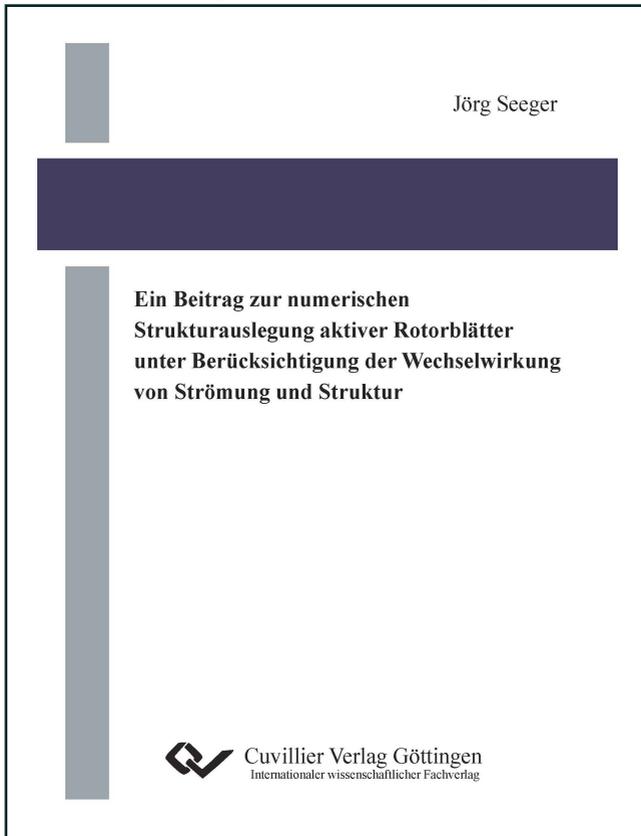




Jörg Seeger (Autor)

Ein Beitrag zur numerischen Strukturauslegung aktiver Rotorblätter unter Berücksichtigung der Wechselwirkung von Strömung und Struktur



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/6278>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentzsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: info@cuvillier.de, Website: <https://cuvillier.de>



Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| Symbolverzeichnis | vii |
| 1 Einleitung | 1 |
| 2 Stand der Forschung | 3 |
| 2.1 Verformungskonzepte und Aktuatorik | 3 |
| 2.2 Optimierung aktiver Strukturen | 11 |
| 2.3 Abgrenzung der Arbeit | 13 |
| 3 Grundlagen | 15 |
| 3.1 Aerodynamik des Rotorblattes | 15 |
| 3.1.1 Aerodynamische Größen am Profil | 15 |
| 3.1.2 Die Bewegungen des Rotorblattes und resultierende Phänomene | 17 |
| 3.2 Einführung in die Fluid-Struktur-Kopplung | 20 |
| 3.2.1 Klassifikation gekoppelter Probleme | 21 |
| 3.2.2 Lösungsstrategien gekoppelter Systeme | 21 |
| 3.3 Aktuatoren | 22 |
| 3.3.1 Piezokeramische Aktuatoren | 22 |
| 3.3.2 Elektroaktive Polymere | 25 |
| 3.3.3 Formgedächtnislegierungen | 26 |
| 3.3.4 Magnetostriktive Aktuatoren | 28 |
| 3.3.5 Hydraulische und pneumatische Aktuatoren | 28 |
| 3.3.6 Elektrische Aktuatoren | 29 |
| 4 Strukturkonzept des aktiven Rotorblattes | 31 |
| 4.1 Vorbetrachtungen | 31 |
| 4.1.1 Anforderungen an das aktive Rotorblatt | 32 |
| 4.1.2 Analyse vorhandener Strukturkonzepte | 33 |
| 4.2 Strukturkonzept des aktiven Rotorblattes | 34 |
| 4.2.1 Aktive Fachwerkstruktur | 34 |
| 4.2.2 Auswahl des Aktuatortyps | 35 |
| 4.2.3 Anbindung des aktiven Blattbereichs an den passiven | 36 |
| 5 Strukturoptimierung | 39 |
| 5.1 Grundlagen der Strukturoptimierung | 39 |
| 5.2 Evolutionäre Optimierung | 42 |
| 5.2.1 Selektionsoperatoren | 45 |



| | | |
|----------|---|------------|
| 5.2.2 | Veränderungsoperatoren | 47 |
| 5.3 | Optimierungsprogramm GEOPs ² | 52 |
| 5.3.1 | Programmstruktur | 52 |
| 5.3.2 | Effizienzsteigernde Maßnahmen | 54 |
| 6 | Bewertungsmodell | 57 |
| 6.1 | Strukturmodell | 57 |
| 6.1.1 | Modellparameter zur Beschreibung des Bauraums | 57 |
| 6.1.2 | Entwurfsvariablen | 58 |
| 6.1.3 | Erweiterte Funktionalitäten | 61 |
| 6.1.4 | Numerisches Analysemodell | 62 |
| 6.1.5 | Belastung der Rotorblattstruktur | 63 |
| 6.2 | Ablauf der Strukturbewertung | 64 |
| 6.2.1 | Straffaktoren des Bewertungsmodells | 66 |
| 6.2.2 | Ersatzzielfunktionswert „Strukturmasse“ | 68 |
| 6.3 | Kennwertberechnung des Rotorblattquerschnitts | 69 |
| 6.3.1 | Methode der virtuellen Verrückungen | 69 |
| 6.3.2 | Validierung der Querschnittsberechnung | 77 |
| 6.4 | Aktuatorexperiment | 82 |
| 6.4.1 | Aufbau, Durchführung und Ergebnisse der Aktuatorexperimente | 82 |
| 6.4.2 | Validierung der Struktursimulation | 87 |
| 7 | Die Fluid-Stuktur-Kopplung im Bewertungsmodell | 91 |
| 7.1 | Strömungssimulation | 91 |
| 7.1.1 | Panelmethode nach Hess-Smith | 92 |
| 7.1.2 | Validierung der Strömungssimulation | 95 |
| 7.1.3 | Kompressibilitätskorrektur | 98 |
| 7.2 | Umsetzung im Bewertungsmodell | 99 |
| 7.2.1 | Schnittstellen und Konvergenzkriterium | 101 |
| 7.2.2 | Aerodynamische Straffaktoren und Ersatzzielfunktionswerte | 102 |
| 8 | Anwendungsbeispiele der Auslegungsmethodik | 105 |
| 8.1 | Verwendetes Bewertungsmodell und dessen Einstellungen | 106 |
| 8.2 | Anwendungsbeispiel 1 | 108 |
| 8.2.1 | Auswertung der Optimierungsrechnungen | 110 |
| 8.2.2 | Ausgewählte Strukturvarianten | 111 |
| 8.3 | Anwendungsbeispiel 2 | 114 |
| 8.3.1 | Auswertung der Optimierungsrechnungen | 114 |
| 8.3.2 | Ausgewählte Strukturvarianten | 115 |
| 8.4 | Anwendungsbeispiel 3 | 118 |
| 8.4.1 | Auswertung der Optimierungsrechnungen | 119 |
| 8.4.2 | Ausgewählte Strukturvarianten | 119 |



| | | |
|----------|---|------------|
| 8.5 | Anwendungsbeispiel 4 | 123 |
| 8.5.1 | Auswertung der Optimierungsrechnungen | 123 |
| 8.5.2 | Ausgewählte Strukturvarianten | 124 |
| 9 | Zusammenfassung und Ausblick | 129 |
| | Literaturverzeichnis | 132 |
| | Abbildungsverzeichnis | 139 |
| | Tabellenverzeichnis | 143 |
| A | Querschnitt | 147 |
| A.1 | Holm im Übergangsbereich | 147 |