



Fest im Wind: Die Komponente Turm

200 m Nabenhöhe: Zukünftige Turmlösungen von großen  
Windenergieanlagen

Windenergietage 2023  
Prof. Dr. Holger Lange

thinking engineering



Kunden weltweit



# Unternehmen und Leistungen

ISO 9001 Zertifiziert

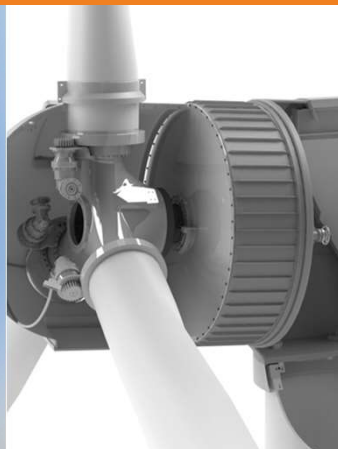
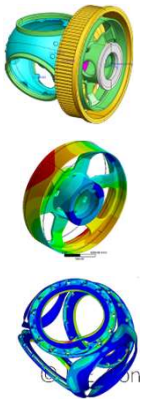


Geschäftsbereiche

Windenergie | Fahrgeschäfte | Konstruktiver Ingenieurbau

Leistungen

Lastsimulation | Weiterbetrieb | Struktur-Design & Struktur-Berechnung | Beratung



Windbedingungen

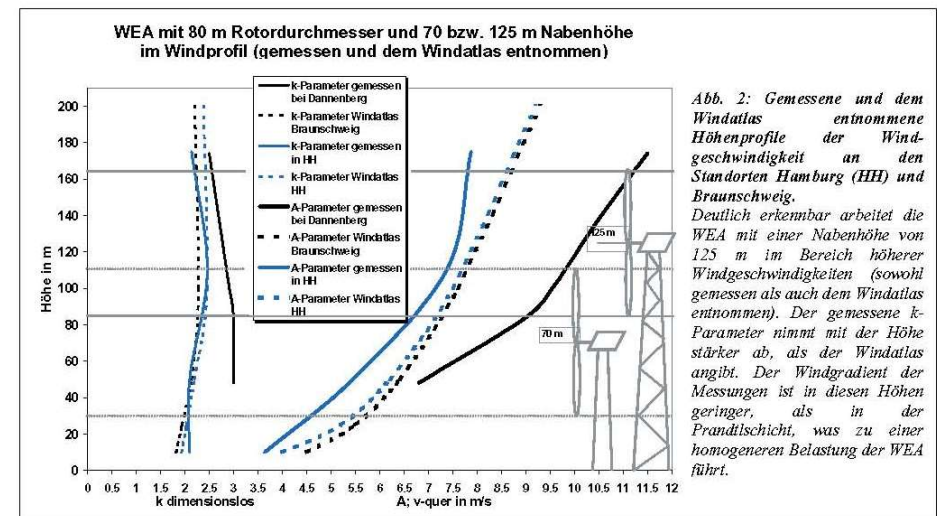
Lastrechnung

Weiterbetrieb



## Warum ist der Turm so wichtig?

- Der Turm und die Gründung ist mit 40% der Gesamtkosten die teuerste Komponente einer WEA
- 20m mehr Höhe bringt ca. 11% mehr Ertrag und weniger Turbulenz
- Das Potential der Entwicklung neuer Turmlösungen ist von allen Komponenten einer WEA am größten



FHprofUnt Projekt

Untersuchungen von möglichen Turmvarianten von Windenergieanlagen in verschiedenen Höhen von zurzeit typischen Binnenwindenergieanlagen

Kurztitel: UTUBI

Förderkennzeichen: 03FH007PX3

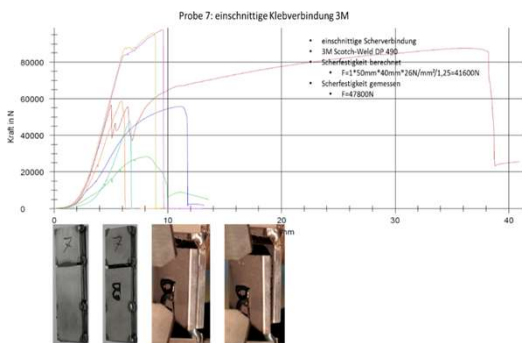
Zuwendungsempfänger: Hochschule Bremerhaven

fk-wind: - Institut für Windenergie

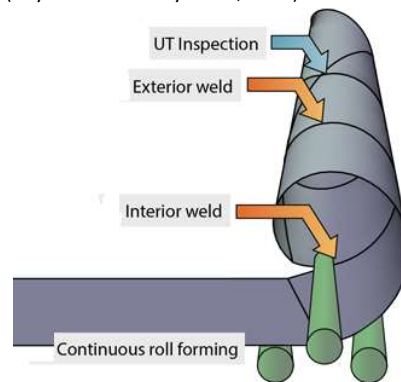
Laufzeit des Vorhabens: 01. Oktober 2013 – 30. September 2016



weltkarte.com



Schematic representation of the production (Keystone Tower Systems, 2015).



## Ergebnisse

Die Hauptfaktoren für die beste Turmlösung sind:

- Gesamtzahl der Türme
- Automatische Fertigung und Montage
- Potenzial für zukünftige Innovationen
- Länder- und Standortbedingungen

Daraus folgen die Hybridsysteme

- Gitter-Stahlrohrturm,
- Beton-Stahlrohrturm
- Segment-Stahlrohrturm

Türme sind die beste Lösung für große Nabhöhhen



## Hybrid Gittermast-Stahlrohrturm

### Pros:

- Unendlich skalierbar
- Lange Erfahrungswerte







## Hybrid Beton-Stahlrohrturm

### Pros:

- Unendlich skalierbar
- Lange Erfahrungswerte
- Optisch ähnlich dem Rohrturm



(Advanced Tower Systems, 2014)



(Max Bögl, 2014)



(Acciona, 2014)



(Echterhoff, 2014)



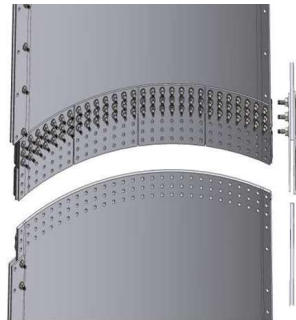
## Hybrid Segment-Stahlrohrturm

### Pros:

- Optisch sehr nahe am Rohrturm
- Lange Erfahrungswerte



Assembly of the LDS towers (Nowack, 2014).



Connections at the modular tubular steel tower (Modular tubular steel tower, 2014).



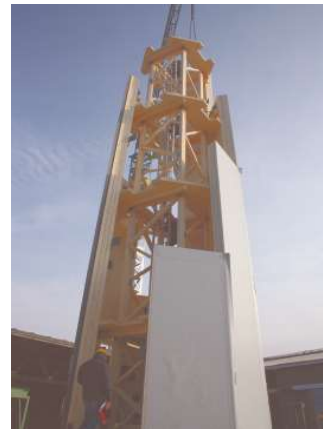
Assembly of a tower segment of the modular tubular steel tower (Modular tubular steel tower, 2014).



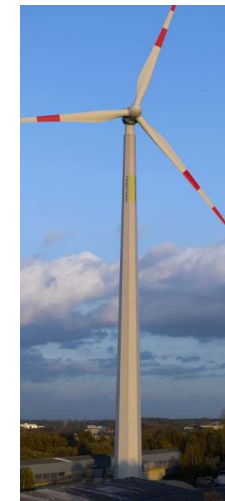
## Hybrid-Holzgittermast-Stahlrohrturm

### Pros:

- Unendlich skalierbar
- CO<sub>2</sub> freundlich



Helix-construction  
(<http://bit.ly/1VXpz1K>).



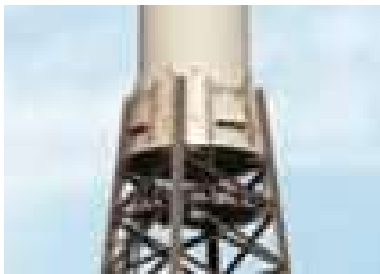
(Timbertower, 2015)



# Adapterdesign



(Tindall, 2015)



Transition piece (Suzlon, 2015).



(Echterhoff, 2014)

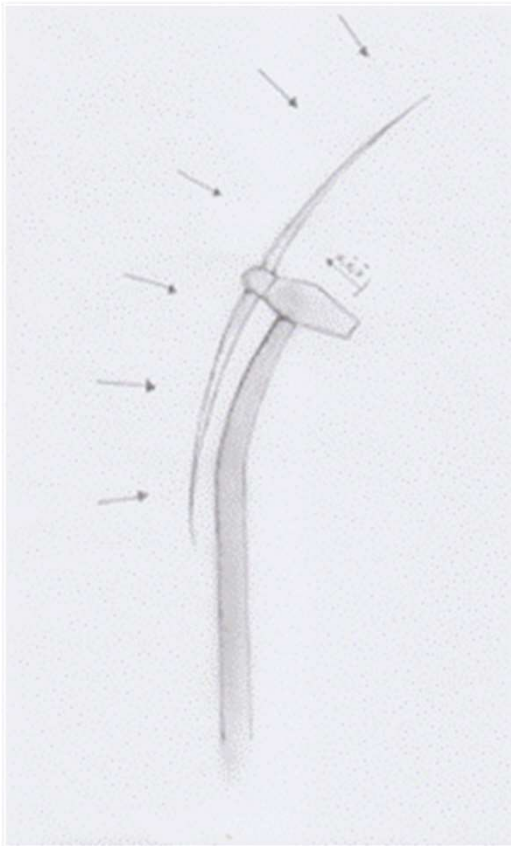
## Herausforderungen:

- WEA-Größe
- Schnittgrößen an der Blattspitze
- Entwicklung und Auslegung
- Ermüdungsgerechtes Design
- Fertigung und Montage
- Qualität
- Transport
- Kosten



<https://www.foundocean.com/track-record/13178883/ormonde-offshore-wind-farm-2010/>

# Blattspitzendurchgang



Betonturm



Gittermast



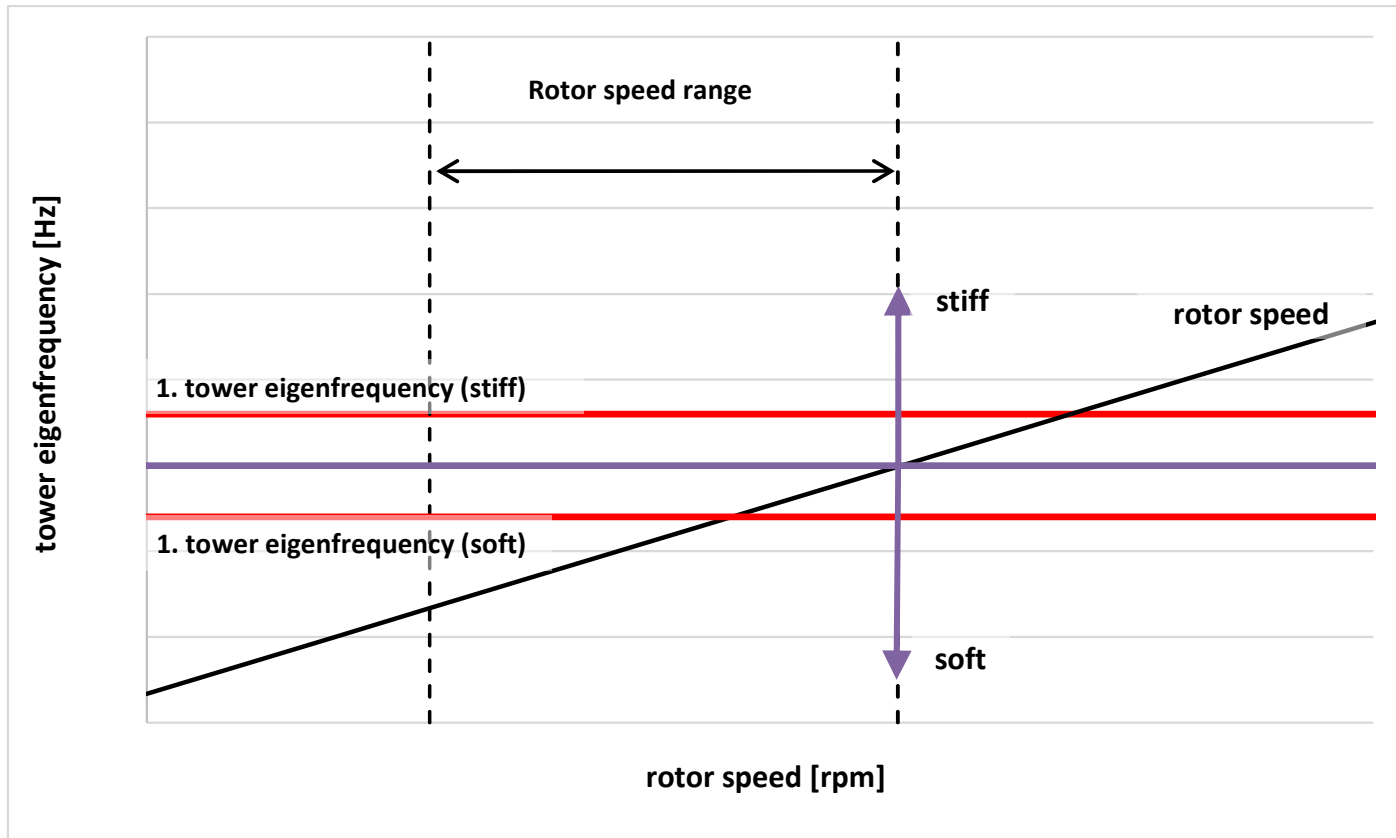
Segmentturm



Holzturm

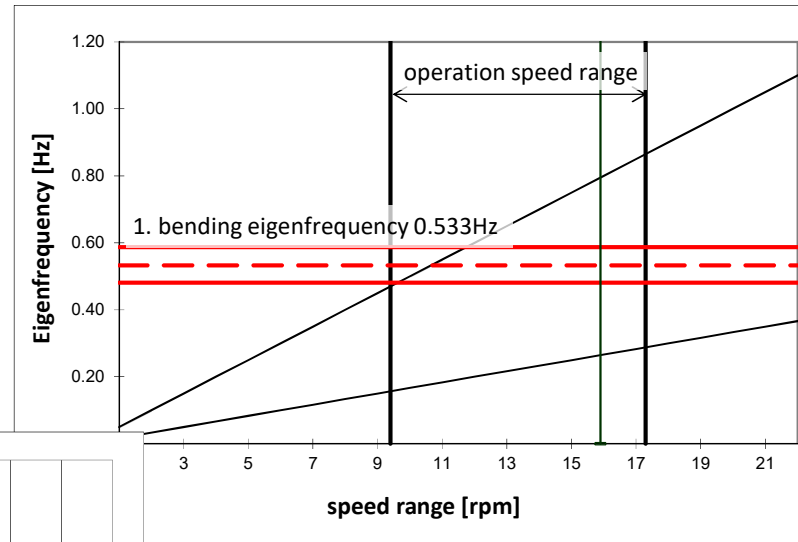
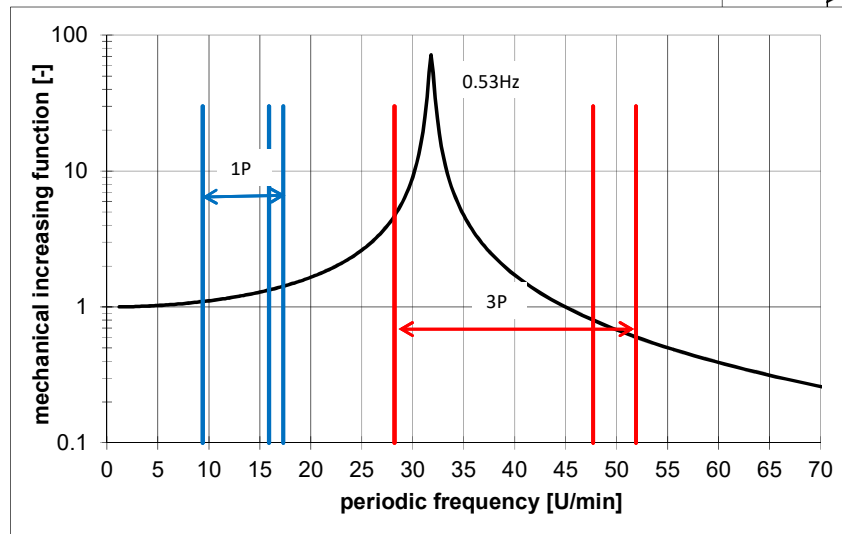


# Frequenzen, Resonanzen



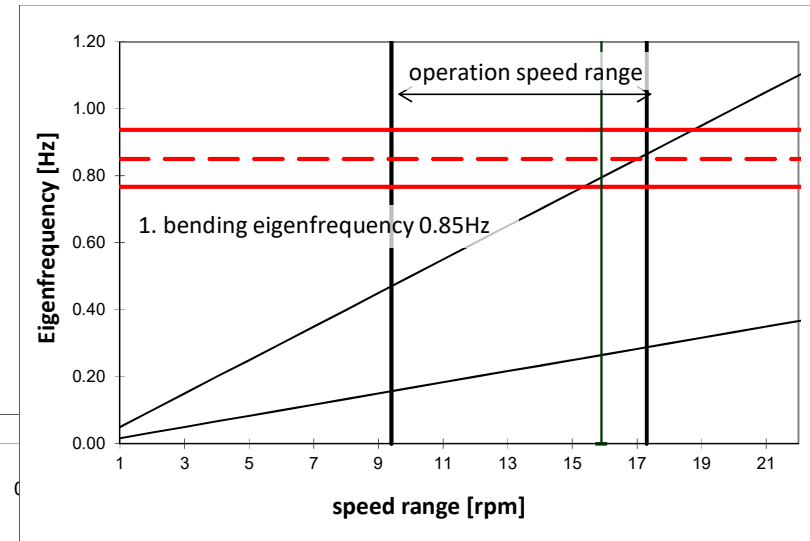
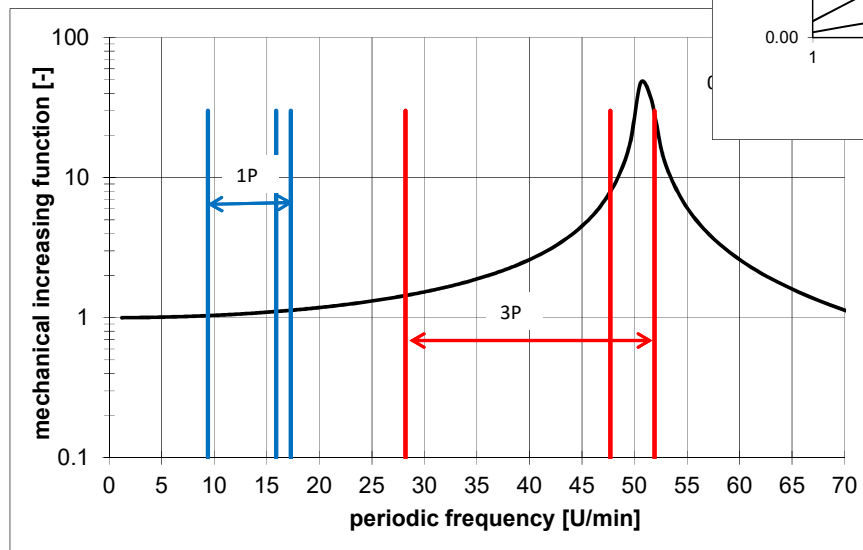
# Frequenzen, Resonanzen

not critical!



# Frequenzen, Resonanzen

critical!

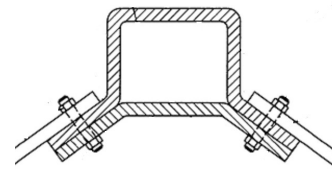




Assembly of a segment of the BSS Towers (Siemens Wind Power, 2012).



Foot flange and lowest friction joint connection of the BSS towers (Siemens Wind Power, 2012).



Corner beam profile of the space frame tower (GE, 2010).



Interior view of the space frame tower (GE, 2014).



Perforated plate connection (<http://bit.ly/1M79bbW>).



(ENERCON, 2014)



- Hybridtürme haben sich als Zukunftslösung etabliert
- Höhen bis 200m sind möglich
- Höhen über 200m durchaus denkbar
- Der Adapter bekommt eine immer größere Bedeutung
- Optimierungen und neue Konzepte sind dringend erforderlich



 Your contact person



**Prof. Dr. Holger Lange**

CEO

[holger.lange@p-e-c.com](mailto:holger.lange@p-e-c.com)

+49 (0) 201 83 916 126



P. E. Concepts GmbH  
Kruppstraße 82 - 100 (im ETEC)  
45145 Essen (Deutschland)  
[p-e-c.com](http://p-e-c.com)