

## Effizientere Flugtriebwerke - durch verbesserte Rechenmodelle

### Transiente implizite Simulation von Flugtriebwerksmodellen unter Verwendung isogeometrischer Lagermodellierung

**M. Kober, A. Kühhorn, Z. Naveed**, Institut für Verkehrstechnik - Lehrstuhl Strukturmechanik und Fahrzeugschwingungen, Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg

#### Kurzgefasst

- Isogeometrische Analyse
- Lagermodellierung
- Rotordynamische Effekte
- Extrem detaillierte thermomechanische Flugtriebwerksmodellen
- Implizite transiente Simulation über mehrere Sekunden

In der klassischen Finite Elemente Methode (FEM) werden Geometrien, die in CAD-Tools erzeugt wurden durch stückweise stetige Funktionen approximiert. Bei diesen Funktionen handelt es sich um lineare oder quadratische Ansatzfunktionen, wodurch insbesondere bei gekrümmten Geometrien immer nur eine grobe Abbildung der wirklichen Struktur möglich ist. Durch eine feinere Vernetzung wird die Approximation, auf Kosten höherer Rechenzeiten, zwar verbessert, jedoch ist beispielsweise für kreisförmige, runde Geometrien keine exakte Nachbildung möglich. Dies hat für die Simulation von Gleitlagern, wie sie zum Beispiel bei rotierenden Maschinenteilen vorkommen, oftmals zur Folge, dass derartige Lager vereinfacht und idealisiert modelliert werden. Bei extrem detaillierten Gesamttriebwerksmodellen, wie sie in diesem Projekt verwendet werden, möchte man aber auf Vereinfachungen und Idealisierungen verzichten. Daher ist auch das Lager selbst vollständig mit finiten Volumenelementen vernetzt (siehe Abb. 1). Jedoch ergibt sich aufgrund der erwähnten nicht perfekten Nachbildung der Geometrie die Notwendigkeit, bestimmte Lagerparameter, wie den Lagerspalt, derart zu verändern, dass eine Rotation aufgrund der Facetierung der Oberflächen überhaupt möglich ist [1]. Eine Veränderung des Lagers hat allerdings auch unerwünschte Einflüsse auf das rotor- und thermodynamische Verhalten des Triebwerks (u.a. Spaltverhalten zwischen Rotor und Gehäuse).

In den letzten Jahren kam es im Bereich der FEM zu vermehrten Entwicklungen auf dem Gebiet der



**Abbildung 1:** Lagerbereich eines extrem detaillierten Triebwerksmodells

isogeometrischen Analyse [2]. Bei diesem Verfahren werden keine linearen oder quadratischen Ansatzfunktionen für die finiten Elemente verwendet, sondern NURBS-Funktionen, welche auch die CAD-Geometrie beschreiben. Dies hat den großen Vorteil, dass nun eine exakte Geometriebeschreibung möglich ist, wodurch beispielsweise auch eine hochgenaue Nachbildung der realen Lager möglich ist. Da erste Implementierungen mit isogeometrischen Elementen bereits vorliegen, sollen in diesem Projekt insbesondere die Lagerbereiche eines extrem detaillierten Triebwerksmodells mit isogeometrischen Elementen „vernetzt“ werden. Die anschließende Simulation mehrerer Lastfälle des rotierenden Triebwerksmodells über mehrere Sekunden soll Informationen über den Einfluss der Lagermodellierung auf das Gesamttriebwerksverhalten liefern und zu wesentlich realistischeren Ergebnissen im Vergleich zu einer herkömmlichen Lagermodellierung führen. Erste Rechnungen mit einfachen Pendelmodellen und Rollenlagern zeigen sehr vielversprechende Ergebnisse. Insbesondere für die Lagerkräfte konnten durch die isogeometrische Modellierung wesentlich bessere Ergebnisse erzielt werden [3].

#### WWW

<https://www.b-tu.de/fg-strukturmechanik/>

#### Weitere Informationen

- [1] M. Kober, A. Kühhorn, E. Steldinger, A. Keskis, «Considerations about the necessary mesh density of bearings in detailed finite element models.» *Proceedings of ASME Turbo Expo 2014, Paper GT2014-25624*, Düsseldorf, Germany (2014)
- [2] T.J.R. Hughes, J.A. Cottrell, Y. Bazilevs, «Isogeometric analysis: CAD, finite elements,

NURBS, exact geometry and mesh refinement.» *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering* **194**, pp. 4135-4195 (2005)

- [3] Z. Naveed, A. Kühhorn, M. Kober, «Comparative evaluation of isogeometric analysis and classical FEM with regard to contact analysis.» *Proceedings of the 12th European LS-DYNA Conference* Koblenz, Germany (2019)

### **Projektpartner**

Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG,  
Blankenfelde-Mahlow

### **Förderung**

Dieses Vorhaben wird gefördert durch das Land Brandenburg und den Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung im Rahmen von VIT-V (Verfahren der Industrie 4.0 für die Triebwerks-Vorentwicklung).