

# Inhalt

<b>A</b>	<b>Begriffe, Benennungen, Definitionen</b>	<b>1</b>
1	Begriffe, Definitionen	3
1.1	Aufgabe der Automatisierung	3
1.2	Methoden der Automatisierung	4
1.3	Information, Signal	4
1.4	Signalarten	5
1.4.1	Amplitudenanaloge Signale	6
1.4.2	Frequenzanaloge Signale	6
1.4.3	Digitale Signale	6
1.4.4	Zyklisch-absolote Signale	7
1.4.5	Einheitssignale	7
1.5	Hilfsenergie	7
2	Grundlagen der Systembeschreibung	9
2.1	Glieder in Steuerungen und Regelungen – Darstellung im Blockschaltbild	9
2.2	Kennfunktion und Kenngrößen von Gliedern	11
2.3	Untersuchung und Beschreibung von Systemen	13
2.3.1	Experimentelle Untersuchung	13
2.3.2	Mathematische Beschreibung	16
3	Umgebungsbedingungen	19
3.1	Gehäusesysteme	19
3.1.1	Aufgabe und Arten	19
3.1.2	Konstruktionsmäßiger Aufbau	19
3.2	Einbauorte	21
3.3	Schutzarten	22
3.3.1	Einteilung und Einsatzbereiche	22
3.3.2	Fremdkörperschutz	23
3.3.3	Explosionsschutz	24
3.4	Elektromagnetische Verträglichkeit	28
<b>B</b>	<b>Maßumformer, Sensoren</b>	<b>31</b>
1	Kraft, Masse, Drehmoment	33
1.1	Kraftmessung	33
1.1.1	Kompensationsverfahren	33
1.1.2	Federwaagenkonzept	35
1.1.3	Resonante Kraftsensoren	47
1.1.4	Mehrkomponenten-Kraftaufnehmer	49
1.2	Massenbestimmung	49
1.3	Messung des Drehmoments	52
2	Druck, Druckdifferenz	59
2.1	Aufgabe der Druckmeßtechnik und Druckarten	59

2.1.1	Zu den Ausführungen über Druckmeßeinrichtungen .....	59
2.1.2	Aufgabe und Druckarten [DIN 23412] .....	59
2.1.3	Aufbau von Druckmeßeinrichtungen .....	61
2.1.4	Verfahren der Druckmessung .....	62
2.2	Druck- und Differenzdruckmeßeinrichtungen .....	63
2.2.1	Meßeinrichtungen auf der Grundlage mechanischer Prinzipie der Druck- wandlung .....	63
2.2.2	Meßeinrichtungen auf der Grundlage elektrischer Prinzipie der Druck- wandlung .....	68
2.2.3	Druckwandlung auf der Grundlage mechanisch-pneumatischer Prinzipie .....	82
2.2.4	Intelligente Druckmeßeinrichtungen und Meßsignalverarbeitung .....	84
2.2.5	Meßanordnungen zur Druckmessung .....	91
2.2.6	Meßanordnungen zur Füllstandmessung .....	93
<b>3</b>	<b>Beschleunigung</b> .....	<b>99</b>
3.1	Einleitung .....	99
3.2	Messung translatorischer Beschleunigung .....	99
3.2.1	Beschleunigungsaufnehmer nach dem Ausschlagverfahren (Open-loop-Aufnehmer) .....	100
3.2.2	Beschleunigungsaufnehmer nach dem Kompensationsverfahren (Closed-loop-Aufnehmer) .....	102
3.2.3	Daten typischer Beschleunigungsaufnehmer .....	104
3.3	Aufnehmer für rotatorische Beschleunigungen .....	104
3.3.1	Mechanische Kreisel – Drallsatz .....	104
3.3.2	Optische Kreisel – Sagnac-Effekt .....	105
3.3.3	Ozillierende Kreisel – Coriolis-Effekt .....	107
3.3.4	Magnetohydrodynamischer Kreisel .....	107
3.3.5	Daten typischer Drehratenaufnehmer .....	108
3.4	Integralinvariante .....	108
<b>4</b>	<b>Winkelgeschwindigkeits- und Geschwindigkeitsmessung</b> .....	<b>111</b>
4.1	Einleitung .....	111
4.2	Sensor-Parameter .....	111
4.2.1	Linearität .....	111
4.2.2	Symmetrie .....	111
4.3	Winkelgeschwindigkeitsmessung .....	112
4.3.1	Gleichstromtachogeneratoren .....	112
4.3.2	Wechselstromtachogeneratoren .....	113
4.3.3	Stroboskop .....	115
4.3.4	Schlupfspule .....	115
4.3.5	Digitale Winkelgeschwindigkeitsmessung .....	116
4.4	Geschwindigkeitsmessung .....	116
4.4.1	Dopplerverfahren .....	123
4.4.2	Laufzeitkorrelationsverfahren .....	125
<b>5</b>	<b>Längen-/Winkelmessung</b> .....	<b>127</b>
5.1	Analoge Verfahren .....	127
5.1.1	Amplituden-analoge Weg-/Winkelmessung .....	127
5.1.2	Laufzeitverfahren .....	127
5.2	Digitale geometrische Meßverfahren .....	167
5.2.1	Dingliche Maßstäbe .....	174
5.2.2	Interferometer .....	175
5.3	Dehnungsmessung .....	179
5.3.1	Dehnungmeßstreifen (DMS) .....	182

5.3.2	Faseroptische Dehnungssensoren .....	189
5.3.3	Resonante Dehnungssensoren .....	191
5.4	Dickenmessung .....	191
5.4.1	Bestimmung der totalen Dicke .....	193
5.4.2	Messung von Oberflächenschichten .....	197
5.5	Füllstandsmessung .....	198
5.5.1	Echte Bestimmung der Füllmenge .....	198
5.5.2	Füllstand .....	198
<b>6</b>	<b>Temperatur</b> .....	<b>205</b>
6.1	Einleitung .....	205
6.2	Temperaturmeßgeräte mit elektrischem Ausgangssignal .....	205
6.2.1	Sensoren .....	205
6.2.2	Analoge Temperaturmeßverfahren .....	218
6.2.3	Digitale Temperaturmeßverfahren .....	225
6.3	Temperaturmeßgeräte mit mechanischem Ausgangssignal .....	226
6.3.1	Flüssigkeits-Glasthermometer .....	227
6.3.2	Zeigerthermometer .....	228
6.4	Temperaturmeßgeräte mit optischem Ausgangssignal .....	231
6.5	Besondere Temperatursensoren und Meßverfahren .....	231
6.5.1	Rauschthermometer .....	231
6.5.2	Akustische Thermometer .....	232
<b>7</b>	<b>Durchfluß</b> .....	<b>235</b>
7.1	Einleitung .....	235
7.2	Aufnehmer für Volumina .....	235
7.2.1	Unmittelbare Aufnehmer .....	235
7.2.2	Mittelbare Aufnehmer .....	239
7.2.3	Anpassungsschaltungen für Aufnehmer für Volumina .....	241
7.3	Aufnehmer für den Durchfluß .....	245
7.3.1	Volumendurchfluß .....	245
7.3.2	Massendurchfluß .....	252
7.3.3	Anpassungsschaltungen für Druckaufnehmer .....	254
7.3.4	Anpassungsschaltungen für Laser-Doppler-Velozimeter .....	256
7.3.5	Anpassungsschaltungen für Schwebekörper-Aufnehmer .....	257
7.3.6	Anpassungsschaltungen für thermische Durchflußmesser .....	258
7.4	Signalverarbeitung .....	258
7.5	Elektromagnetische Verträglichkeit der Meßeinrichtungen (EMV) .....	259
<b>8</b>	<b>pH-Wert, Redoxspannung, Leitfähigkeit</b> .....	<b>263</b>
8.1	pH-Wert .....	263
8.1.1	Defintion .....	263
8.1.2	Bedeutung .....	263
8.1.3	Einheit .....	263
8.1.4	Grundlagen .....	263
8.1.5	Meßprinzip .....	264
8.1.6	Sensoren .....	264
8.1.7	Temperatureinfluß .....	266
8.1.8	Übertragungsfunktion .....	267
8.1.9	Meßwertumformer .....	267
8.1.10	Justieren .....	268
8.1.11	Standards .....	269
8.1.12	Meßunsicherheit .....	269
8.2	Redoxspannung .....	270

8.2.1	Defintion	270
8.2.2	Bedeutung	270
8.2.3	Einheit	270
8.2.4	Grundlagen	270
8.2.5	Meßprinzip	270
8.2.6	Sensoren	271
8.2.7	Temperatureinfluß	272
8.2.8	Übertragungsfunktion	272
8.2.9	Meßwertumformer	272
8.2.10	Justieren	272
8.2.11	Standards	273
8.2.12	Meßunsicherheit	273
8.2.13	rh-wert	274
8.3	Leitfähigkeit	274
8.3.1	Defintion	274
8.3.2	Bedeutung	274
8.3.3	Einheit	274
8.3.4	Grundlagen	275
8.3.5	Meßprinzip	275
8.3.6	Sensoren	276
8.3.7	Temperatureinfluß	277
8.3.8	Übertragungsfunktion	277
8.3.9	Meßwertumformer	277
8.3.10	Justieren	279
8.3.11	Standards	279
8.3.12	Meßunsicherheit	279
<b>9</b>	<b>Gasfeuchte</b>	281
9.1	Begriffe, Definitionen, Umrechnungen	281
9.1.1	Allgemeines	281
9.1.2	Definitionen und Bedeutung der Kenngrößen	281
9.2	Allgemeines zur Feuchtemessung	283
9.3	Verfahren der Gasfeuchtemessung	283
9.3.1	Tauspiegel-Hygrometer	283
9.3.2	Psychrometer	284
9.3.3	Haar- bzw. Faserhygrometer	285
9.3.4	Kapazitive Feuchtesensoren	286
9.3.5	LiCl-Sensoren	287
9.3.6	Aluminiumoxid-Sensoren	287
9.3.7	Sonstige Verfahren	288
<b>10</b>	<b>Gasanalyse</b>	291
10.1	Einleitung	291
10.2	Fotometrische Verfahren	292
10.3	Paramagnetische Sauerstoffmessung	296
10.4	Wärmeleitfähigkeitsanalysator	299
10.5	Flammenionisationsdetektor FID	301
10.6	Chemosensoren	302
10.7	Gaschromatographie GC	303
10.8	Analysensysteme (Anwendungen)	306
	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	311
	<b>Sachverzeichnis</b>	377