

Inhaltsverzeichnis

1.	Die Technologie der aktiven Strukturen	1
1.1	Einführung und Überblick	1
1.1.1	Strukturkonzepte	4
1.1.1.1	Die Faserverbundbauweise.....	5
1.1.1.2	Die aktiven Werkstoffe.....	5
1.1.1.3	Elektronik und Computertechnologie.....	6
1.2	«Intelligente» Werkstoffe und Strukturen	7
2.	Aktive Werkstoffe für Funktionsbauweisen	12
2.1	Einführung	12
2.1.1	Komponentenverhalten.....	12
2.1.2	Effektivität.....	13
2.1.3	Einsatzbereich	13
2.1.4	Integration und Fertigung	13
2.2	Piezoelektrische Materialien	14
2.2.1	Piezoelektrische Werkstoffe für aktive Elemente.....	14
2.2.1.1	Piezokeramiken	16
2.2.1.2	Die Herstellung.....	18
2.2.1.3	Physikalische Grundlagen	18
2.2.1.4	Die dielektrische Hysterese	20
2.2.1.5	Das elektrische Feld	20
2.2.1.6	Die elektrische Verschiebung	21
2.2.2	Depolarisierungseffekte.....	23
2.2.2.1	Die elektrische Depolarisierung	23
2.2.2.2	Die mechanische Depolarisierung	26
2.2.2.3	Die thermische Depolarisierung	26
2.2.3	Die elektromechanische Materialmatrix	26
2.2.3.1	Die Grenzen des linearen Materialmodells.....	31
2.2.3.2	Rückschlüsse aus dem nichtlinearen Verhalten.....	34
2.2.4	Beeinflussung der transversalen Aktuationsdehnung	36
2.2.5	Piezokeramiken mit grossem Dehnungsvermögen.....	40
2.3	Piezoelektrische Polymere	46
2.3.1	PVDF-Filme als modale Dehnungssensoren	52
2.4	Elektrostriktive Materialien	58
2.5	Magnetostriktive Materialien	63
2.6	Formgedächtnislegierungen	65

2.6.1	Vergleich vom Formgedächtnislegierungen mit Bimetallen	73
2.6.2	Hybridverbunde mit SMA-Fasern.....	75
3.	Die Interaktion von Struktur und aktiven Elementen	78
3.1	Einführung.....	78
3.2	Das Modell der konstanten Dehnungsverteilung.....	81
3.3	Das Bernouilli-Euler-Modell	87
3.3.1	Eingebettete Aktuatoren	87
3.3.2	Aufgeklebte Aktuatoren	90
3.3.3	Berücksichtigung der Klebeschicht.....	91
3.4	Modellierung mit der finite Elemente Methode.....	93
3.5	Vergleich der Modelle	95
3.5.1	Ergebnisse zur induzierten Dehnung.....	95
3.5.2	Der Einfluss der Klebeschicht	97
3.5.3	Der Einfluss der Schubdeformation	99
3.6	Effektivität der induzierten Dehnungsaktuation.....	102
3.6.1	•bertragung der Deformationsenergie.....	102
3.6.2	Vergleich zwischen eingebetteten und aufgeklebten Aktuatoren.....	105
3.7	Die Theorie dünner Lamine mit integrierten Aktuatoren	107
3.7.1	Ergebnisse zur isotropen Platte	109
3.7.2	Energieformulierung des allgemeinen Plattenproblems	111
3.8	Zusammenfassung	112
4.	Die Integration von Struktur- und Regelungsmodell.....	113
4.1	Einführung.....	113
4.2	Die Darstellung von Konstruktionen im Zustandsraum.....	117
5.	Die konstruktive Gestaltung und Fertigung aktiver Funktionsbauweisen.....	123
5.1	Konstruktive Gesichtspunkte	123
5.1.1	Allgemeine Gestaltungsregeln.....	126
5.1.1.1	Masseanhäufungen	126
5.1.1.2	Wandstärken.....	126
5.1.1.3	Aus- und Abrundungen	126
5.1.1.4	Entformungschrägen	126
5.1.1.5	Krafteinleitung	128
5.1.1.6	Maximierung des Trägheits- bzw. Widerstandsmomentes.....	129
5.1.1.7	Ausnützung der Stützwirkung durch Krümmung	129
5.1.1.8	Gerichtete Versteifungen.....	129
5.1.1.9	Umfassende Integration von Funktionen.....	129
5.1.2	Fertigungsrelevante Gesichtspunkte.....	130
5.2	Die Fertigung aktiver Strukturen mit Piezokeramiken als aktive Elemente	132

5.2.1	Die Integration von Piezokeramiken in Duroplasten.....	132
5.2.1.1	Die Integration von Leiterbahnen.....	135
5.2.1.2	Oberflächenqualität und Gleichmässigkeit der Laminatdicke ..	136
5.2.1.3	Prinzipieller Aufbau zur Integration aktiver Elemente.....	136
5.2.2	Die Integration von Piezokeramiken in Thermoplasten	143
5.3	Spannungsreduktion und Verbesserung der Aktuatoreffizienz durch konstruktive Massnahmen.....	149
6.	Anwendungsbeispiele für die aktive Funktionsbauweise....	159
6.1	Die statische Verformungskontrolle am Beispiel eines flexiblen, adaptiven Antennenreflektors	159
6.2	Die aktive, hochgenaue Positionierung	168
6.3	Die aktive Lärmreduzierung in Flugzeugen.....	170
6.4	Der aktive Adapter	172
	Literaturverzeichnis	176
	Sachwortverzeichnis.....	181
	Abkürzungen	184