

Tiefe Geothermie und Seismizität

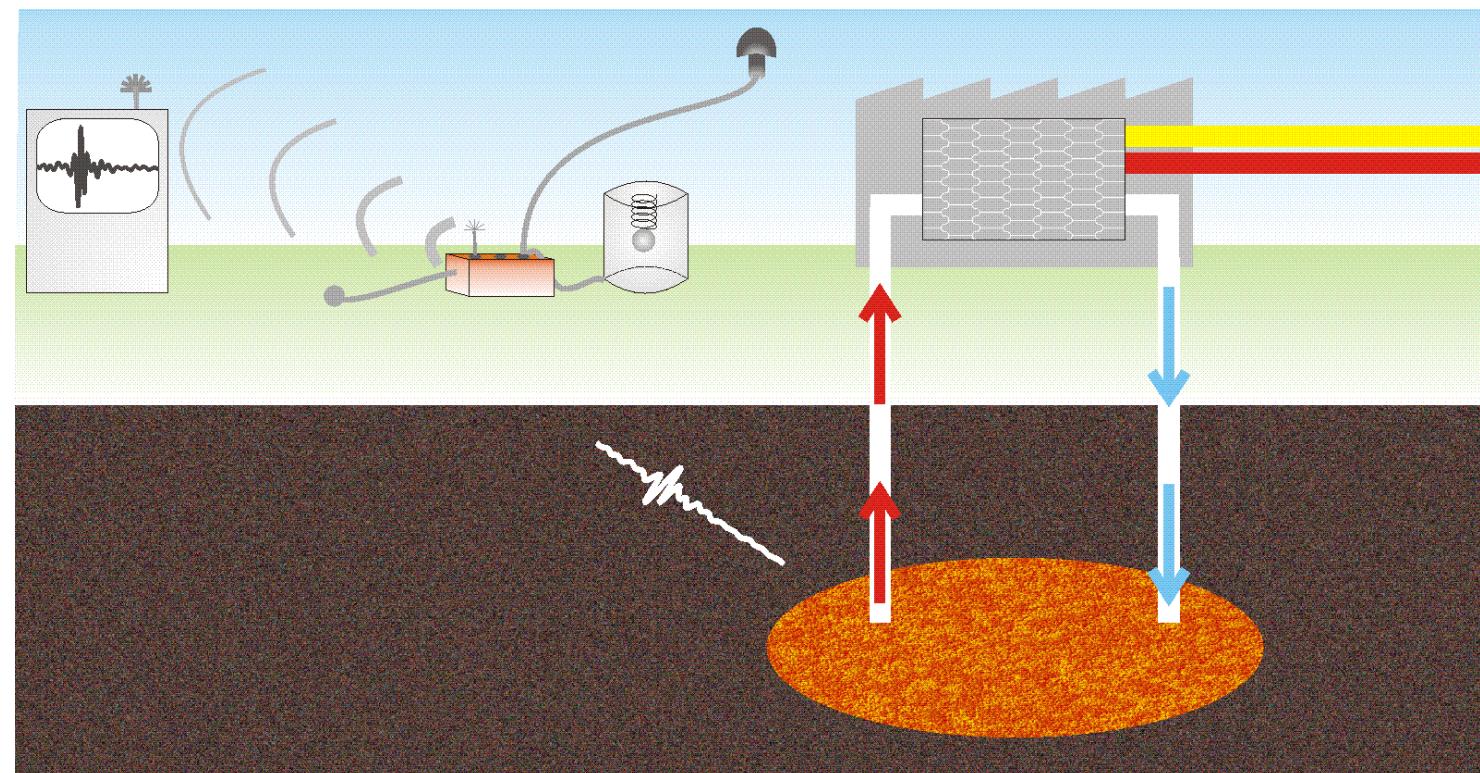
Dr. Christian Bönnemann

Direktor und Professor
Leiter des Fachbereichs „Seismologisches
Zentralobservatorium, Kernwaffenteststopp“

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover

**Bürgerdialog
Geothermie-
projekt
Groß-Gerau:**

**Bürgerforum 2
am 05.02.2013**



Risiken in der Tiefen Geothermie

Fündigkeitsrisiko

Risiko, ein geothermisches Reservoir in nicht ausreichender Quantität oder Qualität zu erschließen.

Betriebsrisiko (Dauerhaftigkeit)

Veränderungen der Quantität (Förderrate, Temperatur) und Qualität (Zusammensetzung) des Fluids während der geothermischen Nutzung der Bohrung.

Bohrrisiko

Alle technischen Risiken, die der Bohranlage und dem Bohrprozess zugeordnet werden können.

Seismisches Risiko

Auftreten von spürbarer Seismizität während der Erschließung oder des Betriebs einer geothermischen Anlage.

Nach R. Schulz, LIAG Hannover

Potenzielle Pfade zum Grundwasser bei hydraulischer Stimulation

Beispiel aus der Erdgasförderung

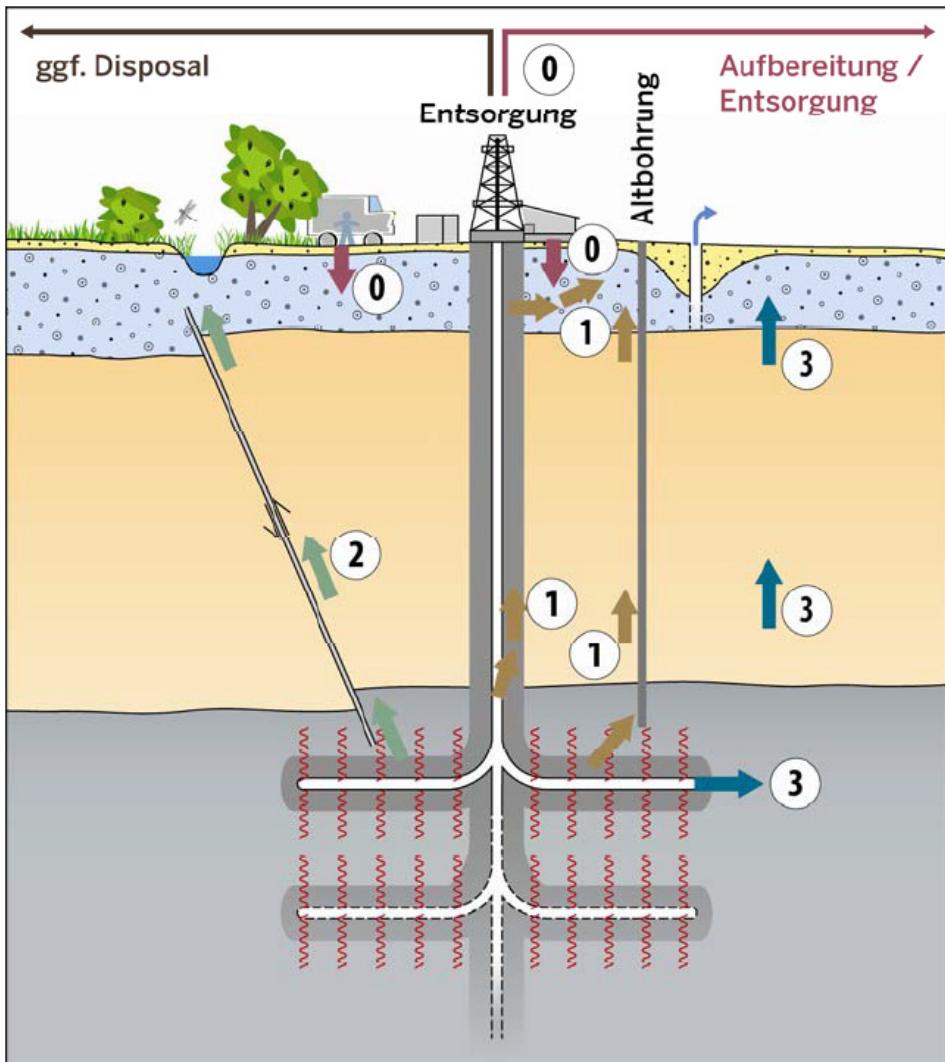


Bild: Umweltbundesamt

Tiefe Geothermie Groß-Gerau, Risiken für das Grundwasser?

Technische Pfade

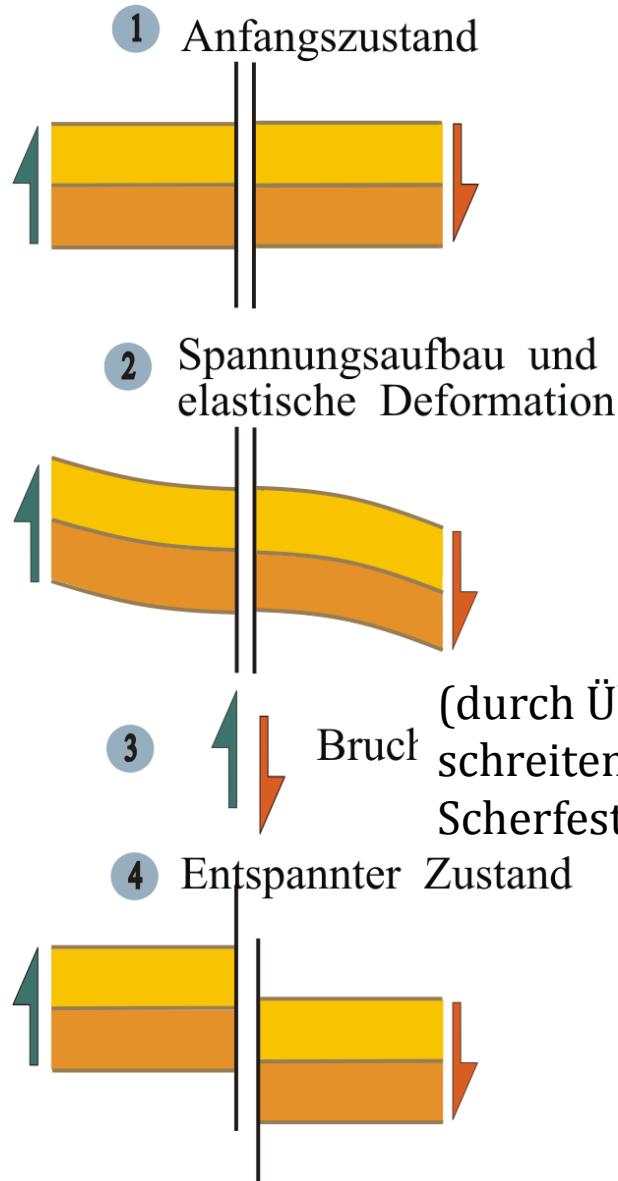
- Versickerung: strenge Auflagen bei der Einrichtung des Bohrplatzes (Bergamt, Wasserbehörde)
 - Einhaltung der Auflagen und Vorschriften, Ausführung nach Stand der Technik: Grundwasserschutz hat höchste Priorität
- Undichtigkeit Bohrlochzementierung / Rohrtour
 - Ausführung nach Stand der Technik; Bohrlochmessungen; Überwachung des Drucks im Bohrloch; Mehrfachverrohrung im Bereich des Grundwassers

Geologische Pfade

- Permeabilität / Diffusion / Migration; Störungen
 - Zielhorizont für die Geothermie liegt sehr tief; Deckgebirge dichtet sehr gut ab (Tone)
- künstliche hydraulische Verbindung durch Frackvorgang
 - Groß-Gerau: Hydrothermales Projekt – **keine hydraulische Stimulation notwendig**

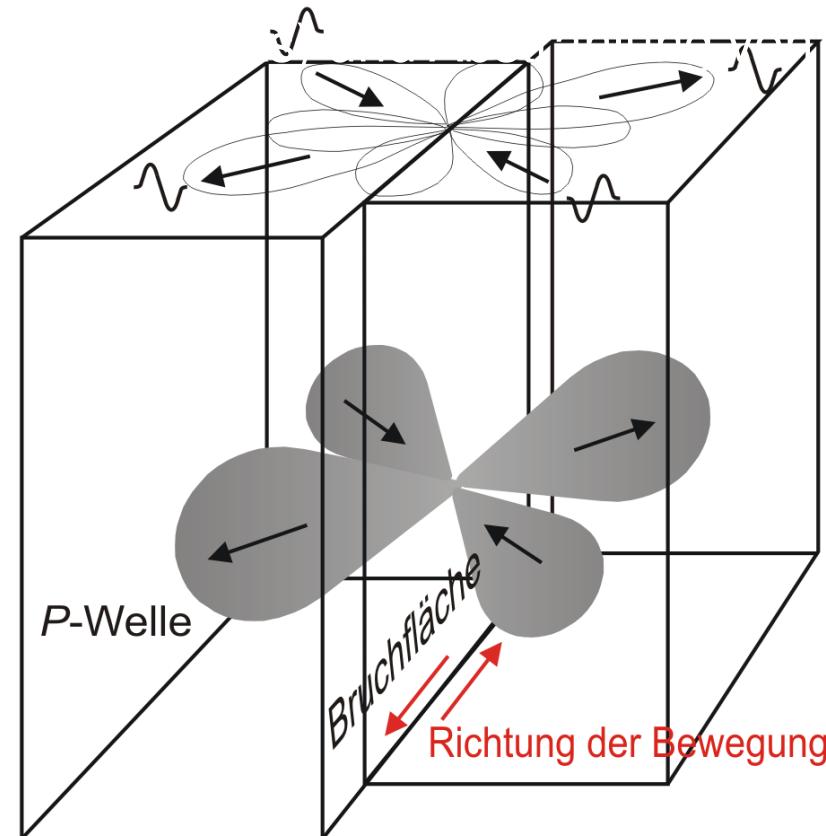
Seismizität

- Natürliche, induzierte und getriggerte Erdbeben
- Skalen zur Messung und Bewertung von Erdbeben
- Erdbeben in Deutschland und im Rhein-Main-Gebiet
- Seismische Überwachung von Projekten der Tiefen Geothermie



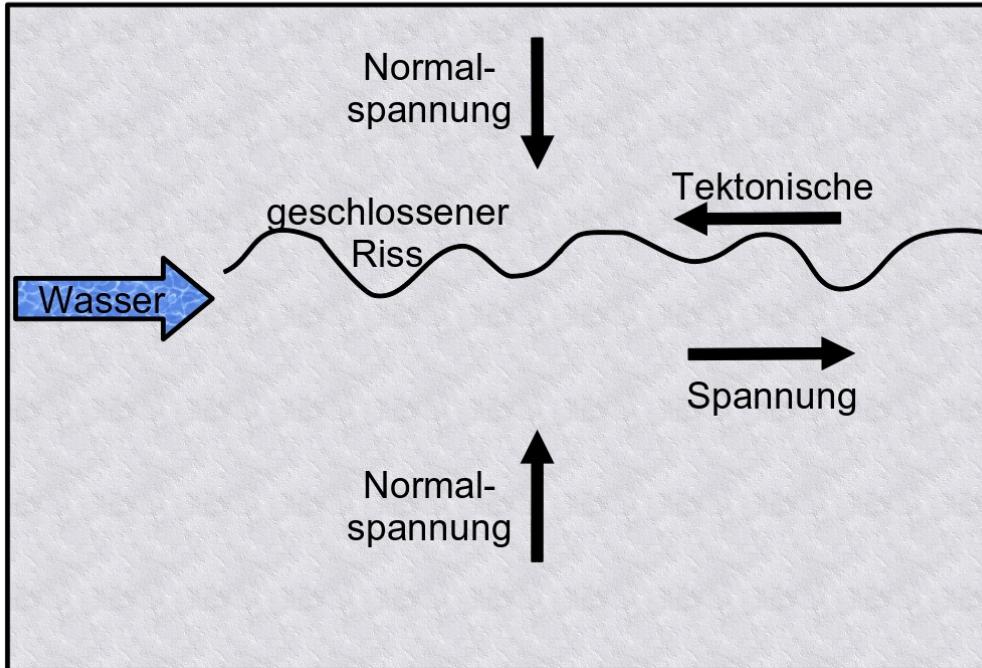
Scherbruch

Den meisten seismischen Ereignissen – vom unhörbaren Knacken bis zum Mega-Erdbeben – liegt dieser physikalische Mechanismus zugrunde.

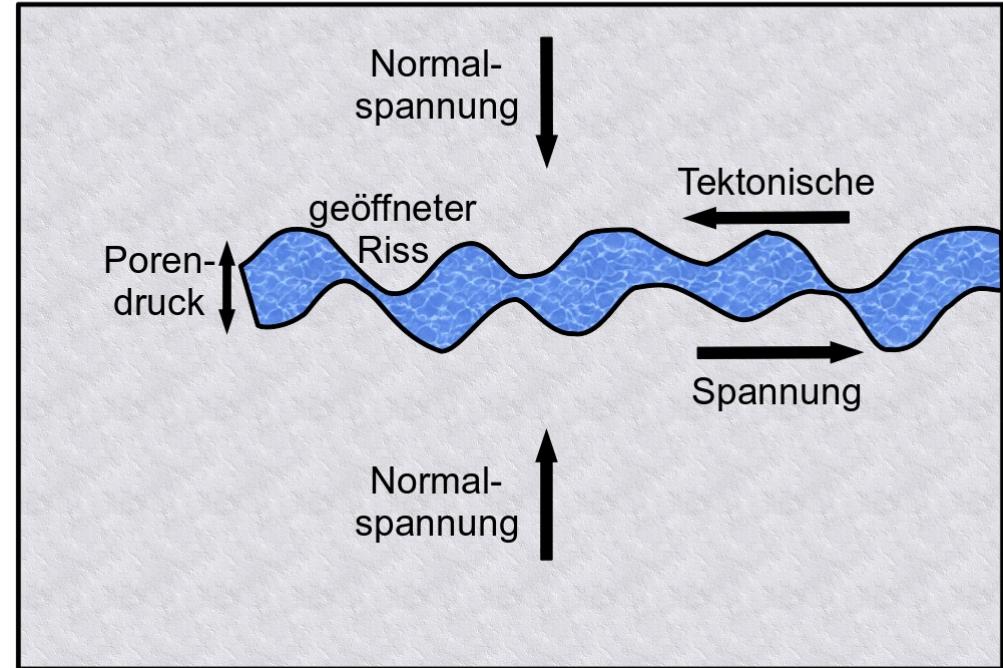


Fluidinduzierte Seismizität

vor der Injektion

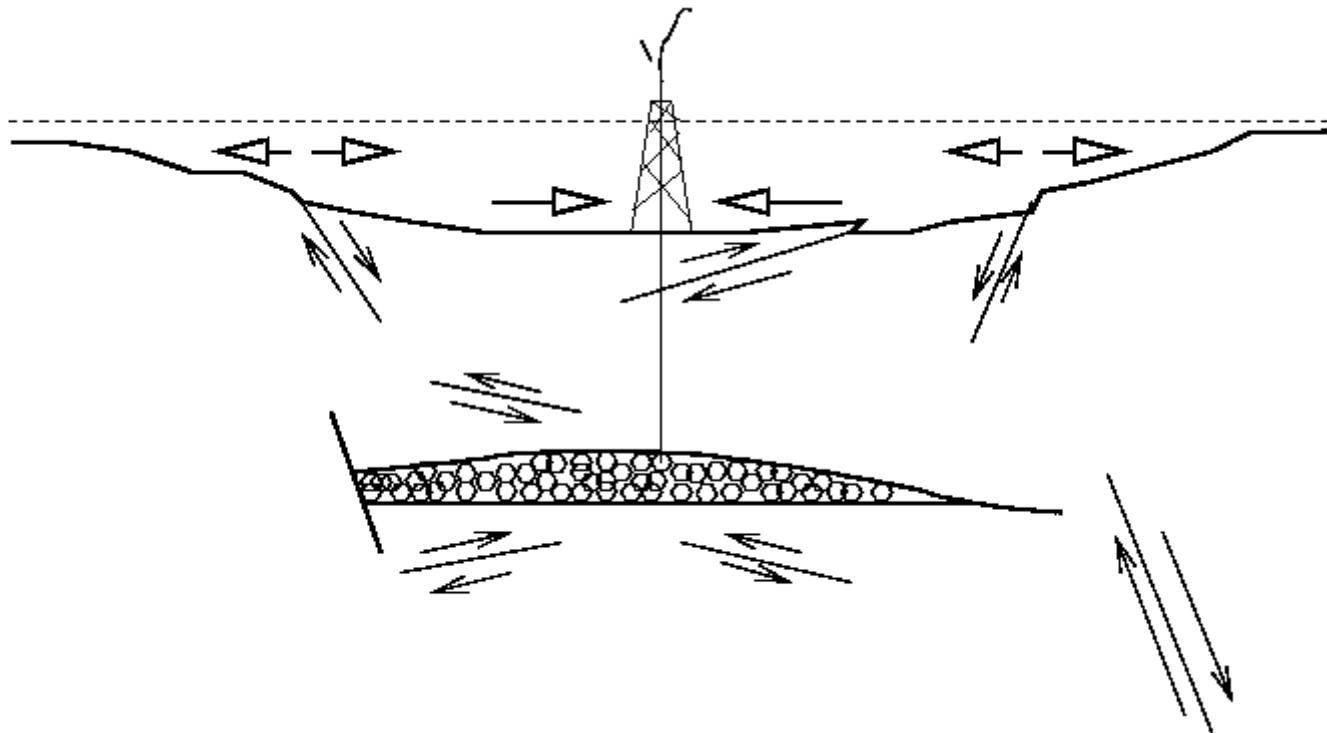


nach der Injektion



Der Porendruck reduziert die Normalspannung und damit die Scherfestigkeit. Wenn die tektonischen Spannungen in der Folge diese überschreiten, kommt es zum Bruch.

Getriggerte Erdbeben



Hypothese

Großräumige Entnahme von Stoffen aus dem Untergrund:

- Spannungsänderungen an benachbarten Störungen
- Bei Überschreiten der Scherfestigkeit: Bruchereignis

Bild: Dahm & Krüger 2007 (modifiziert nach Segall et al., 1998)

Durch Staudämme getriggerte Beben



Karte: www.internationalrivers.org

Natürliche und induzierte/getriggerte Erdbeben

Natürliche Erdbeben

Spannungen, die sich durch natürliche tektonische Kräfte im Erdinnern aufbauen, führen zu einem Versatz des Gesteins entlang von vorhandenen Schwächezonen.

Fluidinduzierte Erdbeben

Erdbeben, die ihre Ursache in der Entnahme (z.B. Erdgasförderung) von Fluiden aus dem oder Injektion (z.B. Verpressung von flüssigen Reststoffen und Kohlendioxid/CCS, tiefe Geothermie) von Fluiden in den tieferen Untergrund haben.

Getriggerte Erdbeben

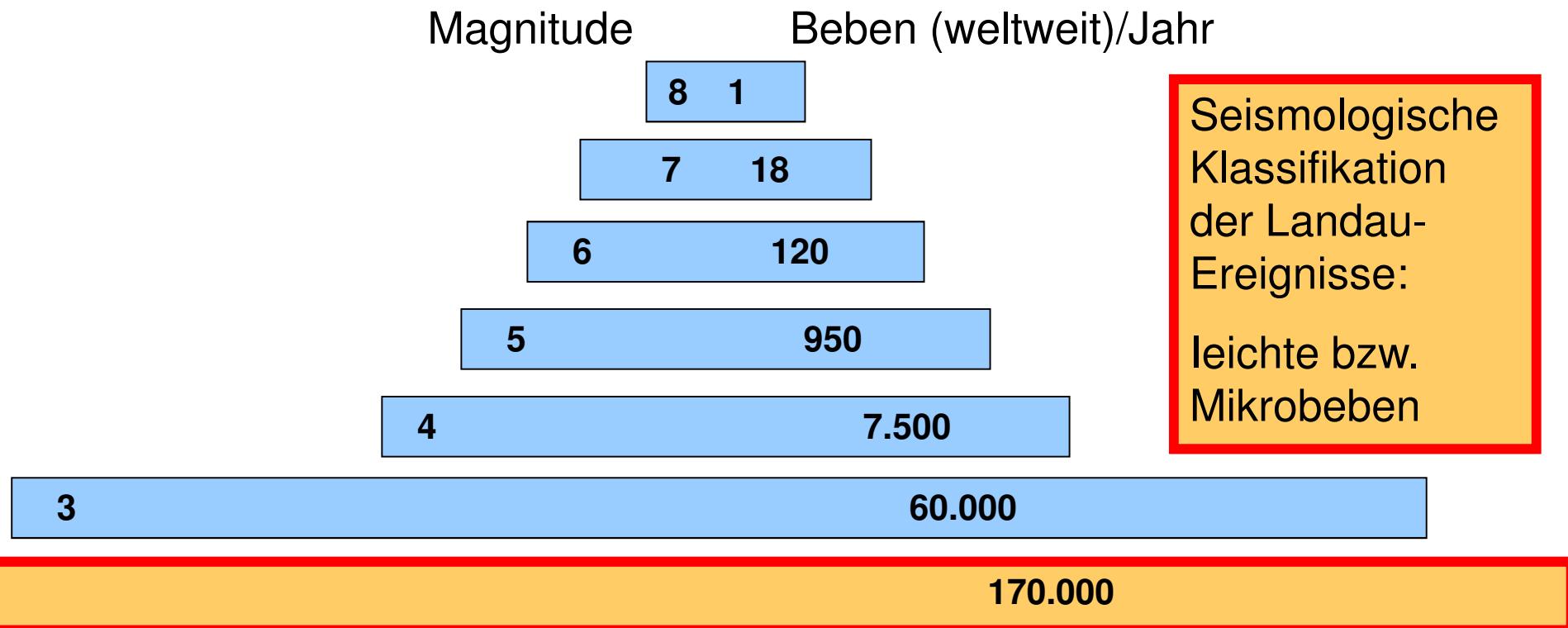
Durch großräumige Belastung (z.B. Wasserauflast durch Staudamm) oder Entlastung (z.B. großräumige Entnahme von Stoffen) ändern sich die Spannungen im Bereich von Störungen. Falls dort größere tektonische Spannungen anliegen, können Erdbeben ausgelöst werden.

Stärke von Erdbeben

Magnitude: logarithmisches Maß für die Stärke eines Erdbebens aus Messungen des Maximalausschlages in Seismogrammen.

Erhöhung der Magnitude um 1:

- ca. 30-fach höhere Energieabstrahlung
- ca. 10-fache Bodenschwinggeschwindigkeit



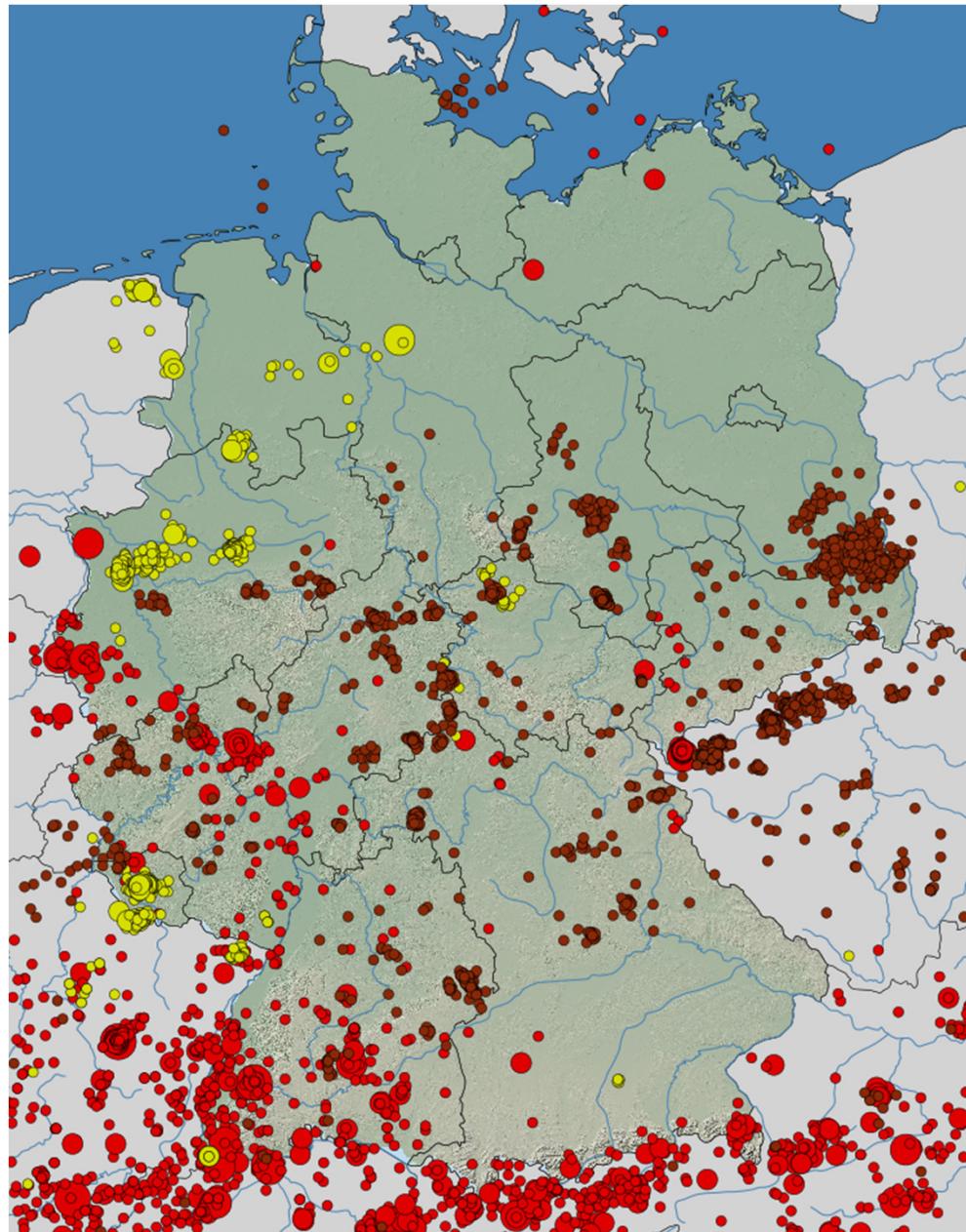
Auswirkung von Erdbeben

Intensität: Maß für die Auswirkungen eines Erdbebens auf Menschen, Landschaft, Straßen oder Gebäude, die ohne Instrumente wahrgenommen werden können (Makroseismik).

Ein Beben gleicher Magnitude kann sich mit unterschiedlicher Intensität auf die Oberfläche auswirken (je nach Herdtiefe, Oberflächengeologie und Bebauung).

Europäische Makroseismische Skala EMS-98

- I nicht fühlbar
- II kaum bemerkbar
- III schwach bemerkbar
- IV deutlich bemerkbar
- V stark bemerkbar
- VI leichte Gebäudeschäden
- VII Gebäudeschäden
- VIII schwere Gebäudeschäden
- IX zerstörend
- X sehr zerstörend
- XI verwüstend
- XII vollständig verwüstend



Seismizität in Deutschland und angrenzenden Ländern

1998 - 2012

Magnituden: $M_L \geq 2$

Anzahl der Ereignisse: 9228

● - tektonisch

● - wahrsch. induziert/getriggert

● - Sprengung

BGR-Erdbebenkatalog für Deutschland

Erdbebengefährdungskarte (Natürliche Seismizität)

Erdbebenzone	Intensitätsintervall
0	$6 \leq I < 6,5$
1	$6,5 \leq I < 7$
2	$7 \leq I < 7,5$
3	$7,5 \leq I \leq 8$

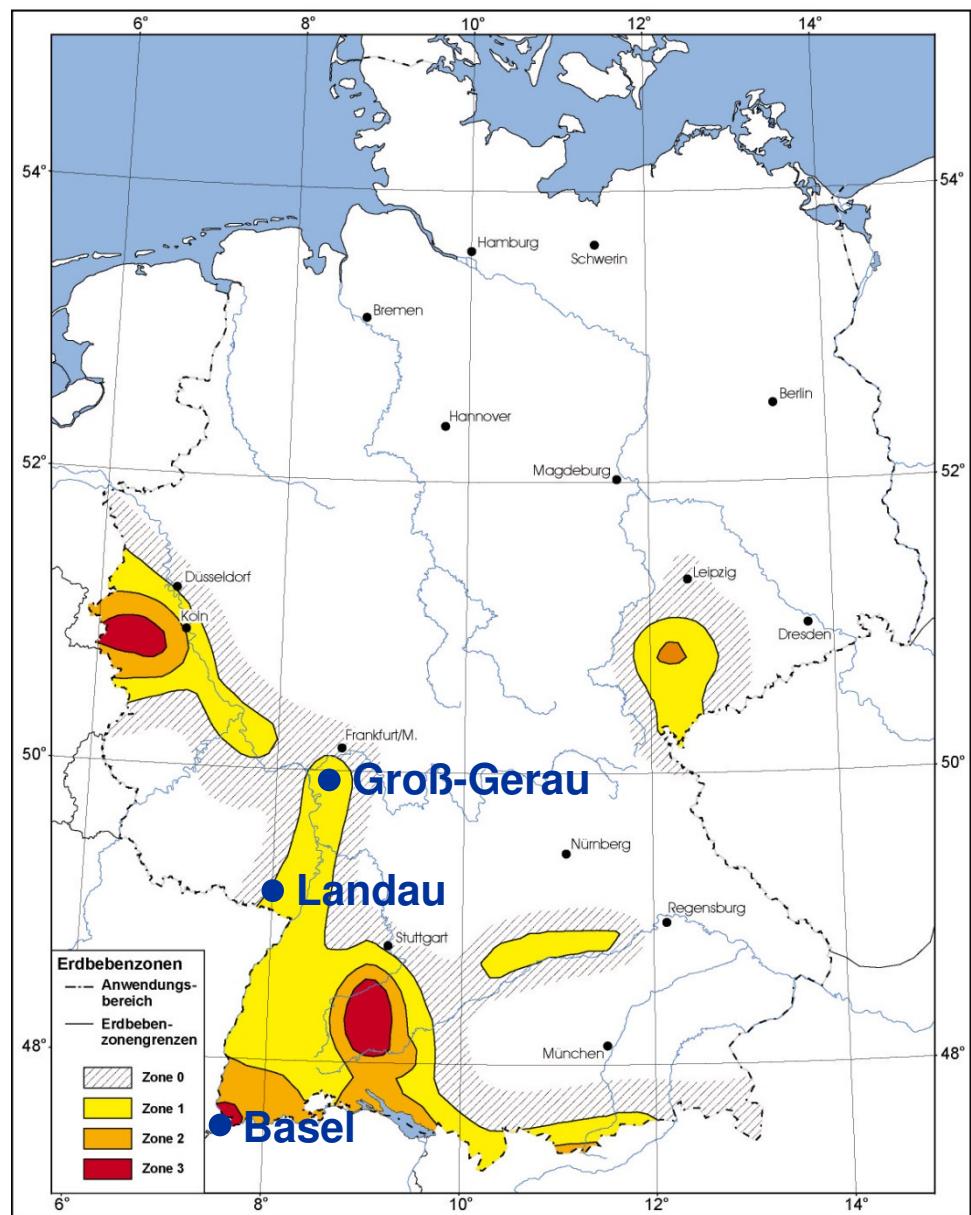
(mittlere Wiederkehrperiode: 475 Jahre)

Groß-Gerau: Erdbebenzone 1

Neubauten müssen Erdbeben mit Intensitäten bis VII standhalten
(DIN 4149 und Vorgängernormen)

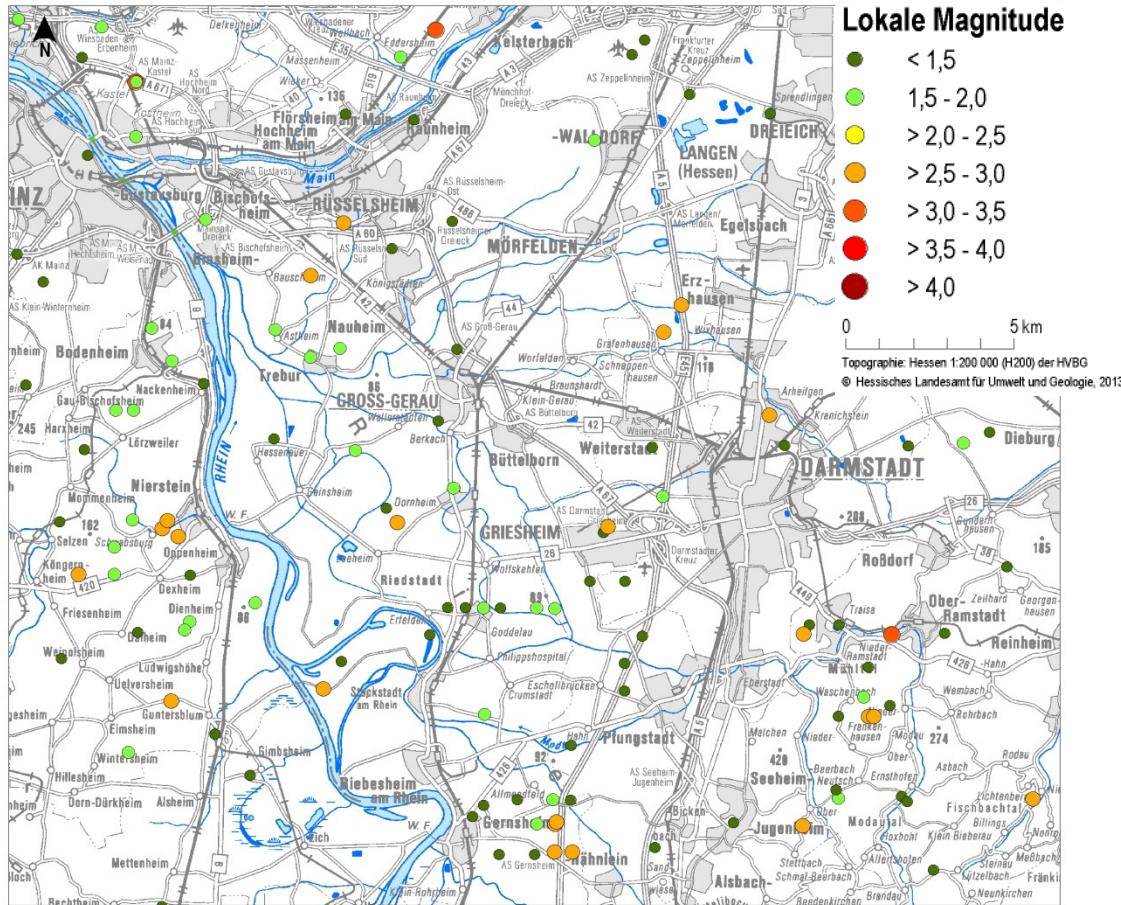
Intensität VII (Gebäudeschäden): Die meisten Personen erschrecken und flüchten ins Freie. Möbel werden verschoben. Gegenstände fallen in großen Mengen aus Regalen. An vielen Häusern solider Bauart treten mäßige Schäden auf (kleine Mauerrisse, Abfall von Putz, Herabfallen von Schornsteinteilen). Vornehmlich Gebäude in schlechterem Zustand zeigen größere Mauerrisse und Einsturz von Zwischenwänden.

Karte der Erdbebenzonen



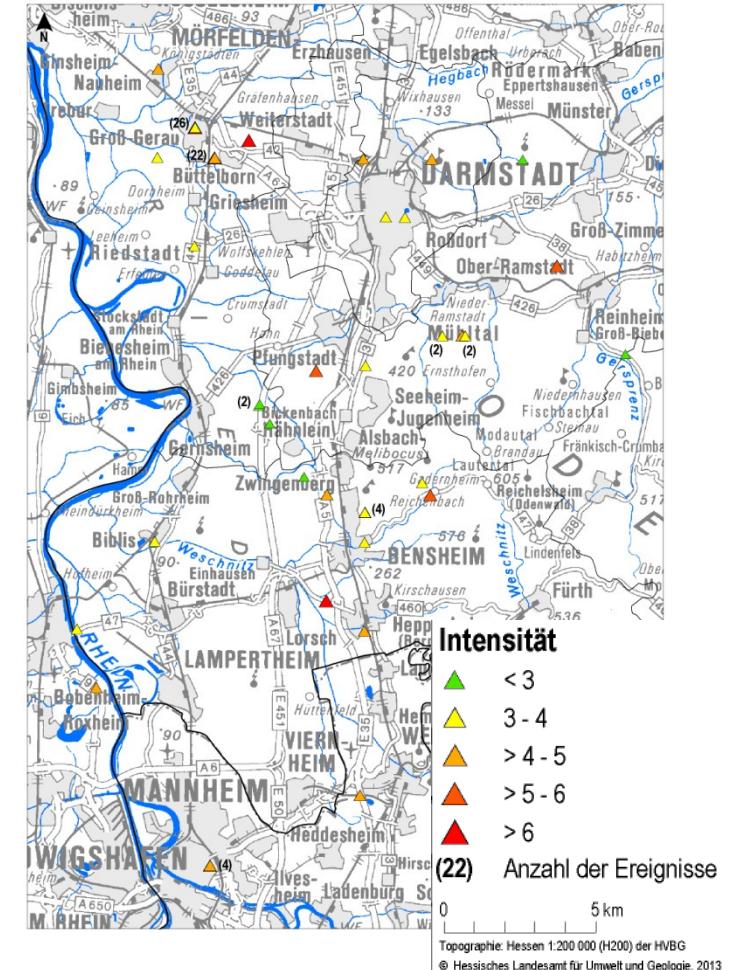
Karte: GFZ Potsdam

Seismizität im Rhein-Main-Gebiet



Instrumentell aufgezeichnete Beben

Karten: Hessisches Landesamt für
Umwelt und Geologie - Hessischer
Erdbebendienst



Historische Beben

SiMoN - Seismisches Monitoring im Zusammenhang mit der geothermischen Nutzung des Nördlichen Oberrheingrabens

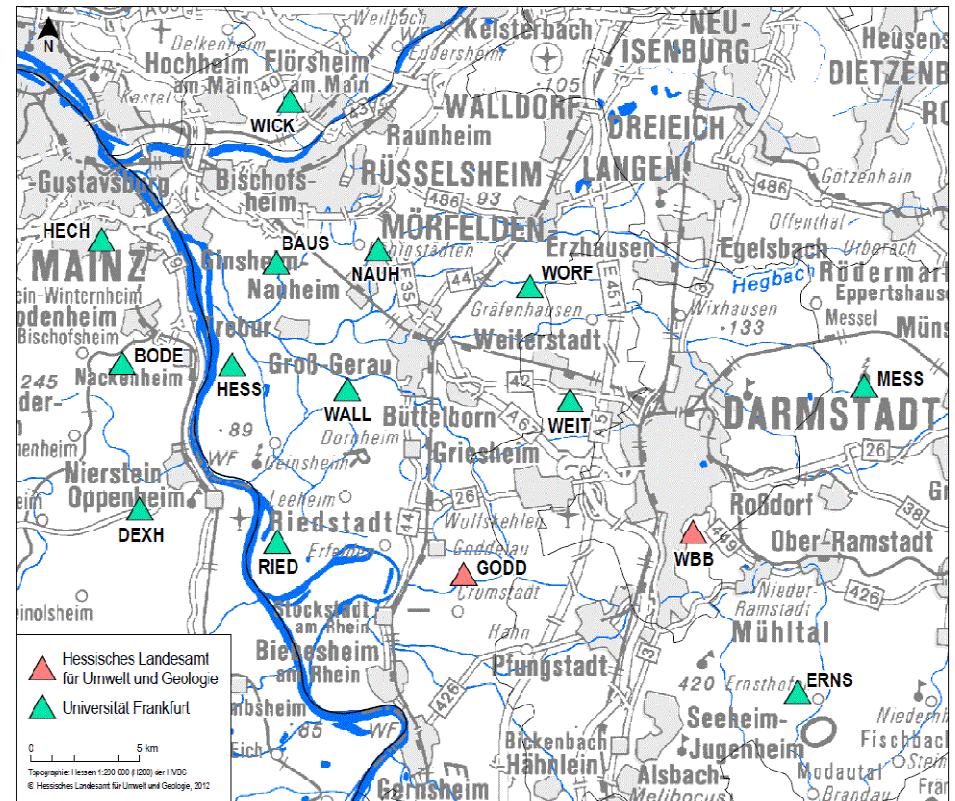


Ausführliche Informationen:
www.simon.hlug.de

Förderung:

Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

Projektträger:



Monitoring-Netzwerk; Stationen:

▲ Universität Frankfurt

▲ Hessischer Erdbebendienst

Empfehlungen der Expertengruppe Landau

Seismologisches Beobachtungsnetz:

- Aufzeichnung von Ereignissen deutlich unterhalb der Spürbarkeitsgrenze (im Bereich des Reservoirs).
- Genaue Bestimmung der Hypozentren: möglicher Zusammenhang mit der geothermischen Nutzung herzustellen bzw. auszuschließen.

Seismische Gefährdungsanalyse

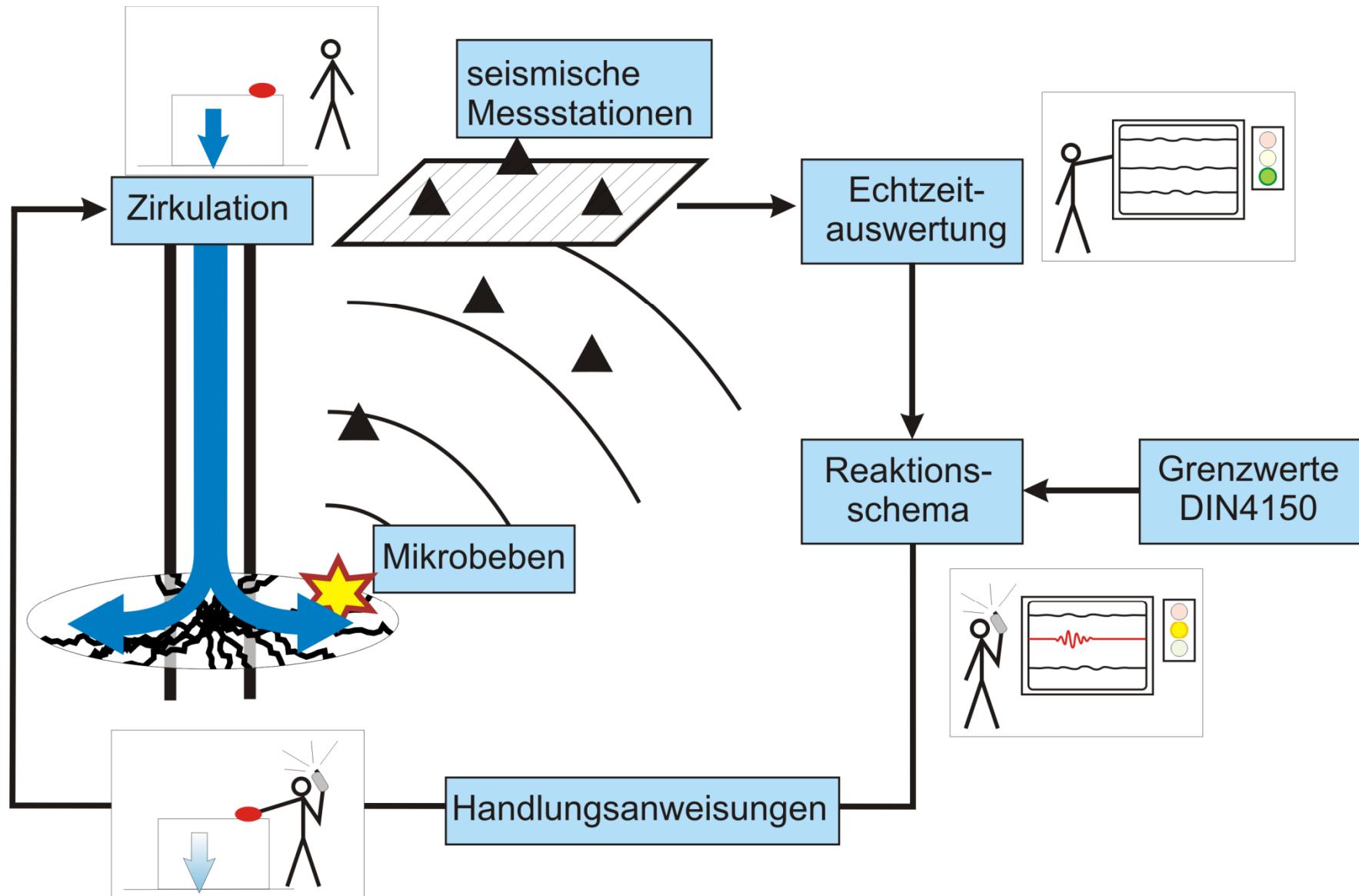
Erstellung eines **Reaktionsschemas**; Ziel: **Betrieb von geothermischen Anlagen, ohne spürbare Seismizität.**

Schadensfall: **Beweissicherung** zur Garantie einer schnellen Regulierung. Aufbau eines Messnetzes zur Bestimmung der Bodenschwinggeschwindigkeit nach DIN 4150.

Anlass für die Einsetzung der Expertengruppe: Seismisches Ereignis an der Geothermie-Anlage Landau (15.08.2009, Lokalmagnitude 2,7)

Empfehlungen sollen für das Projekt Groß-Gerau umgesetzt werden

Reaktionsschema bei spürbarer Seismizität



Zusammenfassung

- Umfeld Groß-Gerau: Region mit geringer bis moderater natürlicher Seismizität:
 - Historische Beben bis Intensität VI-VII; Schwarmbeben Groß-Gerau (1869-1871)
 - Instrumentell erfasste Beben bis Lokalmagnitude 3,4
- SiMoN-Projekt: Einmalig umfassendes seismisches Monitoring im Vorfeld eines Geothermie-Projekts
- Voraussetzung für Erschließung und Betrieb von Anlagen der tiefen Geothermie in Hinblick auf das seismische Risiko:
 - Seismische Gefährdungsanalyse
 - Seismologisches Beobachtungsnetz
 - Messnetz zur Bestimmung der Bodenschwinggeschwindigkeit
 - Reaktionsschema, das auf dem Monitoring aufbaut