



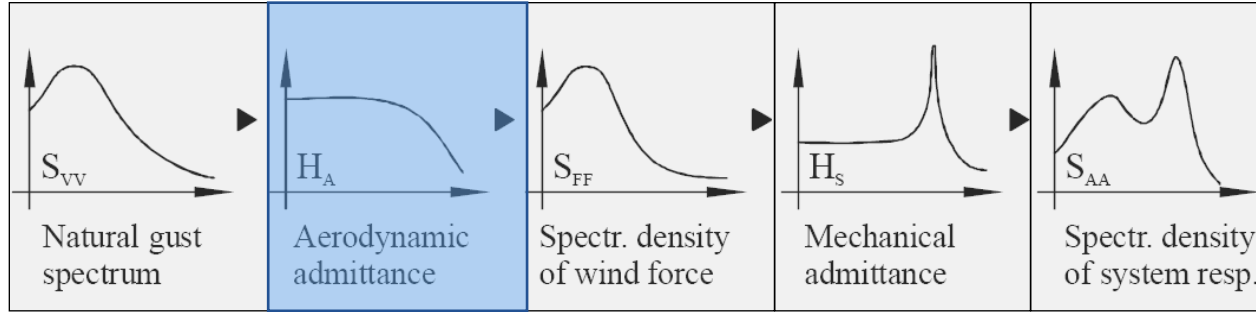
Inverse Modellierung der dynamischen Windlastwirkung an einem Hochhausbauwerk

Frank Kemper
Chris Geurts

WTG Tagung 2023
Aachen



Davenport Windloadchain

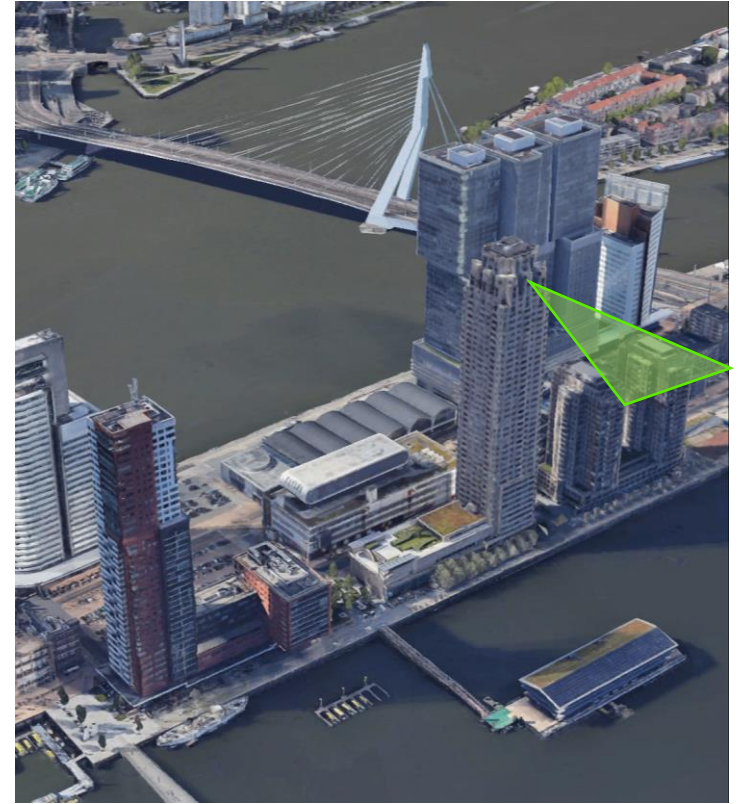
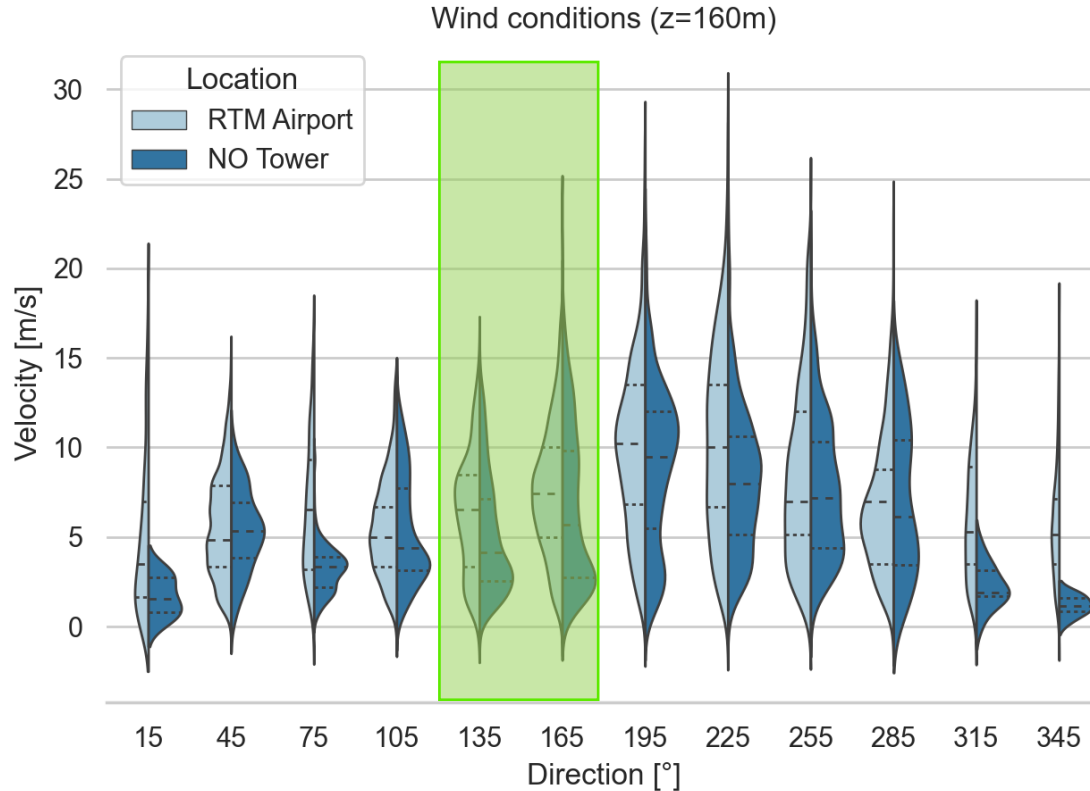


- Identifikation der **aerodynamischen Admittanz (und Windkraft)**
- Räumliche und zeitliche **Korrelationseffekte**
- Explarische Darstellung der Methoden
(inverse Modellierung, selbstlernende Algorithmen)

New Orleans, Rotterdam

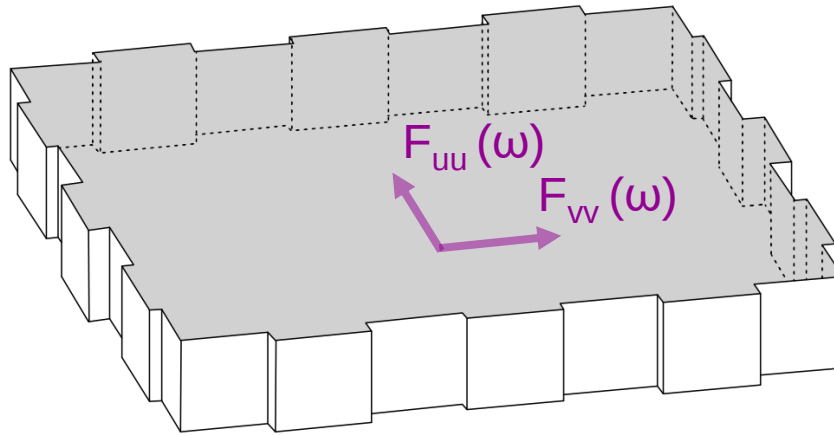


New Orleans, Rotterdam - Windbedingungen



Aerodynamische Admittanz – Was bedeutet das?

1. Größeneffekt



Kraftspektren

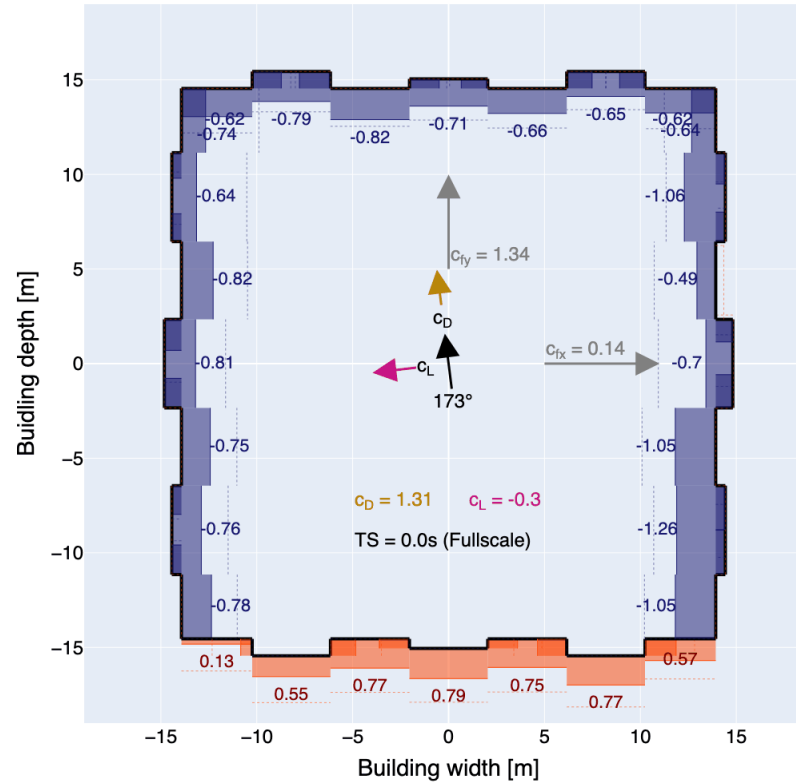
Böenspektrum

$S_{uu}(\omega)$

$S_{vw}(\omega)$

Aerodynamische Admittanz – Was bedeutet das?

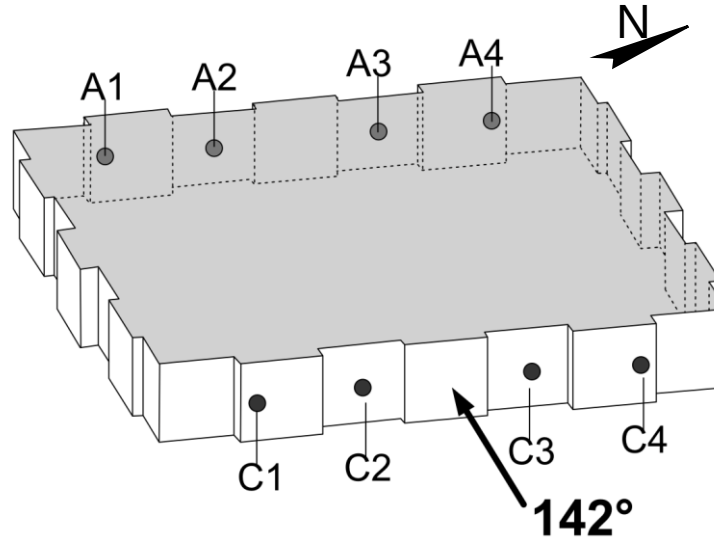
1. Größeneffekt



1. Grösseneffekt

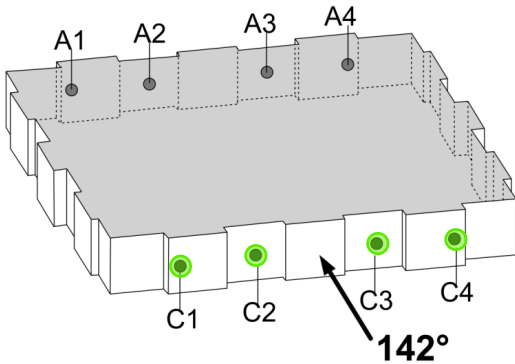
Nutzung von Messdaten

- 4+4 Außendruckmessstellen (luv- und leeseitig)
- Abtastrate 20Hz
- Gewählt:
 - Jahr 2020
 - 22 Stunden
 - $v=10-11$ m/s

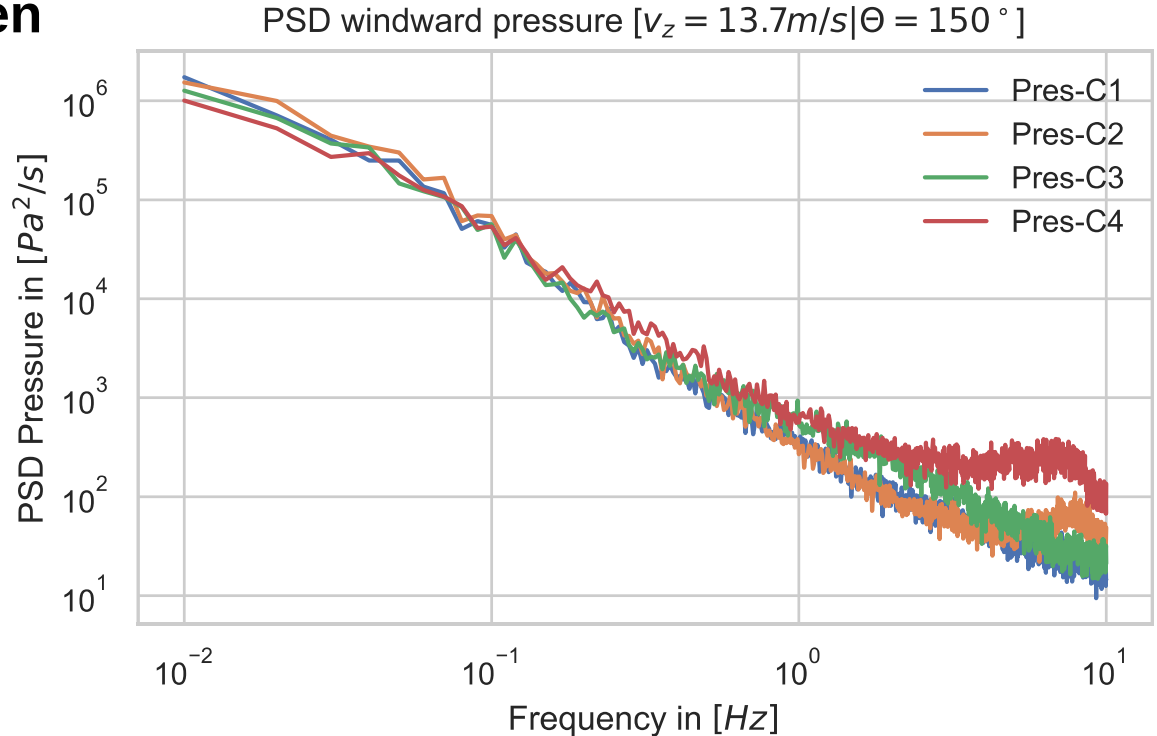


1. Grösseneffekt

Luvseitige Druckspektren

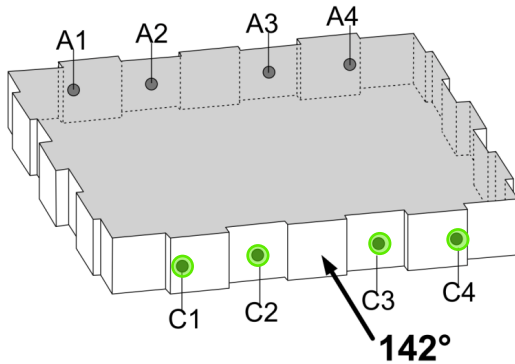


Data: Year 2020, $\varphi=130^\circ\text{-}150^\circ$,
 $u=11\text{-}12$ m/s, 22 Events à 1 hours

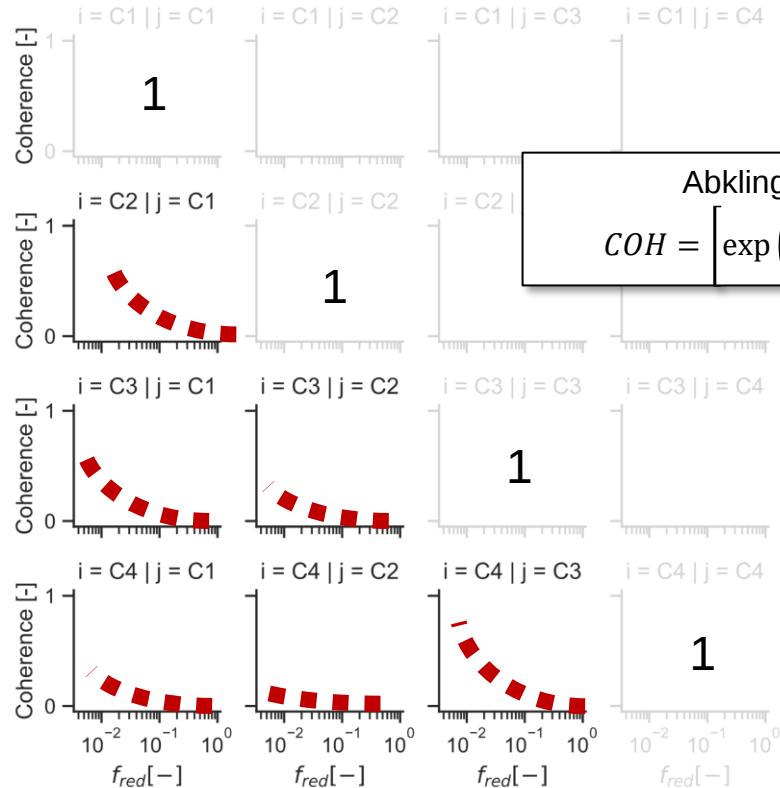


1. Grösseneffekt

Luvseitige Kohärenz



Data: Year 2020, $\varphi=130^\circ\text{-}150^\circ$,
 $u=11\text{-}12$ m/s, 22 Events à 1 hours



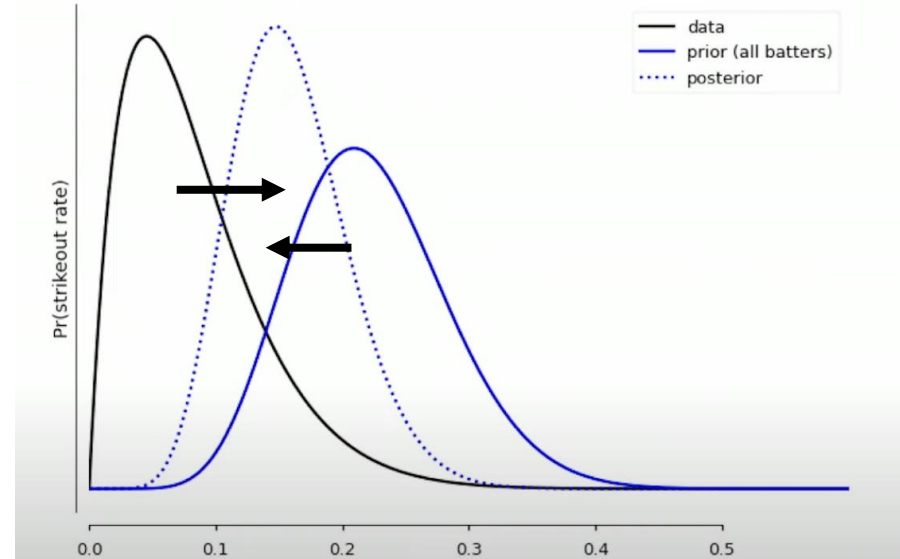
Von Daten lernen

- Statistik der Modelle, nicht der Daten
- Verbesserung von Prognosemodellen aufgrund neuer Daten (selbstlernend)
- Trotz begrenztem Stichprobenumfang verbesserte Prognose aufgrund der Vorerfahrung

$$\text{Posterior Probability} \quad \Pr(\theta|y) = \frac{\text{Likelihood of Observations} \quad \Pr(y|\theta) \quad \text{Prior Probability} \quad \Pr(\theta)}{\text{Normalizing Constant} \quad \Pr(y)}$$

Von Daten lernen

- Statistik der Modelle, nicht der Daten
- Verbesserung von Prognosemodellen aufgrund neuer Daten (selbstlernend)
- Trotz begrenztem Stichprobenumfang verbesserte Prognose aufgrund der Vorerfahrung



Von Daten lernen

Anfängl. Annahme + Neue Daten (Beobachtung) $\triangleright$ Verbesserte Annahme
(Prior) (Evidence) (Posterior)

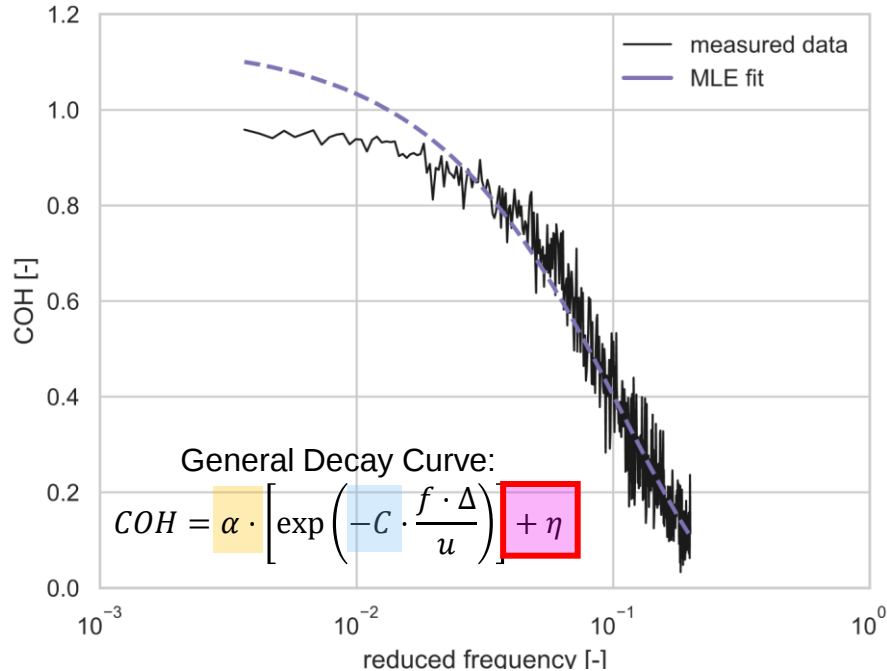


Jeder neue Datensatz ermöglicht ein Bayesianisches Update

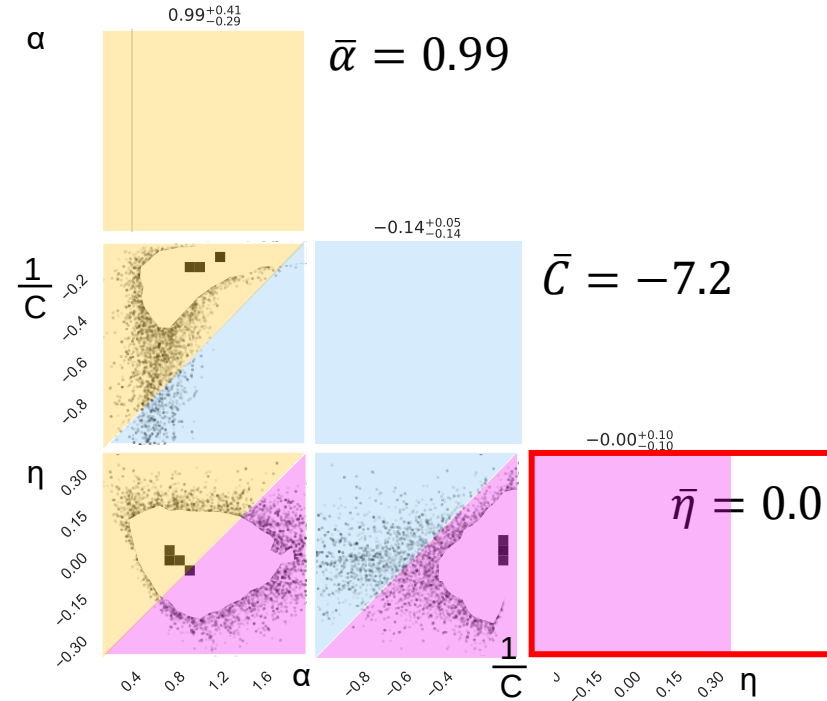
Wir erlernen das Modell aus den Daten

1. Grösseneffekt

Messung [Luvseite: C1-C2, $\Delta=6.0\text{m}$]



Baye'sche Modellierung [MCMC]





New Orleans, Rotterdam
H=158m

$f_1=0.28$ Hz

$f_1=0.29$ Hz

$f_1=0.64$ Hz

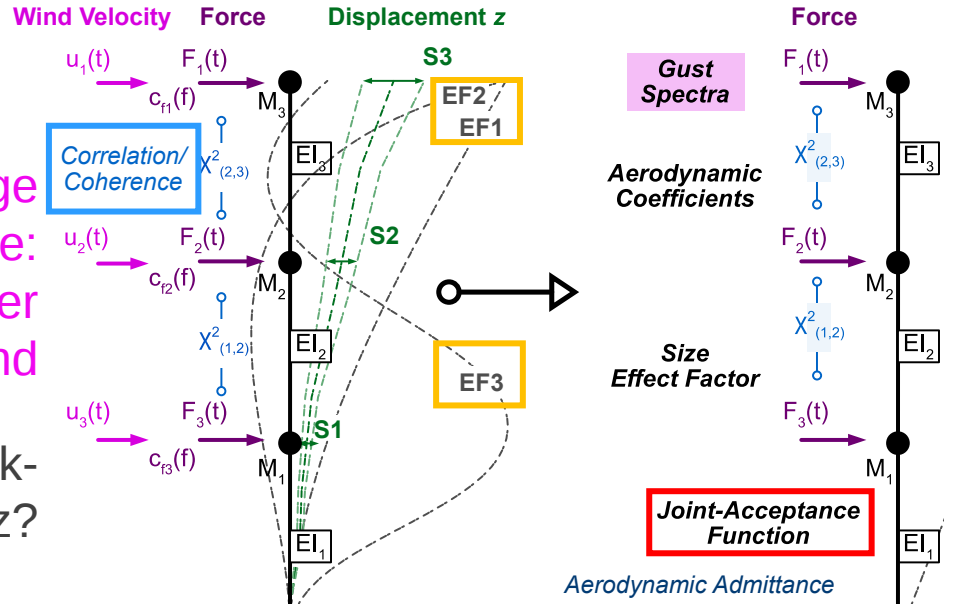
2. Aerodynamische Admittanz (Joint Acceptance Function)



tion

Bisherige
Modelle:
Ungestörter
Wind

Druck-
admittanz?



$$J_k^2 = \int_0^H \int_0^H \Phi_k(z_1) \gamma_{uu}(z_1 z_2) \Phi_k(z_2) dz_1 dz_2$$

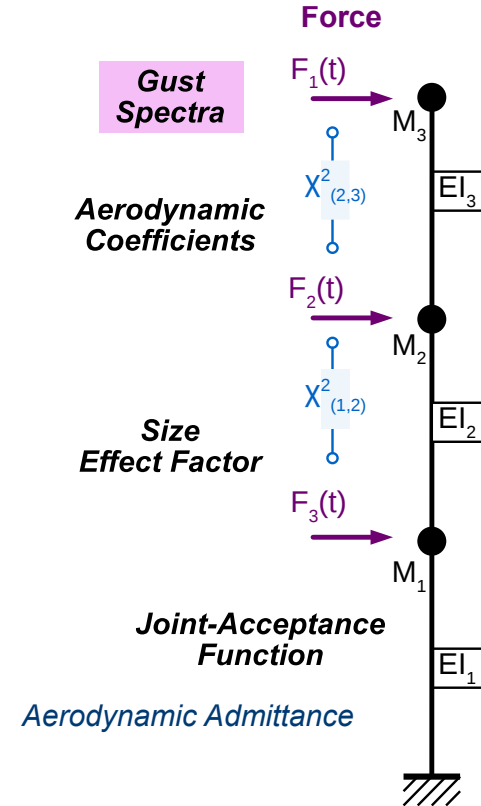
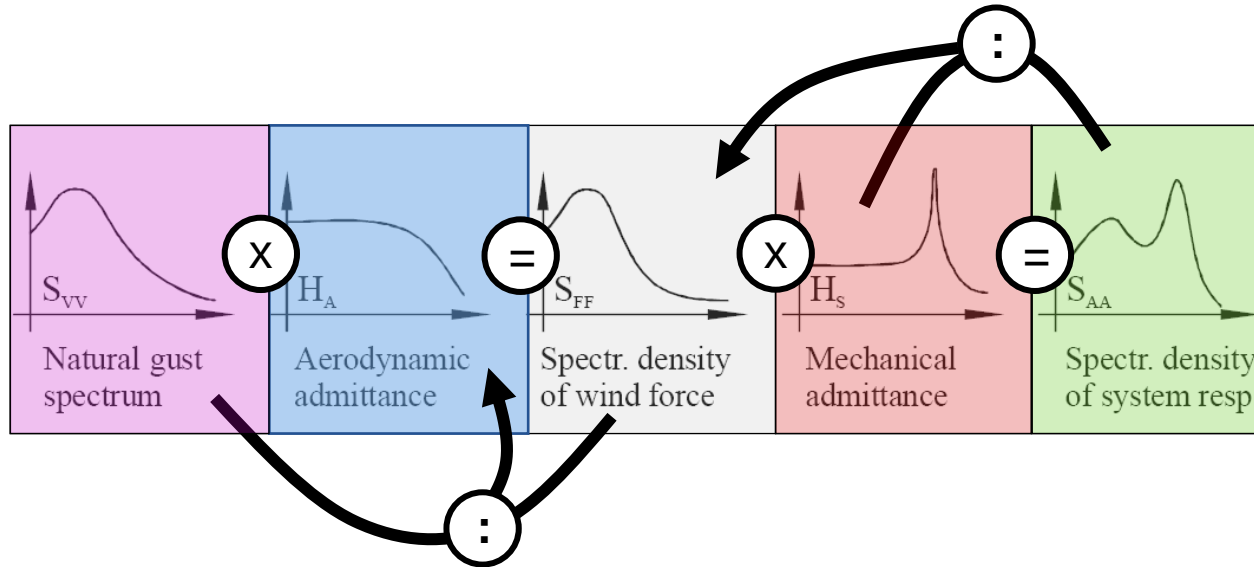
Cheyne, E.: Influence of the Measurement Height on the Vertical Coherence of Natural Wind
January 2019, DOI: [10.1007/978-3-030-12815-9_17](https://doi.org/10.1007/978-3-030-12815-9_17)

$$\int_0^H \int_0^H \Phi_k(z_1) \Phi_k(z_2) dz_1 dz_2$$

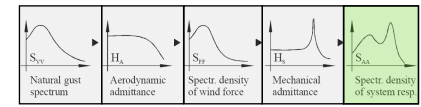
Proceedings of the XV Conference of the Italian Association for Wind Engineering

2. Aerodynamische Admittanz (Joint Acceptance Function)

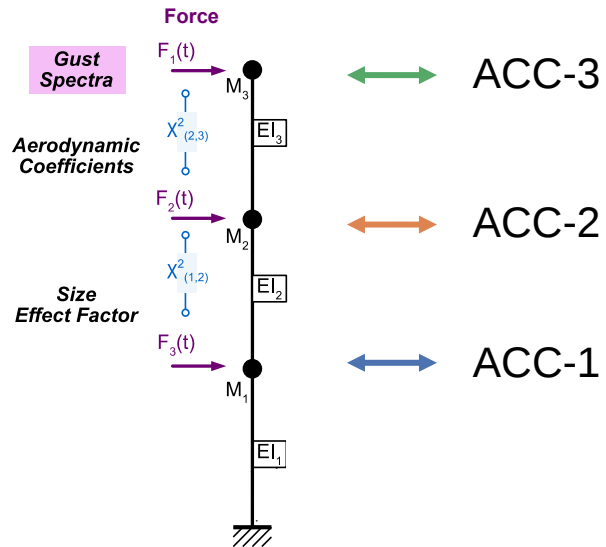
Lösungsansatz als inverses Problem



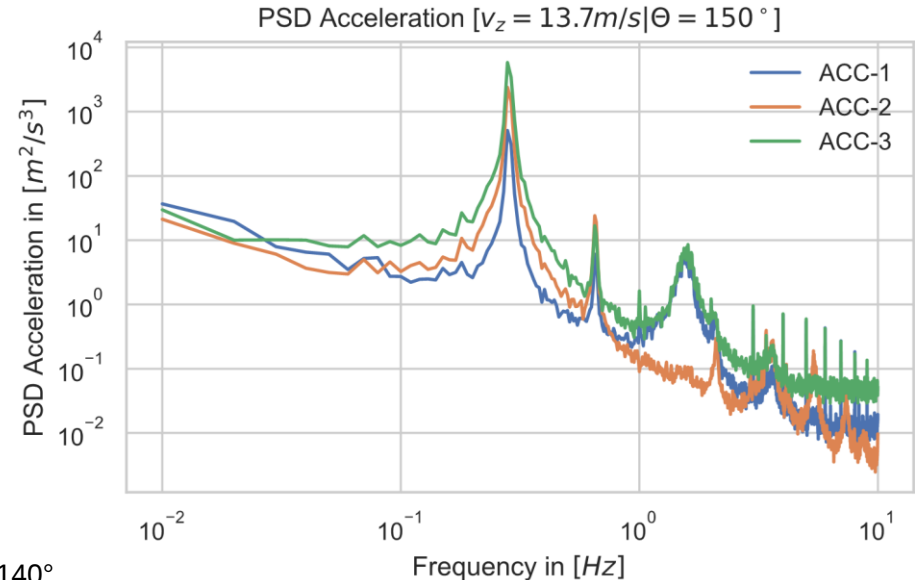
2. Aerodynamische Admittanz (JAF)

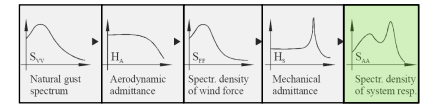


Gemessene Beschleunigungen



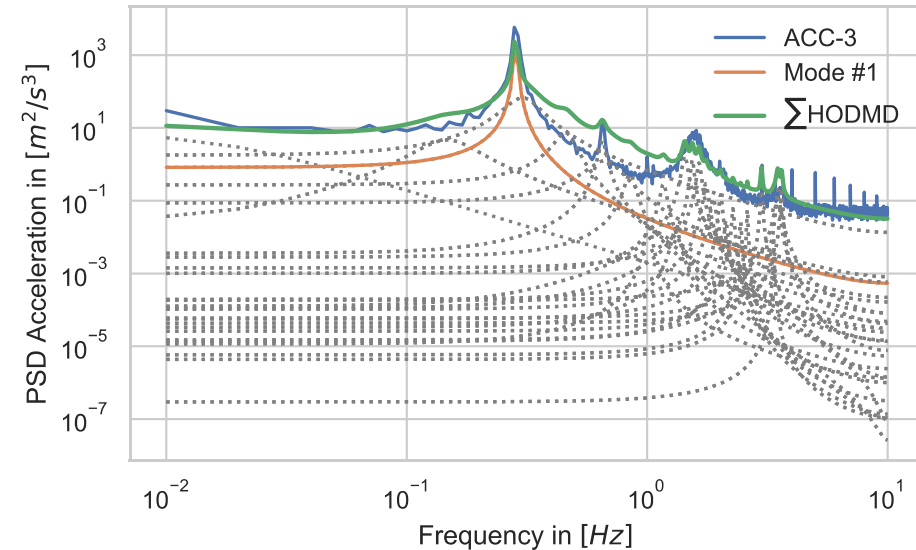
Data: Year 2020, $\varphi=140^\circ$,
 $u=13.7$ m/s, 1 hours



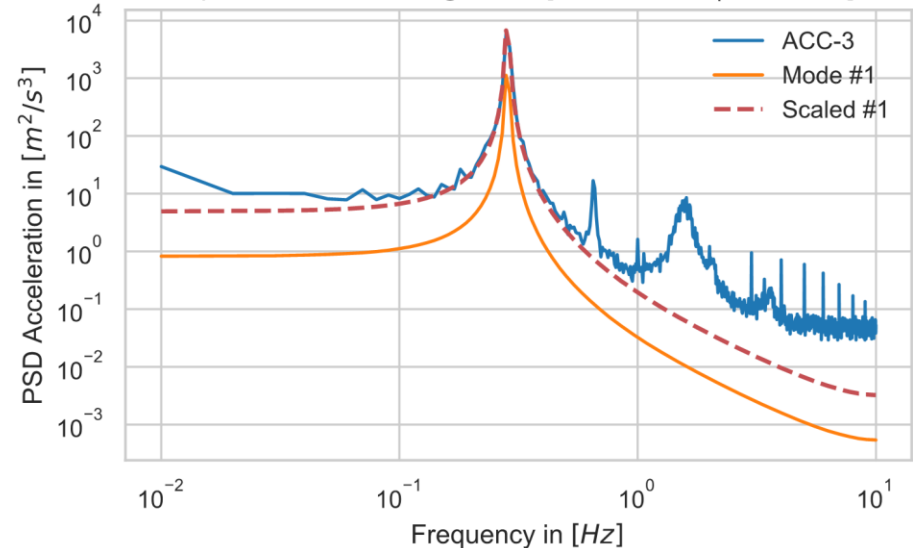


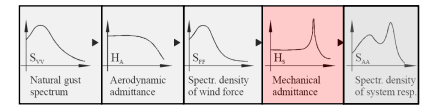
Dekomposition der Beschleunigungsantwort

HODMD Modes, Reconstruction [$v_z = 13.7\text{m/s} | \Theta = 150^\circ$]



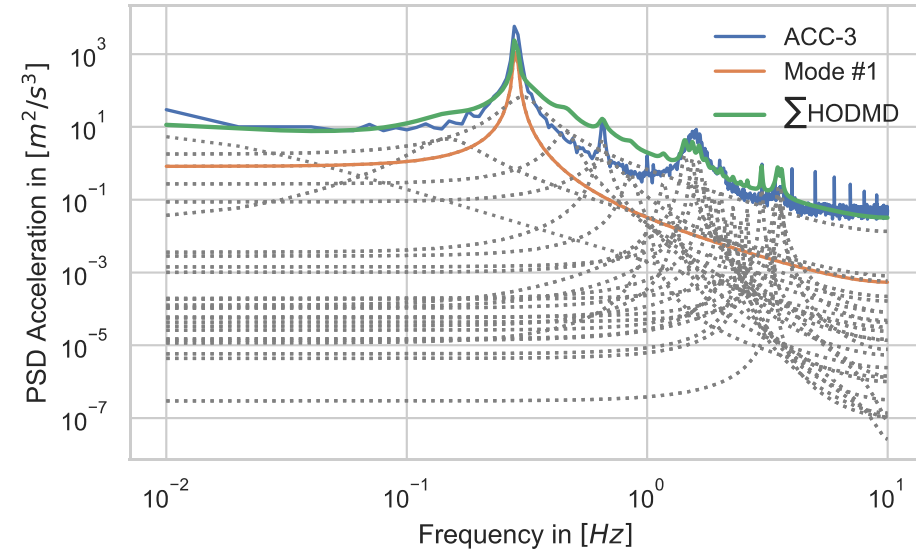
Upscaled HODMD #1@0.28Hz [$v_z = 13.7\text{m/s} | \Theta = 150^\circ$]



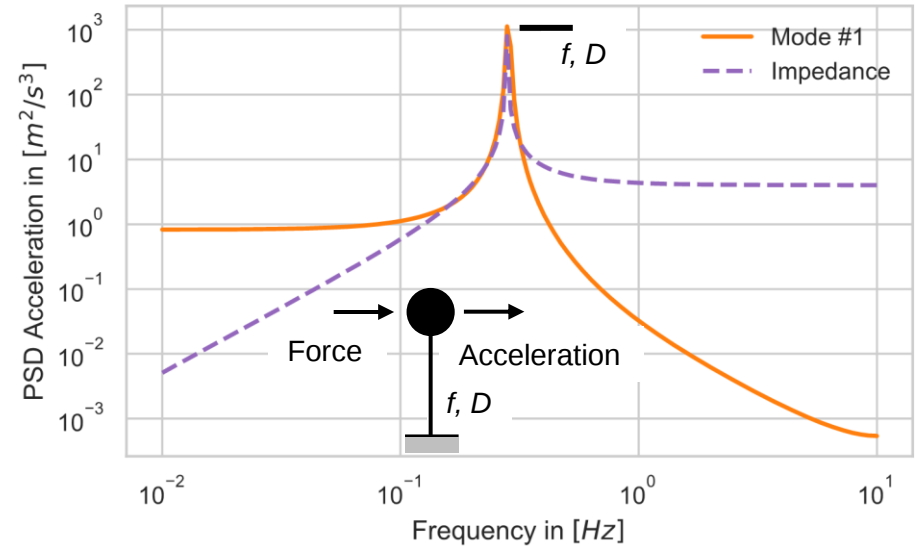


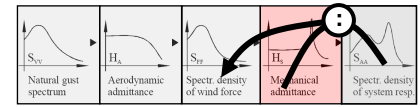
Impedanzfunktion als Mechanische Admittanz

HODMD Modes, Reconstruction [$v_z = 13.7\text{m/s} | \Theta = 150^\circ$]



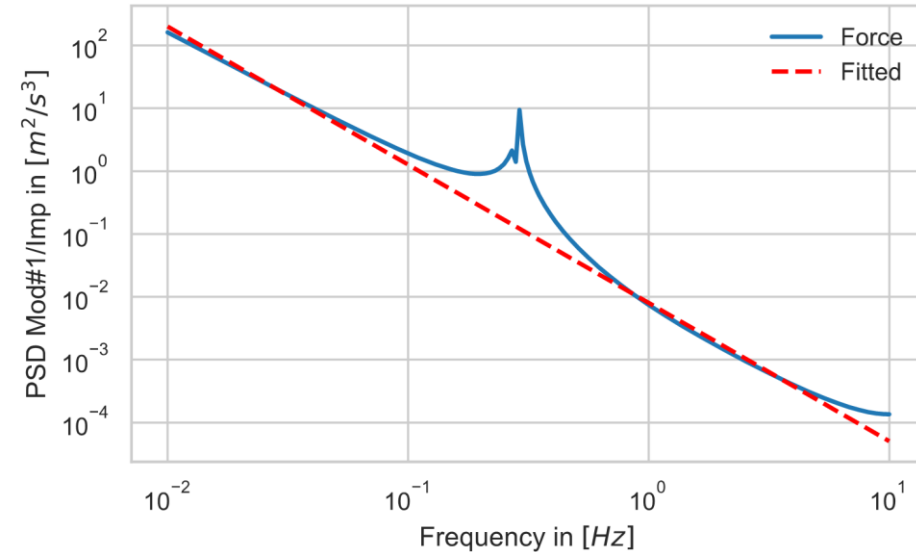
Selection HODMD #1@0.28Hz [$v_z = 13.7\text{m/s} | \Theta = 150^\circ$]



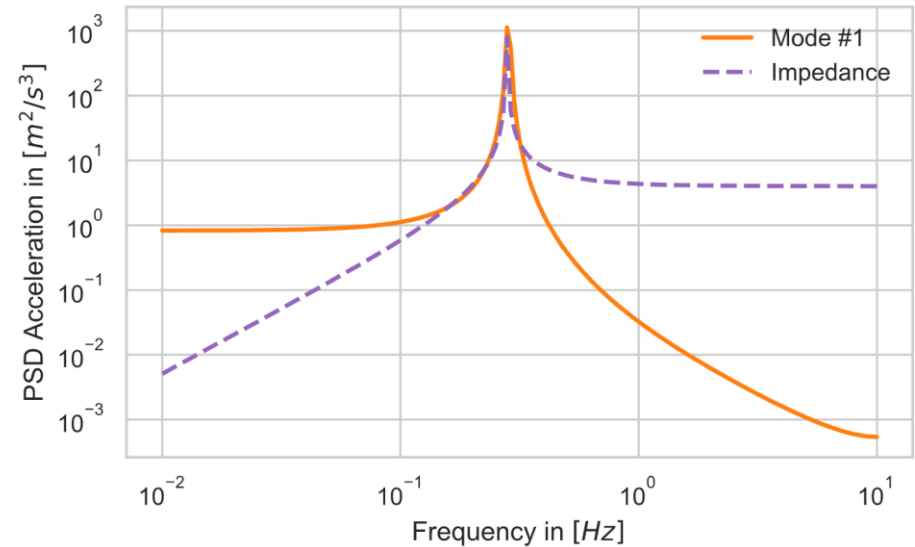


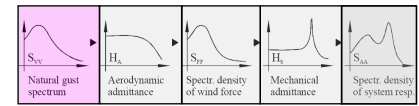
Aerodynamische Kraft

Response/Impedance #1@0.28Hz [$v_z = 13.7\text{m/s}$ | $\Theta = 150^\circ$]



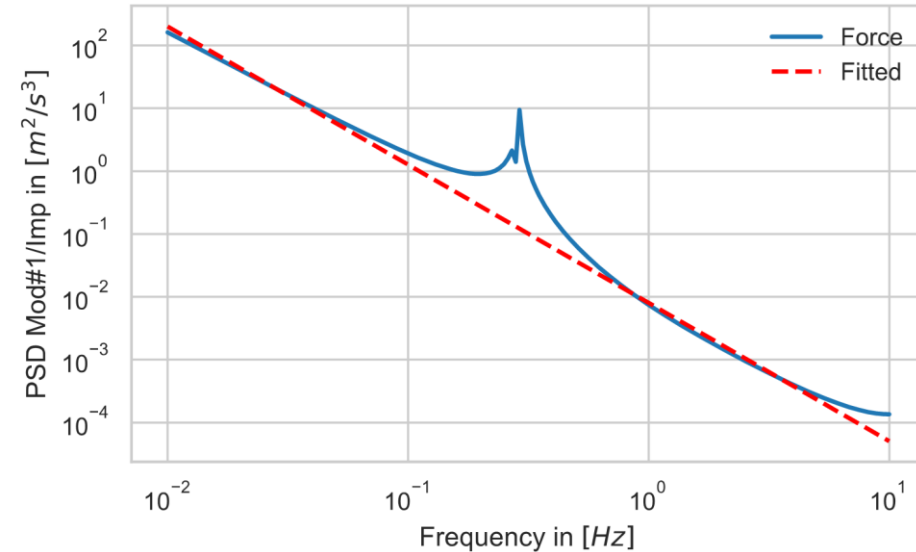
Selection HODMD #1@0.28Hz [$v_z = 13.7\text{m/s}$ | $\Theta = 150^\circ$]



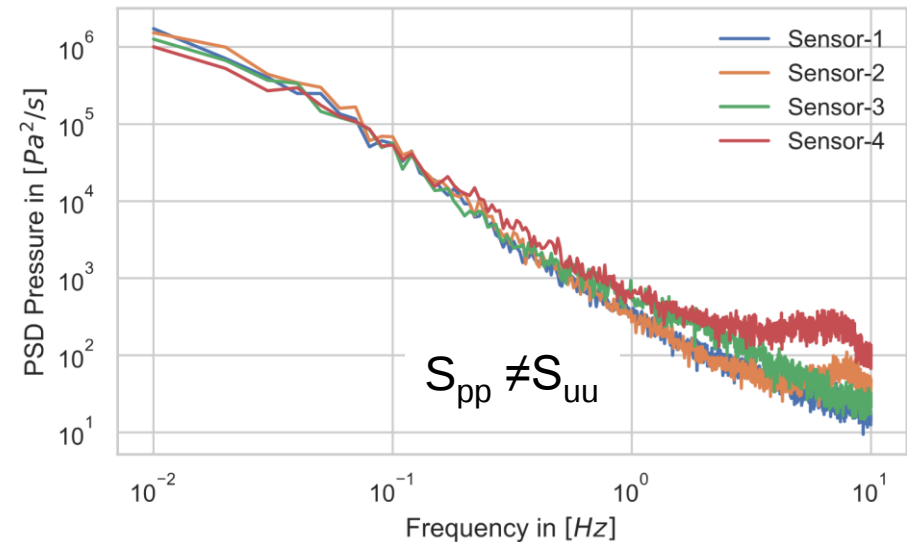


Böenspektrum (Annahme aus Druckmessung)

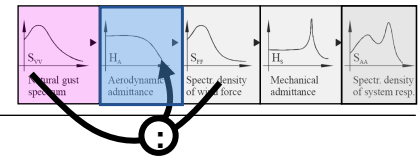
Response/Impedance #1@0.28Hz [$v_z = 13.7\text{m/s}$ | $\Theta = 150^\circ$]



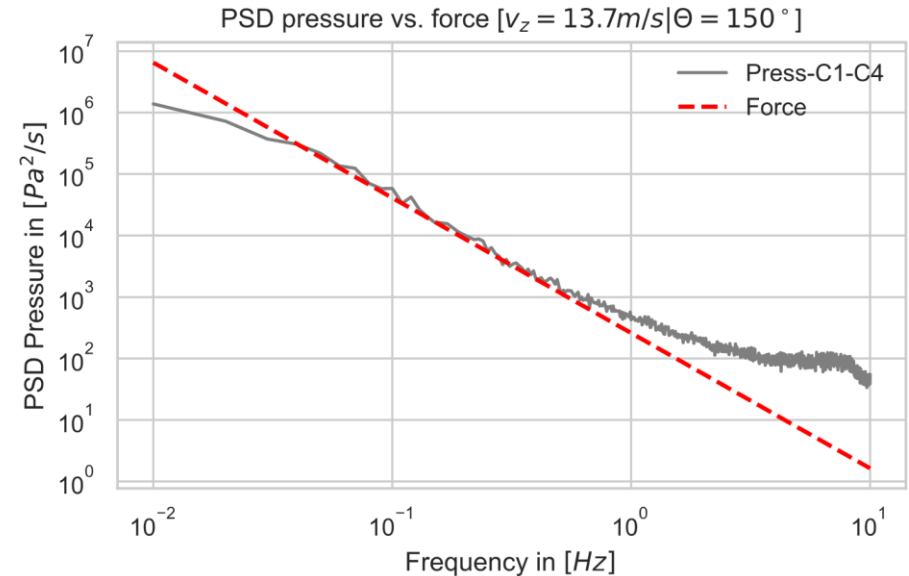
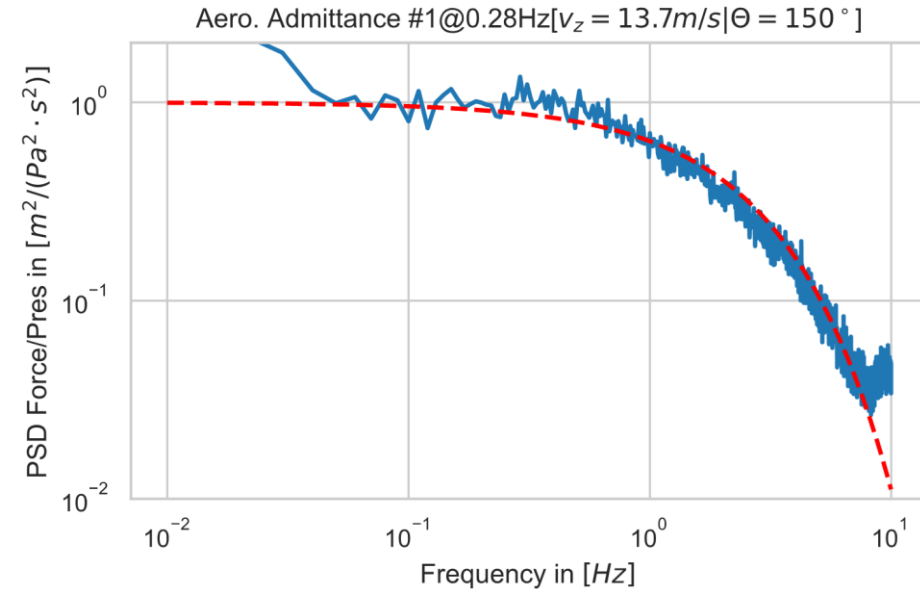
PSD windward ressure [$v_z = 13.7\text{m/s}$ | $\Theta = 150^\circ$]



2. Aerodynamische Admittanz (JAF)



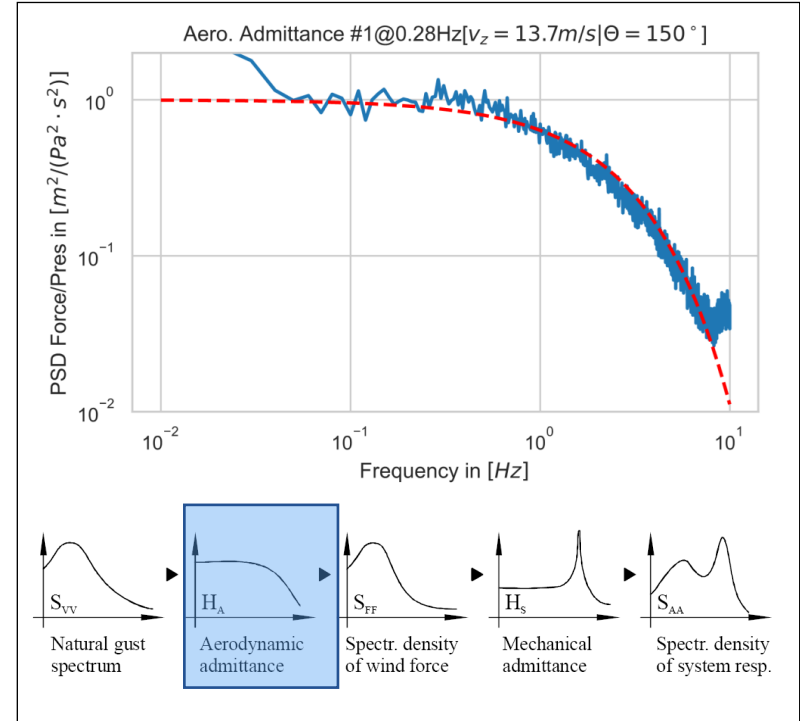
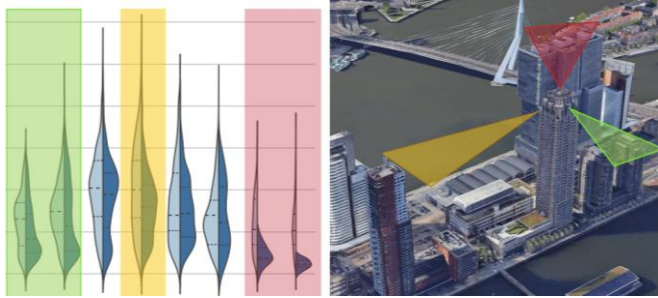
Ergebnis der inversen Modellierung



2. Aerodynamische Admittanz (JAF)

Einschränkungen

- Annahme von $S_{uu} = S_{pp}$
- Einfluss höherer Moden unberücksichtigt
- Mehr Daten notwendig (richtungsbez. Analyse und Absicherung)
- Einfluss der Interferenz ssteht noch aus



Danke

Diese Arbeit entstand im Rahmen des Projektes “HIVIBE”

Wir danken den Projektbeteiligten für die Unterstützung.

