

Systematische Messungen an einer Windenergieanlage zur Charakterisierung der abgestrahlten seismischen Wellen



Tobias Neuffer
01. Oktober 2019

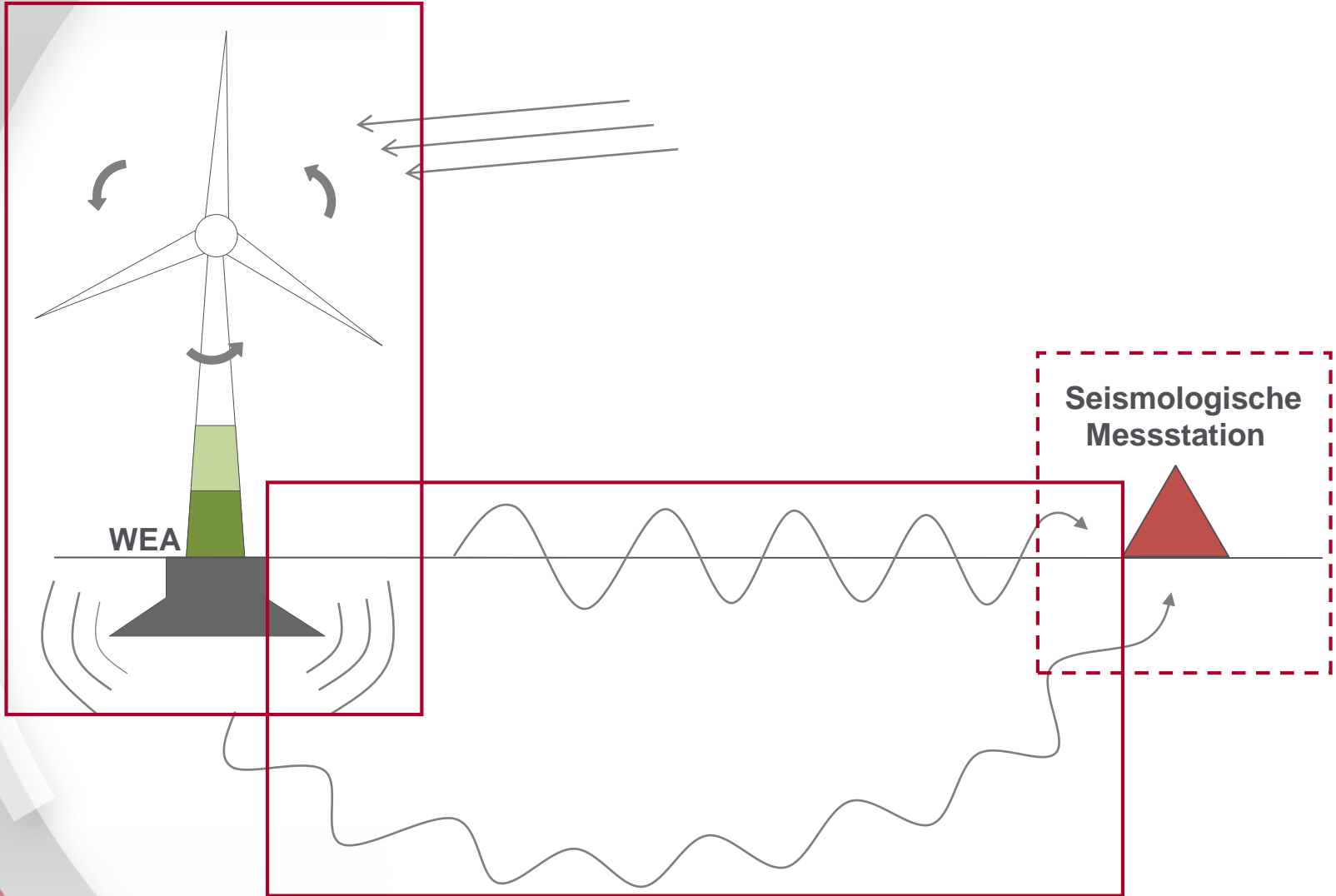
1. Bestimmung des Quellmechanismus der vom Fundament abgestrahlten elastischen Wellen

- Kenntnis über Quellmechanismus ist von entscheidender Bedeutung für Minderungsmaßnahmen
- Belastbare Prognose für Schwingungsemissionen im Fernfeld
- Quellmechanismus als Grundlage für weiterführende Modellierungen

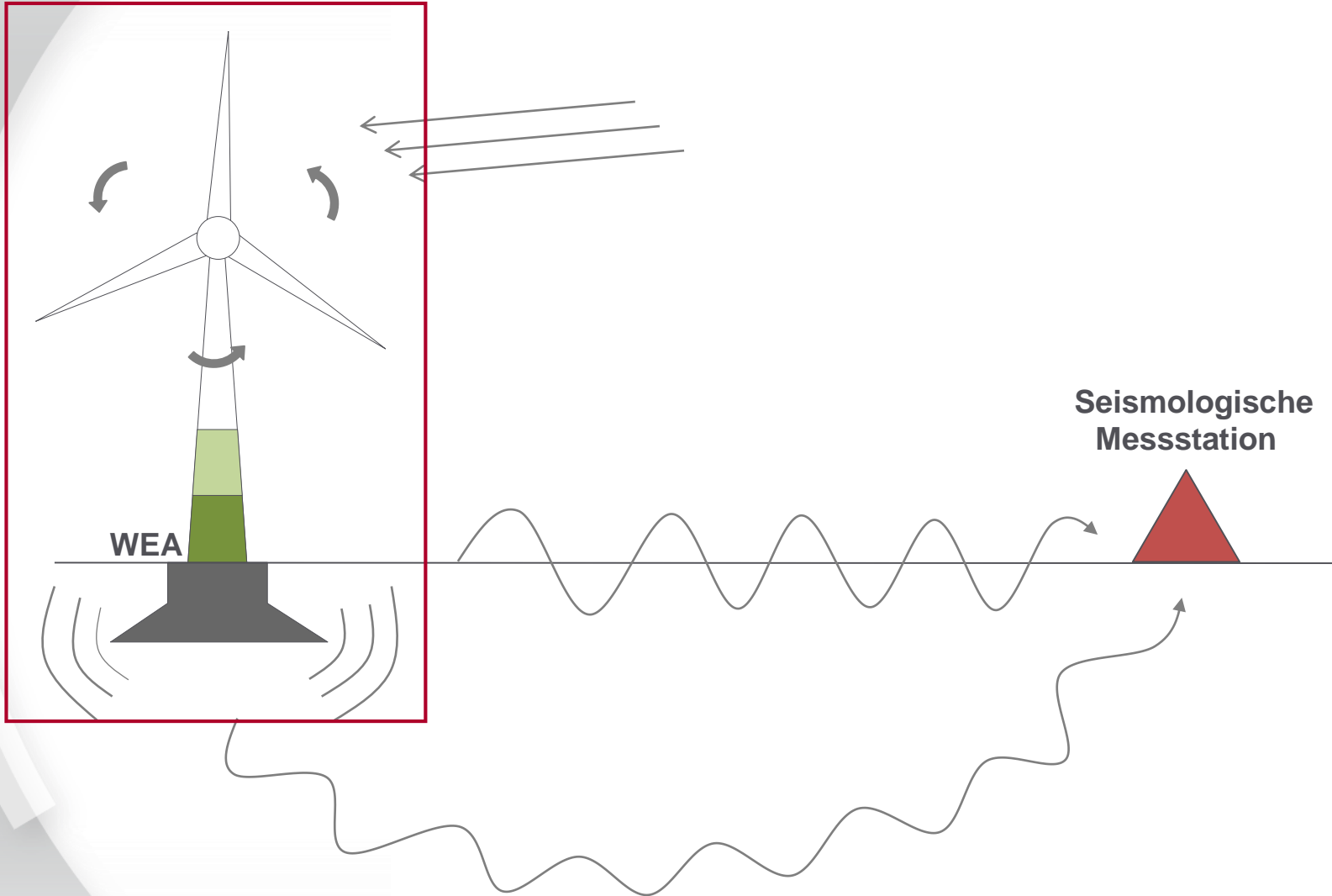
2. Messung der Wellenausbreitung im Nah-/Fernfeld

- Kenntnis über Charakteristik des Wellenverhaltens im Untergrund
- Beschreibung der Wellen zwischen WEA und seismologischer Station
- Grundlage für Minderungsmethoden auf dem Ausbreitungsweg

Aufgabenstellung



1. Bestimmung des Quellmechanismus



1. Bestimmung des Quellmechanismus

- 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

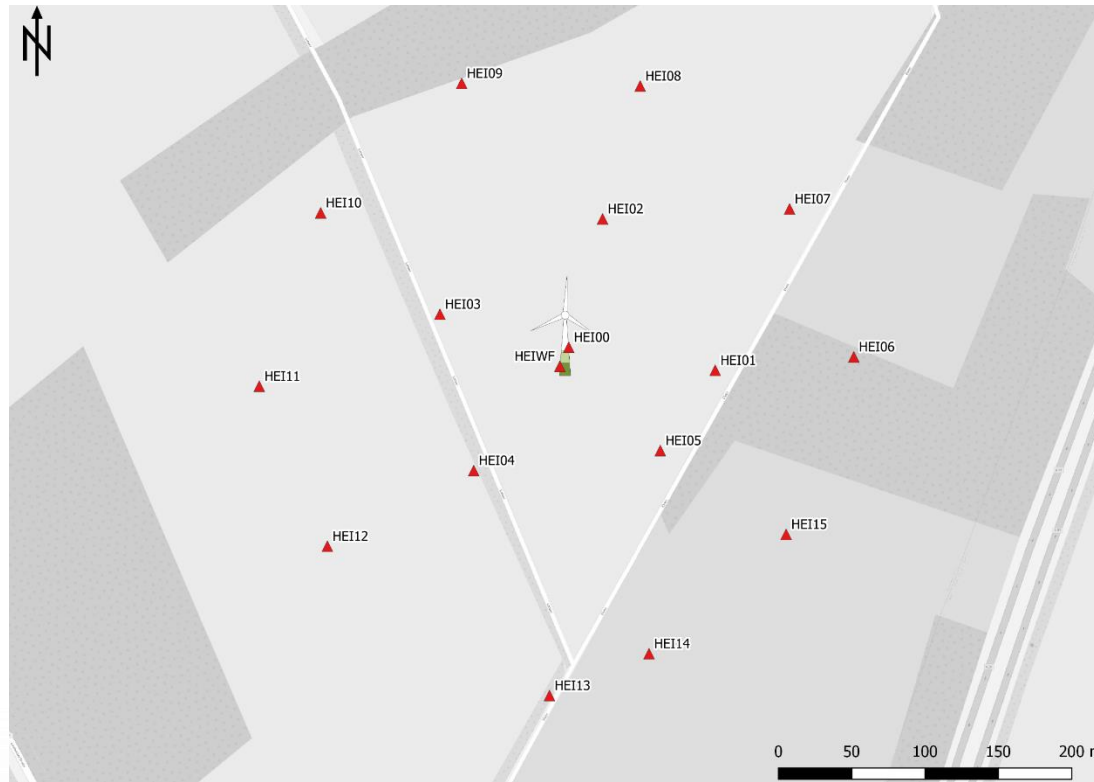
1. Bestimmung des Quellmechanismus



Quelle: Bürgerwindpark A31 Hohe Mark

1. Bestimmung des Quellmechanismus

- 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



1. Bestimmung des Quellmechanismus

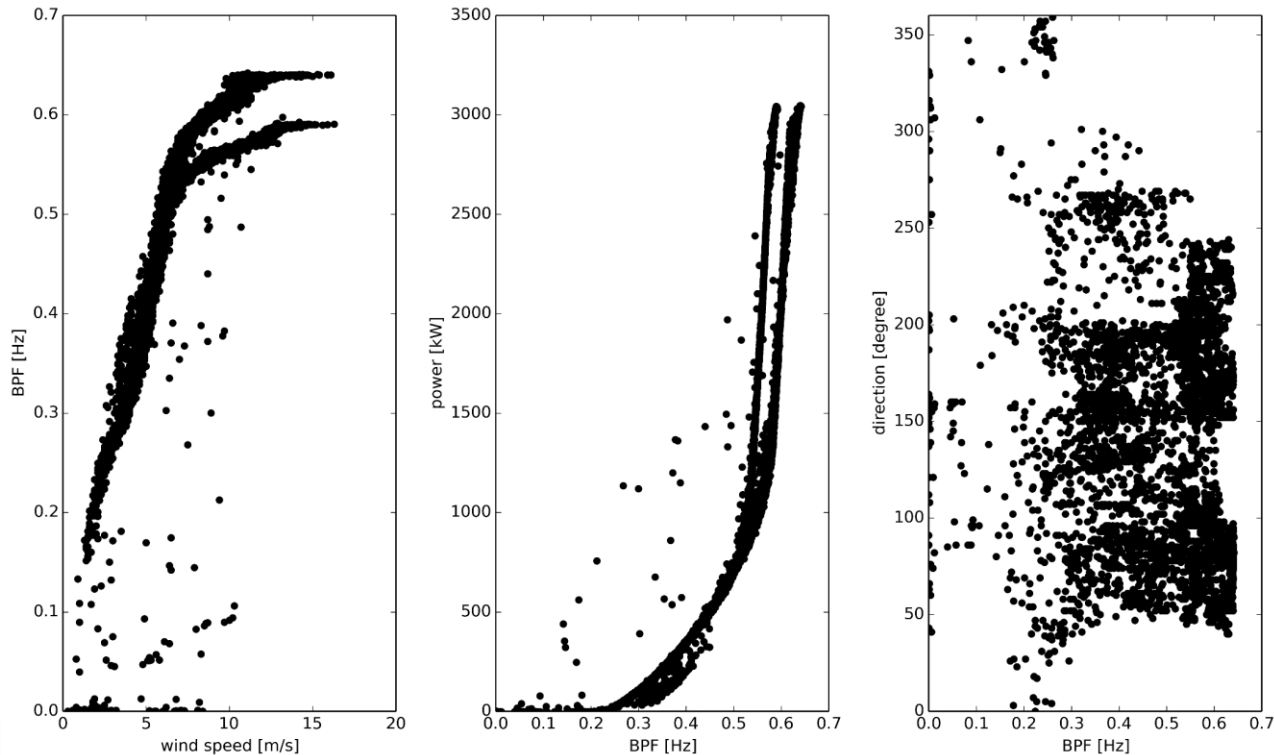


1. Bestimmung des Quellmechanismus

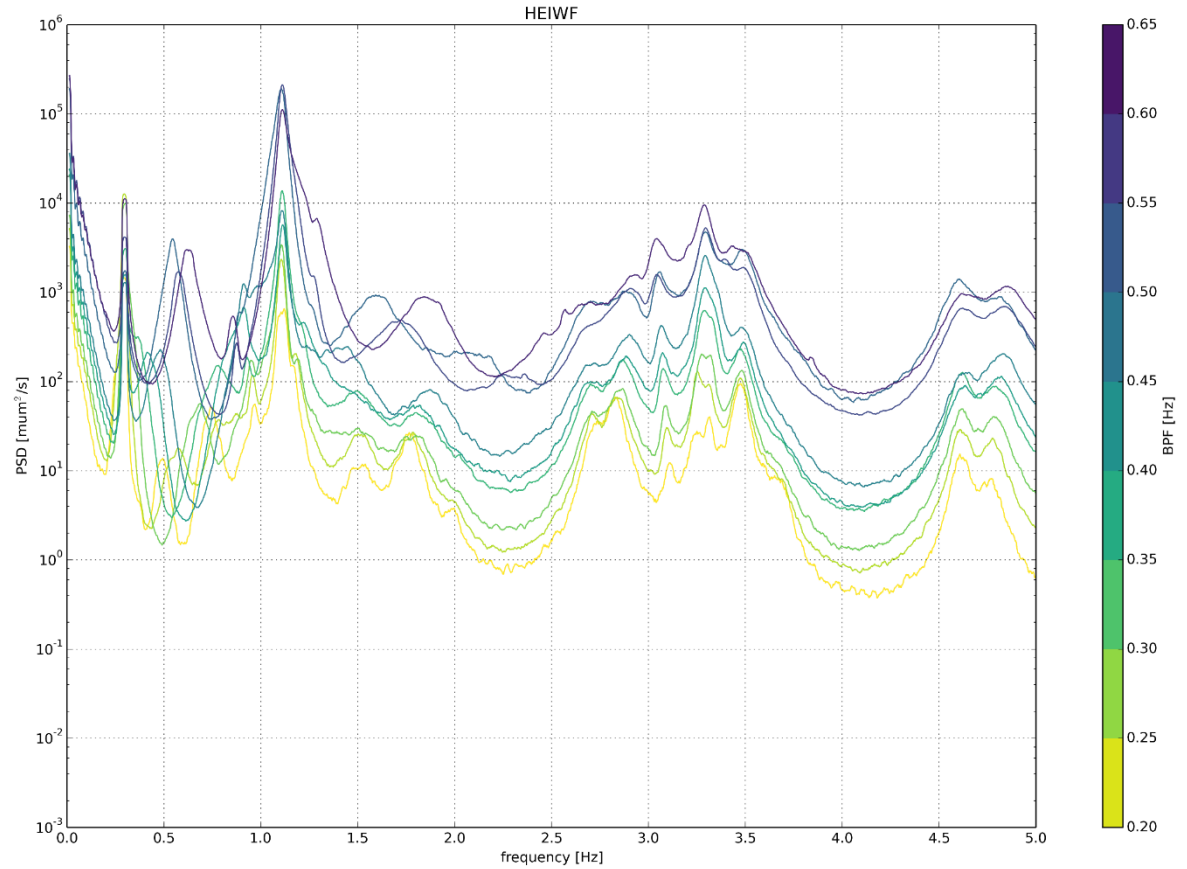
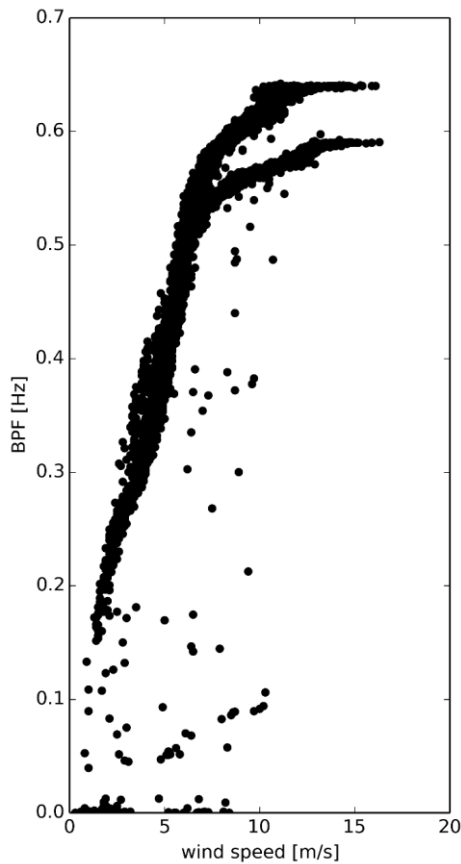


1. Bestimmung des Quellmechanismus

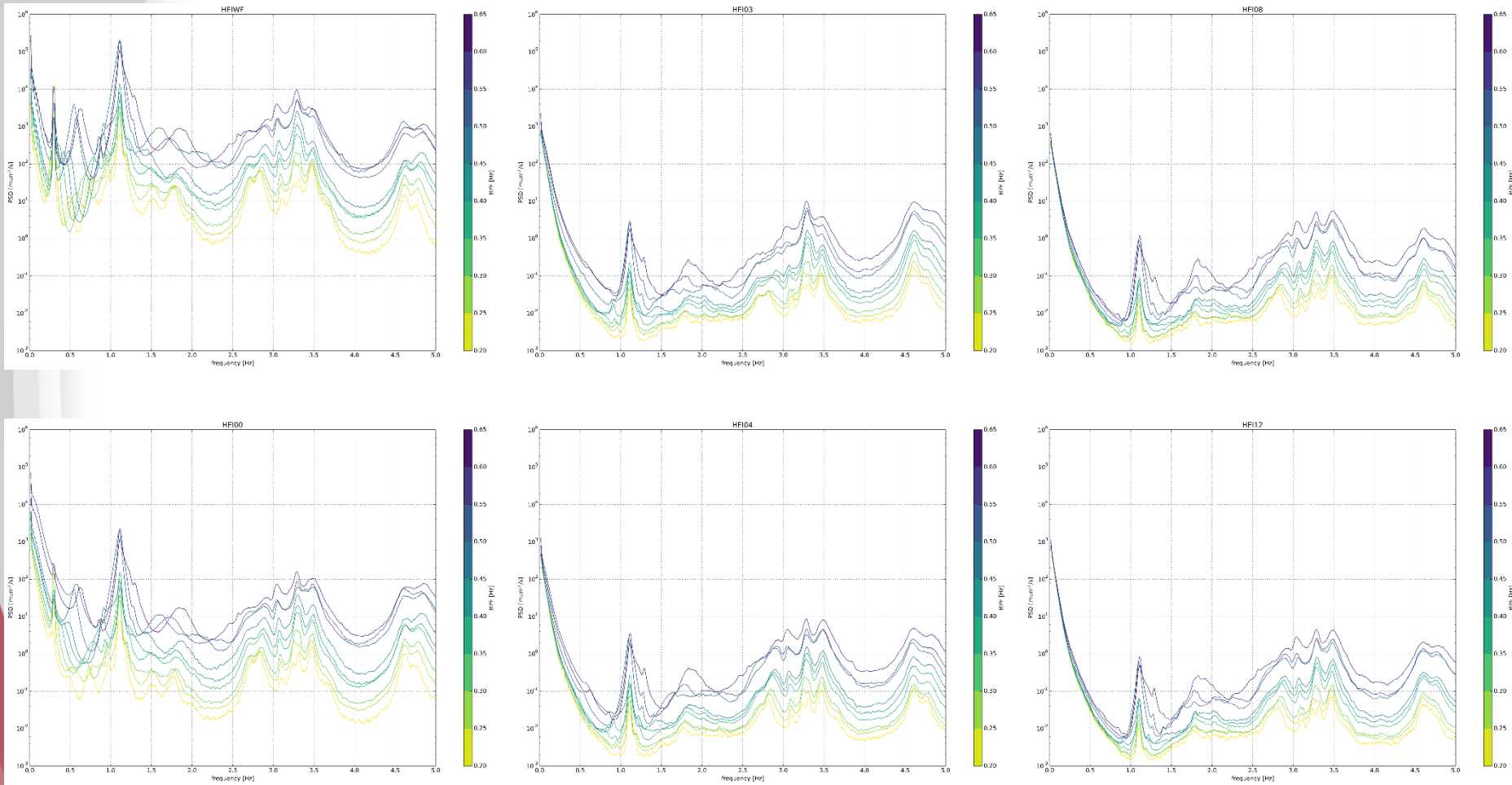
- Betriebsdaten: 10 min – Auflösung
- 720 h Daten
- ~ 693 h Anlage in Betrieb
- ~ 39 h bei Nennleistung
- ~ 27 h Anlage ausgeschaltet



1. Bestimmung des Quellmechanismus

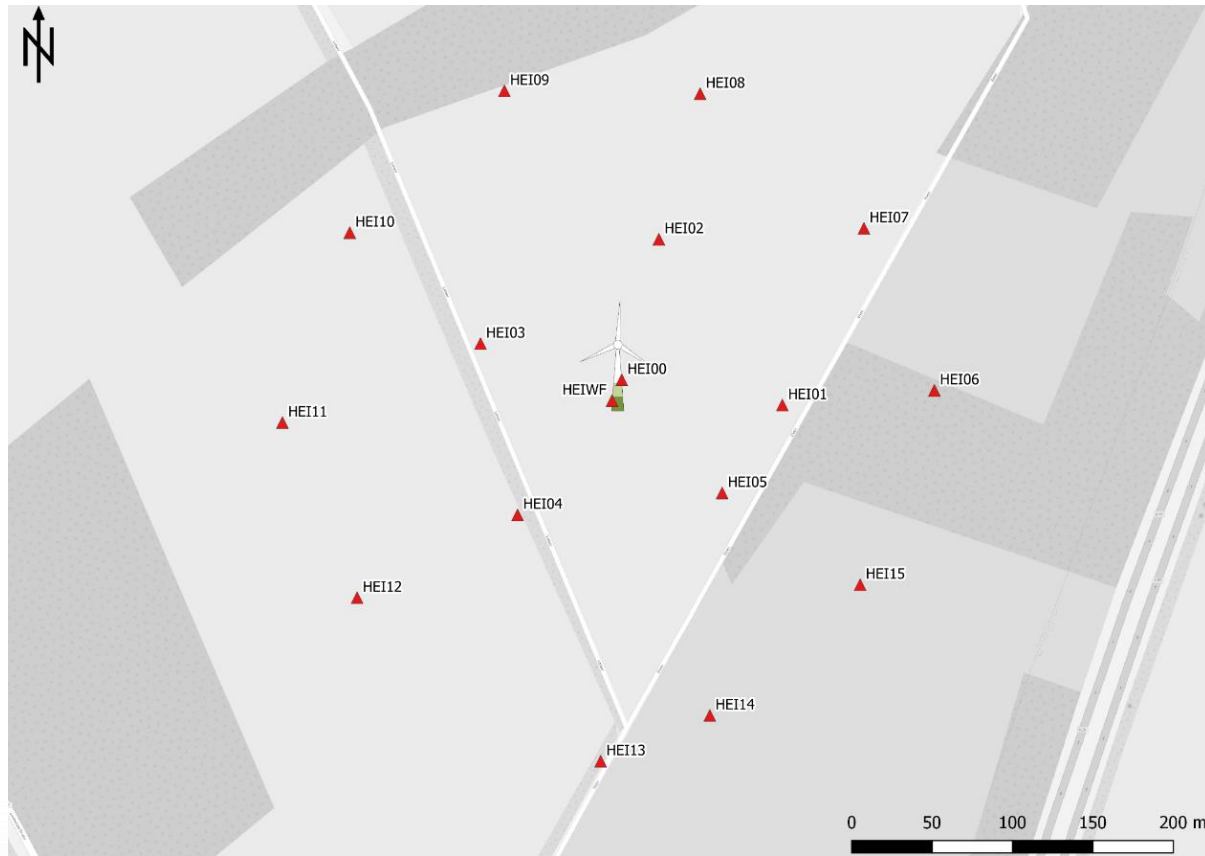


1. Bestimmung des Quellmechanismus



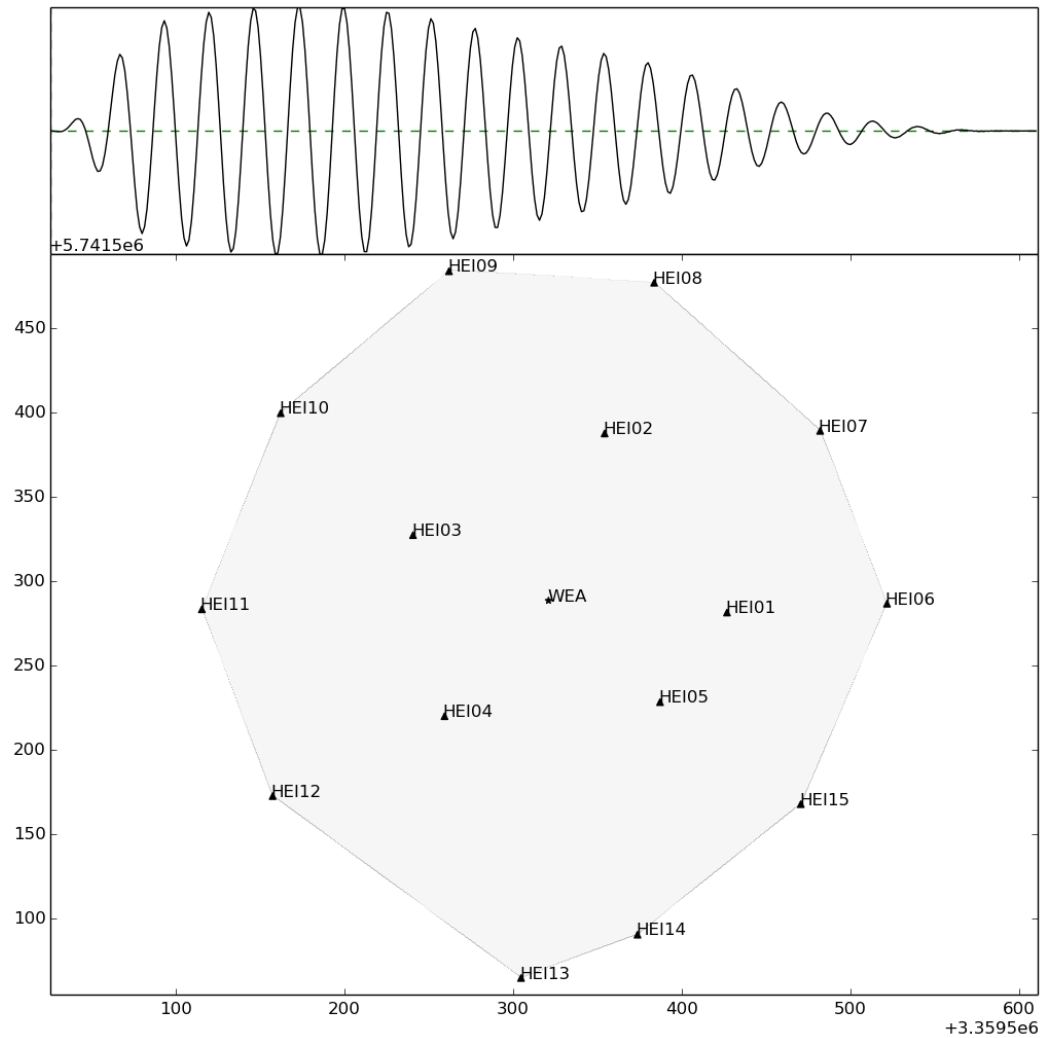
1. Bestimmung des Quellmechanismus

- Vertikale Komponente bei Nennleistung
- Windrichtung 63°



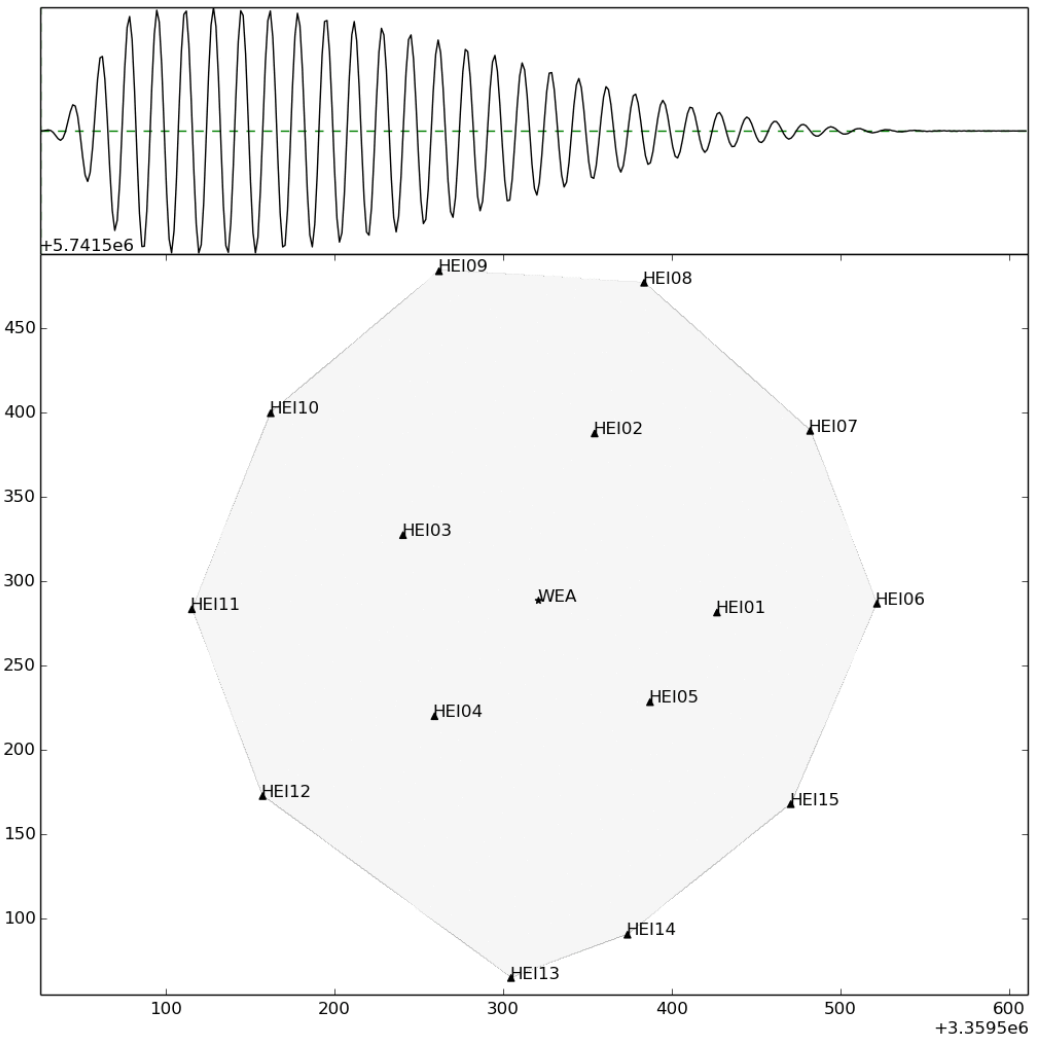
1. Bestimmung des Quellmechanismus

- Relative Amplituden
- Zeitdauer: 20 s
- Windrichtung: 63°
- Bei Nennleistung: 3 MW
- Peak Frequenz : 1.1 Hz



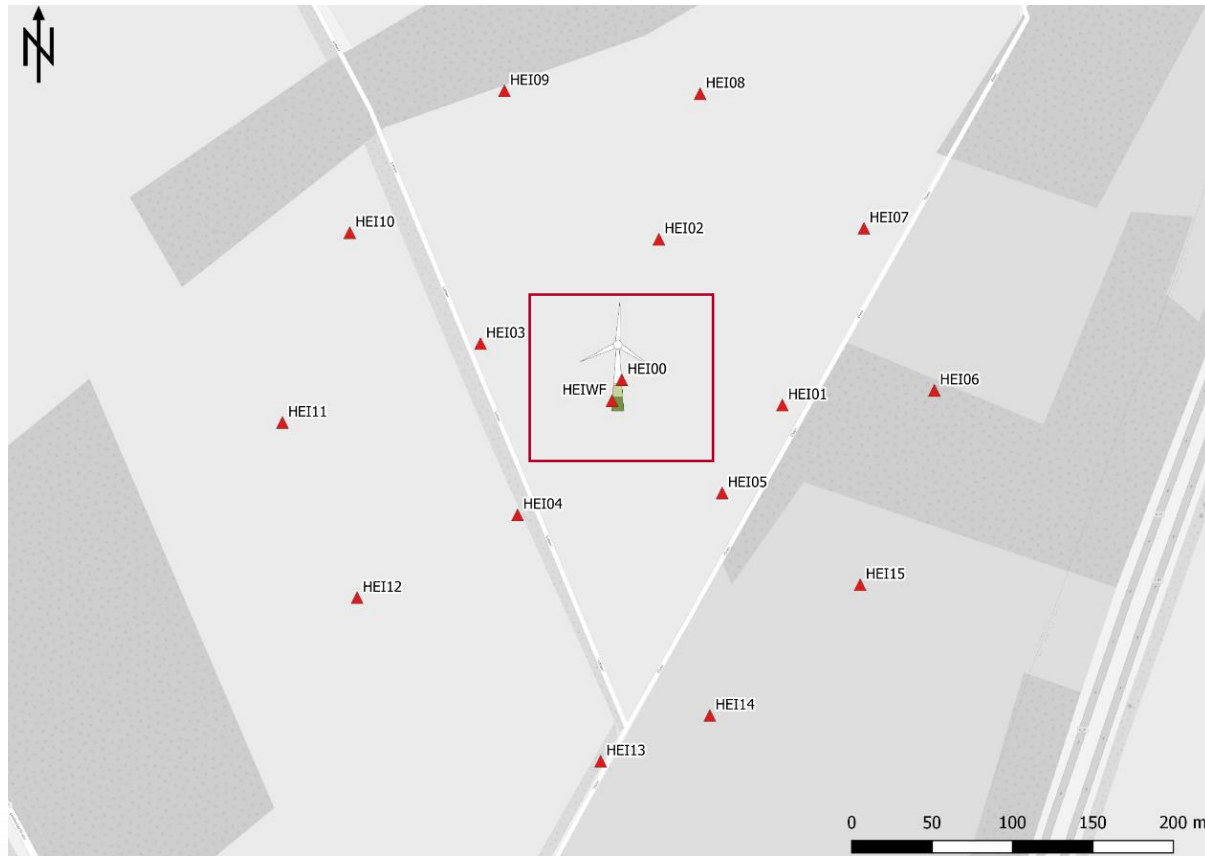
1. Bestimmung des Quellmechanismus

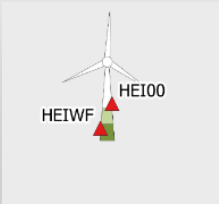
- Relative Amplituden
- Zeitdauer: 10 s
- Windrichtung: 63°
- Bei Nennleistung: 3 MW
- Peak Frequenz : 3.5 Hz



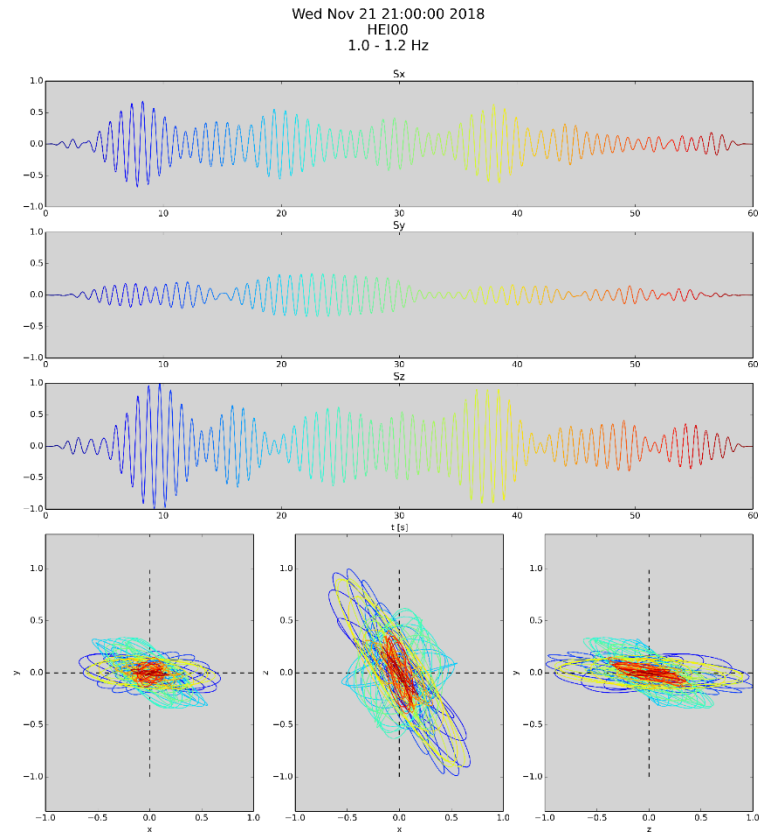
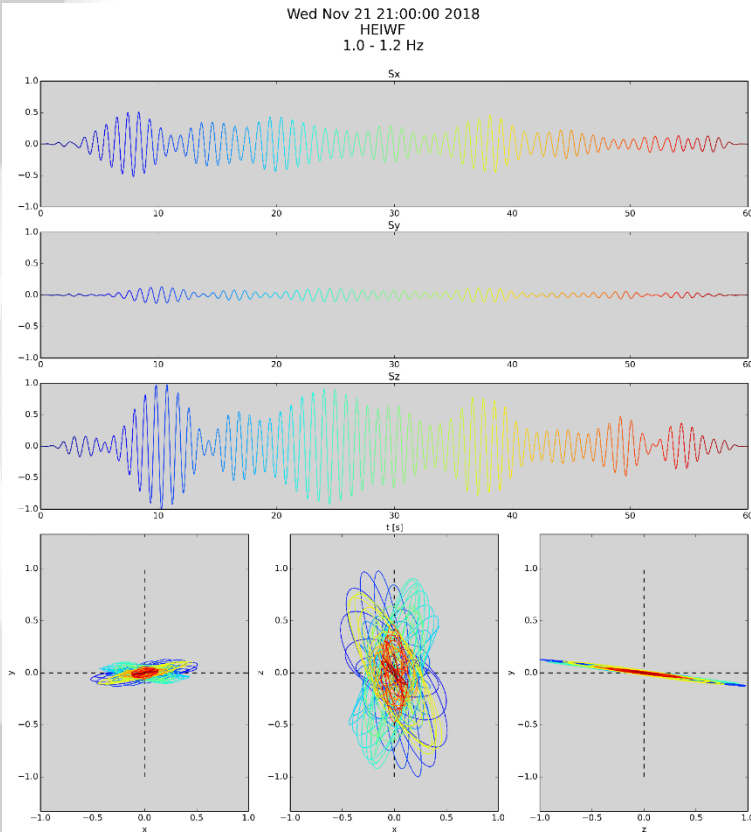
1. Bestimmung des Quellmechanismus

- Betrachtung der 3D-Partikelbewegung auf und neben dem Fundament
- Windrichtung 83°



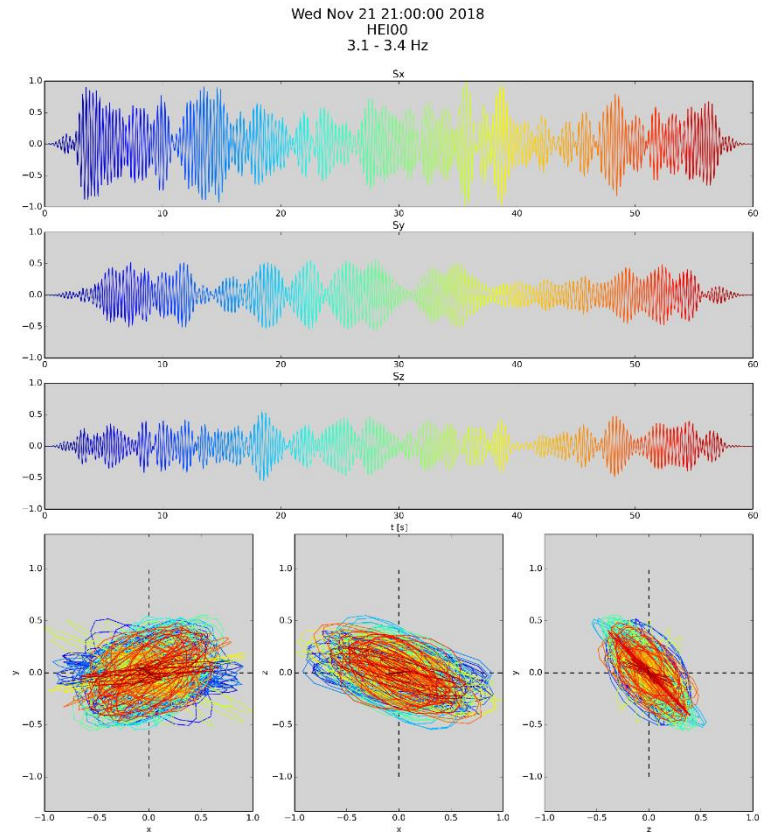
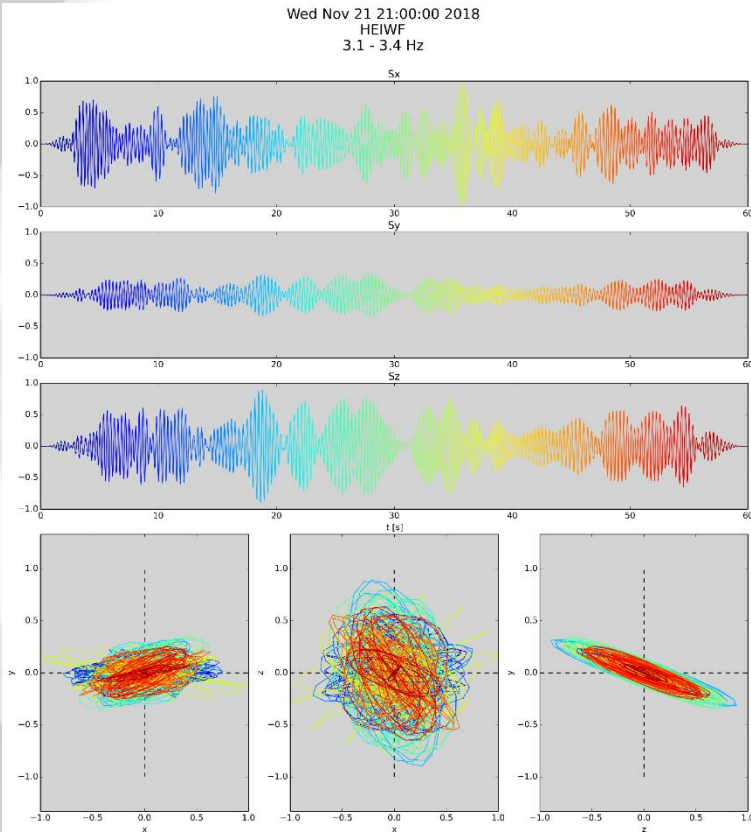


1. Bestimmung des Quellmechanismus





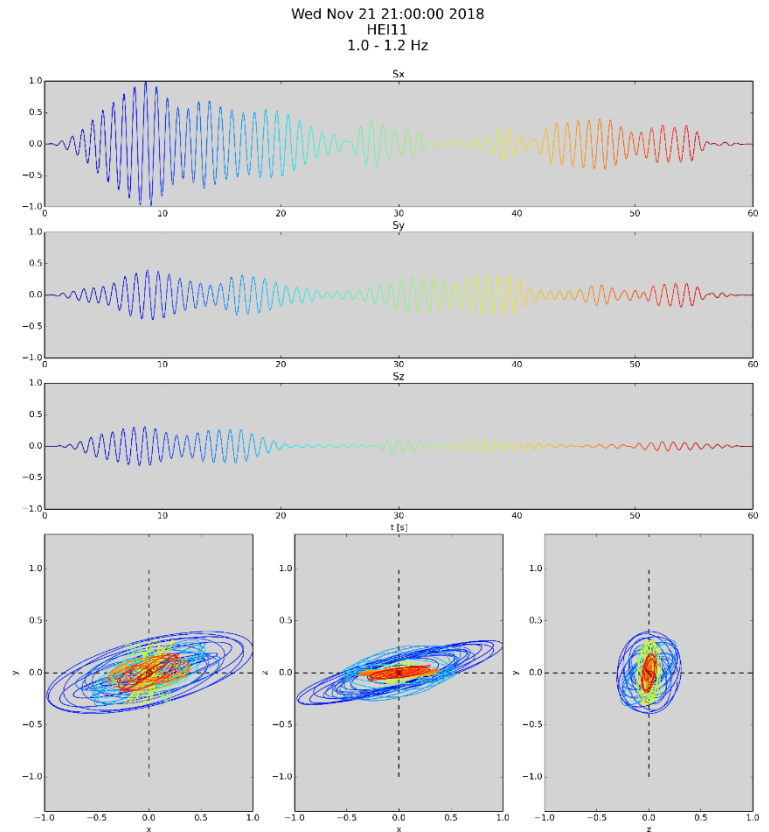
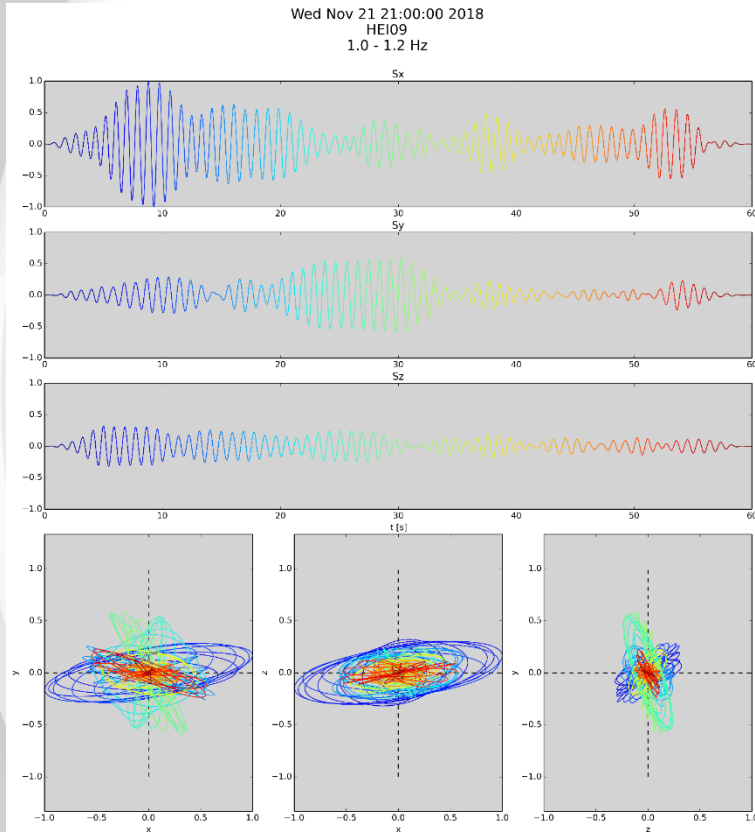
1. Bestimmung des Quellmechanismus



1. Bestimmung des Quellmechanismus



1. Bestimmung des Quellmechanismus

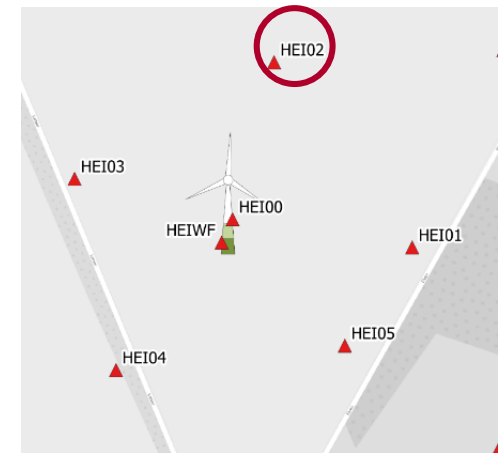
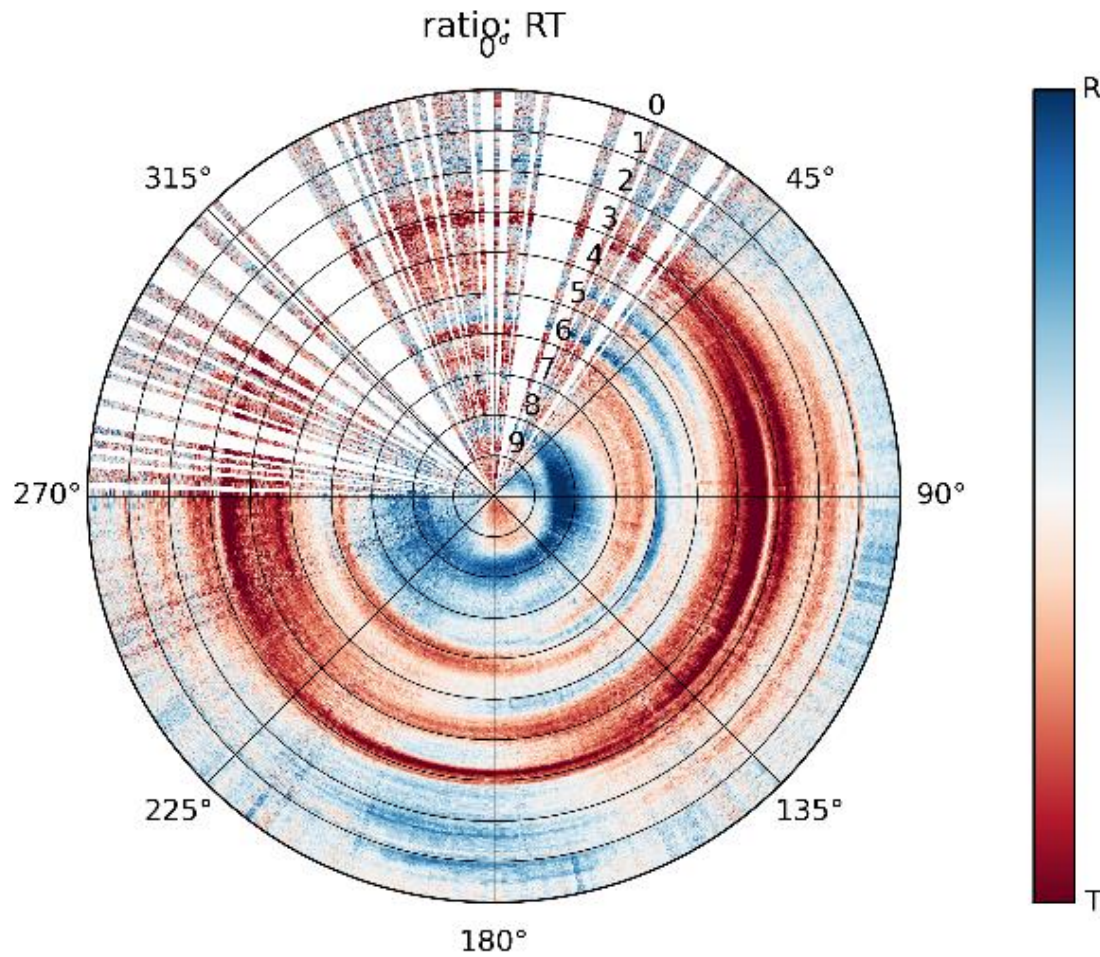


1. Bestimmung des Quellmechanismus

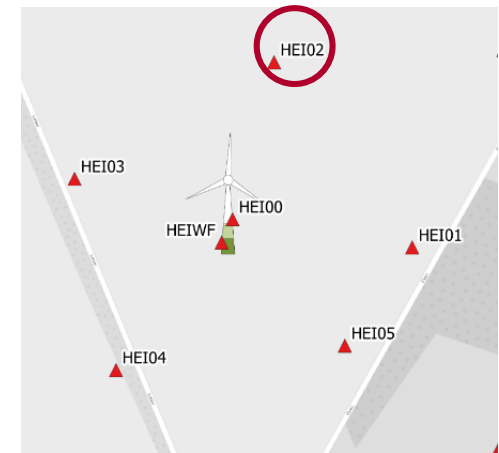
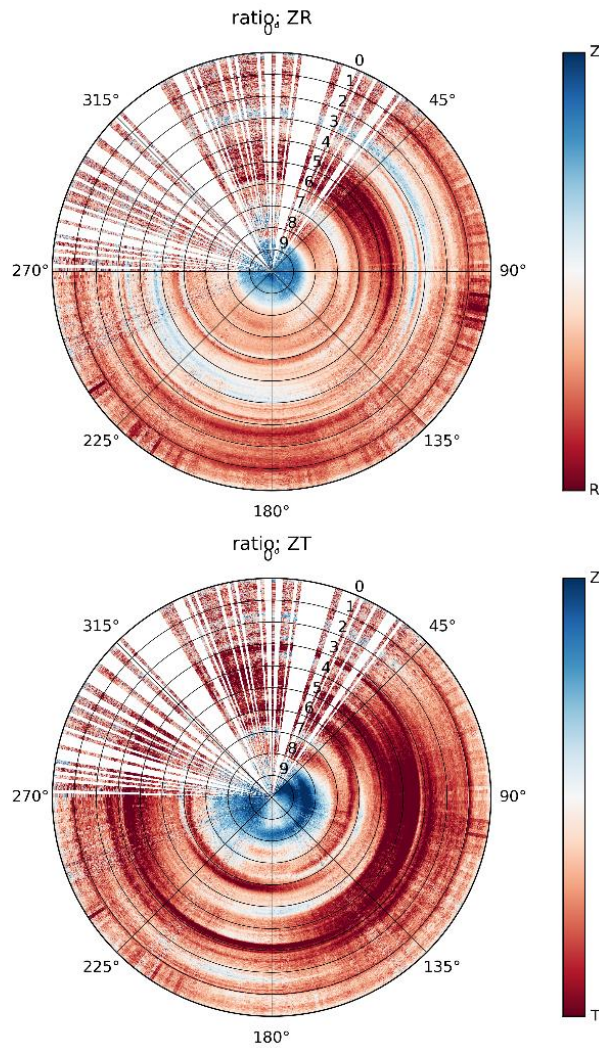


- Windrichtung bins (0 – 359)
- Rotation der Komponente (N → WEA)
- 10-min PSDs
- Verhältnisse der Spektren
- $\text{Log}_{10}(\text{PSD}_{\text{radial}} / \text{PSD}_{\text{transversal}})$

1. Bestimmung des Quellmechanismus



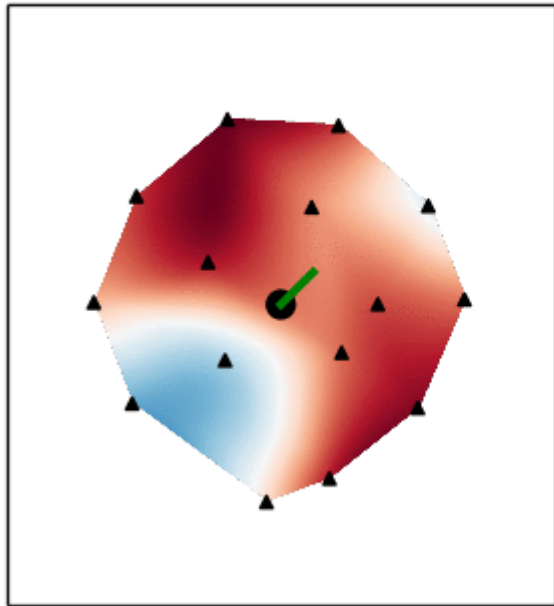
1. Bestimmung des Quellmechanismus



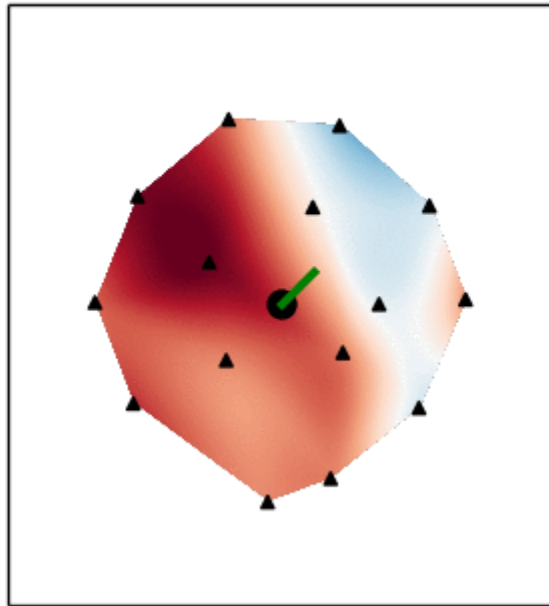
1. Bestimmung des Quellmechanismus

3.5 Hz - 45 °

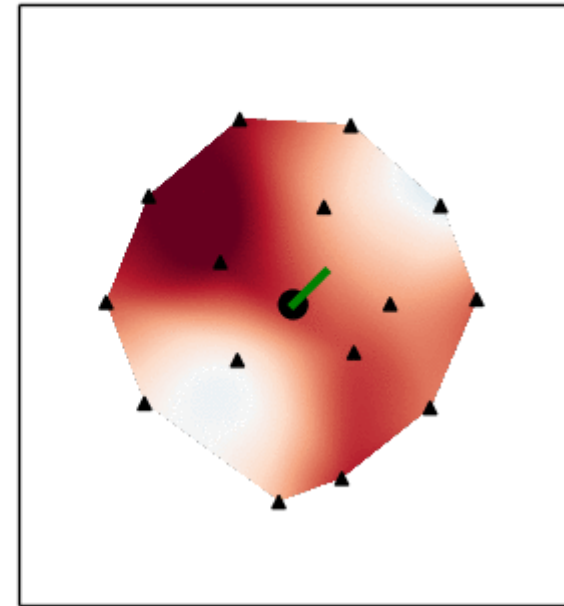
YX



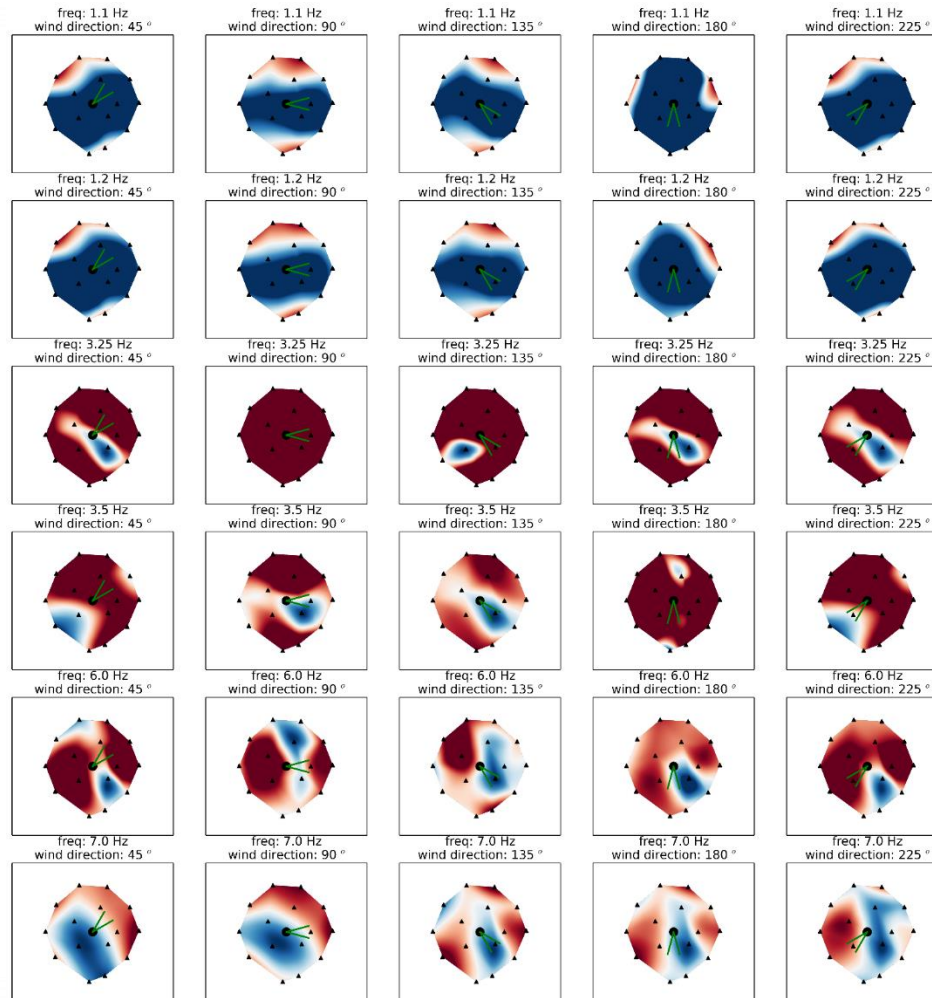
ZY



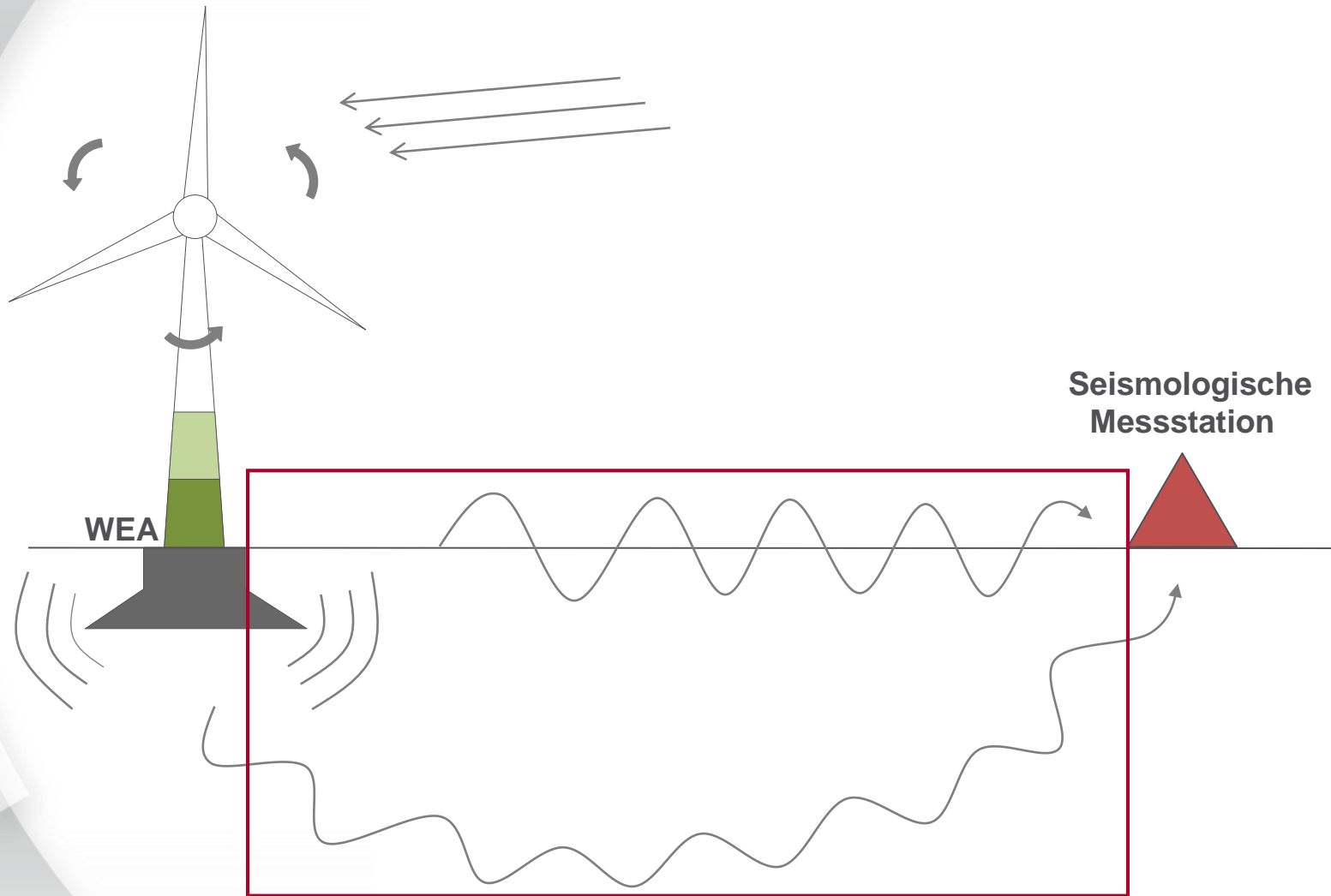
ZX



1. Bestimmung des Quellmechanismus



2. Wellenausbreitung



2. Wellenausbreitung

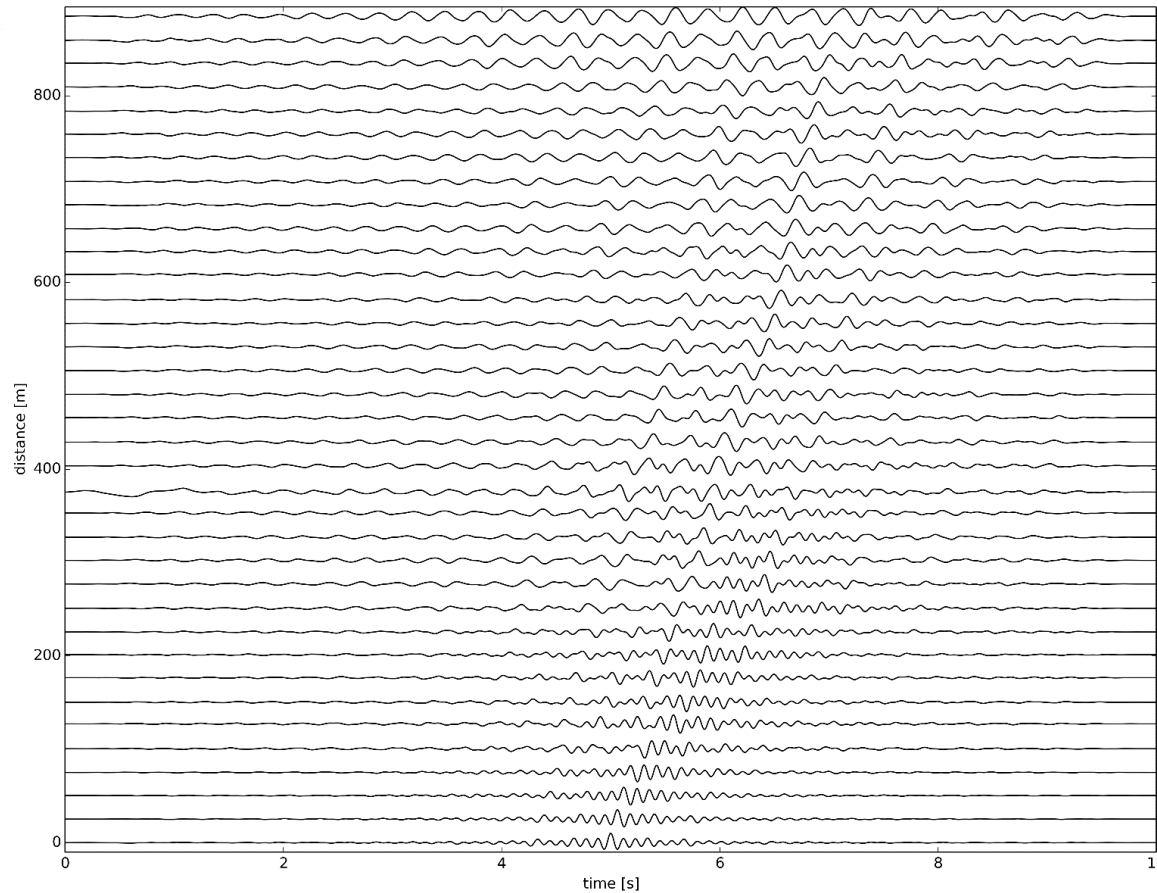


2. Wellenausbreitung



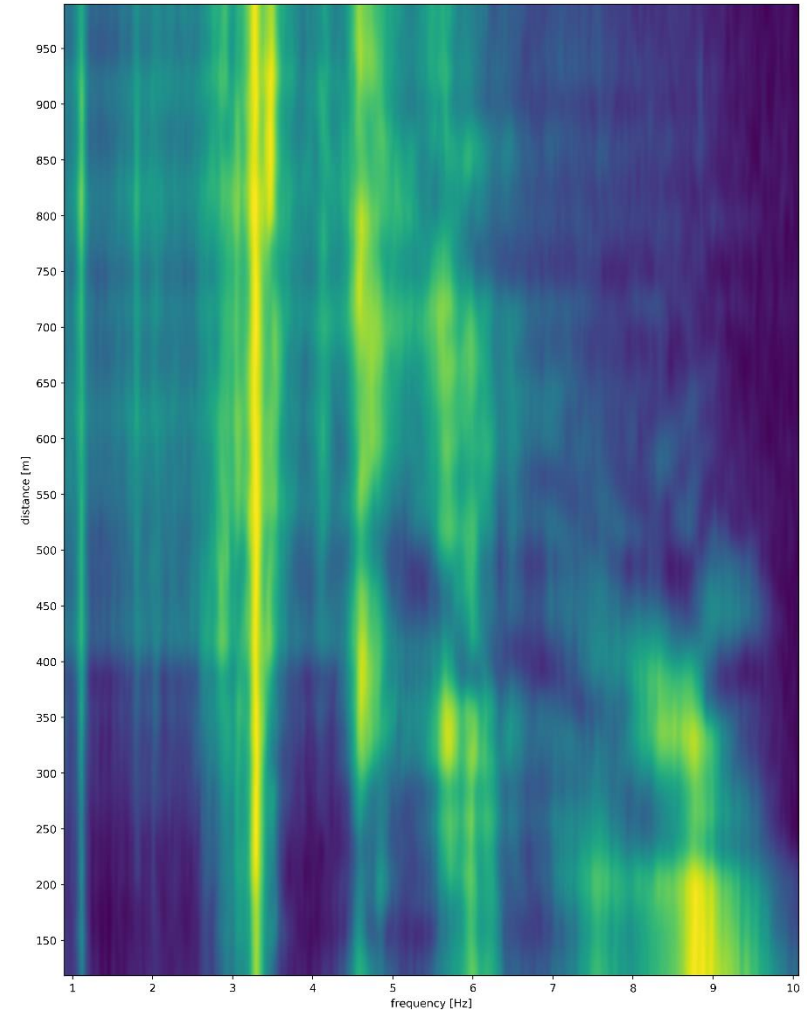
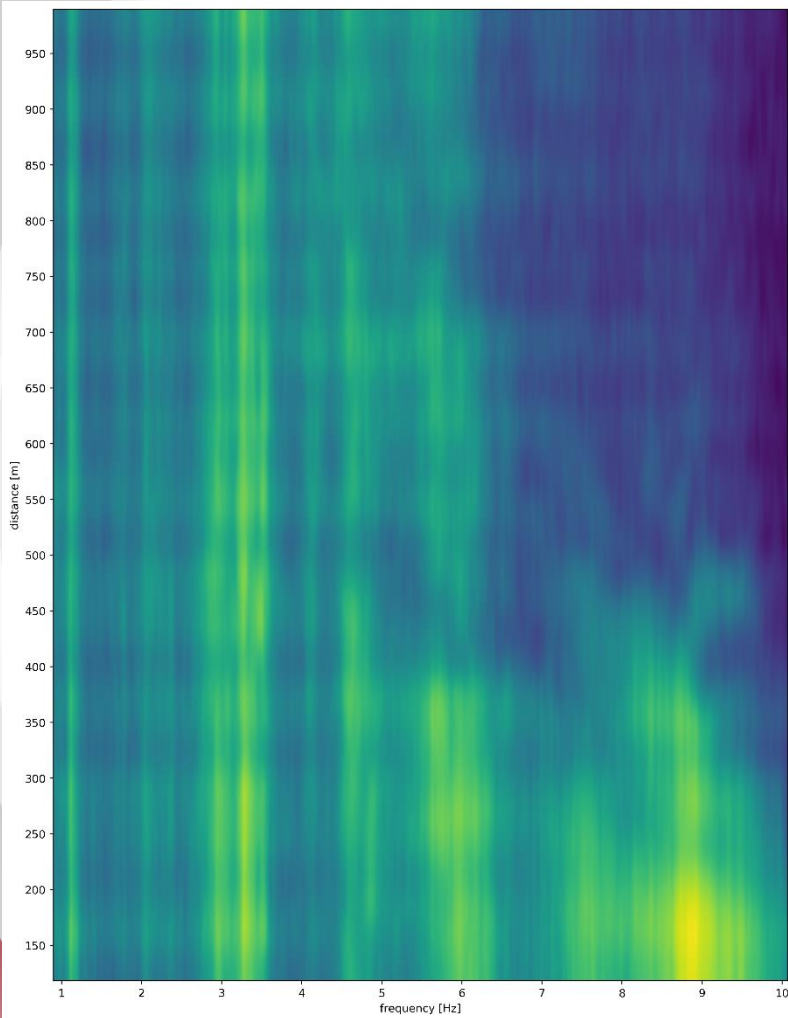
- 36 Sensoren (25 m Abstand)
- erster Messpunkt ca. 100 m, letzter Messpunkt ca. 1 km
- 2x ca. 1.5 Stunden (Abends/Morgens)
- Rotationsgeschwindigkeit ca. 10 U/min
- Windrichtung: SSO

2. Wellenausbreitung

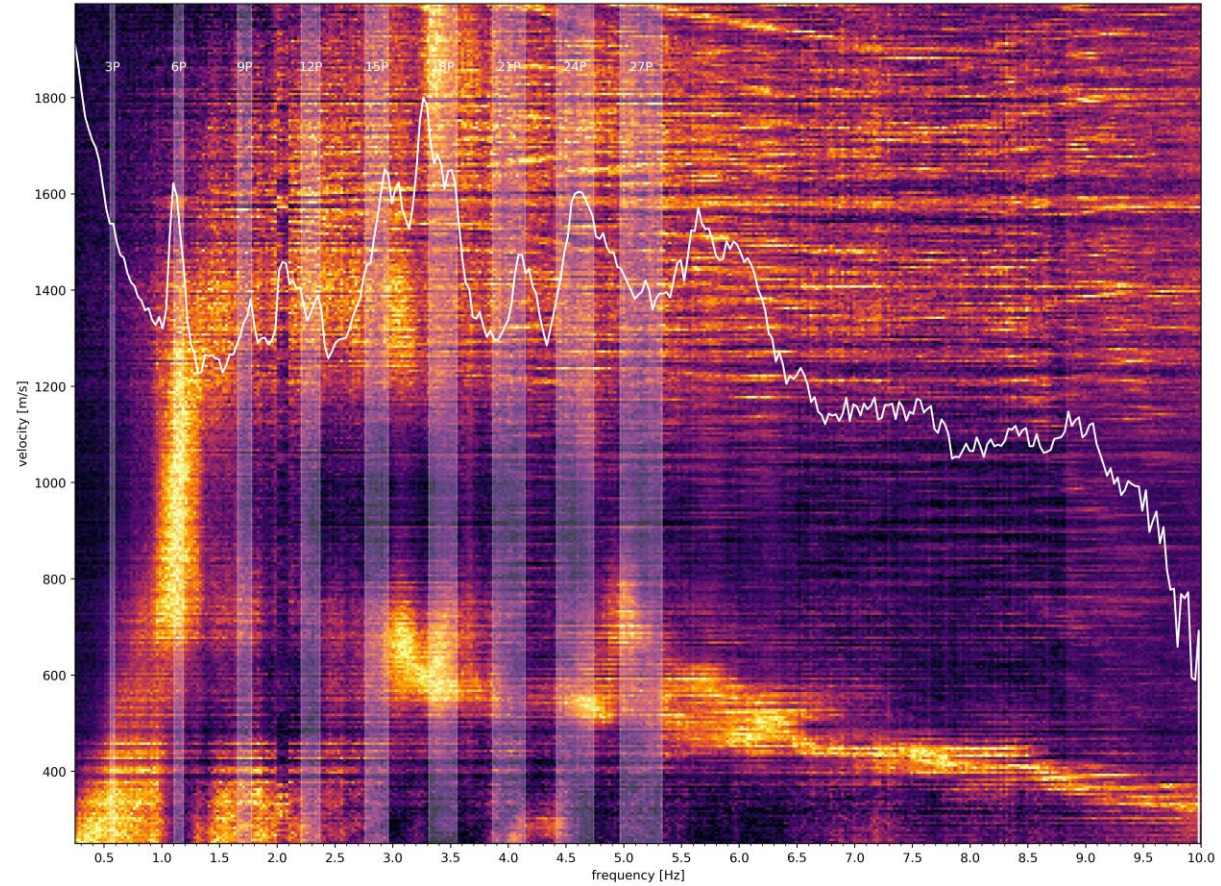


- WEA als „aktive“ Quelle
- Auswertungsmethoden analog zur klassischen Seismik

2. Wellenausbreitung



2. Wellenausbreitung



- Dispersionsanalyse, 1. Versuch
- Bestimmung von Wellengeschwindigkeiten

- Anwendung weiterer Methoden zur Bestimmung des Quellmechanismus
- Weitere Analyse der Wellenausbreitung
- Vergleich mit bekannter Quelle (Vibrotrucks)



Ach



Vielen Dank!