

Inhalt

Vorwort — V

Abbildungsverzeichnis — XV

Tabellenverzeichnis — XXI

Teil I: Einleitung

1	Geschwindigkeit — 3
2	Strömung und Durchfluss — 5
2.1	Strömungsgeschwindigkeit und Strömungsfeld — 5
2.1.1	Rohrströmung — 5
2.1.2	Volumenstrom und Massenstrom — 7

Teil II: Weg-Zeit-Messung basierte Sensoren

3	Physikalische Grundlagen — 11
4	Geschwindigkeitssensoren — 13
4.1	Lichtschranken — 14
4.1.1	Messprinzip — 14
4.1.2	Anwendungen — 16
4.1.3	Kommerzielle Produkte — 17
4.2	Helligkeitssensoren — 21
4.2.1	Messprinzip — 22
4.2.2	Anwendungen — 23
4.2.3	Kommerzielle Produkte — 23
4.3	Drehzahlbasierte Sensoren — 24
4.3.1	Messprinzip — 25
4.3.2	Anwendungen — 28
4.3.3	Kommerzielle Produkte — 28
4.4	Laufzeitbasierte Sensoren — 30
4.4.1	Messprinzip — 30
4.4.2	Anwendungen — 31
4.4.3	Kommerzielle Produkte — 32
4.5	Satellitengestützte Sensoren — 33

4.5.1	Messprinzip — 34
4.5.2	Anwendungen — 36
4.5.3	Kommerzielle Geräte — 37
4.6	Zusammenfassung — 39
5	Strömungssensoren — 41
5.1	Laufzeitdifferenzbasierte Ultraschallsensoren — 41
5.1.1	Einleitung — 41
5.1.2	Messprinzip — 41
5.1.3	Anwendungen — 50
5.1.4	Kommerzielle Produkte — 51
5.1.5	Zusammenfassung — 54
5.2	Laser-2-Fokus-Sensoren — 55
5.2.1	Einleitung — 55
5.2.2	Messprinzip — 55
5.2.3	Anwendungen — 61
5.2.4	Kommerzielle Produkte — 62
5.2.5	Zusammenfassung — 63
5.3	Particle-Image-Velocimetrie/Particle-Tracking-Velocimetrie — 65
5.3.1	Einleitung — 65
5.3.2	Messprinzip — 66
5.3.3	Anwendungen — 79
5.3.4	Kommerzielle Produkte — 87
5.3.5	Zusammenfassung — 91
5.4	Magnetresonanzvelocimetrie — 93
5.4.1	Einleitung — 93
5.4.2	Messprinzip — 94
5.4.3	Anwendung — 103
5.4.4	Kommerzielle Produkte — 104
5.4.5	Zusammenfassung — 107

Teil III: Doppler-Effekt basierte Sensoren

6	Physikalische Grundlagen — 111
6.1	Schallwellen — 111
6.2	Elektromagnetische Wellen — 112
6.3	Doppler-Effekt — 114
6.3.1	Akustischer Doppler-Effekt — 114
6.3.2	Elektromagnetischer Doppler-Effekt — 119

7	Geschwindigkeitssensoren — 123
7.1	Doppler-Ultraschallsensoren — 123
7.1.1	Einleitung — 123
7.1.2	Messprinzip — 123
7.1.3	Anwendungen — 130
7.1.4	Kommerzielle Produkte — 131
7.1.5	Zusammenfassung — 132
7.2	Doppler-Radar — 134
7.2.1	Einleitung — 134
7.2.2	Messprinzip — 134
7.2.3	Anwendungen — 136
7.2.4	Kommerzielle Produkte — 138
7.2.5	Zusammenfassung — 139
8	Strömungssensoren — 141
8.1	Doppler-Ultraschall-Sensoren — 141
8.1.1	Einleitung — 141
8.1.2	Messprinzip — 141
8.1.3	Anwendungen — 142
8.1.4	Kommerzielle Produkte — 145
8.1.5	Zusammenfassung — 145
8.2	Sodar — 148
8.2.1	Einleitung — 148
8.2.2	Messprinzip — 148
8.2.3	Anwendungen — 156
8.2.4	Kommerzielle Produkte — 158
8.2.5	Zusammenfassung — 162
8.3	Lidar — 164
8.3.1	Einleitung — 164
8.3.2	Messprinzip — 164
8.3.3	Anwendungen — 171
8.3.4	Kommerzielle Produkte — 175
8.3.5	Zusammenfassung — 177
8.4	Laser-Doppler-Anemometrie — 180
8.4.1	Einleitung — 180
8.4.2	Messprinzip — 180
8.4.3	Anwendungen — 187
8.4.4	Kommerzielle Produkte — 189
8.4.5	Zusammenfassung — 191
8.5	Phasen-Doppler-Anemometrie — 193
8.5.1	Einleitung — 193
8.5.2	Messprinzip — 193

8.5.3	Anwendung — 197
8.5.4	Kommerzielle Produkte — 198
8.5.5	Zusammenfassung — 199
8.6	Doppler-Global-Velocimetrie — 200
8.6.1	Einleitung — 200
8.6.2	Messprinzip — 201
8.6.3	Anwendungen — 208
8.6.4	Kommerzielle Produkte — 212
8.6.5	Zusammenfassung — 216

Teil IV: Andersartige Sensoren

9	Strömungssensoren — 221
9.1	Schlieren- und Schattenverfahren basierte Sensoren — 221
9.1.1	Einleitung — 221
9.1.2	Messprinzip — 222
9.1.3	Anwendungen — 232
9.1.4	Kommerzielle Produkte — 235
9.1.5	Zusammenfassung — 237
9.2	Thermische Sensoren — 238
9.2.1	Einleitung — 238
9.2.2	Messprinzip — 239
9.2.3	Anwendung — 244
9.2.4	Kommerzielle Produkte — 246
9.2.5	Zusammenfassung — 249
10	Durchflusssensoren — 251
10.1	Magnetisch-induktive Sensoren — 251
10.1.1	Einleitung — 251
10.1.2	Messprinzip — 252
10.1.3	Anwendungen — 259
10.1.4	Kommerzielle Produkte — 261
10.1.5	Zusammenfassung — 267
10.2	Coriolis-Effekt basierte Sensoren — 268
10.2.1	Einleitung — 268
10.2.2	Messprinzip — 269
10.2.3	Anwendungen — 273
10.2.4	Kommerzielle Produkte — 275
10.2.5	Zusammenfassung — 279
10.3	Differenz- und staudruckbasierte Sensoren — 279
10.3.1	Einleitung — 279

10.3.2	Messprinzip — 280
10.3.3	Anwendung — 286
10.3.4	Kommerzielle Produkte — 290
10.3.5	Zusammenfassung — 293
10.4	Wirbelsensoren — 294
10.4.1	Einleitung — 294
10.4.2	Messprinzip — 295
10.4.3	Anwendungen — 300
10.4.4	Kommerzielle Produkte — 303
10.4.5	Zusammenfassung — 307
10.5	Drallsensoren — 308
10.5.1	Einleitung — 308
10.5.2	Messprinzip — 309
10.5.3	Anwendungen — 313
10.5.4	Kommerzielle Produkte — 315
10.5.5	Zusammenfassung — 317
Literatur	— 319
Stichwortverzeichnis	— 333