

Dipl.-Ing. Detmar Michael Nellessen,
Dahlewitz

Schallnahe Strömungen um elastische Tragflügel

Reihe **7**: Strömungstechnik

Nr. **302**

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	VII
1 Einleitung	1
2 Mechanische Grundlagen	3
2.1 Aeroelastik	3
2.2 Physikalisches Modell für die Struktur	8
2.2.1 Das Timoshenko-Modell für quasieindimensionale Strukturen . . .	8
2.2.2 Das Hamilton-Prinzip für den Timoshenko-Balken	16
2.3 Physikalisches Modell für das Gas	22
2.3.1 Die gasdynamischen Grundgleichungen im Inertialsystem	22
2.3.2 Die Berechnung der Umströmung von Rotorblättern	24
2.4 Die Kennzahlen des aeroelastischen Problems	25
3 Numerische Methode	32
3.1 Lösungsstrategie	32
3.2 Lösungsverfahren für die Strukturdynamik	33
3.2.1 Die Finite-Element-Methode für eindimensionale Strukturen	33
3.2.2 Der Finite-Element-Ansatz	35
3.2.3 Die Elementmatrizen	36
3.2.4 Die globalen Matrizen	39
3.2.5 Das resultierende Gleichungssystem	39
3.2.6 Die Zeitintegration	41
3.3 Lösungsverfahren für die Gasdynamik	47

3.3.1	Grundlagen des impliziten Lösungsverfahrens für die Erhaltungsgleichungen	47
3.3.2	Netzgenerierung	49
3.4	Die Kopplung der Lösungsverfahren	49
4	Numerische Ergebnisse	53
4.1	Validierung	53
4.1.1	Die Berechnung der Strukturdeformation	53
4.1.2	Die gekoppelte Berechnung von Strukturdeformation und Strömungsfeld	58
4.2	Aeroelastische Untersuchungen eines Fokker-ähnlichen Tragflügels	60
4.2.1	Der stationäre Flugfall	60
4.2.2	Einfluß der Streckung und Verjüngung	63
4.2.3	Einfluß der Pfeilung	63
4.2.4	Einfluß der Elastizität	65
4.2.5	Statische Biege-Torsionsdivergenz	69
4.2.6	Ein dynamisches, aeroelastisches Problem	75
5	Zusammenfassung	82
A	Die versteifende Wirkung der Zentrifugalkraft	85
B	Die Bilanzgleichungen für zeitlich sich verändernde, nicht materielle Bilanzvolumina	87
C	Die Elementmatrizen	89
D	Die rekursive Auswertung des Duhamelschen Integrals	92
E	Die Strukturdaten des untersuchten Tragflügels	95
	Literaturverzeichnis	97