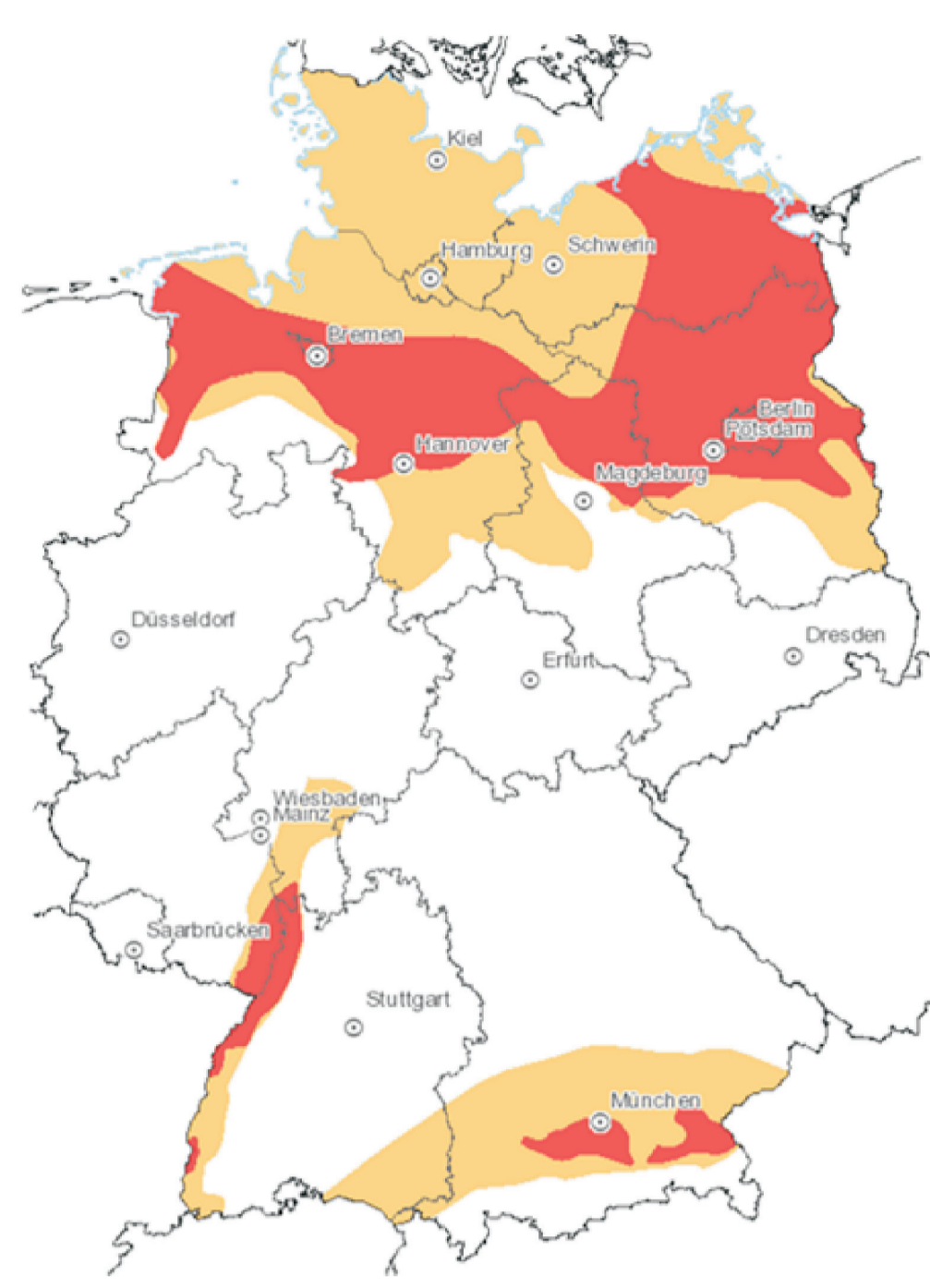


MAGS - Mikroseismische Aktivität geothermischer Systeme

M. Vasterling¹, U. Wegler¹, C. Bönemann¹, M. Bischoff¹, J. Ritter², J. Groos², J. Wassermann³, T. Megies³, T. Spies¹, J. Schlittenhardt¹, J. Kopera¹, S. Shapiro⁴, C. Dinske⁴, C. Langenbruch⁴, M. Hou⁵, T. Kracke⁵, H. Konietzky⁶, R. Mittag⁶

¹Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, ²Karlsruher Institut für Technologien, ³Ludwig-Maximilians-Universität München, ⁴Freie Universität Berlin, ⁵Technische Universität Clausthal / Energie-Forschungszentrum Niedersachsen, ⁶Technische Universität Bergakademie Freiberg

Geothermie in Deutschland

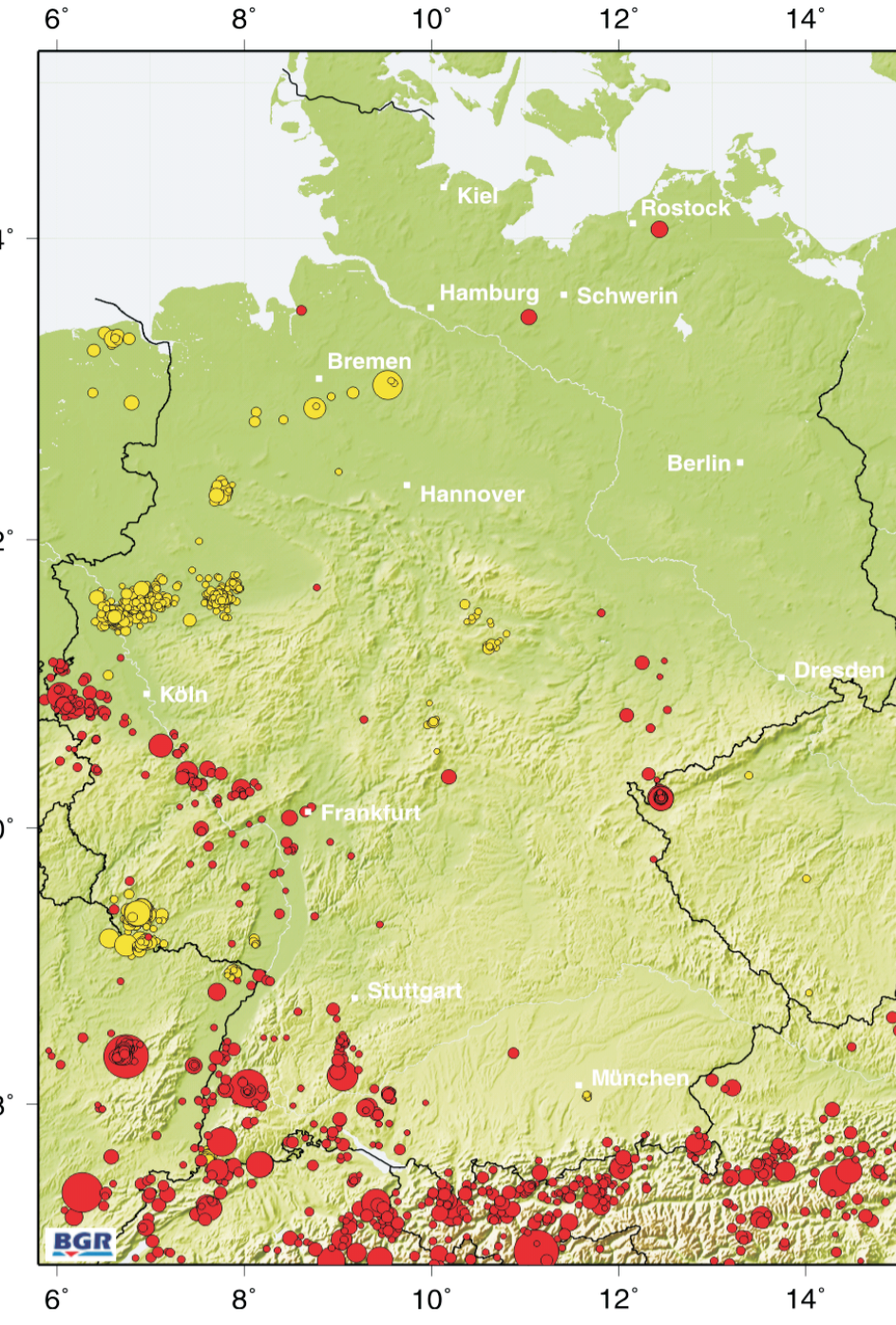


Die tiefe Geothermie soll als grundlastfähige, alternative Energieform einen Beitrag zu Klimaschutz und zu zukunftsfester Energieversorgung leisten. Nach menschlichen Maßstäben ist die Geothermie unerschöpflich.

Das höchste Potential für hydrothermale Nutzung weisen in Deutschland die norddeutsche Tiefebene, das Molassebecken und der Oberrheingraben auf (Abb. 1), wo bereits einige Geothermiekraftwerke in Betrieb und weitere in Planung sind.

Abb. 1 Potential für hydrothermale Nutzung in Deutschland. Orange: Aquifertemperaturen von 60°C; rot: Aquifertemperaturen von 100°C. (Schulz et al., 2007)

Seismizität



Seismizität, die durch anthropogene Aktivitäten wie Bergbau oder Reservoirstimulation verursacht wird, bezeichnet man als induziert. Natürliche Seismizität dagegen ist tektonisch verursacht (Abb. 2).

Beim Schaffen von Wärmeaustauschflächen im Untergrund entstehen Beben, die meist nicht spürbar sind, aber sehr wertvoll für die Reservoircharakterisierung. In jüngster Zeit traten jedoch einzelne seismische Ereignisse mit $M_L \leq 3.4$ auf (Häring et al., 2008), die eine Diskussion über die seismische Gefährdung durch Geothermie-Projekte entfachten.

Abb. 2 Natürliche (rot) und möglicherweise induzierte Seismizität (gelb) in Deutschland seit 2000 (BGR Katalog)

Projektziele

- Entwicklung von Konzepten zur Begrenzung der mikroseismischen Aktivität bei der energetischen Nutzung tiefer geothermischer Systeme
- Verbessertes Verständnis der Prozesse, die zum Entstehen fluidinduzierter Erdbeben führen
- Zusammenarbeit mit Betreibern und Genehmigungsbehörden für eine sichere Energiegewinnung aus tiefer Geothermie

Analyse der Seismizität

Ziel von Einzelprojekt (EP) 1 ist die Verbesserung der seismologischen Datenbasis in der Südpfalz durch Echtzeit-Messungen im Bereich geothermischer Anlagen (Abb. 3) und die detaillierte Untersuchung des seismisch aktivierten Volumens im Bereich Landau.

Abb. 3 Seismologische Messstationen im Untersuchungsgebiet, schwarz: TIMO2 (aktuell), weiß: TIMO (2004 - 2006)

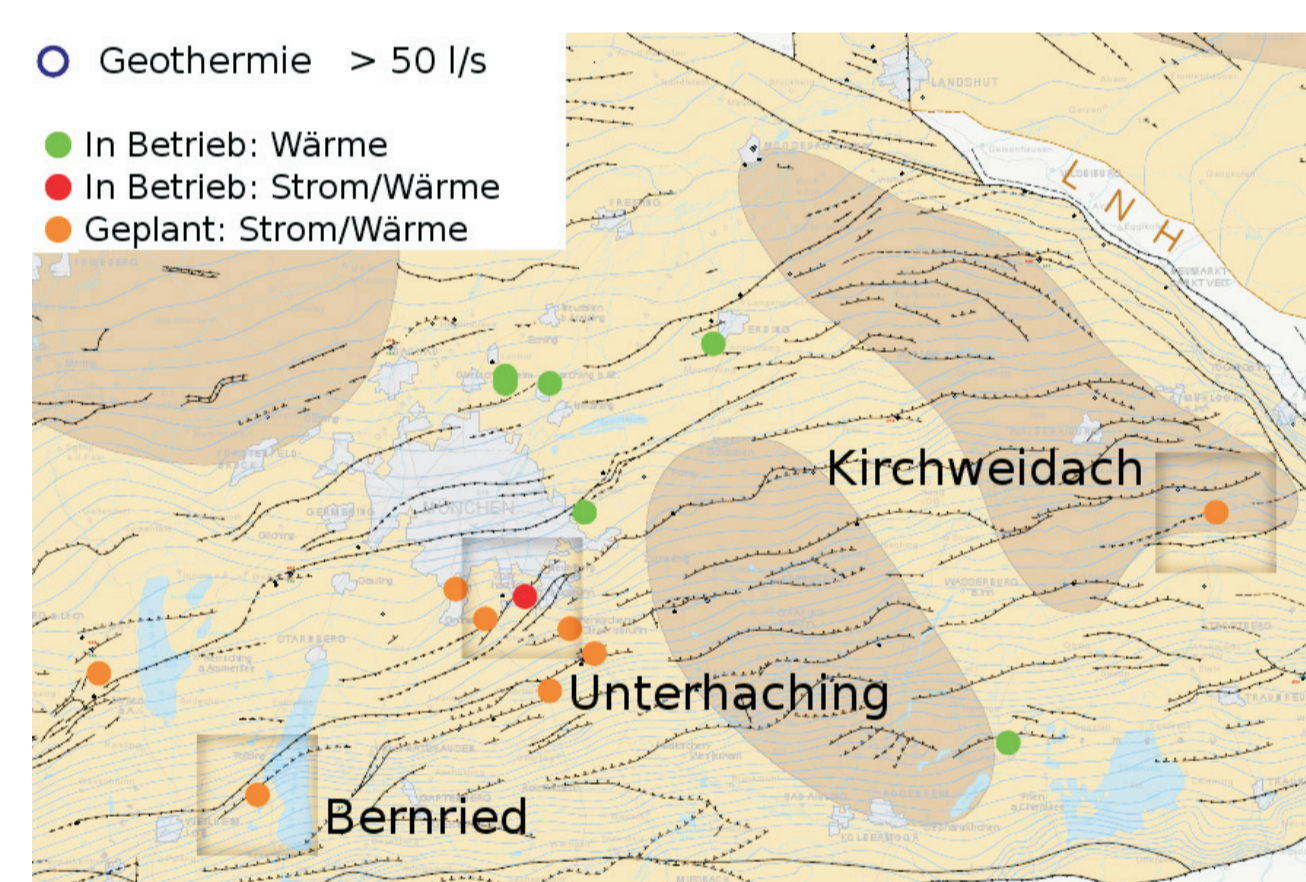
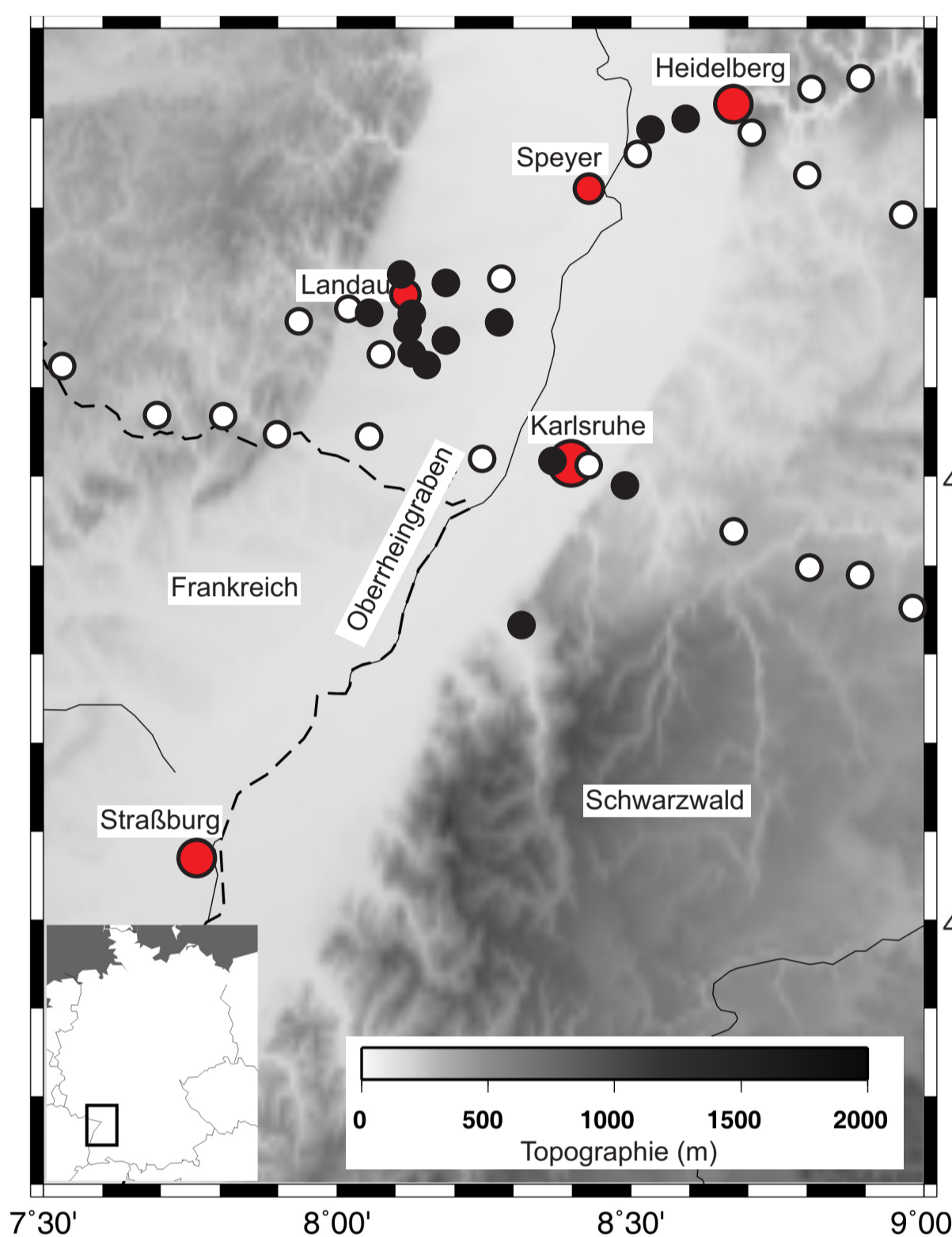
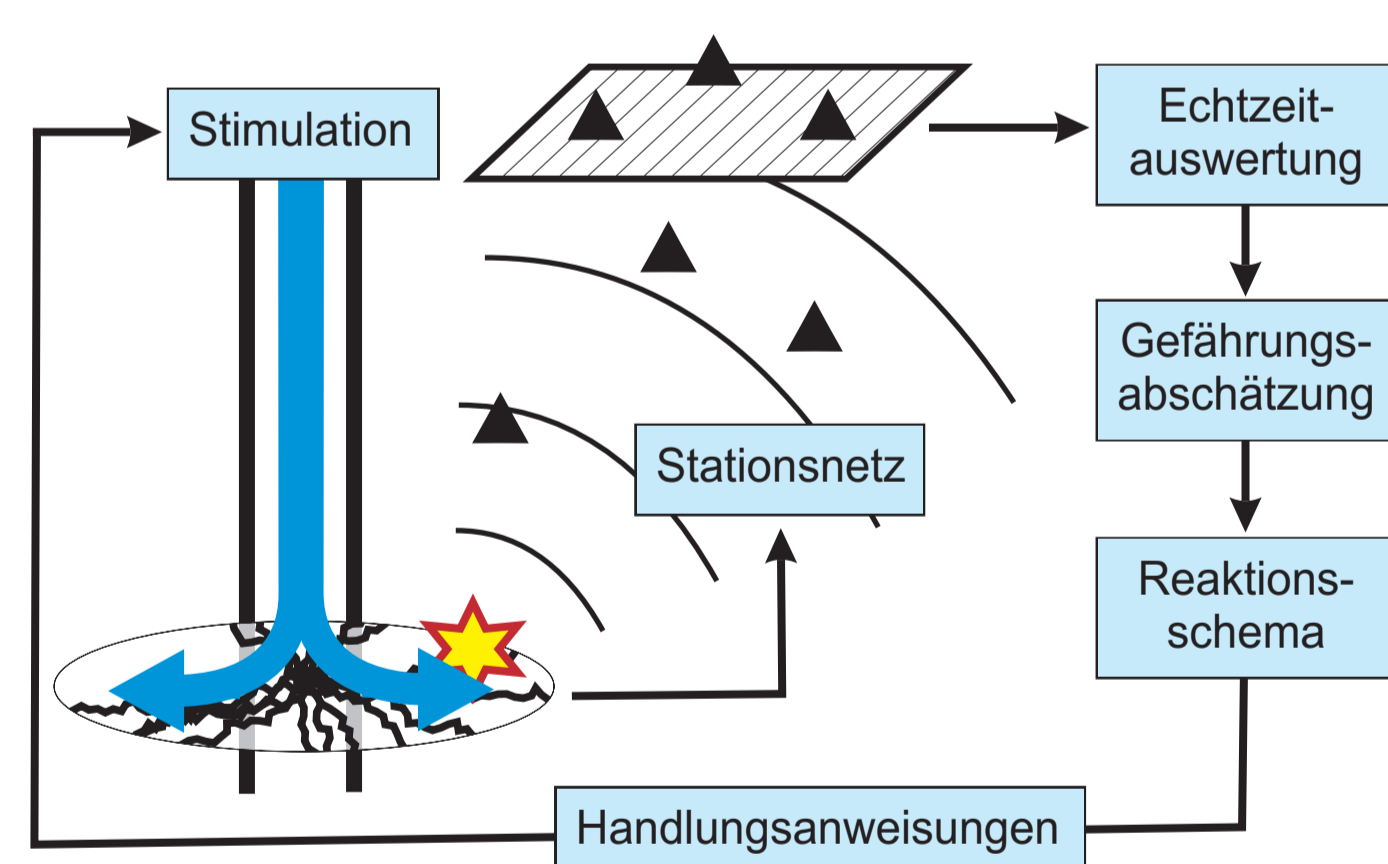


Abb. 4 Geothermiestandorte und Störungen im Malm (bayerisches Landesamt für Umwelt, 2008)

EP 2 untersucht das Auftreten von Mikro-seismizität im Rahmen der geothermischen Nutzung hydrothormaler Aquifere. Dazu werden unter anderem an ausgewählten Geothermiestandorten in der bayerischen Molasse schon vor deren Betrieb lokale Seismometernetzwerke eingerichtet.



In EP 3 wird die zeitabhängige seismische Gefährdung während der Stimulation aus einer verbesserten Echtzeitauswertung abgeschätzt und ein Reaktionsschema entwickelt, wie die hydraulischen Parameter bei steigender Gefährdung zu modifizieren sind.

Abb. 5 Schema eines automatischen Systems zur Risikominimierung bei hydraulischer Stimulation

EP 7 befasst sich mit der Analyse der natürlichen und induzierten Seismizität eines 2.000 m tiefen Bergwerkes im Raum Aue (Abb. 6) vor, während und nach der Flutung, wobei insbesondere die extrem gute geologisch-geomechanisch-seismologische Datenbasis interessante Ergebnisse bezüglich Analyse und Prognose von fluid-getriggerten Ereignissen verspricht.

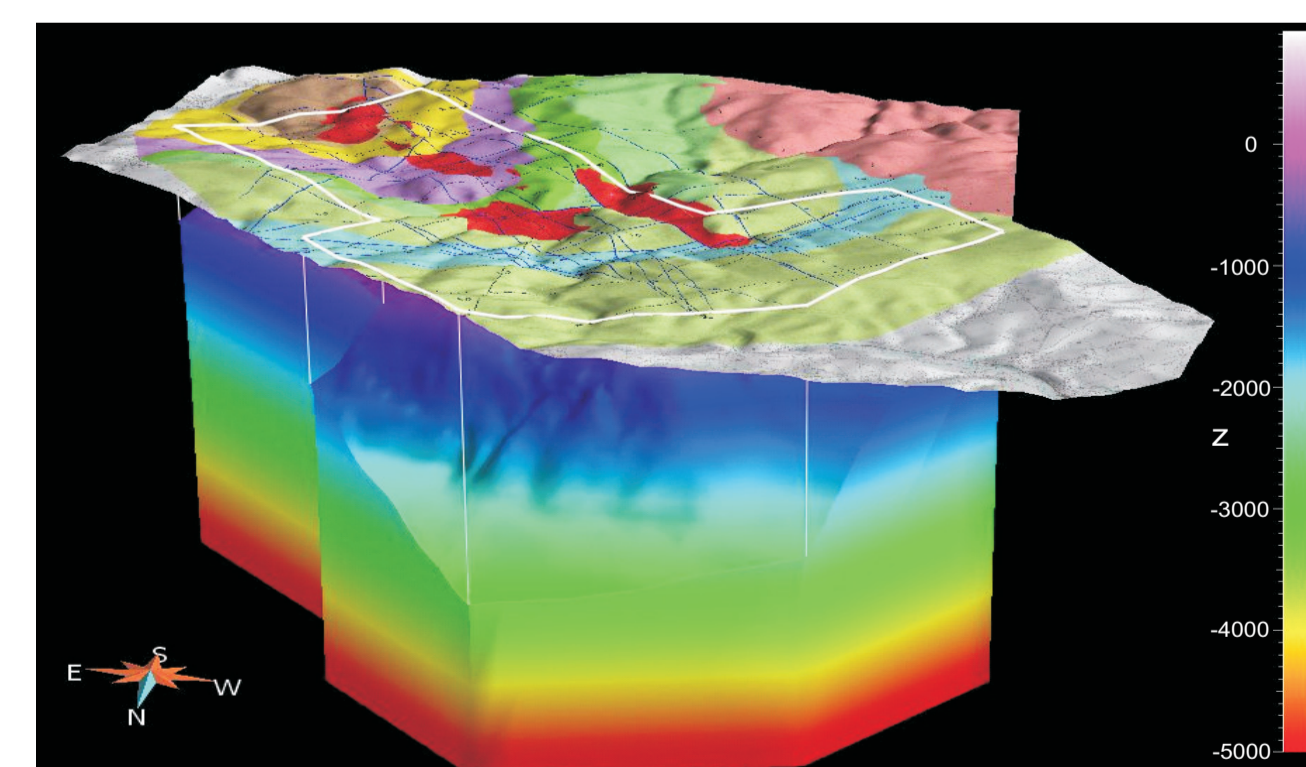
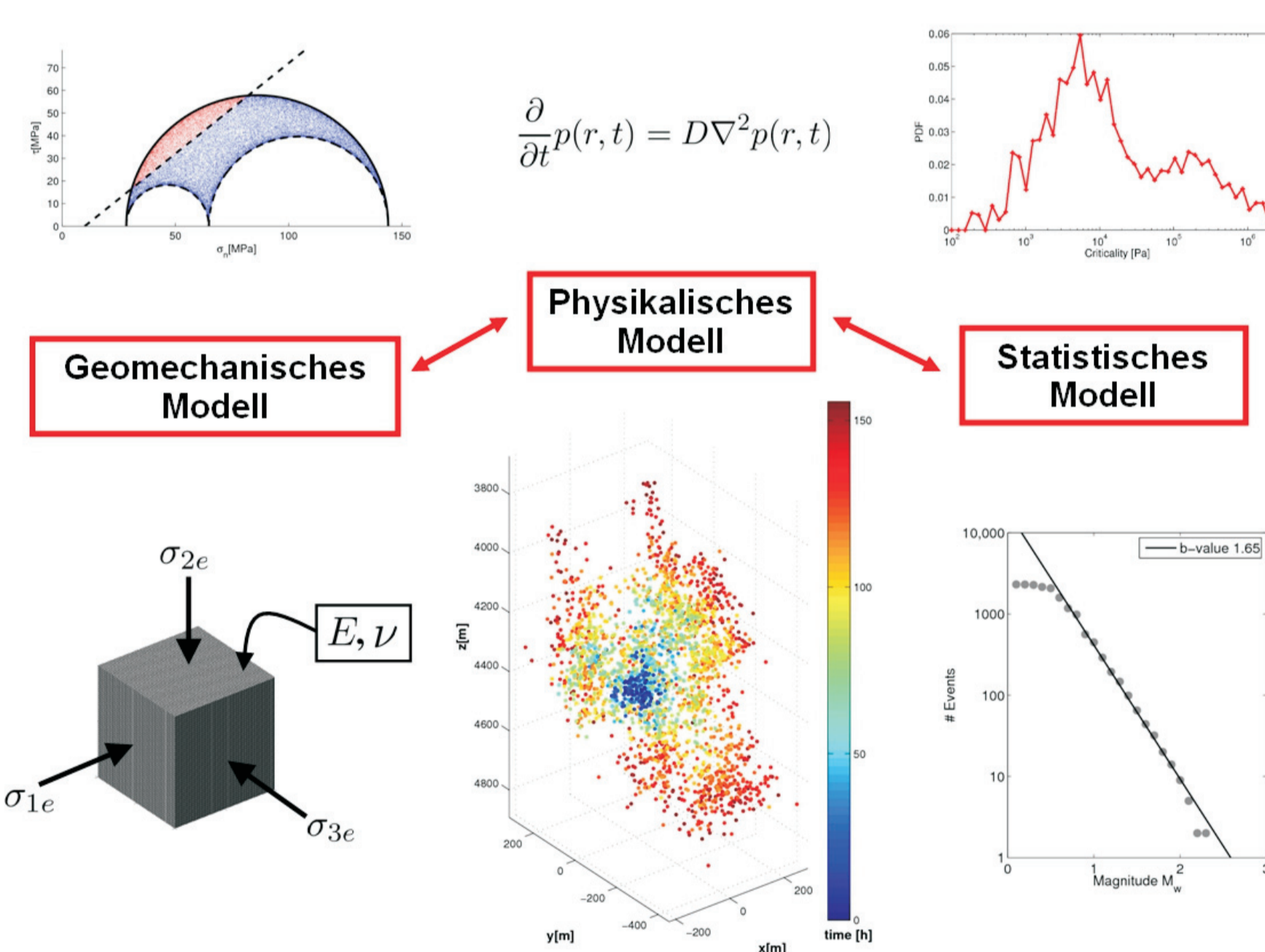
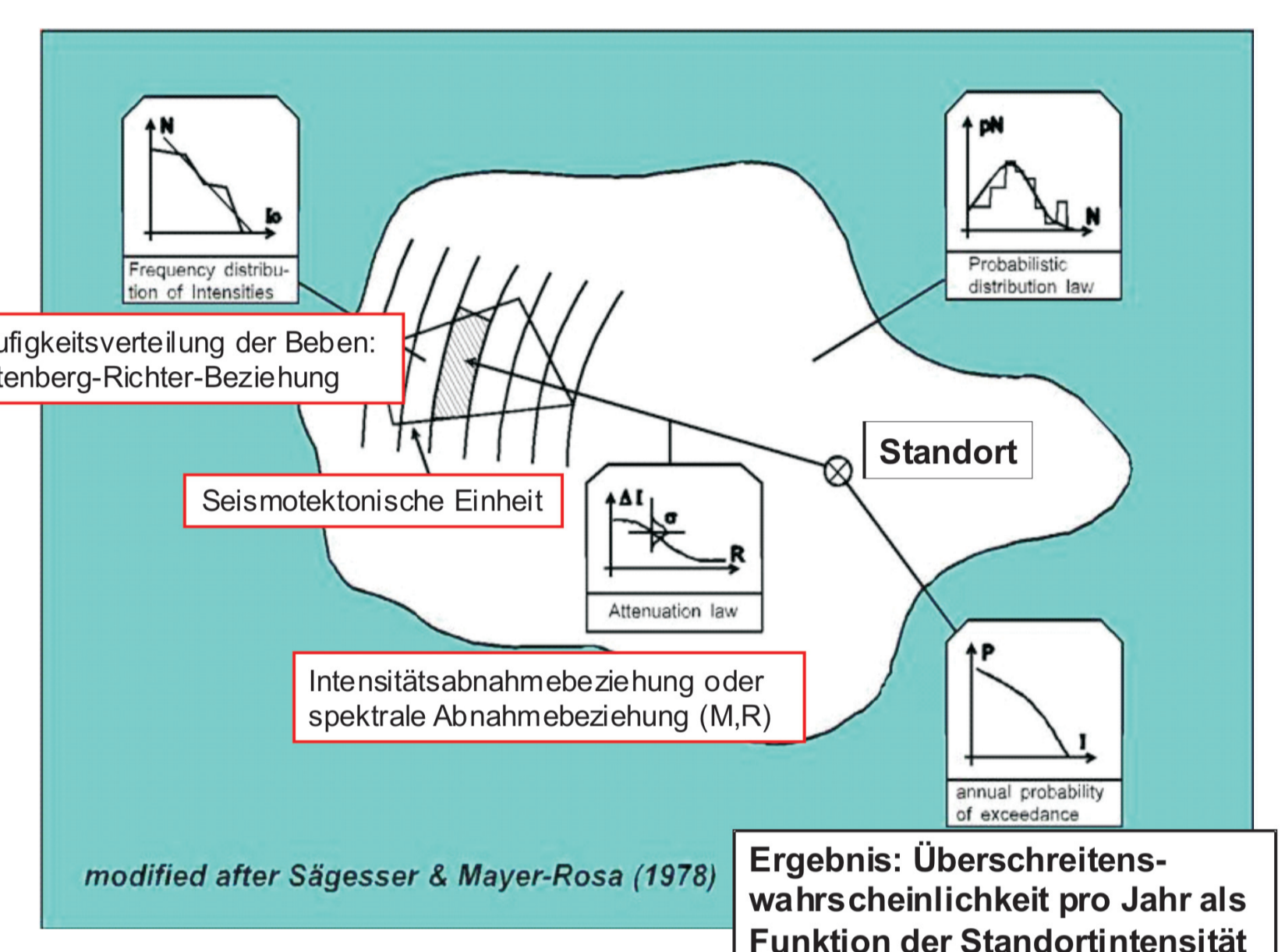


Abb. 6 Untersuchungsgebiet Aue

Modellierung

In EP 4 wird die seismische Gefährdung aufgrund natürlicher und induzierter Seismizität in der Nähe von Geothermiekraftwerken mit deterministischen und probabilistischen Methoden quantifiziert (Abb. 6).

Abb. 6 Probabilistische Gefährdungsanalyse

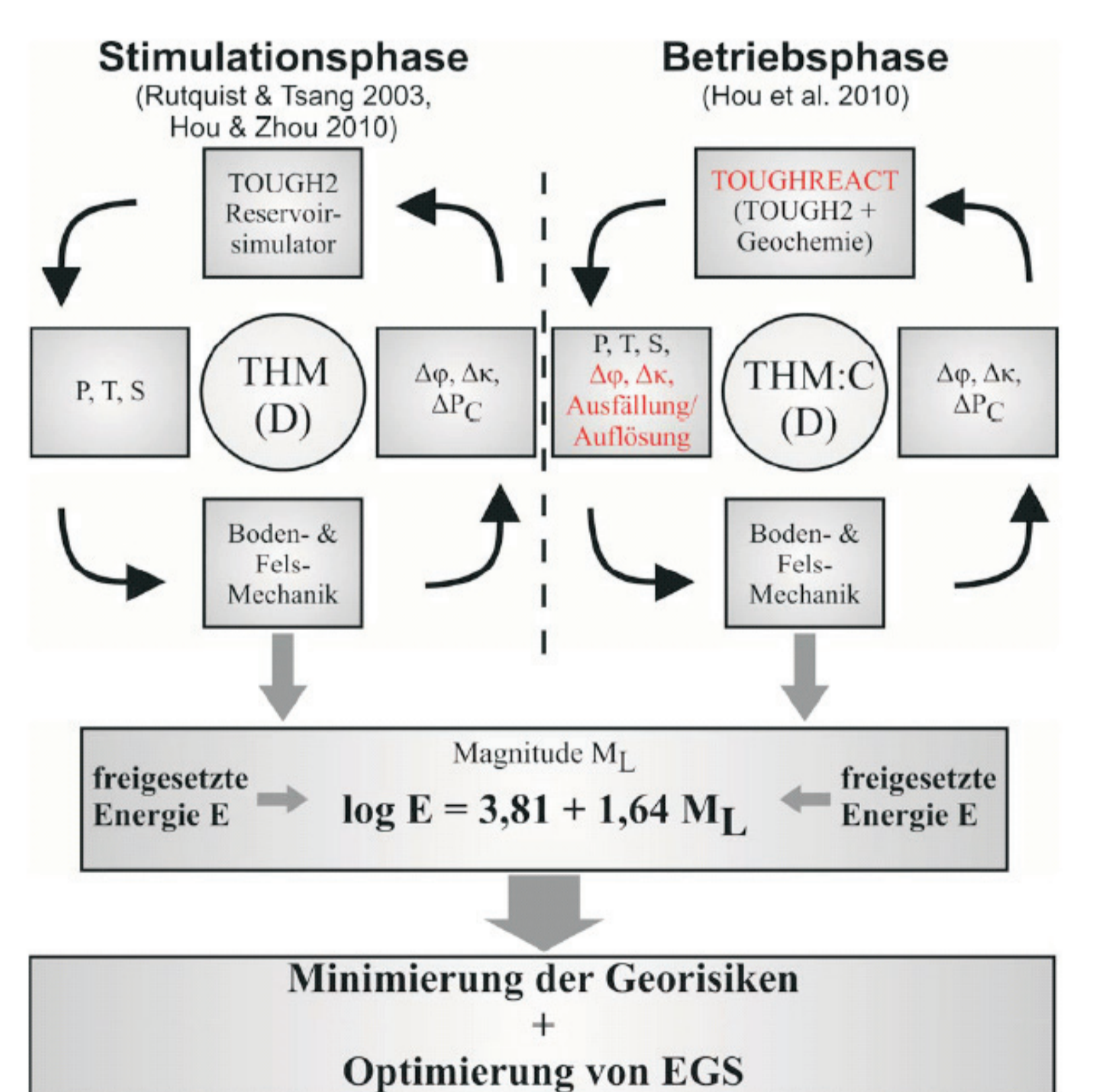


Ziel des EP 5 ist die Modellierung der Auftretswahrscheinlichkeit fluidinduzierter Seismizität einer gegebenen Magnitude. Hierzu wird ein Modell mit physikalischen, statistischen und geomechanischen Elementen entwickelt (Abb. 7) und an Datenbeispielen verifiziert.

Abb. 7 Modellierung der Auftretswahrscheinlichkeit fluidinduzierter Seismizität

Ziel von EP 6 ist es, die verursachenden Mechanismen für Seismizität in der Stimulations- und Betriebsphase mittels THM(D)* bzw. THM:C(D) (T: thermisch, H: hydraulisch, M: mechanisch, C: chemisch, dynamisch (D) berechnet) gekoppelter Prozesssimulationen zu analysieren (Abb. 8). Dabei wird ein Werkzeug entwickelt, um das Georisiko neuer Projekte vorherzusagen und entsprechend zu minimieren sowie EGS-Vorhaben insgesamt zu optimieren.

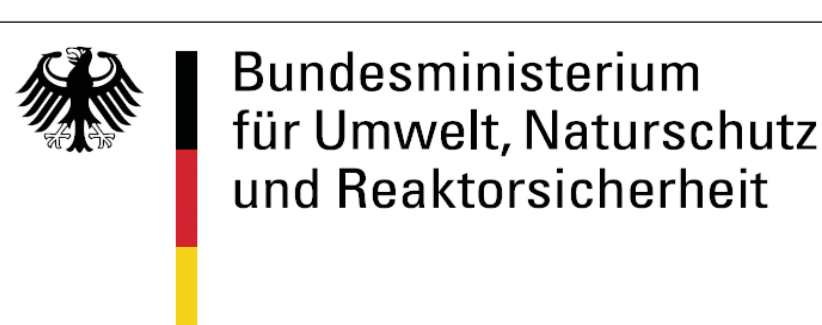
Abb. 8 Schema der Modellkonzepte für Stimulations- (links) und Betriebsphase (rechts) unter Berücksichtigung THM bzw. THM:C-gekoppelter Prozesse.



Forschungsverbund



Verbundprojekt MAGS - Konzepte zur Begrenzung der mikroseismischen Aktivität bei der energetischen Nutzung geothermischer Systeme im tiefen Untergrund (Förderkennzeichen 0325191A) wird finanziert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.



Referenzen

Häring, M., Schanz, U., Lader, F., Dyer, B. C., 2008. Characterisation of the Basel 1 enhanced geothermal system. Geothermics 37, doi: 10.1016/j.geothermics.2008.06.002 | Hou, M.Z., Gou, Y. & Rutqvist, J. 2010: Integration of the codes FLAC3D and TOUGHREACT for THMC coupled geo-process simulations in reservoirs. 72nd EAGE Conference & Exhibition incorporating SPE EUROPEC 2010, Barcelona, Spain, 14-17 June 2010. | Hou, M.Z., Zhou, L., 2010. THM gekoppelte dynamische Simulationen zur Vorausberechnung der freizusetzenden Deformationsenergie und ihre erste Anwendung zur Nachsimulation der DHM Basel induzierten seismischen Ereignisse. DGMK Tagungsbericht 2010-1. DGMK/ÖGEW-Frühjahrstagung 2010, Fachbereich Aufsuchung und Gewinnung, Celle, 12./13. April 2010. | Rutqvist, J. & Tsang, C.F. 2003: TOUGH-FLAC: A numerical simulator for analysis of coupled thermal-hydrologic-mechanical processes in fractured and porous geological media under multi-phase flow conditions. Proceedings of TOUGH Symposium 2003, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, California, May 12-14, 2003. | Sägesser, R., Meyer-Rosa, D., 1978. Erdbebengefährdung in der Schweiz. Schweizerische Bauzeitung, Heft 7/78, Zürich | Schulz, R., Agemar, T., Alten, A.-J., Kühne, K., Maul, A.-A., Pester, S. & Wirth, W. (2007): Aufbau eines geothermischen Informationssystems für Deutschland. - Erdöl Erdgas Kohle 123, 2: 76-81; Hamburg.