

Praktischer Einsatz von berührungslos arbeitenden Sensoren

Auswahlkriterien und Anwendungsbeispiele
aus der Automatisierungs- und Steuerungstechnik

Prof. Dr.-Ing. Werner Eißler
Prof. Dipl.-Ing. Rolf-Jürgen Knappmann

Dipl.-Ing. (FH) N. Bissinger
Dipl.-Ing. (FH) G. Fetzer
Dipl.-Ing. (FH) J. Gentischer
Dr. V. Gerbig
Dr. J. Jahns
Dr.-Ing. C. P. Keferstein
Dipl.-Ing. (FH) A. Kollenberg
Dr.-Ing. R. J. Köhnlechner
Dipl.-Ing. G. Kuhn
Ing. grad. H.-R. Neumann
Ing. grad. L. Schlüter
W. Schultz

Mit 337 Bildern



Kontakt & Studium
Band 202

Herausgeber:
Prof. Dr.-Ing. Wilfried J. Bartz
Technische Akademie Esslingen
Weiterbildungszentrum
Dipl.-Ing. FH Elmar Wippler, expert verlag

expert  **verlag**

Herausgeber-Vorwort

Autoren-Vorwort

1	Praktischer Einsatz von berührungslos arbeitenden Sensoren	1
	W. Eißler, R. Köhnlechner	
1.1	Einleitung	1
1.2	Entwicklungstendenzen in der Fertigungstechnik	1
2	Pneumatische Sensoren	13
	J. Gentischer	
2.1	Einleitung	13
2.2	Grundlagen	13
2.2.1	Anwendung	14
2.2.2	Aufbau	15
2.2.2.1	Ringstrahlaufnehmer (-sensor)	16
2.2.2.2	Rückstauaufnehmer (System-Düse-Prallplatte)	18
2.2.2.3	Strömungsaufnehmer (passiver Aufnehmer)	18
2.2.2.4	Strahlschranke	19
2.2.2.5	Ultraschall-Schranke	20
2.2.3	Tastabstände	20
2.2.4	Ausgangs-Kennlinien-Charakteristik	21
2.2.5	Mittlerer Versorgungsdruck	21
2.2.6	Mittlerer Luftverbrauch	22
2.2.7	Kraft auf das Objekt	22
2.2.8	Empfindlichkeit oder Amplitude des Ausgangssignals	23
2.2.9	Dynamisches Verhalten	23
2.3	Signalverarbeitung	23
2.3.1	Fluidikelemente ohne bewegte Teile	23
2.3.2	Niederdruckmembranelemente	24
2.3.3	Hochdruckverstärker	25

2.3.4	Pneumatisch/elektrische Umformer	25
2.4	Merkregeln für den Einsatz pneumatischer Sensoren	26
2.5	Praxisbeispiele	27

3 Einführung in induktiv, kapazitiv und magnetisch arbeitende Sensoren **35**

N. Bissinger

3.1	Einleitung	35
3.2	Gegenüberstellung berührend und nichtberührend arbeitender Initiatoren für binäre Signalverarbeitung	36
3.3	Induktiv arbeitende Grenztaster	37
3.3.1	Aufbau, Wirkungsweise	37
3.3.2	Montagehinweise und Schaltungsmöglichkeiten von induktiven Näherungsschaltern	40
3.3.2.1	PNP- und NPN-schaltende Initiatoren	43
3.3.2.2	Anwendungshinweise	44
3.4	Kapazitiv arbeitende Grenztaster	46
3.4.1	Einsatzgebiet	46
3.4.2	Arbeitsweise	46
3.5	Induktiv arbeitende Sensoren für analoge Signalverarbeitung	48
3.5.1	Vorbemerkung	48
3.5.2	Analog arbeitende induktive Grenztaster	48
3.6	Kapazitiv arbeitende Sensoren für analoge Signalverarbeitung	53
3.7	Magnetisch arbeitende Sensoren	53
3.7.1	Dauermagnet-Kontakt-Anordnung	53
3.7.2	Hall-Generator	54
3.7.2.1	Einsatzgebiete für Hall-Generatoren	55
3.7.3	Magnetisch arbeitender Sensor mit Wiegand-Modul	55
3.7.3.1	Wiegand-Effekt	55
3.7.3.2	Anwendung des Wiegand-Modules in Sensoren	56
3.7.4	Magnetfeldabhängige Diode	56
3.7.4.1	Einsatzgebiete für die Magnetdiode	58

4 Anwendungsbeispiele für magnetisch/induktiv/kapazitiv arbeitende Sensoren **59**

A. Kollenberg

4.1	Einleitung	59
4.2	Technische Erläuterung mit Anwendungsbeispielen	59
4.2.1	Magnetisch arbeitende Sensoren	59

4.2.2	Der induktive, berührungslose Näherungsschalter – ein modernes Bauelement	62
4.2.2.1	Technische Vorteile berührungsloser induktiver Näherungsschalter	62
4.2.2.2	Aufbau und Funktion berührungsloser induktiv arbeitender Näherungsschalter	67
4.2.2.2.1	Betriebsart NAMUR	67
4.2.2.2.2	Betriebsart Gleichspannung	68
4.2.2.2.3	Betriebsart Wechselspannung	68
4.2.3	Erläuterung der charakteristischen technischen Daten	69
4.2.4	Praktische Anwendungsbeispiele	88
4.3	Praktischer Einsatz von kapazitiven Näherungsschaltern	105
4.4	Zusammenfassung	106

5 Einführung in optisch/optoelektronisch arbeitende Sensoren **108**

N. Bissinger

5.1	Einleitung und Abgrenzung des Stoffgebietes	108
5.2	Fotoelektrischer Effekt	108
5.3	Fotoelektrische Empfängerbauelemente	110
5.3.1	Prinzipieller Aufbau der Halbleiterfotodiode	110
5.3.2	Positionsempfindliche Fotodioden	113
5.3.3	Fototransistor	115
5.3.4	Fotowiderstand	116
5.3.5	Fotozelle	116
5.3.6	Fotovervielfacher	117
5.3.7	Bildwandler-Röhren	118
5.3.8	Kameraröhren	118
5.3.9	Diodenzeilen und Diodenarrays	118
5.3.10	Einsatz der Empfangselemente für Sensoren	119
5.4	Fotoelektrische Sendeelemente	119
5.4.1	Lumineszenz-Dioden (Leuchtdioden)	119
5.4.2	Gasentladungslampen	119
5.4.3	Andere Strahlungsquellen	120
5.5	Einfache Empfänger- und Senderanordnungen für die Sensortechnik	120
5.5.1	Einfache Strahlschranken	120
5.5.2	Maßnahmen zur Verbesserung der Störsicherheit	122
5.5.3	Abstandsmessung über Phasendifferenzmessung von moduliertem Licht	122
5.5.4	Abstandsmessung über Laufzeitmessung	125
5.5.5	Lichtschrankenordnungen für parallele Abbildung	126

5.5.6	Anwendung positionsempfindlicher Photodioden	129
5.5.7	Sensor für Drehlage	133
5.6	Optisch arbeitende Grenzaster	136
5.6.1	Arbeitsweise	136
5.7	Lichtwellenleiter LWL (Lichtleitfasern)	139
5.7.1	Vorbemerkungen	139
5.7.2	Anwendungshinweise für LWL	139
5.7.3	Sensoren mit LWL	143
5.7.3.1	Verschiedene Arbeitsprinzipien	143

6 Optoelektronische Sensoren – Wirkungsweise, Anwendungsbeispiele aus der Praxis **148**

H. Neumann

	Zusammenfassung	148
6.1	Einleitung	148
6.2	Aufbau optischer Sensoren	150
6.3	Wirkungsweise	151
6.4	Geräteseitige Beeinflussung	151
6.5	Beeinflussung im freien Strahlraum	152
6.6	Beeinflussung der Strahlungsleistung	152
6.7	Beeinflussung des Strahlungsspektrums	154
6.8	Beeinflussung der Wellenlänge durch Lumineszenz	154
6.9	Beeinflussung durch Polarisation	154
6.10	Einsatzgebiete	155

7 Optische Sensoren unter Verwendung von Lichtwellenleitern **170**

G. Fetzner

7.1	Einleitung	170
7.2	Grundlagen von Lichtwellenleitern	171
7.3	Fasertypen	174
7.4	Technische Anwendungsbereiche für Lichtwellenleiter	177
7.5	Grundsysteme optischer Sensoren mit Lichtwellenleiter	179
7.5.1	Das Einweg-System	179
7.5.2	Das Reflexions-System	180
7.5.3	Taster-Systeme	180
7.6	Anwendungsbereiche für Sensoren mit Lichtwellenleiter	181
7.6.1	Einsatz bei hohen Temperaturen	182
7.6.2	Einsatz im Naßbereich und bei aggressiven Kontaktmedien	182
7.6.3	Einsatz in Ex-Bereichen	182

7.6.4	Einsatz im Bereich magnetischer- und HF-Felder	184
7.6.5	Einsatz unter erschwerten mechanischen Bedingungen	184
7.7	Ausführungsformen von Lichtwellenleiter für optoelektronische Sensoren	185
7.7.1	Verbindungstechnik	185
7.7.2	Ummantelung	187
7.7.3	Faserart/Lichtleiterquerschnitt	188
7.7.4	Konfektionierung	190
7.7.5	Endhülsen	191
7.7.6	Vorsatzoptiken	192
7.8	Einsatzfälle	194
7.9	Zusammenfassung	207

8 Anwendungsbeispiele von optoelektronischen Sensoren mit Lichtwellenleitern **208**

L. Schlüter, W. Schultz

8.1	Einleitung	208
8.2	Arten von optoelektronischen Sensoren	208
8.3	Anwendungsbeispiele	211
8.3.1	Anwesenheitskontrolle von Werkstücken, Verarbeitungsmaterial oder Werkzeugen	211
8.3.2	Abtastung von Stoffkanten	212
8.3.3	Flüssigkeitserkennung in einer Zahnpastatube	212
8.3.4	Nadellagerkontrolle	212
8.3.5	Erfassung von Ablagerungen	213
8.3.6	Verschiedene Beispiele zur Erkennung von Werkstücken, spez. Werkstückmerkmalen, Fehlern und Hindernissen	214
8.3.7	Erfassung von Glühwendeln	216
8.3.8	Kittabfrage in Lampensockeln	216
8.3.9	Anwesenheitskontrolle von Federn	217
8.3.10	Drehzahlerfassung an schnelllaufenden Objekten	218
8.3.11	Rückstandskontrolle	218
8.3.12	Zeigerkontrolle	219
8.3.13	Lötpunkterkennung	220
8.3.14	Beispiele Kontrasterkennung	220
8.3.15	Ein Beispiel aus dem Roboter- und Handhabungsbereich: Optoelektronische Sensoren mit Glasfaserkabel in Robotergriffen	222
8.3.16	Optoelektronische Sensoren mit Analogausgang: Ein Beispiel zur Kantensteuerung	224
8.4	Zusammenfassung	225

9	Ultraschall- und Mikrowellensensoren	226
	W. Eißler	
9.1	Einführung	226
9.2	Begriffserklärung	228
9.3	Frequenzbereiche	228
9.4	Grundlagen	228
9.4.1	Wirkungsprinzipien von Sensorsystemen	229
9.4.2	Leistungsbilanz bei Einweg- und Zweiwegverfahren	230
9.4.3	Funktionsprinzipien bei Reflex-Systemen	233
9.5	Ultraschallsysteme	237
9.5.1	Eigenschaften von Ultraschall	237
9.5.1.1	Einfluß von Umgebungsparametern	237
9.5.1.2	Ausbreitungsbedingungen und Frequenzwahl	239
9.5.1.3	Einfluß der Reflektoreigenschaften	240
9.5.2	Technische Realisierung von Ultraschallsensoren	242
9.5.3	Anwendungsbeispiele	252
9.6	Mikrowellensysteme	263
9.6.1	Eigenschaften von Mikrowellensystemen	263
9.6.2	Technische Realisierung von Mikrowellensensoren	267
9.6.3	Anwendungsbeispiele	272
9.6.4	Firmenliste: Mikrowellen-Sensoren	278
10	Grundlagen bildverarbeitender Sensoren	279
	R.-J. Knappmann	
10.1	Einleitung	279
10.2	Aufbau von Bildsensoren	279
10.2.1	Kamera	279
10.2.2	Analog/Digitalwandler und Bildspeicher	285
10.2.3	Rechner	290
10.3	Arbeitsweise	291
10.4	Entwicklungstendenzen	295
10.4.1	Grauwertverarbeitung	296
10.4.2	Erfassung von dreidimensionalen Bildern	299
10.5	Anwendungen im industriellen Bereich	300
10.5.1	Ordnungseinrichtungen	301
10.5.2	Steuerung von Montage- und Fertigungseinrichtungen	302
10.5.3	Überwachung von Produktionseinrichtungen	305
10.5.4	Qualitätskontrolle	307
10.6	Probleme beim Einsatz von Bildsensoren	308

11	Videosensoren in Sichtprüfung und Meßtechnik	310
	C. P. Keferstein	
11.1	Bildanalysensysteme, prinzipieller Aufbau	310
11.1.1	Licht und Beleuchtung	311
11.1.2	Meßwertaufnehmer	312
11.1.3	Meßwertverarbeitung	314
11.1.4	Prinzipielle Gerätekonfiguration	317
11.2	Geräteentwicklung	319
11.2.1	Herkömmliche Geräte mit adaptierter Bildverarbeitung am Beispiel des Profilprojektors	319
11.2.2	Konventionelle Koordinatenmeßgeräte mit optoelektronischem Tastkopf	320
11.2.3	Optoelektronische Koordinatenmeßgeräte	321
11.2.4	Sondermeßgeräte	323
11.3	Anwendungsbeispiele	324
11.3.1	Ätzteilüberwachung	326
11.3.2	Robotergeführtes Kamerasystem zur Blechteilüberwachung	327
11.3.3	Flexible Prüfzelle	329
11.4	Normen und Richtlinien	329
11.5	Grenzen der Automatisierung, Ausblick	332
12	Lasermeßtechnik – Grundlagen und Anwendungen	334
	J. Jahns, V. Gerbig	
12.1	Einleitung	334
12.2	Grundlagen der Lasermeßtechnik	335
12.2.1	Laser	335
12.2.2	Positionempfindliche Empfänger	340
12.3	Grundlagen der optischen Meßtechnik	341
12.4	Verfahren der Dimensionstechnik	342
12.4.1	Abstandsmessung	342
12.4.2	Schichtdickenmessung	348
12.4.3	Durchmesserbestimmung	349
12.4.4	Deformationsmessung mit Hilfe der Holographie	350
12.4.5	Schwingungsanalyse durch zeitintegrierendes Moiré-Verfahren	353
12.4.6	Geschwindigkeitsmessung an Gasen oder Flüssigkeiten	356
12.4.7	Ausrichten und Vermessen von Maschinen und Bauteilen	358
12.5	Oberflächenmeßtechnik	358
12.5.1	Rauheitsmessung	358
12.5.2	Oberflächenkontrolle	359
12.5.3	Laser-Scanner erfassen Strichcodierung	360
12.6	Zusammenfassung	361

13	Praxisbeispiele aus der Fertigungsmeßtechnik	363
	G. Kuhn	
13.1	Einleitung	363
13.2	Lagerspielmessung an einem rotierenden Läufer	366
13.2.1	Aufgabenstellung	366
13.2.2	Anforderungsprofil an das berührungslose Wegmeßsystem	367
13.2.3	Auswahl des Meßverfahrens	367
13.2.4	Beschreibung der Meßeinrichtung	368
13.2.5	Kalibrierung der Meßeinrichtung	369
13.3	Gewindemessung an Schrauben	371
13.3.1	Meßaufgabe	371
13.3.2	Anforderung an das berührungslose Meßsystem	372
13.3.3	Auswahl des Meßverfahrens	372
13.3.4	Beschreibung der Meßeinrichtung	373
13.3.5	Ergebnisse	374
13.4	Messung der Laufabweichung an einer Präzisionsspindel	375
13.4.1	Meßaufgabe	375
13.4.2	Anforderungsprofil	376
13.4.3	Auswahl des Meßverfahrens	376
13.4.4	Beschreibung der Meßeinrichtung	377
13.5	Durchmesserprüfung von zylinderförmigen Teilen	379
13.5.1	Meßaufgabe	379
13.5.2	Anforderungsprofil	379
13.5.3	Auswahl des Meßverfahrens	379
13.5.4	Beschreibung der Meßeinrichtung	380
13.6	Gratmessung an einem Kunststoffteil	382
13.6.1	Meßaufgabe	382
13.6.2	Anforderungsprofil	382
13.6.3	Auswahl des Meßverfahrens	382
13.6.4	Beschreibung des optoelektronischen Sensorsystems	383
13.7	Reibungskraftmessung an Flächen mit kleinem Reibungs- koeffizienten	385
13.7.1	Meßaufgabe	385
13.7.2	Anforderungsprofil	385
13.7.3	Auswahl des Meßverfahrens	385
13.7.4	Beschreibung der Meßeinrichtung	386
13.8	Einsatzmöglichkeiten der pneumatischen Längenmeßtechnik	388
13.8.1	Beschreibung der Längenmeßverfahren	388
13.8.2	Anwendung der pneumatischen Längenmeßtechnik	389
13.9	Zusammenfassung	391

