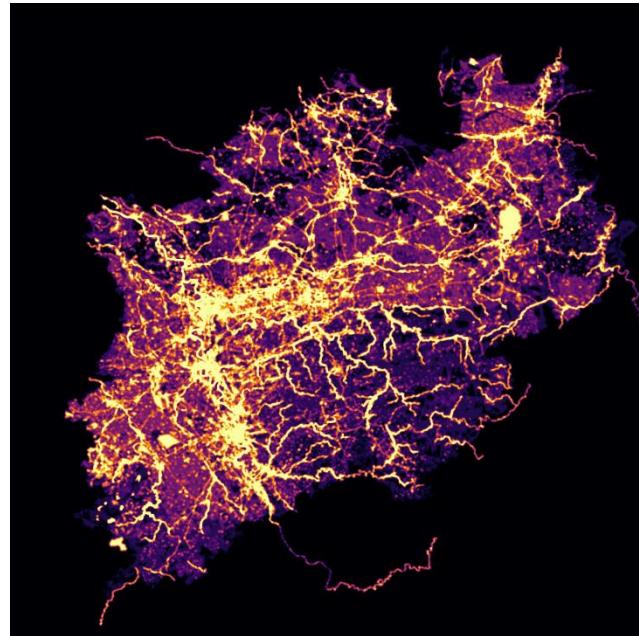


# Ach

## Methoden zur Kompensation der Störwirkung auf Seiten der seismologischen Stationen



Tobias Neuffer  
01. Oktober 2019

# Aufgabenstellung

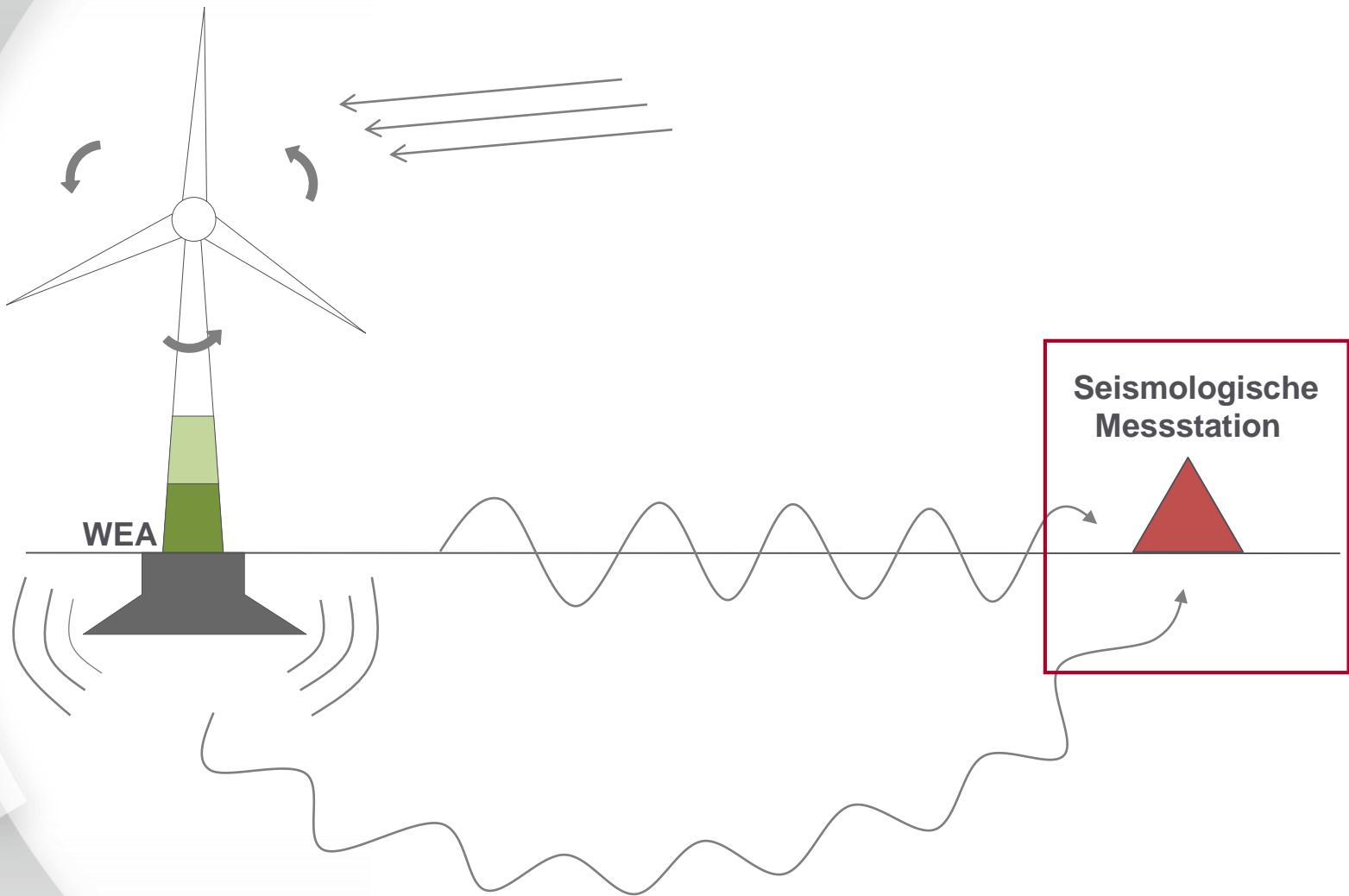
## 1. Organisatorische Maßnahmen: Netzwerkoptimierung

- Aufgaben („Erdbebenalarmsystem“, „Erdbeben Zonierung“, ...) sind immer einem gesamten Netzwerk zuzuordnen
- Einzelstationen alleine haben grundsätzlich **keine** zugewiesene Aufgabe
- Untersuchung, ob und wie ein existierendes Messnetz umgebaut/erweitert werden kann, damit (zumindest) dieselbe Performance wie das bestehende Netz erreicht wird und/oder zukunftssicher WEA-kompatibel ist

## 2. Filtermethoden

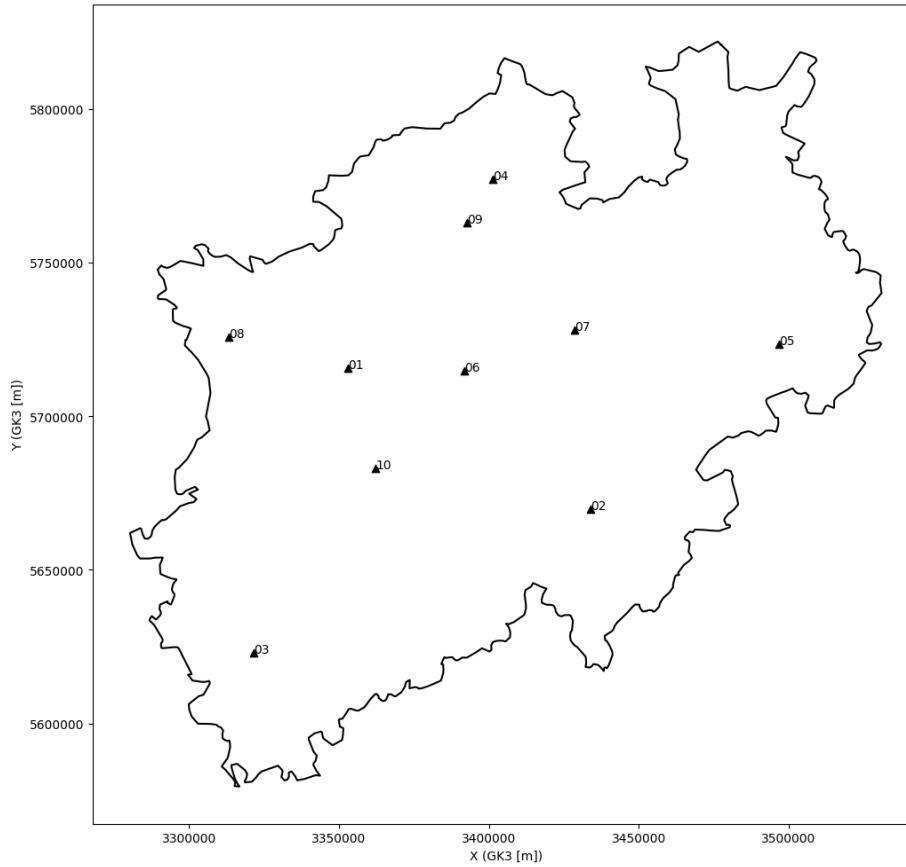
- Stark harmonische Anteile der WEA-Signale
- Möglichkeit zur Mustererkennung
- Stichwort: Deep learning

# Aufgabenstellung



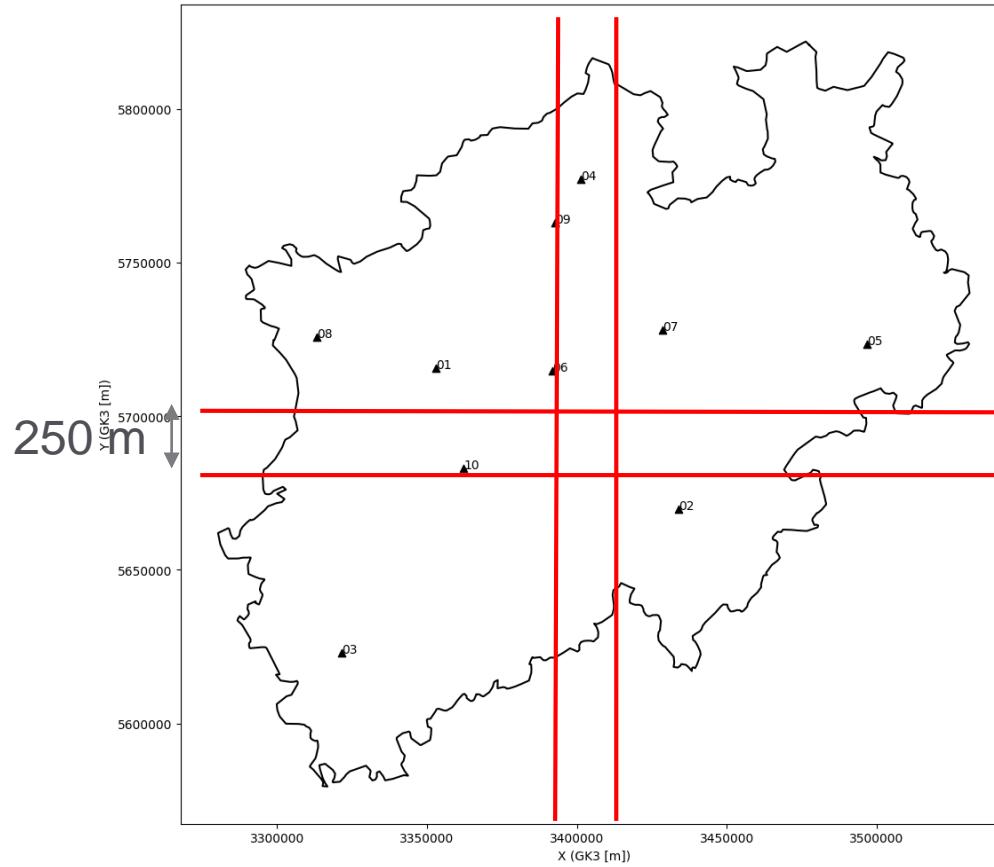
# Netzwerkoptimierung

- Modell zur Beurteilung der Netzwerkperformance in NRW (virtuelles Messnetz)



# Netzwerkoptimierung

- Modell zur Beurteilung der Netzwerkperformance in NRW (virtuelles Messnetz)



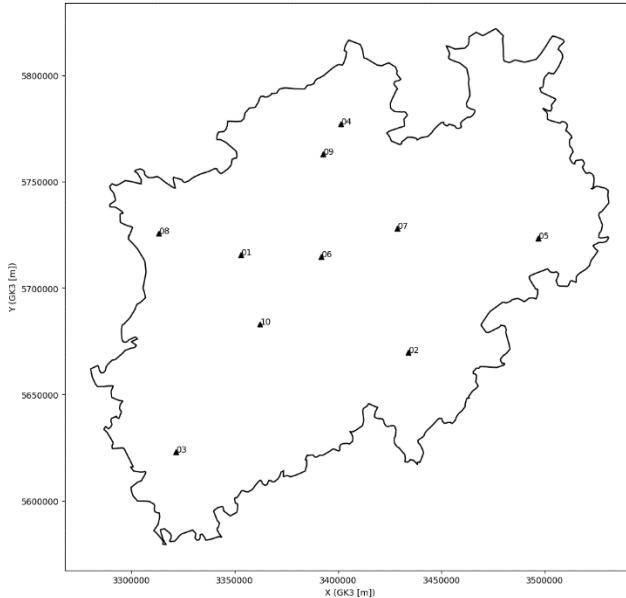
# Netzwerkoptimierung

- Rauschniveau an jeder Station als I95
- Berechnung der der erwarteten Amplitude an jeder Station mit:

$$M_L = \log_{10}(A) + 1.11 \log_{10}(R) + 0.00189 R - 2.09,$$

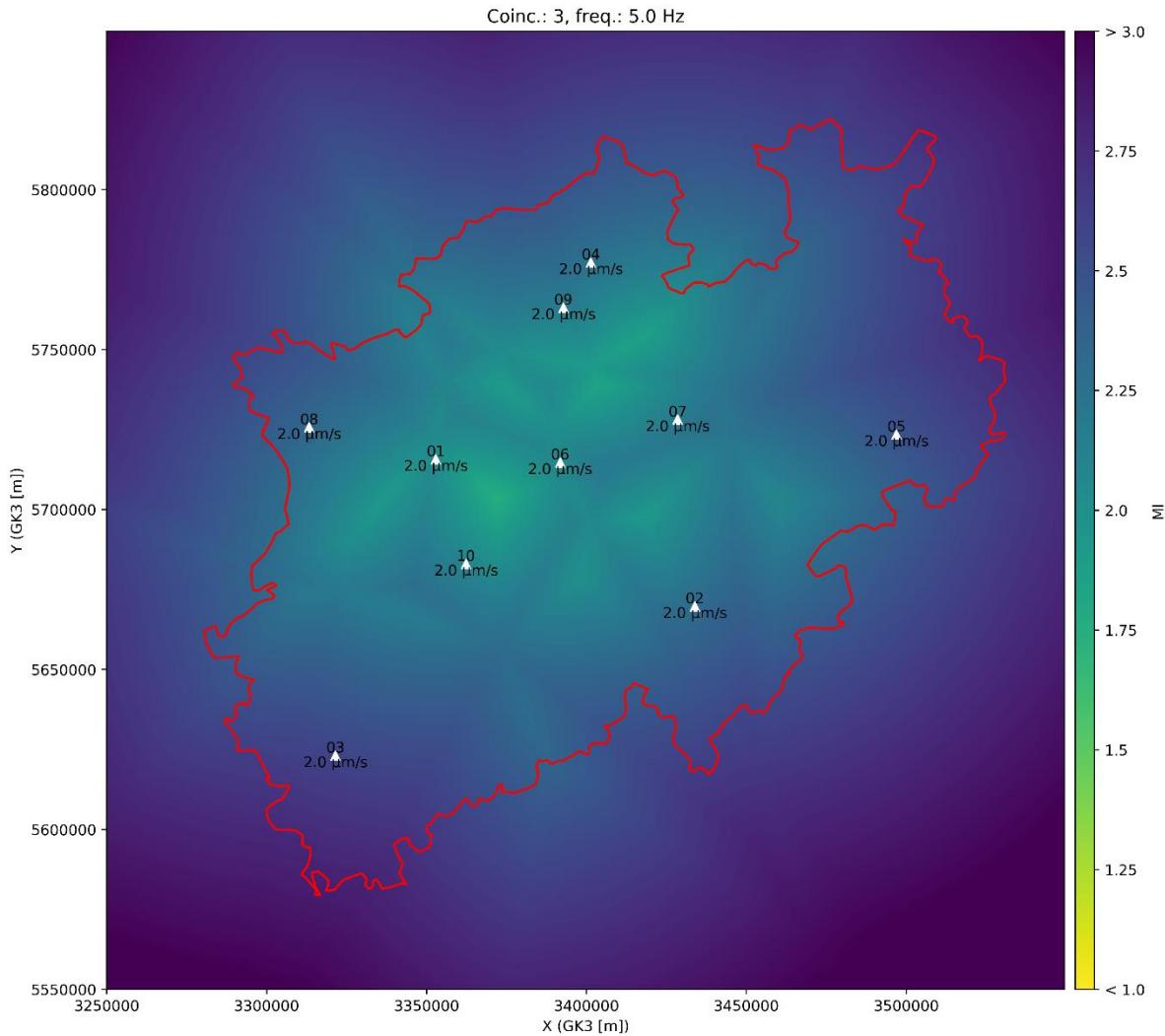
nach Richter [Bormann et al. 2014]

- Bestimmung der Minimalmagnitude mit Detektion an mindestens 3 Stationen
- Erfolgreiche Detektion, wenn Signal-Rauch-Verhältnis > 3



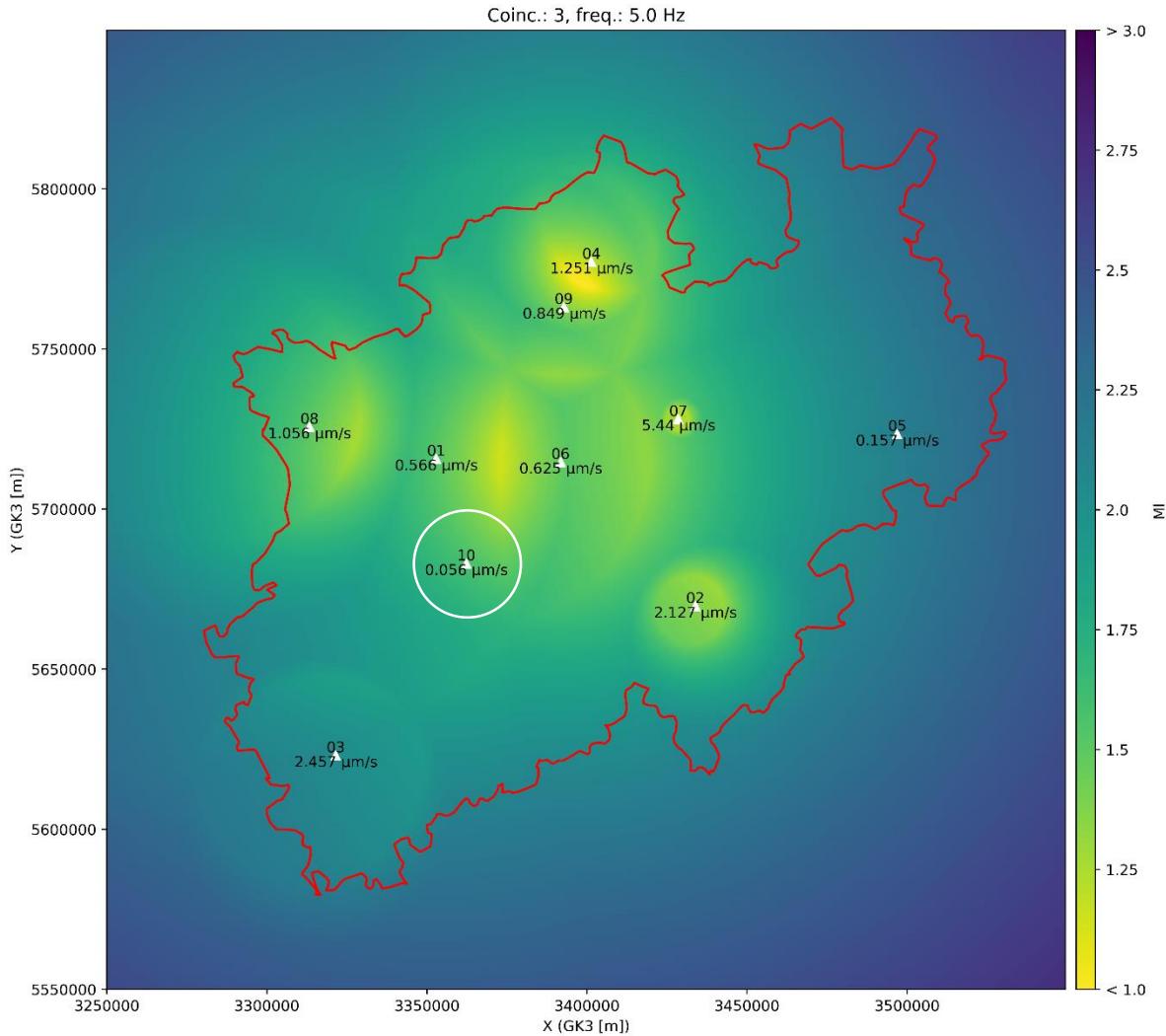
# Netzwerkoptimierung

- „Default“ Rauschniveau nach FKPE
- $2 \mu\text{m/s}$



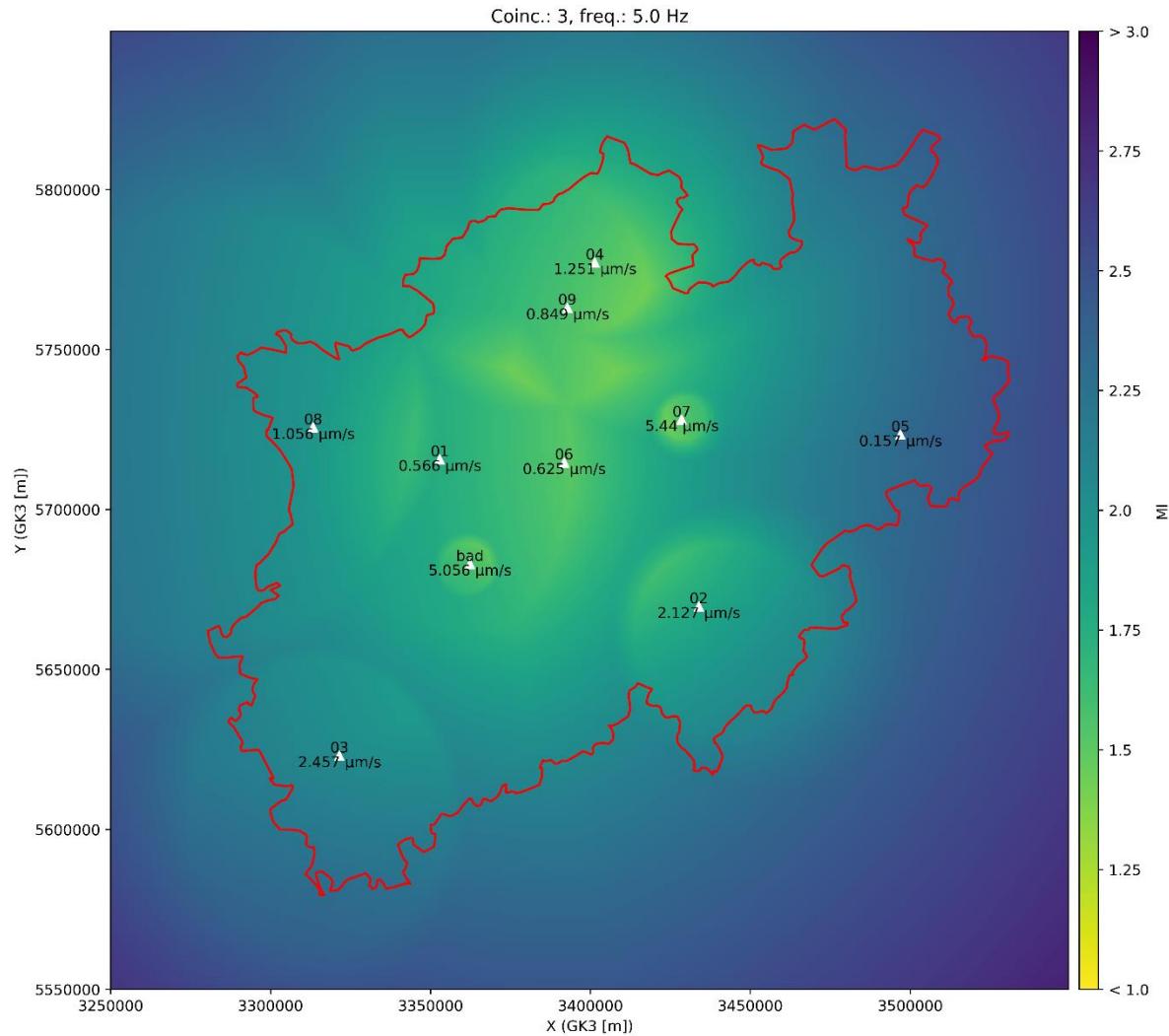
# Netzwerkoptimierung

- „Random“ Rauschniveau
- $0.056 - 5.44 \mu\text{m/s}$



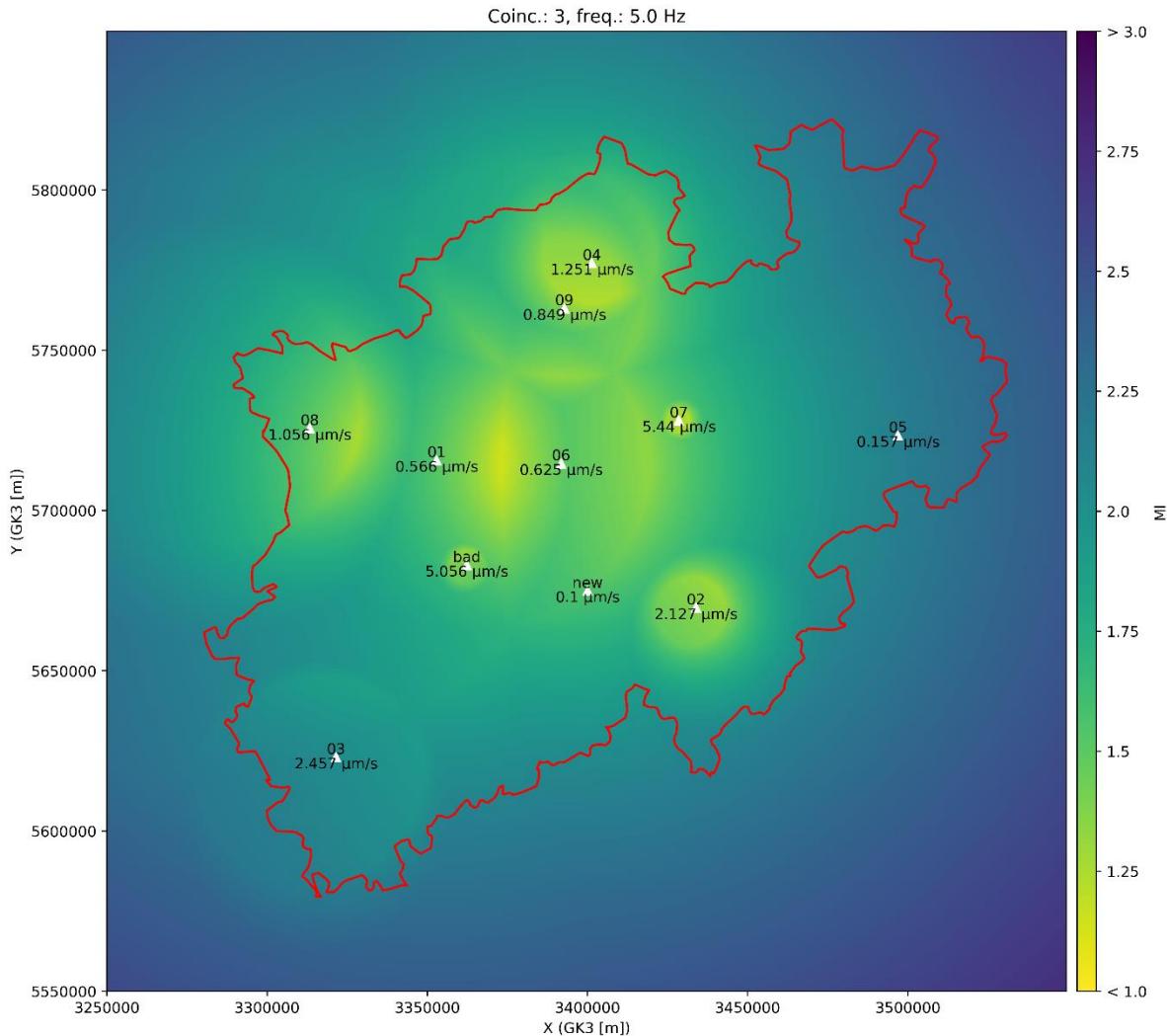
# Netzwerkoptimierung

- Verschlechterung des Rauchniveaus um Faktor 100
- Von  $0.056 \mu\text{m/s}$  auf  $5.056 \text{ m/s}$

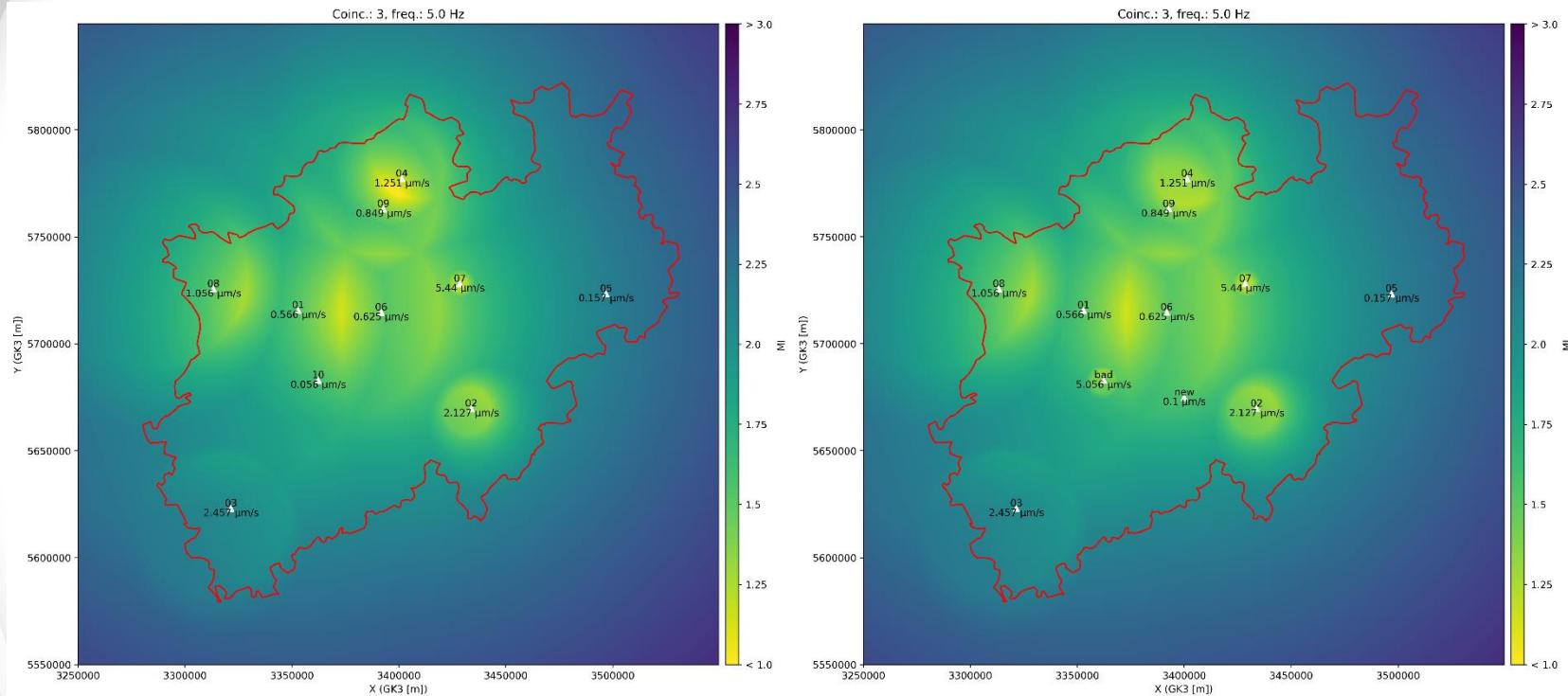


# Netzwerkoptimierung

- Zubau einer neuen Station



# Netzwerkoptimierung



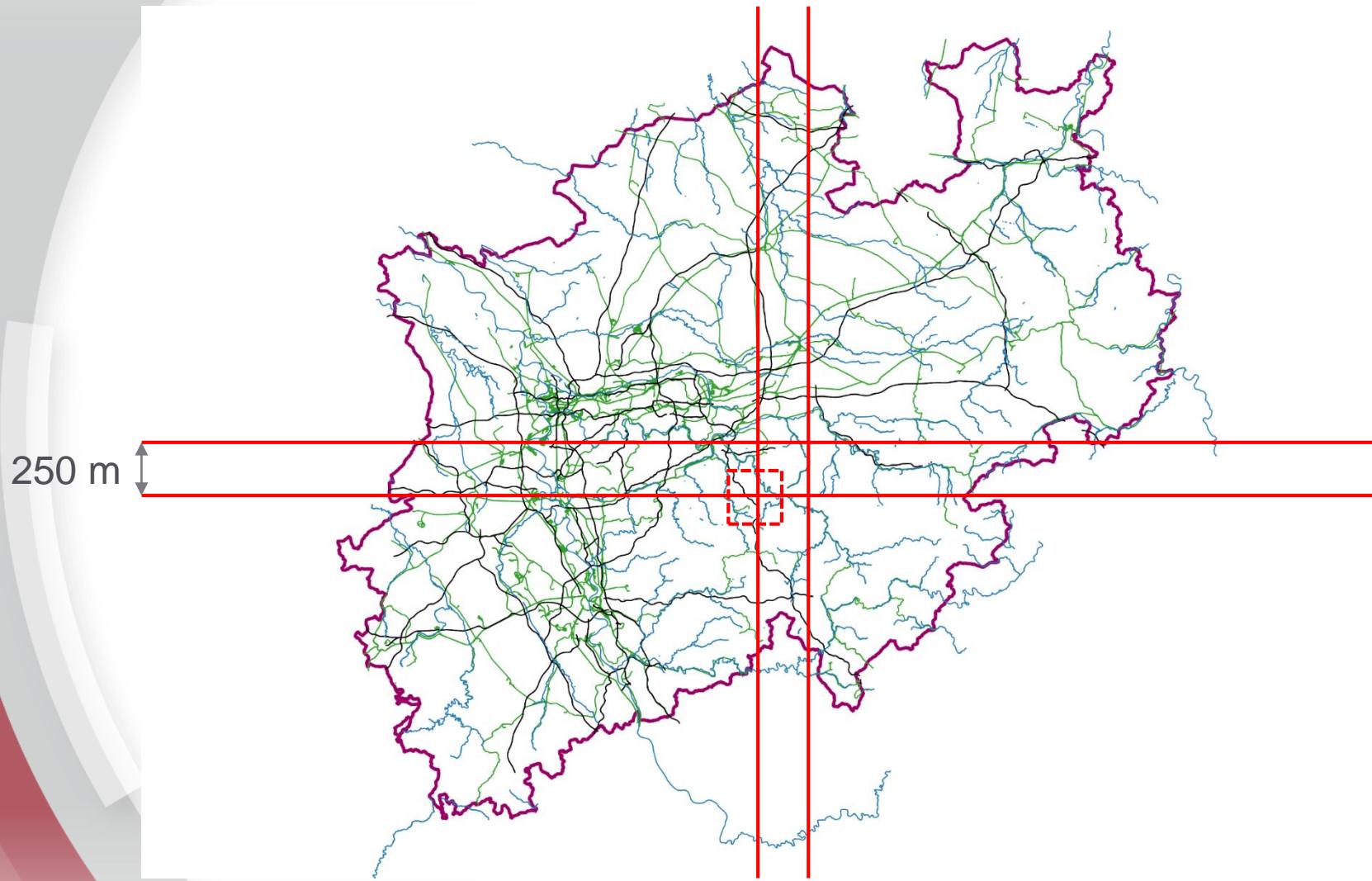
# Netzwerkoptimierung

- Mögliche Standorte für Um-/Zubau von Messstationen
- Seismic-Noise-Map (Kraft et al. 2013): Vorbelastung möglicher Stationsstandorte

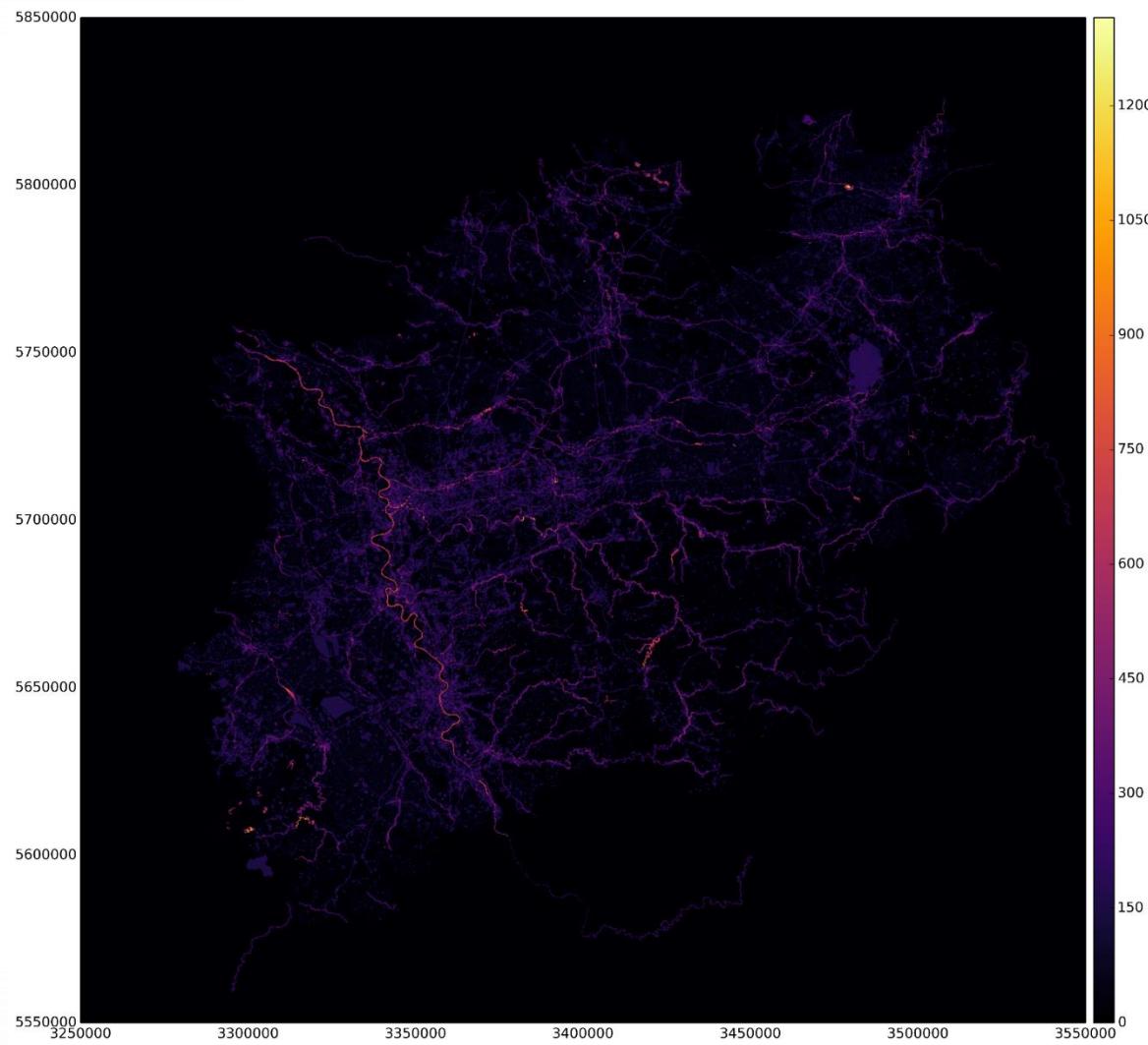
# Netzwerkoptimierung

- Open street map shapefiles zur Landnutzung, Infrastruktur (Straßen, Bahnlinien, ...), Flüsse und Wasserflächen (Seen, ...), WEA
- Kategorisierung mit Gewichtungsfakoren
- Landuse:
  - commercial, industrial, residential, retail, military, quarry  
→ 150
  - Allotments, cemetery, park, farm, recreation ground  
→ 50
  - Forest, nature reserve, scrub, orchard, vineyard, grass, heath, meadow  
→ 20
- Infrastruktur:
  - Autobahn, Bundesstraße  
→ 150
  - Bahnlinie  
→ 130
  - Gewässer  
→ 255
  - WEA  
→ 150

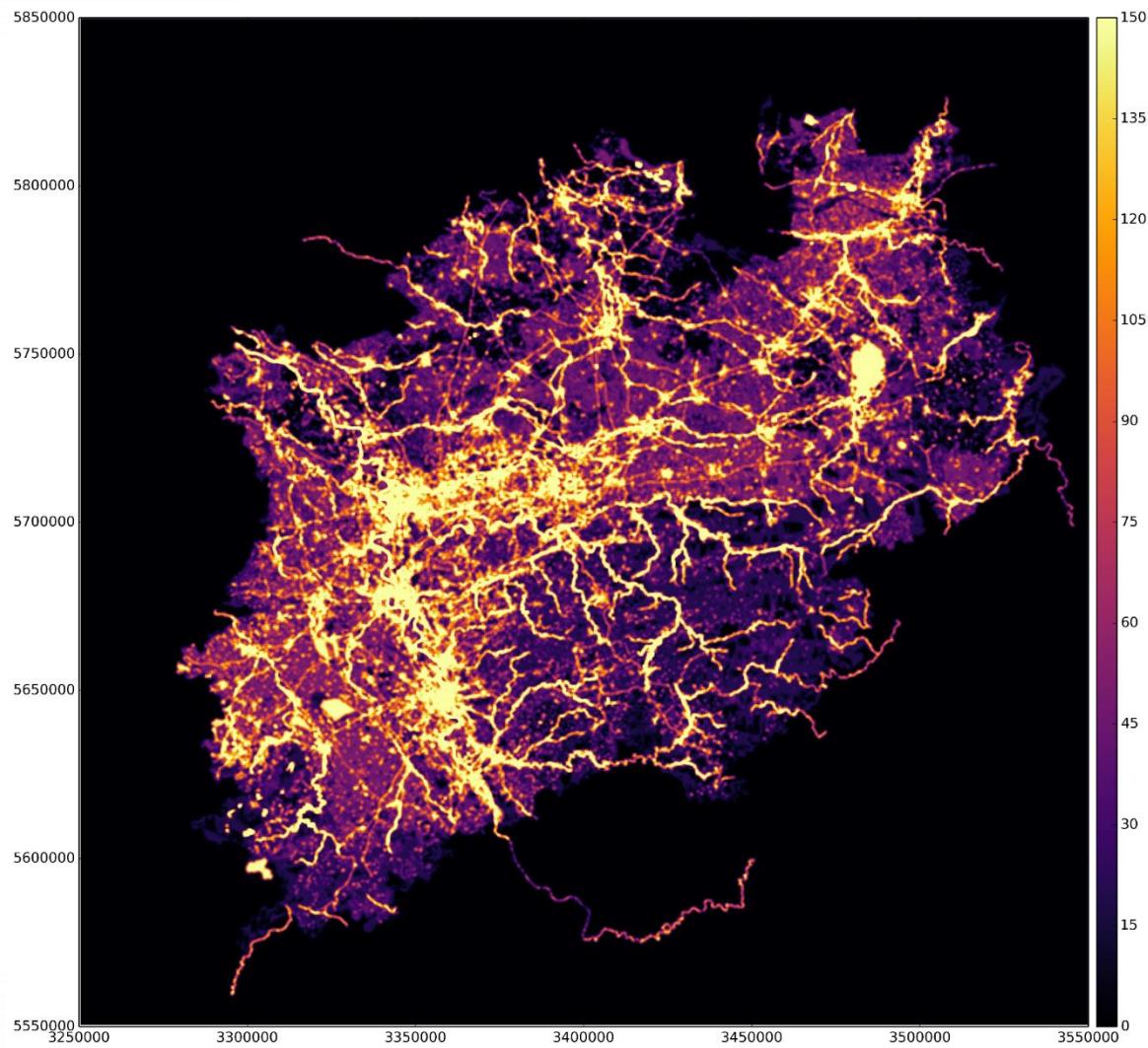
# Netzwerkoptimierung



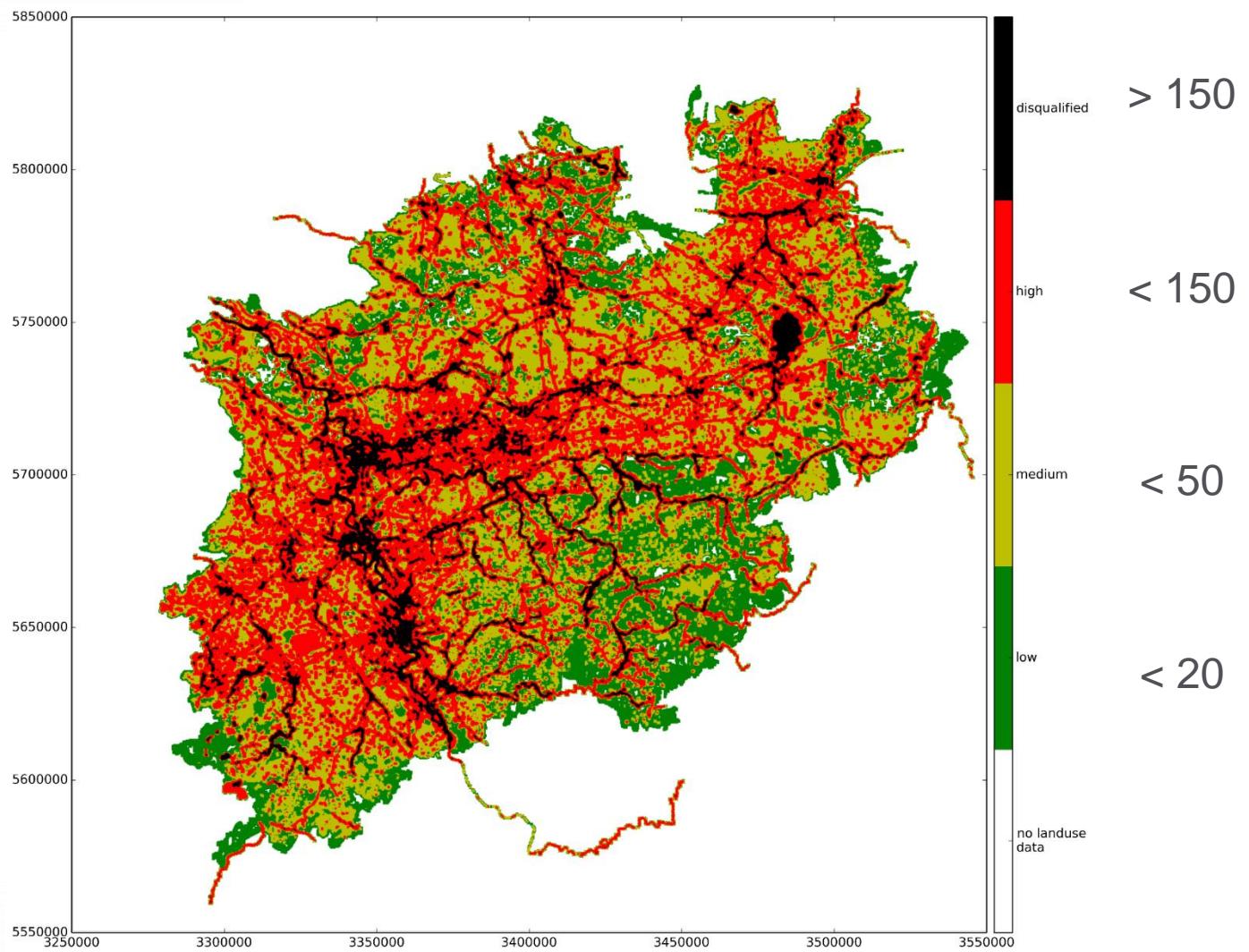
# Netzwerkoptimierung



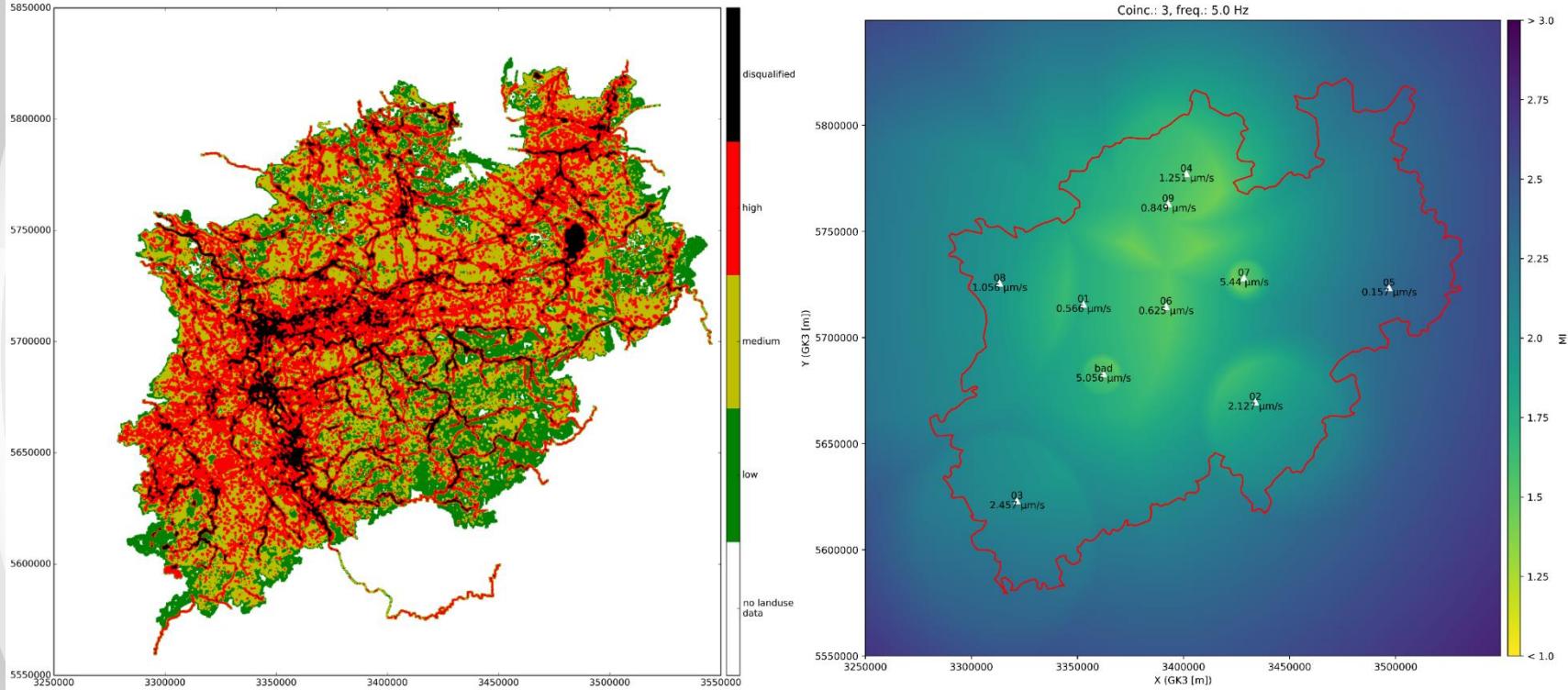
# Netzwerkoptimierung



# Netzwerkoptimierung

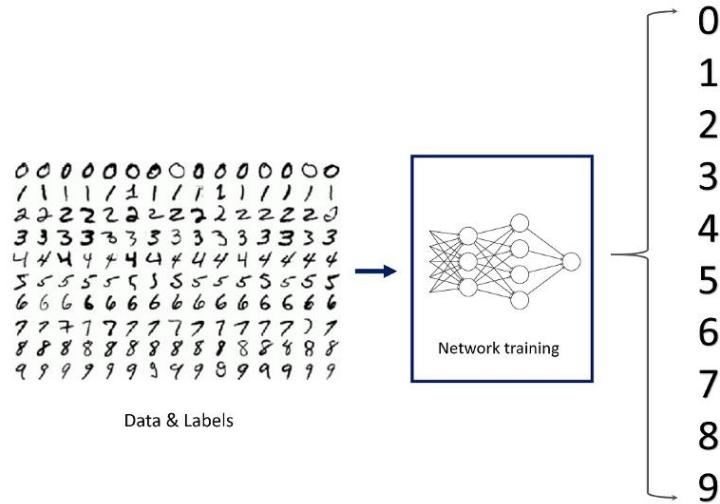


# Netzwerkoptimierung



## Filtermethoden

- „Seismic Signal Denoising and Decomposition Using Deep Neural Networks“  
Zhu et al. 2018
- Training mit Nutzsignalen (hohes SNR) und Noise
- NN Architektur nutzt 2D „Bilder“ der Zeit-Frequenz Darstellung eines Signals
- Unterscheidung zwischen Noise und Nutzsignal
- Prinzip ähnlich der Handschrifterkennung

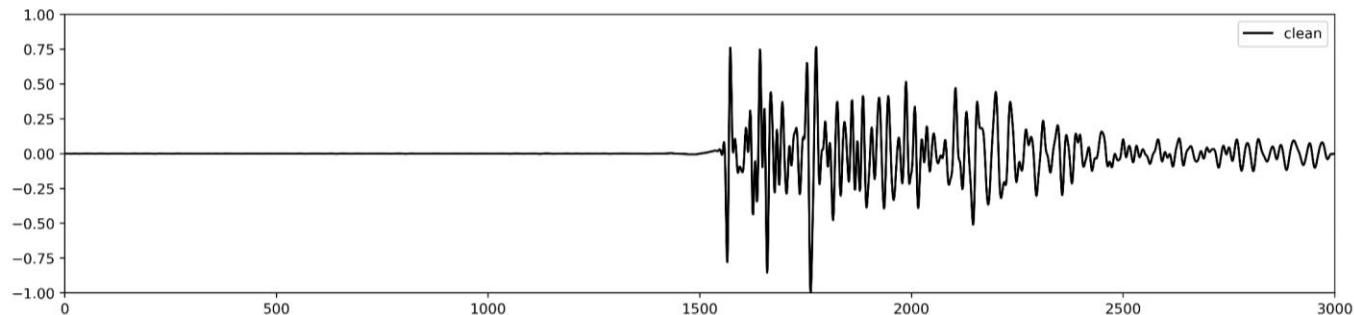


# Filtermethoden

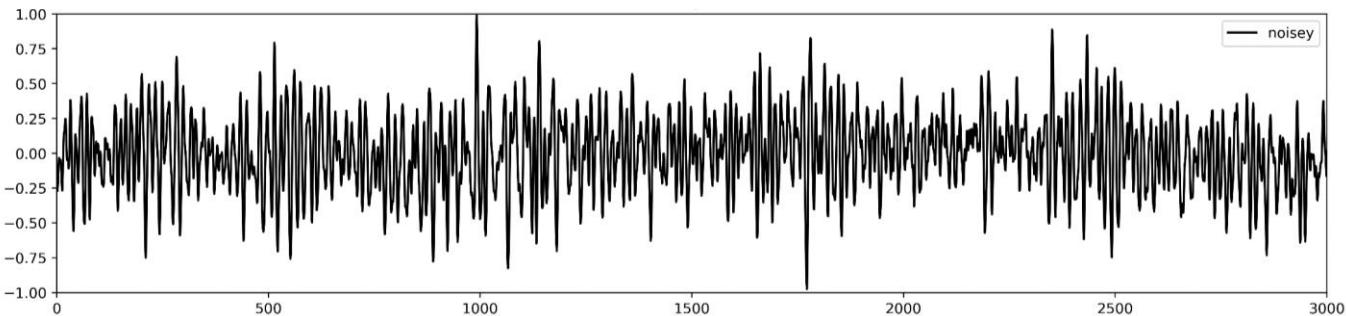
- Trainingsdaten:
  - Nutzsignale: 1275 Aufzeichnungen
    - $M > 0.5$ , hohe P Pick-Qualität
    - Verschiedene Netzwerke und Stationen
      - Gasförderung (N'-Deutschland)
      - Gasspeicherung (EPE)
      - Steinkohlebergbau (Saarland)
      - Geothermie (Mol, Landau, ...)
    - Keine Unterscheidung zwischen den Komponenten (N, E, Z)
  - Noisesignale: 1000 Aufzeichnungen
    - Gemessen an verschiedenen Standorten mit unterschiedlichen Distanzen zu WEA und zu unterschiedlichen Zeiten
    - Zufällige Auswahl der Aufzeichnungen
    - WEA-Noise Katalog

# Filtermethoden

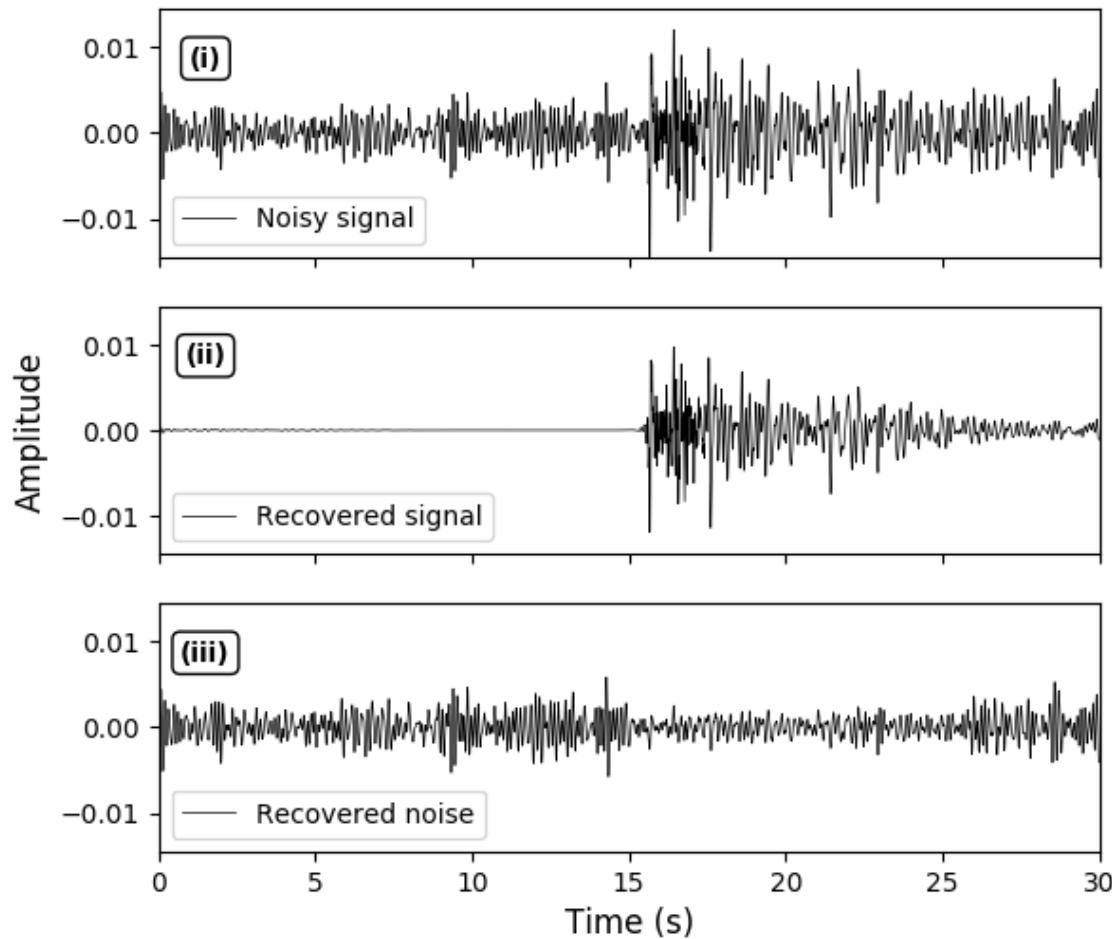
- Testsignal:



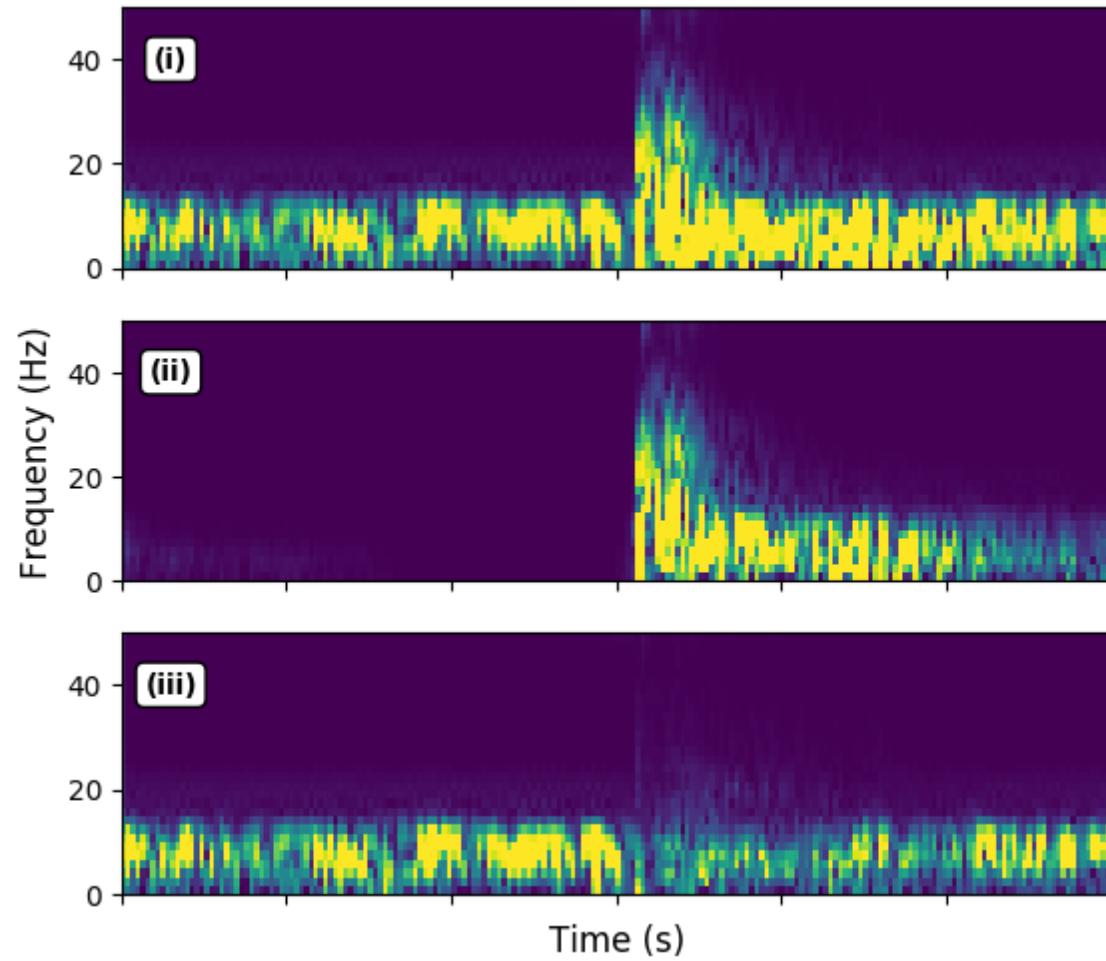
- Noise:



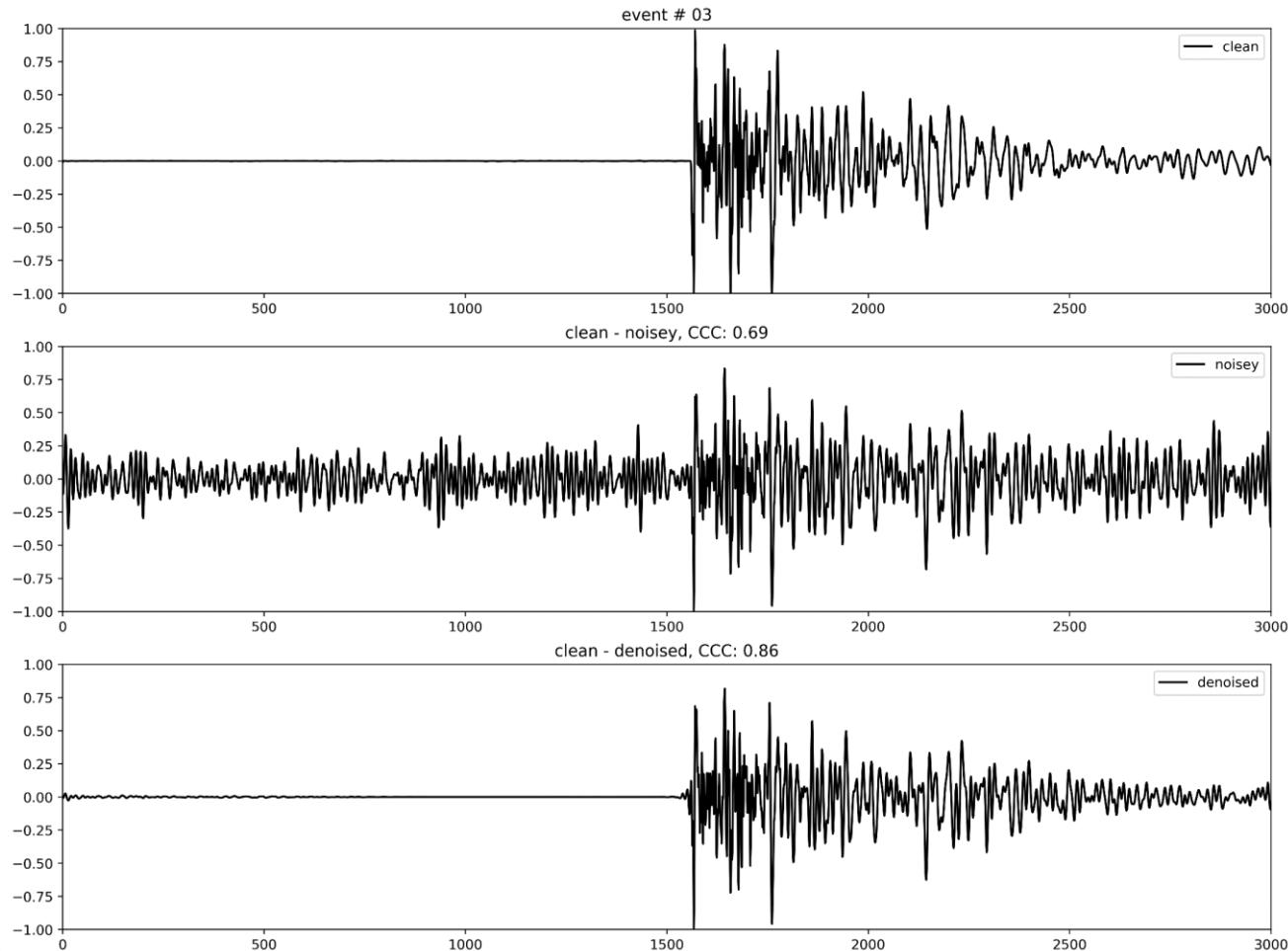
# Filtermethoden



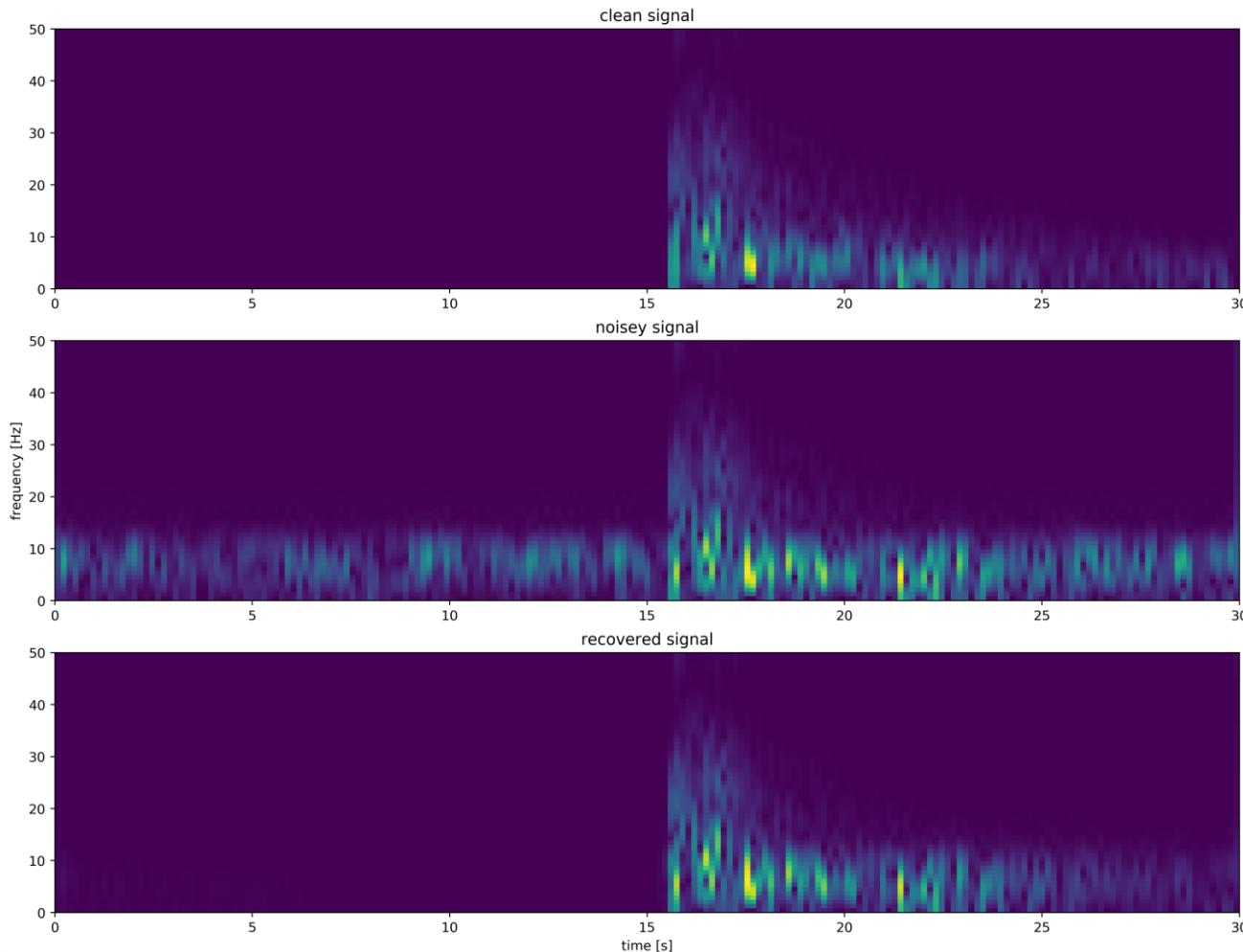
# Filtermethoden



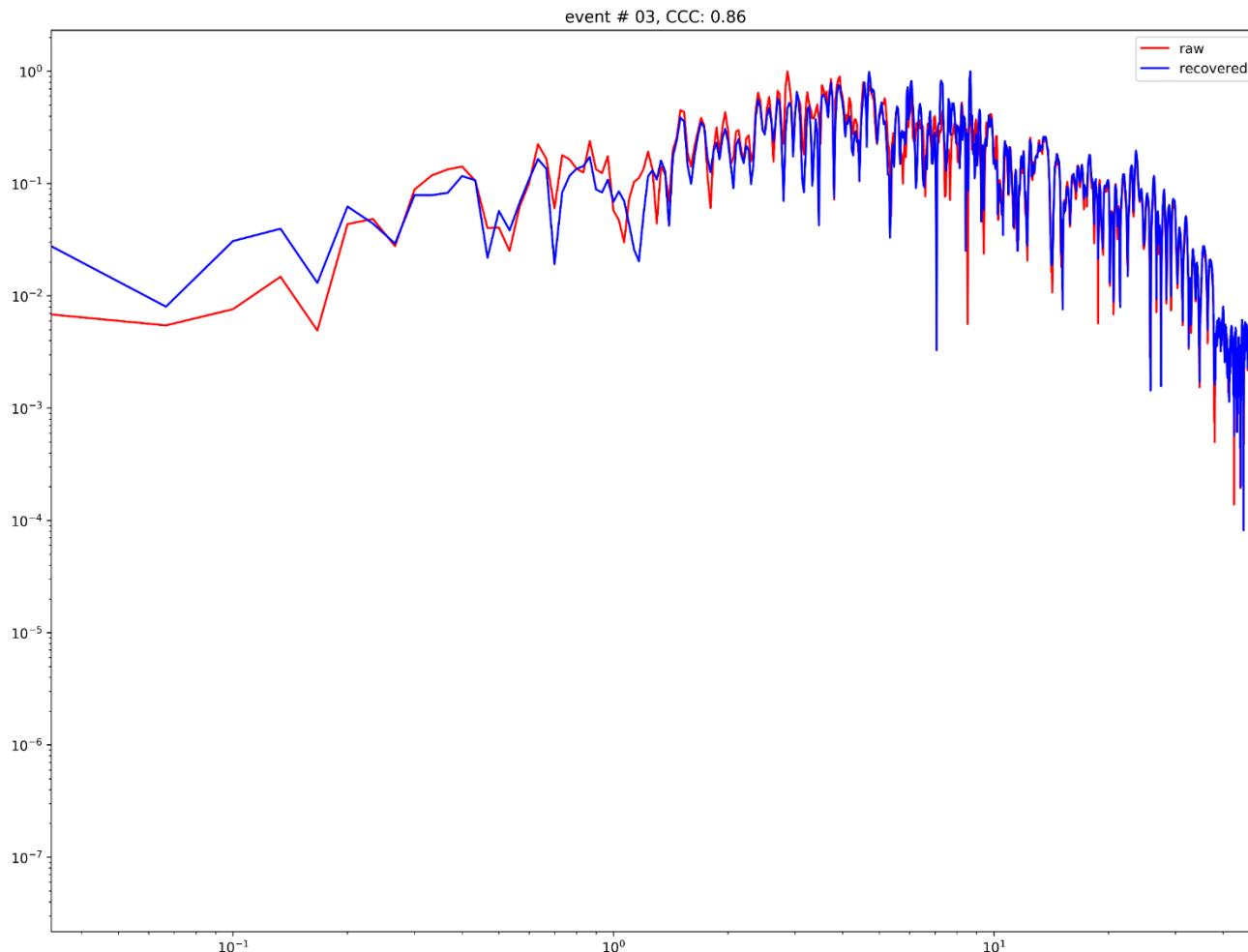
# Filtermethoden



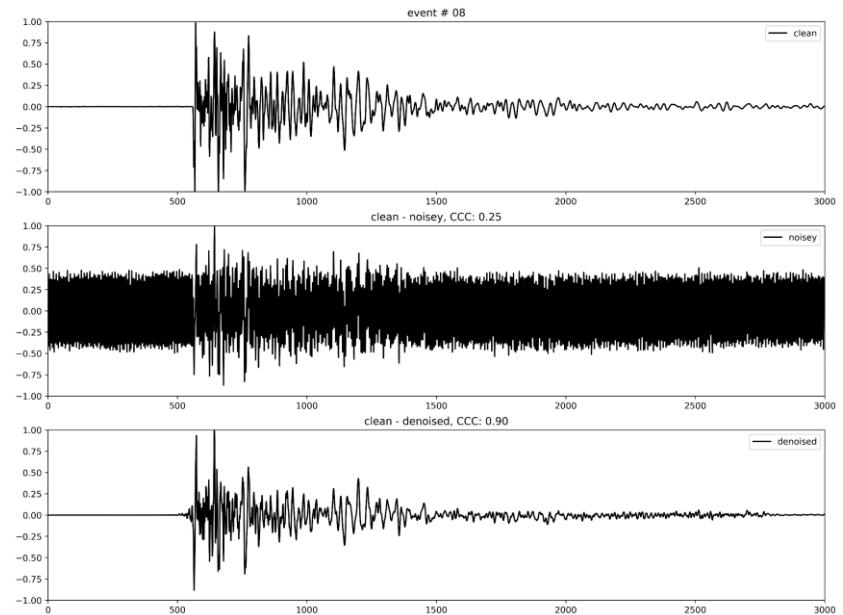
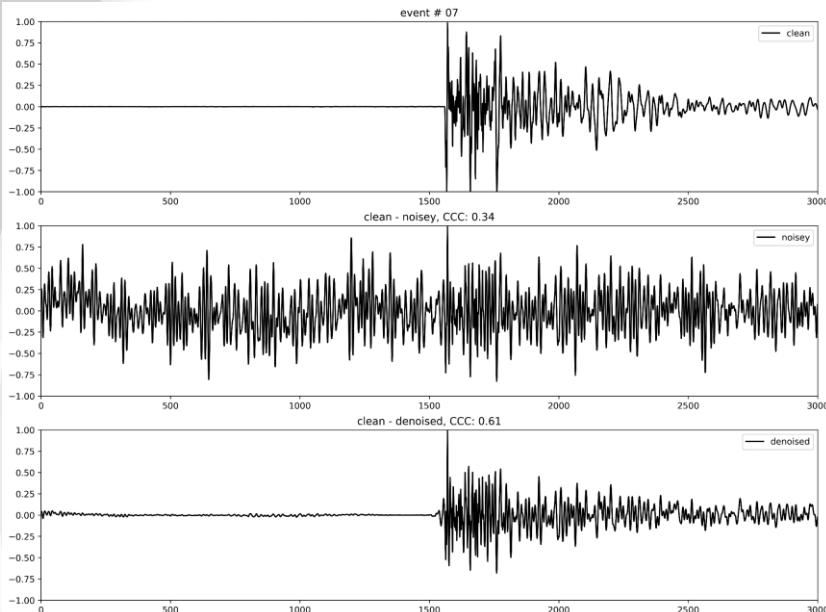
# Filtermethoden



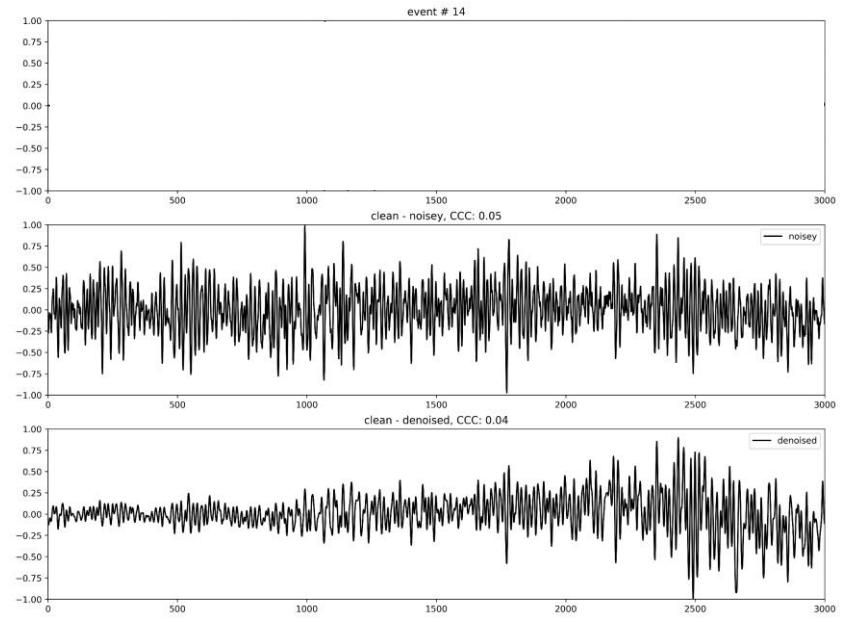
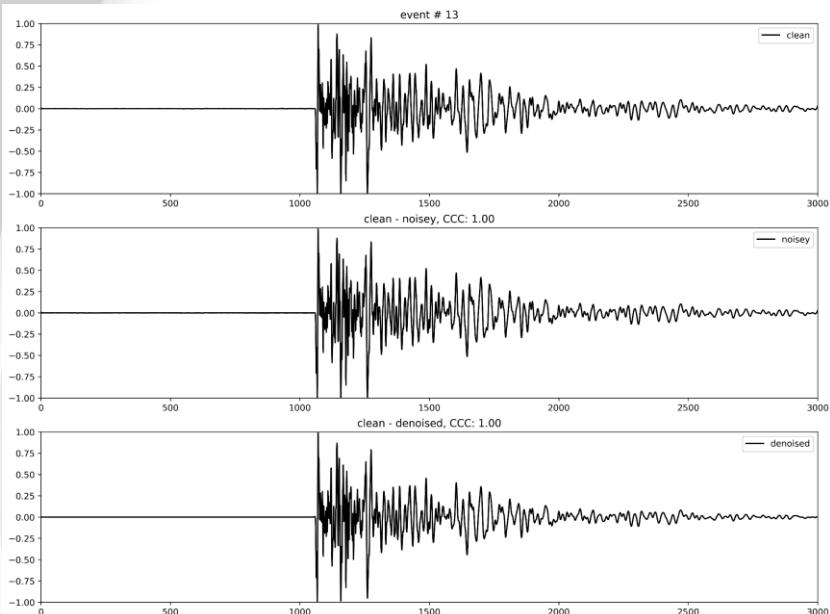
# Filtermethoden



# Filtermethoden



# Filtermethoden



# Ausblick

- Evaluierungsmodell und Noise Map verschneiden
- Noise Map mit Messdaten kalibrieren für reale Netzwerke
- Filteralgorithmus weiter verbessern, testen und trainieren
- Klassische Filtermethoden testen
- („Hot Word“-Erkennung)



Vielen Dank!