

BERICHTE AUS DEM
INSTITUT FÜR
FERTIGUNGSTECHNIK
UND SPANENDE
WERKZEUGMASCHINEN
UNIVERSITÄT HANNOVER



PRODUKTIONSTECHNIK

Dipl.-Ing. Stefan Brand, Hannover

Piezelektrische Aktoren in Fertigungssystemen

Fortschritt-Berichte VDI
Reihe **2**: Fertigungstechnik

Nr. **390**

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungen	VII
Abstrakt	X
1 Einleitung	1
2 Stand der Kenntnisse	2
2.1 Definition des Begriffs Aktor	2
2.2 Klassifizierung von Aktoren	2
2.3 Neue Aktoren	4
2.4 Piezoelektrische Aktoren	7
2.4.1 Entwicklungsstand piezoelektrischer Aktoren	8
2.4.2 Leistungspotential piezoelektrischer Aktoren	8
2.4.3 Einsatzbereiche piezoelektrischer Aktoren	9
2.4.4 Piezoelektrischer Effekt	12
2.4.5 Herstellung piezoelektrischer Aktoren	13
2.4.6 Piezoelektrische Materialeigenschaften	13
2.4.7 Bauarten und Bauformen piezoelektrischer Aktoren	15
2.4.8 Betriebsverhalten piezoelektrischer Aktoren	18
3 Aufgabenstellung und Zielsetzung	20
4 Eigenschaften piezoelektrischer Aktoren	22
4.1 Versuchsprogramm	23
4.2 Versuchsstand für piezoelektrische Aktoren	26
4.2.1 Versuchstechnik	27
4.2.2 Voruntersuchungen des Versuchsstands	29
4.3 Statisches Verhalten piezoelektrischer Aktoren	33
4.3.1 Hystereseverhalten	33
4.3.2 Offset-Verhalten	37
4.3.3 Steifigkeitsverhalten	38
4.3.4 Blockierkraft	40
4.3.5 Arbeitsdiagramme	43
4.4 Dynamisches Verhalten piezoelektrischer Aktoren	44
4.4.1 Elektrische und mechanische Leistung	45
4.4.2 Kopplungsfaktor und Wirkungsgrad	48
4.4.3 Thermisches Verhalten	51
5 Komponenten piezoelektrischer Antriebssysteme	53
5.1 Anforderungen an piezoelektrische Antriebssysteme	53
5.2 Aktor Auswahl	55

5.3	Stellwegübersetzung	56
5.4	Mechanische Integration.....	57
5.5	Sensorik.....	59
5.6	Verstärker	62
6	Piezelektrische Scannersysteme	64
6.1	Grundprinzipien piezelektrischer Scannersysteme.....	66
6.2	Kardanischer Laserscanner.....	68
6.2.1	Konstruktiver Aufbau.....	68
6.2.2	Voruntersuchungen	71
6.2.3	FEM-Simulationen des kardanischen Laserscanners.....	72
6.2.3.1	FEM-Modelle der kardanischen Scannerlagerung	75
6.2.3.2	Ergebnisse der FEM-Simulationen.....	76
6.2.3.3	Optimierung der kardanischen Scannerlagerung	82
6.2.4	Betriebsverhalten des kardanischen Laserscanners	84
6.2.4.1	Statisches Verhalten	84
6.2.4.2	Dynamisches Verhalten	86
6.2.5	Gesteuerter und geregelter Betrieb	88
6.3	Membran-Laserscanner.....	94
6.3.1	Konstruktiver Aufbau.....	95
6.3.2	Versuchsaufbau.....	96
6.3.3	Betriebsverhalten des Membran-Laserscanners	99
6.3.3.1	Statisches Verhalten	99
6.3.3.2	Dynamisches Verhalten	100
6.3.3.3	Geregelter Betrieb	103
6.4	Blattfeder-Laserscanner	104
6.4.1	Variation der Blattfedergeometrie	106
6.5	Abschließende Betrachtung der vorgestellten Scannersysteme	109
7	Konzept eines piezelektrischen Feinstellantriebs	113
8	Zusammenfassung	119
9	Anhang A	122
	Methode der Finiten Elemente (FEM).....	122
A1	Mathematische Grundlagen.....	122
A2	Vorgehensweise bei der FEM.....	125
A3	FEM Elementarten.....	126
10	Literaturverzeichnis	128