

Inhaltsverzeichnis

Herausgeber-Vorwort

Autoren-Vorwort

1.	Gestaltbildung bei genauen Maschinen	1
	A. Jung	
1.1	Vorbemerkungen	1
1.2	Vorerfahrungen	4
1.2.1	Allgemeines zur Historie	4
1.2.2	Vorerfahrungen zur Theorie	5
1.2.2.1	Gründe für Meßunsicherheiten	5
1.3	Zum Gestaltbildungsprozeß (Zukunft) bei genauen Maschinen	16
2.	Gestaltung von Präzisions-Instrumenten	26
	W. Richter	
2.1	Beobachtungen von Elementarteilchen	26
2.1.1	Der Beschleuniger LEP	26
2.1.2	Der Detektor ALEPH	27
2.2	Probleme beim Entwickeln und Konstruieren	30
2.2.1	Wie analysiert man Genauigkeitsforderungen?	31
2.2.2	Wie konkretisiert man ein Lösungsprinzip?	38
2.2.3	Wie berechnet man überschlägig?	46
2.2.4	Wie bewertet man die Lösung?	49
2.3	Anregungen zu zwei oft wiederkehrenden Problemen	51
2.3.1	Meßfehler aufgrund der Elektronik-Wärme	51
2.3.2	Ausgleich von Toleranzen und Spiel	55
3.	Mikrozerspanungsmaschinen zur Bearbeitung optischer Flächen	58
	K. Becker	
3.1	Einleitung	58
3.2	Genauigkeitsanforderungen	59
3.3	Typische Komponenten für Ultrapräzisionsmaschinen	61
3.3.1	Schlittenführungen und Antriebe	62
3.3.2	Spindeln	68

		71
3.3.3	Steuerung	73
3.3.4	Wegmeßsysteme	74
3.3.5	Spannmittel	76
3.3.6	Werkzeuge für die Ultrapräzisionsbearbeitung	79
3.4	Bauformen von Mikrozerspanungsmaschinen	79
3.4.1	Fräsmodus („Flycutting“)	79
3.4.2	Drehmodus	
3.5	Qualität von Mikrozerspanungsmaschinen,	82
	Bearbeitungsergebnisse	83
3.6	Typische Werkstoffe	85
3.7	Typische Werkstückgeometrien	86
3.8	Zusammenfassung	87
3.9	Bildquellenverzeichnis	

4. **Meßmaschine M400 und Poliermaschine P400**

Ein Maschinenpaar zur rechnergesteuerten Fein-
bearbeitung Optischer Flächen
K. Beckstette, C. Kübler **88**

		88
4.1	Einleitung	88
4.2	Herstellung optischer Flächen	88
4.2.1	Sphärische und Planflächen	88
4.2.1.1	Vor- und Feinschleifen	90
4.2.1.2	Polieren	91
4.2.2	Asphärische Flächen	92
4.2.2.1	Vorbearbeitung	93
4.2.2.2	Polieren	93
4.2.2.3	Feinkorrektur	94
4.3	Rechnergesteuertes Polieren	94
4.3.1	Grundlagen	95
4.3.1.1	Preston's Hypothese	95
4.3.1.2	Berechnung des Polierabtrages	96
4.3.1.2.1	Werkzeugfunktion	96
4.3.1.2.2	Verweildauerfunktion	97
4.3.1.3	Berechnung der Verweildauerfunktion	97
4.3.2	Prozeßablauf	101
4.3.3	Verfahrenssoftware	101
4.4	Meßmaschine M400	102
4.4.1	Konzeption der Meßeinrichtung M400	102
4.4.1.1	Meßverfahren	104
4.4.1.2	Prozeßkonzeption	104
4.4.1.3	Meßablauf	105
4.4.2	Maschine	106
4.4.2.1	Maschinenbett und Schwingungsisolierung	

4.4.2.2	Kreuzschlitten, Oberschlitten und Meßarm	106
4.4.2.3	Tastkopf	106
4.4.3	Steuerung	107
4.4.3.1	Lagemeßsystem und Lageregelkreis	107
4.4.4	Meßsystem	109
4.4.5	Klimatisierungsmaßnahmen	109
4.4.6	Auswertesoftware	110
4.4.7	Erreichte Eigenschaften	111
4.5	Poliermaschine P400	112
4.5.1	Aufgabenstellung	112
4.5.2	Maschine	113
4.5.2.1	Maschinenkonzept	113
4.5.2.2	Bearbeitungsmoden	115
4.5.2.2.1	Poliervorgang zur Feinkorrektur (Mode 1)	115
4.5.2.2.2	Großflächiges Polieren (Mode 1)	116
4.5.2.2.3	Bearbeitung stark gekrümmter Flächen (Mode 2)	117
4.5.2.3	Grundmaschine	117
4.5.2.4	Hubtisch	118
4.5.2.5	Schwenkbarer Rundtisch, Drehachse C und Kippachse A	118
4.5.2.6	Dreh- und Neigekopf	119
4.5.2.6.1	Funktion	119
4.5.2.6.2	Drehachse D	119
4.5.2.6.3	Drehachse E	119
4.5.2.6.4	Drehachse F	119
4.5.2.7	Der Polierkopf	120
4.5.2.7.1	Polierkopf mit Epizykloiden-Bewegung des Werkzeuges	120
4.5.2.7.2	Polierkopf für rotatorische Bewegung des Werkzeuges	120
4.5.2.7.3	Polierkopf für Mode 3	121
4.5.2.8	Erzeugung der Polierkraft	121
4.5.3	Steuerung	121
4.5.3.1	Leistungselektronik und Antriebstechnik	121
4.5.3.2	CNC-Steuerung	122
4.5.3.2.1	Anforderungen	122
4.5.3.2.2	Schnittstelle zwischen Steuerung und übergeordneter EDV-Anlage	123
4.5.3.2.3	DNC-Software für die Datenübertragung	123
4.5.3.3	Werkstücklagevermessung und Einrichten der Maschine	125
4.6	Zusammenfassung	125

5.	Ein Teleskop lernt fliegen	130
	E.D. Knohl	
5.1	Analogien in der Natur	130
5.2	Was ist SOFIA?	131
5.3	Das Missionsprofil von SOFIA	132
5.4	Anforderungen an das Teleskopkonzept	133
5.4.1	Abmessungen	133
5.4.2	Optische Qualität	133
5.4.3	Teleskopgewicht	134
5.4.4	Thermische Anpassung	135
5.4.5	Fernbedienung	135
5.4.6	Mittlere Richtgenauigkeit	136
5.4.7	Flugsicherheit	136
5.4.8	Notwendiger Kostenrahmen	136
5.5	Wissenschaftliche Begründung für SOFIA	137
5.6	Technische Beschreibung	138
5.7	Neue Technologien	141
5.7.1	Schnelle Kommunikation	141
5.7.2	FE-Analysen	148
5.7.3	CFK-Technologie	149
5.7.4	Luftlager aus porösem Material	149
5.7.5	Spincasting und Slumping	150
5.7.6	Membrantechnologie	151
5.7.7	Aktive Lagerung	153
5.8	Zusammenfassung	161
6.	Piezoantriebe für extrem hohe Positioniergenauigkeit	162
	Karl Spanner	
6.1	Einleitung	162
6.2	Der Piezo-Effekt	163
6.3	Bauformen der piezoelektrischen Translatoren	168
6.3.1	Sandwichform	168
6.3.2	Streifen- oder Röhrchenform	170
6.4	Vergleich der verschiedenen Bauformen	170
6.5	Niederspannungspiezo	174
6.6	Vorteile der piezoelektrischen Translatoren	174
6.6.1	Hoher Wirkungsgrad, keine Reibungsverluste	174
6.6.2	Keine rotierenden Teile, keine Schwingungen	175
6.6.3	Keine Verschleißteile, unbegrenzte Lebensdauer	176
6.6.4	Kein Spiel	176
6.6.5	Große Kräfte	176

6.6.6	Hohe Geschwindigkeit	176
6.6.7	Kleine Abmessungen	176
6.6.8	Kein Energieverbrauch im ausgedehnten Zustand	176
6.6.9	Unbegrenzte Auflösung	177
6.6.10	Einsetzbar unter extremen Bedingungen wie tiefe Temperaturen und Vakuum	177
6.6.11	Sehr gut geeignet für geschlossene Regelkreise	177
6.7	Nachteile der Piezotranslatoren und deren Kompensation	177
6.7.1	Zu den Nachteilen der Piezotranslatoren gehören	178
6.7.2	Möglichkeiten zur Kompensation der Nachteile	179
6.8	Geschwindigkeit der Piezotranslatoren	181
6.9	Anwendungen	182
6.10	Zusammenfassung	187

7. **Meßeinrichtungen für digitale Positionsmeßsysteme** **189** Alfons Ernst

7.1	Einleitung	189
7.2	Digitale Längenmeßsysteme	190
7.2.1	Photoelektrisches Längenmeßsystem mit Glasmaßstab	190
7.2.2	Gekapseltes Längenmeßsystem mit Glasmaßstab	194
7.2.3	Linearmeißsystem mit Stahlmaßstab	194
7.2.4	Interferentielles Meßsystem	197
7.3	Meßeinrichtungen für digitale Längenmeßgeräte	199
7.3.1	Meßeinrichtung für gekapselte Längenmeßsysteme	199
7.3.2	Meßeinrichtung für Meßsysteme mit Stahlbändern	203
7.3.3	Meßeinrichtung mit Laser-Interferometer als Referenz	206
7.3.4	Anschluß an den internationalen Längenstandard	210
7.4	Digitale Winkelmeßsysteme	210
7.4.1	Photoelektrische Einbau-Winkelmeßeinrichtung	210
7.4.2	Winkelmeßsysteme mit Kupplung	213
7.4.3	Winkelmeßgeräte mit eingebauter Kupplung	214
7.5	Meßeinrichtungen für digitale Winkelmeßgeräte	216

8. **Was ist Precision Engineering? — Entwicklungsstand am Beispiel der Mikrozerspanung** **218** Peter Langenbeck

Precision Engineering am Beispiel Mikrozerspanung	220
Ein Bauteil mit besonderen Anforderungen	227

Literaturverzeichnis	249
Sachregister	253
Autorenverzeichnis	255