



Tobias Neuffer  
06. Juni 2019

## Was bisher geschah...

- Bürgerwindpark A31 Hohe Mark
- Drei Enercon E-115 Anlagen
- Leistung: 3 MW
- Nabenhöhe: 149 m
- Rotordurchmesser: 115.7 m
- Inbetriebnahme: 09/2017



Quelle: Bürgerwindpark A31 Hohe Mark

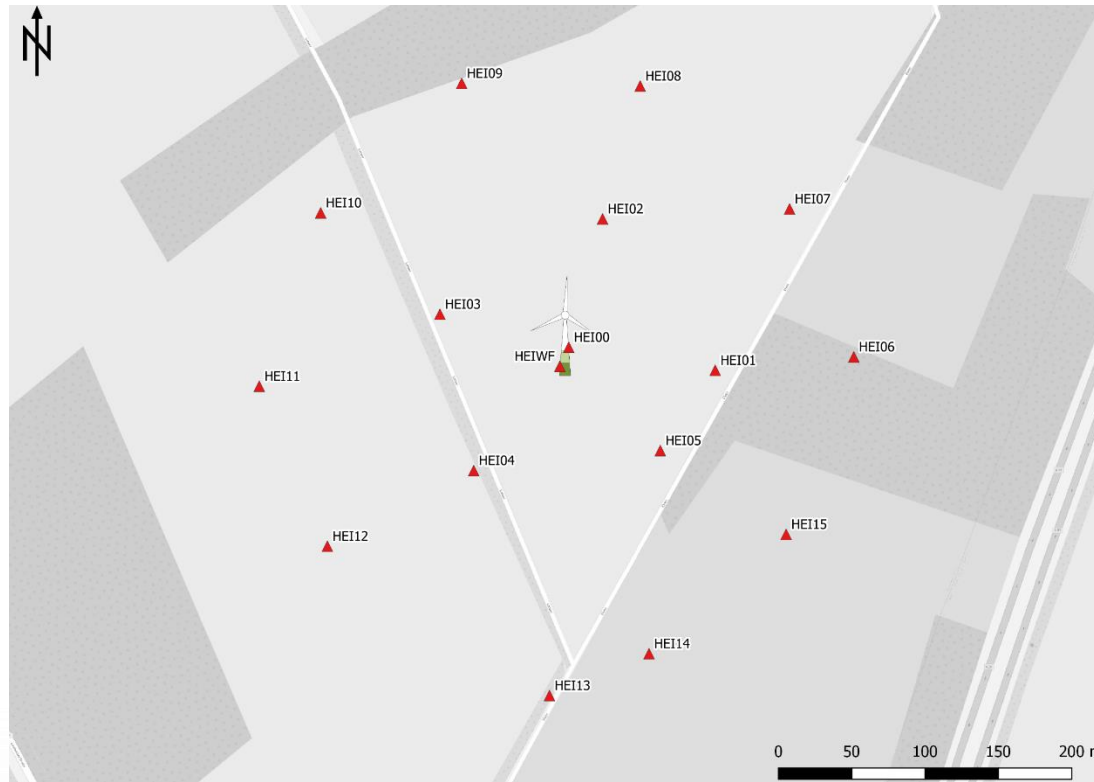
## Was bisher geschah...



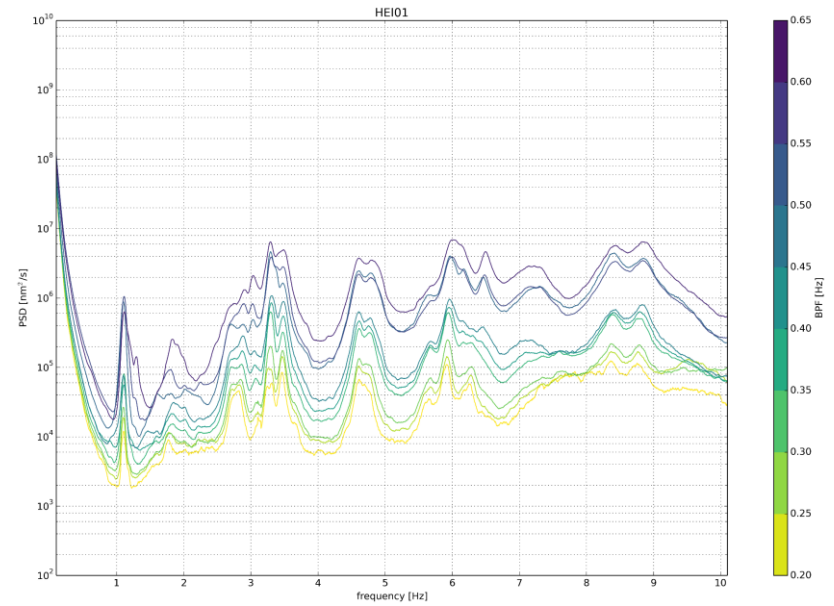
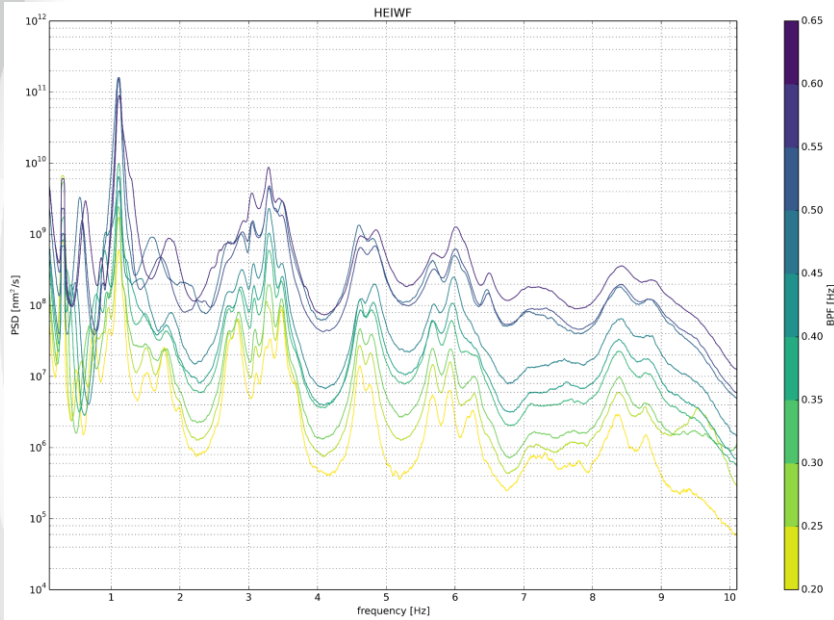
Quelle: Bürgerwindpark A31 Hohe Mark

## Was bisher geschah...

- 17 Messanlagen
- 4 Wochen (November)
- 4.5 Hz Sensoren (40 dB Pre-Amp)
- 5 Stationen in 100 m
- 10 Stationen in 200 m
- 2 Stationen am Fundament



# Was bisher geschah...



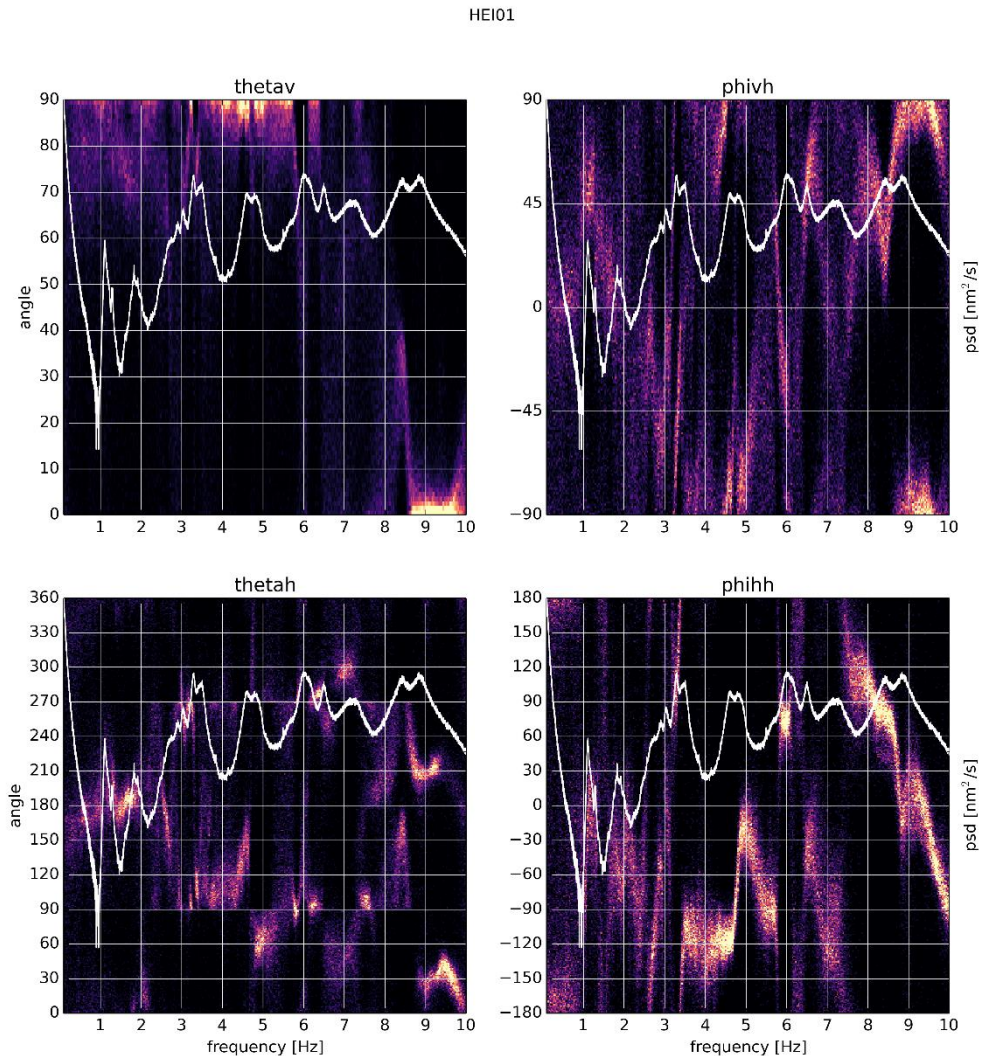
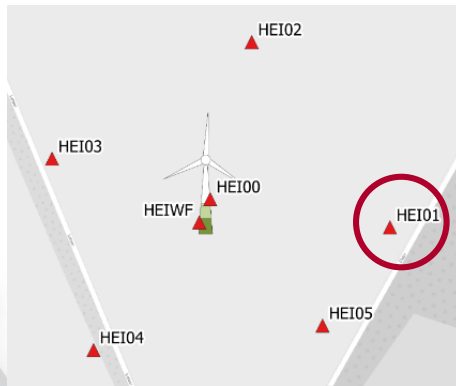
# AP 1 – Spektrale Polarisationsanalyse



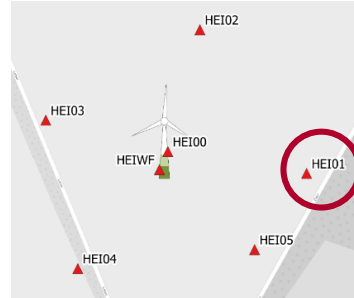
- Abhängigkeit Windrichtung
- Rotation der Komponente ( $N \rightarrow WEA$ )
- Spuren in 10-min Abschnitte geteilt
- SVD zur Bestimmung der Eigenwerte im Spektralbereich für schmale Bänder
- Einfallsrichtung/Elliptizität der Wellen

# AP 1 – Spektrale Polarisationsanalyse

- PSD bei Starkwind (weiße Linie)
- Windrichtung E – SE
- Theta v: Inklination
- Theta h: Azimuth
- Phi vh: Ellipt. radial/vertikal
- Phi hh: Ellipt. radial/transversal
- Farbskala: probability



# AP 1 – Spektrale Polarisationsanalyse

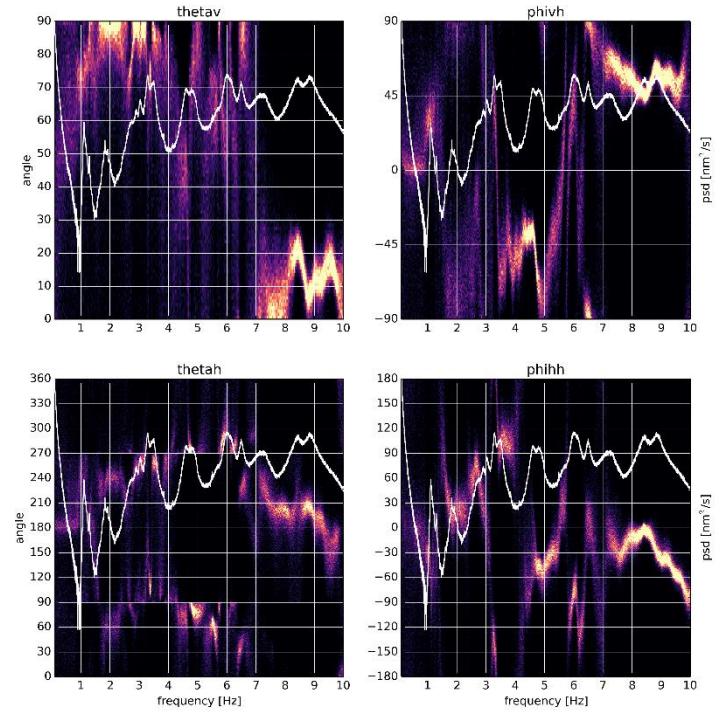
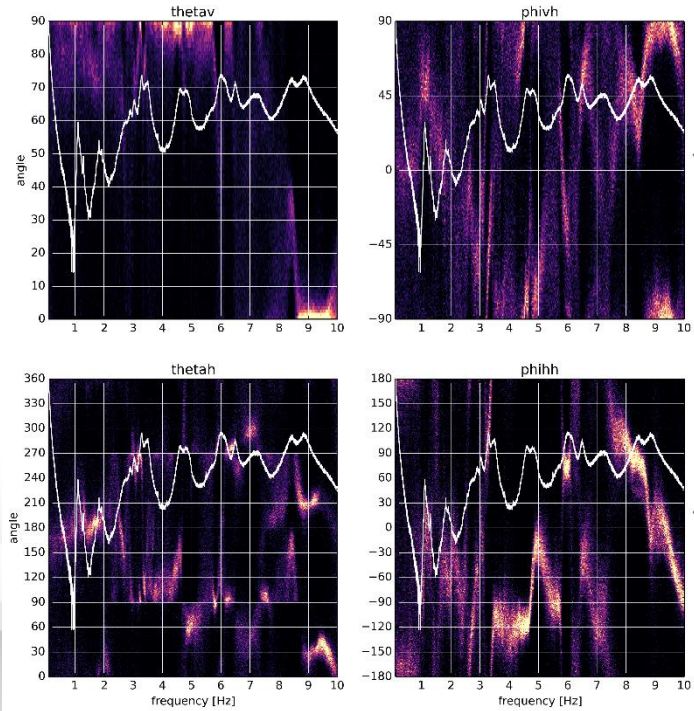


E – SE

S – SW

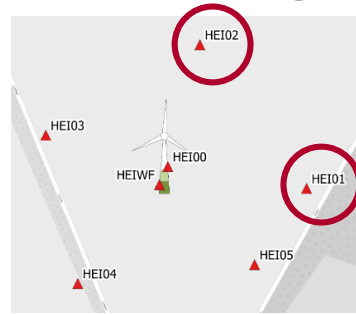
HEI01

HEI01





# AP 1 – Spektrale Polarisationsanalyse

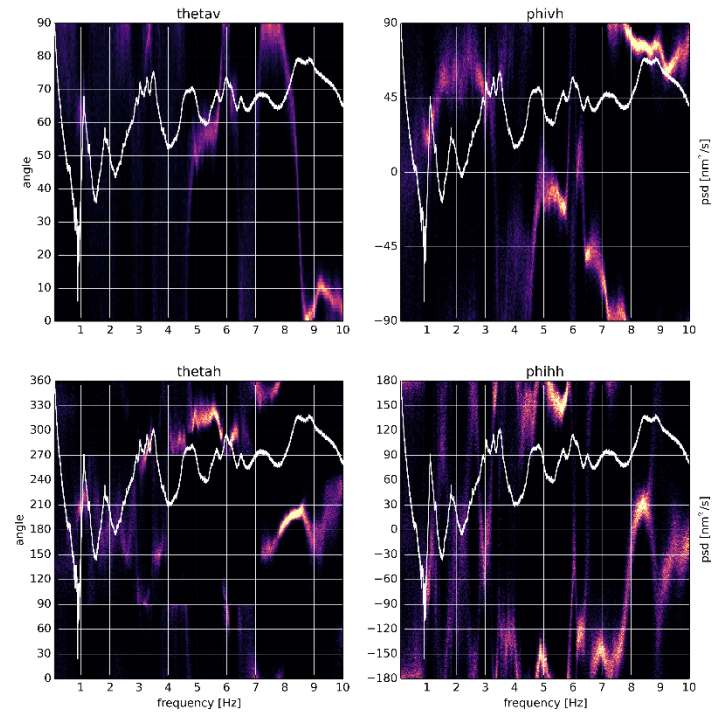
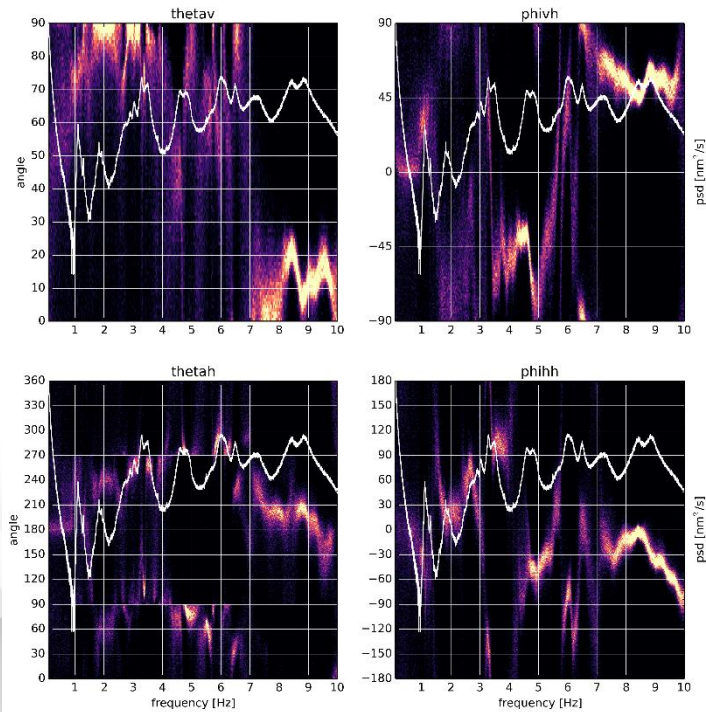


S – SW

S – SW

HEI01

HEI02

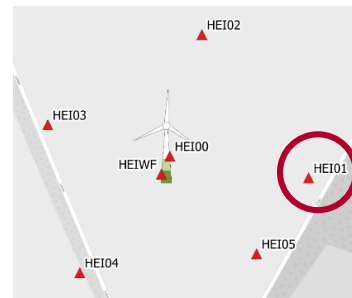
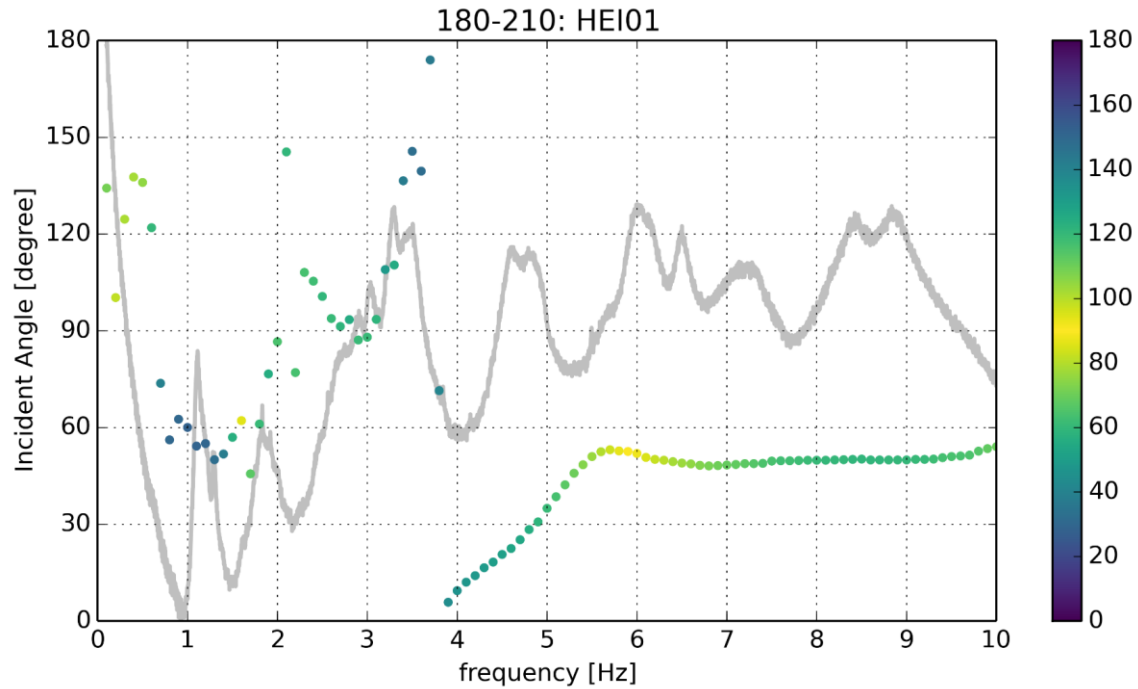


# AP 1 – Phasenverschiebung – Bestimmung Rayleighwellen

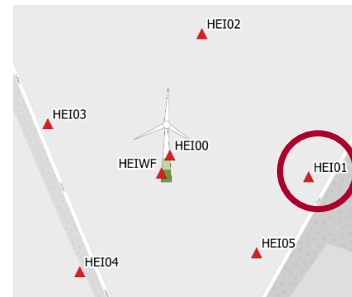
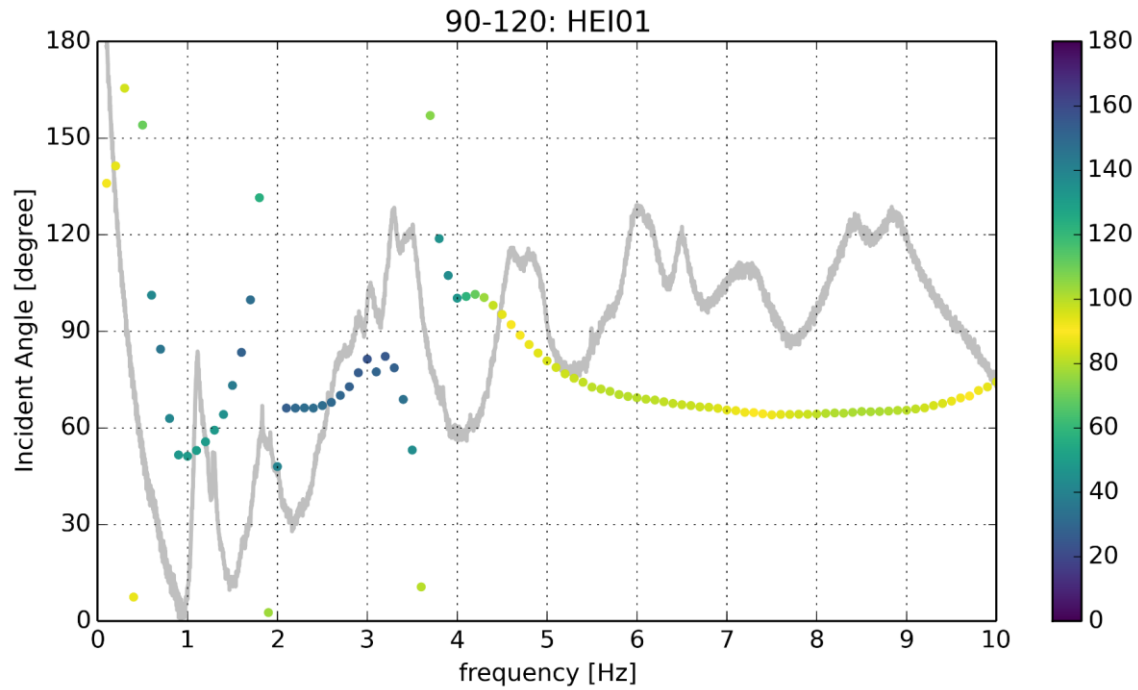


- Abhängigkeit Windrichtung
- Schmale Bandpassfilter (breite 0.2 Hz, Bsp.: 1.4 – 1.6 Hz) für 0.1 – 10 Hz
- Phasenverschiebung horizontal (0 – 180° bzw. 360°)
- Phasenverschiebung radial/vertikal (0 – 90° bzw. 180°)
- Max. Kohärenz der Phasenverschiebungskombinationen

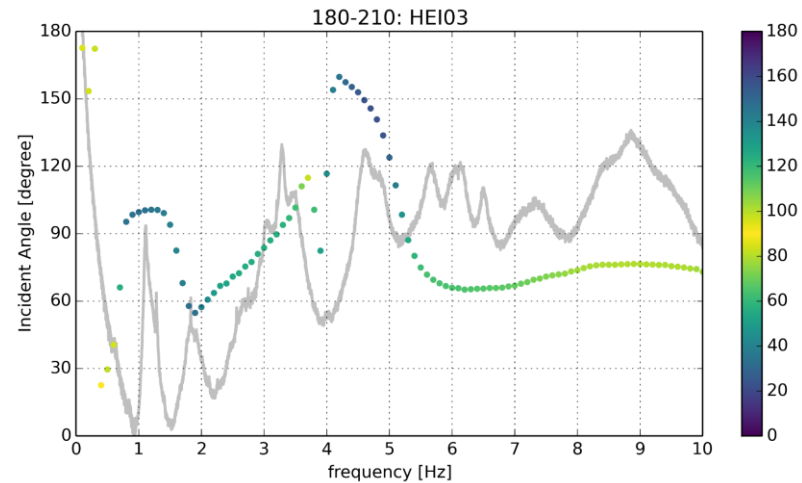
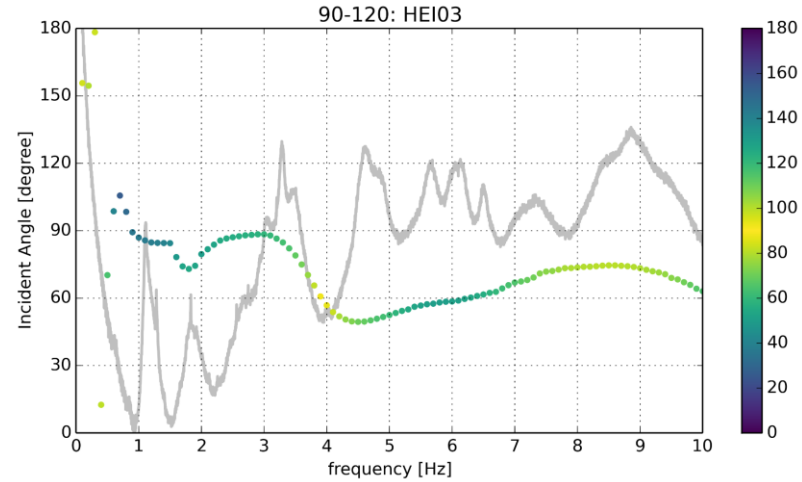
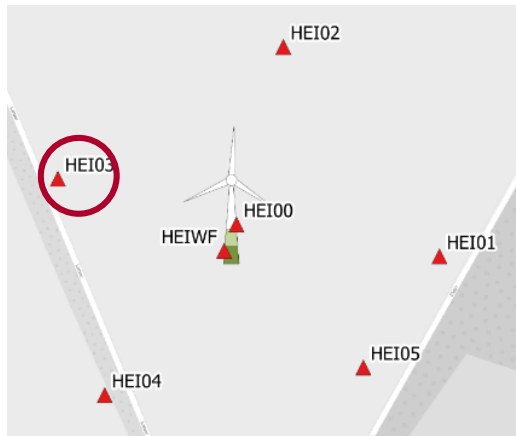
# AP 1 – Phasenverschiebung – Bestimmung Rayleighwellen



# AP 1 – Phasenverschiebung – Bestimmung Rayleighwellen



# AP 1 – Phasenverschiebung – Bestimmung Rayleighwellen

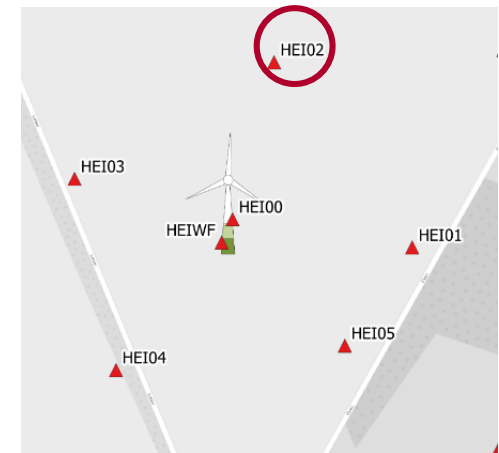
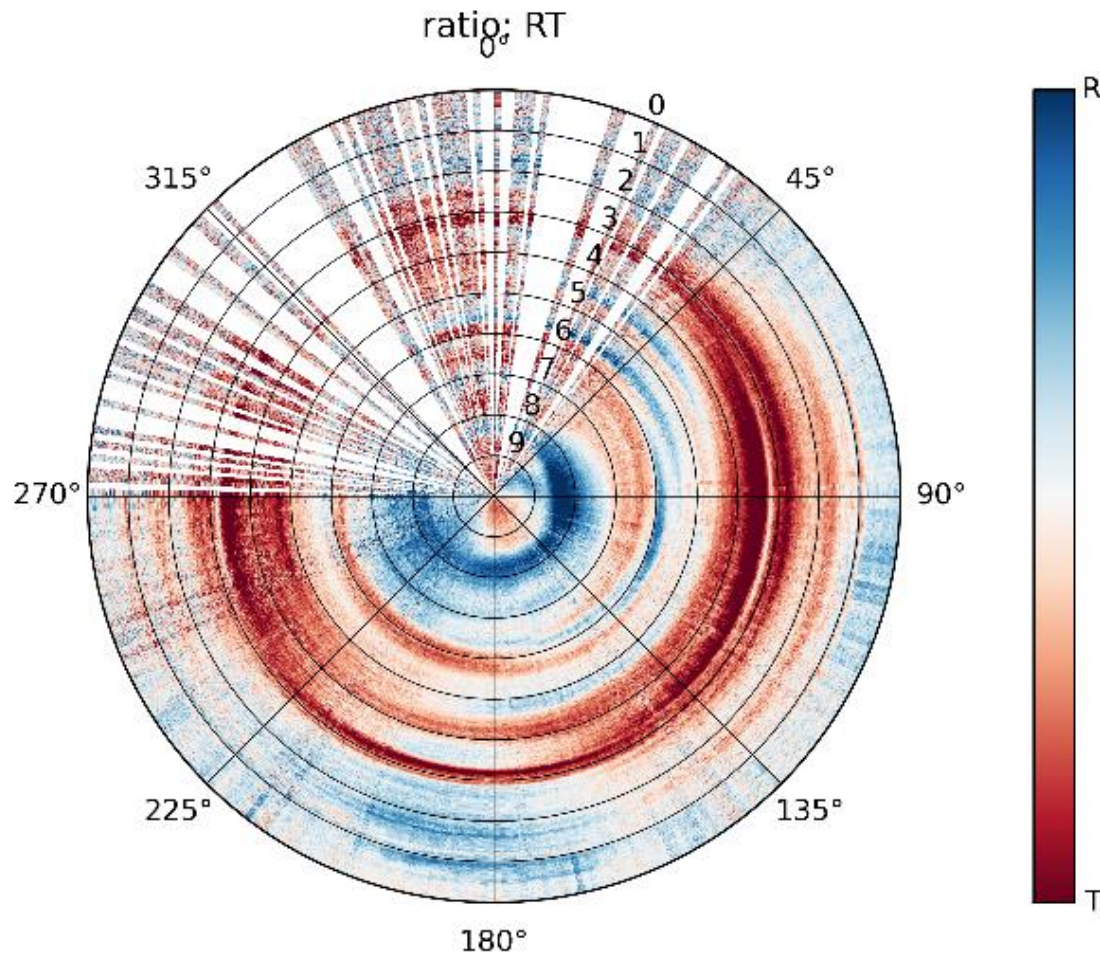


## AP 1 – PSD Verhältnisse

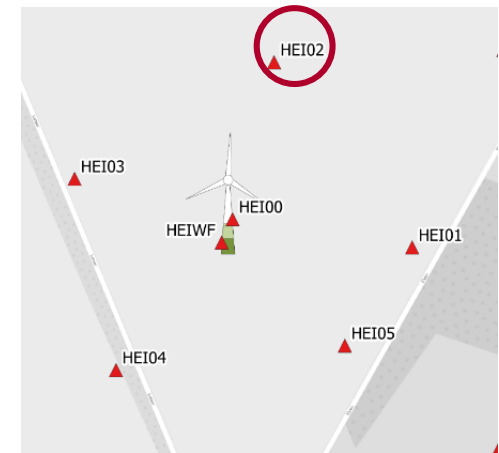
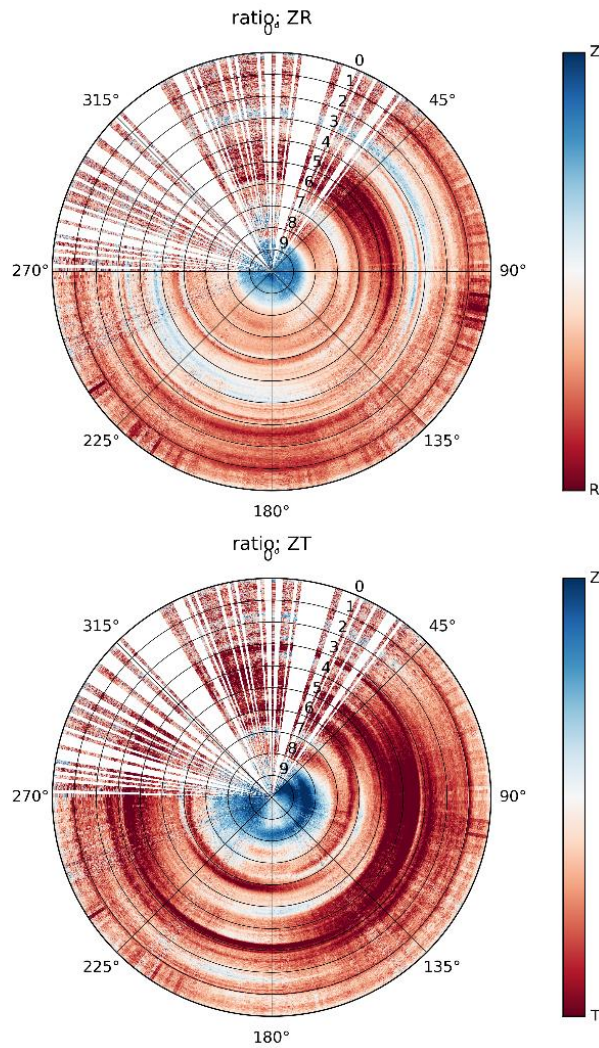


- Windrichtung bins (0 – 359)
- Rotation der Komponente (N → WEA)
- 10-min PSDs
- Verhältnisse der Spektren
- $\text{Log}_{10}(\text{PSD}_{\text{radial}} / \text{PSD}_{\text{transversal}})$

# AP 1 – PSD Verhältnisse

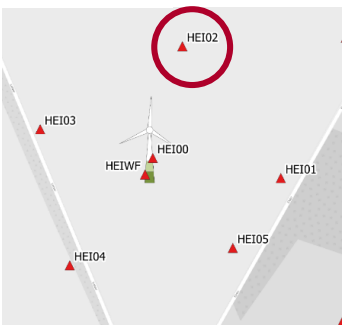
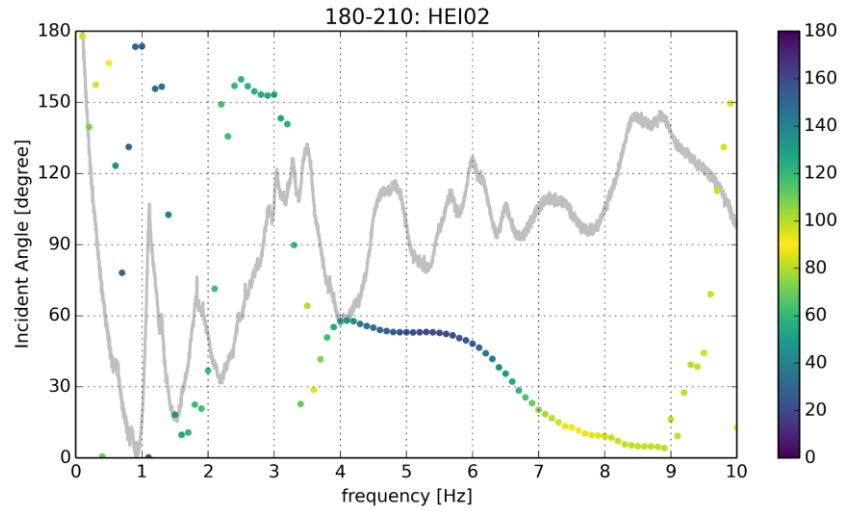
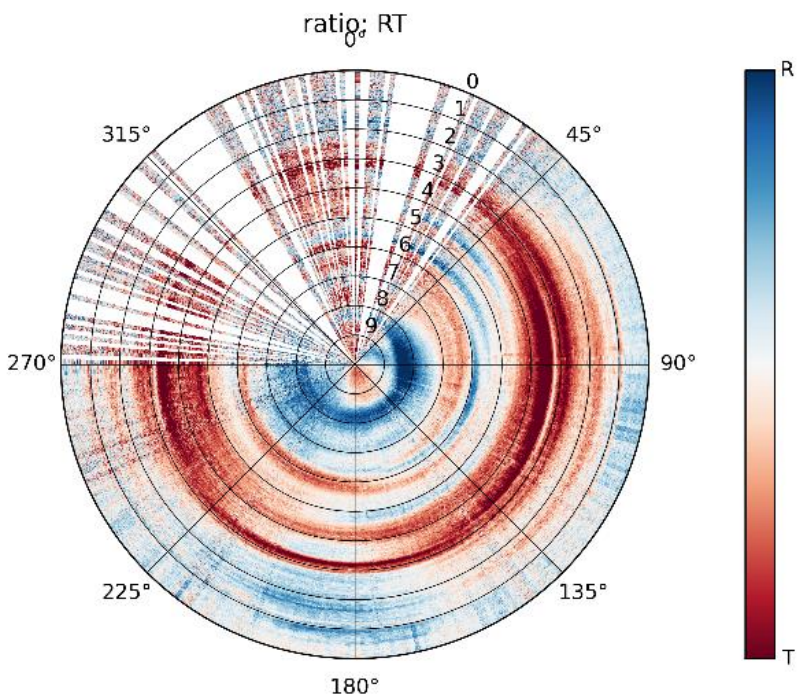


# AP 1 – PSD Verhältnisse





# AP 1 – PSD Verhältnisse



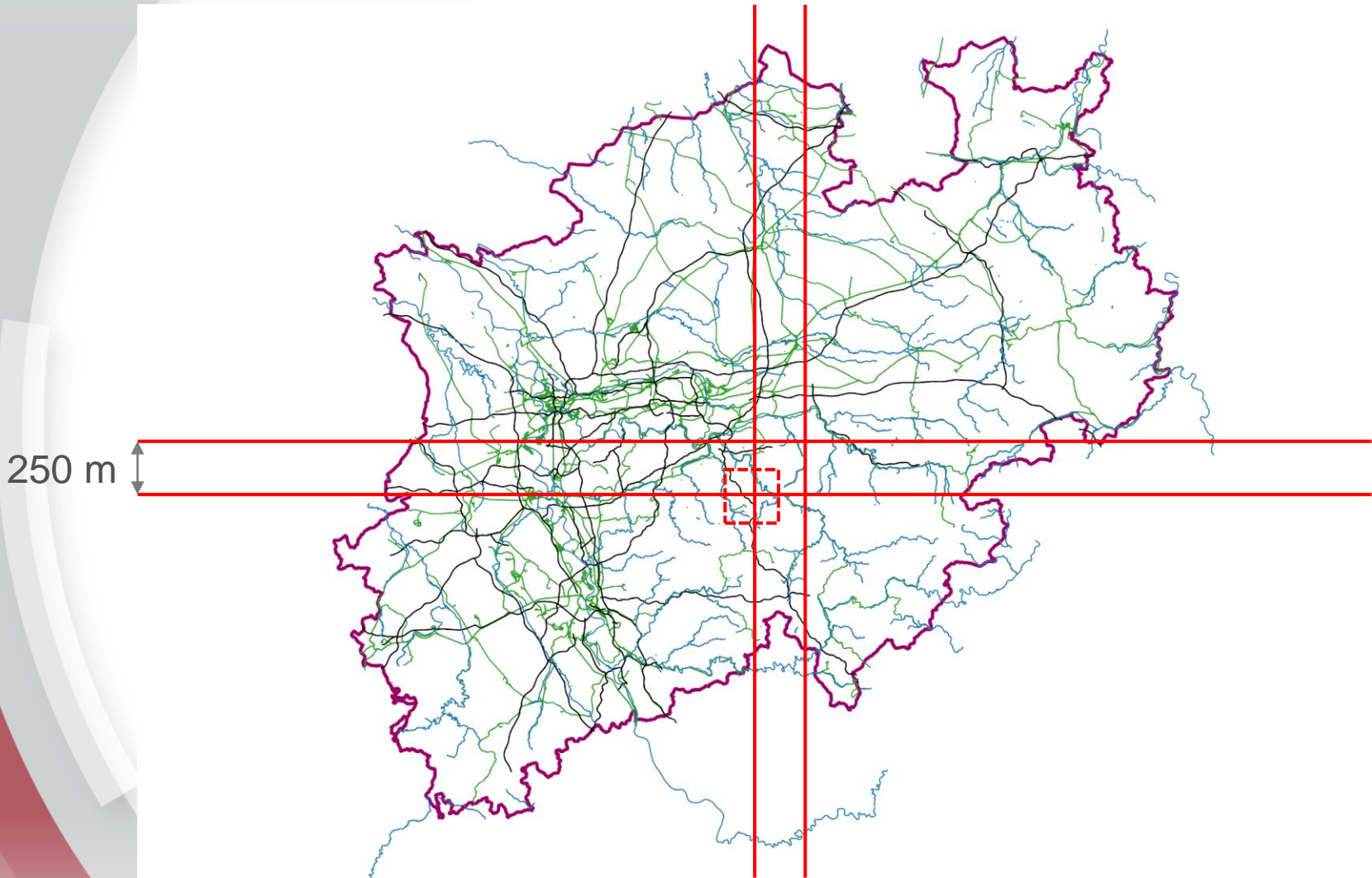
## AP 3 – Netzwerkoptimierung

- Organisatorische Maßnahmen: Netzwerkoptimierung
- Aufgaben („Erdbebenalarmsystem“, „Erdbeben Zonierung“, ...) sind immer einem gesamten Netzwerk zuzuordnen
- Einzelstationen 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 zukunftsicher WEA-kompatibel ist

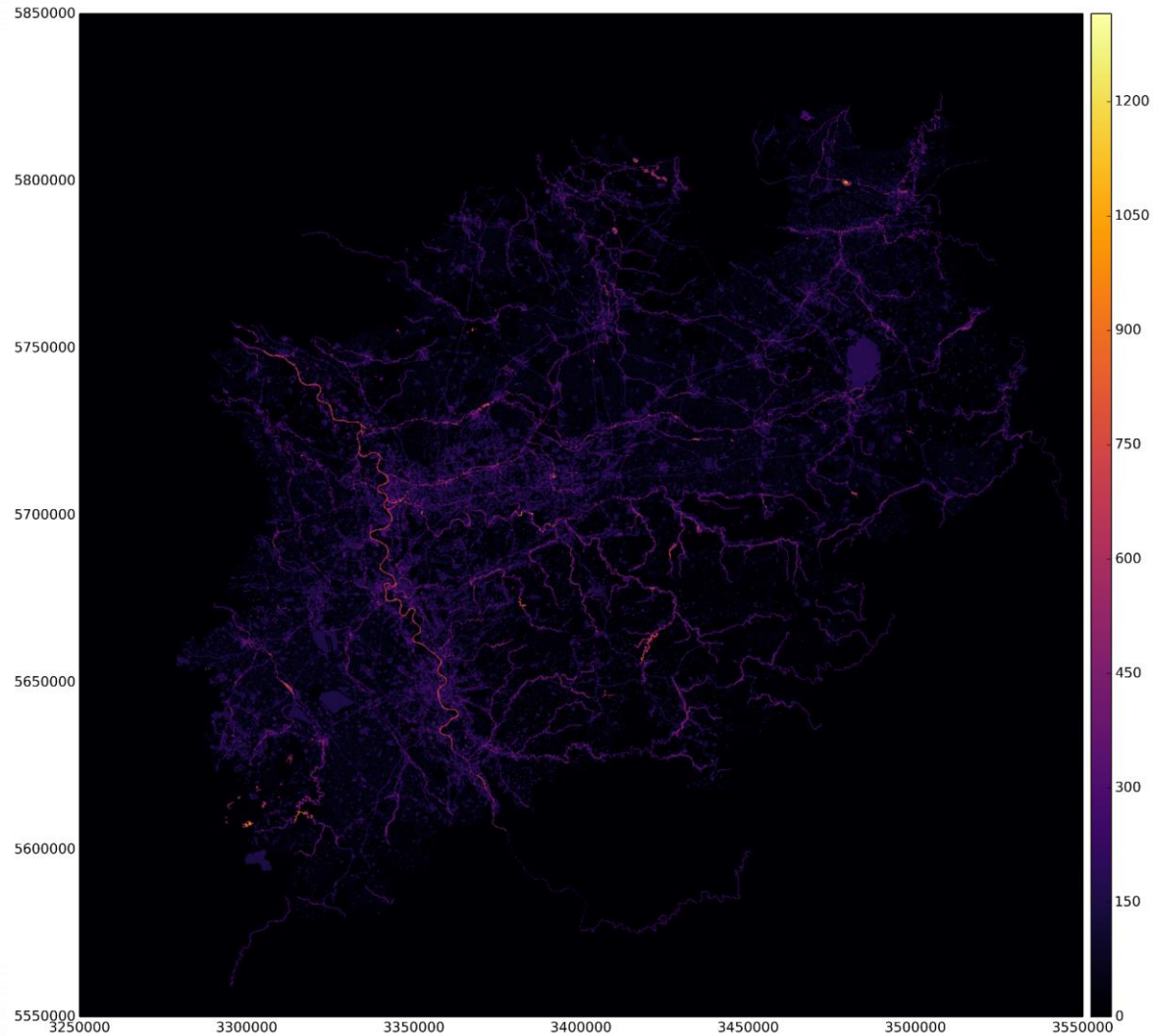
## AP 3 – Netzwerkoptimierung – Seismic Noise Map

- 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

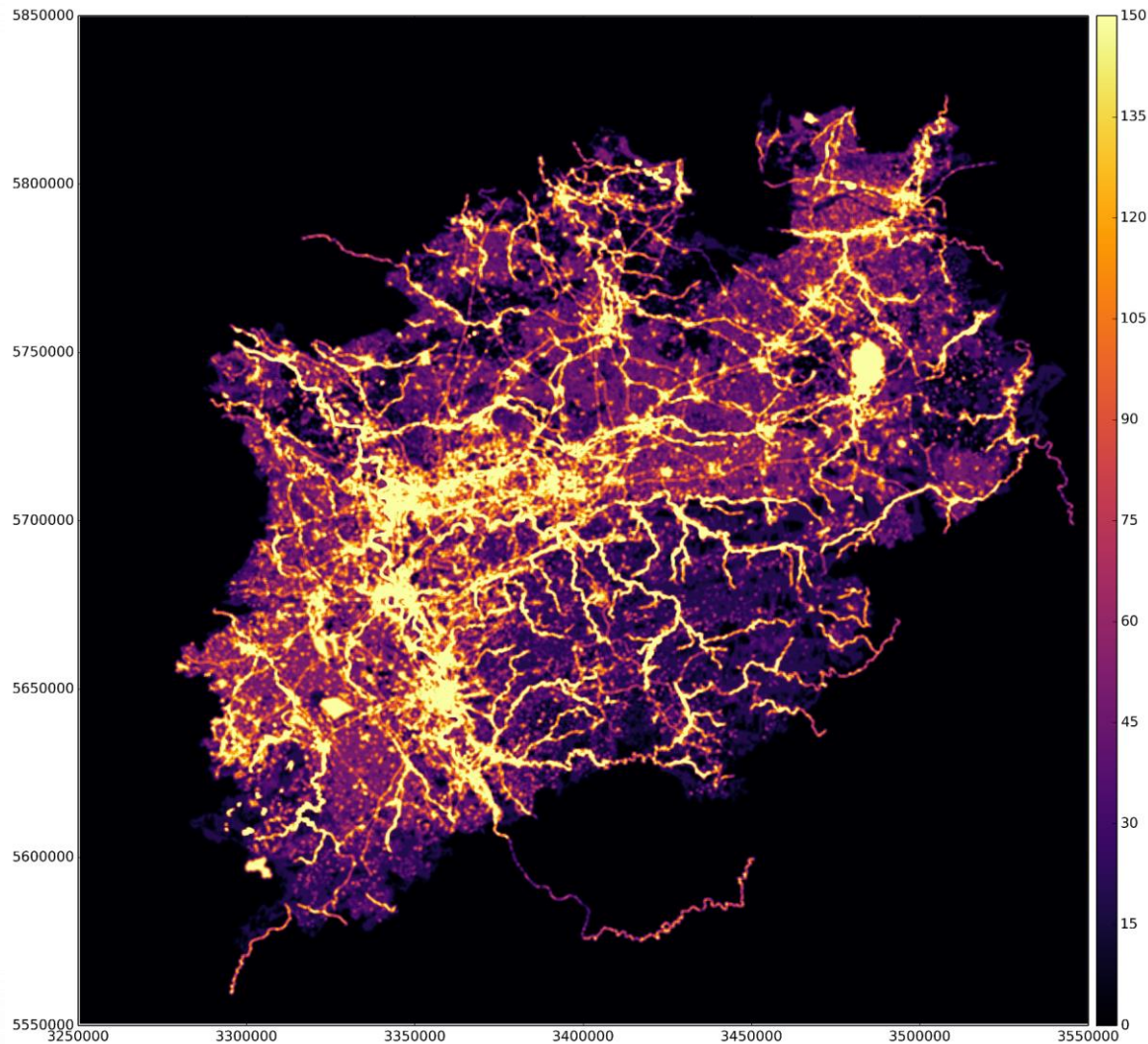
# AP 3 – Netzwerkoptimierung – Seismic Noise Map



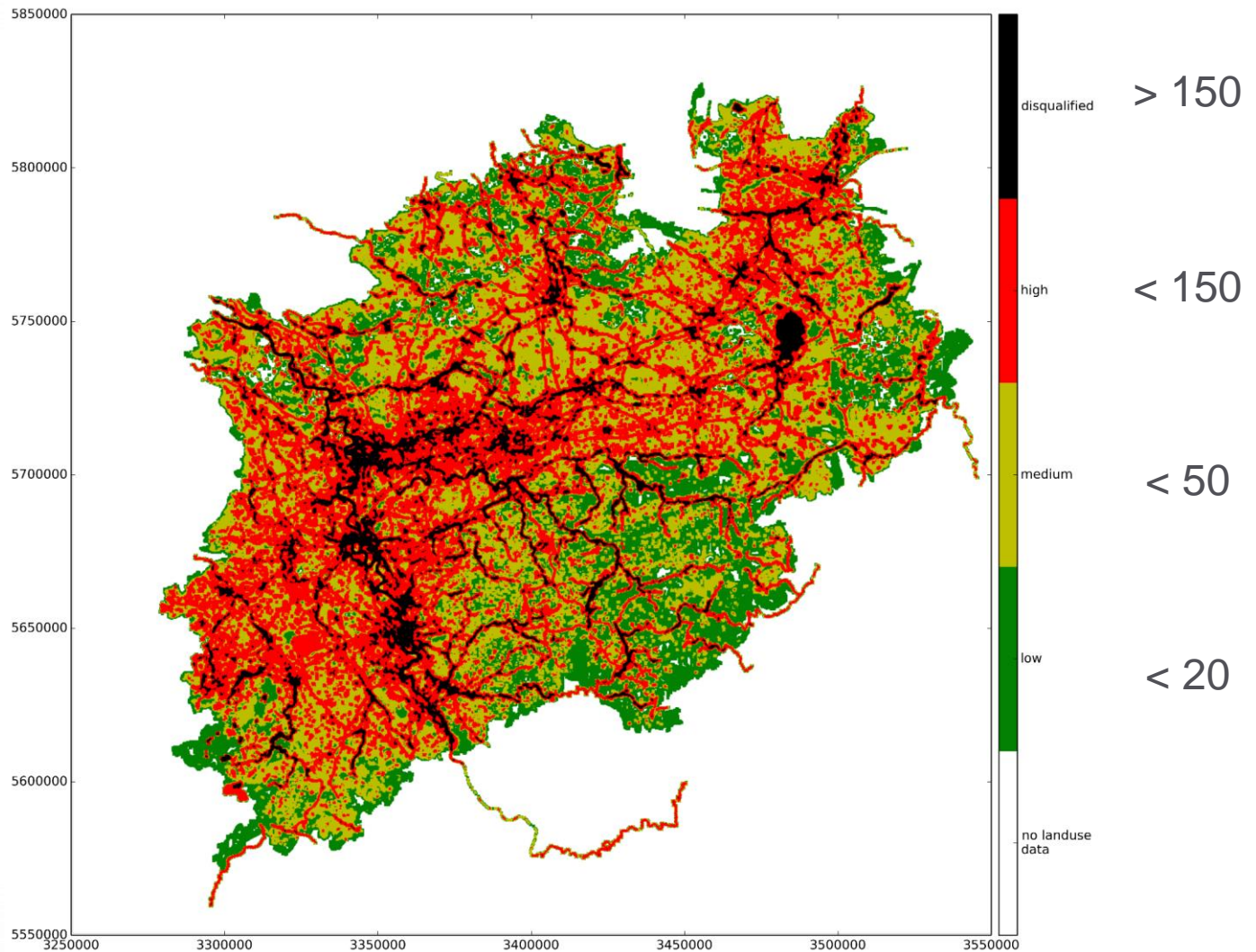
# AP 3 – Netzwerkoptimierung – Seismic Noise Map



# AP 3 – Netzwerkoptimierung – Seismic Noise Map



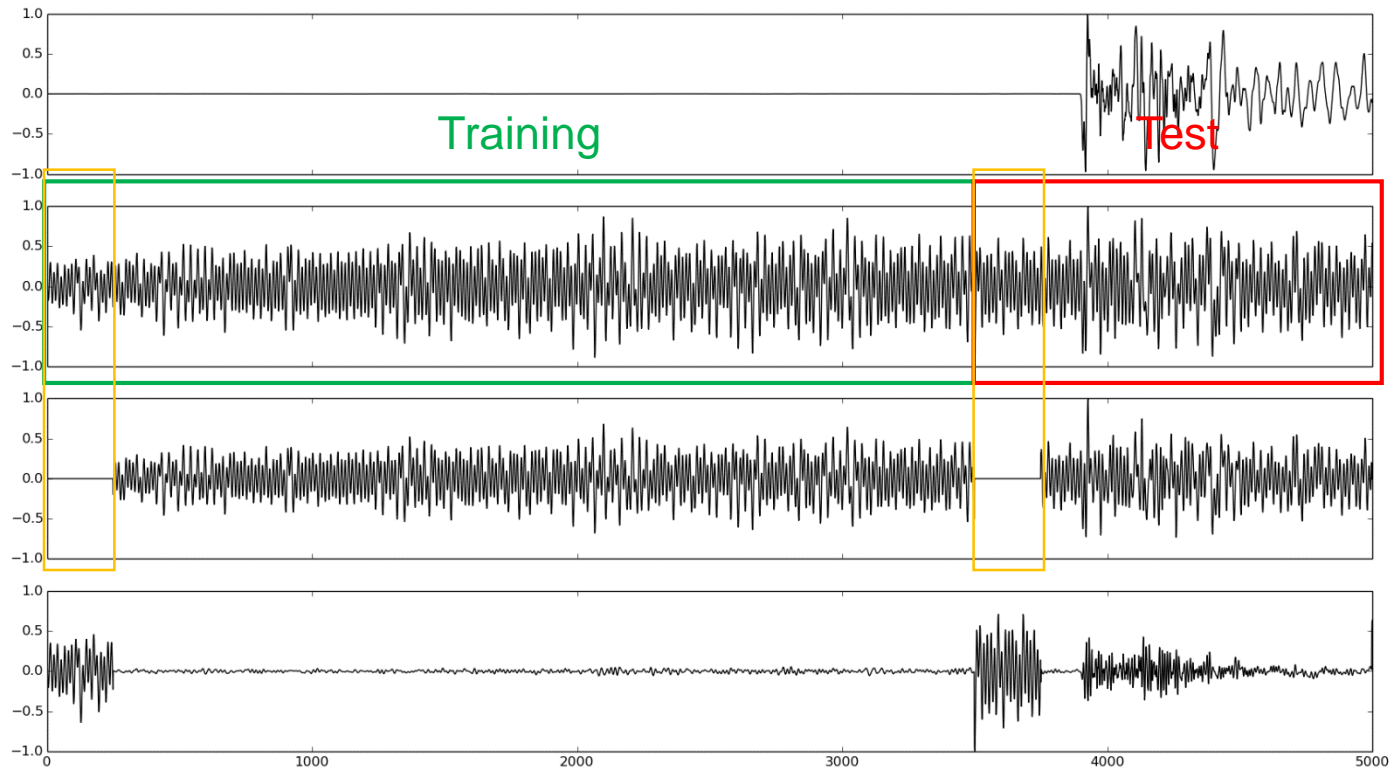
# AP 3 – Netzwerkoptimierung – Seismic Noise Map



# AP 3 – Filtermethoden

- Time series prediction
- Deep learning

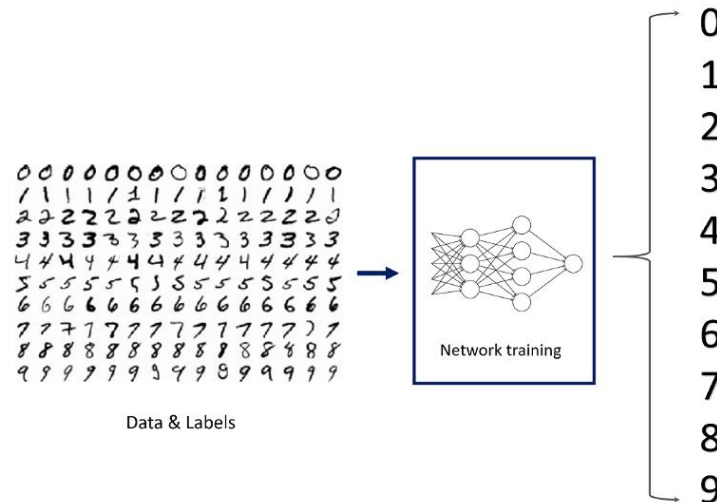
Vor-  
/Rücklauf



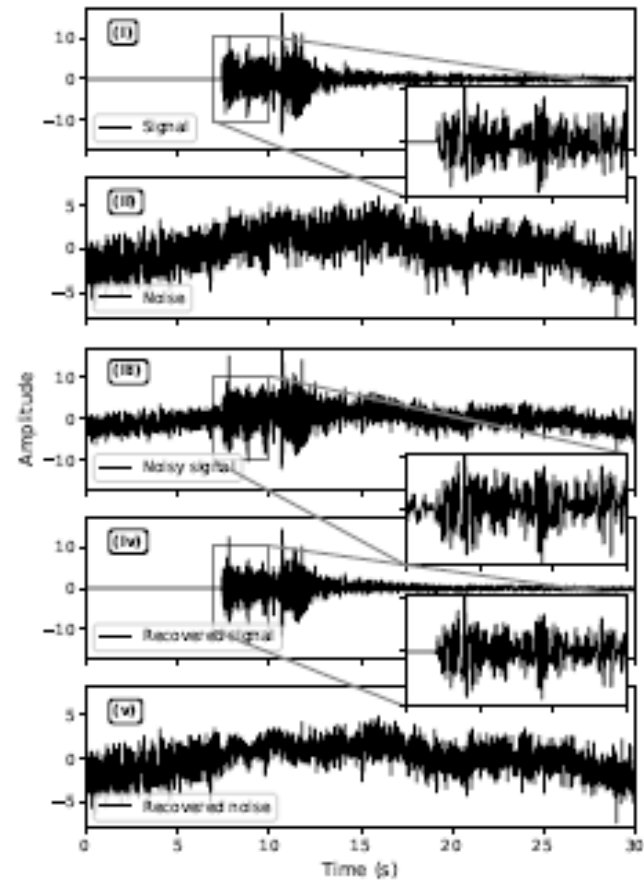
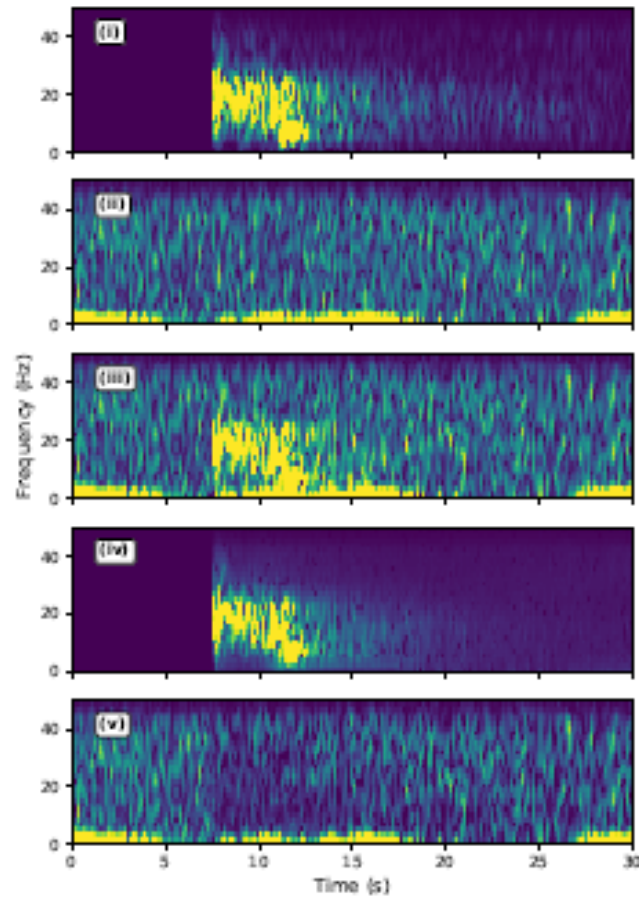


## AP 3 – Filtermethoden

- „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

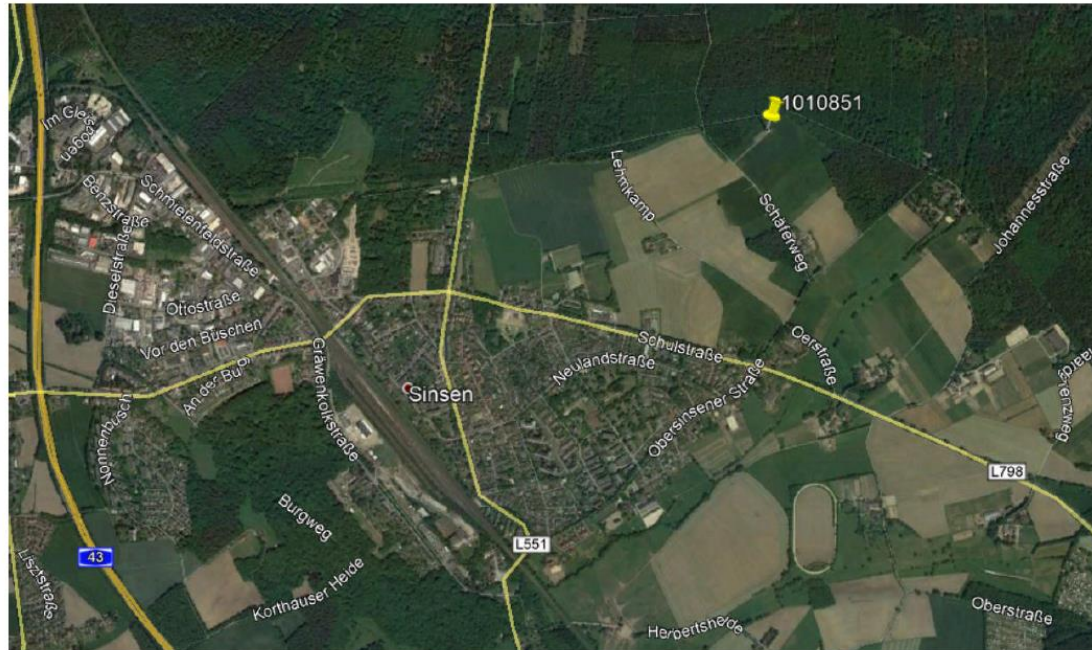


# AP 3 – Filtermethoden



## Ausblick

- AP 2: Messung Wellenausbreitung (Marl-Sinsen, SL Windenergie), Vibro-Truck Referenzsignale



- AP3:
  - Netzwerkoptimierung: Noise Karte verbessern, RMS Werte
  - Filtermethoden: Denoising Methode adaptieren