

Risiken der Geothermie – Seismizität

Dr. Simon Kremers

Dipl.-Geophys.

Fachstelle für Erschütterungsmessungen

DMT GmbH & Co. KG

Exploration & Geosurvey

Am Technologiepark 1

45307 Essen

Tel.: 0201 172 1944

Übersicht

Induzierte seismische Ereignisse

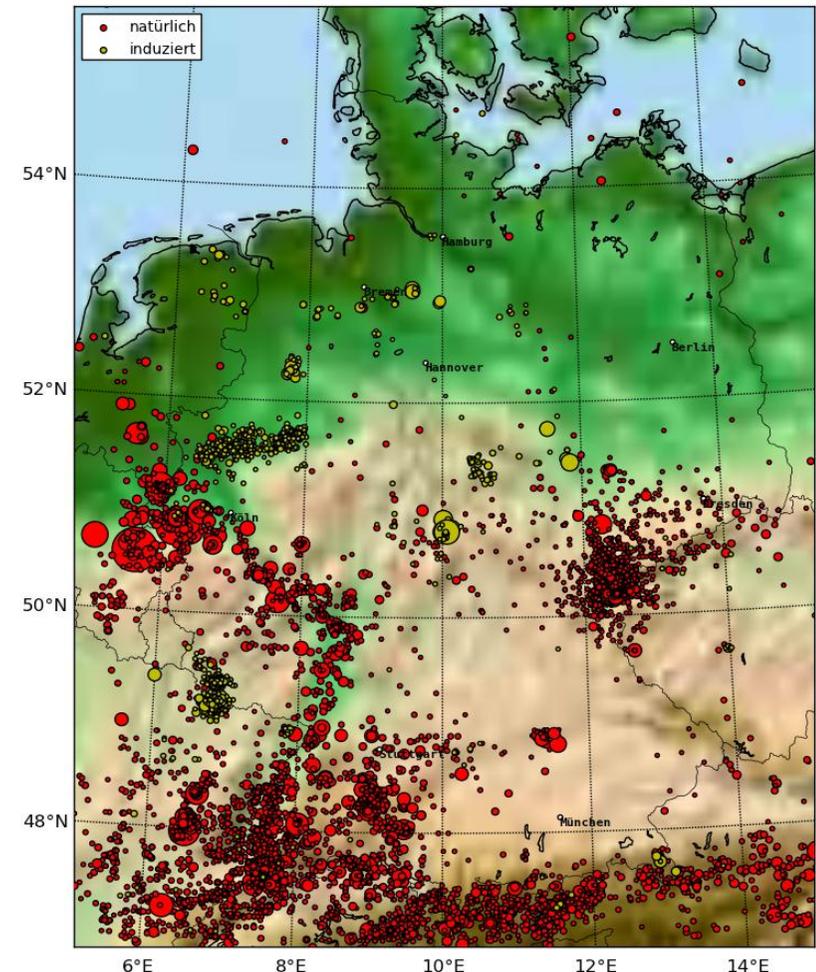
Emission und Immission: Seismische Ereignisse und Erschütterungen

Messung und Beurteilung von Erschütterungen nach DIN 4150-3

Induzierte Seismizität in der Tiefen Geothermie

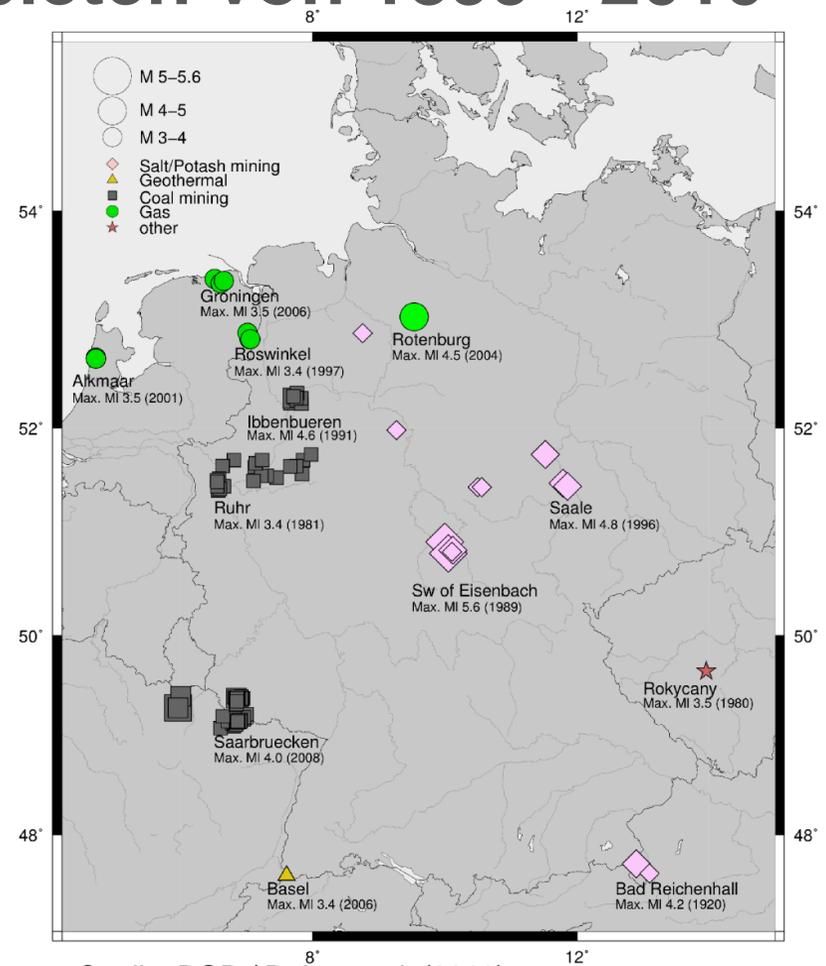
Erdbeben in Deutschland

- Seismizität in Deutschland seit 800 n.C.
- Unterscheidung zwischen „natürlichen“ und „induzierten“ Ereignissen
- Konzentration der natürlichen Ereignisse auf bestimmte (tektonisch aktive) Regionen
- Konzentration der induzierten Ereignisse auf Regionen mit Rohstoffförderung (Bergbau, Erdgas, Steinbrüche, Geothermie)



Potentiell induzierte Seismizität mit $M > 3$ in Deutschland und den Nachbargebieten von 1899 - 2010

- Erdgaslagerstätten Niederlande
- Erdgaslagerstätten Deutschland
- Steinkohle: Ibbenbüren, Ruhr, Saar
- Steinkohle Frankreich
- Kalibergbau (Teutschenthal, Völkershausen)
- Salzbergbau (Bad Reichenhall, 1920)
- Geothermie Basel
- uvm. mit $M < 3$
 - Peißenberg – Oberbayern (Steinkohle)
 - Luga-Oelsnitzer Revier (Steinkohle)
 - Aue (Flutung Urangrube der Wismut)
 - Geothermie Landau ($M=2,7$)
 - Braunkohleförderung NRW
 - Geothermie Unterhaching ($M=2,4$)



Quelle: BGR / Dahm et al. (2010)

Induzierte seismische Ereignisse

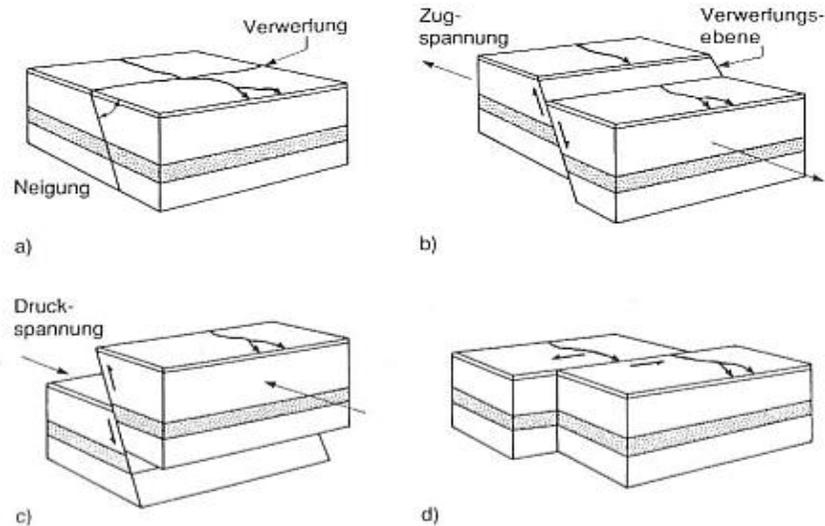


Bild 7.3. Verwerfungstypen: a Verhältnisse vor Aktivierung, b Abschiebung („normal fault“) infolge Zugspannungen, c Aufschubung infolge Druckspannungen („thrust fault“), d seitliche Verschiebung („lateral strike slip fault“) infolge Schubspannungen

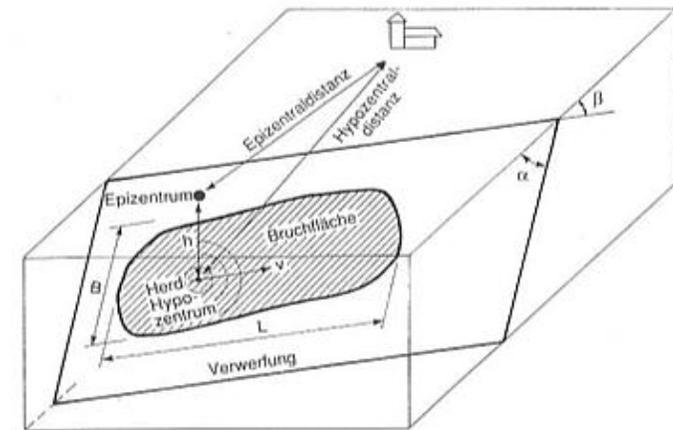
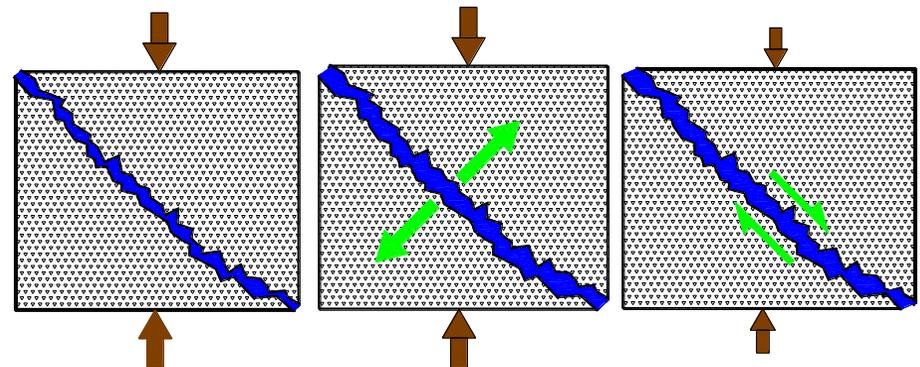


Bild 7.4. Definition von Verwerfungsebene, Einfallswinkel α , Streichwinkel β , Bruchfläche (L = Länge, B = Breite), Herd (Hypozentrum), Herdtiefe h , Epizentrum, Bruchausbreitungsgeschwindigkeit v , Hypozentral- und Epizentraldistanz

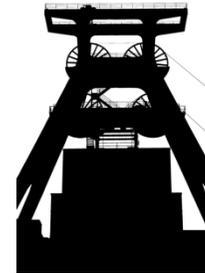
Studer et al., 2007. Bodendynamik, Springer Verlag.

Erhöhung des Porendruckes bewirkt eine Verringerung der effektiven Normalspannung

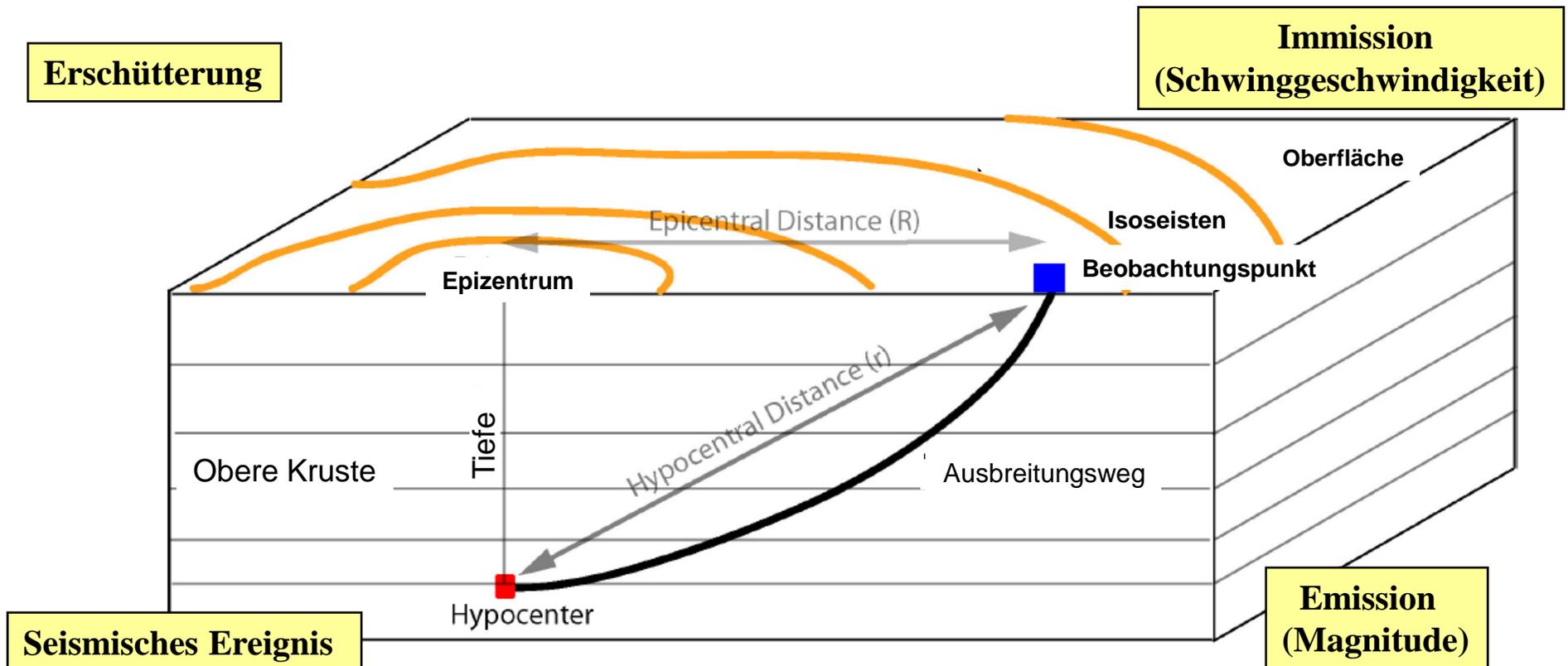


Induzierte seismische Ereignisse

- Sind Bruchvorgänge im Untergrund
- Können immer dann entstehen, wenn das Spannungsfeld im Untergrund (durch menschliche Eingriffe) verändert wird
- Entstehen dann, wenn die Festigkeit des Gesteins überschritten wird
- Beispiele
 - Talsperren
 - Bergbau
 - Erdöl- und Erdgasförderung
 - CO₂ Speicherung
 - Tiefe Geothermie

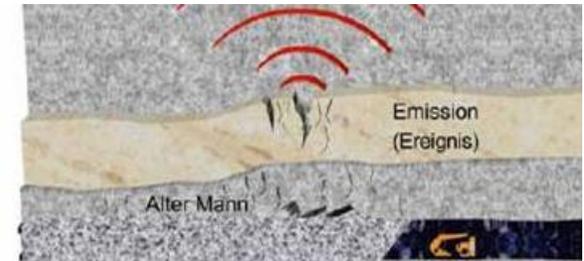


Auswirkungen auf die Erdoberfläche



Emission und Immission

Emission



Quelle
(Quellstärke)

Sprengung
(Lademenge)

Fallgewicht
(Masse)

Seismisches Ereignis
(Magnitude)



Immission

Stärke der Einwirkung (Erschütterung) auf Gebäude objektiv messbar (kalibriertes Messgerät) und beurteilbar (DIN 4150-3)

Beurteilung von Erschütterungen – DIN 4150-3

- Regelt Messung durch den Verweis auf die entsprechende Gerätenorm (Genauigkeit, Kalibrierung, Frequenzbereich, usw.)
- Enthält Angaben zu Messgrößen, Messorten, Ankopplung
- Nennt Anhaltswerte zur Beurteilung von Erschütterungen
- Basiert auf mehr als 100jähriger Erfahrung in der Beurteilung der Schadenswirkung von Erschütterungen

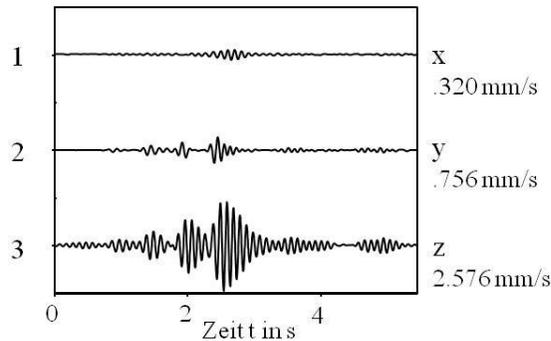
Messkonzepte – DIN 4150-3

- **Messgeräte**
Die Messung von Erschütterungen erfolgt mit kalibrierten Erschütterungsmessgeräten
- **Messort**
Die Messung erfolgt am Fundament (Keller) des Gebäudes in drei orthogonalen Raumrichtungen
- **Beurteilung**
Die Beurteilung erfolgt anhand der Fundamentmesswerte. Die restriktiven Anhaltswerte der deutschen DIN 4150 erlauben damit eine Beurteilung der Erschütterungseinwirkung auf das Gesamtgebäude



Typische Schwinggeschwindigkeiten

0,1 bis 0,2 mm/s	Hintergrunderschütterungen (Wind, Verkehr, ...)
0,3 mm/s	Erschütterungen können verspürt werden
3 mm/s	Erschütterungen werden stark verspürt
5 mm/s	Anhaltswert nach DIN 4150 (tiefe Frequenzen)



Fahrbahnbelag

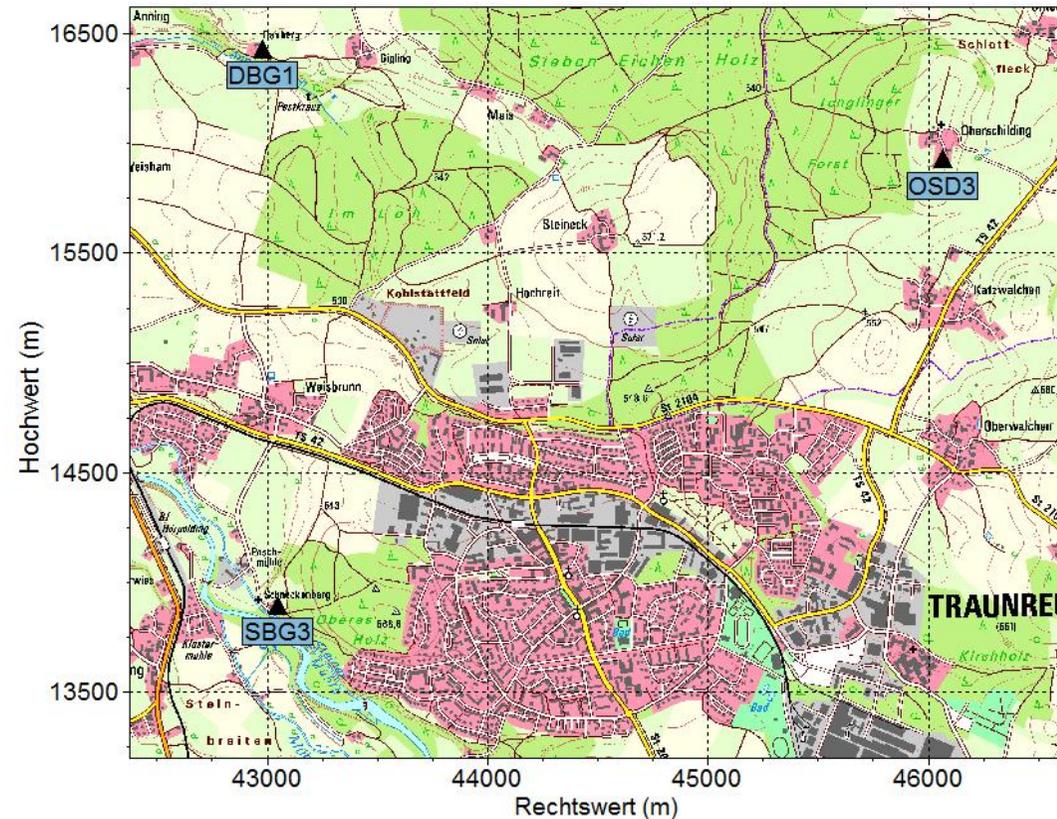
normal
 gepflastert
 stark uneben

Schwinggeschwindigkeit

Registrierabstand 10 m bis 20 m
 < 0.5 mm/s
 um 1.0 mm/s
 > 1.5 mm/s

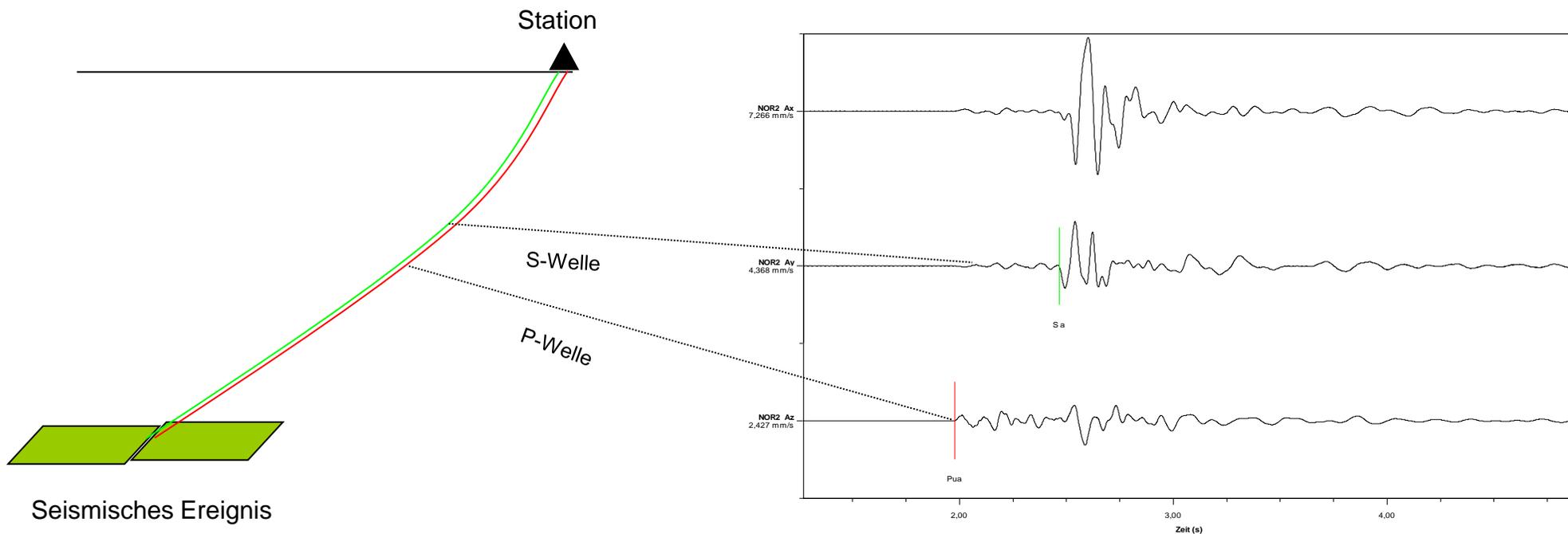
Geothermie Traunreut - Messnetz

- Überwachung seit September 2010 (vor Beginn der Bohrungen)
- Datenübertragung auf die Server der DMT nach Essen
- Automatische Ereignisdetektion und ggf. Versendung vom Alarmierungen
- Bis heute keine Mikroseismizität registriert

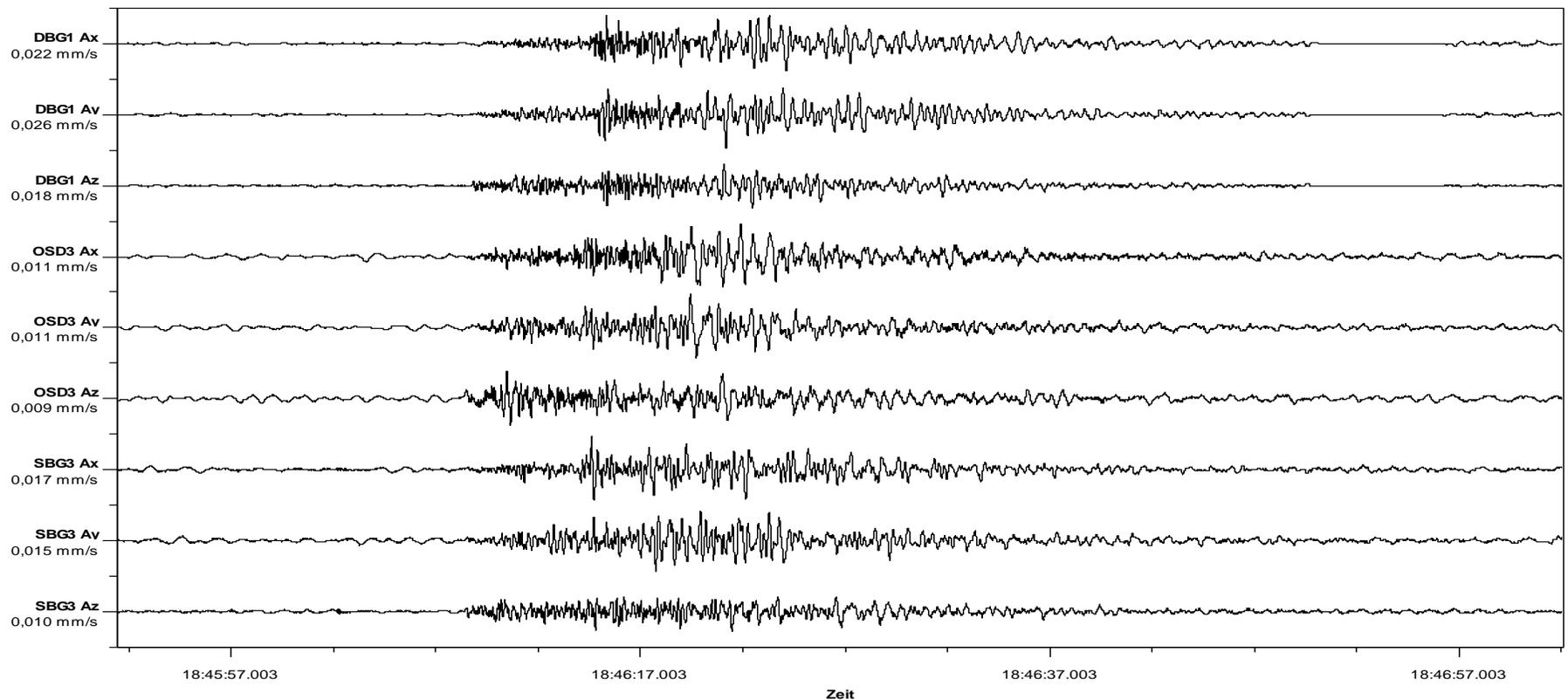


Seismologische Auswertungen

- Ermittlung der Ereignisentfernung (1 Station)
- Lokalisierung des Ereignisses (ab 3 Stationen)

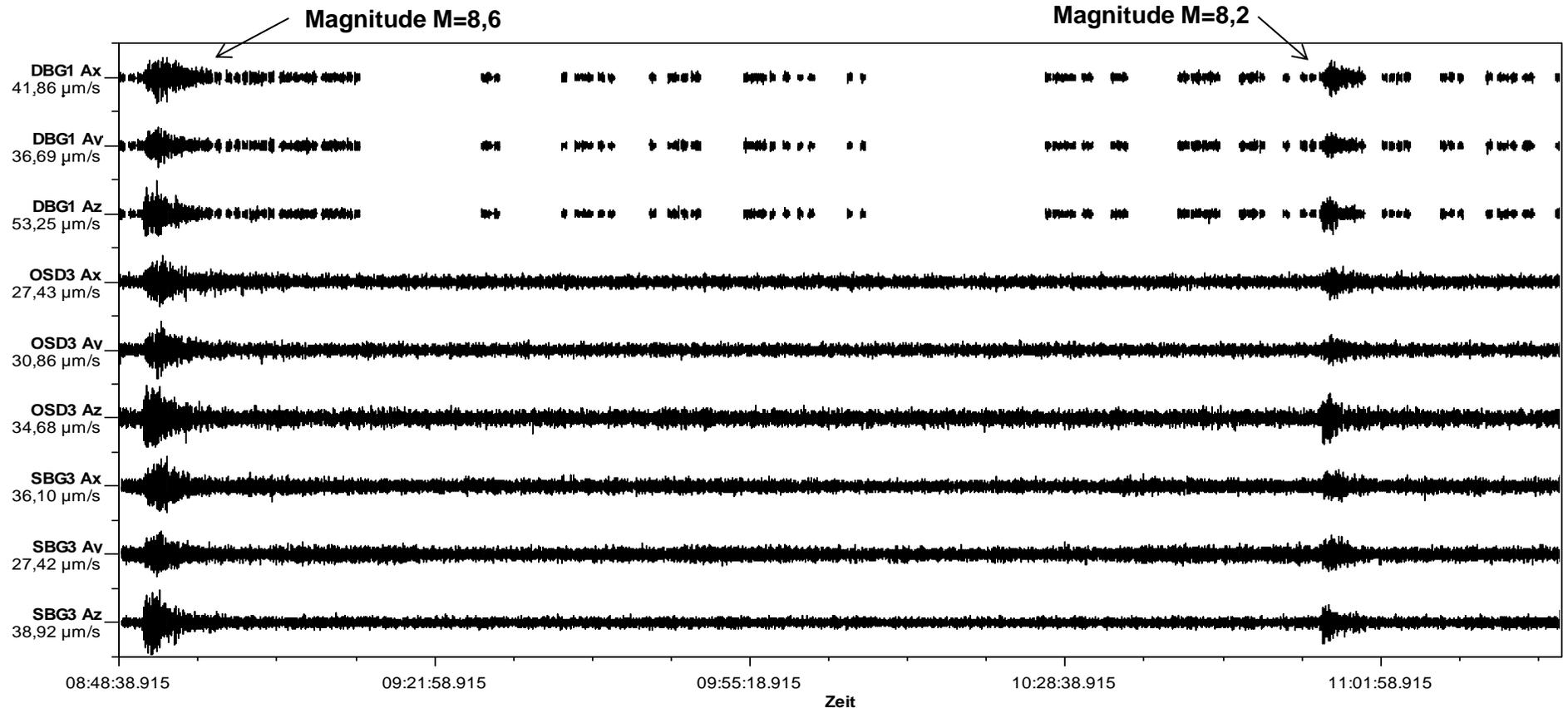


Registrierung des Erdbebens in Bad Reichenhall (24.04.2012; MI = 3,2)



GTR 24.04.2012 18:32:17

Registrierung der Erdbeben in Sumatra (11.04.2012; M = 8,6 & M = 8,2)



GTR 11.04.2012 08:48:38

Induzierte Seismizität in der tiefen Geothermie

Geothermieprojekte mit spürbarer Seismizität

- Soultz (M=2.9)
- Basel (M=3.4)
- Landau (M=2.7)
- Unterhaching (M=2.4)
- Insheim (M=1.9)

Geothermieprojekte ohne spürbare Seismizität

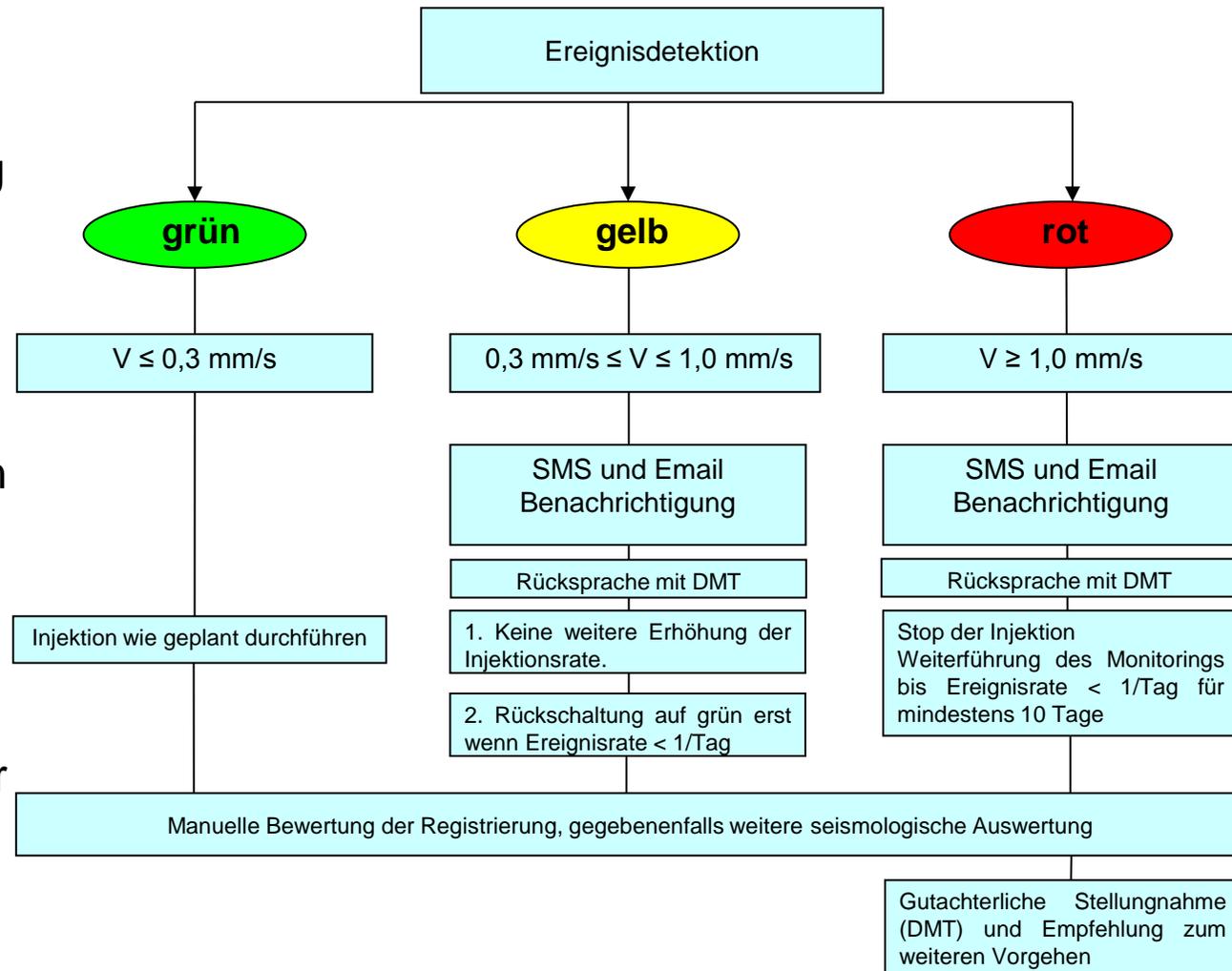
- Groß-Schönebeck (M=-1)
- Horstberg (M=0.5)
- GeneSys
- Neustadt-Glewe
- Traunreut
- Ismaning
- Garching
- Unterschleißheim
- Sauerlach
-

Messung induzierter Seismizität

- Ziel der Messungen (Geothermie)
 - Vermeidung von potentiell schädigenden Ereignissen
 - Vermeidung von spürbaren Ereignissen!
 - Beweissicherung (können Schäden eingetreten sein?)
 - Unterscheidung zwischen natürlichen Erdbeben und induzierten Ereignissen
 - Untersuchung der Reservoireigenschaften
- GTV Richtlinie 1101 / Empfehlung des FKPE
Sichere Erfassung aller induzierten Ereignisse, die eine Größenordnung schwächer als die Spürbaren sind -> $v \sim 0,03 \text{ mm/s}$
- DIN 4150
Beurteilung der Schadenswirkung von Ereignissen
- Kontrolle?

Kontrollierter Betrieb (Ampelsystem)

- Ampelsystem zur Steuerung der Anlage im Falle von registrierter Mikroseismizität
- Uneingeschränkter Betrieb im Falle von nicht-spürbaren Ereignissen
- Stop des Betriebes für Ereignisse, die um den Faktor 5 unterhalb der in der DIN 4150 genannten Anhaltswerte liegen



Zusammenfassung

- Induzierte Seismizität kann prinzipiell bei jedem Geothermieprojekt auftreten
- In der bayerischen Molasse ist die Wahrscheinlichkeit spürbarer Ereignisse jedoch deutlich geringer als bsp.weise im Oberrheingraben
- Zur Ursachenermittlung und zur gezielten Steuerung der Seismizität ist eine Messung nach seismologischen Standards notwendig (GtV Richtlinie)
- Die Auswirkungen von Erschütterungen können nach bewährten DIN Normen beurteilt werden
- Seismizität kann durch einen Stufenplan (Ampelsystem) kontrolliert werden

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!