

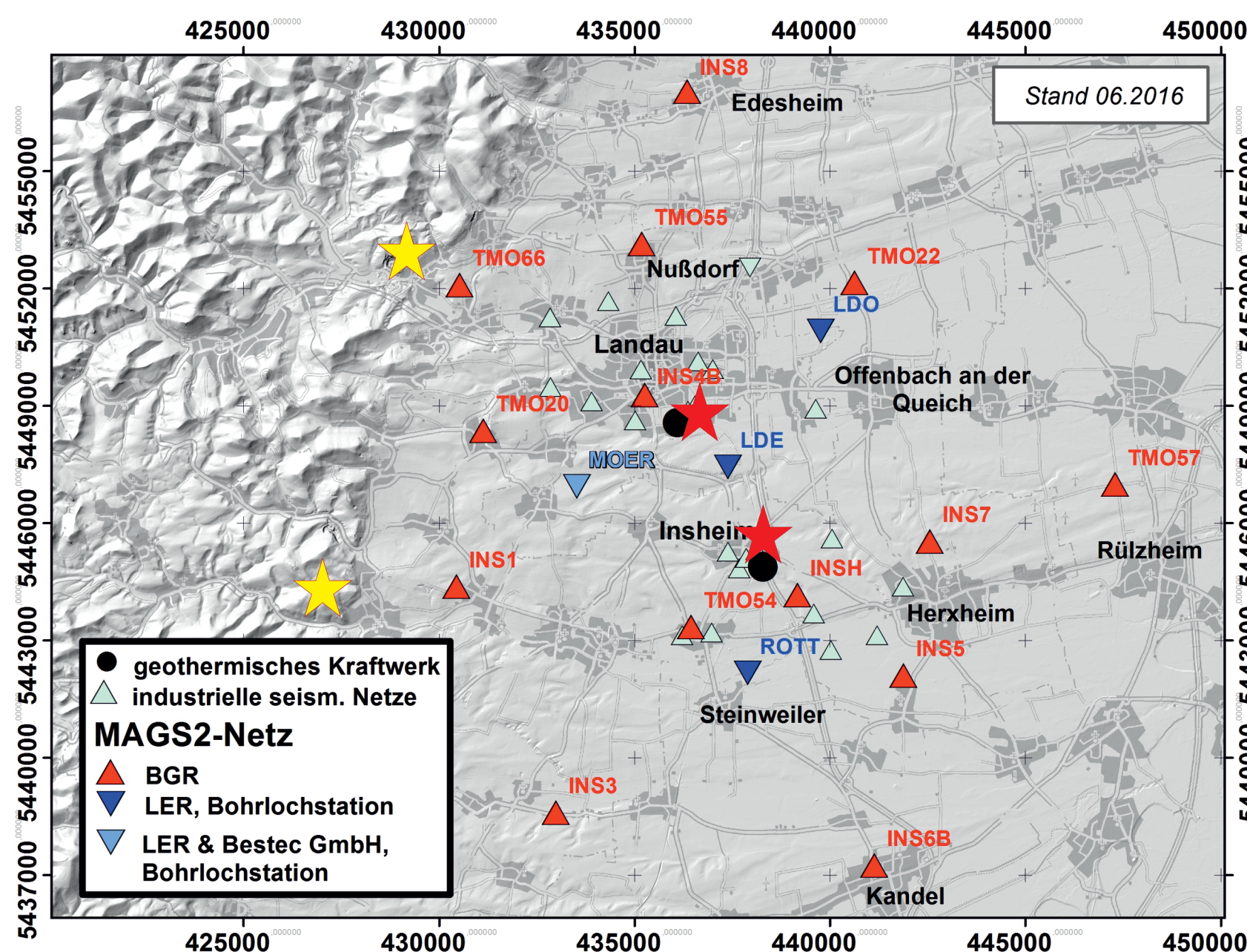
# Induzierte Seismizität an den Geothermiestandorten Insheim und Landau

Brüstle, A.<sup>1</sup>, Vasterling, M.<sup>2</sup>, Schmidt, B.<sup>1</sup>, Wegler, U.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, Mainz, <sup>2</sup>Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, <sup>3</sup>Institut für Geowissenschaften, Friedrich-Schiller-Universität, Jena

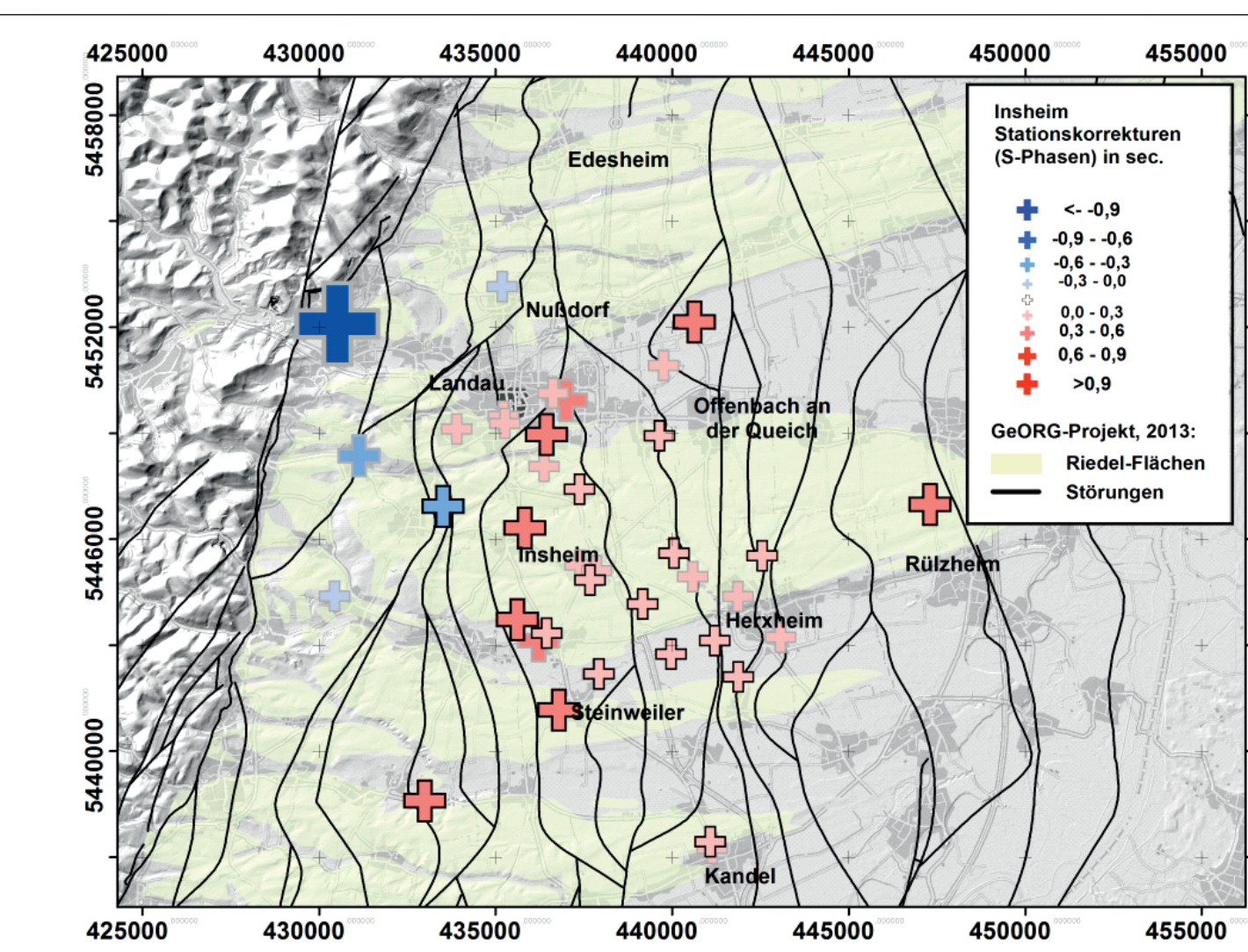
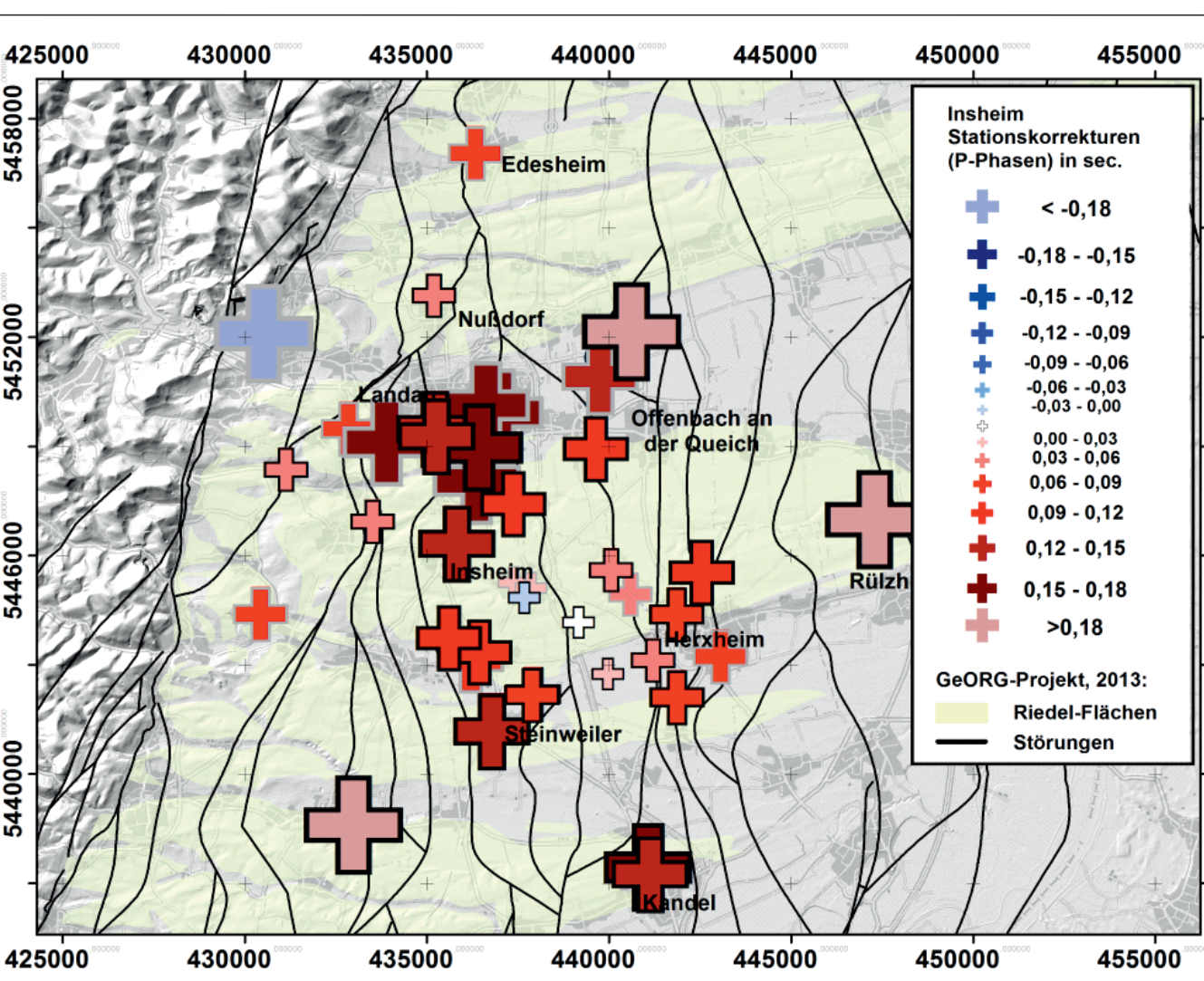
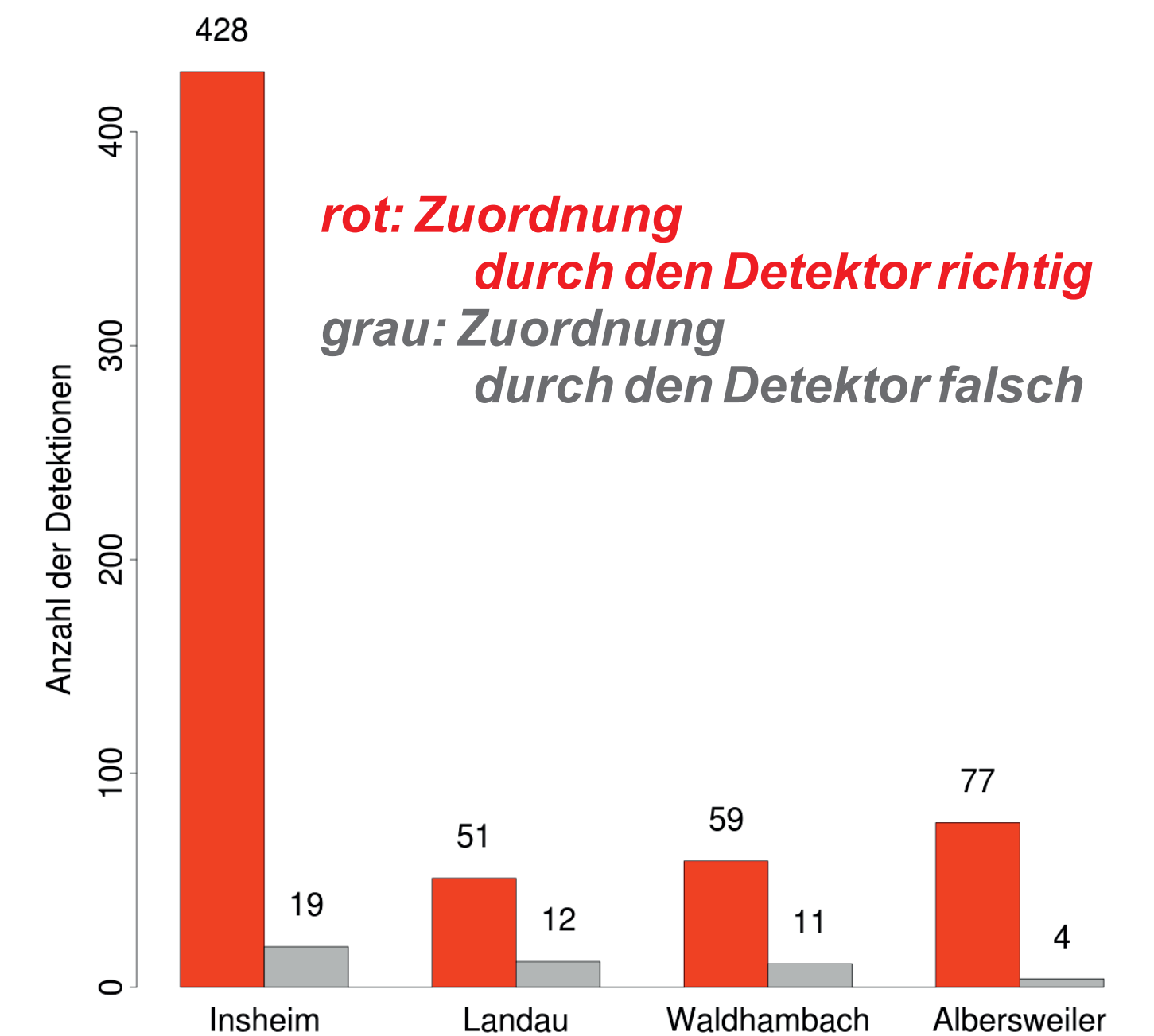
## Einleitung

Im Rahmen des MAGS2-Projekts wird ein lokales, seismologisches Netzwerk aus 14 Oberflächenstationen betrieben. Zur Verbesserung der Lokalisierung der Mikroseismizität wird das Netzwerk durch 4 Bohrlochstationen in Tiefen von etwa 100-300 m ergänzt. Von besonderem Interesse ist dabei die Identifikation des jeweiligen seismisch aktiven Volumens und die Beobachtung des seismisch inaktiven Gebiets zwischen den beiden benachbarten Reservoiren Insheim und Landau.



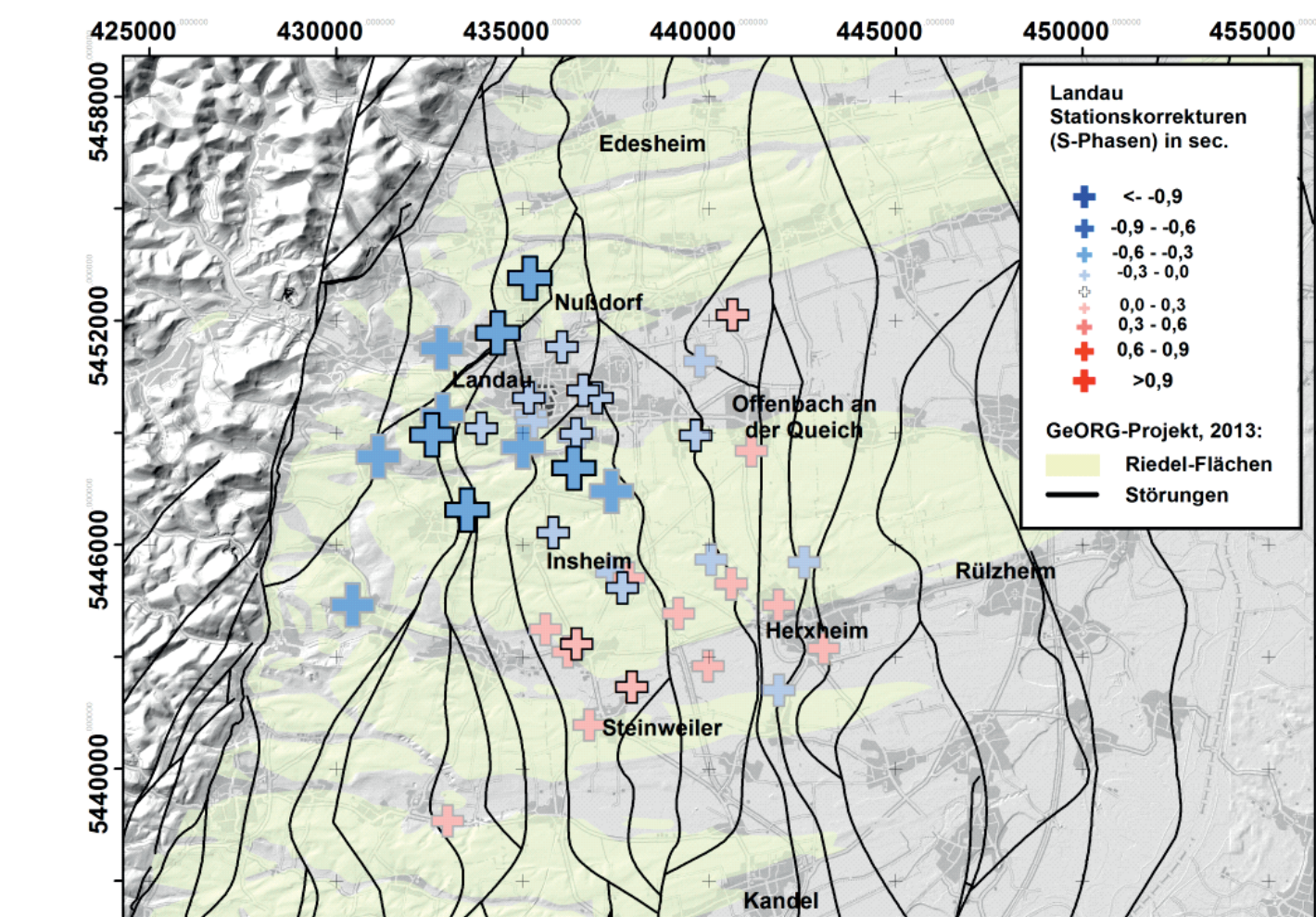
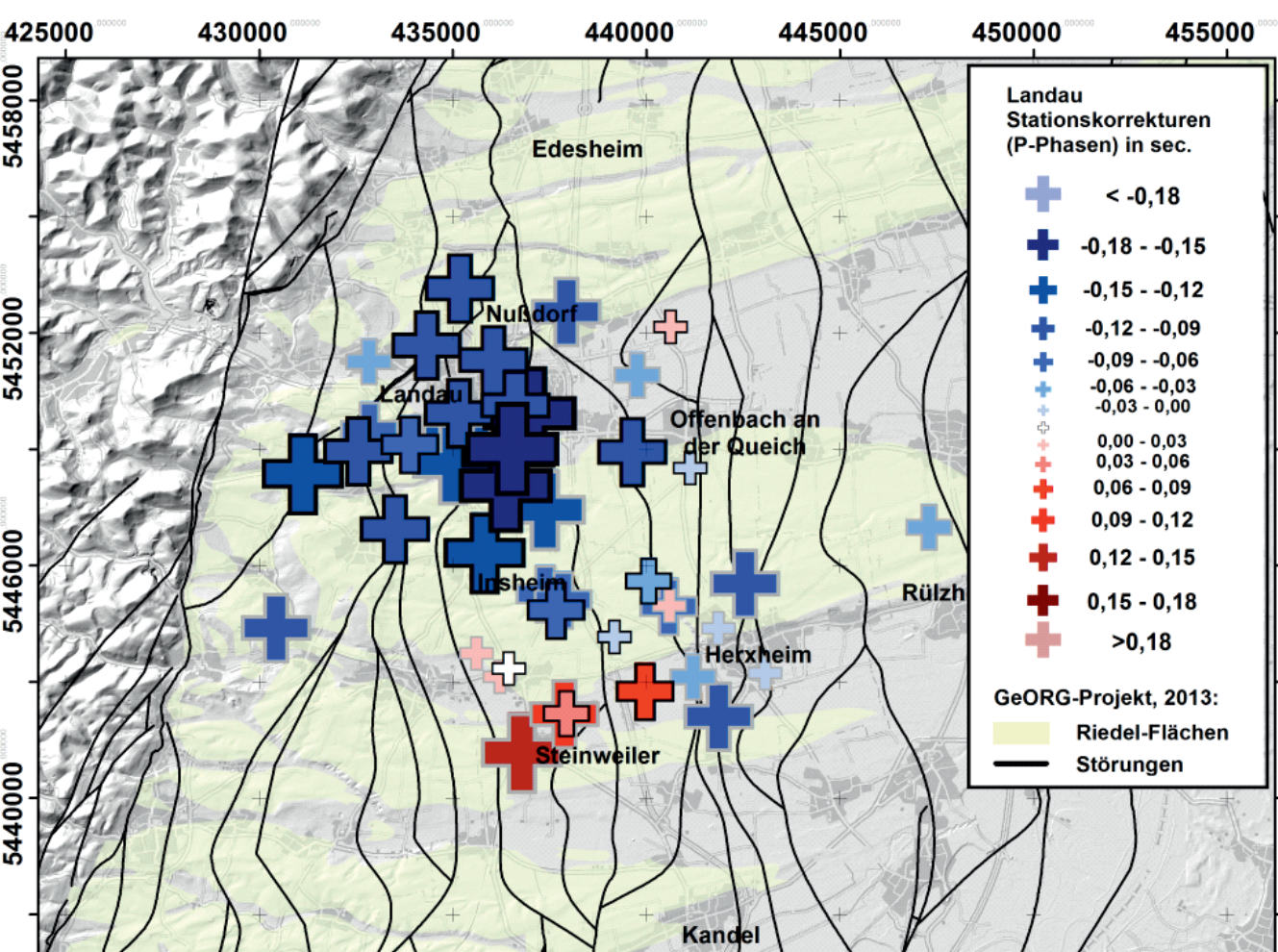
## Ereignisdetektion

Die Ereignisdetektion erfolgt mit Hilfe der Kreuzkorrelation der Einhüllenden von Echtzeitdaten mit bekannten Ereignissen (Vasterling et al., 2016). Es wurden jeweils Mustereignisse für die beiden Geothermie-Reservoire (rote Sterne) und zwei Steinbrüche (gelbe Sterne) ausgewählt. Von Oktober 2013 bis September 2016 wurden 93% der automatischen Detektionen der korrekten Quelle zugeordnet. Fehldetektionen wurden von tektonischen Erdbeben im Bereich des Oberrheingraben und angrenzender Gebiete ausgelöst.



## Stationskorrekturen

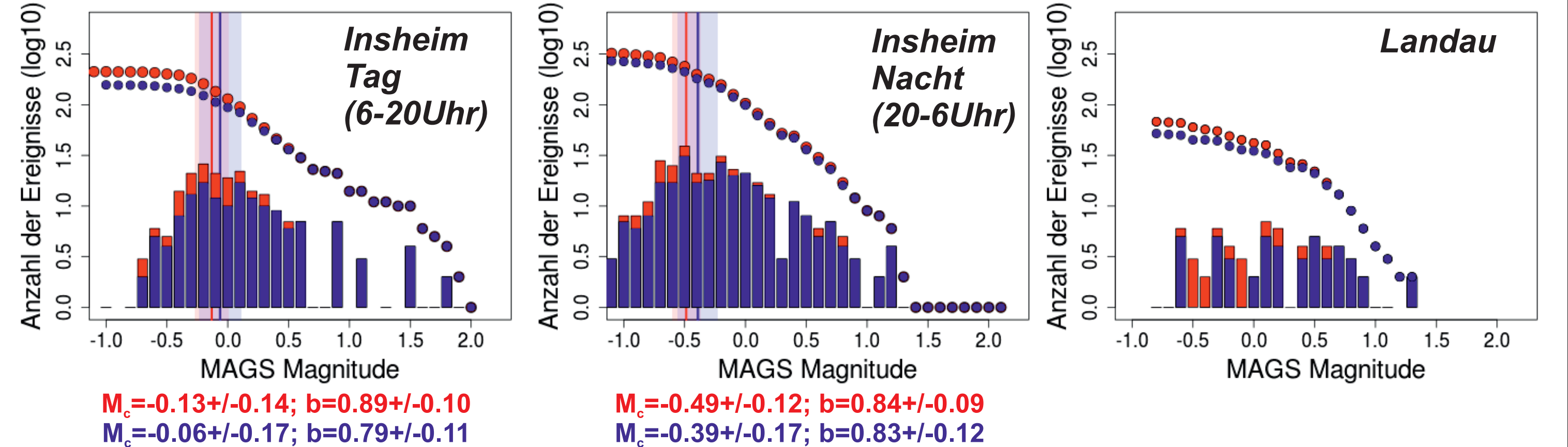
Für die Lokalisierung wurde für Insheim und Landau jeweils ein lokales 1D-Geschwindigkeitsmodell mit Hilfe von ausgewählten Ereignissen des MAGS- und MAGS2-Projektes angepasst und die dazugehörigen Stationskorrekturen bestimmt (VELEST, Kissling et al., 1994)



(negativer Korrekturwert: tatsächliche Laufzeit ist schneller als Berechnete; positiver Korrekturwert: tatsächliche Laufzeit ist langsamer als Berechnete)

## Magnitudenvollständigkeit

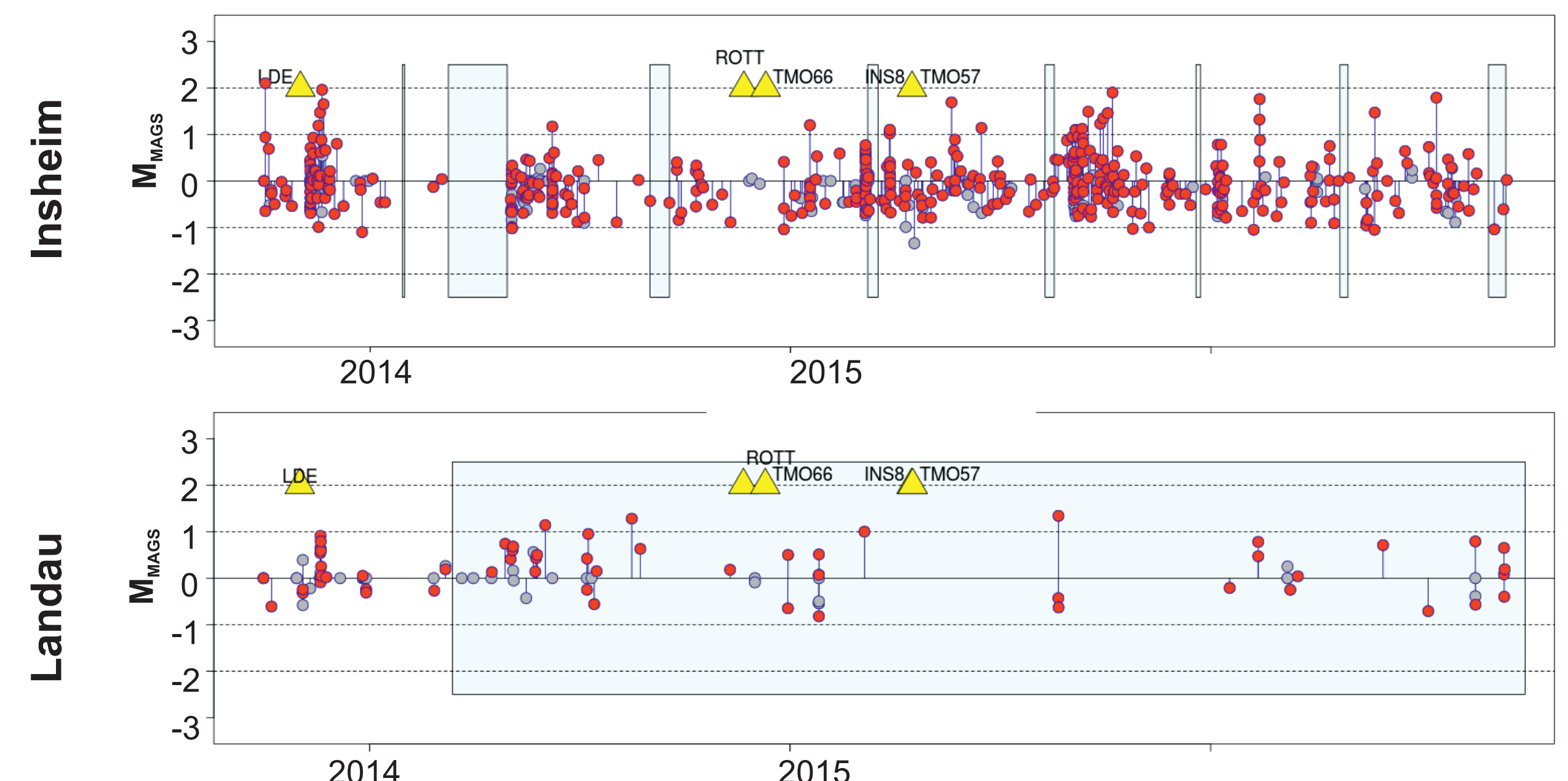
Die Magnitudenvollständigkeit wurde nach der MAXC-Methode (Wiemer & Wyss, 2000) bestimmt.



(rot: Anzahl aller bekannter Ereignisse, blau: Anzahl der vom MAGS-Detektor identifizierten Ereignisse)

## Ereignis-Zeit-Verteilung

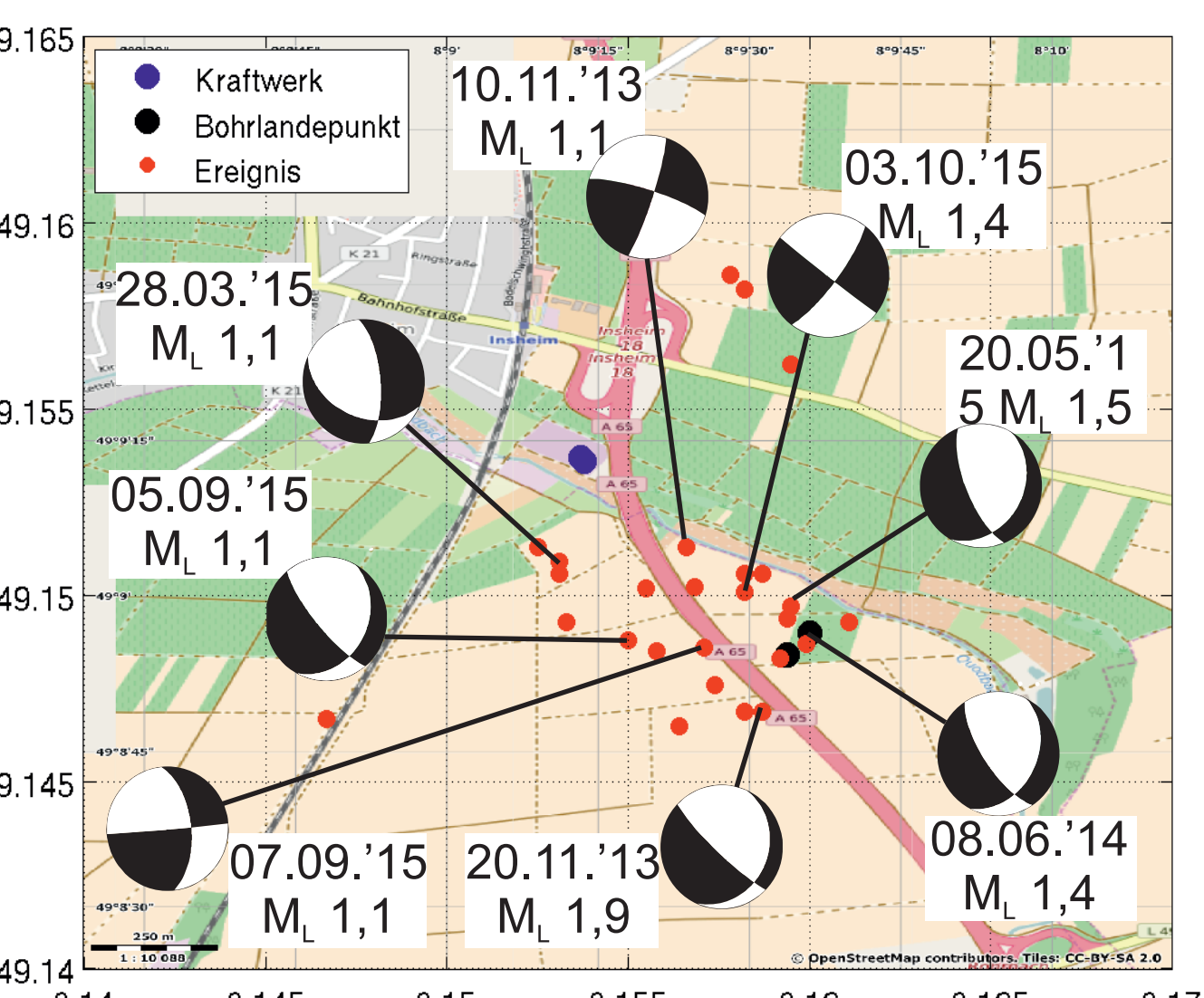
Seit Oktober 2013 ereigneten sich 575 Erdbeben im Bereich des Geothermiekraftwerks Insheim und 98 Erdbeben im Bereich des Geothermiekraftwerkes Landau.



(rot: MAGS2-Detektionen; grau: weitere bekannte Ereignisse; farblich gekennzeichnete Zeitbereiche: Stillstand des Kraftwerks; gelbe Dreiecke: nachträglich installierte Stationen)

## Herdmechanismen

Die Bestimmung der Herdmechanismen erfolgte mit FOCMEC (Snoke, J. et al., 2003).

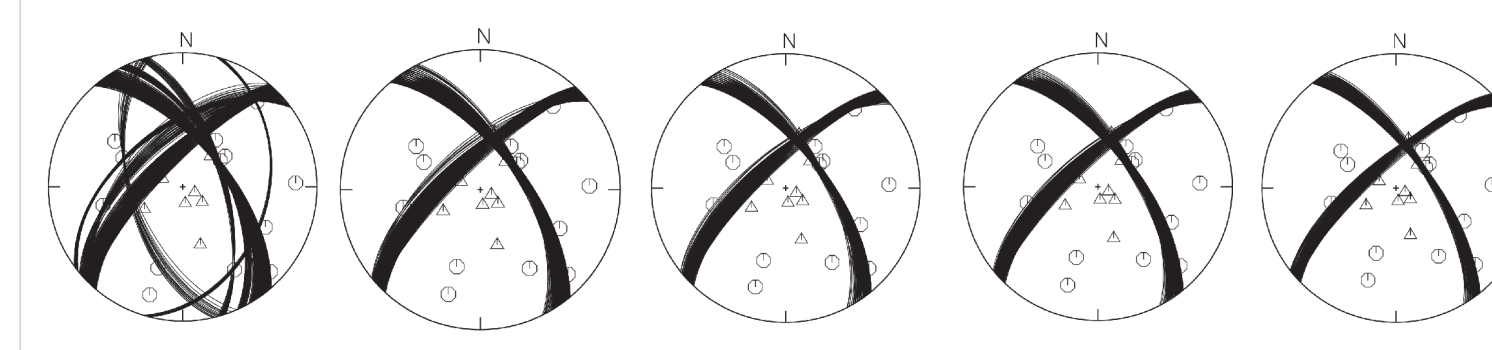


**Herdmechanismen Insheim**  
 zwei Typen von Herdmechanismen:  
 - hauptsächlich Abschiebungen (meist NNW-SSE streichend)  
 - einige Blattverschiebungen

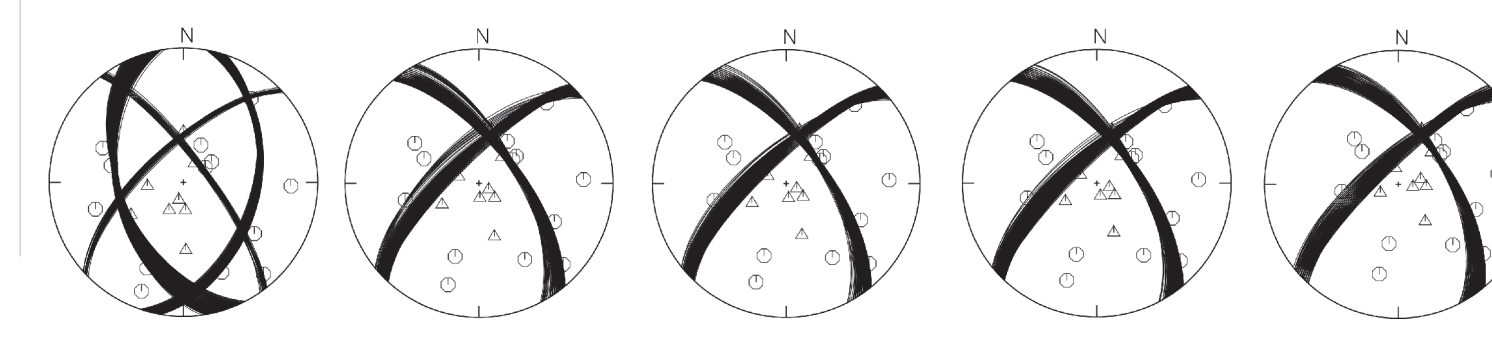
**Einfluss der Lokalisierungsungenauigkeit**  
 Variation von Länge, Breite und Tiefe um die jeweilige Unsicherheit (+Faktor)

=> Änderung des Herdmechanismus nur bei großer Änderung der Lokalisierung

**Tiefenvariation**  
 z = -700m z = -200m z = +/-0m z = +200m z = +700m

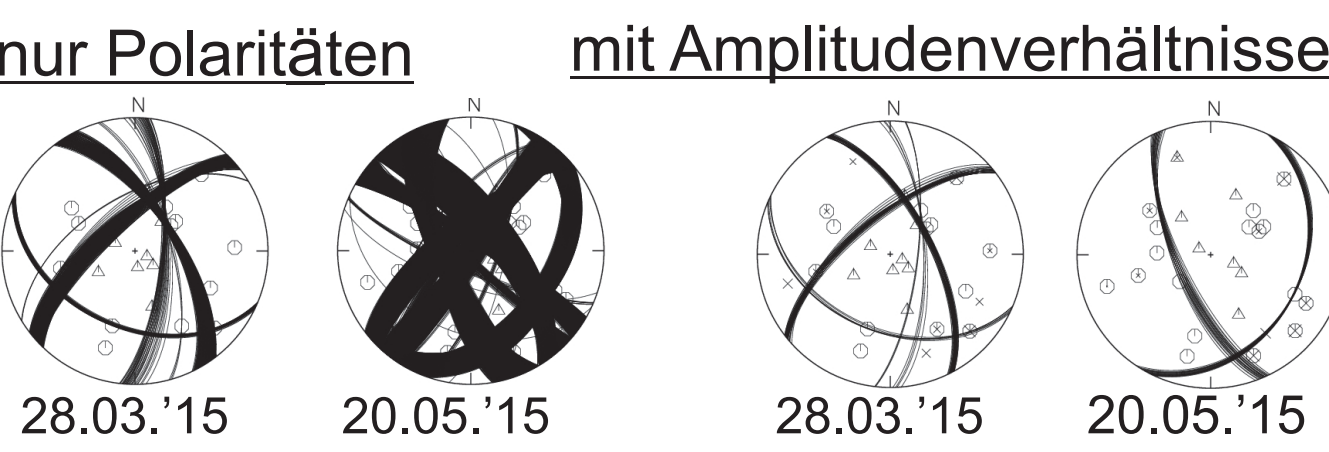


**Variation von Länge und Breite**  
 lat/long -90m lat/long -90m lat/long +/-0m lat/long +90m lat/long +900m



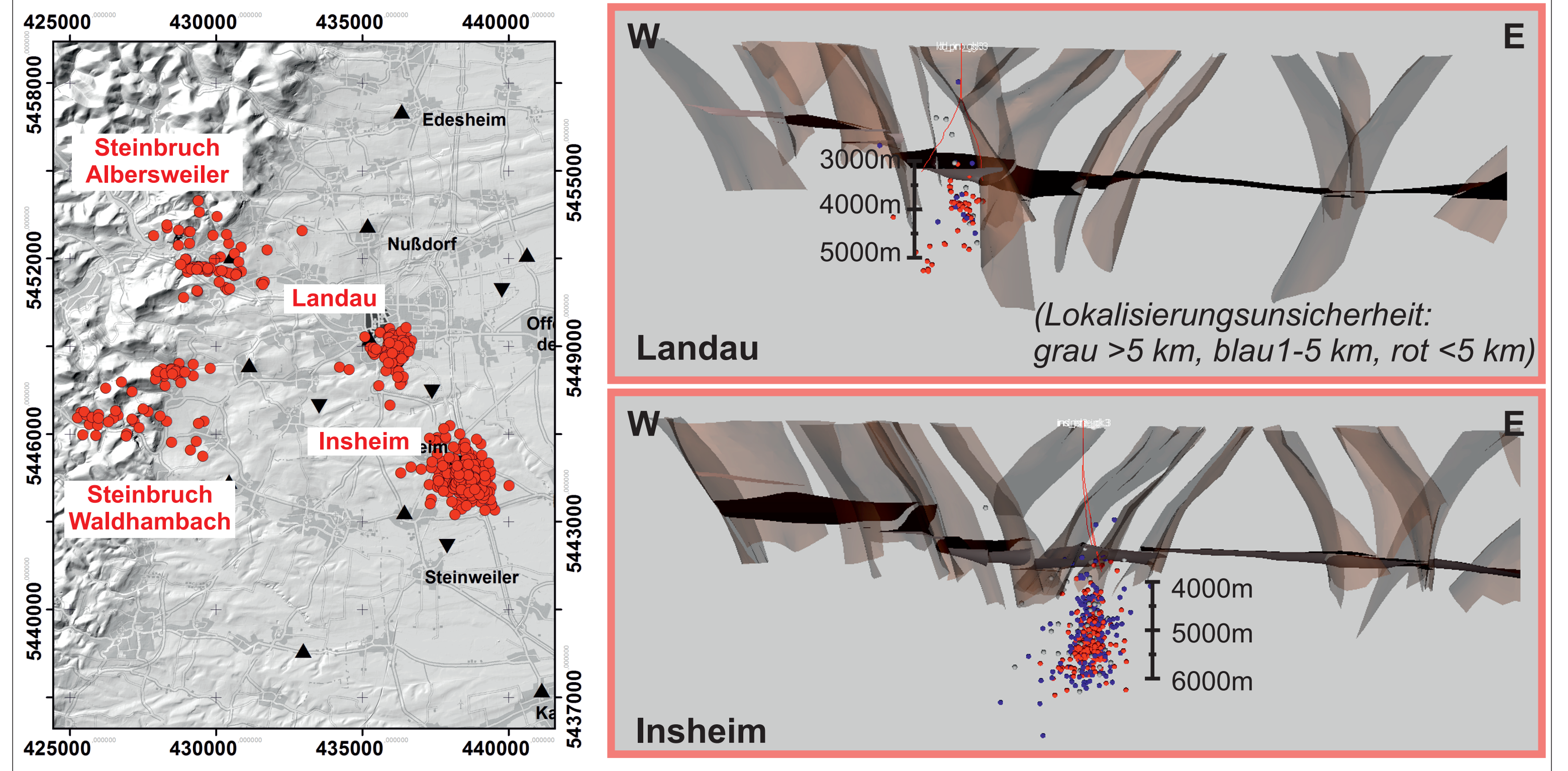
## Inversion mit/ohne Amplitudenverhältnisse

- Inversion nur mit Polaritäten liefert mehrdeutige Lösungen  
 - Berücksichtigung des Amplitudenverhältnisses P/Sh führt zu einer Reduzierung der Mehrdeutigkeit



## Induzierte Seismizität & Steinbruchsprengungen

Die Lokalisierung der manuellen Auswertung erfolgte mit NonLinLoc (Lomax et al., 2000).



**Referenzen**  
 GeORG-Projektteam, 2013: Geopotentiale des tieferen Untergrundes im Oberrheingraben, Fachlich-technischer Abschlussbericht des INTERREG-Projekts GeORG, Teil 1.-Freiburg i. Br., LGRB-Informationen, 28, 103 S. Kissling E. et al., 1994: Initial reference models in local earthquake tomography. *J. Geophys. Res.*, 99, 19635-19646. Lomax, A. et al., 2000: Probabilistic earthquake location in 3D and layered models: Introduction of a Metropolis-Gibbs method and comparison with linear locations, in *Advances in Seismic Event Location*; Thurber, C.H., and N. Rabinowitz (eds.), Kluwer, Amsterdam, 101-134. Snoke J.A. et al., 2003: FOCMEC: Focal MECHANism determinations; International Handbook of Earthquake and Engineering Seismology Academic Press, 1629-1630. Chapter 85.12, pp. Vasterling et al., 2016: Real-time envelope cross-correlation detector: application to induced seismicity in the Insheim and Landau deep geothermal reservoirs; *Journal of Seismology*, doi:10.1007/s10950-016-9597-1. Wiemer, S. & Wyss, M., 2000: Minimum magnitude of complete reporting in earthquake catalogs: examples from Alaska, the western United States, and Japan; *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 90, 859-869.

Das Verbundprojekt **MAGS2 - Mikroseismische Aktivität geothermischer Systeme - Vom Einzelsystem zur großräumigen Nutzung** (FKZ 0325662A-G) wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert und betreut vom Projektträger Jülich.



## Danksagung

Dank an die Pflanzwerke geofuture GmbH, Bestec GmbH und DMT für Detektionen und Wellenformdaten, an das KIT für den Ereignis-Katalogs des MAGS-Projekts und an das GeORG-Projekt für das zur Verfügung stellen des 3D-Modells des Oberrheingraben.

Kontakt: andrea.bruestle@lgb-rlp.de & margarete.vasterling@bgr.de

