

MAGS – EP2

Untersuchung von Mikrobeben in der bayerischen Molasse im Umfeld von geothermischen Reservoiren

Tobias Megies, Joachim Wassermann

Department für Geo- and Umweltwissenschaften (Geophysik)
Ludwig-Maximilians-Universität München

5. Projektworkshop
2013-04-17

Aktuelle Arbeiten

- Abschluss der Erweiterung des Bebenkatalogs für Unterhaching
 - ▶ 1-Stations Detektionen, Wellenformähnlichkeiten
 - ▶ Magnitudenabschätzung
 - ▶ Vollständigkeitsmagnituden
- Erste Vorstudien zur Korrelation mit Injektionsparametern
 - ▶ erste Tests mit kurzem Zeitraum
- Neue, auffällige Detektionen am Rand des Unterhachinger Stationsnetz

Erweiterung Katalog Unterhaching

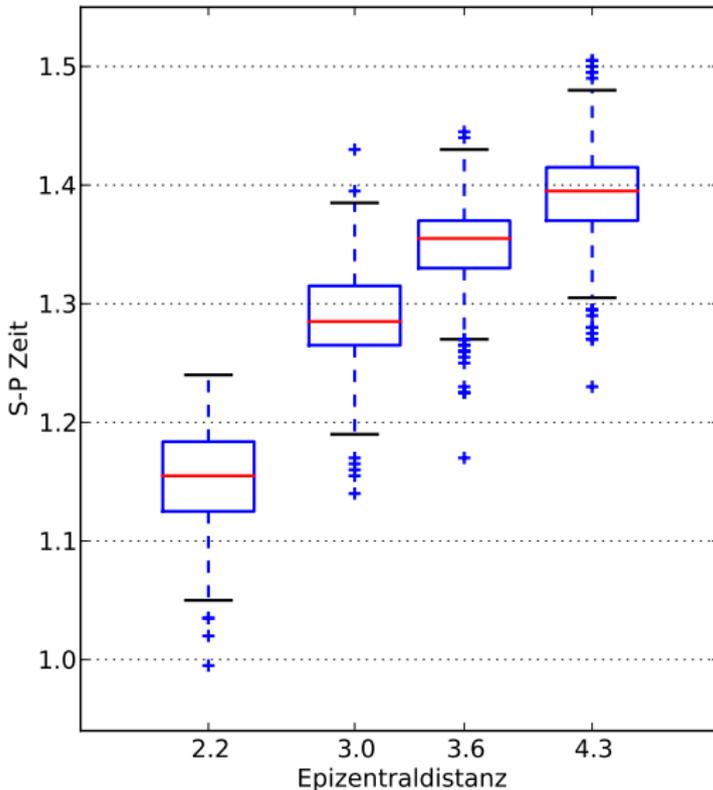
Methodik

- jede Station einzeln
- Daten vorgetriggert (STA/LTA, sehr sensitiv eingestellt)
- Kreuzkorrelation auf 3 Komponenten mit mehreren Master templates
- höchster Korrelationskoeffizient als Haupt-Auswahlkriterium
- manuelle Kontrolle / Auswertung der potentiellen Neudetektionen
- wichtiges Kriterium: S-P Zeiten

Erweiterung

Methodik

- jede Station
- Daten vor
- Kreuzkorre
- höchste K
- manuelle K
- wichtiges



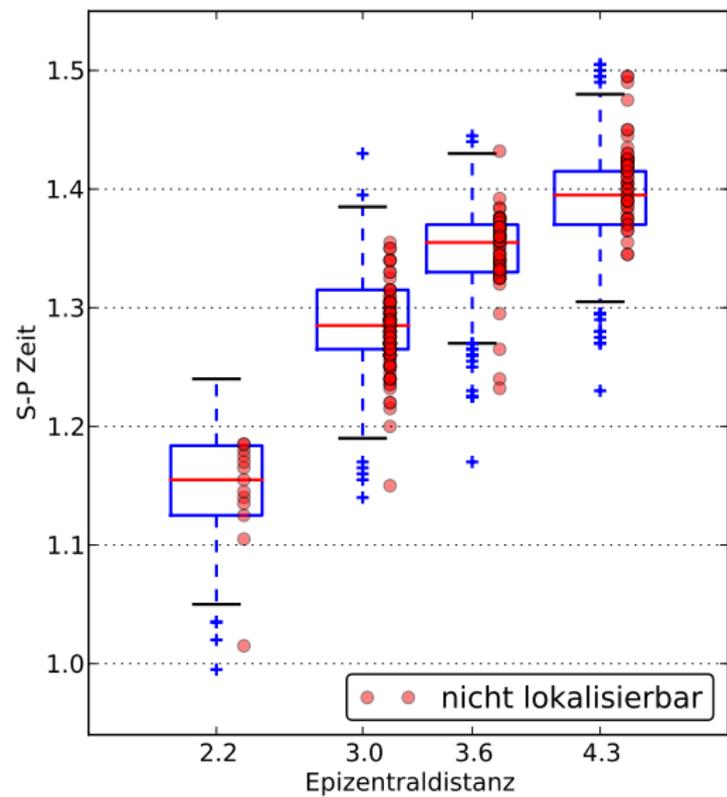
plates

nen

Erweiterung

Methodik

- jede Station
- Daten vor
- Kreuzkorre
- höchste K
- manuelle K
- wichtiges



plates
nen

Erweiterung Katalog Unterhaching

⇒ ca. 1/3 des Katalogs nicht lokalisierbar (1-2 Stationen)

Erweiterung Katalog Unterhaching

⇒ ca. 1/3 des Katalogs nicht lokalisierbar (1-2 Stationen)

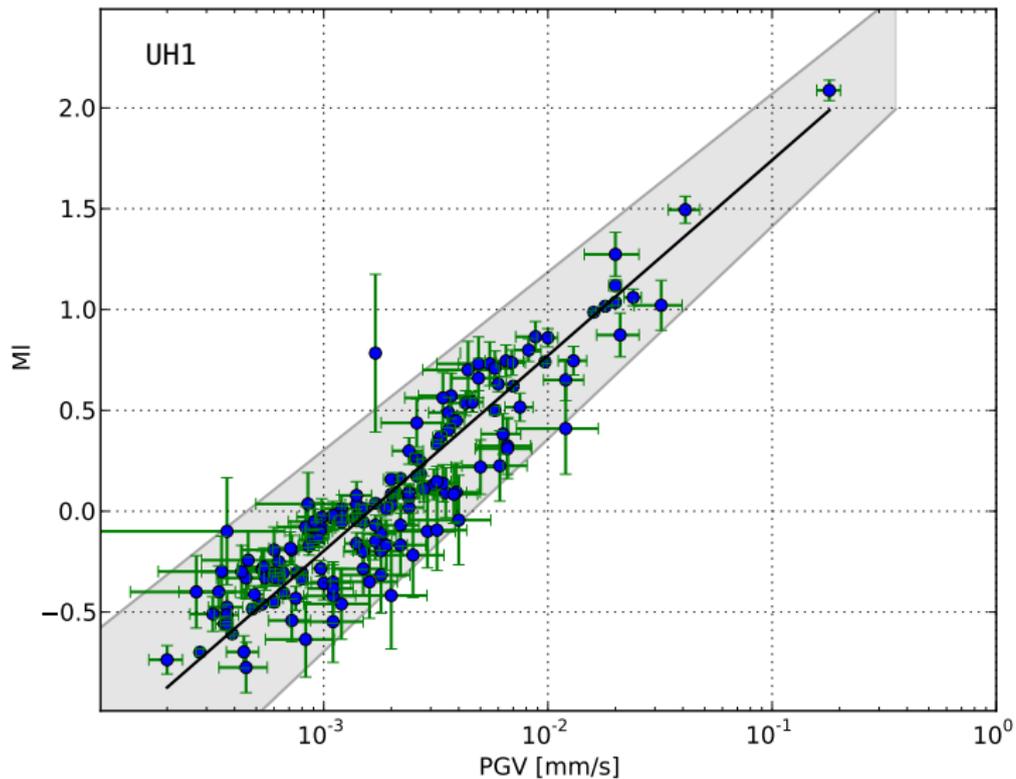
Magnitudenabschätzung für nicht lokalisierbare Ereignisse

- je Station: linearer Fit PGV-MI aller lokalisierten Beben
- orthogonal least squares, Wichtung mit PGV-SNR / Anzahl der Stationen
- Schätzung der Magnitude als gewichtetes Mittel (SNR) aller verfügbaren Stationen

Erw



Mag



Erweiterung Katalog Unterhaching

⇒ ca. 1/3 des Katalogs nicht lokalisierbar (1-2 Stationen)

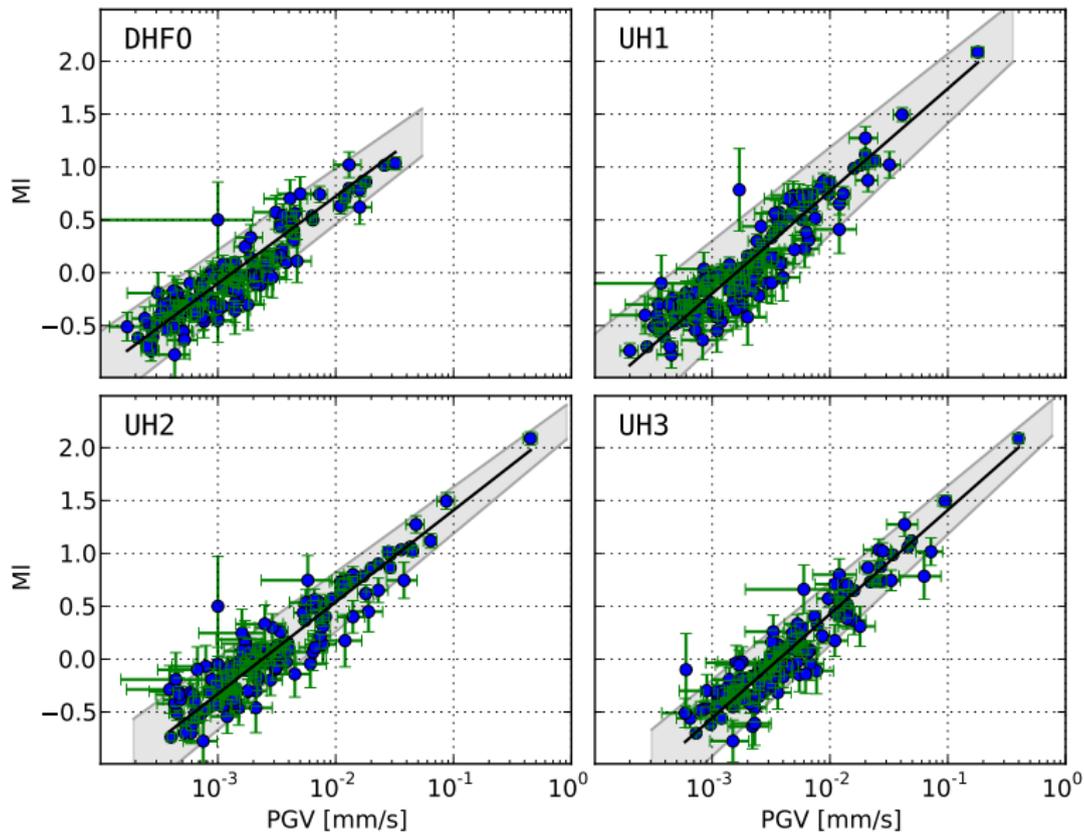
Magnitudenabschätzung für nicht lokalisierbare Ereignisse

- je Station: linearer Fit PGV-MI aller lokalisierten Beben
- orthogonal least squares, Wichtung mit PGV-SNR / Anzahl der Stationen
- Schätzung der Magnitude als gewichtetes Mittel (SNR) aller verfügbaren Stationen

Erw



Mag



Erweiterung Katalog Unterhaching

⇒ ca. 1/3 des Katalogs nicht lokalisierbar (1-2 Stationen)

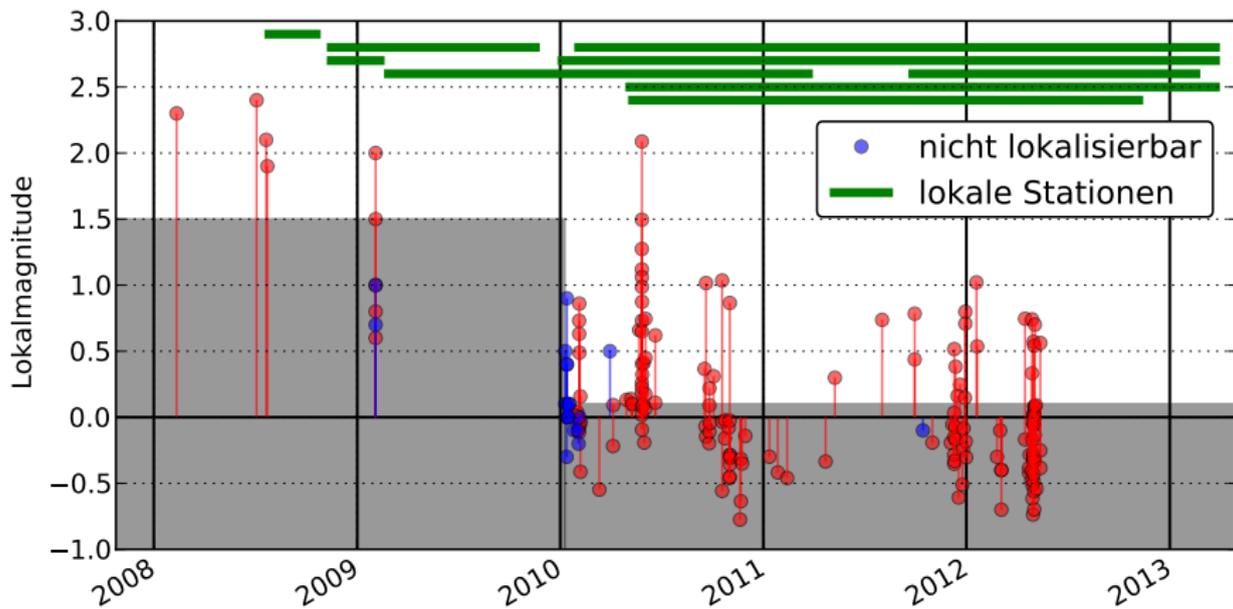
Magnitudenabschätzung für nicht lokalisierbare Ereignisse

- je Station: linearer Fit PGV-MI aller lokalisierten Beben
- orthogonal least squares, Wichtung mit PGV-SNR / Anzahl der Stationen
- Schätzung der Magnitude als gewichtetes Mittel (SNR) aller verfügbaren Stationen

Erweiterung Katalog Unterhaching

Ergebnisse

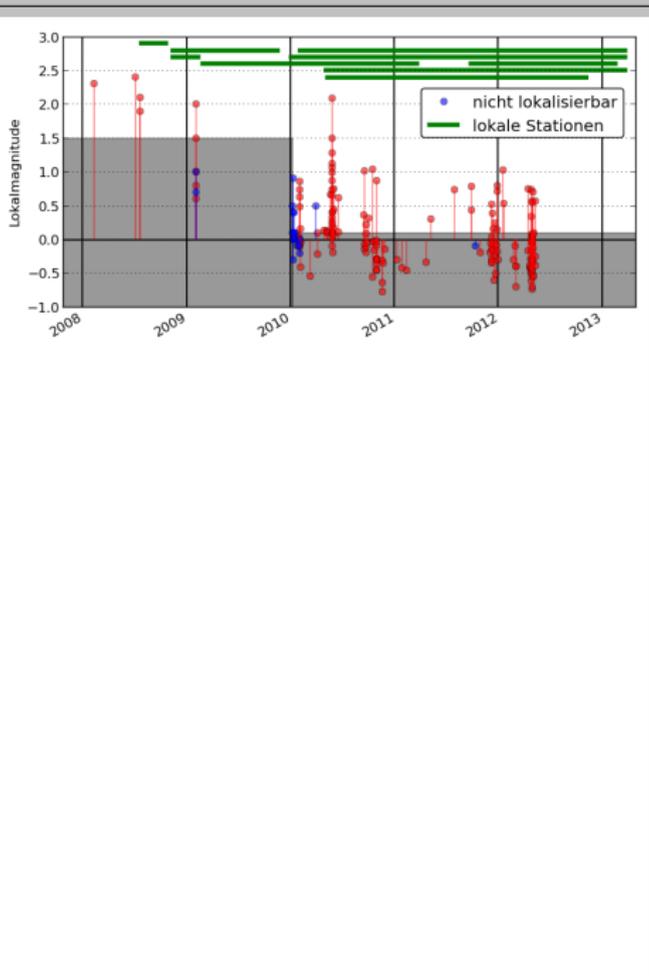
- bisher
 - ▶ insgesamt 185 Ereignisse
 - ▶ ab 2010-01: 2.3 Jahre, Mc 0.1, 55 Events > Mc
- jetzt
 - ▶ insgesamt 418 Ereignisse (123 ohne Lokalisierung)
 - ▶ 17x \geq MI 1.0, 5x \geq MI 2.0 *
 - ▶ ab 2008-11: 4.3 Jahre, Mc 0.1, 103 Events > Mc
 - ▶ ab 2010-01: 3.2 Jahre, Mc -0.3, 209 Events > Mc



Erweiterung Katalog

Ergebnisse

- bisher
 - ▶ insgesamt 1
 - ▶ ab 2010-01:
- jetzt
 - ▶ insgesamt
 - ▶ 17x \geq MI
 - ▶ ab 2008-11
 - ▶ ab 2010-01



Erweiterung K...

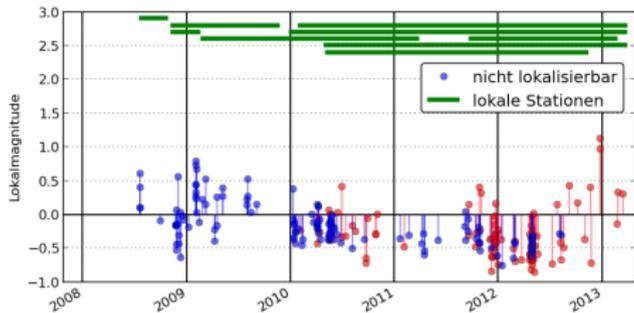
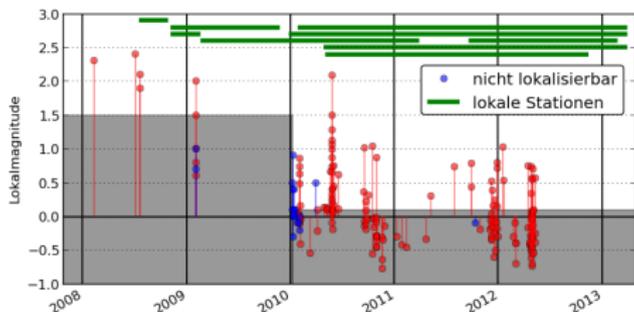
Ergebnisse

- bisher

- ▶ insgesamt 1
- ▶ ab 2010-01:

- jetzt

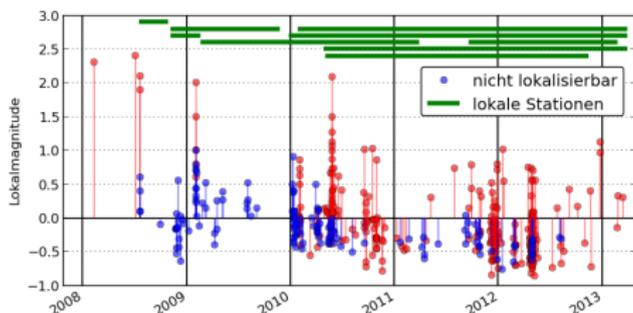
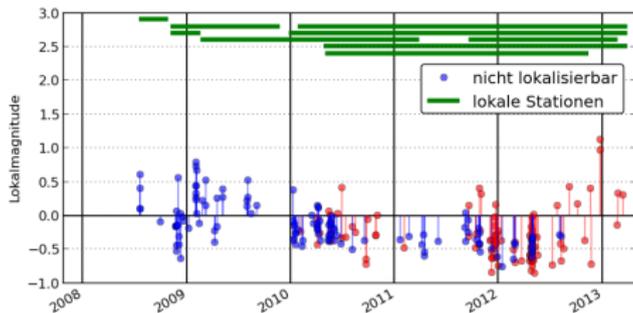
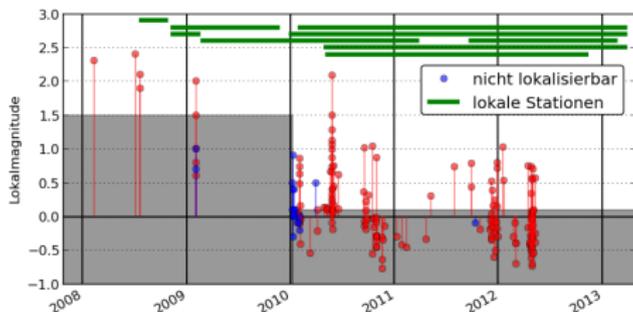
- ▶ insgesamt 1
- ▶ 17x \geq MI
- ▶ ab 2008-11
- ▶ ab 2010-01



Erweiterung Katalog

Ergebnisse

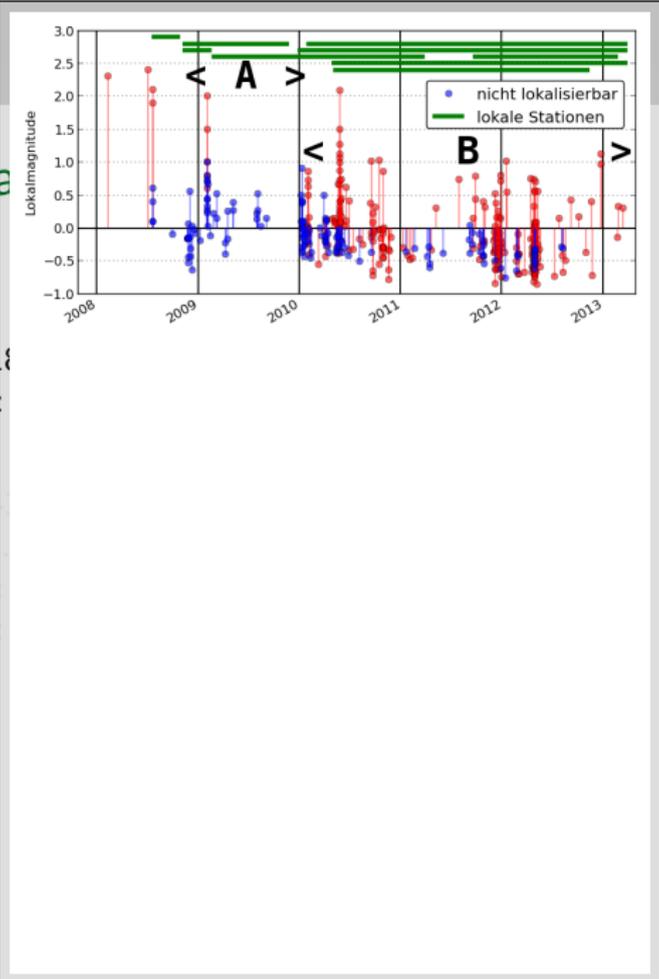
- bisher
 - ▶ insgesamt 1
 - ▶ ab 2010-01:
- jetzt
 - ▶ insgesamt
 - ▶ 17x \geq MI
 - ▶ ab 2008-11
 - ▶ ab 2010-01



Erweiterung Ka

Ergebnisse

- bisher
 - ▶ insgesamt 18
 - ▶ ab 2010-01:
- jetzt
 - ▶ insgesamt 4
 - ▶ 17x \geq MI 1
 - ▶ ab 2008-11
 - ▶ ab 2010-01



Erweiterung Ka

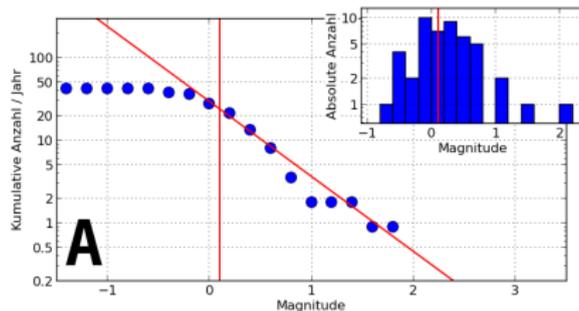
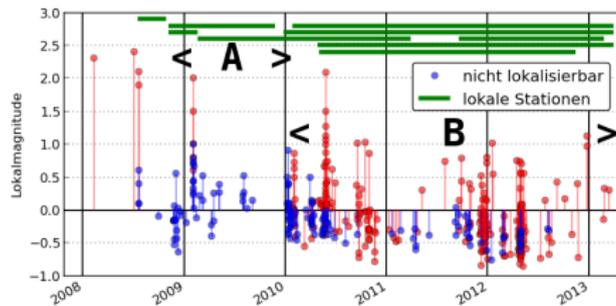
Ergebnisse

- bisher

- ▶ insgesamt 18
- ▶ ab 2010-01:

- jetzt

- ▶ insgesamt 4
- ▶ $17x \geq MI$
- ▶ ab 2008-11
- ▶ ab 2010-01



Erweiterung Ka

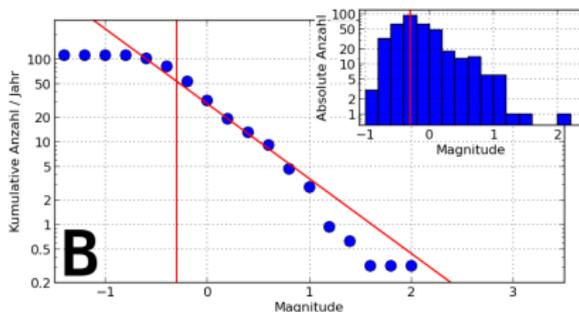
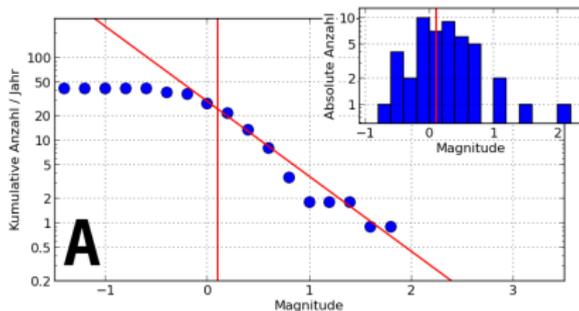
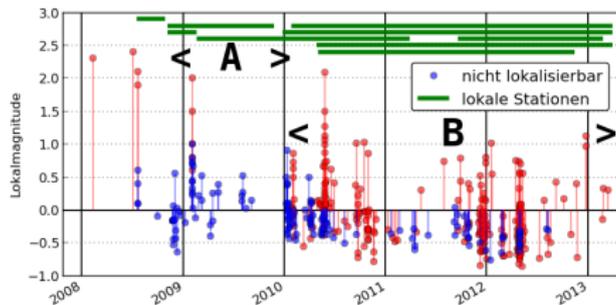
Ergebnisse

- bisher

- ▶ insgesamt 18
- ▶ ab 2010-01

- jetzt

- ▶ insgesamt 4
- ▶ $17x \geq MI$
- ▶ ab 2008-11
- ▶ ab 2010-01



Erweiterung Ka

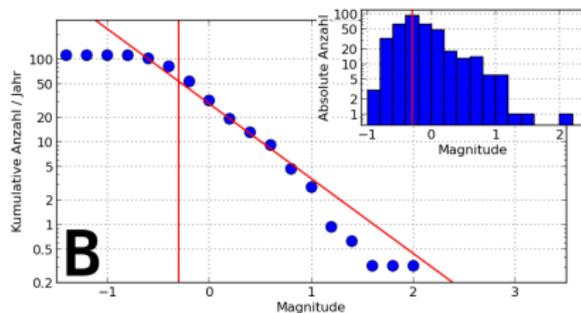
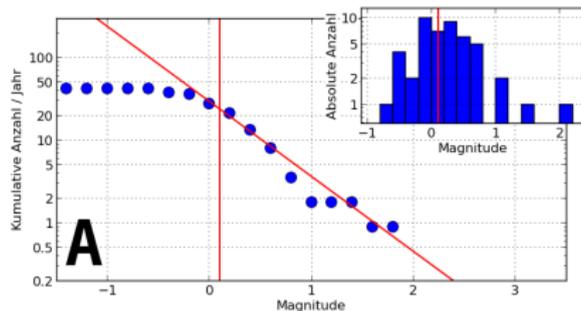
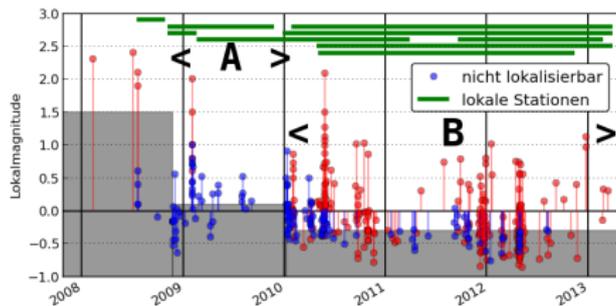
Ergebnisse

- bisher

- ▶ insgesamt 18
- ▶ ab 2010-01

- jetzt

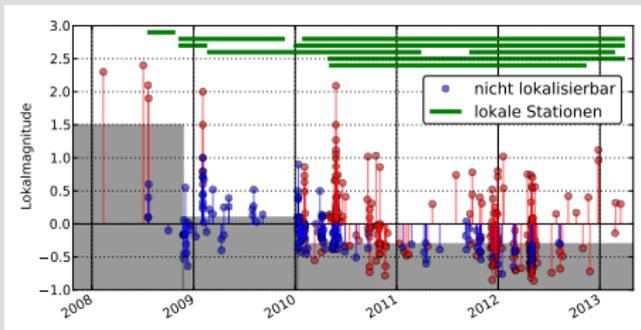
- ▶ insgesamt 4
- ▶ $17x \geq MI$
- ▶ ab 2008-11
- ▶ ab 2010-01



Erweiterung Katalog Unterhaching

Ergebnisse

- bisher
 - ▶ insgesamt 185 Ereignisse
 - ▶ ab 2010-01: 2.3 Jahre, Mc 0.1, 55 Events > Mc
- jetzt
 - ▶ insgesamt 418 Ereignisse (123 ohne Lokalisierung)
 - ▶ $17x \geq MI 1.0$, $5x \geq MI 2.0$ *
 - ▶ ab 2008-11: 4.3 Jahre, Mc 0.1, 103 Events > Mc
 - ▶ ab 2010-01: 3.2 Jahre, Mc -0.3, 209 Events > Mc



Korrelation mit Betriebsdaten

Methodik

- keine (möglicherweise falschen) physikalischen Modellannahmen (Wegigkeiten? Druckdiffusion? Temperaturfronten?)
- rein statistisch (Bebenkatalog, Injektionsrate, -temperatur, -druck)
- verzögerte Effekte (z.B. Druckdiffusion etc.) durch distributed lags wiedergegeben
 - ▶ stündliche Werte
 - ▶ Eingangsgrößen:
 - ▶ Rate*Abkühlung
 - ▶ Kopfdruck Reinjektion
 - ▶ Zielgrößen:
 - ▶ Anzahl Beben
 - ▶ seismisches Moment

Korrelation mit Betriebsdaten

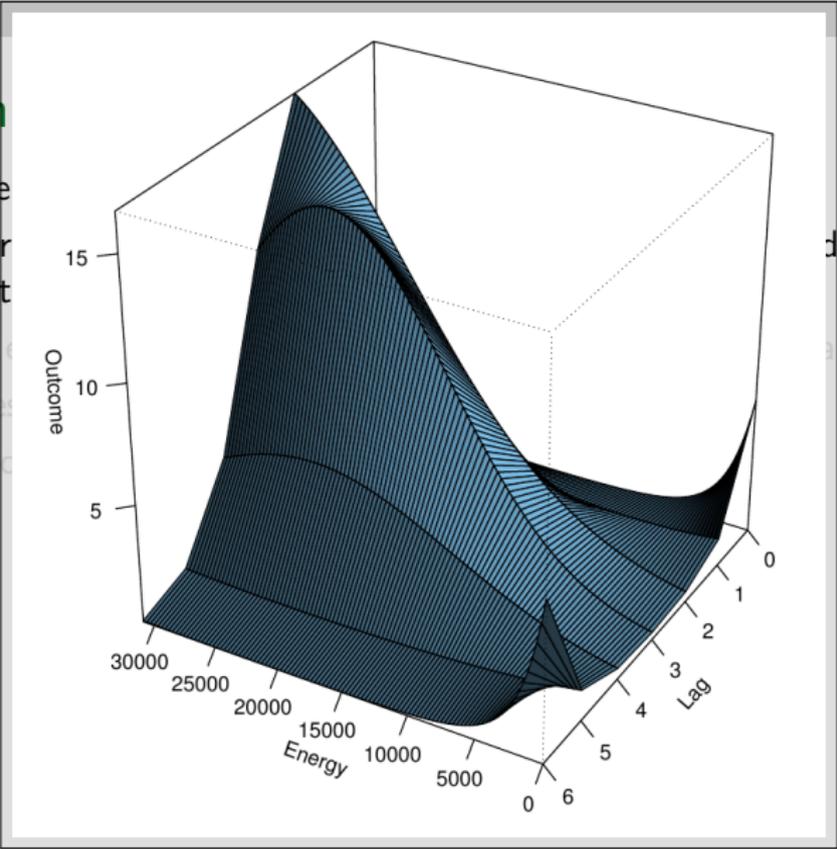
Erste Vorstudie

- erhöhte Erwartungswerte in Zielgrößen mit 2-3h Verzögerung dem Energieentzug folgend
- aber: nur erste, vorläufige Ergebnisse mit relativ kurzem Zeitraum
- weitere Tests mit verbesserter Datenbasis (längerer Zeitraum / niedrigere Mc)
- Klärung von Artefakten der statistischen Modellierung

Korrelation

Erste Vorstudie

- erhöhte Er Energieent
- aber: nur k
- weitere Tes
- Klärung v



dem
aum
niedrigere Mc)

Korrelation mit Betriebsdaten

Erste Vorstudie

- erhöhte Erwartungswerte in Zielgrößen mit 2-3h Verzögerung dem Energieentzug folgend
- aber: nur erste, vorläufige Ergebnisse mit relativ kurzem Zeitraum
- weitere Tests mit verbesserter Datenbasis (längerer Zeitraum / niedrigere Mc)
- Klärung von Artefakten der statistischen Modellierung

Auffällige neue Ereignisse

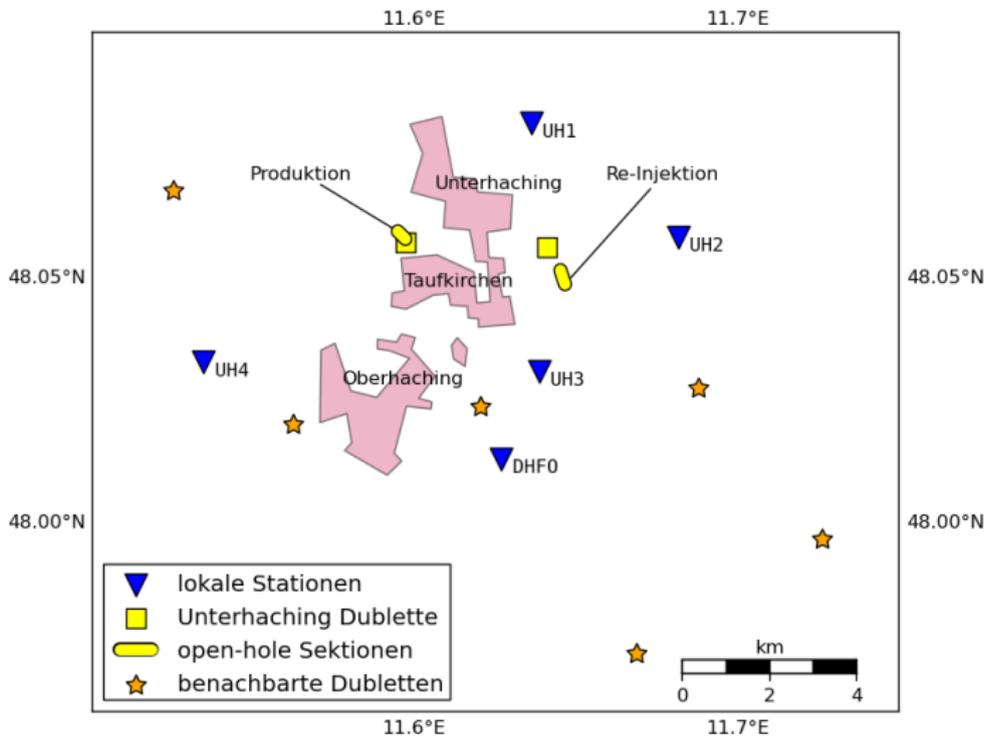
Detektionen am Rand des Unterhachinger Netzwerks

- erstmals bemerkt bei 1-Stations Kreuzkorrelationsdetektion
- deutlich unterschiedlich zu charakteristischem Unterhachinger Ereignis
- Grobe Lokalisierungen in der Umgebung der Taufkirchener Dublette

Auffäll

Detektio

- erst
- deu
- Gr



Auffällige neue Ereignisse

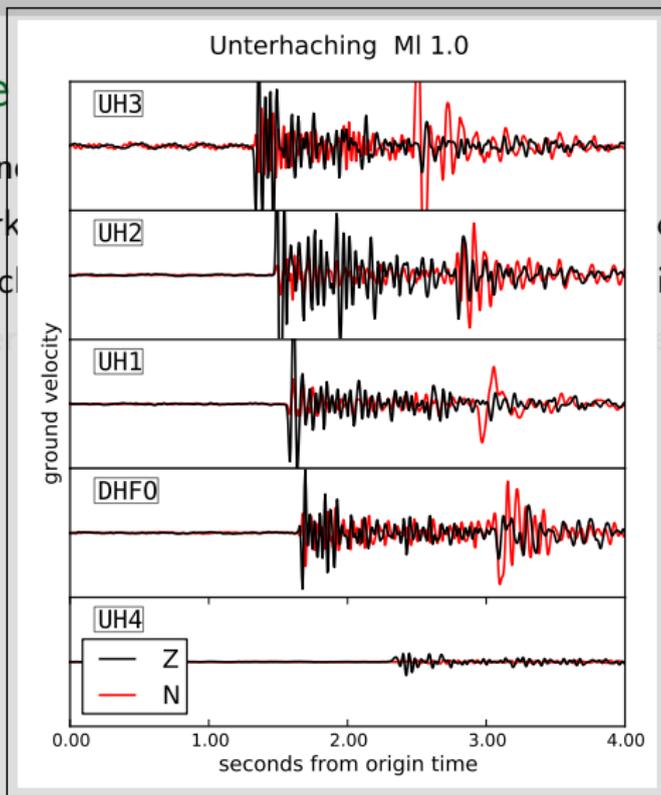
Detektionen am Rand des Unterhachinger Netzwerks

- erstmals bemerkt bei 1-Stations Kreuzkorrelationsdetektion
- deutlich unterschiedlich zu charakteristischem Unterhachinger Ereignis
- Grobe Lokalisierungen in der Umgebung der Taufkirchener Dublette

Auffällige neue

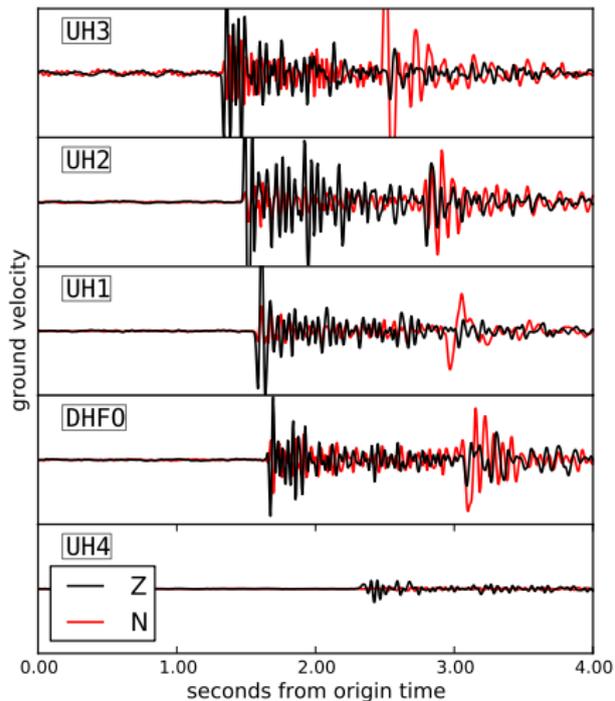
Detektionen am Rand

- erstmals bemerk
- deutlich untersch
- Grobe Lokalisierung

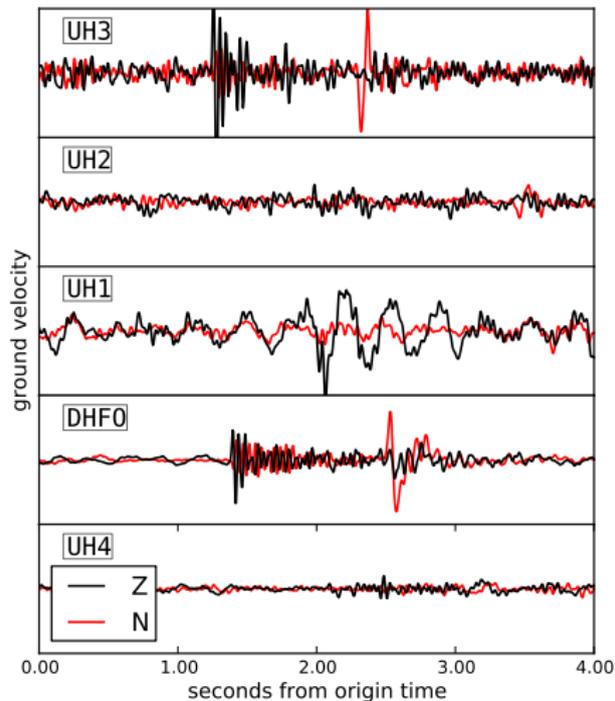


on
 inger Ereignis
 er Dublette

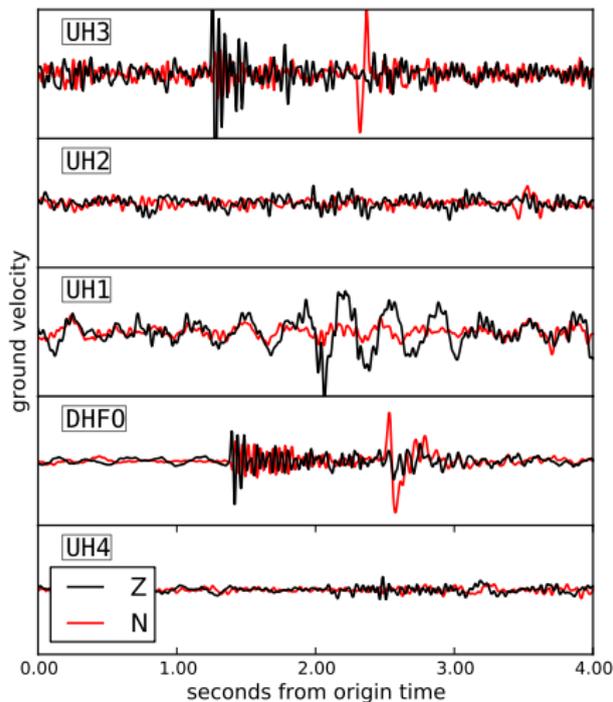
Unterhaching MI 1.0



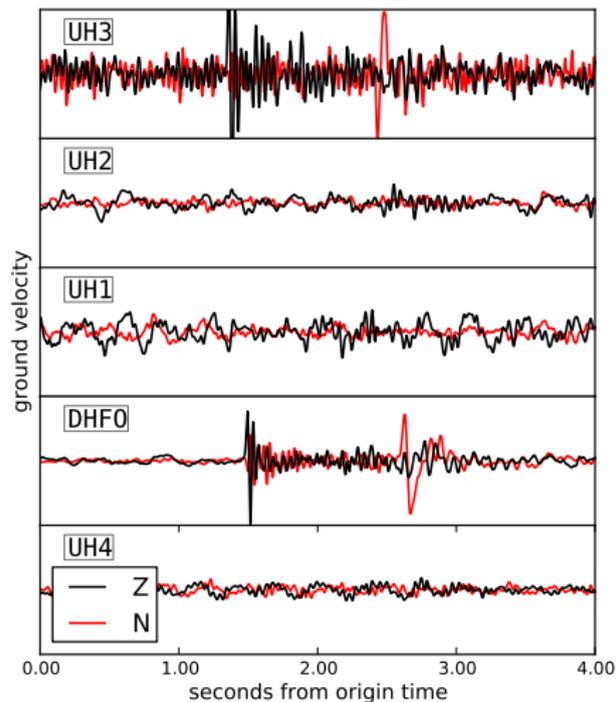
Taufkirchen MI ca. 0.3



Taufkirchen MI ca. 0.3



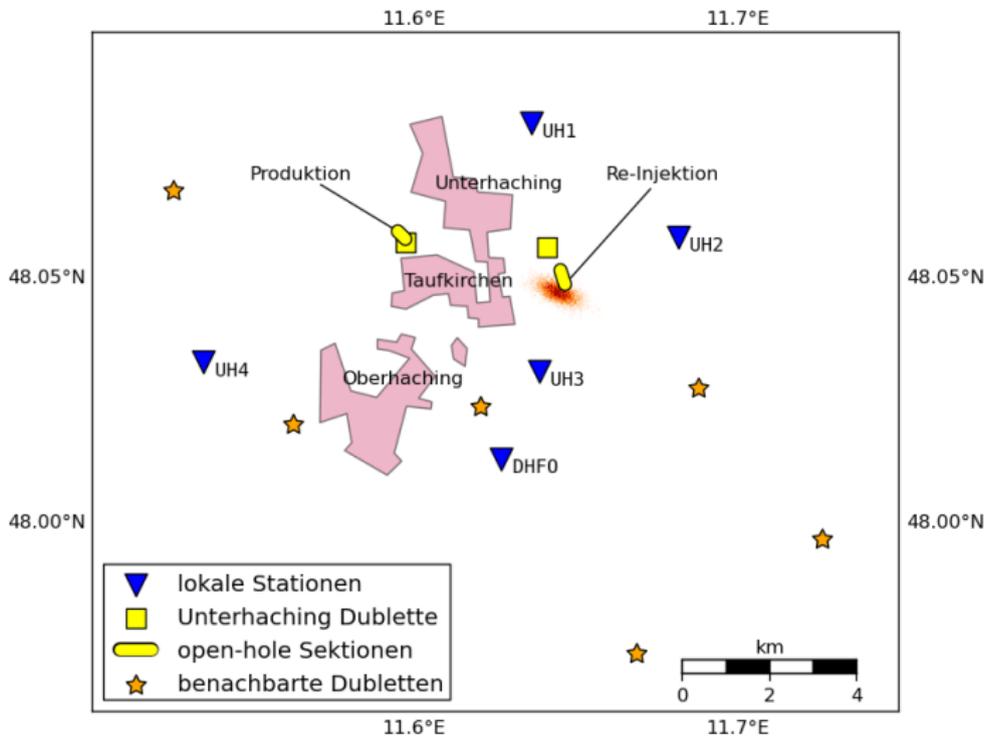
Taufkirchen MI ca. 0.2



Auffäll

Detektio

- erst
- deu
- Gro



Auffällige neue Ereignisse

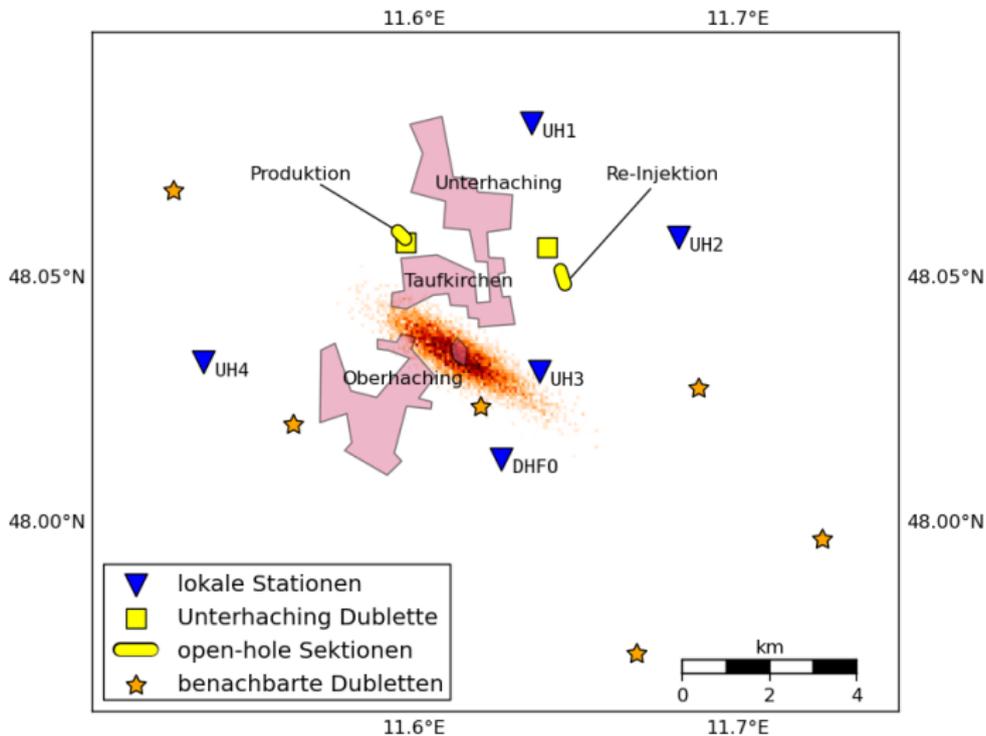
Detektionen am Rand des Unterhachinger Netzwerks

- erstmals bemerkt bei 1-Stations Kreuzkorrelationsdetektion
- deutlich unterschiedlich zu charakteristischem Unterhachinger Ereignis
- Grobe Lokalisierungen in der Umgebung der Taufkirchener Dublette

Auffäll

Detektio

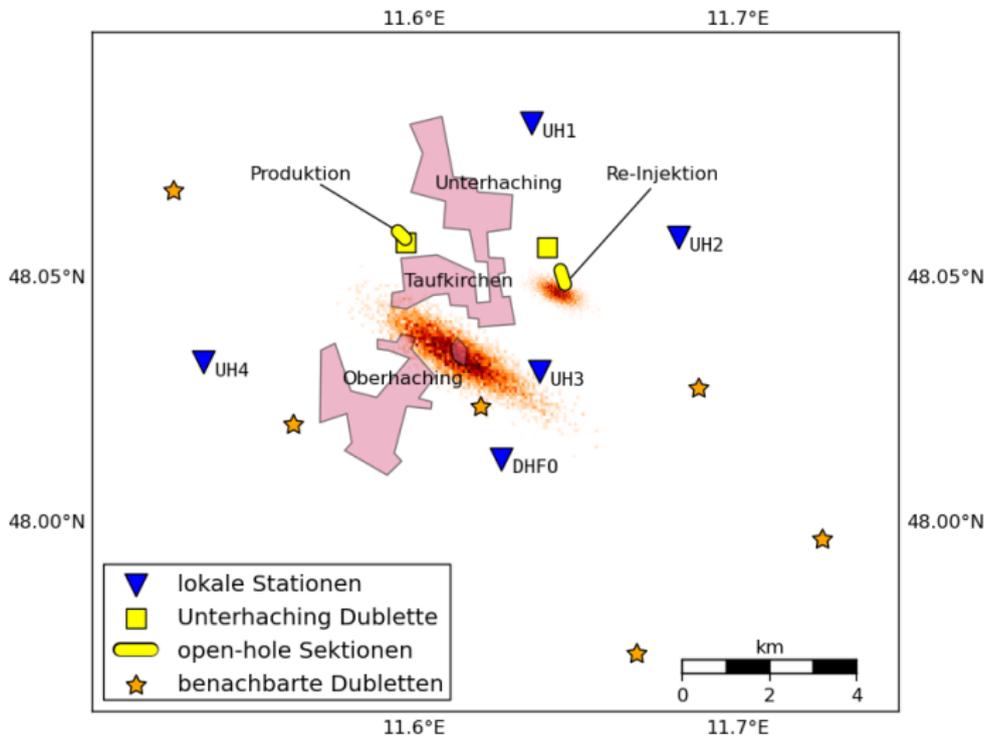
- erst
- deu
- Gro



Auffäll

Detektio

- erst
- deu
- Gro



Auffällige neue Ereignisse

Mikrobeben bei Taufkirchner Dublette?

- erste bekannte Events bei geothermischer Nutzung in der Molasse abgesehen von Unterhaching
- gleiches / angrenzendes Störungssystem?
- für Modellierung möglicherweise sehr interessant:
 - ▶ sehr frühe (erste?) Ereignisse
 - ▶ kurze Vorgeschichte bzgl. der Beeinflussung des Reservoirs
 - ▶ Test der Geschwindigkeitsmodelle möglich unter Annahme der Lokation?

Auffällige neue Ereignisse

Mikrobeben bei Taufkirchner Dublette?

- erste bekannte Events bei geothermischer Nutzung in der Molasse abgesehen von Unterhaching
- gleiches / angrenzendes Störungssystem?
- für Modellierung möglicherweise sehr interessant:
 - ▶ sehr frühe (erste?) Ereignisse
 - ▶ kurze Vorgeschichte bzgl. der Beeinflussung des Reservoirs
 - ▶ Test der Geschwindigkeitsmodelle möglich unter Annahme der Lokation?

MAGS2 Problematik angeschnitten

- Zuordnung mit nur einzelnen Stationen, durch einzelne Betreiber kaum/nicht möglich
 - ▶ welcher Standort ist verpflichtet sein Stationsnetz aufzustocken?
 - ▶ wie zeitnah und sicher kann diese Entscheidung von den Genehmigungsbehörden getroffen werden?

⇒ sinnvolle Detektion, Überwachung, Lokalisierung und Schlussfolgerungen nur übergreifend möglich

Auffällige neue Ereignisse

Mikrobeben bei Taufkirchner Dublette?

- erste bekannte Events bei geothermischer Nutzung in der Molasse abgesehen von Unterhaching
- gleiches / angrenzendes Störungssystem?
- für Modellierung möglicherweise sehr interessant:
 - ▶ sehr frühe (erste?) Ereignisse
 - ▶ kurze Vorgeschichte bzgl. der Beeinflussung des Reservoirs
 - ▶ Test der Geschwindigkeitsmodelle möglich unter Annahme der Lokation?

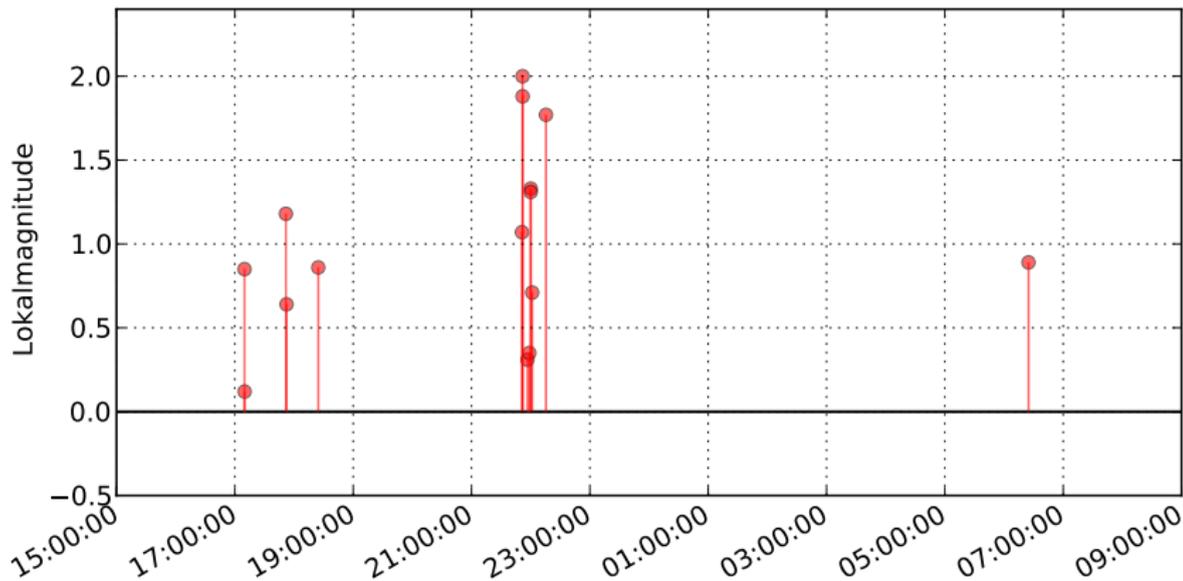
MAGS2 Problematik angeschnitten

- Zuordnung mit nur einzelnen Stationen, durch einzelne Betreiber kaum/nicht möglich
 - ▶ welcher Standort ist verpflichtet sein Stationsnetz aufzustocken?
 - ▶ wie zeitnah und sicher kann diese Entscheidung von den Genehmigungsbehörden getroffen werden?
- ⇒ sinnvolle Detektion, Überwachung, Lokalisierung und Schlussfolgerungen nur übergreifend möglich

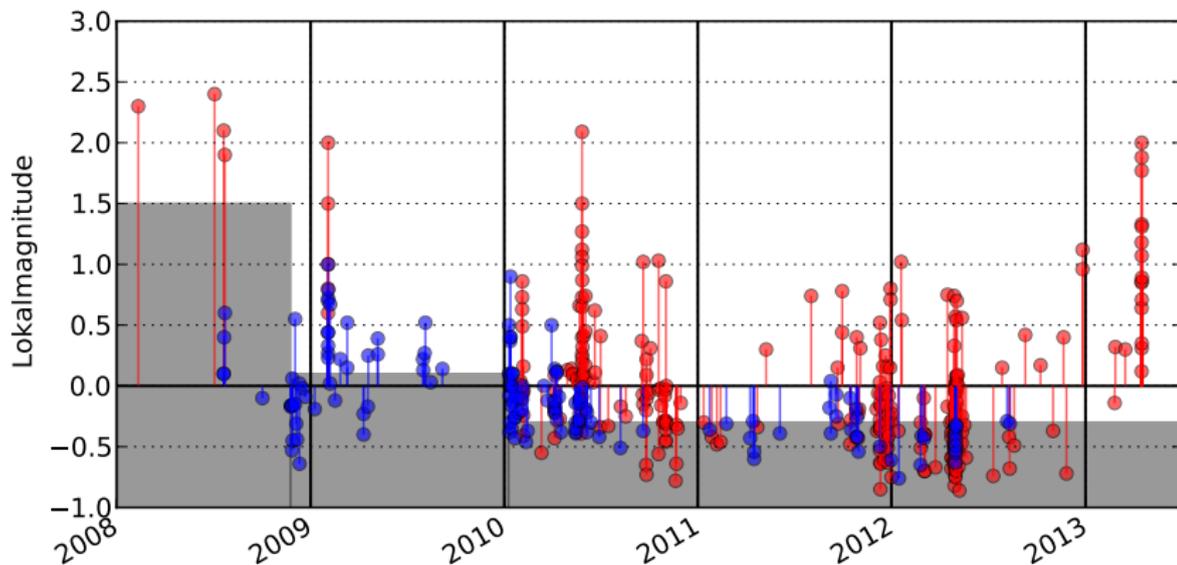
Arbeiten bis Projektende

- Abschluss der Korrelation mit Betriebsdaten
- Aussage über auszuschließende Magnituden natürlicher Seismizität der Netzwerke Bernried und Kirchweidach

* Aktuell gestern/heute Unterhaching



* Aktuell gestern/heute Unterhaching



Danke für die Aufmerksamkeit!

Publikation zur Seismizität am Standort Unterhaching ist im Review,
Zeitschrift "Geothermics", special issue "Induced Seismicity".

Das Verbundprojekt **MAGS** - Konzepte zur Begrenzung der mikroseismischen Aktivität bei der energetischen Nutzung geothermischer Systeme im tiefen Untergrund wird finanziert durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und betreut vom Projektträger Jülich.

Förderkennzeichen: 0325191A-F



Projektträger für

