

Einfluss einer Designänderung auf das dynamische Verhalten der Turbinenwelle einer Mikrohybridgeturbine

Thao Diep, B. Sc., Hochschule Darmstadt, Fachbereich Maschinen und Kunststofftechnik
 Herman Ngako Tchandjou, B. Eng., Hochschule Darmstadt, Fachbereich Maschinen und Kunststofftechnik
 Prof. Dr.-Ing. Katrin Baumann, Hochschule Darmstadt, Fachbereich Maschinenbau und Kunststofftechnik

1 Experimentelle Modalanalyse (EMA) & numerische Modalanalyse (NMA)

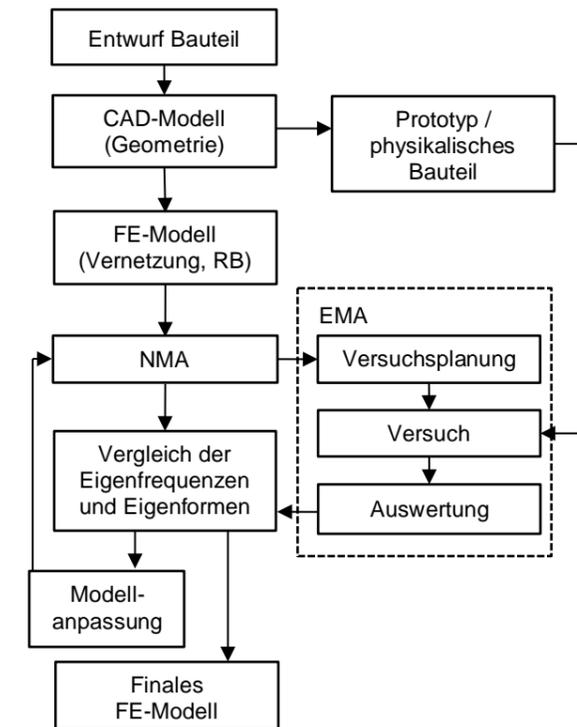


Abbildung 1: Schema der experimentellen und numerischen Modalanalyse mit Modell-anpassung

Ziele der Untersuchung:

- Vergleich des dynamischen Verhaltens des neuen und des alten Designs (vgl. [1, 2]) einer Turbinenwelle
- Identifikation des Einflusses der Designänderung auf das dynamische Verhalten der Welle

2 EMA der neuen Turbinenwelle

2.1 Versuchsplanung

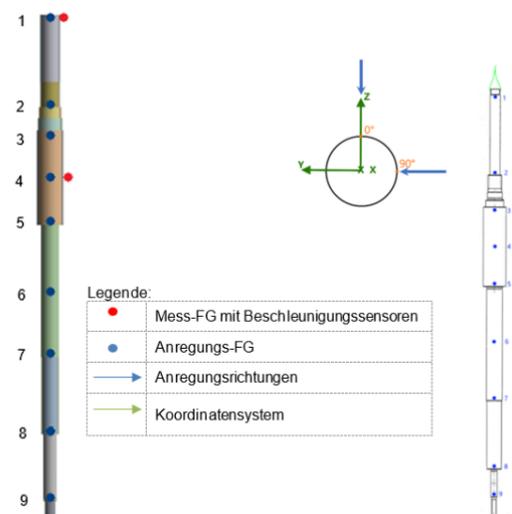


Abbildung 2: neues (links) und altes (rechts) Wellendesign mit Anregungs- und Messpunkten

- Material: X17CrNi16-2
- Masse: 492g
- interessierender Frequenzbereich: bis 3500 Hz
- Lagerung: frei-frei
- Methode des wandernden Hammers mit:
 - 18 radiale Erreger-Freiheitsgrade (FG) zur Anregung der Biegeschwingungen
 - 6 Antwort-FG mit 2 Triaxial-Accelerometern

2.2 Versuchsdurchführung

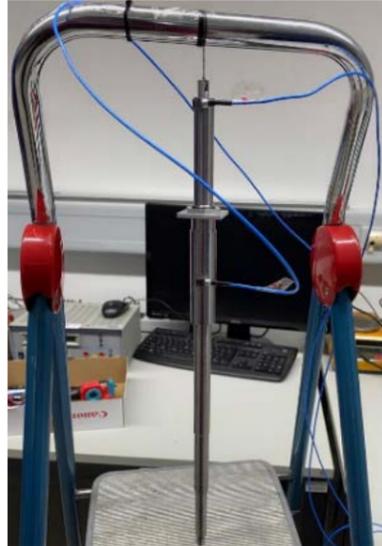


Abbildung 3: Versuchsaufbau (neues Wellendesign)

Tabelle 1: Messtechnik

Messtechnik	Mess-FG	Typ / Seriennummer	Sensitivität [mV/g]
Impulshammer	wandernd	PCB086C03/LW 33748	2,421
Beschleunigungssensor	1	PCB356A03/LW 291698	X: 1,131
			Y: 0,972
			Z: 1,053
Beschleunigungssensor	4	PCB356A03/LW 284835	X: 1,061
			Y: 1,013
			Z: 1,046
Messkarte	--	NiDAQ-9174	--

- Abtastfrequenz: 8000 Hz
- Messdauer: 10 s
- 8 Wiederholung pro Erreger-FG
- Erfassung von Kraft- und Beschleunigungs-Zeitsignalen
 → Berechnung der 18x6-Übertragungsmatrix

2.3 Auswertung und Ergebnis

- Software: EasyMod-Toolbox [3] mit Matlab R2020b
- Methode: LSCE (Least Square Complex Exponential)
- relative Abweichung zwischen Eigenfrequenz aus LSCE und Eigenfrequenz aus FRF-Verlauf max. ±1%

3 NMA der neuen Turbinenwelle

- Software: ANSYS Workbench 2019 R2
- frei-frei gelagertes Balkenmodell

Tabelle 2: Modell-anpassung

	Nennwert	nach Anpassung
Dichte [kg/m ³]	7700	7807,2
Querkontraktionszahl	0,3	0,3
Elastizitätsmodul [MPa]	200000	232000

Tabelle 3: Eigenfrequenzen beider Wellendesigns aus der EMA

Mode	EMA	NMA	relative Abweich.
1. Biegung	575,0 Hz	573,6 Hz	-0,252 %
2. Biegung	1541,7 Hz	1531,0 Hz	-6,940 %
3. Biegung	2667,7 Hz	2690,9 Hz	0,870 %

- Ergebnis: hohe Übereinstimmung der Eigenfrequenzen aus EMA und NMA

4 Einfluss der Designänderung auf das dynamische Verhalten der Welle

- Vergleich der Geometrie des neuen und alten Designs, vgl. Abb. 4 und Tab. 4
 → maßgebliche Unterschiede: Wellenenden, Gewicht

Tabelle 4: Unterschiede zwischen neuem und altem Design

	neues Design	altes Design
Durchmesser	Siehe Abbildung 4	
Rohrförmiges Ende	L= 12 mm D = 10mm	L= 17mm D = 4mm
Schraubenförmiges Ende	Kurz & dick (M10x10)	Lang & dünn (M4x15)
Masse	492 g	417 g
Material	X17CrNi16-2	

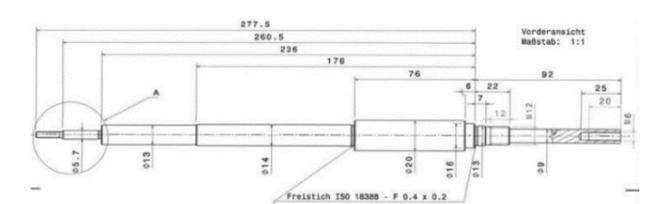
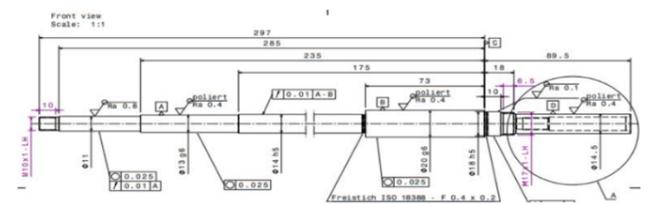


Abbildung 4: Technische Zeichnungen der alten Welle (oben) und der neuen Welle (unten)

Tabelle 5: Eigenfrequenzen beider Wellendesigns aus der EMA

Mode	altes Design	neues Design	relative Abweich.
1. Biegung	700 Hz	575 Hz	-21,74 %
2. Biegung	1360 Hz	1542 Hz	+11,79 %
3. Biegung	2494 Hz	2668 Hz	+ 6,51 %

Tabelle 6: Schwingungsformen des neuen (links) und alten (rechts) Wellendesigns aus der NMA

Schwingungsformen	Ergebnis	
	neues Design	altes Design
		Die Wellenenden schwingen im neuen Design signifikant weniger stark.

5 Fazit und Ausblick

- neues Design stabiler durch biegesteifere Wellenenden
- EMA und NMA der Welle mit Anbauteilen erforderlich

6 Quellen

- T. Fuhr und M. Stark, *Experimentelle Modalanalyse einer Mikrogasturbinen-Welle*, Projektbericht Hochschule Darmstadt, 2020.
- T. Fuhr, *Modellanalyse einer Mikrogasturbinen-Welle: Modell-anpassung*, Projektbericht Hochschule Darmstadt, 2021.
- EasyMod, as for Easy Modal analysis, <https://hosting.umons.ac.be/html/mecara/EasyMod/> (13.12.2021)