

# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>Die Technologie der aktiven Strukturen .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>Einführung und Überblick .....</b>	<b>1</b>
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
<b>2.</b>	<b>Aktive Werkstoffe für Funktionsbauweisen .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1</b>	<b>Einführung.....</b>	<b>12</b>
2.1.1	Komponentenverhalten.....	12
2.1.2	Effektivität.....	13
2.1.3	Einsatzbereich .....	13
2.1.4	Integration und Fertigung .....	13
<b>2.2</b>	<b>Piezoelektrische Materialien.....</b>	<b>14</b>
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
<b>2.3</b>	<b>Piezoelektrische Polymere .....</b>	<b>46</b>
2.3.1	PVDF-Filme als modale Dehnungssensoren .....	52
<b>2.4</b>	<b>Elektrostriktive Materialien .....</b>	<b>58</b>
<b>2.5</b>	<b>Magnetostriktive Materialien .....</b>	<b>63</b>
<b>2.6</b>	<b>Formgedächtnislegierungen .....</b>	<b>65</b>

2.6.1	Vergleich vom Formgedächtnislegierungen mit Bimetallen....	73
2.6.2	Hybridverbunde mit SMA-Fasern.....	75
<b>3.</b>	<b>Die Interaktion von Struktur und aktiven Elementen .....</b>	<b>78</b>
<b>3.1</b>	<b>Einführung.....</b>	<b>78</b>
<b>3.2</b>	<b>Das Modell der konstanten Dehnungsverteilung.....</b>	<b>81</b>
<b>3.3</b>	<b>Das Bernouilli-Euler-Modell .....</b>	<b>87</b>
3.3.1	Eingebettete Aktuatoren .....	87
3.3.2	Aufgeklebte Aktuatoren .....	90
3.3.3	Berücksichtigung der Klebeschicht.....	91
<b>3.4</b>	<b>Modellierung mit der finite Elemente Methode.....</b>	<b>93</b>
<b>3.5</b>	<b>Vergleich der Modelle.....</b>	<b>95</b>
3.5.1	Ergebnisse zur induzierten Dehnung.....	95
3.5.2	Der Einfluss der Klebeschicht.....	97
3.5.3	Der Einfluss der Schubdeformation .....	99
<b>3.6</b>	<b>Effektivität der induzierten Dehnungsaktuation.....</b>	<b>102</b>
3.6.1	•bertragung der Deformationsenergie.....	102
3.6.2	Vergleich zwischen eingebetteten und aufgeklebten Aktuatoren.....	105
<b>3.7</b>	<b>Die Theorie dünner Lamine mit integrierten Aktuatoren</b>	<b>107</b>
3.7.1	Ergebnisse zur isotropen Platte .....	109
3.7.2	Energieformulierung des allgemeinen Plattenproblems .....	111
<b>3.8</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>112</b>
<b>4.</b>	<b>Die Integration von Struktur- und Regelungsmodell.....</b>	<b>113</b>
<b>4.1</b>	<b>Einführung.....</b>	<b>113</b>
<b>4.2</b>	<b>Die Darstellung von Konstruktionen im Zustandsraum.....</b>	<b>117</b>
<b>5.</b>	<b>Die konstruktive Gestaltung und Fertigung aktiver Funktionsbauweisen.....</b>	<b>123</b>
<b>5.1</b>	<b>Konstruktive Gesichtspunkte.....</b>	<b>123</b>
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	Entformungsschrägen .....	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
<b>5.2</b>	<b>Die Fertigung aktiver Strukturen mit Piezokeramiken als aktive Elemente .....</b>	<b>132</b>

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	<b>Spannungsreduktion und Verbesserung der Aktuatoreffizienz durch konstruktive Massnahmen.....</b>	<b>149</b>
6.	<b>Anwendungsbeispiele für die aktive Funktionsbauweise....</b>	<b>159</b>
6.1	<b>Die statische Verformungskontrolle am Beispiel eines flexiblen, adaptiven Antennenreflektors .....</b>	<b>159</b>
6.2	<b>Die aktive, hochgenaue Positionierung .....</b>	<b>168</b>
6.3	<b>Die aktive Lärmreduzierung in Flugzeugen.....</b>	<b>170</b>
6.4	<b>Der aktive Adapter .....</b>	<b>172</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>176</b>
	<b>Sachwortverzeichnis .....</b>	<b>181</b>
	<b>Abkürzungen .....</b>	<b>184</b>