

MAGS2 - EP2

Optimierte seismische Überwachung hydro-geothermaler Systeme im Süden Münchens

Tobias Megies, Joachim Wassermann

LMU München





Überblick

Einführung

- Entwicklung der Geothermie in Bayern
- Mikroseismizität im Süden Münchens
- Aktuelle Entwicklung der Geothermie im Süden Münchens

Optimierte seismische Überwachung komplexer Geothermiefelder

- Beispiel Süden Münchens
- Netzwerkoptimierung
- Detektionsergebnisse des realisierten Netzwerks

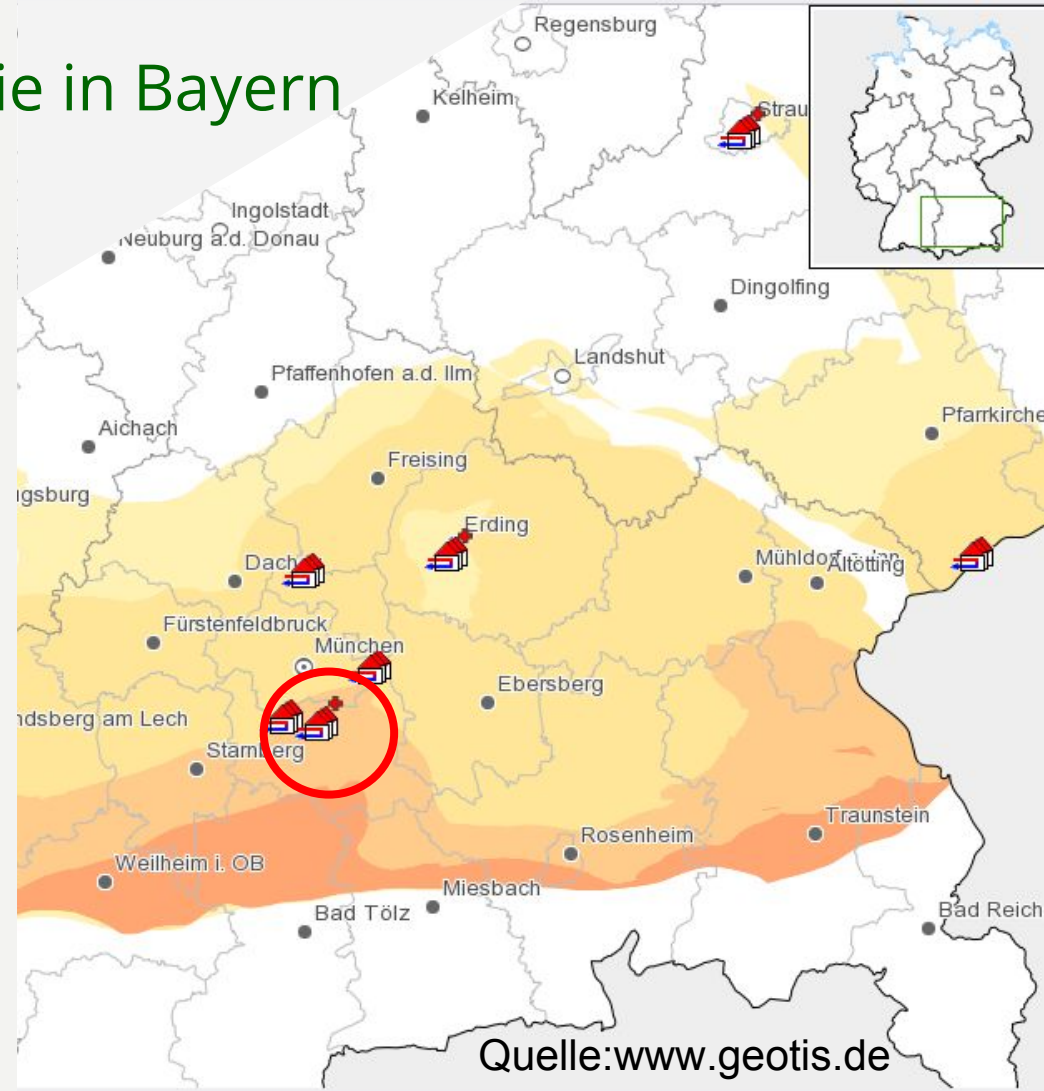
Fazit / weiterer Forschungsbedarf



Entwicklung der Geothermie in Bayern

Bayerisches Molassebecken

- vor 2008:
Thermalbäder,
Fernwärmeprojekte
< 100°C << 100 l/s
- 2008-2012: (MAGS1)
erstes Wärme/Strom-Projekt
Unterhaching ≈130°C ≈120 l/s
- jetzt: (MAGS2)
mehrere Strom/Wärme Projekte
nahe München, bis zu 150 l/s

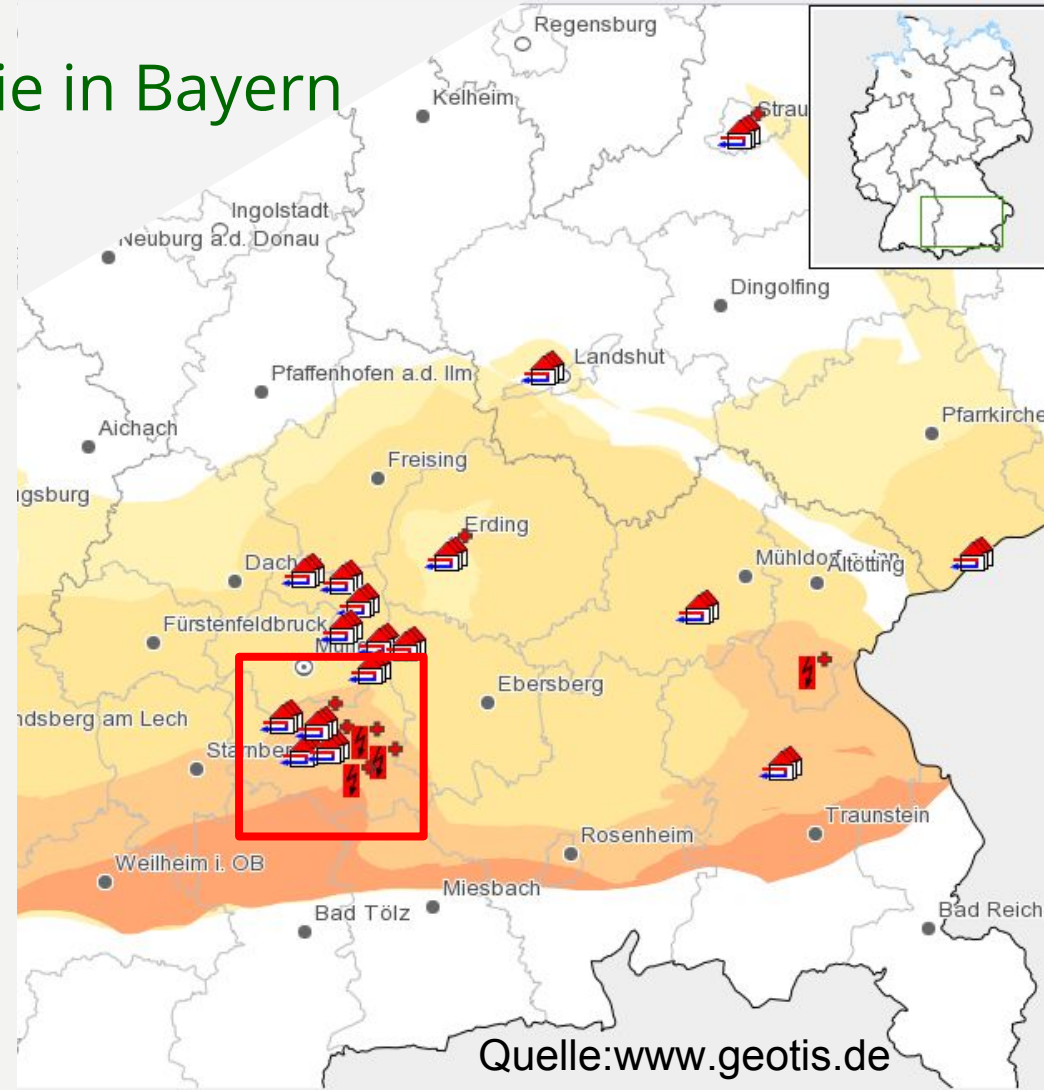




Entwicklung der Geothermie in Bayern

Bayerisches Molassebecken

- vor 2008:
Thermalbäder,
Fernwärmeprojekte
< 100°C << 100 l/s
- 2008-2012: (MAGS1)
erstes Wärme/Strom-Projekt
Unterhaching ≈130°C ≈120 l/s
- jetzt: (MAGS2)
mehrere Strom/Wärme Projekte
nahe München, bis zu 150 l/s





Mikroseismizität im Süden Münchens

2008: zwei verspürte Beben im Landkreis München

⇒ seit MAGS1 (≈2010): detaillierte Untersuchung von Mikroseismizität in der Umgebung der Reinjektionsbohrung Unterhaching

→ Megies und Wassermann, 2014, Geothermics

→ MAGS1 Abschlussbericht

- Epizentren nahe Injektionsstrecke Unterhaching (< 500m entfernt)
 - über 500 Mikrobeben, größtenteils $M_l < 1$, bis zu $M_l 2,4$
 - $M_l 2,1$ Beben: PGV 0.4 mm/s ca. 3 km vom Epizentrum gemessen
- Epizentren/Herdmechanismen korrelieren mit Streichrichtung der durchteuften Störungszone



Entwicklung im Süden Münchens in den letzten Jahren

- Abstände benachbarter Projekte zum Teil nur noch 2-3 km
- sichere "Zuordnung" zu Standort erfordert Lokalisierungsgenauigkeiten von einigen 100m
- zudem: erhebliche Anzahl von Mikrobeben in MAGS1 nachgewiesen

Erdbebendienst Bayern kann diese Genauigkeit nicht landesweit leisten

⇒ Auflagen zu betreiberseitigem seismischen Monitoring bei Tiefengeothermieprojekten

- sinnvolle Umsetzung des Monitorings bei so eng benachbarten Dubletten (= komplexes Geothermiefeld) nur standortübergreifend möglich
- ⇒ maximaler Informationsoutput bei minimiertem Kostenaufwand
- ⇒ Regelung des Informationsaustauschs



Optimierte seismische Überwachung in komplexem Geothermiefeld

Im Rahmen von MAGS2 EP2:

Exemplarisches standortübergreifendes Monitoringnetzwerk für komplexes Geothermiefeld 6 benachbarter Tiefengeothermieprojekte verschiedener Betreiberfirmen

→ Hauptinteresse der Betreiber:
Erfüllung der Monitoringaufgabe mit möglichst geringem Aufwand

Realisierung des Netzwerks:

- ⇒ minimierter Stationsaufwand (6 Stationen)
- ⇒ optimierte Netzwerkauslegung



Optimierte seismische Überwachung in komplexem Geothermiefeld

Inversion des optimalen Netzwerklayouts hinsichtlich..

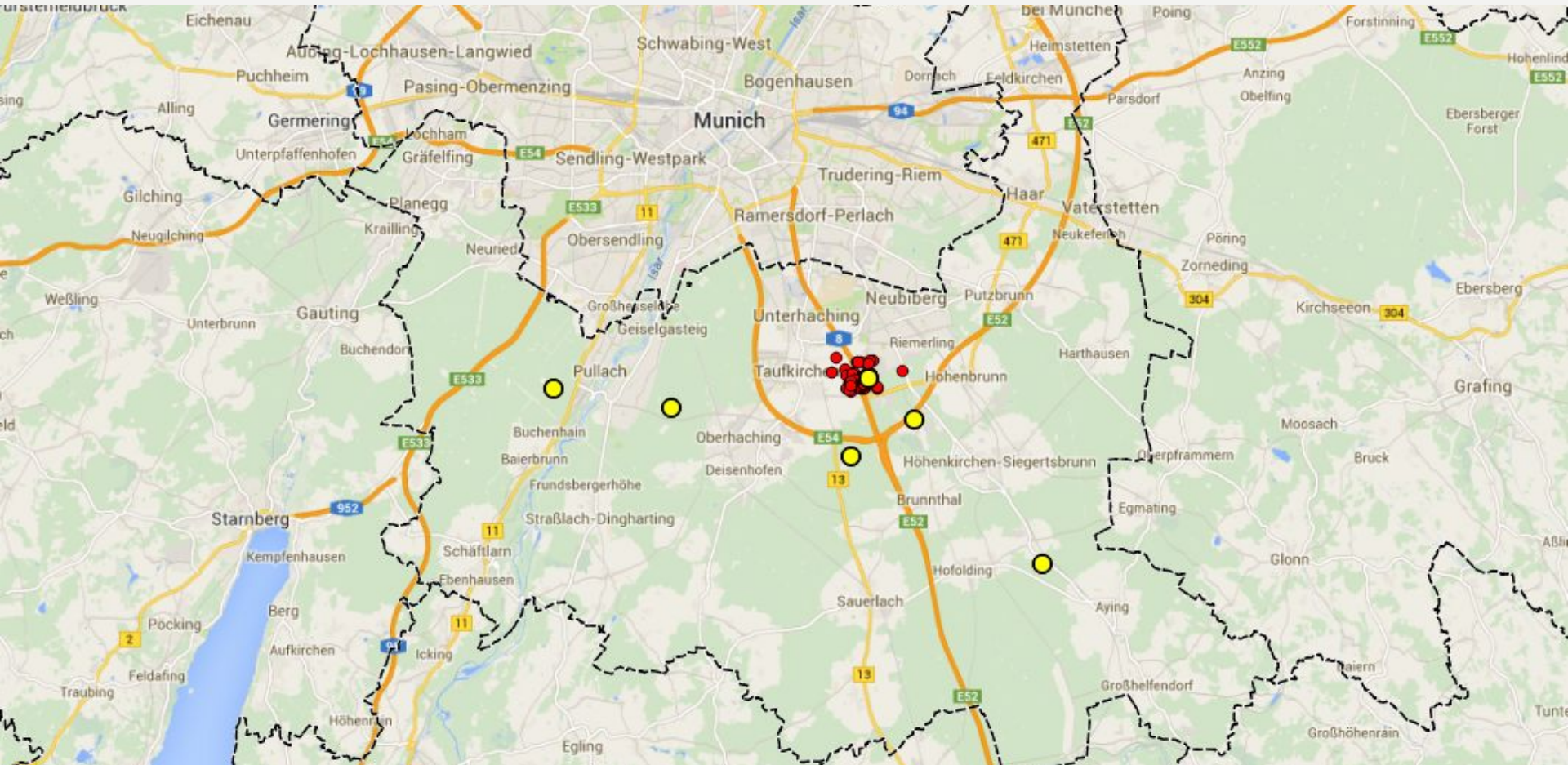
- Detektionsmöglichkeit
- Lokalisierungsgenauigkeit

..dabei Verschneidung verschiedener Datensätze:

- potentielle Quellregionen: Injektionsstrecken
 - synthetischer Bebenkatalog
- Realisierbarkeit von Stationen mit Zugang zum Stromnetz
 - Infrastruktur, Landnutzungsdaten
- Detektionsmöglichkeiten an potentiellen Standorten
 - lokales Noisemodell

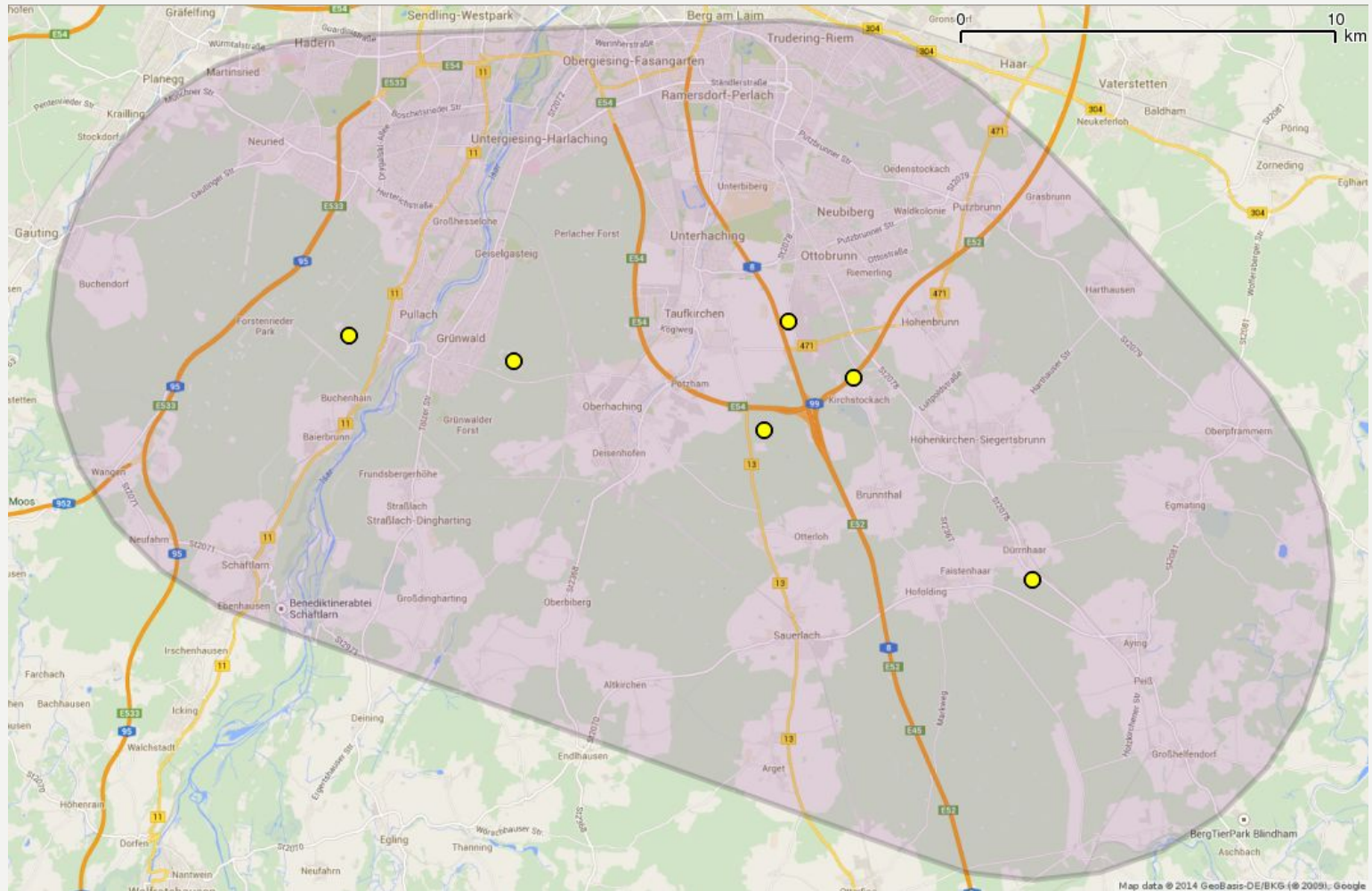


Geothermiestandorte (gelb) und Mikrobeben MAGS1 (Standort Unterhaching)

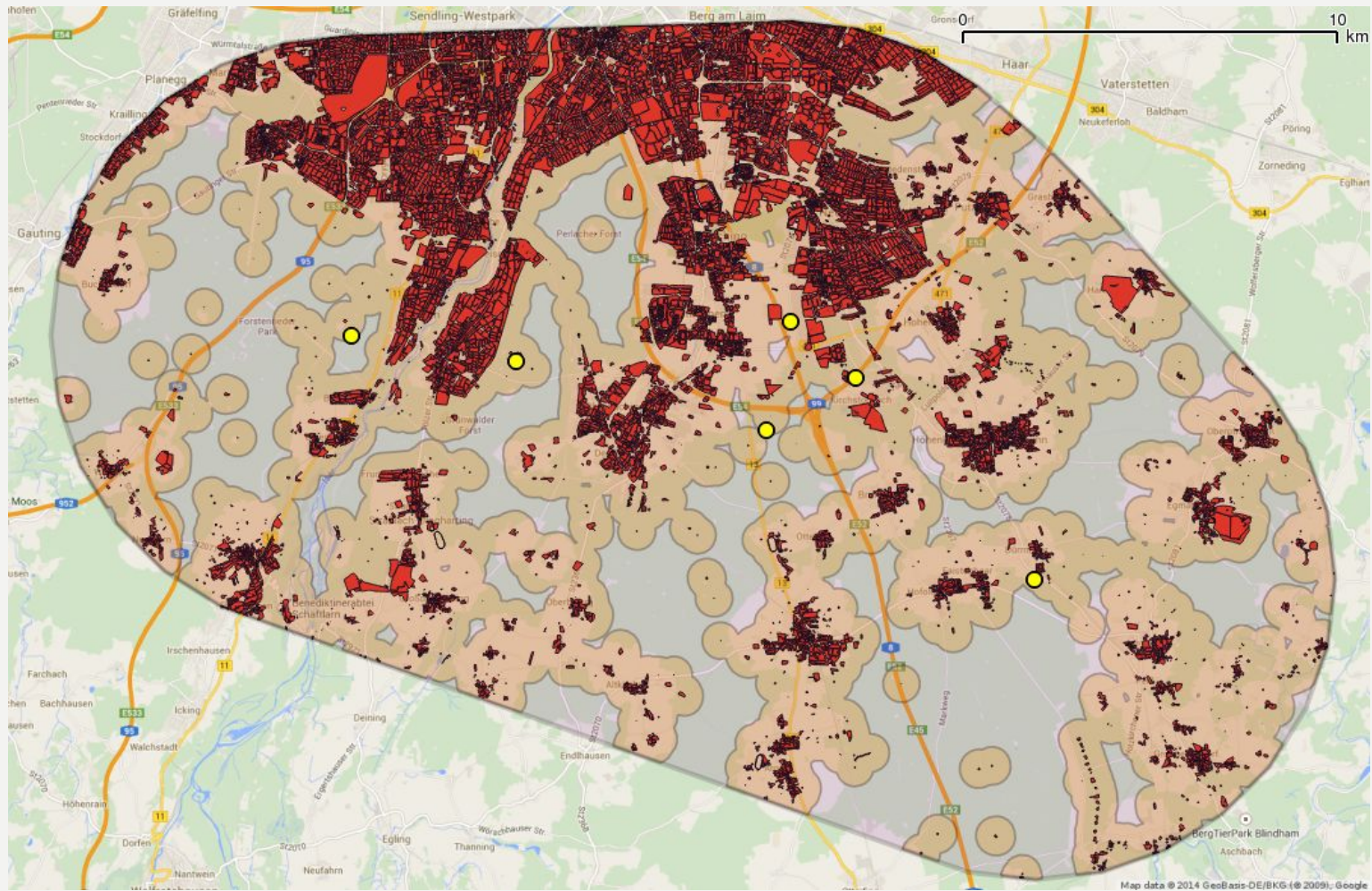




Geothermiestandorte (gelb) und Stationsperimeter (2x Reservoirtiefe = 8km)

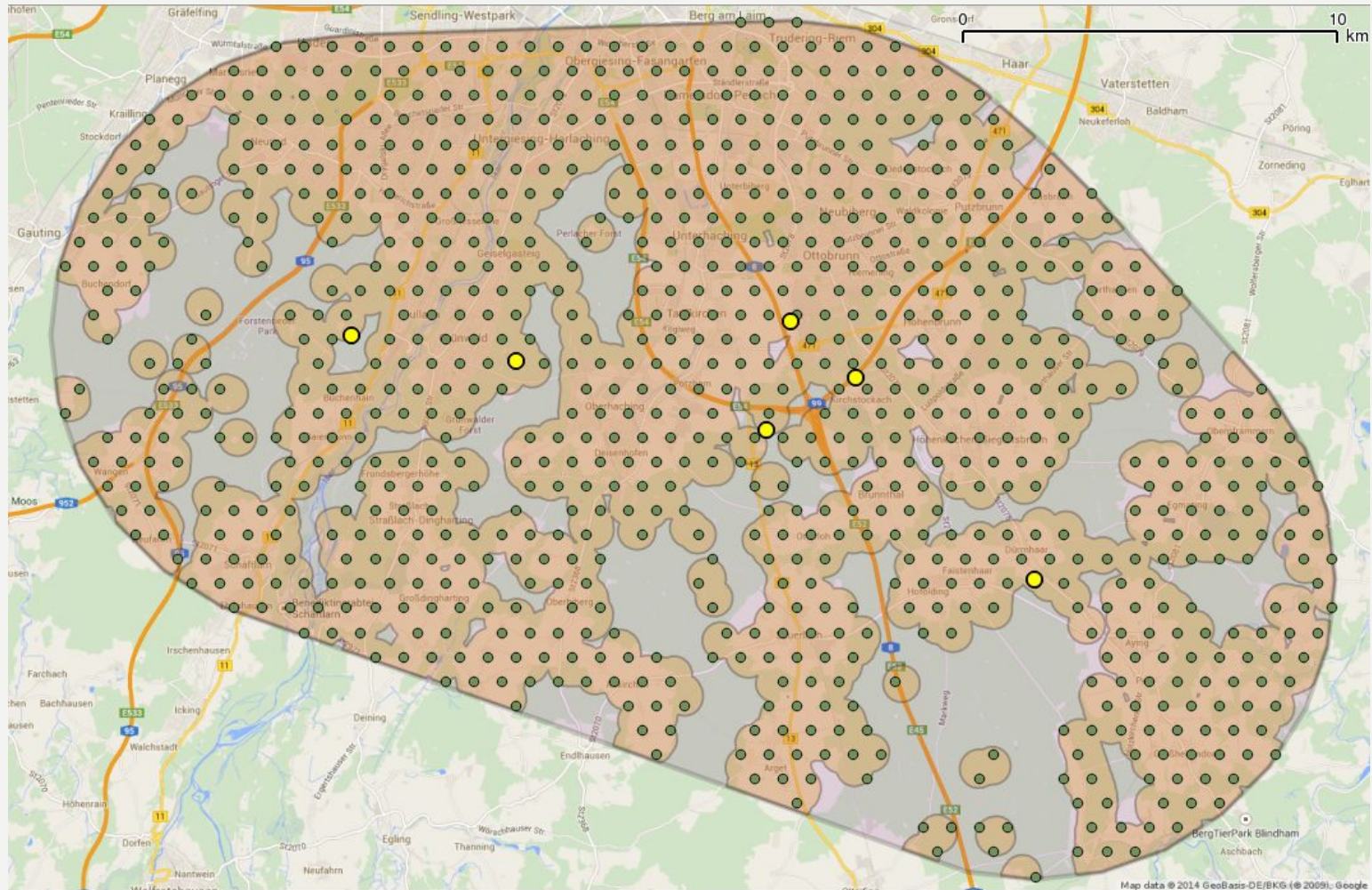


Infrastruktur / Realisierbarkeit von Zugang zum Stromnetz





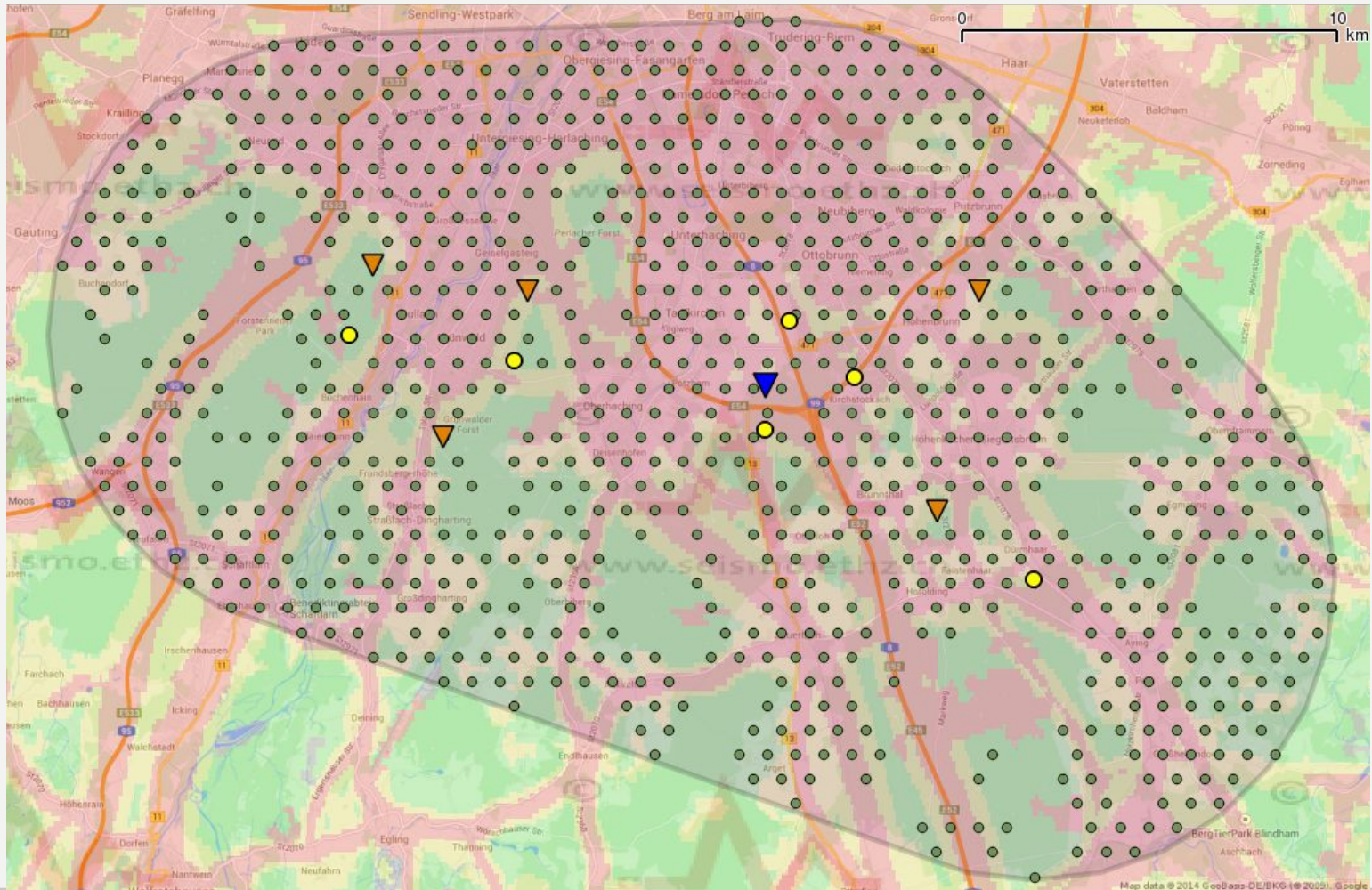
Gitternetz potentieller Standorte mit Zugang zum Stromnetz



Bodenunruhemodell: Abschätzung der Bodenunruhe an potentiellen Standorten

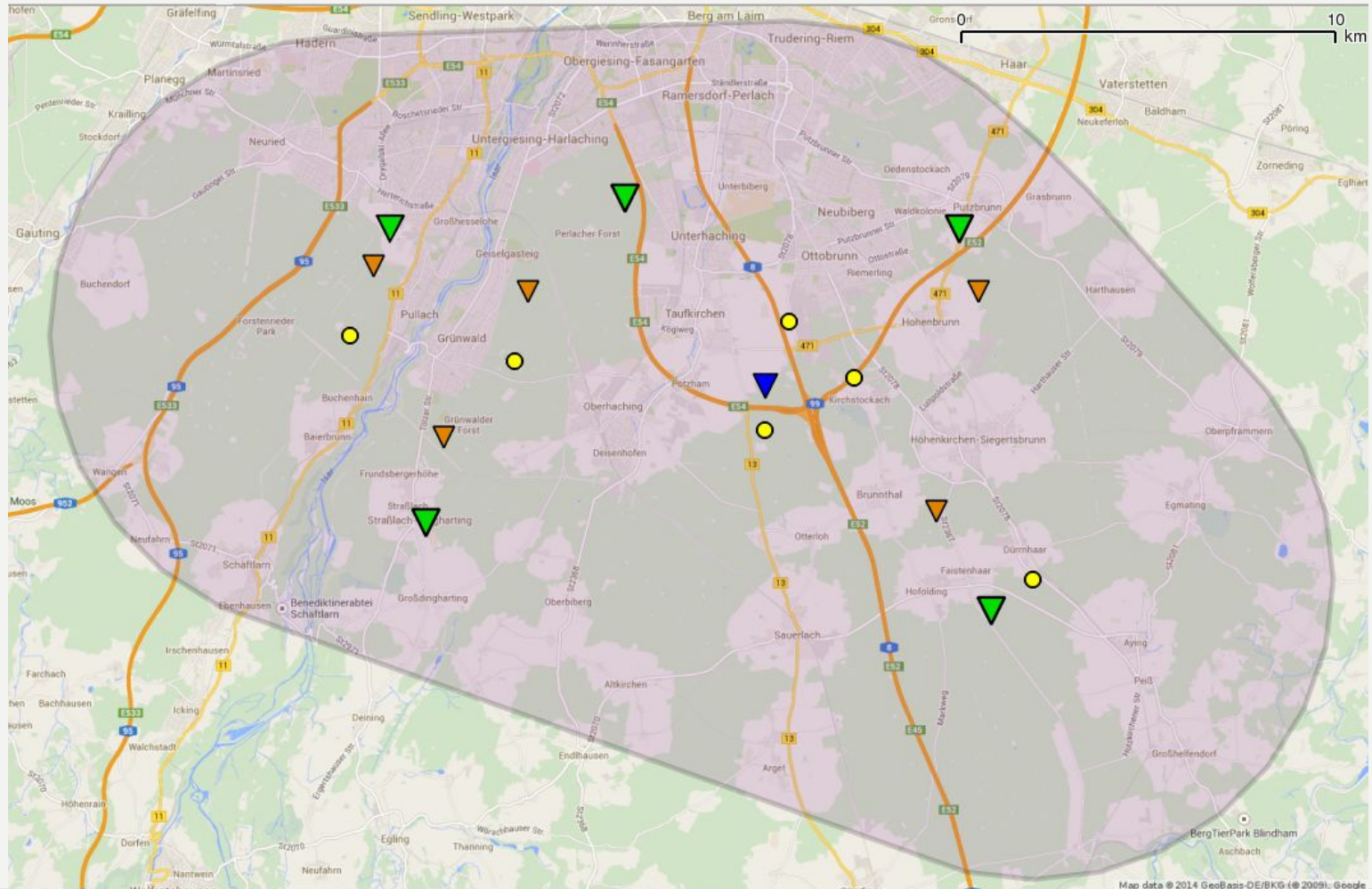


Optimales Netzwerk (braun) als Ergebnis der Inversion





Optimales Netzwerk (braun+blau) und tatsächliche Realisierung (grün+blau)

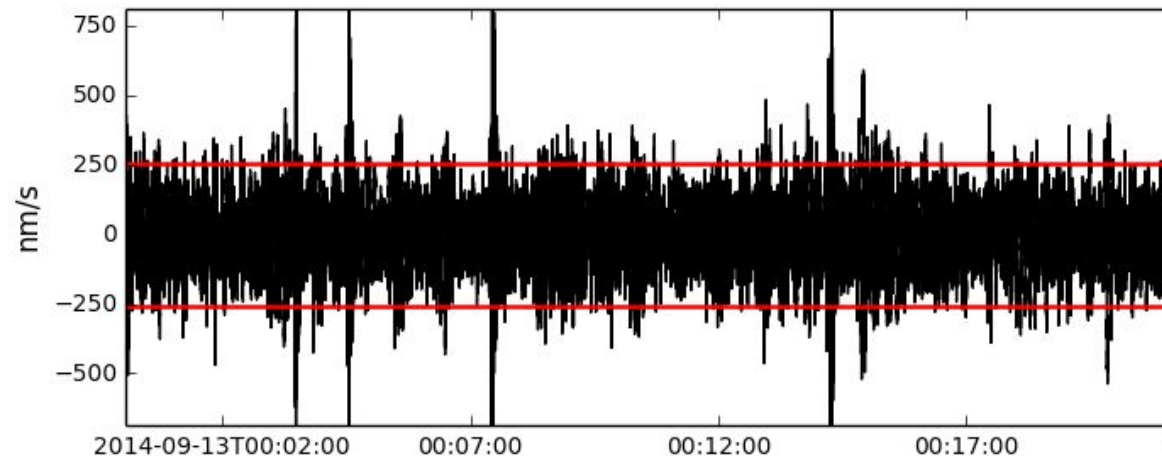
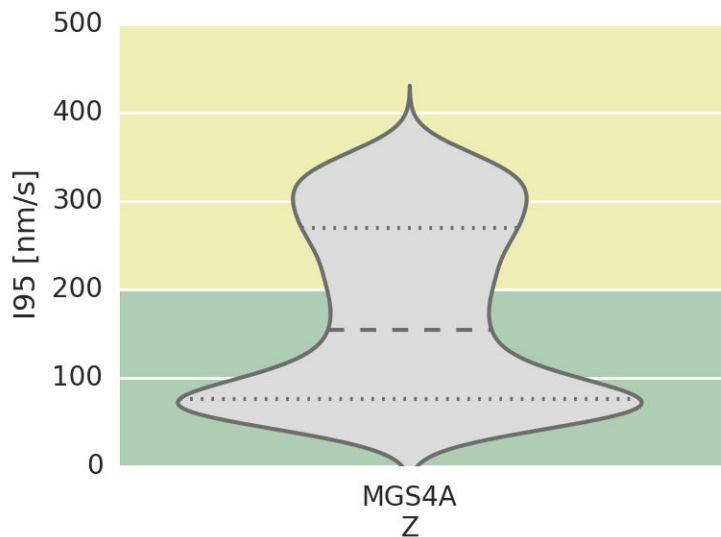


Optimierte seismische Überwachung

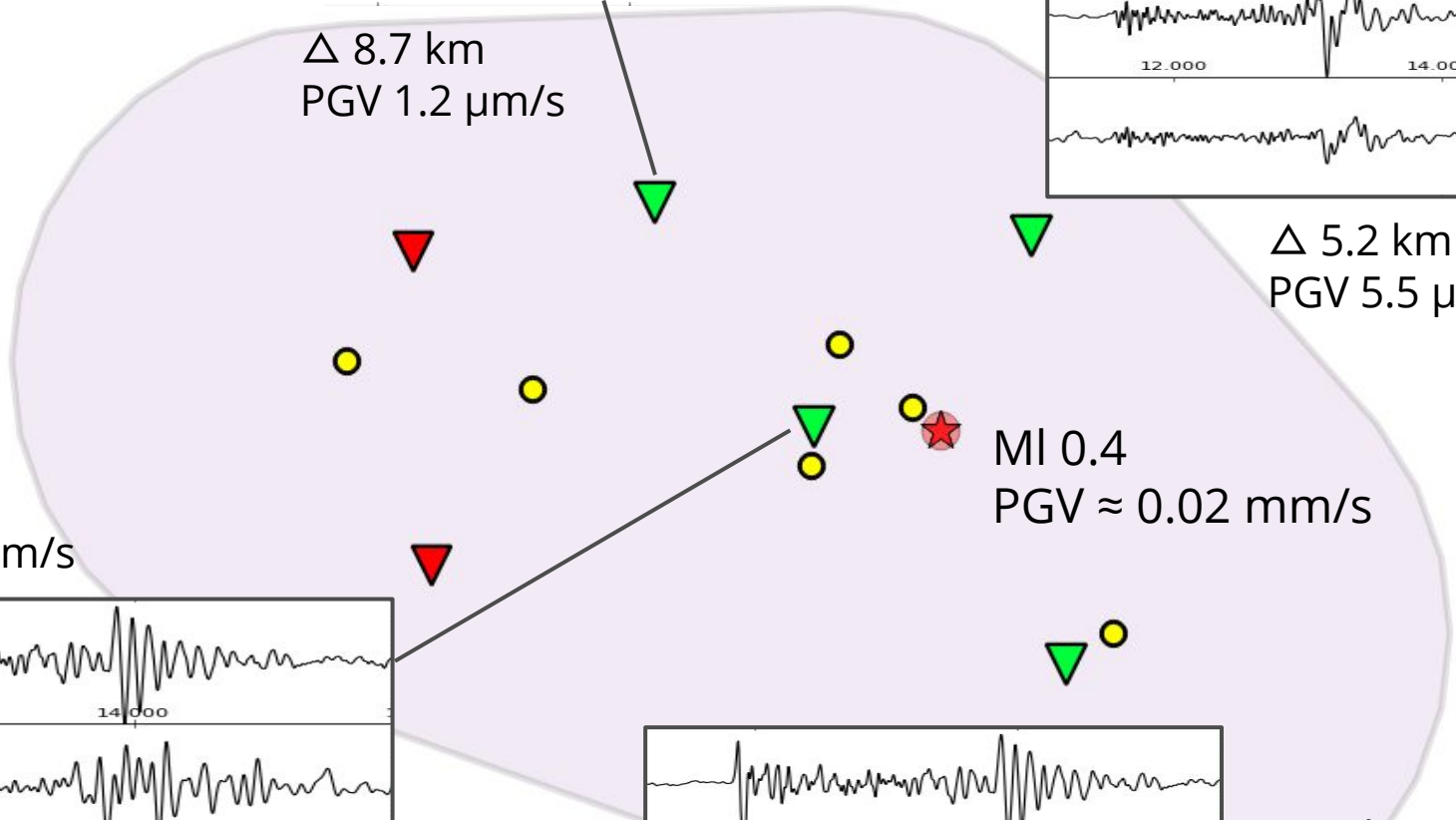
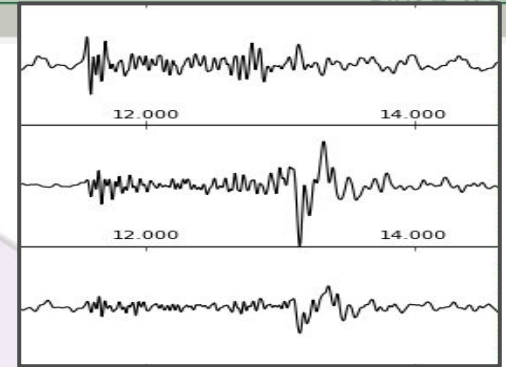
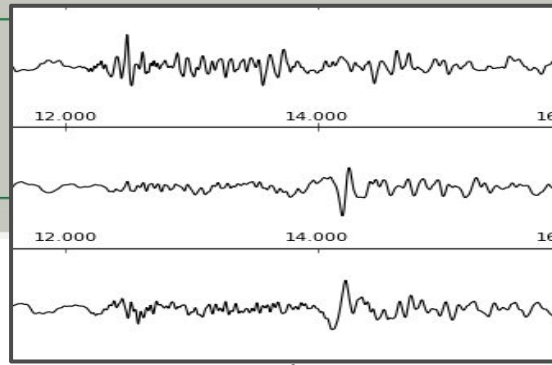
Kontinuierliche Kontrolle der Detektionsfähigkeit

I95-Wert: Amplitudenwert der zu 95% der Zeit unterschritten wird

grüner Bereich: Mikrobeben mit PGV 0.03 mm/s in 8 km Entfernung detektierbar



Beispieldetektion

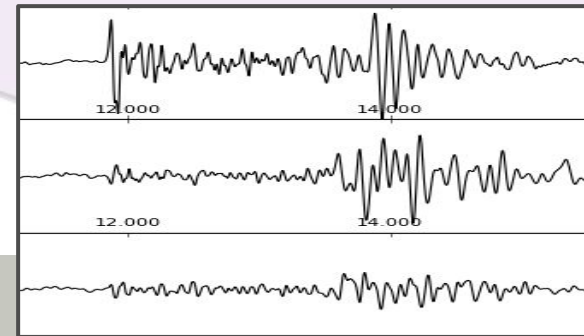
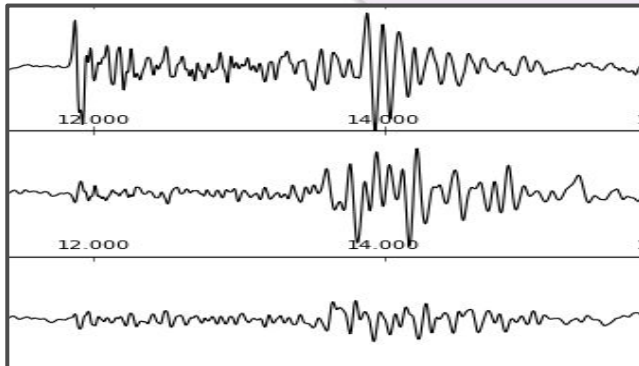


Δ 8.7 km
PGV 1.2 $\mu\text{m/s}$

Δ 5.2 km
PGV 5.5 $\mu\text{m/s}$

MI 0.4
PGV \approx 0.02 mm/s

Δ 3 km
PGV 11 $\mu\text{m/s}$



Δ 6.2 km
PGV 2 $\mu\text{m/s}$



Fazit

- Netzwerkoptimierung hat eindrucksvoll zu einem effektiven und äußerst effizienten Monitoringnetzwerk mit minimierter Stationsanzahl für das komplexe Geothermiefeld geführt
- Detailinformationen zu einzelnen Standorten können darauf aufbauend durch entsprechende kleinräumige Verdichtung je nach (Betreiber-)Wunsch gewonnen werden
- erste Mikrobeben im Umfeld der neu in Betrieb gegangenen hydrothermalen Geothermieprojekte im Süden Münchens detektiert
- auch in Zukunft seismisches Monitoring bei hydrothermalen Tiefengeothermie nötig



Weiterer Forschungsbedarf

- flächige a-priori Noisemodelle müssen im urbanen/sub-urbanen Raum dringend noch weiter verfeinert werden
 - Nutzung von inzwischen verfügbaren, höchst aufgelösten Vektordaten (Landesvermessungsämter, open street map, ...)
 - SWM: bis 2040 bis zu 20 Anlagen im/nahe Stadtgebiet Münchens!
 - Anfang 2018: Bohrbeginn für Doppeldoublette im Stadtgebiet, in 3km Entfernung des Stadtzentrums
- Kosten-Aspekt muss in Netzwerkoptimierung aufgenommen werden
 - München: Stationen im Stadtgebiet in Zukunft vermutlich unvermeidbar
 - Gesamtkosten als Randbedingung (statt Stationsanzahl)
 - autarke Stationen / Bohrlochstationen als Alternativen (abgelegene Standorte möglich bzw. abgesenktes Noiselevel, dafür höhere Kosten für einzelne Station)



Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

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

Förderkennzeichen: 0325662A-G



Projektträger für
 Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie