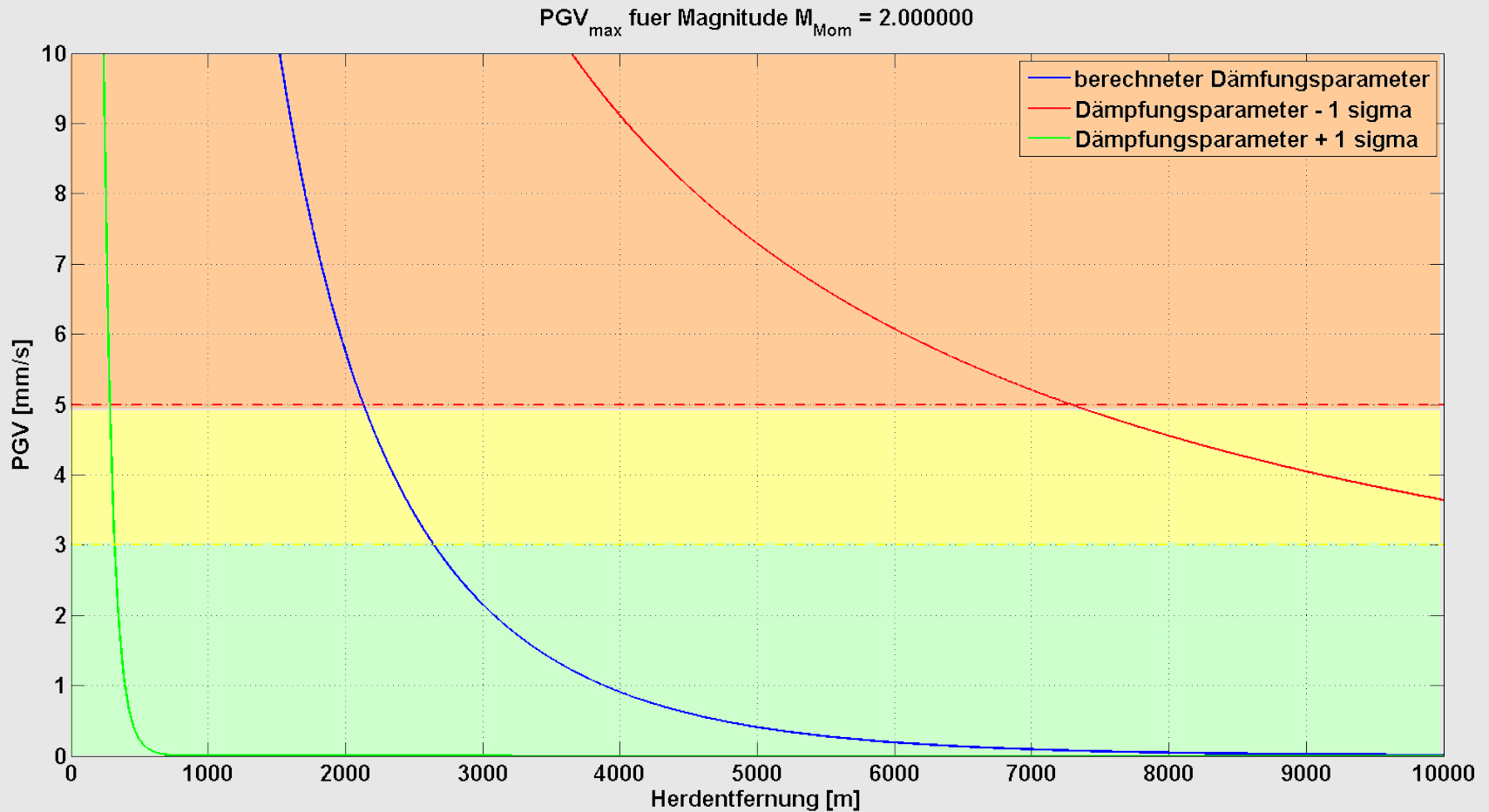
Bemerkungen:

- eingeschränkter Gültigkeitsbereich
- Vernachlässigung der Abstrahlcharakteristik
- keine Berücksichtigung von OF-Wellen

# Berechnung der PGV mit ermitteltem Dämpfungskoeffizienten



# Berechnung der PGV mit Unsicherheiten



# Bestimmung der Dämpfungsparameter

Eine genaue Kenntnis der lokationsspezifischen Dämpfungsparameter ist zur Berechnung der maximalen Schwinggeschwindigkeiten notwendig.

Eine Bestimmung der Dämpfungsparameter aus den seismologischen Daten ist mit großen Unsicherheiten behaftet. Zudem sind sehr umfangreiche Datensätze notwendig, welche in der Regel zum Geothermie-Projektanfang nicht vorliegen.

Lösungsansätze:

- Insitu-Messungen
- Laboruntersuchen an Gesteinsproben + numerische Modellierungen
- Kombination aus den vorangegangenen Punkten

# Zusammenfassung

- Die Maximalmagnitude für das Untersuchungsgebiet wird mit  $ML = 2.5$  abgeschätzt. Dabei sind hauptsächlich die Ereignisse in den Graniten für die Maximalmagnitude verantwortlich.
- Die Korrelationen zeigen einen Zusammenhang mit dem Flutungsgeschehen
- Durch Erhöhung des Kluftwasserdruckes können andere Orientierungen der Herdflächen möglich werden.
- Die numerischen Simulationen bestätigen den Zusammenhang zwischen Flutung und induzierter Seismizität
- Die Berechnung der maximalen Schwinggeschwindigkeiten aus den Daten ist zu ungenau. (neue Vorgehensweisen)

# MAGS

## Vielen Dank

Das Verbundprojekt MAGS – „*Konzepte zur Begrenzung der mikroseismischen Aktivität bei der energetischen Nutzung geothermischer Systeme im tiefen Untergrund*“ wird finanziert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und betreut vom Projektträger Jülich.  
Förderkennzeichen:0325191A-F



Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit

