

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	XI
Summary.....	XII
Inhaltsverzeichnis	XIII
Abkürzungen	XVII
Formelzeichen	XIX
1 Einleitung.....	1
1.1 Ausgangssituation	1
1.2 Problemstellung und Herausforderungen.....	1
1.3 Zielsetzung.....	3
1.4 Aufbau der Arbeit.....	5
2 Problembeschreibung	7
2.1 Schwingungsbeeinflussung von Produkten.....	7
2.2 Vorhersage des dynamischen Verhaltens	8
2.3 Beherrschung des Versuchsaufwands bei Produkt- und Schnittstellenvarianz .	9
2.4 Anforderungen an ein Vorgehen zur Schwingungsreduzierung durch Anpassung der Schnittstelleneigenschaften	10
3 Grundlagen und Stand der Wissenschaft	13
3.1 Hintergrund des Themengebiets.....	13
3.1.1 Schwingungsanalyse von Leichtbaustrukturen am Beispiel der Flugzeugkabine.....	13
3.1.2 Dynamische Analyse unter Produkt und Schnittstellenvarianz.....	16
3.1.3 Weiterführende Wissensgebiete.....	17
3.2 Schwingungsverhalten von Strukturen	18
3.2.1 Schwingungstheorie	18
3.2.2 Schwingungsbeschreibung durch Übertragungsfunktionen	20
3.2.3 Kalibrierung von Übertragungsfunktionen.....	28
3.2.4 Erkenntnisse für diese Arbeit zum dynamischen Systemverhalten	29
3.3 Experimentelle und numerische Schwingungsuntersuchungen	30
3.3.1 Experimentelle Untersuchungen des Schwingungsverhaltens	30

3.3.2 Virtuelle Modellierung des Schwingungsverhaltens mittels FEM	33
3.3.3 Kombination von virtuellen und physischen Untersuchungsmethoden	38
3.3.4 Erkenntnisse für diese Arbeit zur Schwingungsuntersuchung	39
3.4 Systematische Literaturrecherche.....	40
3.5 Einstellbare nachgiebige Elemente für die Vibrationsuntersuchung	43
3.5.1 Anpassbare Steifigkeitselemente	43
3.5.2 Anpassbare Dämpfungselemente	47
3.5.3 Anpassbare Steifigkeit und Dämpfung	52
3.5.4 Erkenntnisse zu nachgiebigen Elementen zur Vibrationsuntersuchung ..	53
3.6 Prinzipien der Schwingungsreduzierung	57
3.6.1 Schwingungstilgung.....	57
3.6.2 Schwingungsbeeinflussung durch Partikeldämpfung.....	58
3.6.3 Anpassung der mechanischen Eigenschaften der Schnittstelle	59
3.6.4 Parallelgeschaltete Aktorik.....	60
3.6.5 Erkenntnisse zu den Ansätzen zur Schwingungsreduzierung.....	62
4 Schwingungsreduzierung mit anpassbaren Schnittstellen	65
4.1 Herleitung der Forschungsfragen und Hypothesen	66
4.2 Verwendung von anpassbaren Impedanzelementen in der Versuchstechnik .	68
4.3 Entwicklung eines Vorgehens zur Schwingungsreduzierung.....	71
4.4 Vorstellung des Vorgehens zur Schwingungsreduzierung mit Anpassbaren Impedanz Elementen.....	73
4.4.1 Systemanalyse und Zielformulierung	74
4.4.2 Experimentelle Untersuchung der Produktvarianten mit starren Anbindungen	75
4.4.3 Modellerstellung mit Systemeigenschaften.....	77
4.4.4 Modell erweitert um parametrisierte Schnittstelleneigenschaften.....	80
4.4.5 Zusammenführen und Ableiten der Anforderungen an anpassbare Impedanzelemente	82
4.4.6 Entwicklung von anpassbaren Impedanzelementen.....	88
4.4.7 Charakterisierung der Eigenschaften	94
4.4.8 Auswahl geeigneter anpassbarer Impedanz Elemente	99

4.4.9	Einsatz der anpassbaren Elemente in einer Untersuchungsumgebung	103
5	Technische Umsetzung und Validierung.....	107
5.1	Systemanalyse und Zielformulierung	108
5.2	Experimentelle Untersuchung der Partition-Varianten mit starren Anbindungen	110
5.2.1	Versuchsdurchführung in der Prüfumgebung	110
5.2.2	Systemeigenschaften der Produktvarianten.....	112
5.3	Modellerstellung der Partition-Varianten mit Systemeigenschaften.....	114
5.3.1	Modellaufbau	114
5.3.2	Bestimmung der Systemeigenschaften.....	117
5.4	Erweiterung des Modells um parametrisierte Schnittstellen.....	120
5.5	Zusammenführen und Ableiten der Anforderungen an anpassbare Impedanzelemente	123
5.5.1	Anforderungen aus Verwendung in Prüfumgebung	123
5.5.2	Abzubildende Mechanische Kenngrößen.....	124
5.6	Anpassbare Impedanz Elemente für die Prüfumgebung.....	127
5.6.1	Auswahl geeigneter anpassbarer Impedanz Elemente	127
5.6.2	Entwicklung eines geeigneten anpassbaren Impedanzelements.....	127
5.6.3	Charakterisierung der Eigenschaften	129
5.7	Erweiterte Untersuchung mit anpassbaren Impedanzelemente als Schnittstellen.....	131
5.7.1	Versuchsdurchführung in der erweiterten Prüfumgebung	131
5.7.2	Versuchsergebnisse mit anpassbaren Schnittstellen	132
5.8	Verifizierung und Validierung der Modellierung und Überprüfung des Vorgehens	135
5.8.1	Verifizierung und Validierung der Modellierung	135
5.8.2	Überprüfung der aufgestellten Hypothesen	137
6	Zusammenfassung und Ausblick	143
6.1	Zusammenfassung der Erkenntnisse.....	143
6.2	Ausblick	145

6.2.1 Ausblick zu dynamisch adaptiven Impedanzelementen in der Versuchstechnik	145
6.2.2 Ausblick zum Einsatz dynamisch adaptiver Impedanzelemente in der Luftfahrt	146
Anhang.....	149
A1 Details der Literaturrecherche	149
A2 Ergänzende Informationen zu den Grundlagen	153
A3 Ergänzende Informationen zum Versuch des Erklärungsbeispiels.....	155
A4 Eigenschaften der anpassbaren Impedanzelemente	159
A5 Untersuchung der Prüfumgebung.....	162
A6 Daten und Eigenschaften der verwendeten Komponenten.....	166
A7 Simulationsergebnisse und Versuchsergebnisse.....	170
A8 Signifikanzanalysen der Schwingungsreduzierung der Partition-Varianten...	179
Literaturverzeichnis	183