

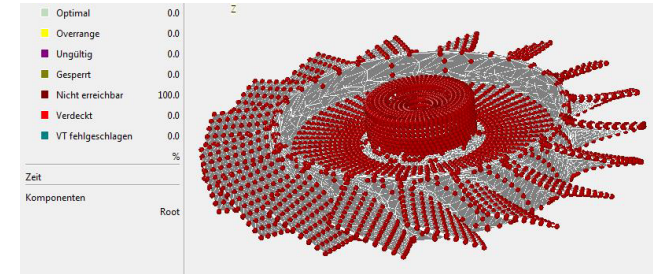


# 3D-Scanning-Laser-Doppler-Vibrometrie für treibstoffeffiziente Flugzeugturbinen

Dr. Jochen Schell, Polytec GmbH, [j.schell@polytec.de](mailto:j.schell@polytec.de)

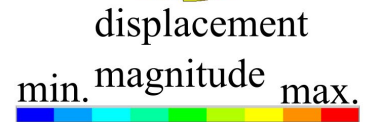
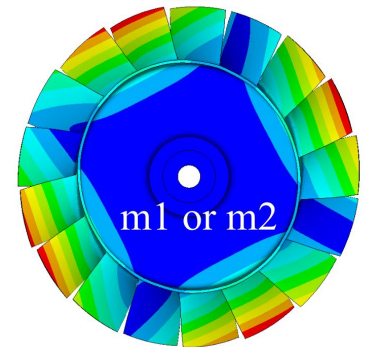
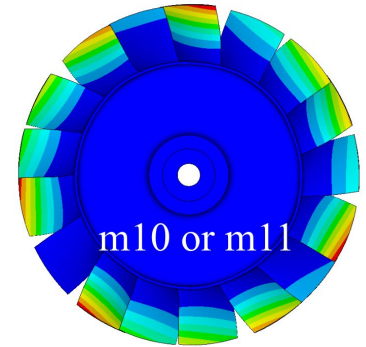
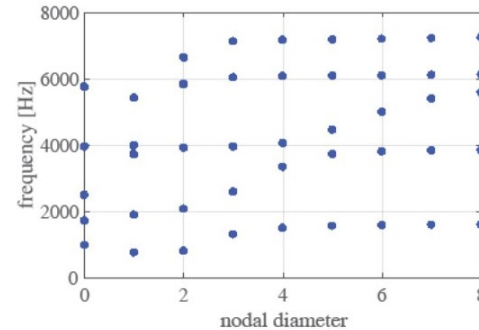
# Warum Turbinen mit Lasern messen?

- **C0<sub>2</sub> Reduktion**
  - Weniger Gewicht, mehr Effizienz
  - Blade Integrated Disk (BLISK)
    - Effizient, aber schwingungsanfällig
- **Dauerfestigkeit sicherheitskritisch**
  - Schwingungen bestimmen Lebensdauer
- **Messaufgabe**
  - Modellvalidierung in der Designphase
- **Nutzen von Laservibrometern**
  - Keine Massebeladung = berührungslos
  - Hohe räumliche Auflösung notwendig



# Modellvalidierung

- Finite-Elemente-Simulation in der Designphase
  - Anspruchsvoll durch z.B. Mistuning
  - Vielzahl von Moden und Mode Split
- Modaltest zur Überprüfung dieser Simulationsmodelle nötig
- Ziel ist Ermittlung und Vergleich von
  - Eigenfrequenzen
  - Schwingformen/Mode Shapes
  - Dämpfung



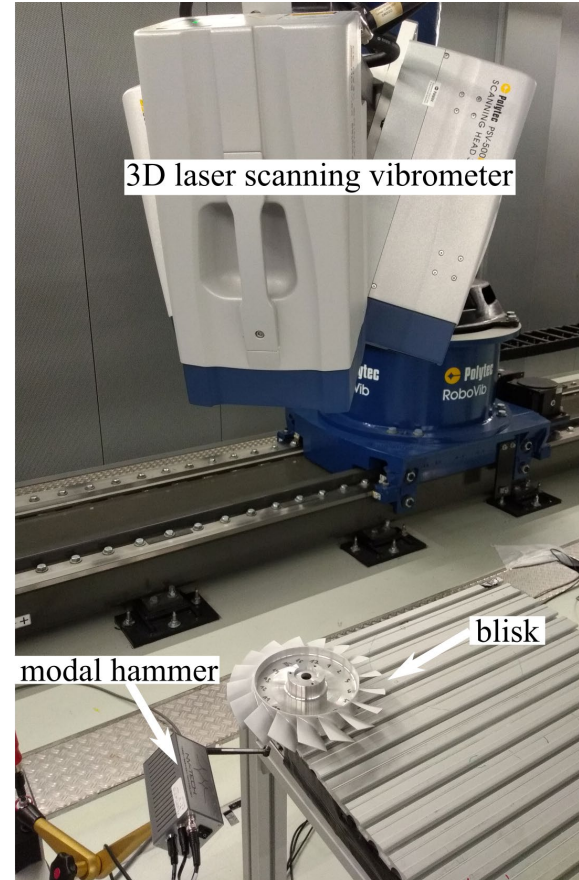
# RoboVib® für Modaltest

- 3D-Scanning-Vibrometer kombiniert mit Industrieroboter zur Automatisierung
- Hochaufgelöste berührungslose Messung der gesamten BLISK
- Volle unverfälschte 3D-Schwingungsdaten für Modellabgleich

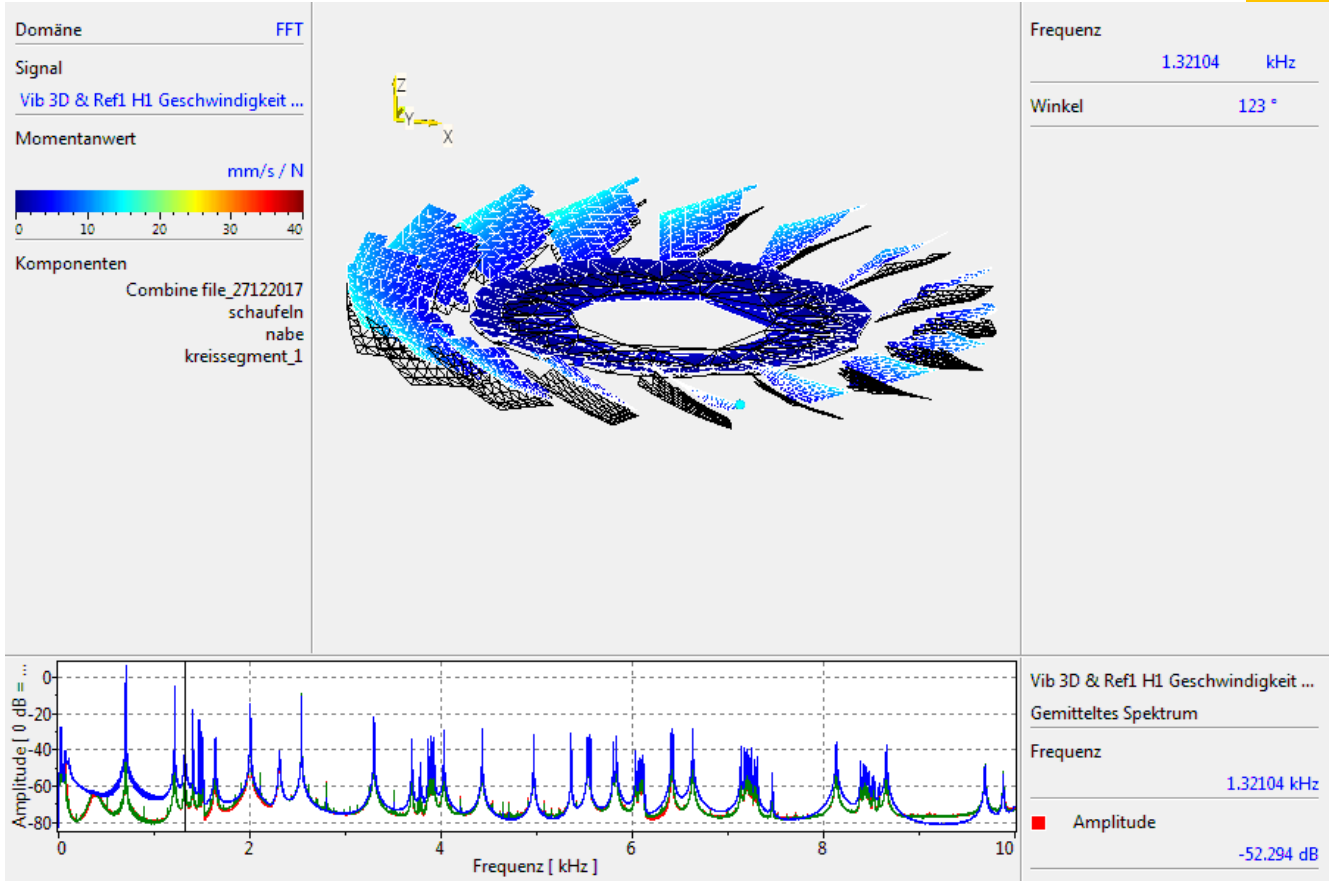


# Messaufbau

- BLISK weich gelagert wie in Simulation
- Schwingungsanregung mit Modalhammer
- RoboVib® zur Messung:
  - Hochaufgelöste, unverfälschte Daten der gesamten Oberfläche



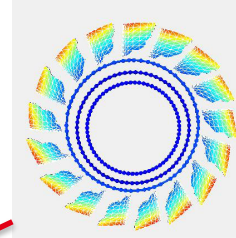
# Messergebnisse I



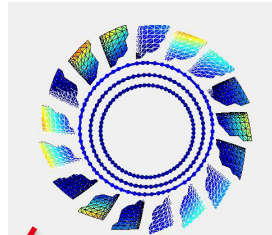


# Messergebnisse II

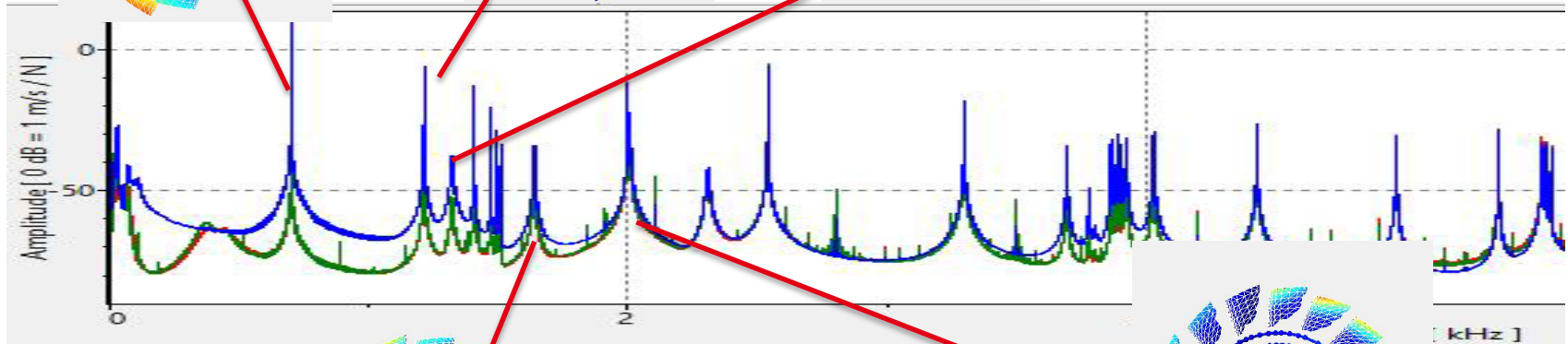
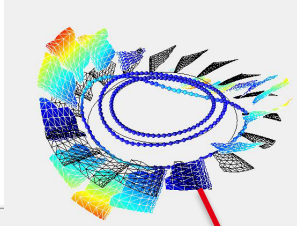
Family 1, ND0



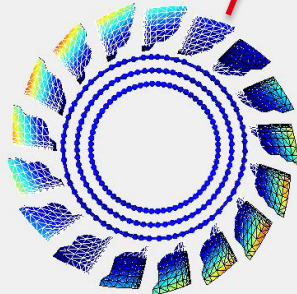
Family 1, ND3



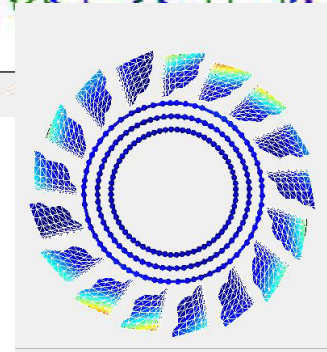
Family 1, ND2



Family 2, ND1

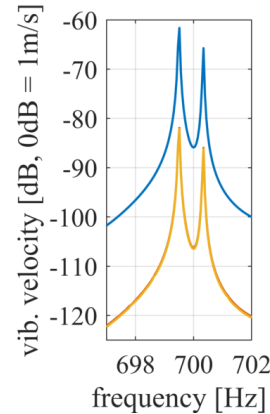


Family 2, ND2



# Modellabgleich

- **Perfekte Daten für Abgleich**
  - Unverfälscht, hochaufgelöst
  - Frequenzen und Modenformen
  - Dämpfungswerte
  - Feinstruktur ersichtlich:
    - Aufspaltung der Moden
    - “Mistuning” der BLISK
- **Verbessertes Simulationsmodell**
- **Verbessertes Design**



| Mode | $f_{\text{FEsim}}$ [Hz] | $f_{\text{gemessen}}$ [Hz] | $\Delta f$ [-] | $\xi_{\text{gemessen}}$ [-] |
|------|-------------------------|----------------------------|----------------|-----------------------------|
| 1    | 701.8                   | 699.5                      | 0.3%           | $2.8 \times 10^{-5}$        |
| 2    | 701.8                   | 700.3                      | 0.2%           | $2.8 \times 10^{-5}$        |
| 3    | 1216.0                  | 1212.1                     | 0.3%           | $3.4 \times 10^{-5}$        |
| 4    | 1216.0                  | 1212.7                     | 0.3%           | $3.0 \times 10^{-5}$        |
| 5    | 1300.4                  | 1320.0                     | -1.5%          | $1.5 \times 10^{-5}$        |
| 6    | 1408.9                  | 1405.8                     | 0.2%           | $3.1 \times 10^{-5}$        |
| 7    | 1408.9                  | 1406.5                     | 0.2%           | $2.8 \times 10^{-5}$        |
| 8    | 1471.9                  | 1469.2                     | 0.2%           | $2.8 \times 10^{-5}$        |
| 9    | 1471.9                  | 1469.8                     | 0.1%           | $2.4 \times 10^{-5}$        |
| 10   | 1498.0                  | 1495.1                     | 0.2%           | $2.8 \times 10^{-5}$        |
| 11   | 1498.0                  | 1496.0                     | 0.1%           | $2.8 \times 10^{-5}$        |
| 12   | 1510.0                  | 1508.3                     | 0.2%           | $2.8 \times 10^{-5}$        |
| 13   | 1510.0                  | 1508.3                     | 0.1%           | $2.7 \times 10^{-5}$        |
| 14   | 1514.8                  | 1512.9                     | 0.1%           | $2.7 \times 10^{-5}$        |
| 15   | 1514.8                  | 1515.0                     | -0.0%          | $2.7 \times 10^{-5}$        |

