

EP3: Echtzeitauswertung induzierter Erdbeben und Gefährdungsabschätzung bei hydraulischen Stimulationen geothermischer Reservoire

Bischoff, Wegler, Fielitz, Vasterling

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



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit



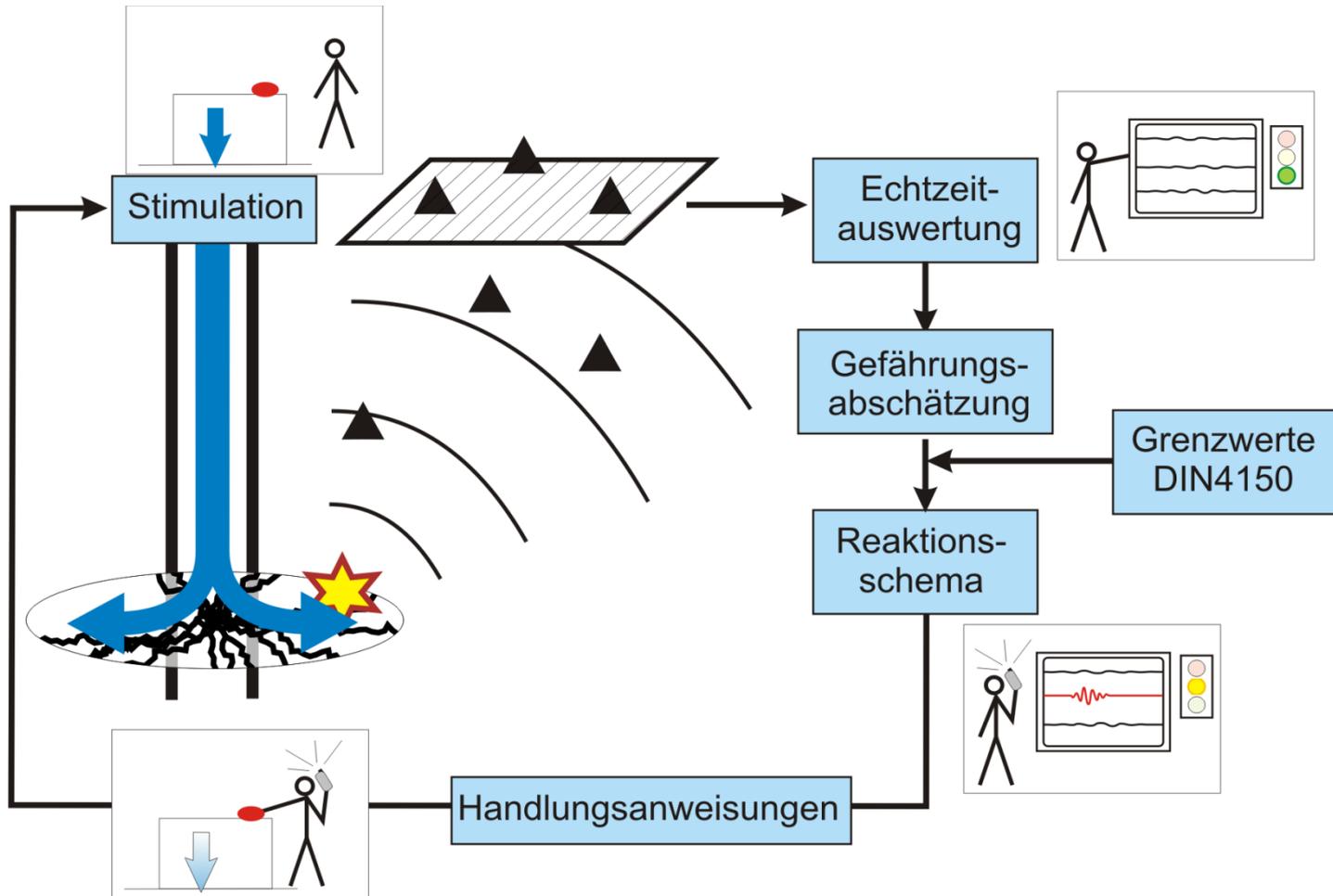
Bundesanstalt für
Geowissenschaften
und Rohstoffe

GEOZENTRUM HANNOVER

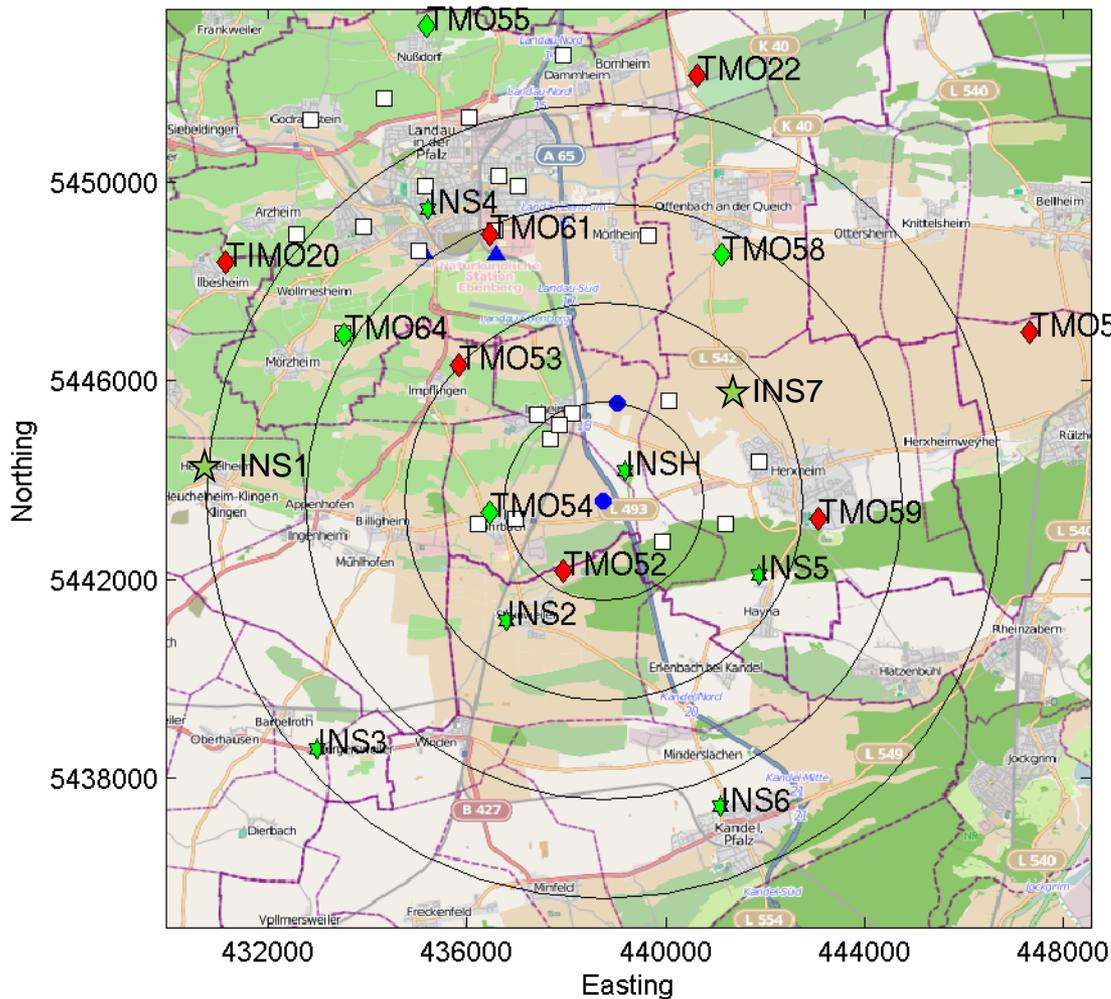
Arbeitspakete

- AP1: Verbesserung des Echtzeitmonitorings
- AP2: Statistische Analyse
- AP3: Umsetzung in Ampelsystem
- AP4: Feldexperimente
- AP5: Verbundübergreifende Abstimmung

Prinzipskizze EP3



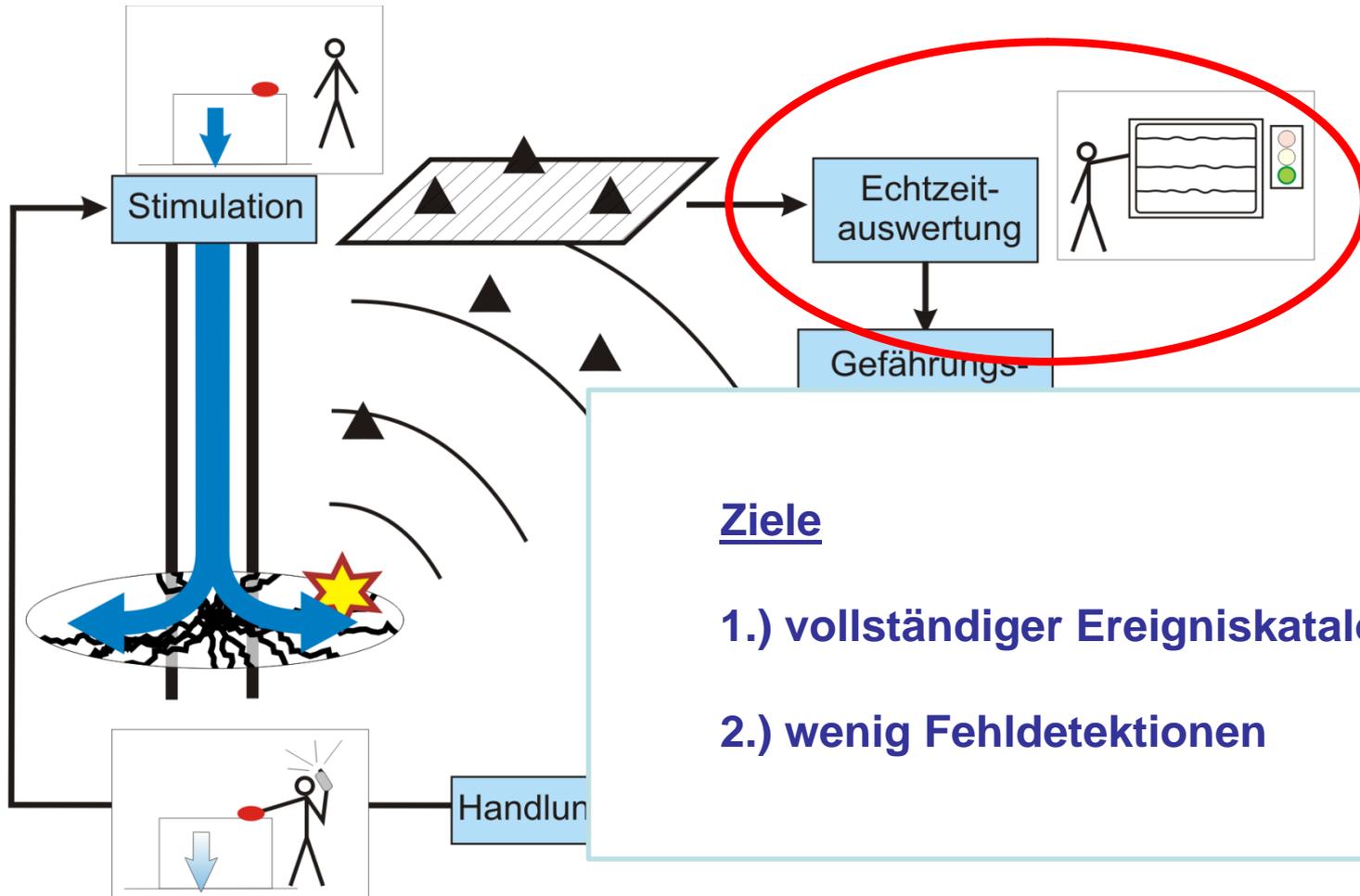
AP4: Feldexperiment II – Inbetriebnahme Insheim



(Quellen: KIT, BESTEC, BGR)

- Industrie
- ◆ KIT online
- ◆ KIT nicht online
- ★ BGR
- Landepunkte Insheim
- ▲ Landepunkte Landau
- Radius [2 4 6 8]km

AP1: Echtzeitauswertung



Ziele

- 1.) vollständiger Ereigniskatalog
- 2.) wenig Fehldetektionen

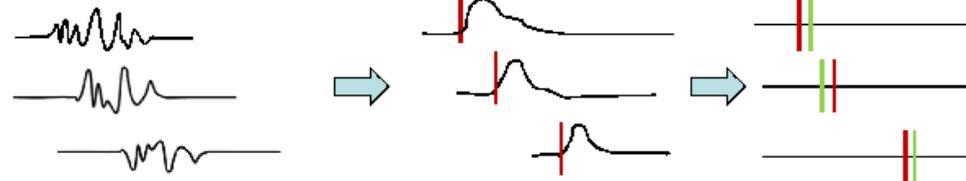
Funktionsweise wellenform-basierter Detektor

- Mustererkennung: aktuelle Seismogramme werden in Echtzeit mit Wellenformen bekannter Ereignisse verglichen
- Ähnlichkeitskriterium (CF) aus Kreuzkorrelation berechnet
- hohe Werte als mögliches Ereignis interpretiert → Detektion

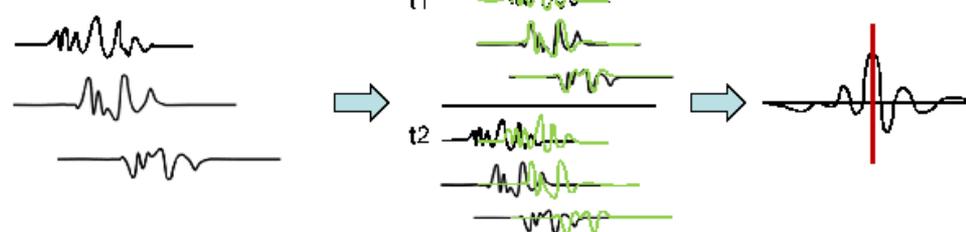
Vorteile wellenform-basierter Detektor

- Bewertung der gesamten Signalform
- berücksichtigt zeitliche Abfolge verschiedener Phasen
- die Relativlaufzeiten zwischen Stationen wird berücksichtigt
- berücksichtigt die Amplitudenverteilung

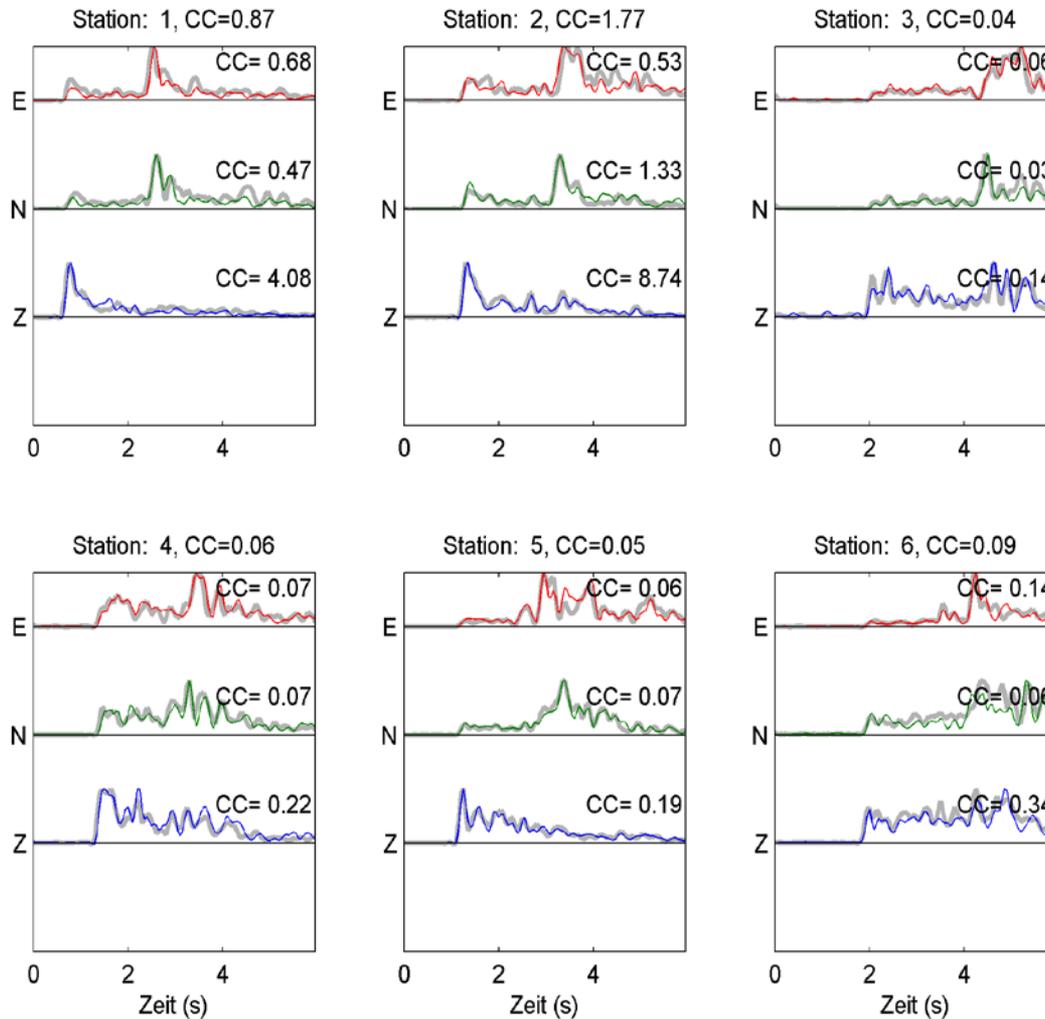
STA/LTA



Mustererkennung

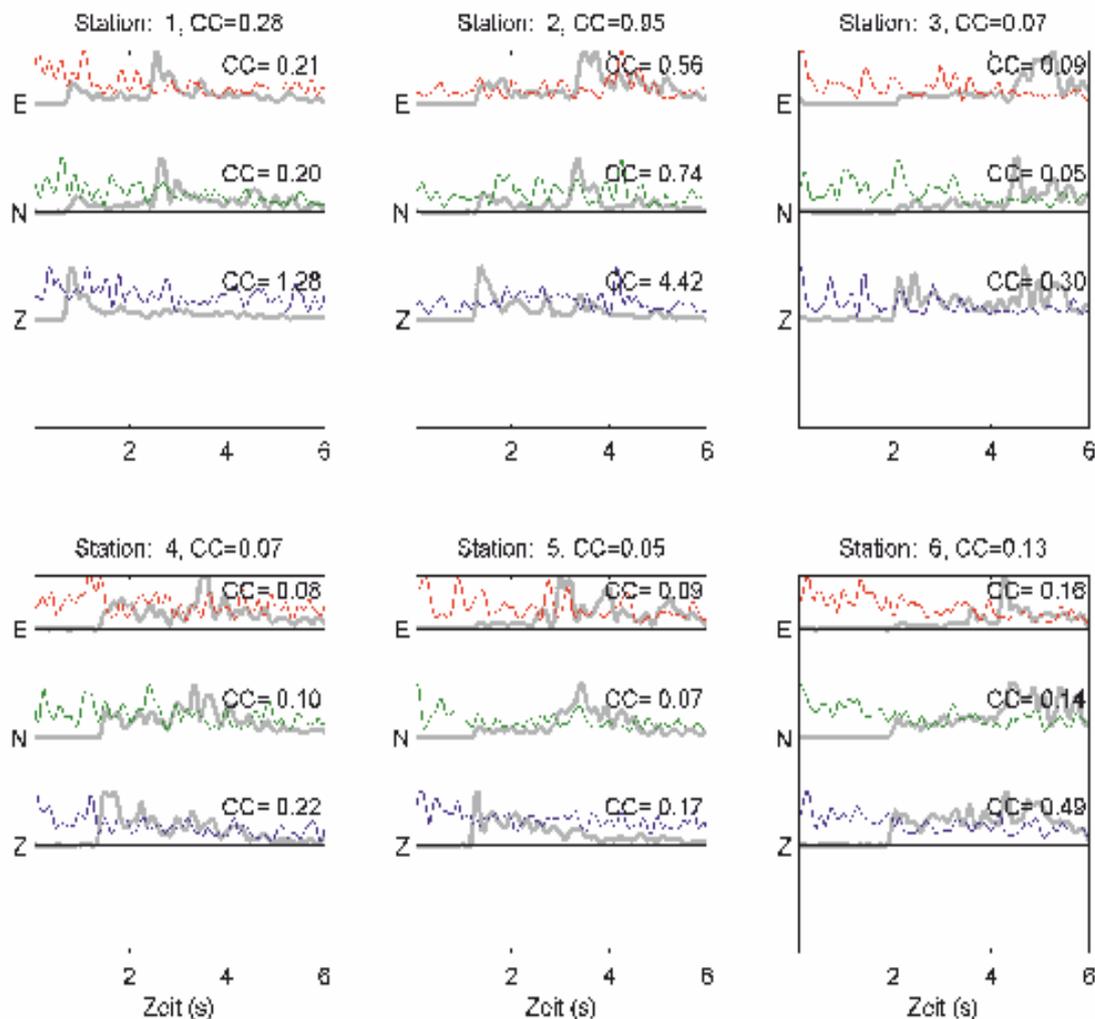


Beispieldetektion



Ereignis 26.01.2013
 $M_L = 1,8$ (LER)]

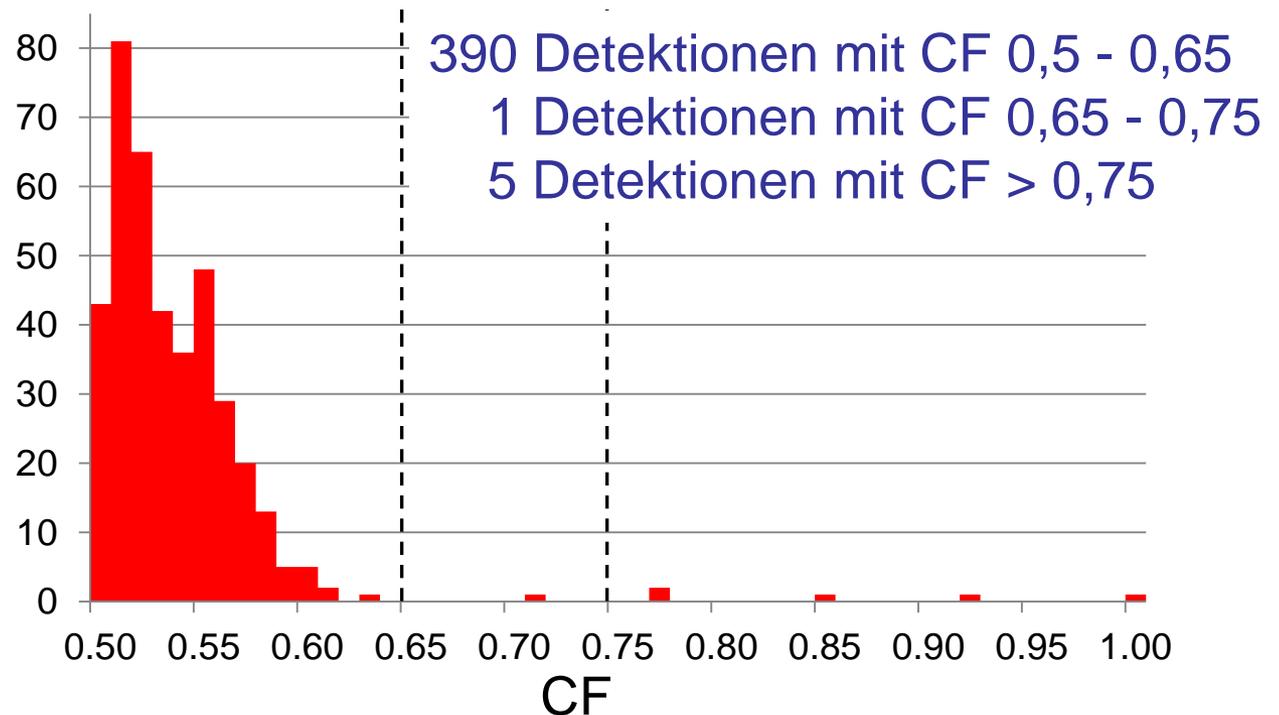
Beispiel für Zeitfenster ohne Detektion



Detektionsschwellwert

- Ereignis gilt als detektiert, wenn $CF > \text{Detektionsschwellwert}$
- Schwellwert klein \rightarrow umfassendere Detektionsliste, mehr Fehldetektionen
- Schwellwert größer \rightarrow kürzere Detektionsliste, weniger Fehldetektionen

Anzahl Detektionen
mit gegebenem
Schwellwert
(Beispiel: Februar
2013, Rauschniveau
abgezogen)



Detektionsschwelle

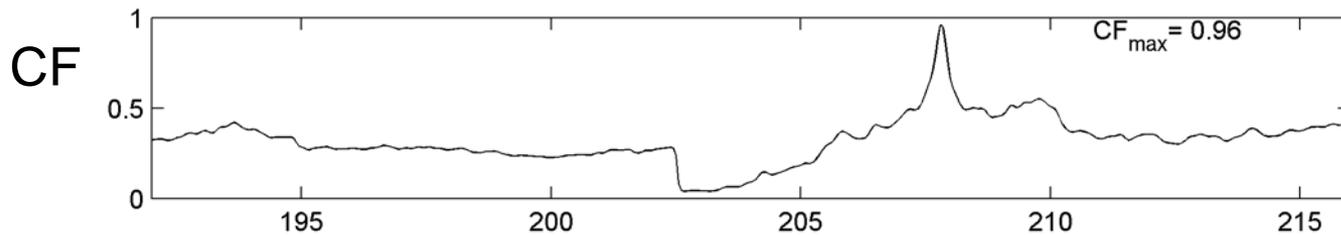
- Vergleich Detektionsliste – Ereignisliste (LER) für Februar 2013

Datum	Zeit (UTC)	ML	Cf _{max}
27.02.2013	05:11:34.040	1,0	0,75
23.02.2013	05:08:38.550	0,8	0,84
17.02.2013	20:07:15.750	2,0	0,99
14.02.2013	10:25:42.040	1,2	0,75
05.02.2013	18:57:22.610	1,0	0,92

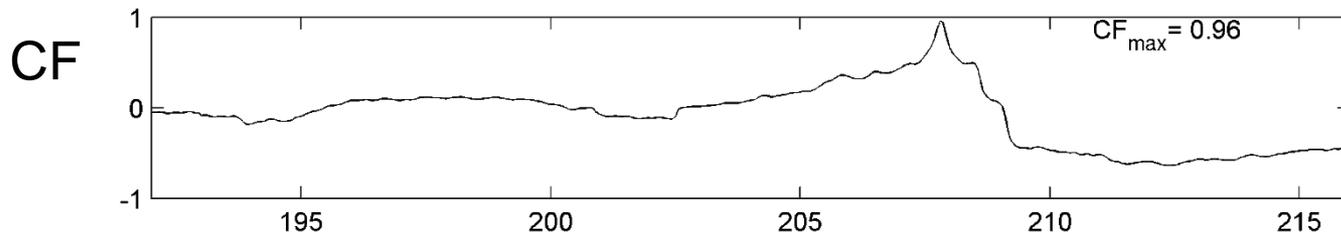
- Schwellwert 0,75: alle vom LER gemeldeten Ereignisse detektiert, weitere Detektionen mit kleinerem CF

Rauschniveau abziehen

- Verwendung von Envelopen \rightarrow Korrelation Masterevent mit aktuellem Zeitfenster immer positiv \rightarrow Offset
- Rauschniveau bestimmen als Mittelwert in Zeitfenster vor aktuell zu korrelierendem Zeitabschnitt



Rauschniveau nicht abgezogen
 $CF = [0 \ 1]$



Rauschniveau abgezogen
 $CF = [-1 \ 1]$

t (s im aktuellen Korrelationsfenster)

AP2: Statistische Analyse

Seismogenic Index - A Predictive Tool

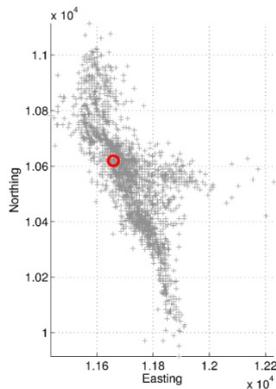
- ▶ expected number of events with a given minimum magnitude:

$$N_{\geq M} = V_I \cdot 10^{\Sigma - bM}$$

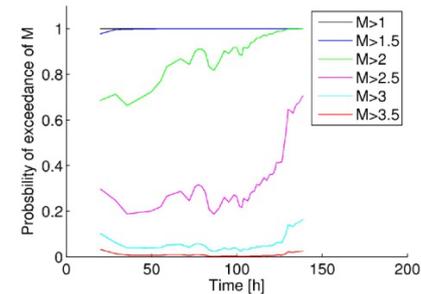
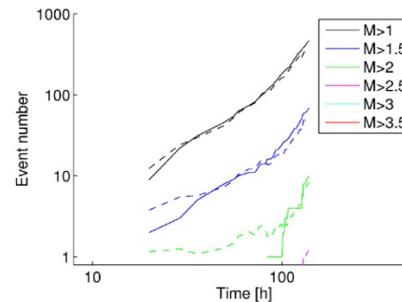
- ▶ occurrence probability of an event with a given magnitude (HPP, Langenbruch et al., 2011):

$$1 - P(0, M, V_I) = 1 - \exp(-V_I \cdot 10^{\Sigma - bM})$$

⇒ implementation in real-time monitoring: SeisComP3 (Summer 2013)



→ Σ & b →



(Quelle: EP5, FU Berlin)

Integration in SeisComp3

- Modul A: **Echtzeit-Wellenformdetektor (EP3)**



Detektion mit

- Herdzeit
- Hypozentrum (= Hypozentrum Masterevent)
- Magnitude

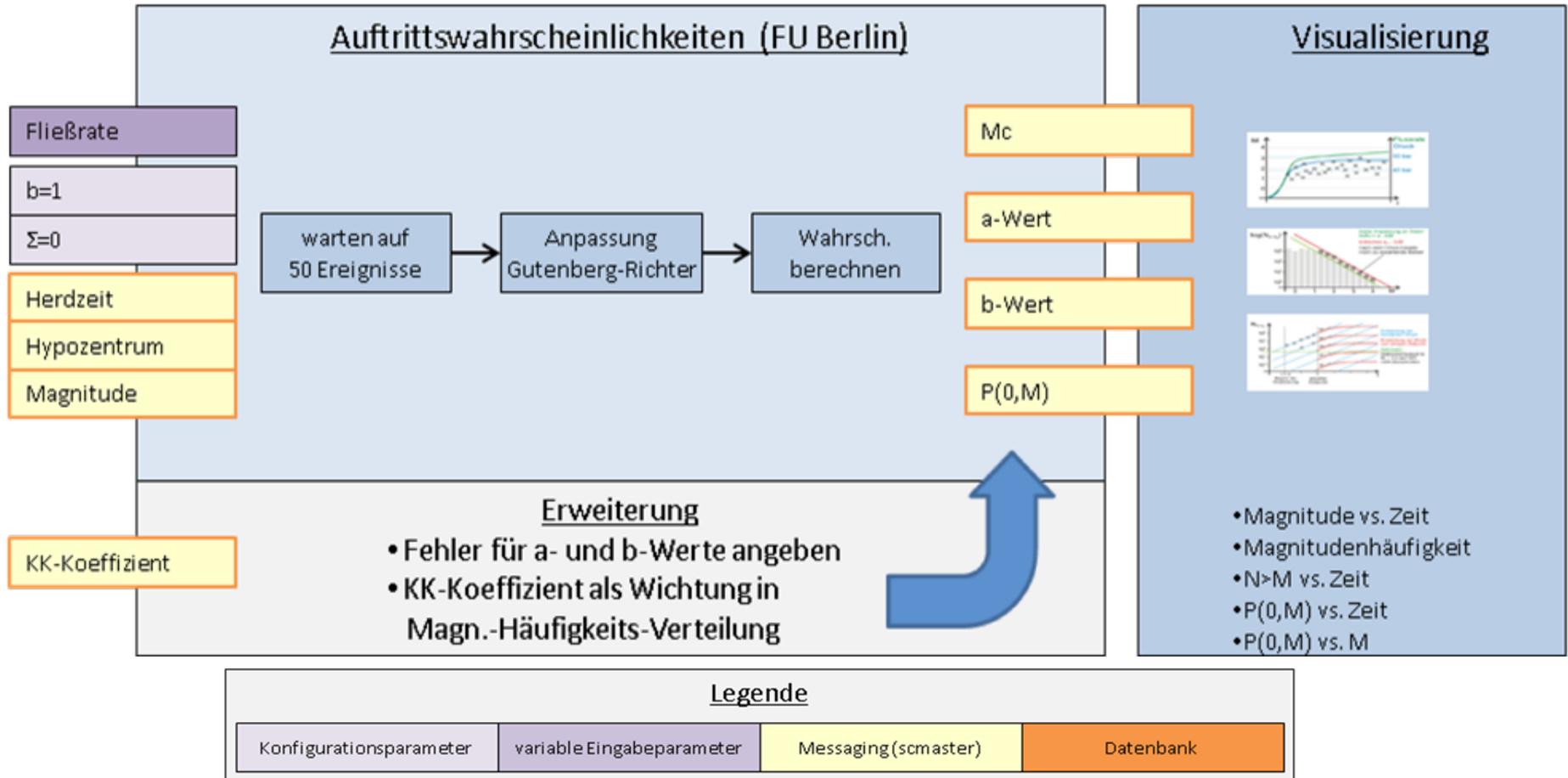
- Modul B: **Auftrittswahrscheinlichkeiten (EP5)**

- Auftrag gempa

- Umsetzung der Matlab-Routinen
- Anbindung an Echtzeit-Daten-Handling innerhalb von SeisComp
- Ausgabe und Visualisierung der Ergebnisse

Integration in SeisComp3

Modul B: Auftrittswahrscheinlichkeit (EP5)



Zusammenfassung

- Feldexperiment II - Inbetriebnahme Insheim
- Detektor basierend auf Wellenformähnlichkeit implementiert
- Statistische Analyse: Zusammenarbeit mit EP5
- Integration in SeisComp3 beauftragt
 - Modul A: Echtzeit-Wellenformdetektor (EP3)
 - Modul B: Echtzeit-Gefährdungsabschätzung (EP5)

Ausblick

- Test der beauftragten SeisComp-Module
- AP3: Grenzwerte Überschreitenswahrscheinlichkeit bestimmter Magnituden/PGVs fürs Ampelsystem