



RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

Einzelprojekt 3 — Entwicklung eines Verfahrens zur hochauflösenden, manuellen und automatischen Ortung und Charakterisierung induzierter, seismischer Ereignisse in Tiefengeothermieprojekten

Sebastian Wehling-Benatelli
Ruhr-Universität Bochum

30. Sept. 2015 | MAGS2-Workshop | Mainz

Ziele des Einzelprojekts

Entwicklung des Software-Pakets PyLoT

autoPyLoT

konsolenbasiertes Software Paket zur automatischen Bestimmung von P- und S-Wellen Einsatzzeiten

manualPyLoT

interaktive, graphische Benutzeroberfläche zur manuellen Bestimmung von Phasenankunftszeiten

Unsicherheiten werden konsistent und automatisch in allen Paketeilen benutzt

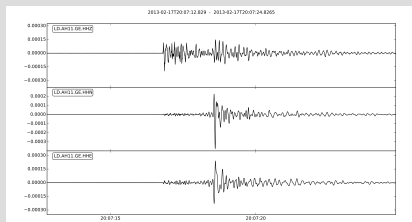
Ziele des Einzelprojekts

Weiterentwicklung des Kreuzkorrelations-Detektors (MAGS)

- automatische Detektion ähnlicher Ereignisse für den Zeitraum seit 2012
- Überprüfung der Ähnlichkeiten von Einhüllenden und Ableitungen dieser
- schnelle Abschätzung der Magnitude
- Verbesserung der Lokalisierungsgenauigkeit für automatisch detektierte Ereignisse

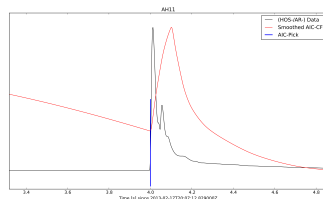
autoPyLoT

automatische Bestimmung von P-Phasenankunftszeiten



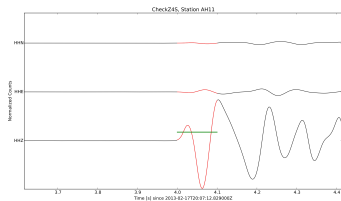
- Filterung ← schmales Frequenzband
- charakteristische Funktion (HOS oder AR)

- Akaike Informationskriterium (AIC)
- ⇒ Initialer Einsatz () im Minimum



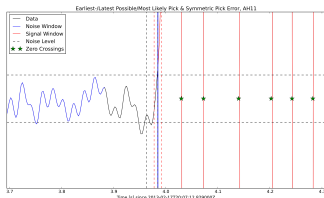
autoPyLoT

automatische Bestimmung von P-Phasenankunftszeiten



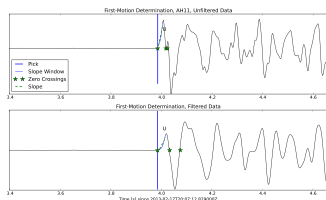
- Bestimmung der Unsicherheiten (t_e und t_l)
- abhängig von Noiselevel und Signalperiode

- Qualitätscheck (SNR, Steigung, Signallänge)
- Ausschluss von S-Phasen (Vergleich der Komponenten → Energie)



autoPyLoT

automatische Bestimmung von P-Phasenankunftszeiten



- Bestimmung des Bewegungssinns des Einsatzes
- Vergleich gefilterter und ungefilterter Wellenform

P-Phaseneinsatzzeit

Durch die strenge Qualitätskontrolle werden nur verlässliche Einsatzzeiten erhalten. Die Unsicherheit wird automatisch bestimmt. Die gleiche Berechnung gilt auch für Unsicherheiten in manualPyLoT.

autoPyLoT

automatische Bestimmung von S-Phasenankunftszeiten

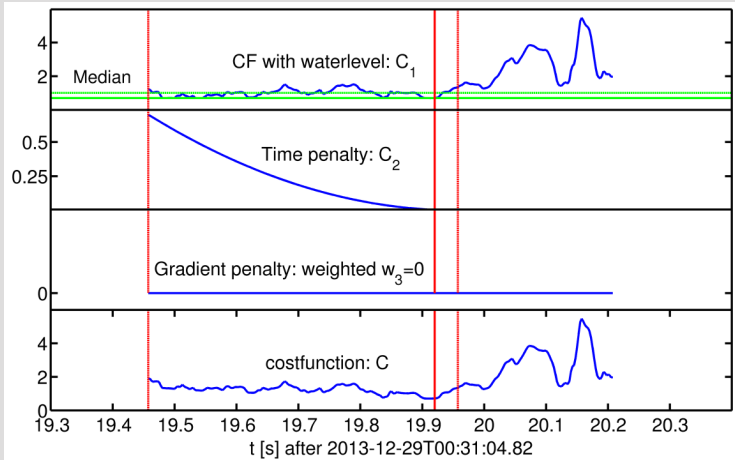
S-Phaseneinsatzzeit

Die Prozedur ist für S-Phasen Einsatzzeiten mit Einschränkungen identisch:

- 1 die CF wird mittels autoregressiver Vorhersage bestimmt und modifiziert (Kostenfunktion)
- 2 es muss keine andere Phase ausgeschlossen werden
- 3 es wird nicht der Bewegungssinn des Einsatzes bestimmt
- 4 es werden beide Horizontalkomponenten ausgewertet und eine Komponente „gewinnt“

autoPyLoT

automatische Bestimmung von S-Phasenankunftszeiten



autoPyLoT

automatische Bestimmung von S-Phasenankunftszeiten

S-Phaseneinsatzzeit

Die Prozedur ist für S-Phasen Einsatzzeiten mit Einschränkungen identisch:

- 1** die CF wird mittels autoregressiver Vorhersage bestimmt und modifiziert (Kostenfunktion)
- 2** es muss keine andere Phase ausgeschlossen werden
- 3** es wird nicht der Bewegungssinn des Einsatzes bestimmt
- 4** es werden beide Horizontalkomponenten ausgewertet und eine Komponente „gewinnt“

autoPyLoT

automatische Bestimmung von S-Phasenankunftszeiten

S-Phaseneinsatzzeit

Die Prozedur ist für S-Phasen Einsatzzeiten mit Einschränkungen identisch:

- 1 die CF wird mittels autoregressiver Vorhersage bestimmt und modifiziert (Kostenfunktion)
- 2 es muss keine andere Phase ausgeschlossen werden
- 3 es wird nicht der Bewegungssinn des Einsatzes bestimmt
- 4 es werden beide Horizontalkomponenten ausgewertet und eine Komponente „gewinnt“

autoPyLoT

automatische Bestimmung von S-Phasenankunftszeiten

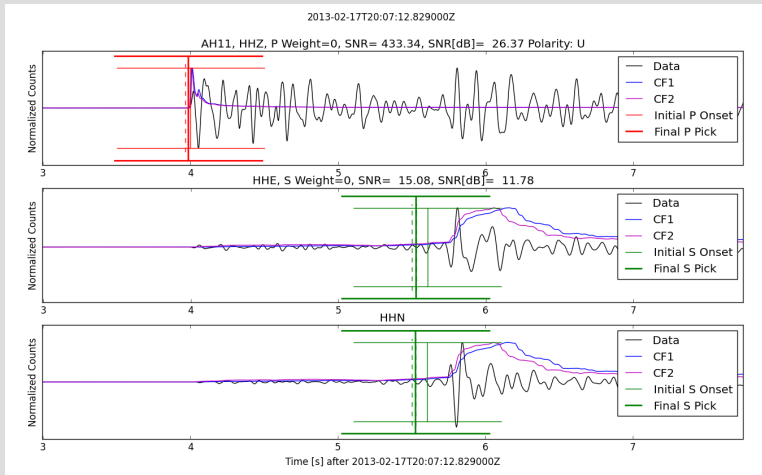
S-Phaseneinsatzzeit

Die Prozedur ist für S-Phasen Einsatzzeiten mit Einschränkungen identisch:

- 1 die CF wird mittels autoregressiver Vorhersage bestimmt und modifiziert (Kostenfunktion)
- 2 es muss keine andere Phase ausgeschlossen werden
- 3 es wird nicht der Bewegungssinn des Einsatzes bestimmt
- 4 es werden beide Horizontalkomponenten ausgewertet und eine Komponente „gewinnt“

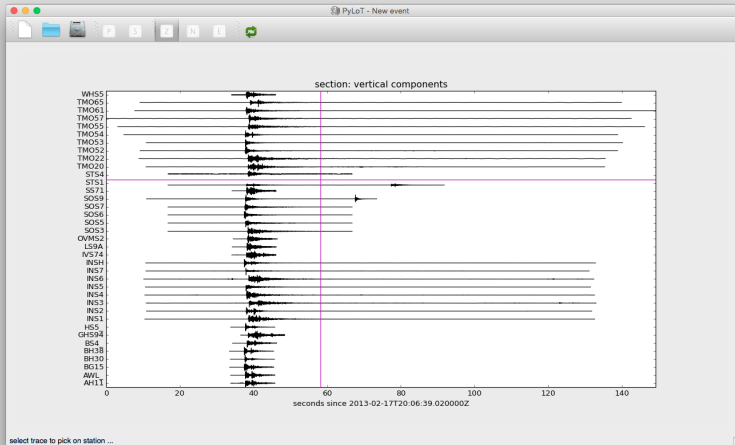
autoPyLoT

automatische Bestimmung von S-Phasenankunftszeiten



manualPyLoT

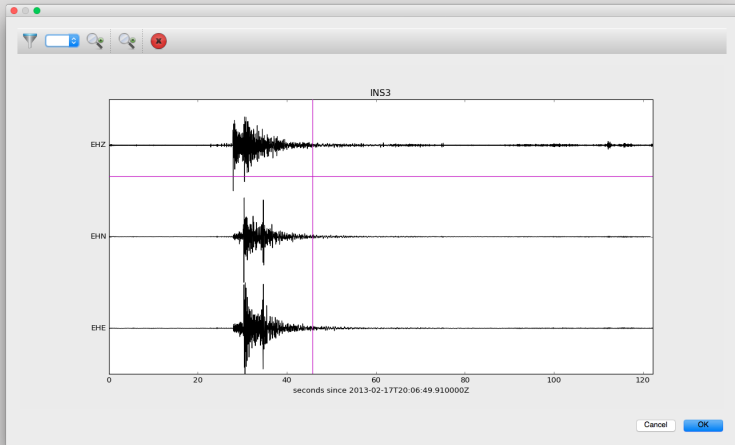
Ereignisansicht



Einleitung Software-Paket PyLoT Lokalisierungen Kreuzkorrelations-Detektor Zusammenfassung
autoPyLoT manualPyLoT

manualPyLoT

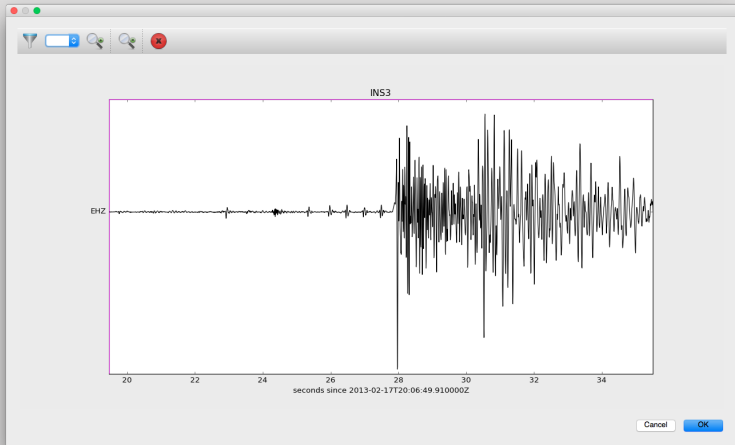
Stationsansicht – Überblick



Einleitung Software-Paket PyLoT Lokalisierungen Kreuzkorrelations-Detektor Zusammenfassung
autoPyLoT manualPyLoT

manualPyLoT

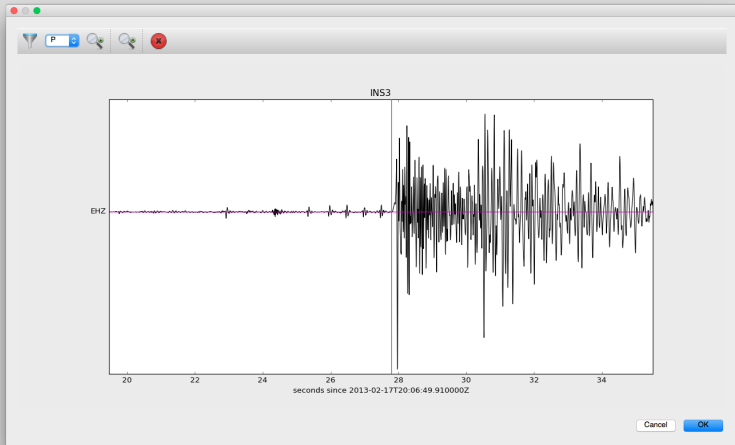
Stationsansicht – Phase vergrößern



Einleitung Software-Paket PyLoT Lokalisierungen Kreuzkorrelations-Detektor Zusammenfassung
autoPyLoT manualPyLoT

manualPyLoT

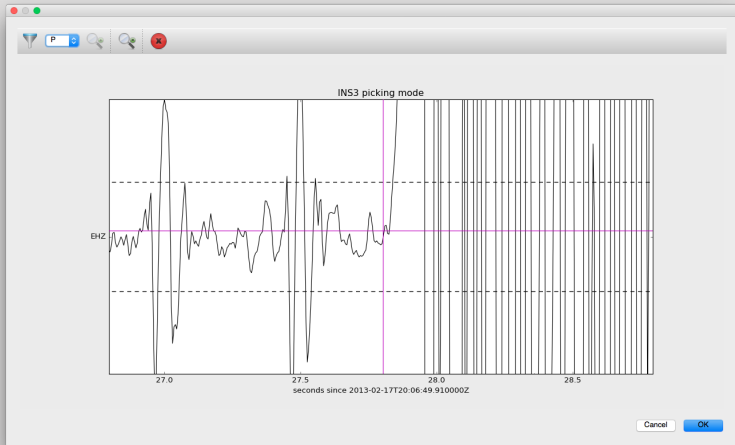
Stationsansicht – Phase wählen



Einleitung Software-Paket PyLoT Lokalisierungen Kreuzkorrelations-Detektor Zusammenfassung
autoPyLoT manualPyLoT

manualPyLoT

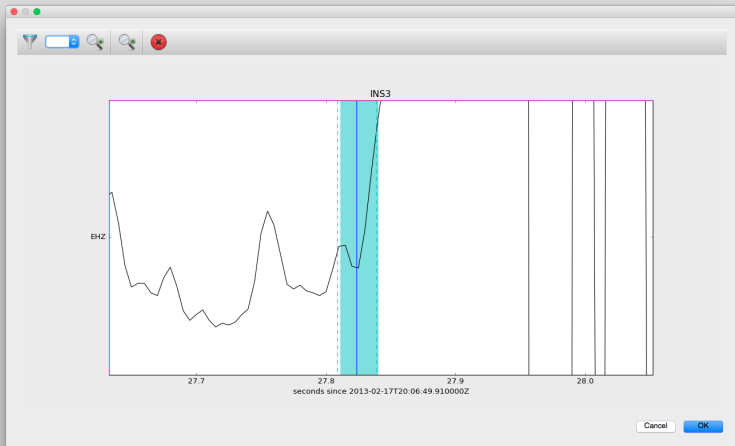
Stationsansicht – Phase anreißen



Einleitung Software-Paket PyLoT Lokalisierungen Kreuzkorrelations-Detektor Zusammenfassung
autoPyLoT manualPyLoT

manualPyLoT

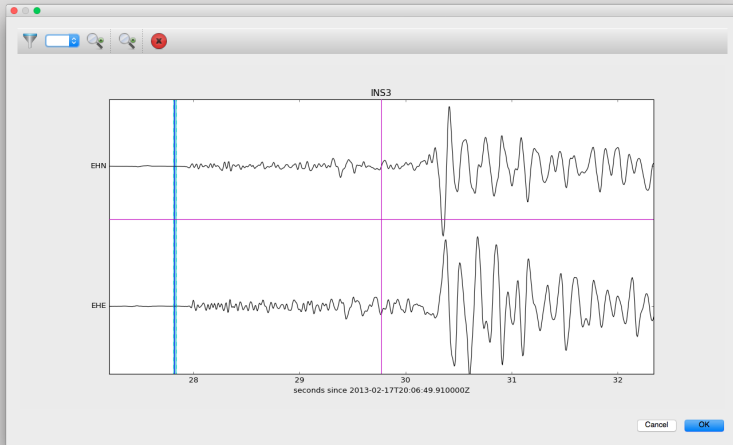
Stationsansicht – Phase mit Unsicherheiten



Einleitung Software-Paket PyLoT Lokalisierungen Kreuzkorrelations-Detektor Zusammenfassung
autoPyLoT manualPyLoT

manualPyLoT

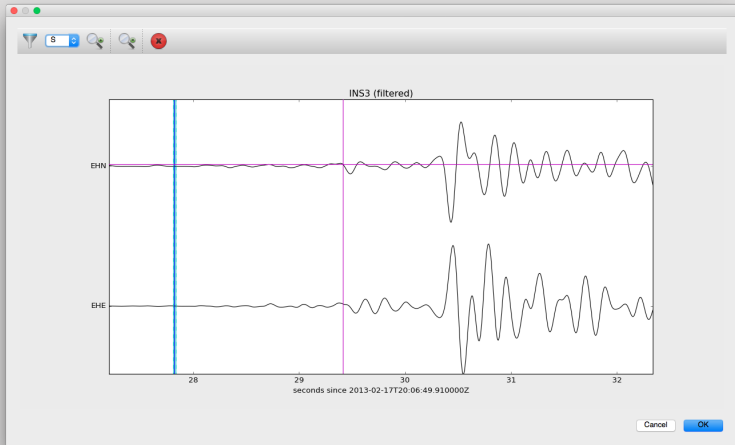
Stationsansicht – S-Phase picken



Einleitung [Software-Paket PyLoT](#) [Lokalisierungen](#) [Kreuzkorrelations-Detektor](#) [Zusammenfassung](#)
[autoPyLoT](#) [manualPyLoT](#)

manualPyLoT

Stationsansicht – S-Phase picken



Einleitung Software-Paket PyLoT Lokalisierungen Kreuzkorrelations-Detektor Zusammenfassung
autoPyLoT manualPyLoT

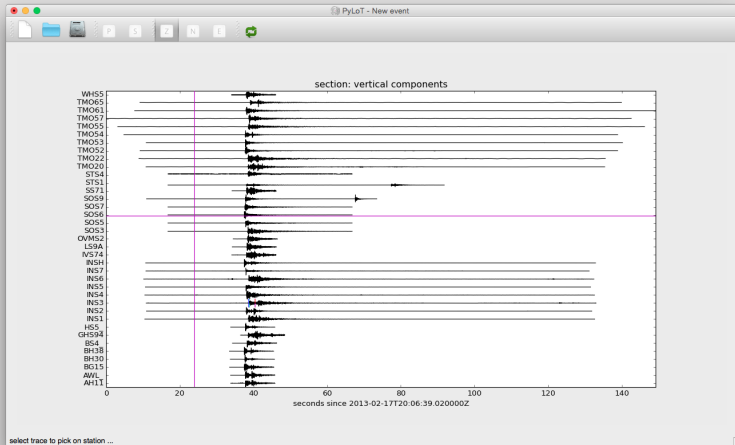
manualPyLoT

Stationsansicht – S-Phase picken



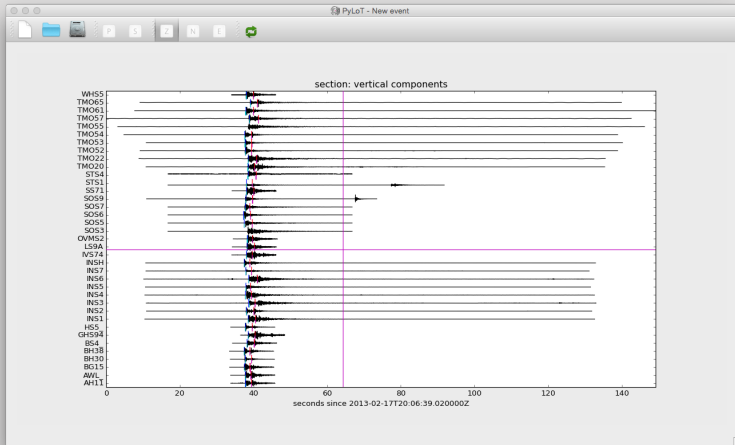
manualPyLoT

Ereignisansicht



manualPyLoT

Ereignisansicht



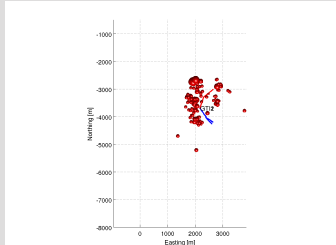
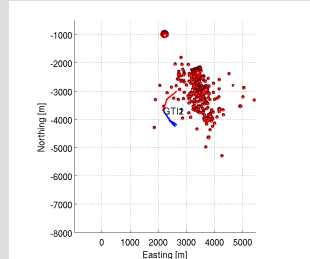
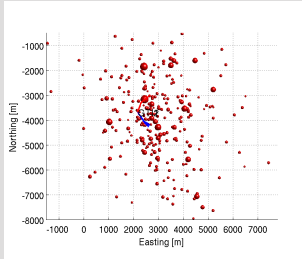
manualPyLoT

Zusammenfassung

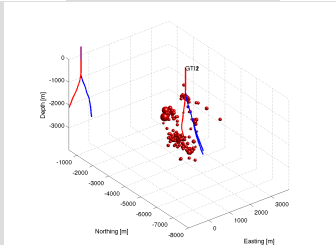
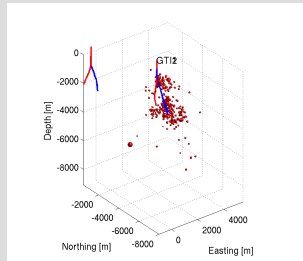
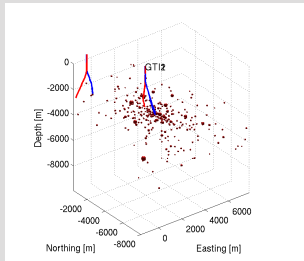
Die Subjektivität des Auswerters bestmöglich unterdrücken:

- festgesetzte Vergrößerung der Wellenform abhängig vom Signal-zu-Rausch Verhältnis
- automatische Bestimmung der Unsicherheit aus den Charakteristika der Wellenform
- schnelles und konsistentes Auswerten auch durch wenig Erfahrene

Auf dem Weg zu akkuraten Lokalisierungen: HYPOSAT \Rightarrow VELEST \Rightarrow hypoDD



Auf dem Weg zu akkuraten Lokalisierungen: HYPOSAT \Rightarrow VELEST \Rightarrow hypoDD



Theorie

ähnliche Ereignisse → ähnliche Wellenform

Definition

Kreuzkorrelation normiert auf das Masterevent:

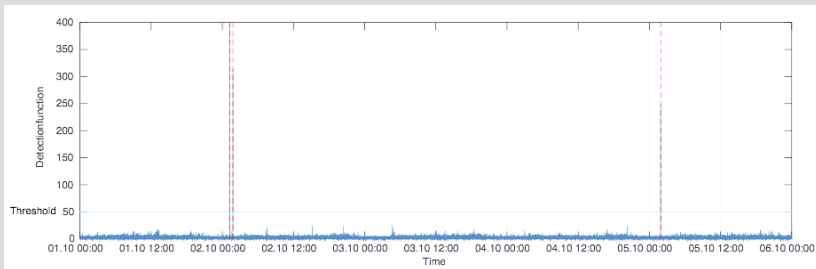
$$r(t_d) = \frac{\sum_i x(t_i) \cdot y(t_{i-d})}{\sum_i y(t_i)^2} \quad (1)$$

Detektionsfunktion:

$$DF = \left| \frac{1}{N_r} \sum_{r=1}^{N_r} w_r \cdot \left(\frac{1}{N_c} \sum_{c=1}^{N_c} w_c \cdot r_{dc} \right) \right| \quad (2)$$

Ergebnisse

Detektionen mit Wellenformdaten



Zusammenfassung

- PyLoT bietet die Möglichkeit zur komfortablen, automatischen und manuellen Prozessierung von seismischen Daten
- die Implementierung der Kostenfunktion erhöht die Genauigkeit der ermittelten seismischen Phaseneinsatzzeiten
- konsistente Unsicherheiten-Bestimmung erhöht die Vergleichbarkeit und die Nutzbarkeit für die weitere Prozessierung (z.B. Tomographie)
- der Kreuzkorrelations-Detektor ermöglicht die zeitnahe und verlässliche Detektion von seismischen Ereignissen

Zusammenfassung

- PyLoT bietet die Möglichkeit zur komfortablen, automatischen und manuellen Prozessierung von seismischen Daten
- die Implementierung der Kostenfunktion erhöht die Genauigkeit der ermittelten seismischen Phaseneinsatzzeiten
- konsistente Unsicherheiten-Bestimmung erhöht die Vergleichbarkeit und die Nutzbarkeit für die weitere Prozessierung (z.B. Tomographie)
- der Kreuzkorrelations-Detektor ermöglicht die zeitnahe und verlässliche Detektion von seismischen Ereignissen

Zusammenfassung

- PyLoT bietet die Möglichkeit zur komfortablen, automatischen und manuellen Prozessierung von seismischen Daten
- die Implementierung der Kostenfunktion erhöht die Genauigkeit der ermittelten seismischen Phaseneinsatzzeiten
- konsistente Unsicherheiten-Bestimmung erhöht die Vergleichbarkeit und die Nutzbarkeit für die weitere Prozessierung (z.B. Tomographie)
- der Kreuzkorrelations-Detektor ermöglicht die zeitnahe und verlässliche Detektion von seismischen Ereignissen

Zusammenfassung

- PyLoT bietet die Möglichkeit zur komfortablen, automatischen und manuellen Prozessierung von seismischen Daten
- die Implementierung der Kostenfunktion erhöht die Genauigkeit der ermittelten seismischen Phaseneinsatzzeiten
- konsistente Unsicherheiten-Bestimmung erhöht die Vergleichbarkeit und die Nutzbarkeit für die weitere Prozessierung (z.B. Tomographie)
- der Kreuzkorrelations-Detektor ermöglicht die zeitnahe und verlässliche Detektion von seismischen Ereignissen

Danke!

Projektpartner:

- K. Olbert,
Prof. Dr. T. Meier
- Dr. L. Küperkoch



Das Verbundprojekt **MAGS2** - Mikroseismischen Aktivität geo-thermischer 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

