



Tobias Neuffer  
27. Oktober 2020

## 1. Organisatorische Maßnahmen: Netzwerkoptimierung

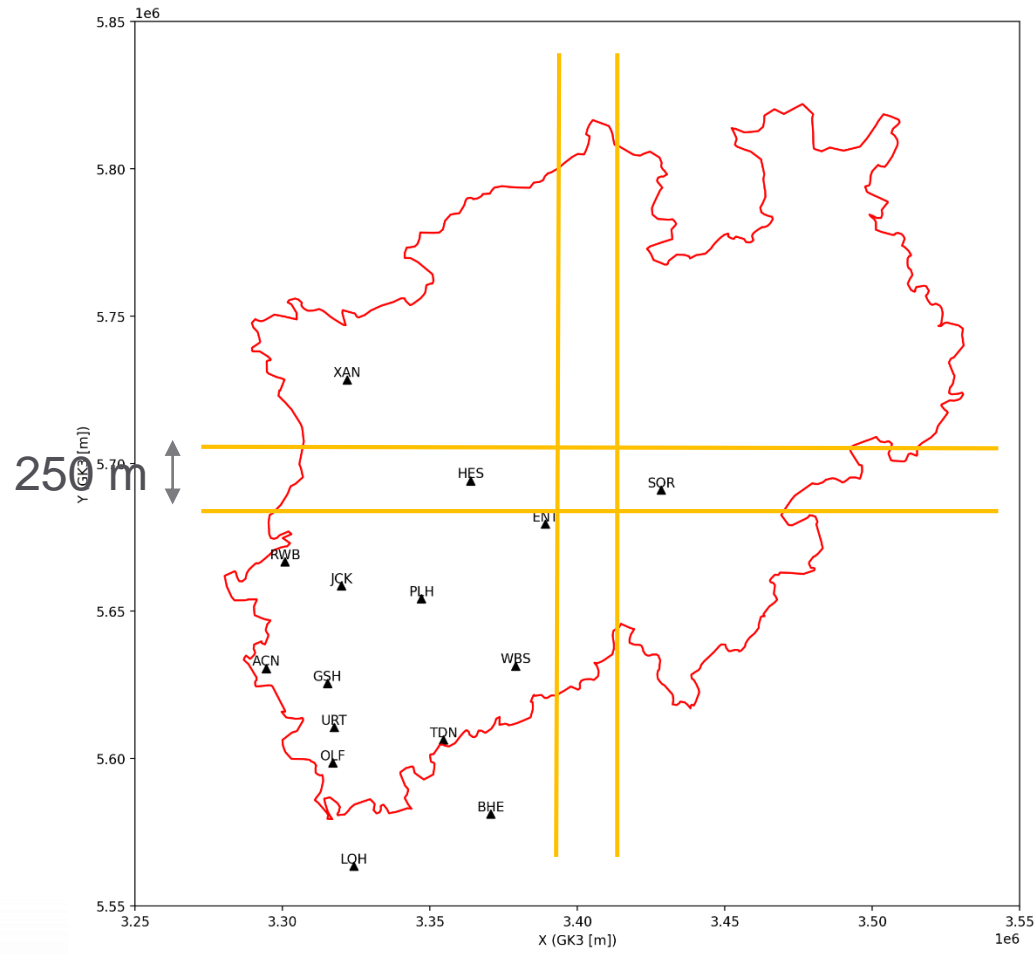
- Aufgaben („Erdbebenalarmsystem“, „Erdbeben Zonierung“, ...) sind immer einem gesamten Netzwerk zuzuordnen
- Einzelstationen alleine haben grundsätzlich **keine** zugewiesene Aufgabe
- Untersuchung, ob und wie ein existierendes Messnetz umgebaut/erweitert werden kann, damit (zumindest) dieselbe Performance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

## 2. Filtermethoden

- Linear prediction error filter
- Inpainting

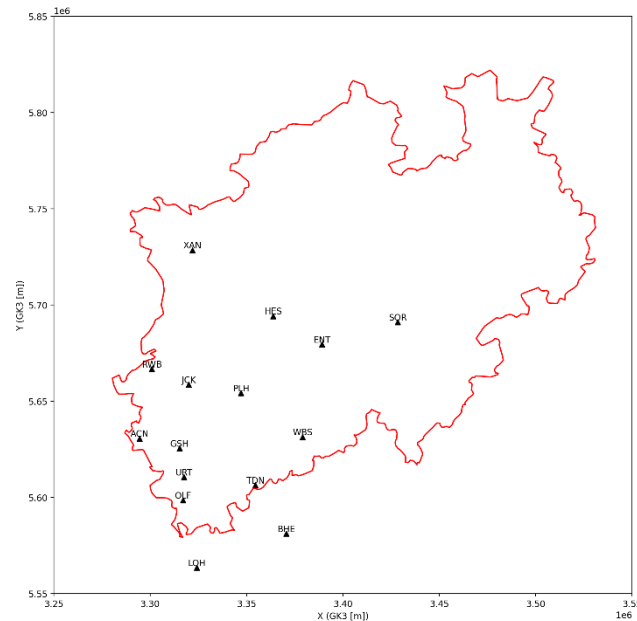
# Netzwerkoptimierung

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



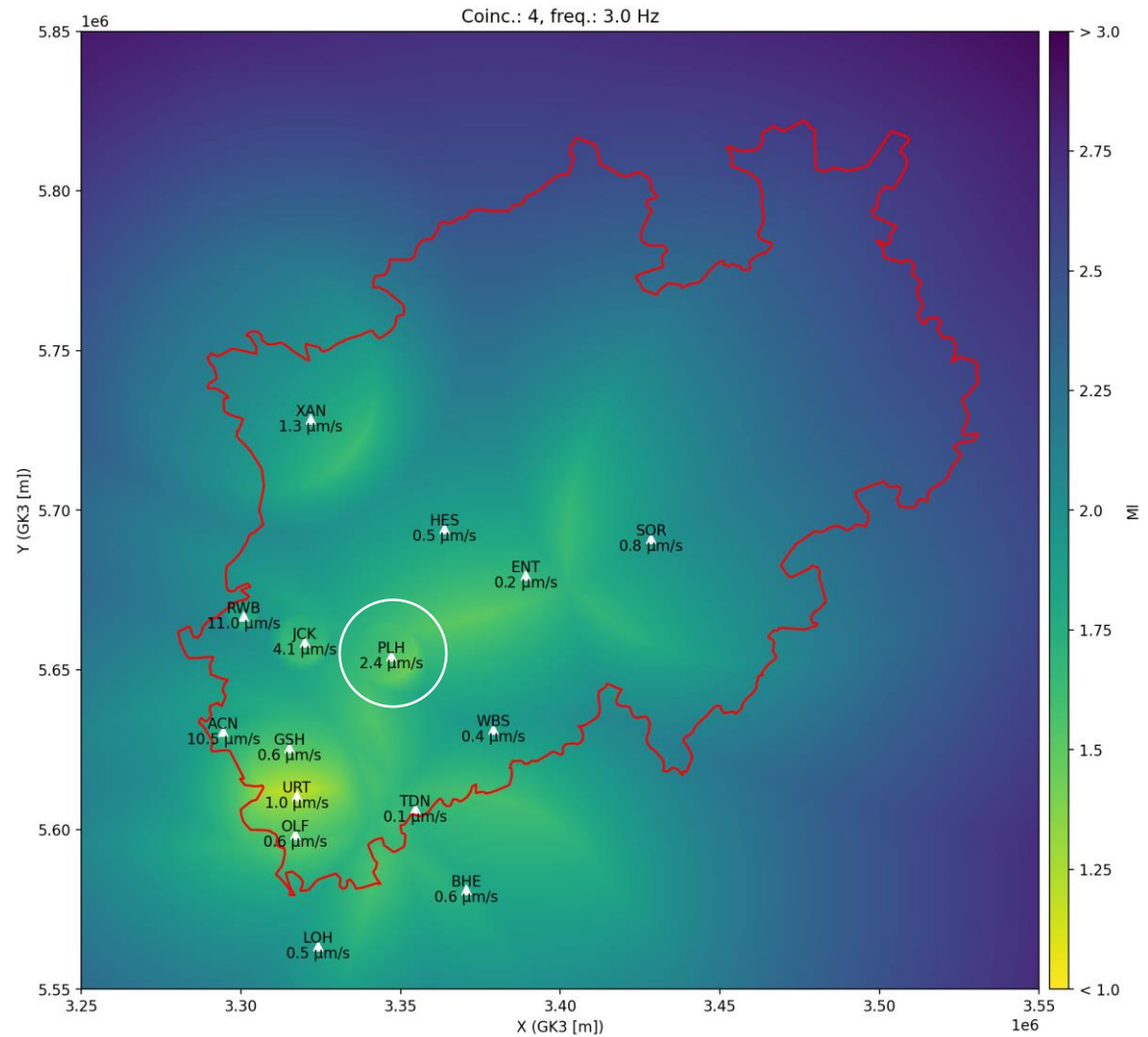
# Netzwerkoptimierung

- 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 4 Stationen
- Erfolgreiche Detektion, wenn Signal-Rausch-Verhältnis > 3



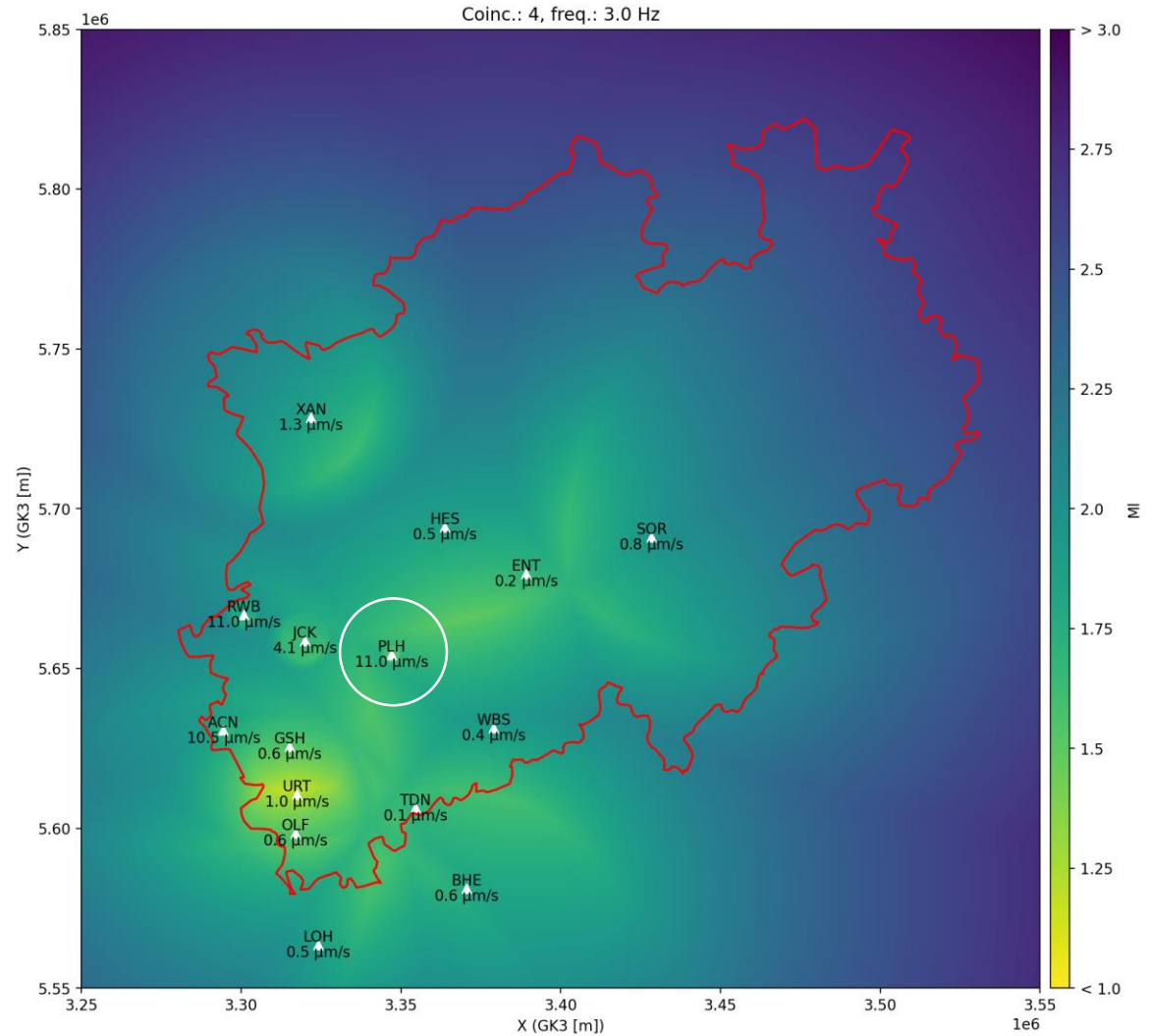
# Netzwerkoptimierung

- „erwartetes“ Rauschniveau
- 0.1 – 11  $\mu\text{m/s}$



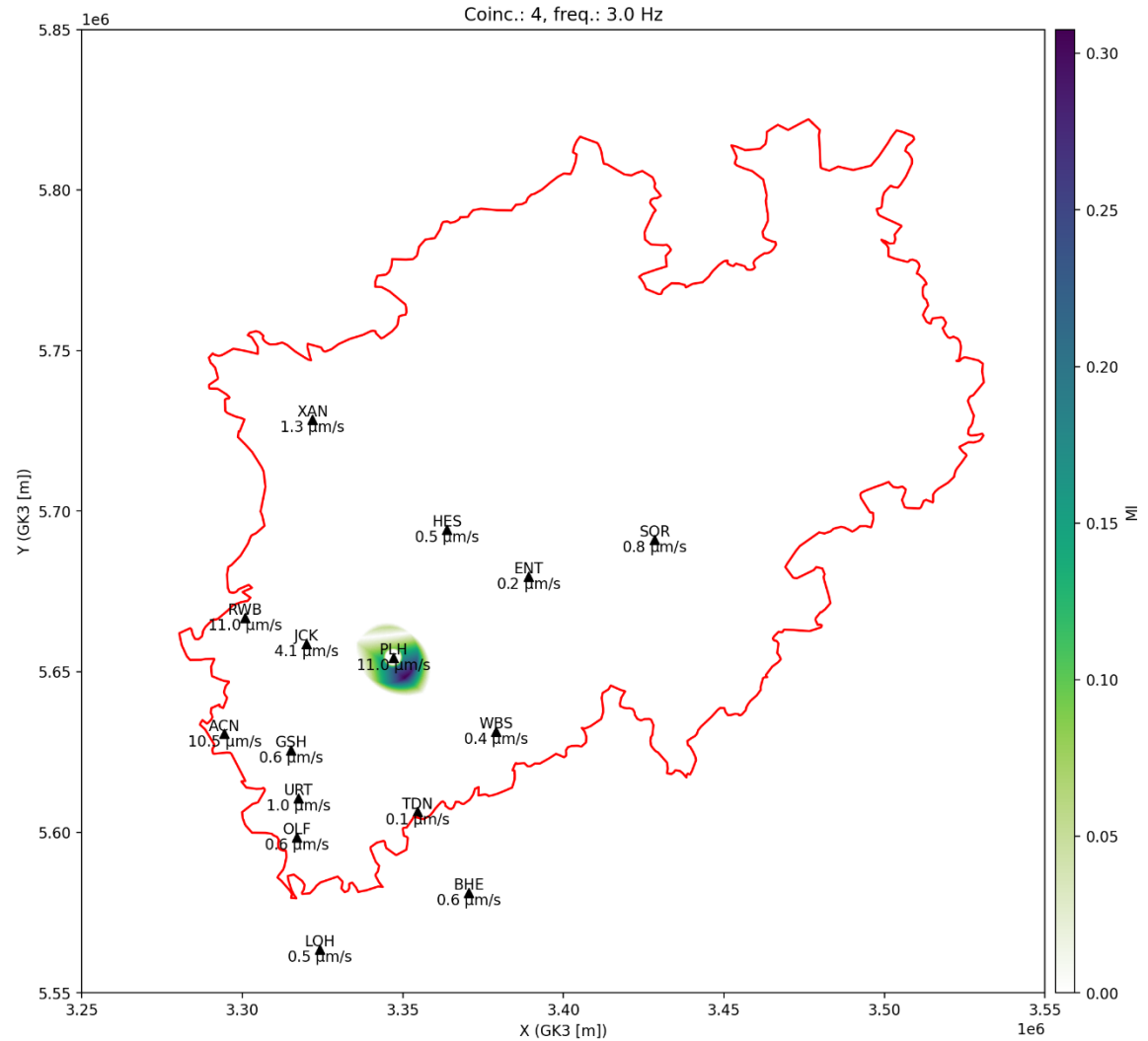
# Netzwerkoptimierung

- Verschlechterung des Rauschniveaus
- 0.1 – 11  $\mu\text{m/s}$



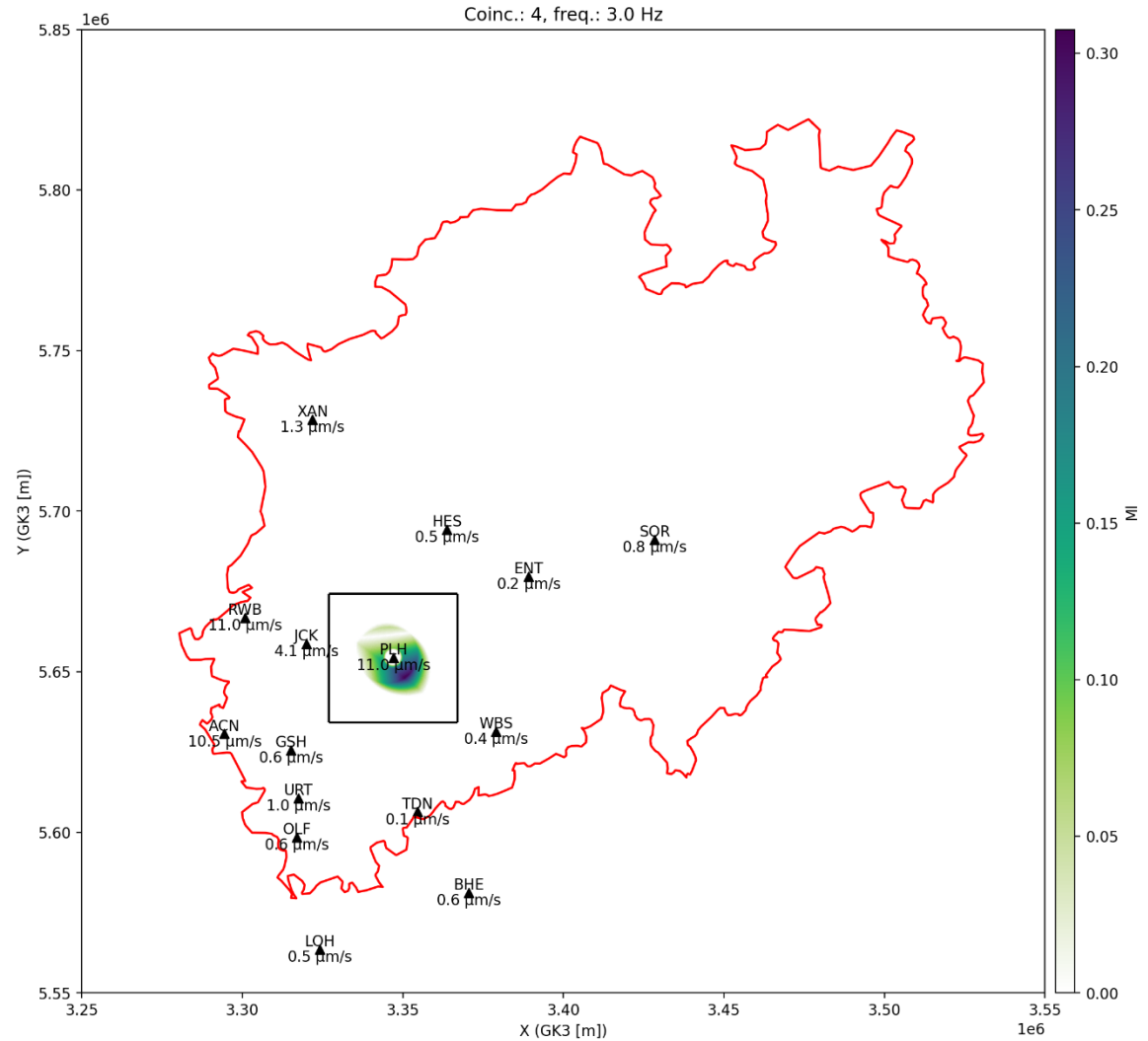
# Netzwerkoptimierung

- Änderung der Detektierbarkeit



# Netzwerkoptimierung

- Bereich 20 km um betroffene Station
- Verbesserung der Detektionsgrenze
- Standort für zusätzliche Station

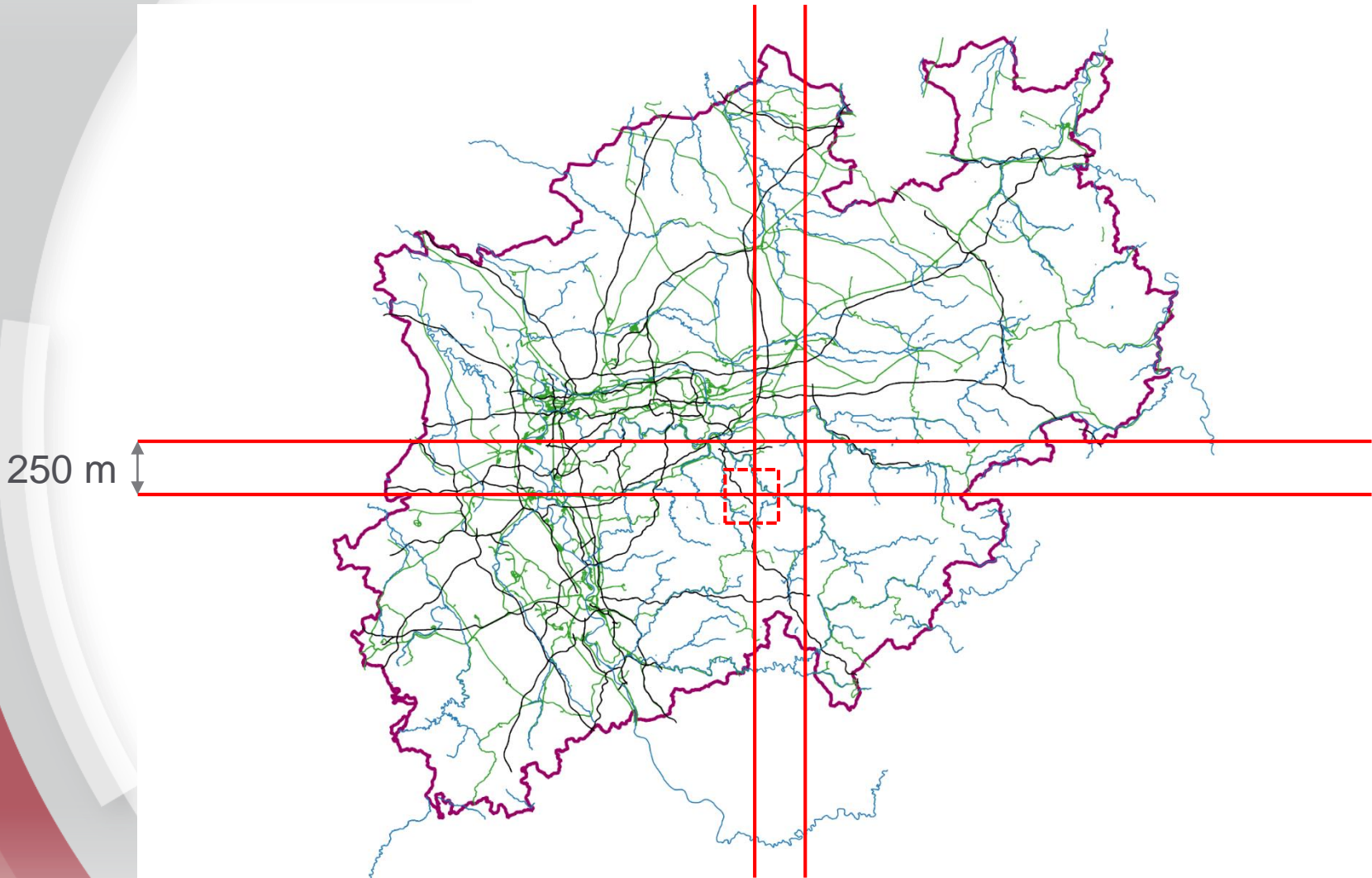




# Netzwerkoptimierung

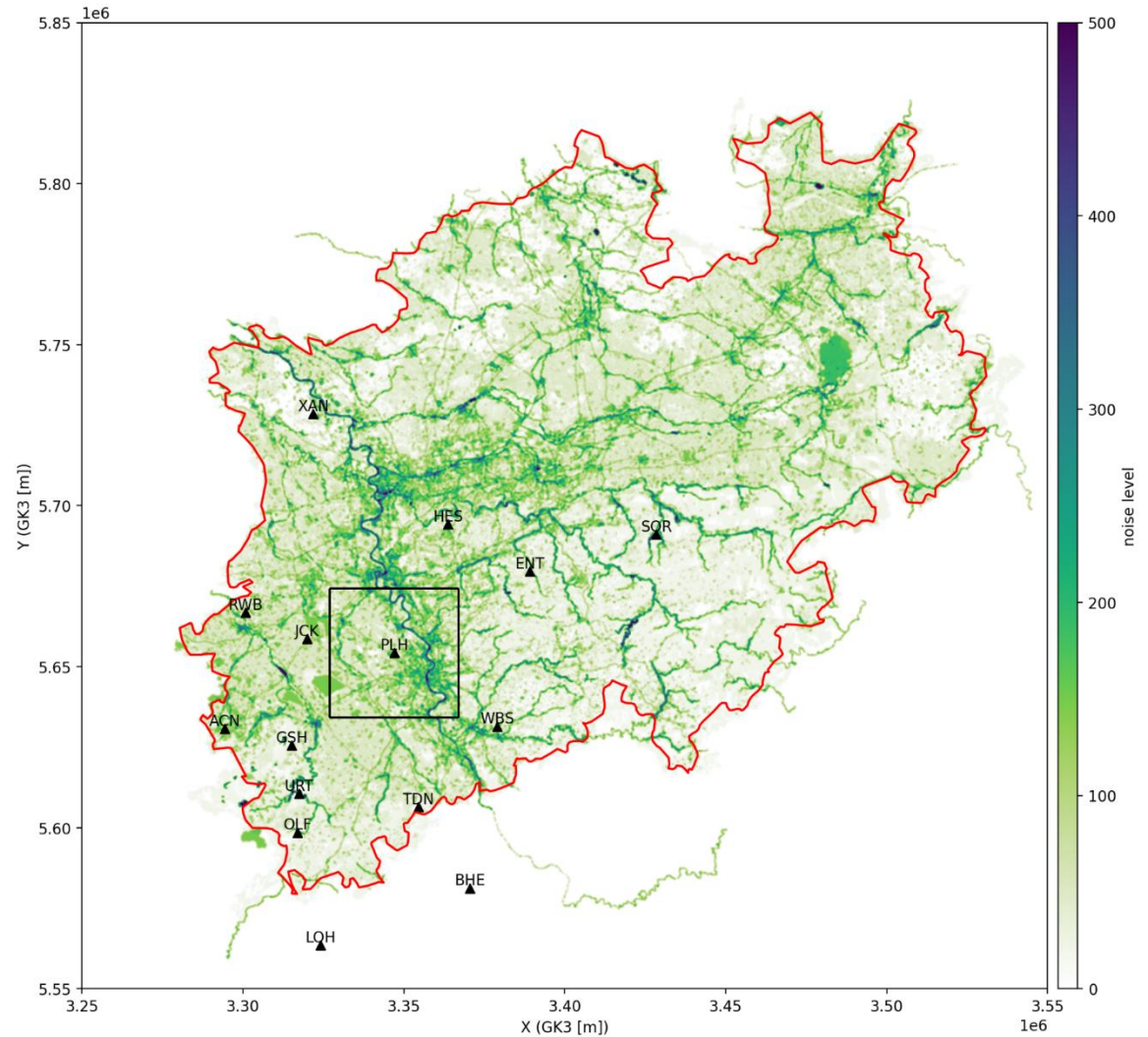
- Open street map shapefiles zur Landnutzung, Infrastruktur (Straßen, Bahnlinien, ...), Flüsse und Wasserflächen (Seen, ...), WEA
- Kategorisierung mit Gewichtungsfaktoren
- Landuse:
  - commercial, industrial, residential, retail, military, quarry  
→ 150
  - Allotments, cemetery, park, farm, recreation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

# Netzwerkoptimierung



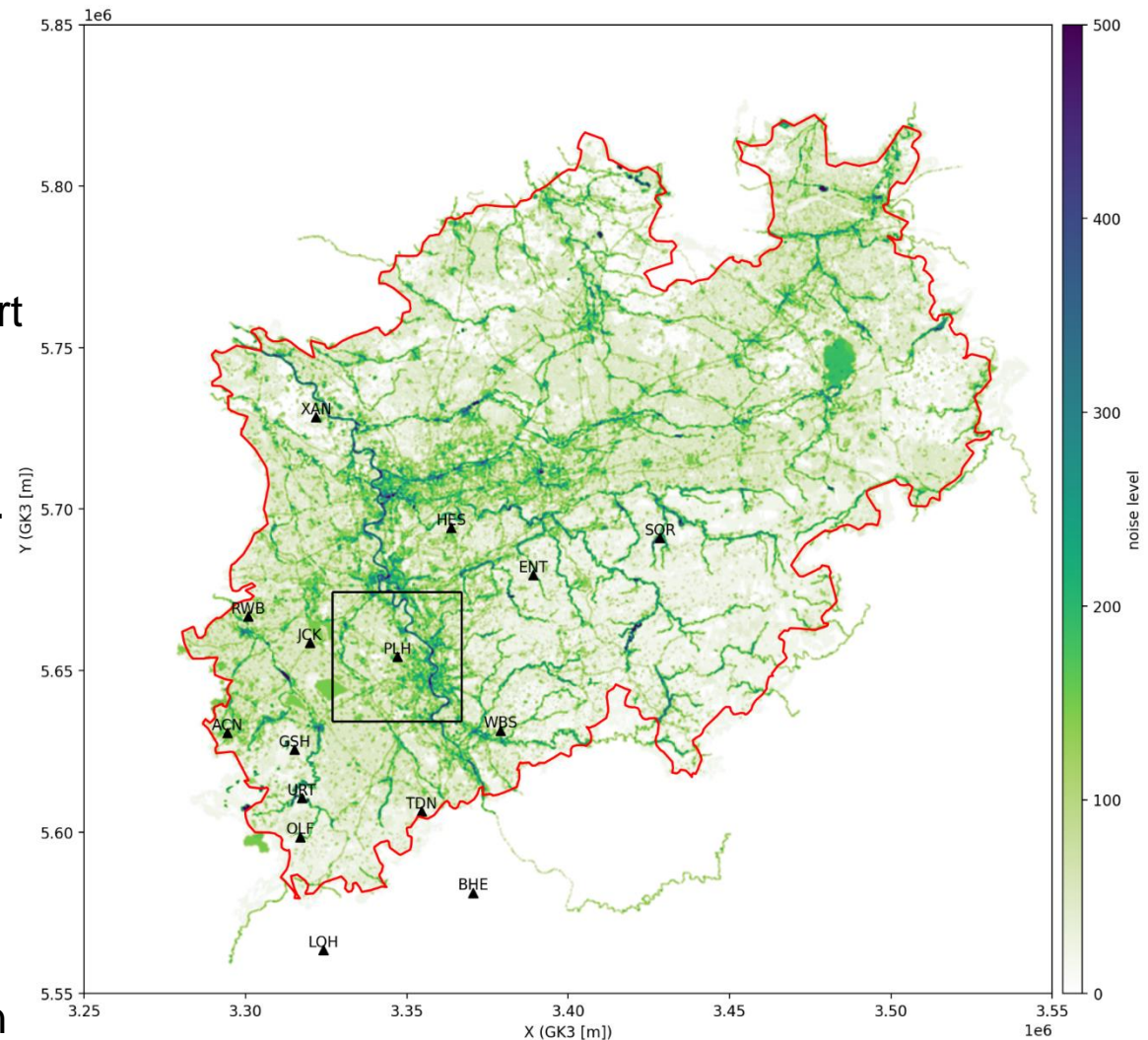
# Netzwerkoptimierung

- Noise level
- Gewichtungsfaktoren – I95:
  - < 50 -> 0.5  $\mu\text{m/s}$
  - < 100 -> 1.0  $\mu\text{m/s}$
  - < 150 -> 2.0  $\mu\text{m/s}$
  - > 150 -> 100  $\mu\text{m/s}$



# Netzwerkoptimierung

- Ziel: Finden eines optimalen zusätzlichen Standortes
- Kriterium: mittlere Magnitude im Suchbereich soll minimiert werden
- Simulated Annealing (vgl. Kraft et al., 2013)
- Heuristisches Approximationsverfahren
- Vorteile: gesamte Lösungsraum muss nicht abgesucht werden, im Gegensatz zur lokalen Suche können lokale Minima verlassen werden



# Netzwerkoptimierung

- Simulated Annealing (nach Kraft et al., 2013)

- Annealing schedule:

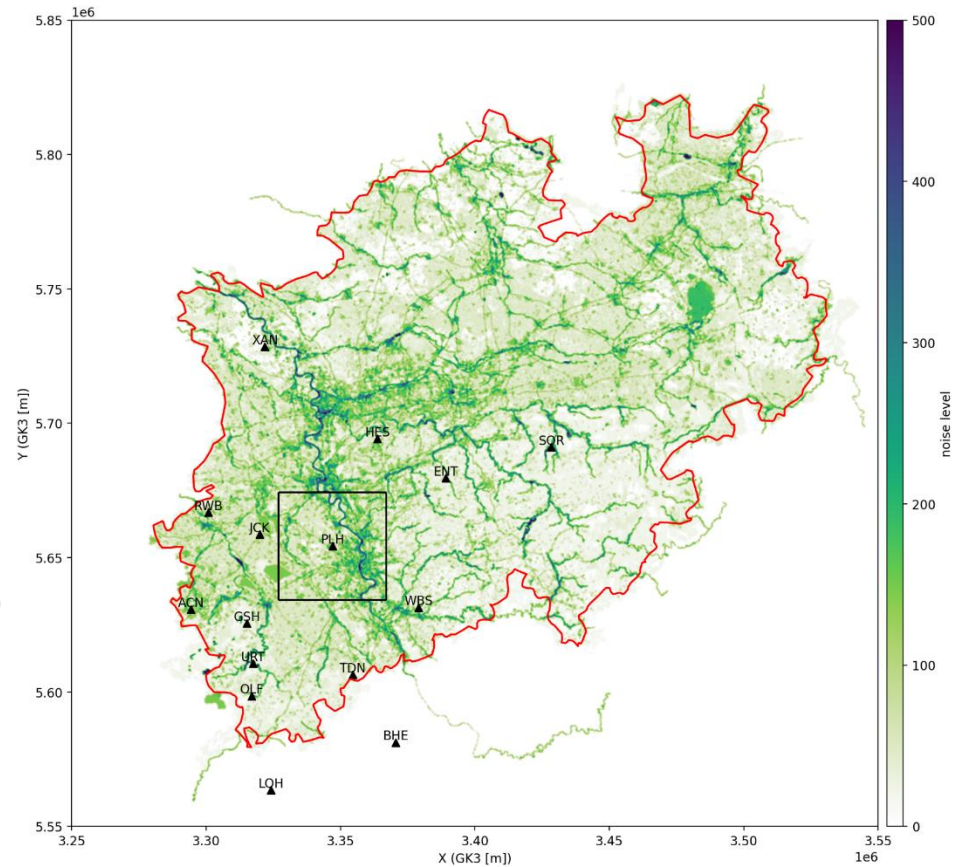
$$T_n = T_0 \left(1 - \frac{n}{N}\right)^6, N = 50$$

- Cost function:

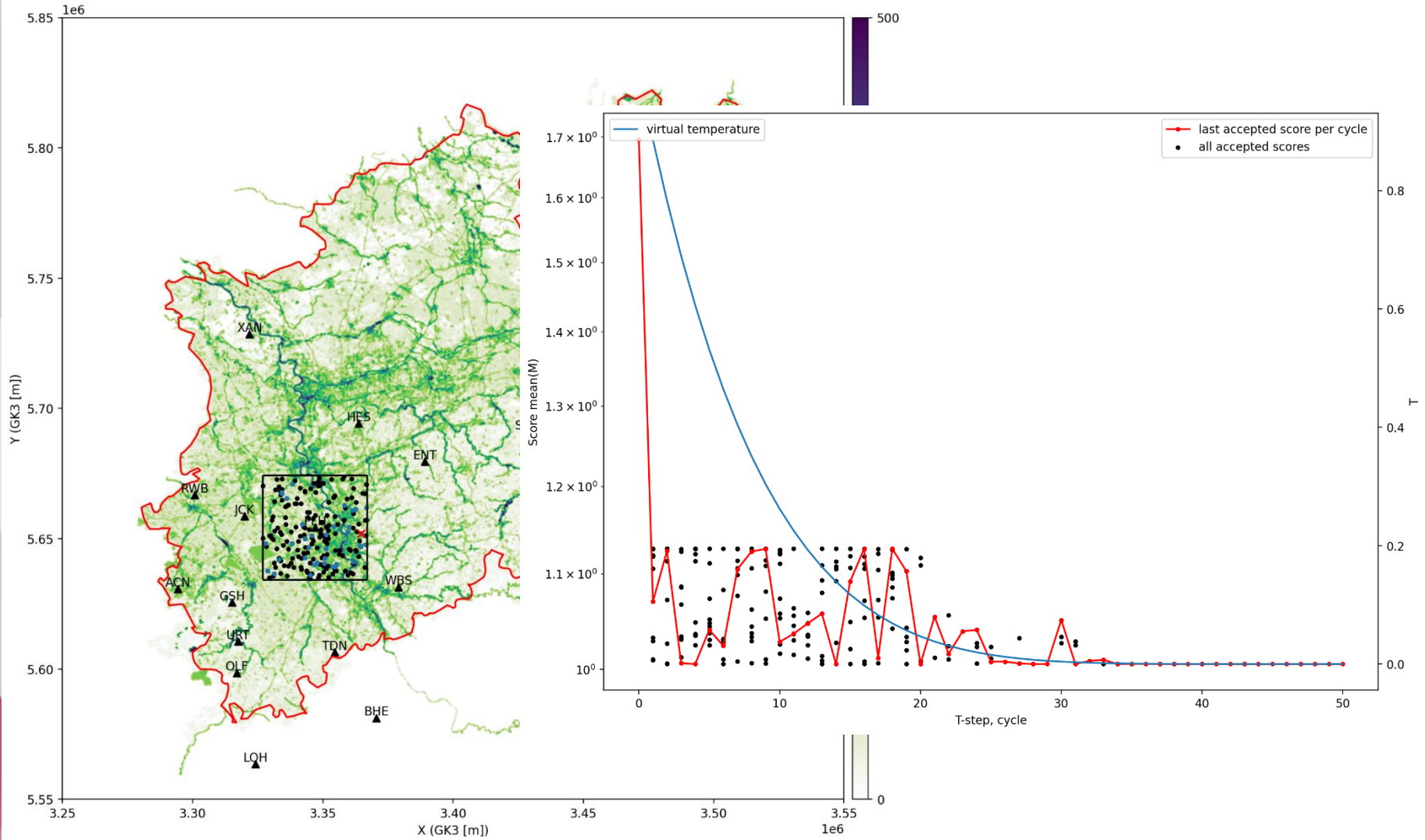
$$C = \text{mean}(M)$$

- Acceptation criterion:

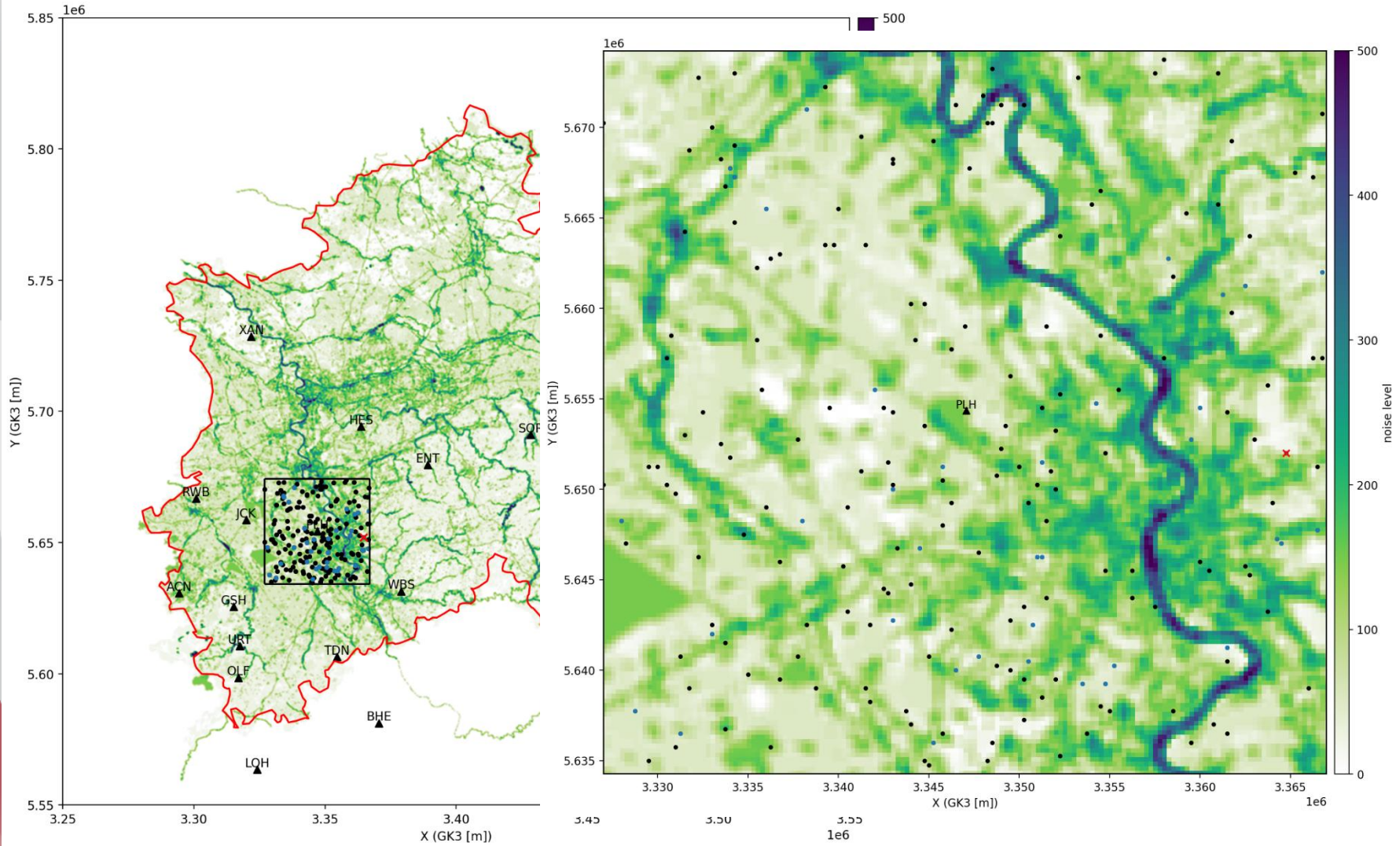
$$\exp\left(-\frac{\Delta C}{T}\right) > \text{random}(0,1)$$



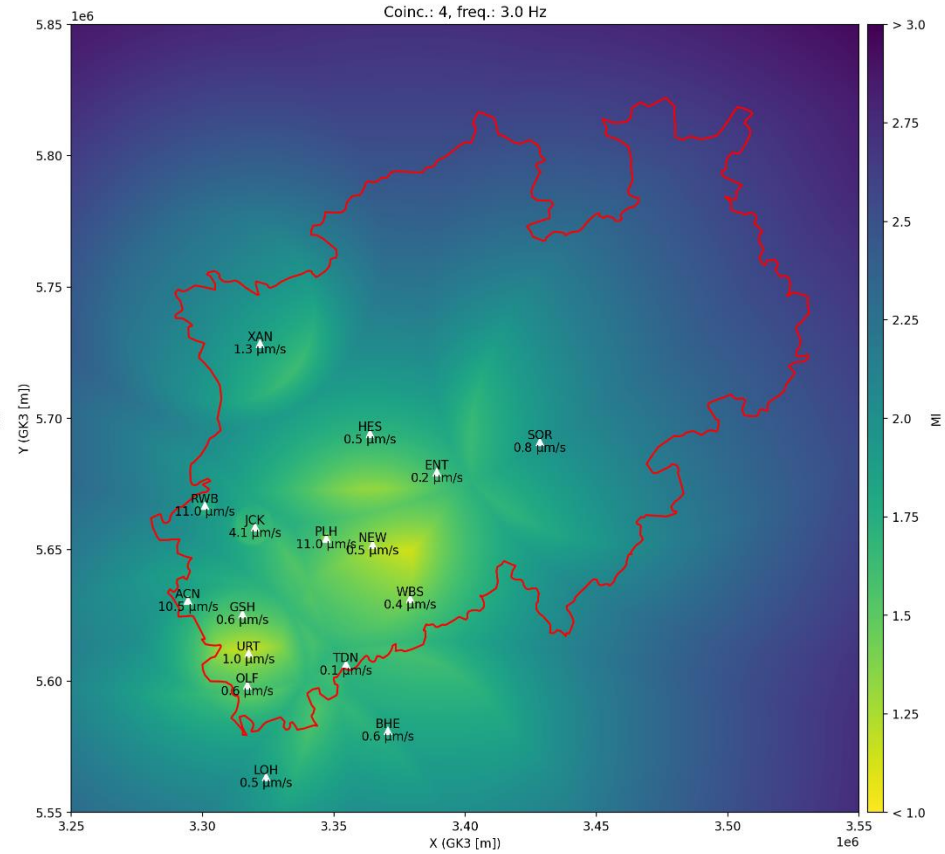
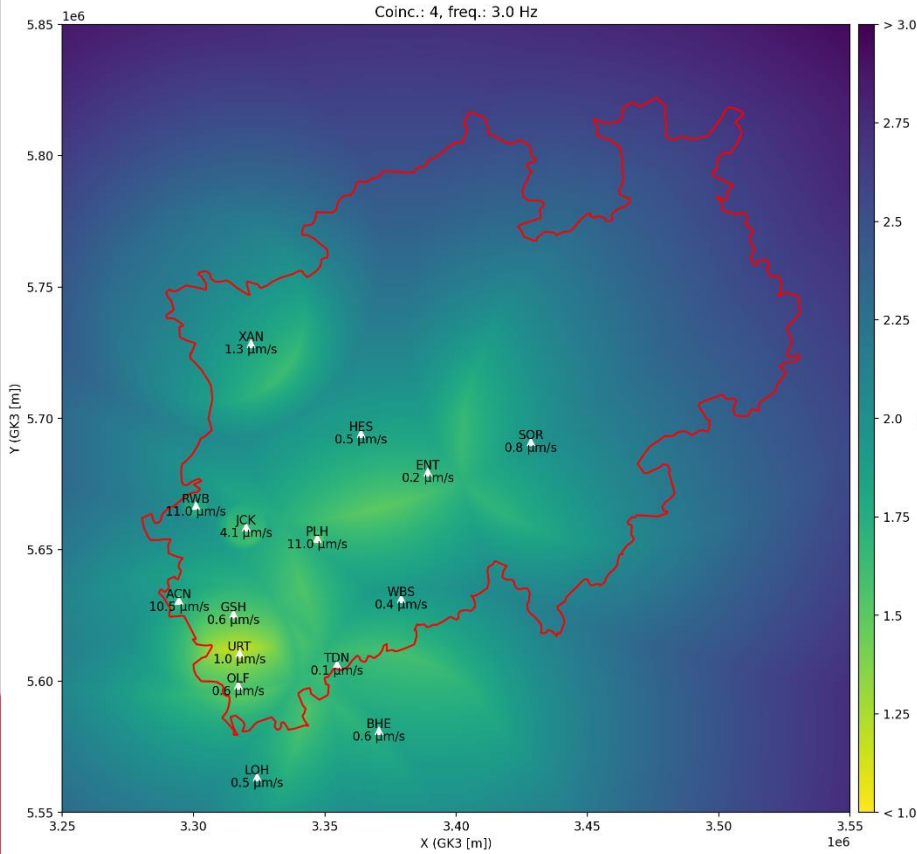
# Netzwerkoptimierung



# Netzwerkoptimierung



# Netzwerkoptimierung





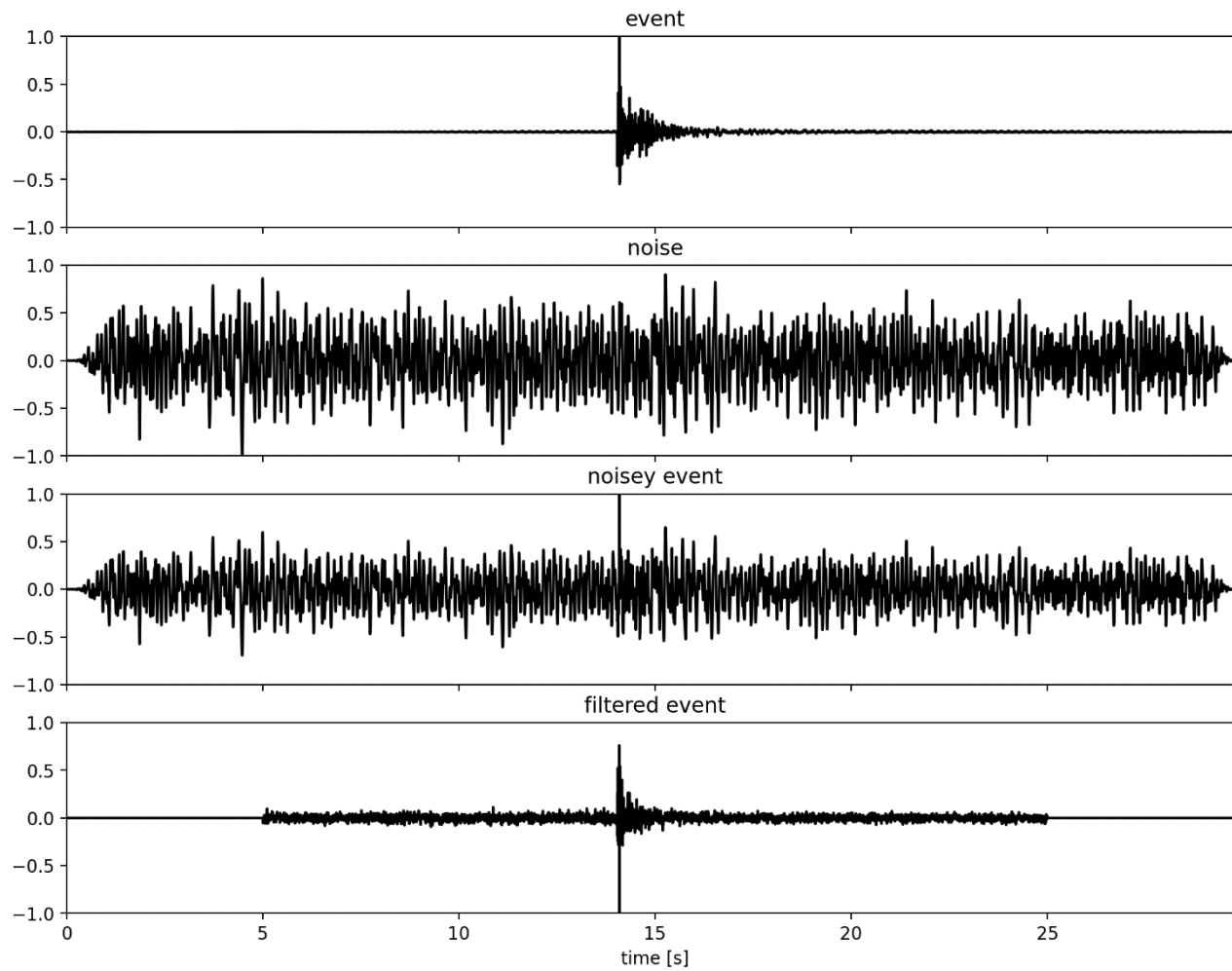
- Linear prediction coding (LPC)

$$\hat{x}(n) = \sum_{i=1}^p a_i x(n-i)$$

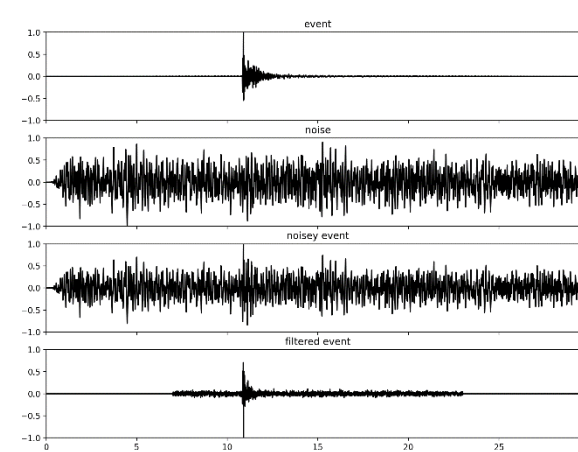
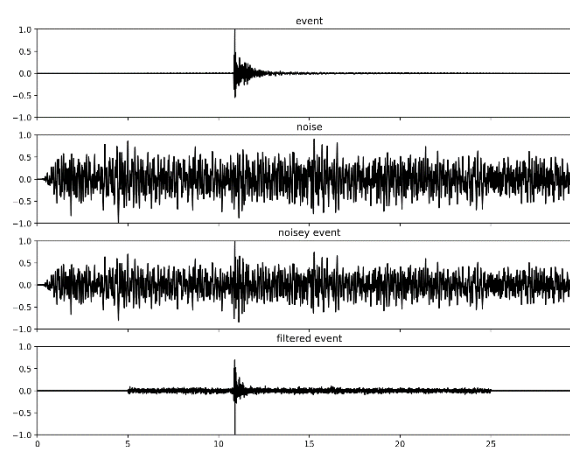
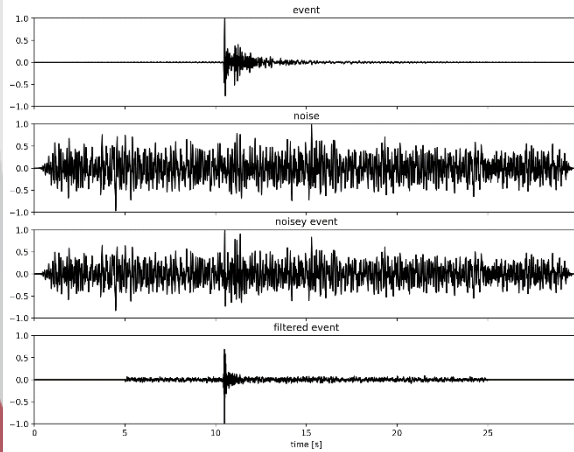
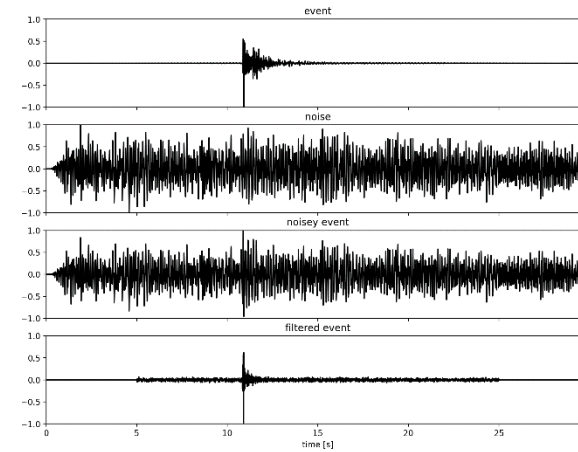
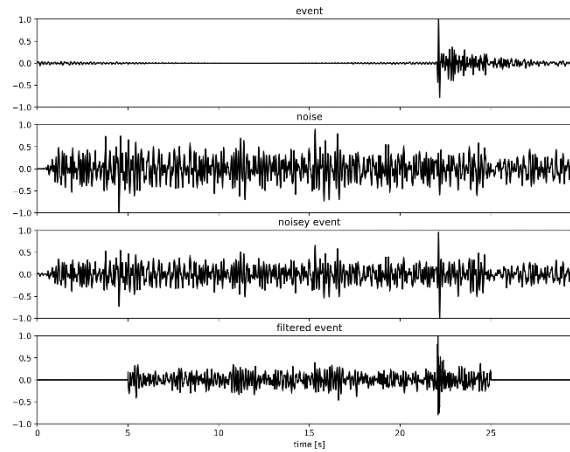
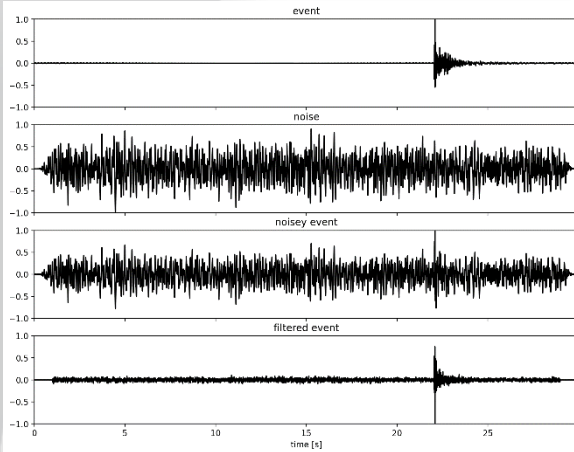
$$e(n) = x(n) - \hat{x}(n)$$

- Zukünftige Werte eines Signals werden mit Hilfe einer linearen Funktion der Werte der Vergangenheit geschätzt
- Schätzungskoeffizienten  $a_i$  werden durch Fehlerminimierung bestimmt

# Filtermethoden



# Filtermethoden

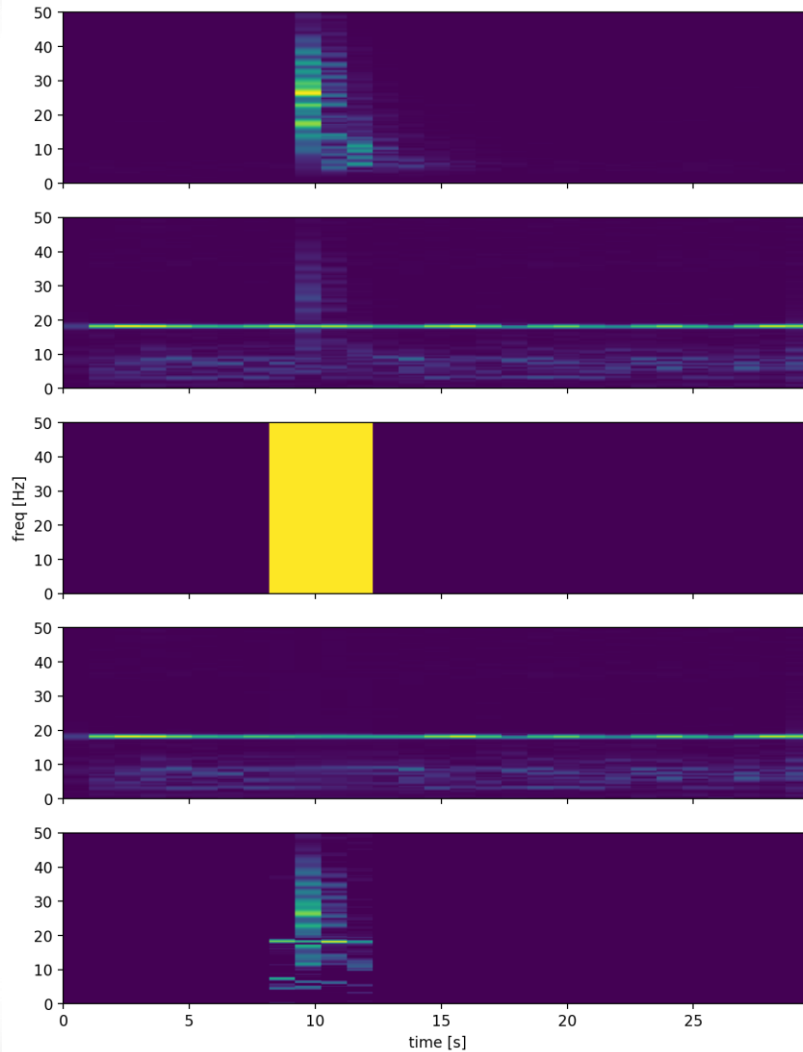


- Inpainting
  - Ursprung: Bild-Rekonstruktion



Quelle: OpenCV

# Filtermethoden



(1) Event

(2) Event + Noise

(3) Maske

(4) Rekonstruktion

(5) 2 - 4

## Ausblick

- Netzwerkoptimierung: Simulated Annealing verbessern
- Filtermethoden: LPC verbessern, Inpainting
- Messung am Windpark
  - Einfluss mehrerer WEA
  - Array-Messung: Beamformingfilter