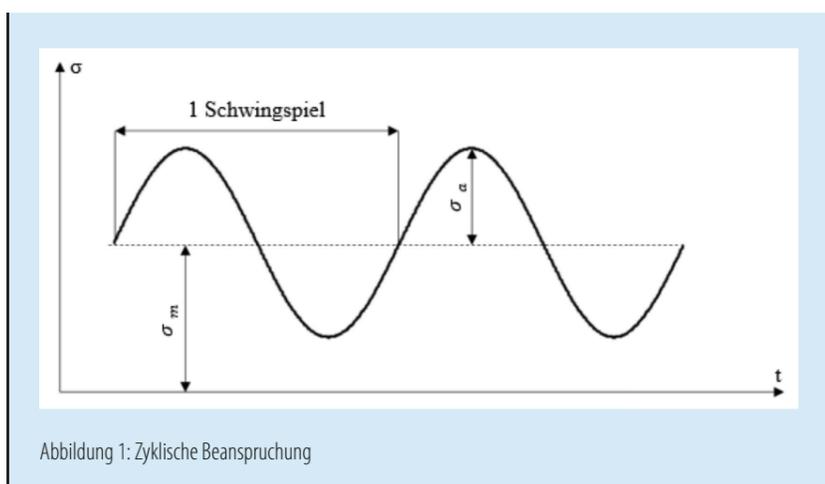


Motivation und Zielstellung

Für die Schwingfestigkeitsauslegung von Rotoren von Dampfturbinen existieren Grenzwerte, die auf langjährigen Betriebserfahrungen beruhen. Da im Rahmen der Effizienzsteigerung die Dampfparameter in Form von Druck und Temperatur immer weiter erhöht werden und in diesen Bereichen keine ausreichenden Erfahrungen vorliegen, ist ein neuer Auslegungsansatz zu erarbeiten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Schwingfestigkeit bereits während der Angebotsbearbeitung von fachfremden Mitarbeitern kontrolliert wird. Das führt dazu, dass eine individuelle Betrachtung mittels FEM nicht praktikabel ist und stattdessen ein analytischer Ansatz zu bevorzugen ist.

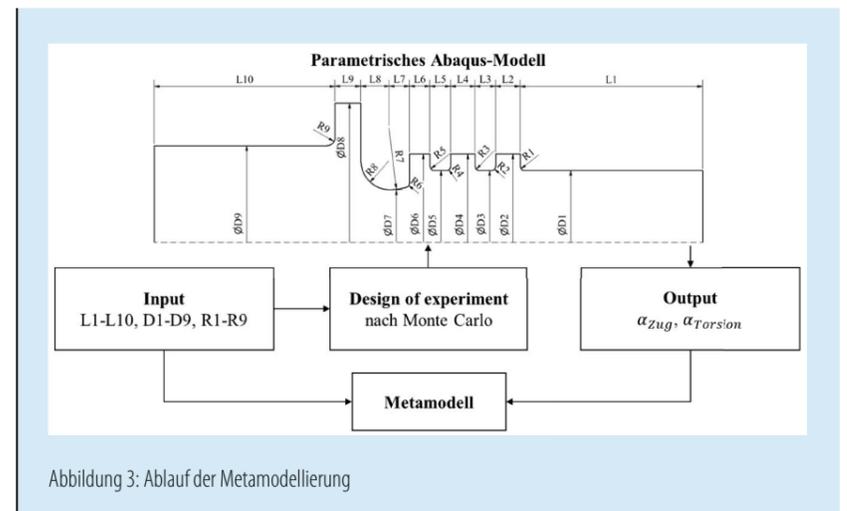
Minimierter Aufwand

Der Verlauf einer zyklischen Beanspruchung nach Abbildung 1 wird durch eine Mittenspannung σ_m und eine Amplitudenspannung σ_a beschrieben. Die Mittenspannung stellt eine statische Beanspruchung dar und wird durch Fliehkräfte, Axialschub, Torsion und das stationäre Temperaturfeld verursacht. Im Gegensatz dazu hat die Amplitudenspannung einen zyklischen Charakter und resultiert aus dem Eigengewicht sowie der Fehlausrichtung des Rotors. Zusätzlich ist im Hochtemperaturbereich das Kriechverhalten der Werkstoffe zu berücksichtigen.

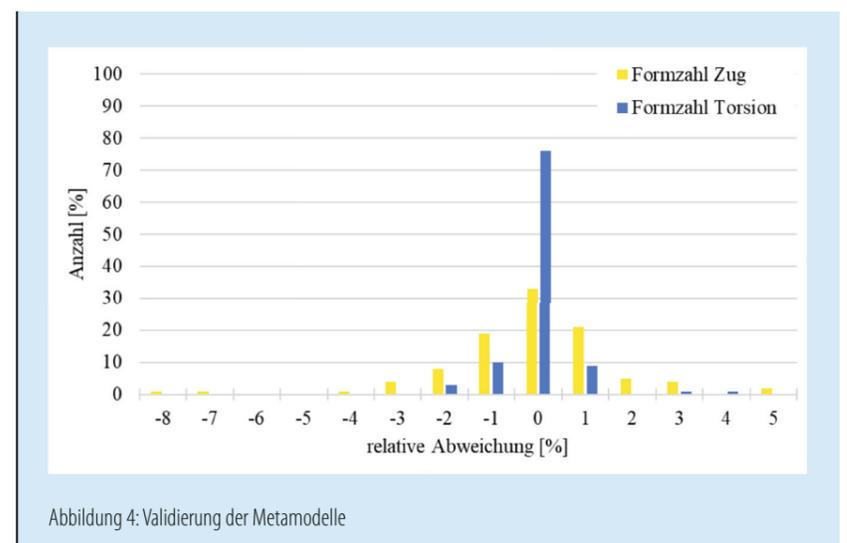


Erstellung des analytischen Berechnungsansatzes

Die Entlastungsnut in Rotoren nach Abbildung 2 ist von besonderer Bedeutung bei der Schwingfestigkeitsauslegung. Da für ihre Geometrie keine Formzahldiagramme vorliegen, eignen sich besonders Metamodelle (engl. surrogate model), um die Mittenspannung zu berechnen. Das Ziel der Metamodellierung ist es, anhand eines Datensatzes, ein Modell für einen Zusammenhang aufzustellen, der in der Praxis unbekannt ist. In diesem Fall werden Metamodelle nach Abbildung 3 mittels der Ergebnisse von ca. 2000 FE-Rechnungen trainiert, wodurch die Modelle aus der Geometrie auf die Formzahl schließen können. Daraus ergibt sich der Vorteil, dass im Auslegungsfall keine numerische Rechnung mehr nötig ist. Es entsteht somit nicht nur eine Zeitersparnis, sondern es wird auch weniger Personal benötigt. Das Pre- und Postprocessing zur Erstellung der Trainingsdatensätze wird durch ein Skript automatisiert erstellt, um den interaktiven Berechnungsaufwand zu reduzieren.



Zur Validierung der Metamodelle werden die Ergebnisse stichprobenhaft mit der FE-Lösung verglichen. Dabei ist entsprechend Abbildung 4 festzustellen, dass die Berechnung der Formzahlen mit einer maximalen Abweichung von 8% sehr gering ist. Diese Abweichung ist bei der Durchführung des Schwingfestigkeitsnachweises zu berücksichtigen.



Zusammenfassung und Ausblick

Der erarbeitete analytische Berechnungsansatz stellt die Grundlage für die zukünftige Schwingfestigkeitsauslegung von Rotoren dar. Durch die Nutzung von Metamodellen wird zugleich die Basis für die Integration von Methoden aus dem Bereich „machine learning“ in weitere Entwicklungsprojekte geschaffen. Für die Anwendung des analytischen Berechnungsansatzes ist weiterhin eine graphische Benutzeroberfläche zu entwickeln. Damit kann die Bedienfreundlichkeit verbessert werden und Fehleingaben verhindert werden.



M.Eng. **Christoph Gräfe**
Studiengang Maschinenbau und Energiesystemtechnik
Beutruer/Gutachter:
Prof. Dr.-Ing. **Markus Fulland**
Fakultät Maschinenwesen
Dipl.-Ing. **Alexander Blessing**
Siemens AG