

Forschungskollegium Physik des Erdkörpers (FKPE)

AG Induzierte Seismizität

Barth, A. (KIT), Schmidt, B. (LGBRP), Joswig, M. (U Stuttgart), Baisch, S. (Q-con),
Fritschen, R. (DMT), Gaucher, E. (KIT), Kracht, M. (HLUG), Lehmann, K. (GDNW),
Rüter, H. (HarbourDom), Schlittenhardt, J. (BGR), Spies, T. (BGR)

Oktober 2014

Empfehlungen zur Erstellung von Stellungnahmen zur seismischen Gefährdung bei tiefengeothermischen Projekten

I. Präambel

Bundesweit haben sich in den vergangenen Jahren die Akzeptanz und das Sicherheitsempfinden in Bezug auf den Betrieb geothermischer Anlagen signifikant verändert. Die folgenden Ausführungen zu tiefengeothermischen Projekten wurden von einem Autorenteam aus Mitgliedern universitärer Forschungseinrichtungen, Vertretern beteiligter Dienstleistungsunternehmen und Fachleuten innerhalb der staatlichen geologischen Dienste erstellt, um Genehmigungsbehörden, Betreibern und Gutachtern eine gemeinsame Grundlage für die Beurteilung geplanter und in Betrieb befindlicher Anlagen bereitzustellen.

Die nachfolgenden Empfehlungen sollen eine Orientierung geben, wie die seismische Gefährdung im Rahmen fachwissenschaftlicher Stellungnahmen thematisiert werden kann. Die Empfehlungen zum Aufbau und zur Ausführung der seismologischen Stellungnahmen stellen einen allgemeinen Rahmen dar, der sukzessive den Anforderungen der einzelnen Arbeitsfelder angepasst werden kann und letztlich zur Handlungssicherheit der Beteiligten bergrechtlich zugelassen werden muss.

II. Zielsetzung und Abgrenzung

Diese Empfehlungen beschreiben allgemeine Inhalte und Richtlinien zur nachvollziehbaren Verwendung methodischer Ansätze, die der Beurteilung der seismischen Gefährdung bei Projekten der Tiefengeothermie dienen.

Darüber hinaus kann die Notwendigkeit, das seismische Risiko zu quantifizieren, insbesondere dann notwendig sein, wenn Auswirkungen potenziell verursachter Seismizität im sachschadensrelevanten Bereich erwartet werden. Sachschäden können ausgeschlossen werden, wenn die in DIN 4150-3 genannten Anhaltswerte unterschritten werden. DIN 4150-2 gibt darüber hinaus Hinweise, ab wann Erschütterungen spürbar sind.

Die Einschätzung, ob überhaupt eine seismische Gefährdung durch ein Projekt der Tiefengeothermie besteht und eine Aussage darüber, wie hoch diese ist, ist maßgeblich vom aktuellen Kenntnisstand des Untergrunds und des Prozessverhaltens sowie der verwendeten methodischen Ansätze abhängig.

Im Gegensatz zur natürlichen, quasi-stationären Seismizität können die Prozesse, die induzierte Seismizität bedingen, wesentlich schneller ablaufen, wenn Randbedingungen geändert werden. Deshalb sind methodische Ansätze seismischer Gefährdungsanalysen aus dem Bereich der natürlichen Seismizität, etwa die Interpretation der Magnituden-Häufigkeits-Verteilung, auf ihre Gültigkeit und Anwendbarkeit bei nicht-stationärem Verhalten zu überprüfen. Zur Abschätzung der seismischen Gefährdung vor Injektionsbeginn und in Betriebsphasen, in denen quasi-stationäre hydraulische Bedingungen vorherrschen, kann von konstanten Seismizitätsraten ausgegangen werden. Im Falle von Veränderungen der Produktionsparameter bei Prozesssteuerung, Störfällen oder der Reaktion auf Störfälle, aber auch bei unerwarteten Reaktionen im Untergrund (rasche Druckänderungen) können nicht-stationäre Prozesse auftreten, auf die ggf. durch gefährdungsmindernde Maßnahmen (s. Abschnitt III.5) reagiert werden muss.

Weiterhin können neue Erkenntnisse anhand zusätzlich gewonnener oder veränderter Messdaten eine Neueinschätzung der seismischen Gefährdung bedingen. In

diesem Sinne kann eine Ermittlung der seismischen Gefährdung immer nur eine Aussage aufgrund des aktuellen Daten- und Wissensstands darstellen.

Eine Bewertung der seismischen Gefährdung sollte auf Grundlage lokal gewonnener Daten (z. B. 2D/3D-Seismik, Informationen über das Spannungsfeld, tektonische Randbedingungen, natürliche Seismizität, Beschleunigungs-Antwortspektren) erstmals zu Projektbeginn erfolgen. Da zu diesem Zeitpunkt in der Regel noch keine In-situ-Messdaten zur Verfügung stehen, sollte die Begutachtung mit wachsendem Daten-/Erkenntnisgewinn projektbegleitend aktualisiert werden (Projektbegleitung von Experten mit seismologischer Expertise).

III. Aufbau der Stellungnahme

Im Folgenden werden wesentliche Aspekte einer Stellungnahme zur seismischen Gefährdung aufgezeigt:

1. Allgemeine Grundlagen

- a) Aufführen allgemeiner Feststellungen zu anthropogenen Eingriffen, die grundsätzlich mit der Verursachung induzierter Seismizität zusammenhängen können: Erschließung, Stimulation und Betrieb tiefengeothermischer Anlagen.
- b) Darstellen der grundlegenden Mechanismen, die zu Spannungsveränderungen im Untergrund und spürbarer Seismizität führen können.

2. Geologische und seismotektonische Gegebenheiten

Folgende Eigenschaften und Charakteristika des Untergrunds sollten in die Beschreibung des Projektgebiets eingehen. Dabei ist jeweils Bezug zu nehmen auf die methodische Verwendung dieser Daten (s. Absatz III.4).

- a) Natürliche Seismizität in der angesprochenen seismotektonischen Region, vorliegende Informationen zu historischer Seismizität und ggf. Paläoseismizität.
- b) Tektonik der umgebenden Region und Strukturgeologie der reservoornahen Gebiete (Spannungen, Klüftung, rheologische Eigenschaften, vorhandene tektonische Elemente wie Störungszonen).
- c) Hydraulische Parameter der Untergrundstrukturen und des Gebirges des reservoornahen Gebiets (z. B. hydraulische Durchlässigkeit, Porosität).

3. *Operative Maßnahmen*

- a) Beschreibung der geplanten operativen Maßnahmen.
- b) Allgemeine Bewertung der operativen Maßnahmen hinsichtlich der seismischen Gefährdung, z. B. durch Vergleich mit bestehenden Projekten.
- c) Erkenntniszuwachs durch laufend gewonnene In-situ-Daten.
- d) Abschätzung von Effekten, die in der Betriebsphase (bei Betriebsänderungen) zu spürbarer Seismizität führen können.

4. *Methodische Ansätze zur Gefährdungsbewertung*

Ein zentraler Teil ist die Bewertung der seismischen Gefährdung anhand einer datenbasierten wissenschaftlichen Vorgehensweise. Dabei sollte die verwendete Methodik nachvollziehbar und unter Beachtung guter wissenschaftlicher Praxis¹ dargestellt werden. Im Rahmen dieser Empfehlungen werden dazu folgende Richtlinien genannt:

1

Eine umfassende Darstellung ist zum Beispiel in „Deutsche Forschungsgemeinschaft (2013): Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis 2013, Denkschrift, Empfehlungen der Kommission „Selbstkontrolle in der Wissenschaft“, WILEY-VCH, Weinheim“ zu finden.

- a) Beachtung allgemeiner Prinzipien wissenschaftlicher Arbeit und wissenschaftlicher Standards. Dazu zählt insbesondere das Zitieren der verwendeten Quellen.
- b) Dokumentation von Datengrundlage und Resultaten.
- c) Prinzipiell kann zwischen probabilistischen und deterministischen Methoden zur Gefährdungsbewertung unterschieden werden. Aussagen zur seismischen Gefährdung können demnach statistischer oder modellhafter Natur sein oder eine Kombination aus beiden darstellen (hybrider Ansatz). Eine generelle Bevorzugung einer der beiden Methoden kann nicht empfohlen werden, da die Eignung der Methoden von der jeweiligen Problemstellung und Datenlage abhängig ist. Daher sollte in einer Stellungnahme begründet werden, warum eine bestimmte Methodik verwendet wird.
- d) Die Unsicherheiten der verwendeten Datengrundlagen sind darzulegen, und die Auswirkungen auf die Gefährdungsabschätzung sind darzustellen. Unter Umständen (z. B. bei hohem Risiko) kann es sinnvoll sein, im konservativen Sinne abdeckende Szenarien (Extremfälle) in Abhängigkeit von der Unsicherheit der Eingangsdaten zu betrachten, d. h. was könnte passieren, wenn die Bedingungen und Eigenschaften in-situ nicht den wahrscheinlichsten Erwartungen entsprechen, sondern der Kombination extremer Fälle gemäß der spezifizierten Unsicherheiten.

5. *Minderung der Seismischen Gefährdung*

In der bestehenden Praxis gibt es gefährdungsmindernde Maßnahmen z. B. in Form einer „Ampelsteuerung“, durch die operative Maßnahmen modifiziert bzw. abgebrochen werden, bevor die verursachte Seismizität bestimmte Schwellenwerte (z. B. Spürbarkeit oder Unbedenklichkeitsschwelle für Sachschäden) erreicht. Solche Maßnahmen sollen entwickelt und detailliert beschrieben werden. Falls eine Ampelsteuerung als gefährdungsmindernde Maßnahme Bestandteil einer Stellungnahme wird, so sollte der Nachlaufeffekt (d. h. Post-Injektions-Seismizität mit unter Umständen größeren Magnituden) explizit berücksichtigt werden.

IV. Abschließende Bemerkung

Diese Empfehlungen basieren auf dem aktuellen Kenntnisstand der wissenschaftlichen Forschung. Das Autorenteam behält sich vor, bei verändertem Kenntnisstand Modifikationen bzw. Ergänzungen der Empfehlungen vorzunehmen.