



RUB



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung

2024

EFRE.NRW
Investitionen in Wachstum
und Beschäftigung

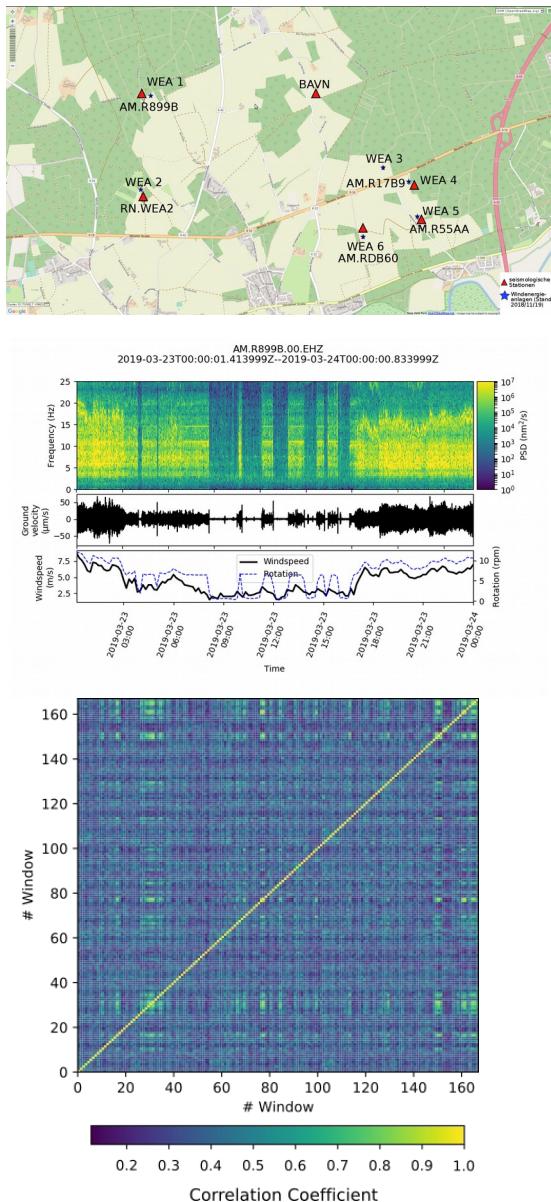
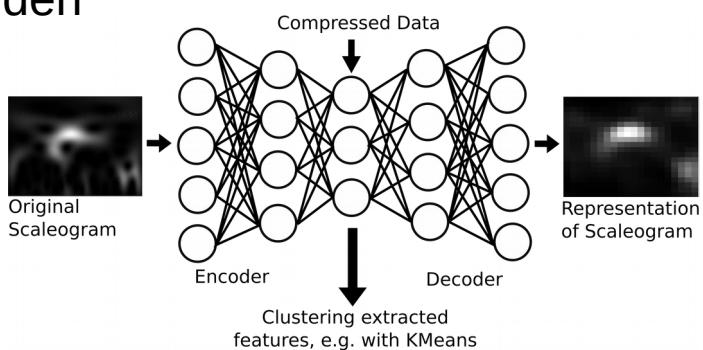
RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

Distanz Profil und Denoising

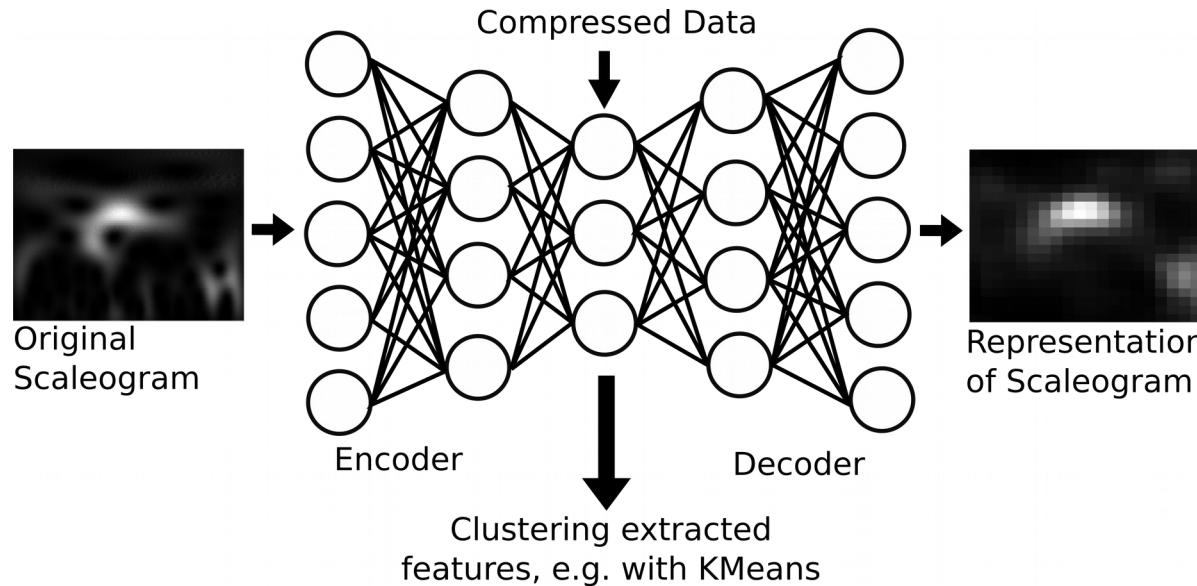
Janis Heuel, Wolfgang Friederich

Zusammenfassung letztes Treffen

- Seit März 2019 laufen Messungen an WEA in Haltern am See
- Neu aufgebaute Stationen sind eindeutig von der WEA dominiert
- Es gibt ähnliche Signale, wenn nach extrahierten Merkmalen sortiert wird
- Maschinelles Lernen soll helfen Cluster und somit ähnliche Signale zu finden

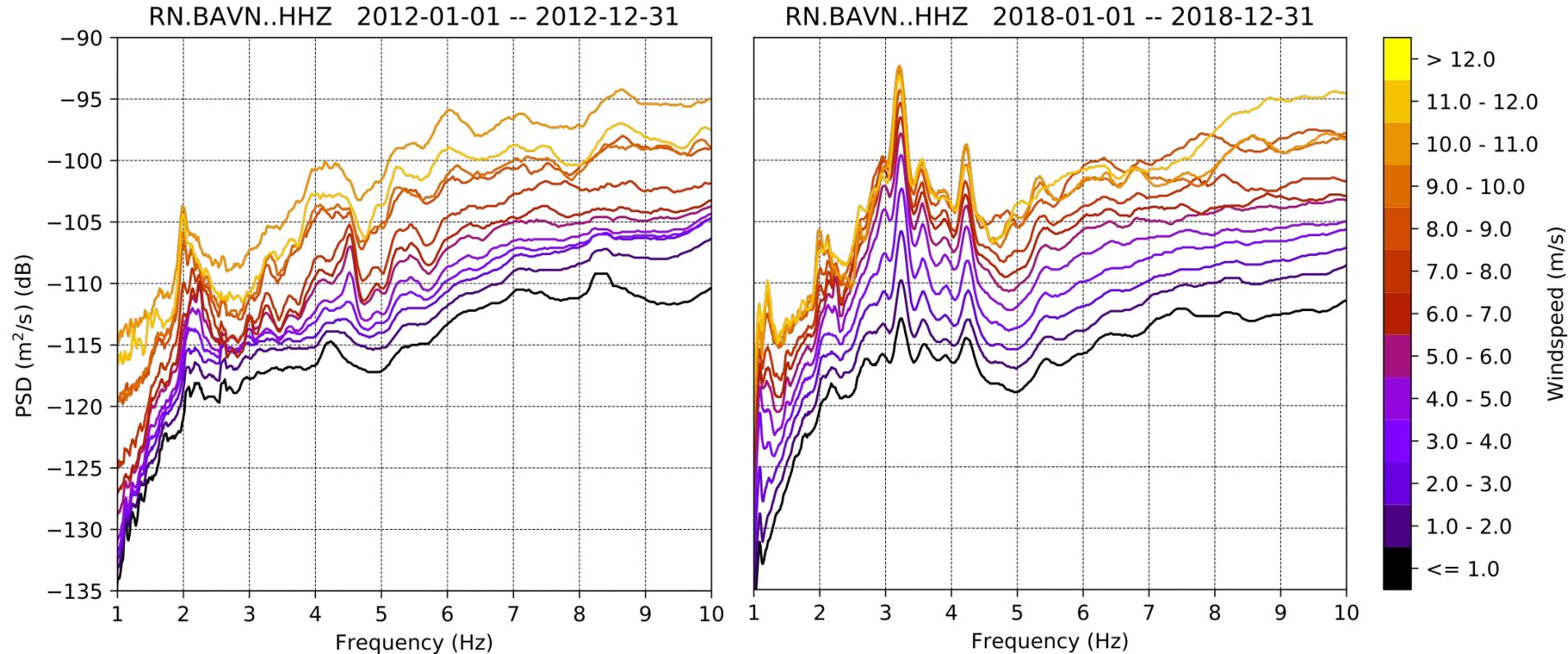


Probleme



- Wie werden die Zeitfenster definiert (Start-, Endpunkt, Länge)
- Trainingsprozess muss für jede Zeitfensterlänge neu durchgeführt werden
- Möglichkeit alle Zeitfenster zu betrachten führt zu langem Training des Netzwerks
 - Zu Umständlich
 - hoher Zeitaufwand

Wiederholung: Zielsetzung



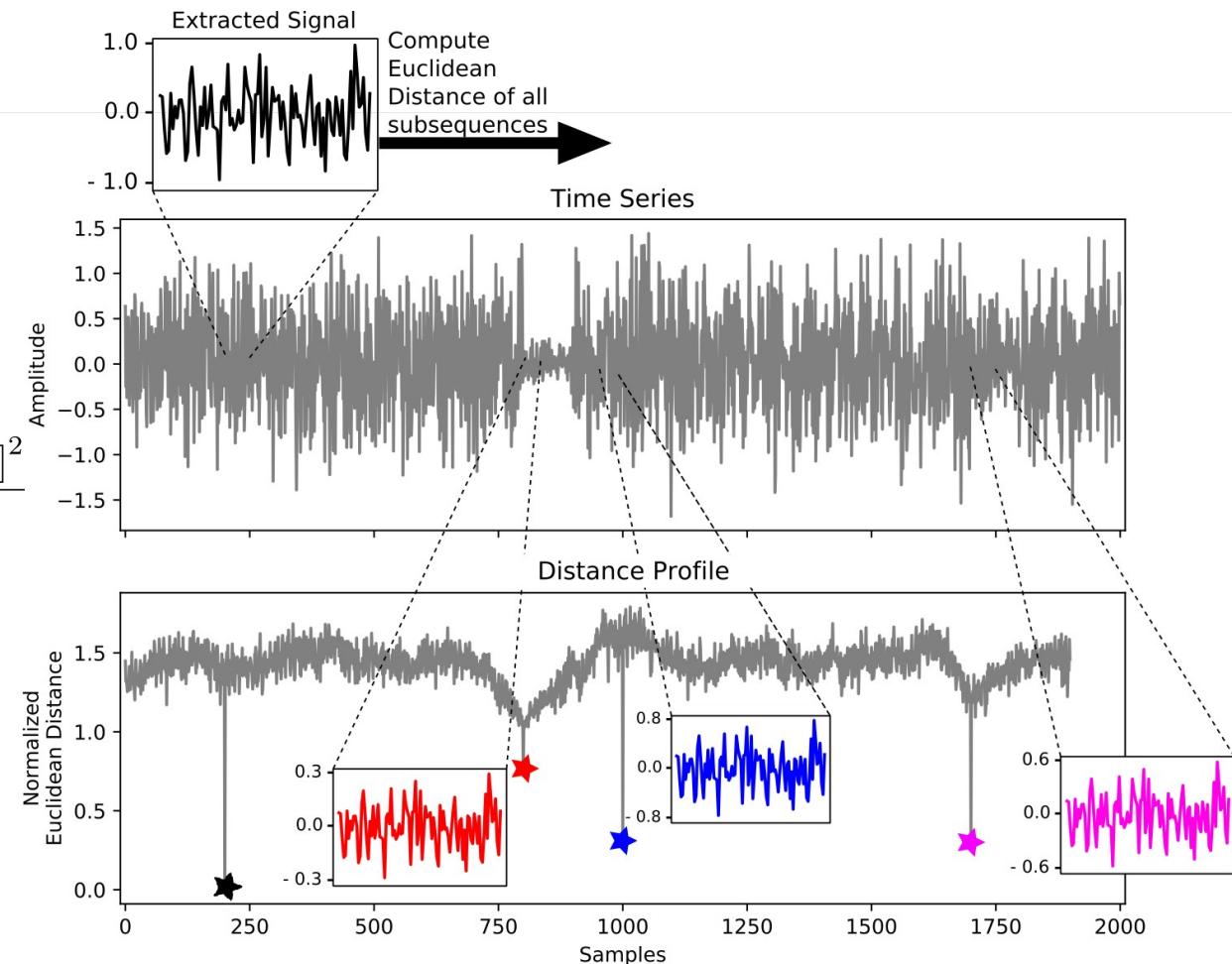
Zielsetzung: Korrektur des Signals an einer seismologischen Station, die von WEA beeinflusst wird

Distanzprofil

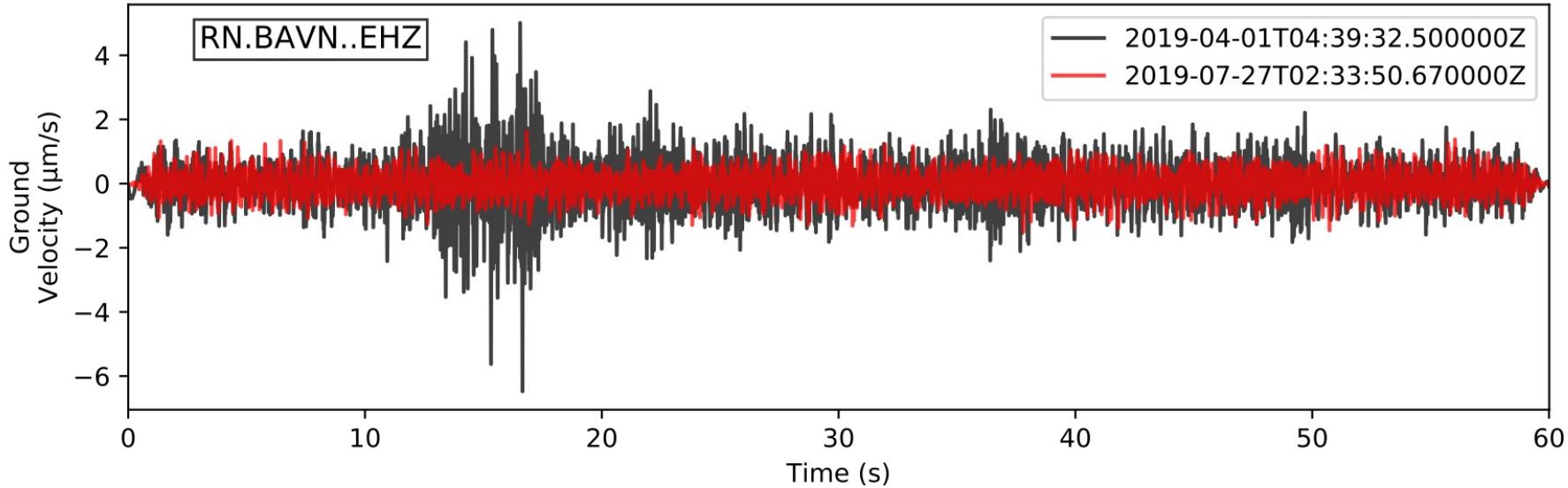
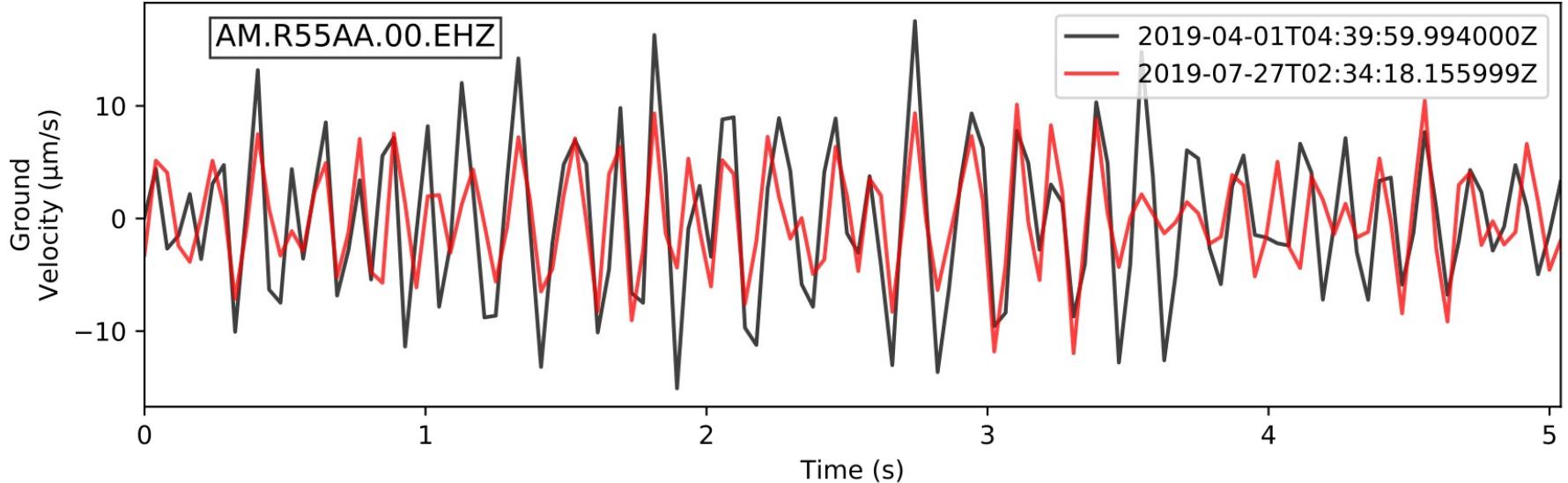
- Berechnung der Euklidischen Distanz eines ausgewählten Zeitfenster zu allen möglichen Zeitfenstern

$$p_{ij}^2 = \frac{\sum_{l=0}^{m-1} [(t_{i+l} - \mu_i) - (t_{j+l} - \mu_j)]^2}{\sum_{l=0}^{m-1} (t_{i+l} - \mu_i)^2}$$

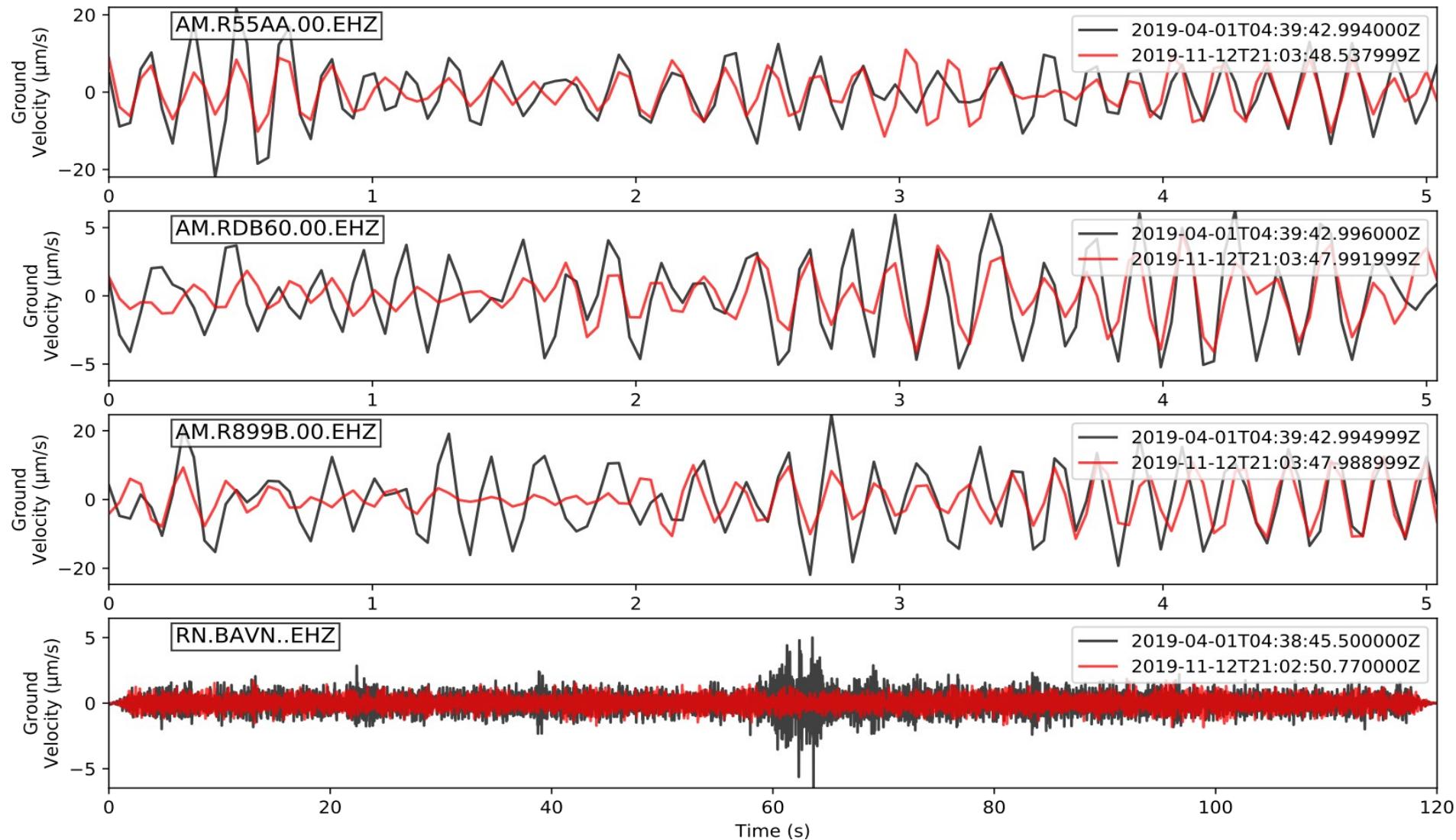
- Die Euklidische Distanz ist empfindlich bezüglich der Amplitude und kann somit genutzt werden um hochähnliche Signale zu finden



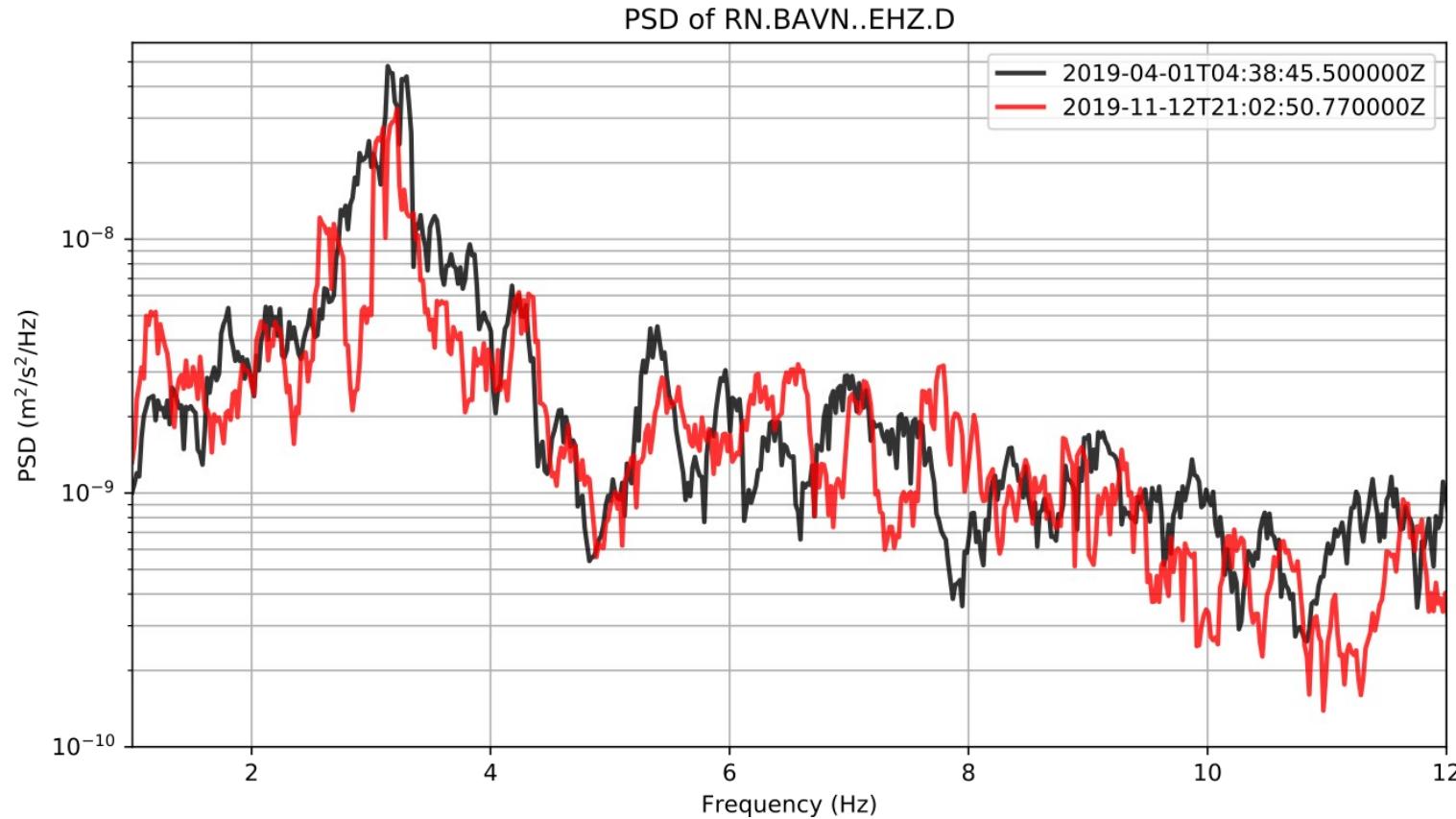
Beispiel an einer Station



Beispiel mit drei Stationen



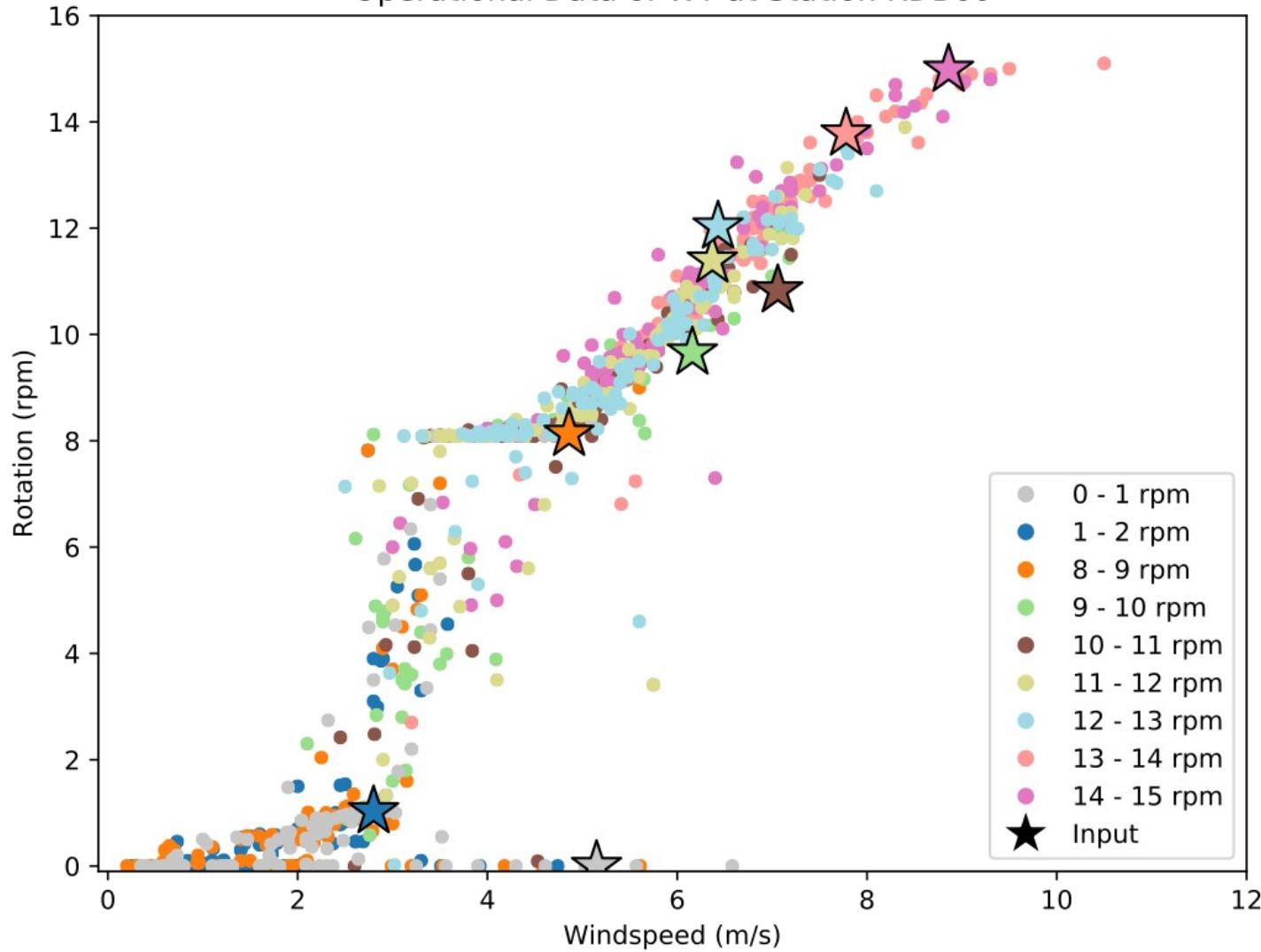
Spektren von vorauschten Signal und Noise Modell



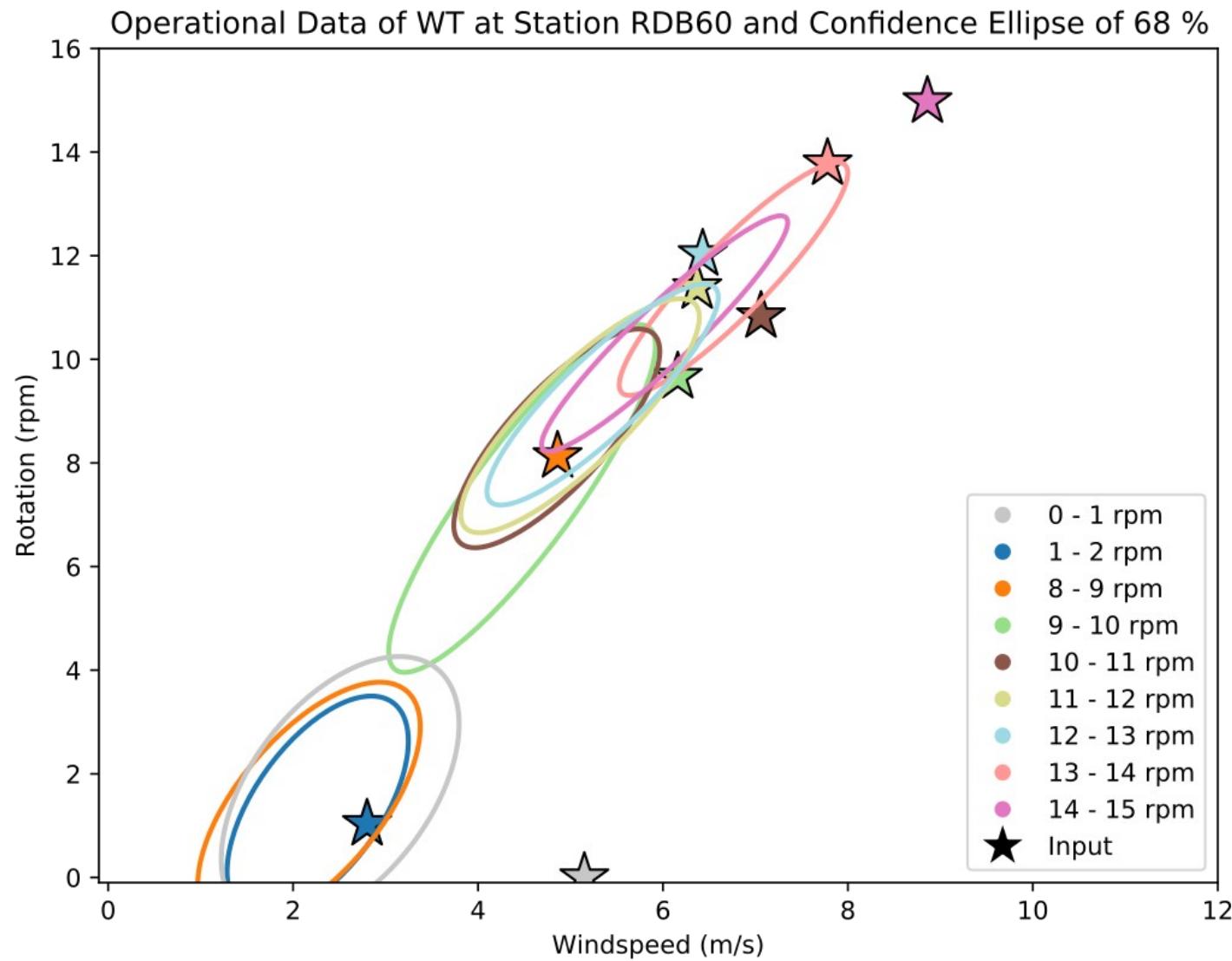
- Hochähnliche Signale an WEA führen zu ähnlichen Spektren an entfernter seismologischer Station (auch ähnliche Betriebszustände der WEA?)
- Korrektur im Frequenzbereich möglich mit anschließender Transformation zurück in den Zeitbereich?

Zusammenhang mit WEA Betriebsparametern

Operational Data of WT at Station RDB60



Zusammenhang mit WEA Betriebsparametern



Korrektur mittels Wavelet Denoising (Theorie)

Wir nehmen an, dass das gemessene Signal $s(t)$ an einer seismologischen Station eine Überlagerung aus dem wahren Signal $x(t)$ und Rauschen $d(t)$ ist:

$$s(t) = x(t) + d(t)$$

Im nächsten Schritt wird das Signal $s(t)$ mit Hilfe der Continuous Wavelet Transform (CWT) in den Zeit-Frequenz-Bereich transformiert. Der Vorteil gegenüber der Short Time Fourier Transformation (STFT) besteht darin, dass die einzelnen Zellen in der Zeit-Frequenz-Ebene variabel aufteilbar sind, allerdings lässt sich das Unschärferelation nicht umgehen. D.h. bei niedrigen Frequenzen haben wir eine schlechte Zeitauflösung, aber eine hervorragende Frequenzauflösung, wohingegen bei hohen Frequenzen eine schlechte Frequenzauflösung, aber eine gute Zeitauflösung vorliegt.

Die Idee hinter der CWT ist, auf das Signal einen variierenden Bandpassfilter (mother-wavelet $\psi(t)$) anzuwenden.

$$\begin{aligned} CWT_s(a, \tau) &= \int_{-\infty}^{\infty} s(t)a^{-\frac{1}{2}}\Psi^* \left(\frac{t - \tau}{a} \right) dt \\ &= CWT_x(a, \tau) + CWT_d(a, \tau) \end{aligned}$$

Korrektur mittels Wavelet Denoising (Theorie)

Von vergangenen Messungen ist das Rauschen $d(t)$ bekannt:

$$CWT_{\hat{x}}(a, \tau) = CWT_s(a, \tau) - CWT_d(a, \tau)$$

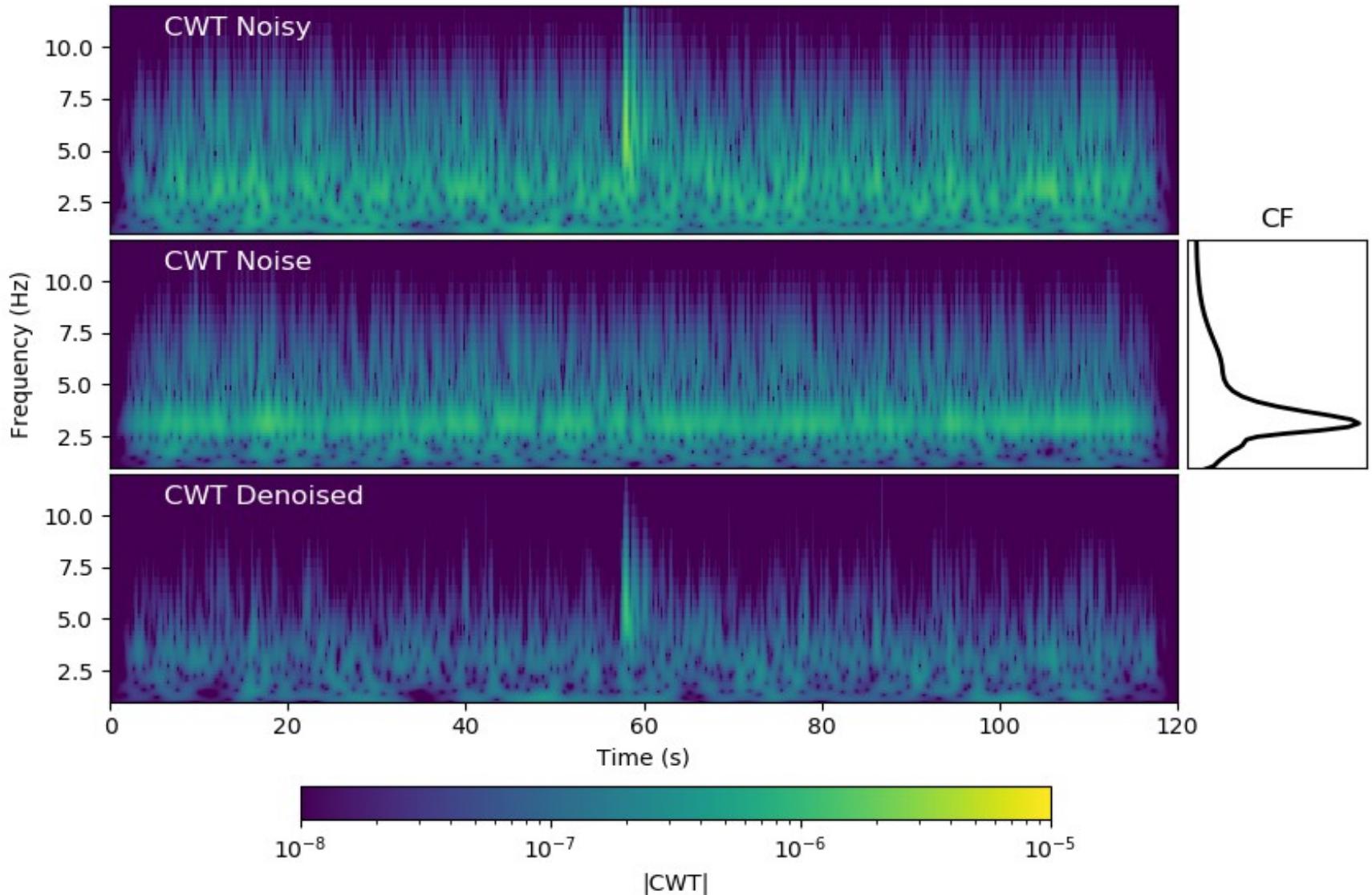
Es ist sehr wahrscheinlich, dass die Störsignale in CWT_s und CWT_d nicht zu den gleichen relativen Zeitpunkten sind, weswegen ein mittleres Noise Modell benötigt wird. Dieses Modell besteht aus allen charakteristischen Merkmale des Rauschens (Mousavi et al., 2016):

$$CF = \sum_{\tau=0}^{n-1} |CWT_d(a, \tau)|$$

Nun kann die Magnitude der CWT mit CF korrigiert werden. Anschließend wird die korrigierte Magnitude wieder um die Phase ergänzt und in den Zeitbereich zurück transformiert.

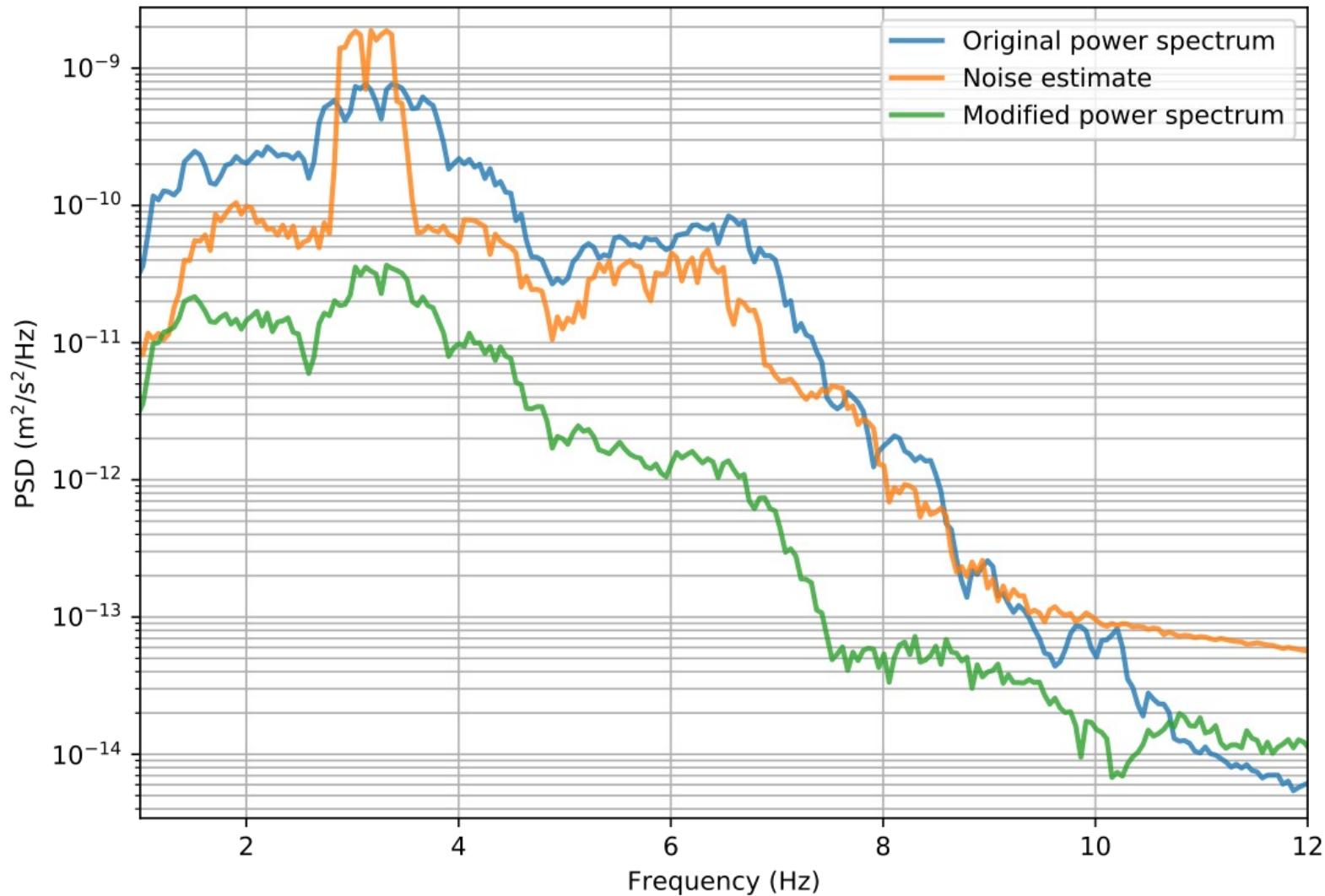
$$|CWT_{\hat{x}}(a, \tau)| = \begin{cases} |CWT_s(a, \tau)| - \alpha \cdot CF(a) & , \text{if } |CWT_s(a, \tau)| \geq \alpha \cdot CF(a) \\ 0 & , \text{otherwise} \end{cases}$$

Korrektur mittels Wavelet Denoising

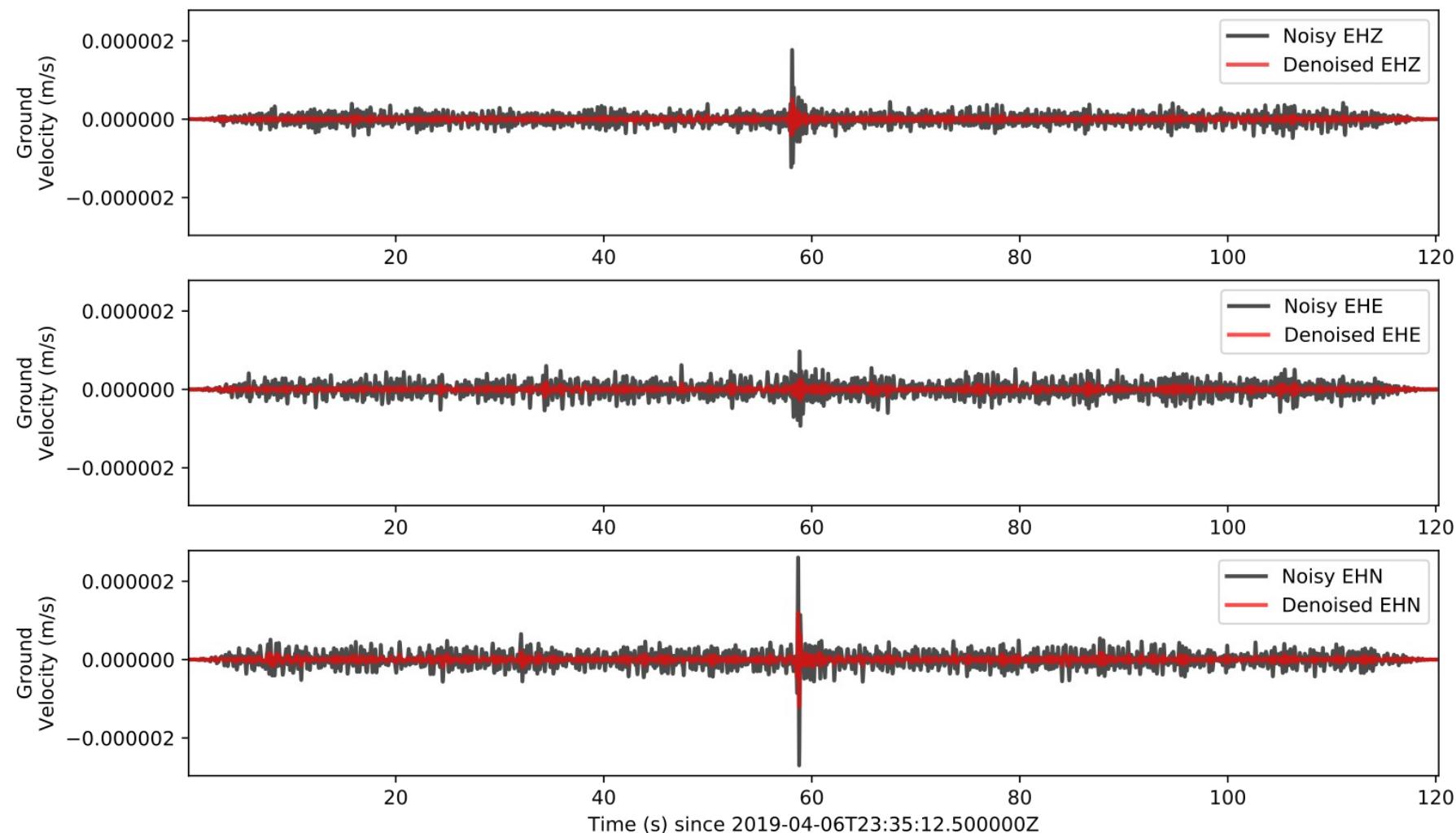


Korrektur mittels Wavelet Denoising

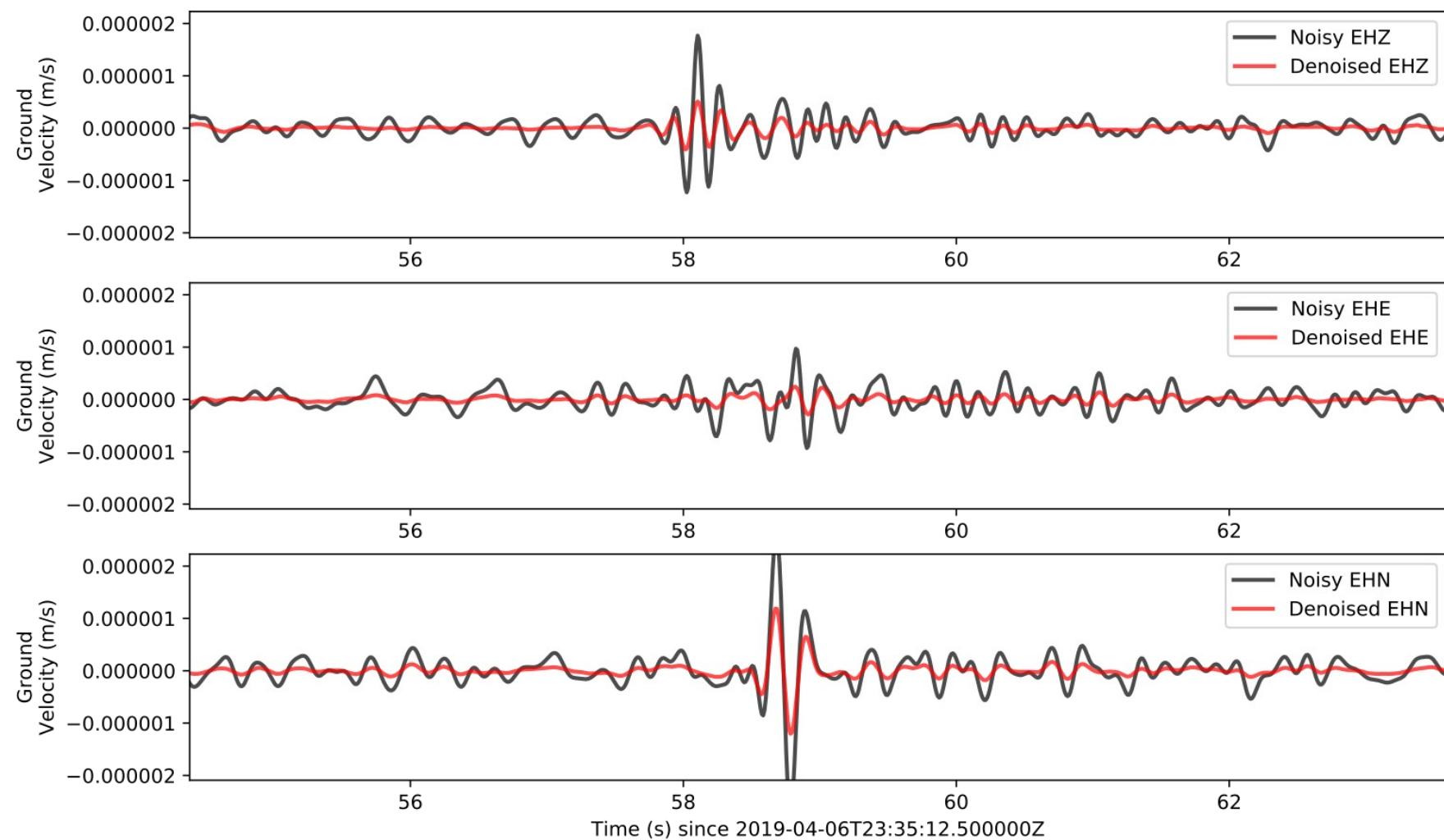
Power Spectral Density (RN.BAVN..EHZ)



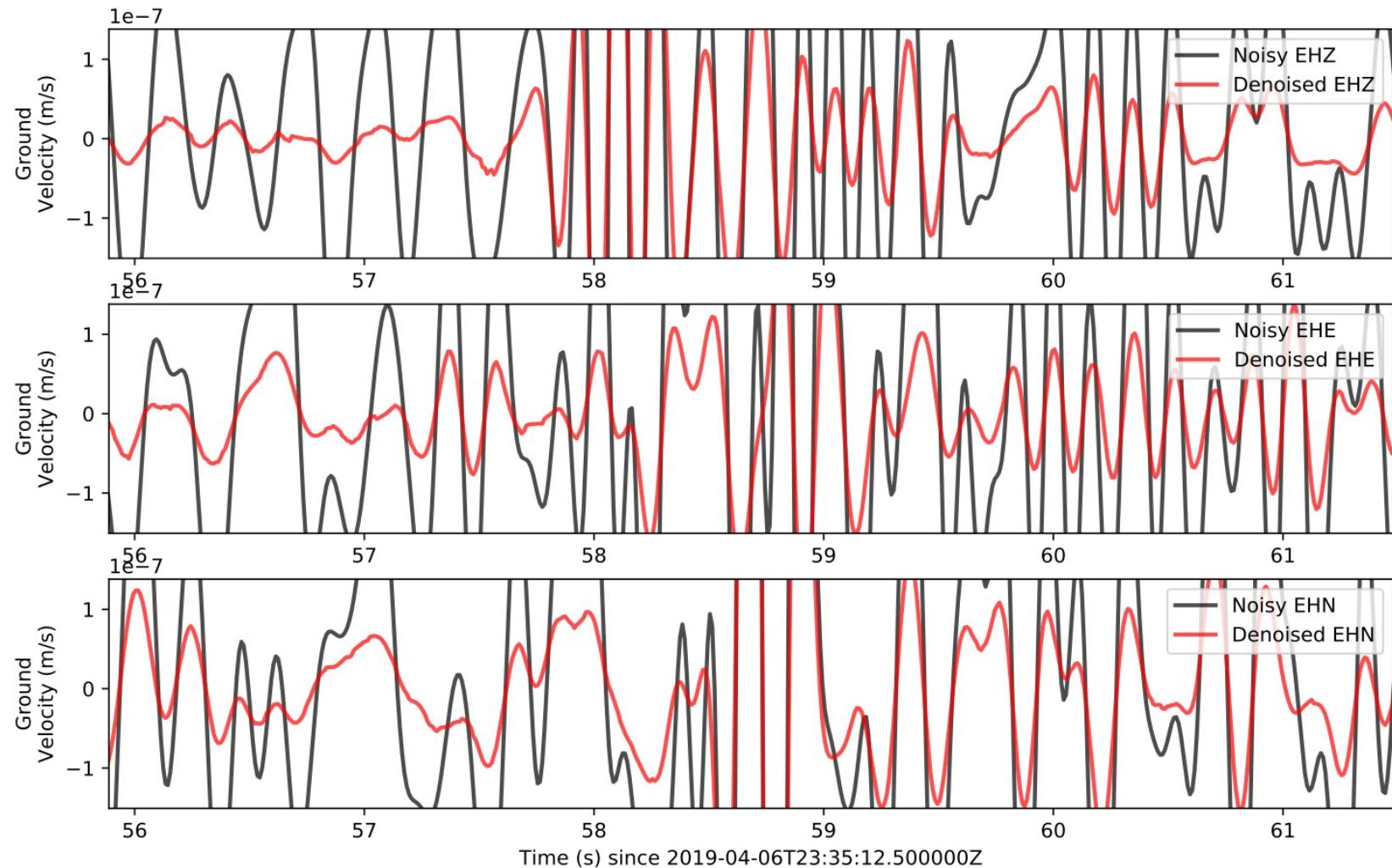
Korrektur mittels Wavelet Denoising



Korrektur mittels Wavelet Denoising



Korrektur mittels Wavelet Denoising



Zusammenfassung & Ausblick

- Finden von hochähnlichen Signalen an jeder WEA mit Hilfe eines Distanz Profils (Dauer: ca. 1 h für ein Jahr kontinuierliche Daten und einen Kanal, gerechnet auf 40 Kernen)
 - Extraktion eines Noise Modells zu einem beliebigen Zeitpunkt
 - Korrektur des Signals mit Hilfe der CWT (Dauer: ein paar Sekunden)
-
- Aufbau einer Software, die die vorgestellten Methode einfach zugänglich macht
 - Ggf. weitere Denoising Algorithmen auf Basis der CWT anwenden
 - Tests, ob auch Events entdeckt werden können, die zuvor im Rauschen versteckt waren

Literaturverzeichnis

Mousavi, S. M.; Langston, C. A. & Horton, S. P.

Automatic microseismic denoising and onset detection using the synchrosqueezed continuous wavelet transform
Geophysics, Society of Exploration Geophysicists, 2016a, 81, V341-V355