

Inhaltsverzeichnis:

1.	Einleitung	1
2.	Führungen im Maschinen- und Präzisionsgerätebau	3
2.1	Die Aufgaben von Führungen	3
2.2	Führungsfehler und ihre Ursachen	5
2.3	Kompensierung von Führungsfehlern	6
3.	Erkenntnisstand über aerostatische Führungen	9
4.	Aerostatische Führungen	15
4.1	Einteilung aerostatischer Führungen	15
4.2	Das aerostatische Führungselement als Basis- element aerostatischer Führungen	19
4.3	Wirkungsweise eines aerostatischen Führungs- elementes	20
4.4	Ausführungsformen aerostatischer Führungs- elemente	22
5.	Theoretische Grundlagen	25
5.1	Die NAVIER-STOKES'schen Bewegungsglei- chungen	25
5.2	Der Luftmassenstrom \dot{m} durch Abströmspalt und Einströmöffnungen	33
5.2.1	Ausflussgleichungen für den durch ebene paral- lele Flächen begrenzten Abströmspalt	33
5.2.1.1	Geradlinige Parallelströmung	33
5.2.1.2	Divergierende Radialströmung	38
5.2.2	Ausflussgleichungen für die Einströmöffnungen	40
5.2.2.1	Drosseln mit laminarer Strömung	40
5.2.2.2	Drosseln mit turbulenter Strömung	42
5.3	Notwendigkeit einer einfach zu handhabenden Näherungstheorie zur Berechnung aerostati- scher Führungen	45

6.	Näherungstheorie	47
6.1	Das Führungselement mit Rechteckform	47
6.1.1	Druckprofil im Führungsspalt	47
6.1.1.1	Druckverlauf im Abströmspalt bei Parallelströmung	51
6.1.1.1.1	Druckverlauf unter den Bedingungen der Kontinuums- oder Schichtenströmung	51
6.1.1.1.2	Druckverlauf unter den Bedingungen der Gleitströmung	53
6.1.1.2	Druckverlauf im Abströmspalt bei divergierender Radialströmung	60
6.1.2	Tragfähigkeit des rechteckförmigen Führungselements	63
6.1.2.1	Tragkraft F	63
6.1.2.2	Effektive Druckfläche A_{eff}	65
6.1.2.3	Beiwerte des rechteckförmigen Führungselementes	67
6.1.2.3.1	Flächenbeiwert k_A	67
6.1.2.3.2	Widerstandsbeiwert k_W	83
6.1.3	Kennzahl B^* des rechteckförmigen aerostatischen Führungselementes	85
6.1.3.1	Laminare Drosselströmung	87
6.1.3.2	Turbulente Drosselströmung	87
6.2	Das Führungselement mit Kreisform	89
6.2.1	Druckprofil im Führungsspalt	89
6.2.1.1	Druckbereich „Mittelfläche A_M “	90
6.2.1.2	Druckbereich „Randfläche A_{Rr} “	90
6.2.2	Tragfähigkeit des kreisförmigen Führungselementes	91
6.2.2.1	Tragkraft F	91
6.2.2.2	Effektive Druckfläche A_{eff}	93

6.2.3	Beiwerte des kreisförmigen Führungselementes	96
6.2.3.1	Flächenbeiwert k_A	96
6.2.3.2	Widerstandsbeiwert k_W	96
6.2.4	Kennzahl B^* des kreisförmigen Führungselementes	98
6.2.4.1	Kennzahl B_L^* für Führungselemente mit laminare Drosselströmung	99
	Kennzahl B_T^* für Führungselemente mit turbulenter Drosselströmung	99
6.3	REYNOLDS'sche Zahl Re	101
6.3.1	REYNOLDS'sche Zahl für laminare parallele Spaltströmung	101
6.3.2	REYNOLDS'sche Zahl für laminare divergierende Spaltströmung	109
6.3.3	REYNOLDS'sche Zahl für laminare Drosselströmung	111
6.4	Steifigkeit eines aerostatischen Führungselementes	117
6.4.1	Steifigkeit bei turbulenter Drosselströmung	117
6.4.1.1	Optimale Steifigkeit	122
6.4.1.2	Maximale Steifigkeit	127
6.4.2	Steifigkeit bei laminarer Drosselströmung	128
6.5	Federkennlinie eines aerostatischen Führungselementes	134
6.6	Einfluss des Kammervolumens auf die dynamische Stabilität eines Führungselementes	139
6.6.1	Stabilitätskriterium für Führungselemente mit turbulenter Drosselströmung	144
6.6.2	Stabilitätskriterium für Führungselemente mit laminarer Drosselströmung	149

6.7	Einfluss von Länge und Querschnitt der Verteilerkanäle auf das Druckprofil	152
6.7.1	Druckabfall im Zubringerkanal	153
6.7.2	Druckabfall in Kanalelementen	158
6.8	Statische Drehsteifigkeit eines Führungselementes	170
6.9	Luftverbrauch	171
7.	Berechnungsunterlagen	173
7.1	Berechnungsschemata I und II	173
7.1.1	Berechnungsschemata I für ebene rechteckförmige Führungselemente mit turbulenter Drosselströmung	175
7.1.2	Berechnungsschemata II für ebene kreisförmige Führungselemente mit turbulenter Drosselströmung	185
7.2	Das Berechnungsprogramm AERFUE	195
7.3	Beispiele für die Anwendung des Berechnungsprogrammes AERFUE	199
7.3.1	Dimensionierung eines Führungselementes	199
7.3.2	Nachrechnung eines Führungselementes	201
8.	Praktische Beispiele	
	für den Einsatz aerostatischer Führungen im Maschinen- und Präzisionsgerätebau	205
8.1	Die Dreikoordinatenmessmaschine DKM 05-1000 DA	205
8.1.1	Aufbau der Messmaschine und Anordnung des Führungssystems	205
8.1.2	In der DKM 05-1000 DA verwendete Rechteckführungselemente und ihre Einsatzbedingungen	207
8.1.3	Experimentelle Untersuchung ausgewählter Parameter der Führungselemente	213

8.1.3.1	Ausflusszahl α der zum Einsatz kommenden Mikroblenden	213
8.1.3.2	Druckmessungen im Führungsspalt eines Führungselementes	216
8.1.3.3	Gemessene Luftdurchsätze durch die Einströmöffnungen und den Führungsspalt der Führungselemente 2 und 1	223
8.1.3.4	Realisierte Federkennlinien $h = h(F)$ der in der Dreikoordinatenmessmaschine DKM 05-1000 DA eingesetzten Führungselemente	235
8.1.3.4.1	Auswirkungen von Nebenluft auf die Federkennlinie eines Führungselementes	241
8.1.3.4.2	Einfluss von Ebenheit und Rauigkeit der Führungs- und Gegenfläche auf das statische Verhalten eines Führungselementes	242
8.1.3.4.3	Bestimmung der kleinsten praktisch sinnvollen Spalthöhe	247
8.1.3.5	Neigung der Führungselemente zu selbsterregten Schwingungen	248
8.1.3.6	Qualitätsparameter der Dreikoordinatenmessmaschine DKM 05-1000 DA	249
8.2	Die Ultra-Präzisionslängenmessmaschine PRECIMAR 828 CiM	257
8.3	Weitere Einsatzbeispiele aus dem Maschinen- und Gerätebau	261
8.3.1	Aerostatisch geführtes Schlittensystem einer Fräsmaschine /52/	263
8.3.2	Höhenmessgeräte DIGIMAR 600 CX1 und DIGIMAR 1000 CX2	263
8.3.3	Aerostatisch gelagerte Doppelsphärenspindel /52/	269
9.	Hinweise für die Konstruktion und Fertigung aerostatischer Führungen und Führungselemente	271

