

# Inhaltsverzeichnis

**Vorwort zur 1. Auflage..... V**

**Vorwort zur 6. Auflage..... VII**

1.1	Marktsituation und Markttrends .....	29
1.1.1	Zusammenfassung: Marktentwicklung und -trends in der Prozessautomatisierung bis 2022 .....	29
1.1.2	Weltmarktentwicklung Prozessautomatisierung.....	30
1.1.3	Entwicklung von Weltproduktion und Weltmarkt nach Regionen .....	32
1.1.4	Weltmarkt Betrachtung nach industriellen Branchen .....	34
1.1.5	Markttrends und -treiber .....	35
1.1.5.1	Modulare Produktion erfordert Modulare Automation.....	35
1.1.5.2	MES – Voraussetzung für das digitale Betriebs- und Produktionsma- nagement.....	37
1.1.5.3	Smarte Gleichstromnetze in der Produktion .....	38
1.1.5.4	5G im industriellen Einsatz .....	39
1.1.5.5	Situation und Perspektiven von Industrie 4.0 und IoT .....	40
1.2	Trends der Prozessautomatisierung .....	43
1.2.1	Allgemeines – Aufbrüche.....	43
1.2.2	Digitalisierung .....	44
1.2.3	Industrie 4.0.....	44
1.2.4	Normung und Standardisierung .....	46
1.2.5	Modularisierung.....	48
1.2.6	Trennung von Funktion und Hardware .....	49
1.2.7	Funktechnik.....	51
1.2.8	Ethernet in the Field .....	52
1.2.9	NOA – NAMUR Open Architecture.....	54
1.2.10	MES – ein neuer, offener Markt .....	54
1.2.11	Werden Automatisierung und Informatik auch formal zusammenwachsen? .....	55
1.3	Prozessleittechnik – Begriffe und Strukturen .....	57
1.3.1	Prozessleittechnik – was ist das?.....	57
1.3.2	Ebenen und Funktionen .....	58
1.3.3	Messen .....	62
1.3.4	Stellen.....	64
1.3.5	Steuern .....	64
1.3.6	Regeln .....	66
1.3.7	Überwachung und Diagnose.....	68
1.3.8	Höhere Prozessleitfunktionen.....	70

**2 Feldgeräte: Allgemeine Eigenschaften und Kommunikation . 73**

2.1	Explosionsschutz .....	75
2.1.1	Beurteilung möglicher Explosionsgefahren, Zoneneinteilung .....	75
2.1.2	Gerätegruppen .....	79
2.1.3	Überblick über die Zündschutzarten .....	80
2.1.4	Sicherheitstechnische Kenngrößen .....	83
2.1.4.1	Untere und obere Explosionsgrenze (UEG und OEG) .....	86
2.1.4.2	Flammpunkt .....	86
2.1.4.3	Zündtemperatur .....	87
2.1.4.4	Mindestzündenergie .....	88
2.1.4.5	Mindestzündstrom .....	88
2.1.4.6	Grenzspaltweite .....	88
2.1.4.7	Gerätegruppen .....	88
2.1.4.8	Zündtemperatur eines Staub-Luft-Gemisches .....	89
2.1.4.9	Glimmtemperatur brennbarer Stäube .....	89
2.1.5	Kriterien für die Geräteauswahl und Regeln für die Installation .....	89
2.1.6	Instandhaltung .....	94
2.1.7	Internationaler Explosionsschutz (IECEx-Schema) .....	95
2.1.7.1	Nordamerikanischer Raum .....	97
2.1.7.2	Errichtungsbestimmungen .....	99
2.2	Signalübertragung .....	100
2.2.1	Konventionelle Signalübertragung .....	100
2.2.1.1	Allgemeines .....	100
2.2.1.2	Analoge Stromsignale (4 – 20 mA) .....	102
2.2.1.3	Binäre Stromsignale für Näherungsschalter (NAMUR) .....	104
2.2.1.4	Binäre Spannungssignale (0/24 V) .....	106
2.2.1.5	Temperatursignale .....	106
2.2.1.6	Sonstige Signale .....	107
2.2.2	Remote-I/O .....	107
2.2.2.1	Allgemeines .....	107
2.2.2.2	Aufbau .....	109
2.2.2.3	E/A-Module .....	109
2.2.2.4	Redundanz und Verhalten im Fehlerfall .....	111
2.2.2.5	Montage im Feld .....	112
2.2.2.6	Explosionsschutz .....	112
2.2.2.7	Engineering und Projektierung .....	113
2.2.2.8	Inbetriebnahme und Wartung .....	114
2.2.2.9	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung .....	116
2.2.3	HART-Protokoll .....	116
2.2.3.1	Einführung .....	116
2.2.3.2	Technik des HART-Protokolls .....	117
2.2.3.3	HART-IP – das „HART over Ethernet“ .....	122

2.2.3.4	Anwendererfahrungen .....	123
2.2.3.5	Weiterentwicklungen .....	125
2.2.4	I/O-Link .....	125
2.2.4.1	Die I/O-Link Systemübersicht .....	125
2.2.4.2	Die IO-Link Physik .....	128
2.2.4.3	Die IO-Link Datenhaltung / DataStorage Mechanismus .....	129
2.2.4.4	Die IO-Link IODD .....	130
2.2.4.5	Die IO-Link Herstellererklärung .....	131
2.2.4.6	Die IO-Link Profile .....	131
2.2.5	Feldbus.....	133
2.2.5.1	Architekturen .....	133
2.2.5.2	Nutzen der Feldbustechnik .....	136
2.2.5.3	Feldbusse für die Prozessautomatisierung .....	142
2.2.5.4	Feldbus-Engineering .....	154
2.2.6	Ethernet für die Prozessautomatisierung .....	156
2.2.6.1	PROFINET für die Prozessautomatisierung .....	156
2.2.6.2	EtherNet/IP für die Prozessautomatisierung .....	161
2.2.7	Drahtlose Übertragungstechnik.....	164
2.2.7.1	Drahtlose Sensornetzwerke .....	164
2.2.7.2	Datenübertragung .....	164
2.2.7.3	Netzwerktopologie .....	165
2.2.7.4	Medienzugang.....	166
2.2.7.5	Netzwerk-Management.....	166
2.2.7.6	Sicherheit.....	167
2.2.7.7	Stromversorgung.....	168
2.2.7.8	Planung und Errichtung.....	169
2.2.7.9	Regulierung in Europa.....	169
2.2.7.10	Standards .....	170
2.2.8	Entwicklungstrends der Kommunikation von Feldgeräten.....	170
2.3	Smarte Sensoren und Aktoren .....	176
2.3.1	Smarte Sensoren.....	176
2.3.1.1	Was ist ein Sensor, was ein „Smart Sensor“? .....	176
2.3.1.2	Anforderungen an Prozesssensoren .....	178
2.3.1.3	Anforderungen an Smarte Sensoren und Sensorsysteme .....	181
2.3.2	Smarte Aktoren.....	182
2.3.2.1	Allgemeine Anforderungen an Prozessaktoren .....	182
2.3.2.2	Smarte Aktoren.....	183
2.4	Integration intelligenter Feldgeräte in PLS .....	188
2.4.1	Einleitung.....	188
2.4.2	Technologische Entwicklungsschritte von Feldgeräten .....	189
2.4.3	Aufgaben der Feldgeräteinstrumentierung.....	192
2.4.3.1	Überblick .....	192
2.4.3.2	Beispiel-Architektur eines Automatisierungssystems .....	193

2.4.3.3	Kommunikationskonfigurierung.....	195
2.4.3.4	Feldgeräteparametrierung.....	195
2.4.3.5	Integration in die PNK-Software.....	197
2.4.3.6	Diagnose und Wartung.....	197
2.4.3.7	HMI-Integration .....	198
2.4.4	Instrumentierungstechnologien.....	199
2.4.4.1	Überblick .....	199
2.4.4.2	Kommunikationskonfigurierung und GSD.....	202
2.4.4.3	Parametrierung der Feldgeräte-Funktionen: Gerätebeschreibung, DDL und EDDL .....	204
2.4.4.4	Feldgeräteintegration in die PNK-Software: Proxy.....	208
2.4.4.5	Systemintegration von Feldgeräten.....	209
2.4.4.6	Field Device Integration (FDI) .....	221
2.4.4.7	Architekturvergleich EDD, FDT und FDI basierte Integration .....	224
2.4.5	NAMUR Open Architektur (NOA).....	224
2.4.5.1	Ausgangspunkt und Problemstellung .....	224
2.4.5.2	Zielsetzung von NAMUR Open Architecture – NOA .....	225
2.4.5.3	Das Lösungskonzept.....	226
2.4.5.4	Umsetzungsbeispiel für PROFIBUS PA.....	227
2.4.5.5	Anwendungsfälle .....	228
2.4.6	Feldbus-Profile .....	228
2.4.7	Modell für das Engineering und die Instrumentierung .....	232
2.4.7.1	Das Gerätemodell.....	232
2.4.7.2	Beschreibungs- und Realisierungsbeispiel .....	240
2.4.8	Zusammenfassung .....	242
2.5	Entwicklungen im deutschen Eichrecht und in der internationalen Harmonisierung des gesetzlichen Messwesens .....	244
2.5.1	Einführung .....	244
2.5.2	Europäische Messgeräterichtlinie (MID) .....	244
2.5.3	Das deutsche Mess- und Eichgesetz (MessEG) .....	246
2.5.4	Die deutsche Mess- und Eichverordnung (MessEV) .....	247
2.5.5	Die wichtigsten Veränderungen durch MID, MessEG und MessEV ..	248
2.5.5.1	Konformitätsbewertung, Meldepflicht .....	248
2.5.5.2	EG-Baumusterprüfbescheinigungen .....	249
2.5.5.3	Ausnahme von der Eichpflicht für geschlossene Grundstücknutzung .....	250
2.5.6	Bußgelder bei Verstößen gegen das MessEG und die MessEV.....	250
<b>3</b>	<b>Prozessmesstechnik (Sensorik).....</b>	<b>253</b>
3.1	Druckmesstechnik.....	256
3.1.1	Allgemeines, Messgrößen und Einheiten .....	256
3.1.2	Messmethoden.....	257

3.1.2.1	Druckmessgeräte mit Sperrflüssigkeit .....	257
3.1.2.2	Federelastische Druckmessgeräte .....	257
3.1.2.3	Elektrische Messumformer für Druck und Differenzdruck.....	257
3.1.2.4	Pneumatische Messumformer für Druck und Differenzdruck .....	264
3.1.2.5	Druckmittler .....	265
3.1.2.6	Grenzsignalgeber für Druck.....	268
3.1.3	Entwicklungstrends .....	268
3.1.3.1	Entwicklungen bei Membrandruckmittlern.....	268
3.1.3.2	Aufbau und Ausstattungsmerkmale moderner Messumformer .....	271
3.1.3.3	Anforderungen an die Lebensdauer von Messtechnik.....	278
3.1.4	Normung, Standardisierung .....	279
3.1.4.1	Begriffe .....	279
3.1.4.2	Messbereich .....	279
3.1.4.3	Messgenauigkeit .....	279
3.1.4.4	Langzeitstabilität von Nullsignal und Spanne.....	280
3.1.4.5	Total Error (Gesamtabweichung) .....	280
3.1.5	Kalibrieren, Eichen, Justieren .....	280
3.1.6	Elektronische Messbereichswahl (Turn-down, TD) .....	281
3.1.7	Sicherheitsaspekte .....	282
3.1.8	Zu beachtende Einflüsse auf die Messabweichung und die Zuverlässigkeit .....	283
3.1.8.1	Temperatureinfluss .....	284
3.1.8.2	Einfluss des statischen Druckes.....	284
3.1.8.3	Betriebsmäßig bedingte Überlastungen.....	284
3.1.8.4	Berstsicherheit.....	285
3.1.8.5	Druckschwankungen.....	285
3.1.8.6	Korrosion durch aggressive Flüssigkeiten oder Gase .....	286
3.1.8.7	Beeinträchtigung der Messungen durch Messstoffe, die bei Umgebungstemperaturen fest sind.....	286
3.1.9	Auswahlkriterien .....	288
3.2	Temperaturmesstechnik .....	289
3.2.1	Allgemeines .....	289
3.2.2	Grundlagen der Temperaturmesstechnik .....	291
3.2.2.1	Die Temperaturskala.....	291
3.2.2.2	Thermometerarten.....	293
3.2.3	Temperatur-Messmethoden in der Verfahrenstechnik.....	297
3.2.3.1	Berührungsthermometer .....	297
3.2.3.2	Thermometeraufbau mit Messeinsatz und Schutzrohr .....	309
3.2.3.3	Strahlungsthermometer (Pyrometer) .....	311
3.2.4	In der Praxis zu beachtende Einflüsse auf die Messunsicherheit ....	316
3.2.4.1	Einflüsse bei Berührungsthermometern .....	316
3.2.4.2	Einflüsse auf die Messfehler bei Pyrometern .....	322
3.2.5	Temperaturmessumformer .....	323

3.2.6	Kalibrieren von Thermometern .....	324
3.2.7	Selbstkalibrierende und selbstjustierende Thermometer .....	325
3.2.8	Eichfähigkeit .....	325
3.2.9	Sicherheitsaspekte .....	326
3.2.10	Auswahlkriterien .....	326
3.2.10.1	Berührungsthermometer .....	327
3.2.10.2	Strahlungsthermometer .....	328
3.2.10.3	Messumformer für Temperaturen .....	328
3.3	Füllstandmesstechnik .....	330
3.3.1	Allgemeines .....	330
3.3.2	Kontinuierliche Messverfahren .....	332
3.3.2.1	Übersicht .....	332
3.3.2.2	Stand der Technik .....	332
3.3.2.3	Örtliche Füllstandmesseinrichtungen .....	333
3.3.2.4	Schwimmergeräte .....	334
3.3.2.5	Verdrängergeräte .....	334
3.3.2.6	Messung des hydrostatischen Drucks (Bodendruckmessung) .....	335
3.3.2.7	Laufzeitverfahren .....	341
3.3.2.8	Störeinflüsse auf Laufzeitmessungen .....	350
3.3.2.9	Kapazitive Füllstandmessung .....	352
3.3.2.10	Konduktive Füllstandmessung .....	360
3.3.2.11	Radiometrische Füllstandmessung .....	360
3.3.2.12	Elektromechanische Lotsysteme .....	365
3.3.2.13	Gravimetrische Füllstandmessung .....	365
3.3.3	Grenzsignalgeber für Füllstände .....	366
3.3.3.1	Allgemeines .....	366
3.3.3.2	Aktueller Stand der Technik .....	367
3.3.3.3	Schwimmerschalter .....	367
3.3.3.4	Grenzsignale aus Bodendruckmessungen .....	369
3.3.3.5	Kapazitive und konduktive Grenzsignalgeber .....	369
3.3.3.6	Vibrationsgrenzsignalgeber .....	369
3.3.3.7	Ultraschall Grenzsignalgeber .....	371
3.3.3.8	Optoelektronische Grenzsignalgeber und Mikrowellenschranken .....	372
3.3.3.9	Kaltleiterüberfüllsicherung .....	372
3.3.4	Entwicklungstrends .....	373
3.3.5	Richtlinien und Normen .....	374
3.3.5.1	Begriffe .....	375
3.3.5.2	Messbereiche .....	376
3.3.5.3	Genauigkeit .....	376
3.3.6	Sicherheitsaspekte .....	377
3.3.7	Zu berücksichtigende Einflüsse auf Messunsicherheit und Zuverlässigkeit .....	378
3.3.7.1	Temperatureinfluss .....	379

3.3.7.2	Druckeinfluss .....	379
3.3.7.3	Dichteeinfluss .....	380
3.3.7.4	Überlastfestigkeit.....	380
3.3.7.5	Einfluss durch Schwankungen der Messgröße .....	380
3.3.7.6	Beeinträchtigung der Messungen durch Messstoffe, die bei Umgebungstemperatur fest sind.....	381
3.3.8	Auswahlkriterien .....	382
3.4	Durchfluss- und Mengenmesstechnik.....	384
3.4.1	Allgemeines .....	384
3.4.2	Grundlagen, Messgrößen und Einheiten .....	386
3.4.3	Messmethoden.....	389
3.4.3.1	Übersicht .....	389
3.4.3.2	Wirkdruckverfahren .....	390
3.4.3.3	Durchflussmessung aus der Kraft auf angeströmte Körper .....	408
3.4.3.4	Magnetisch-induktive Durchflussmesser (MID).....	413
3.4.3.5	Ultraschalldurchflussmesser (USD) .....	425
3.4.3.6	Strömungszähler .....	435
3.4.3.7	Unmittelbare Volumendurchflussmesser: Verdrängerzähler.....	446
3.4.3.8	Coriolis-Massedurchflussmesser (CMM) .....	448
3.4.3.9	Thermische Massedurchflussmesser .....	457
3.4.4	Neue Messmethoden .....	460
3.4.4.1	EMAT Durchflussmesstechnik .....	460
3.4.4.2	Multiphasenmessungen mit Kernspinresonanz .....	464
3.4.5	Entwicklungstrends .....	466
3.4.6	Normung, Standardisierung .....	470
3.4.7	Kalibriereinrichtungen .....	480
3.4.7.1	Allgemeines zu Kalibriereinrichtungen.....	480
3.4.7.2	Kalibrieranlagen für Flüssigkeitsströme.....	481
3.4.7.3	Kalibrieranlagen für Gasströme.....	483
3.4.7.4	Neuere Kalibrier- bzw. Verifikationsmethoden.....	485
3.4.8	Sicherheit.....	485
3.4.9	Zu beachtende Einflüsse auf die Messunsicherheit und Zuverlässigkeit.....	487
3.4.9.1	Übersicht .....	487
3.4.9.2	Einfluss der Temperatur.....	489
3.4.9.3	Einfluss des statischen Drucks.....	490
3.4.9.4	Pulsationen.....	490
3.4.9.5	Dichteeinfluss .....	491
3.4.9.6	Korrosion durch aggressive Messstoffe .....	494
3.4.9.7	Beeinträchtigung durch Fluide, die bei Umgebungstemperatur fest sind .....	494
3.4.10	Auswahlkriterien .....	495
3.5	Wägetechnik.....	499

3.5.1	Grundlagen der Wägetechnik.....	499
3.5.1.1	Physikalische Größe „Masse“ .....	499
3.5.1.2	Aufgabe der Wägetechnik .....	501
3.5.2	Messmethoden.....	503
3.5.2.1	Mechanische Waagen .....	503
3.5.2.2	Elektromechanische Waagen .....	504
3.5.2.3	Hybride Waagen .....	516
3.5.3	Aufgaben moderner Waagenelektroniken .....	517
3.5.4	Aufbau und Aufstellung wägetechnischer Einrichtungen.....	520
3.5.4.1	Konstruktive Maßnahmen für den Einbau von Wägezellen.....	520
3.5.4.2	Planung und Installationshinweise für Behälterwaagen .....	526
3.5.5	Waagenapplikationen .....	531
3.5.5.1	Diskontinuierliche Waagen .....	531
3.5.5.2	Kontinuierliche Waagen.....	550
3.5.6	Eichrechtliche Bestimmungen.....	561
3.5.6.1	Mess- und Eichgesetz, Mess- und Eichverordnung.....	561
3.5.6.2	Konformitätsbewertung vor der Eichung.....	564
3.5.6.3	Konformitätsbewertung oder Eichung nach Modifikation .....	565
3.5.6.4	EU-Richtlinien.....	566
3.5.6.5	Eichung von Waagen.....	567
3.5.6.6	Instandsetzer .....	568
3.5.6.7	Instandhaltung.....	569
3.5.6.8	Waagenarten .....	570
3.5.6.9	Messtechnische Begriffe .....	573
3.5.6.10	Kennzeichnung und Stempelung .....	574
3.5.6.11	Gültigkeitsdauer der Eichung .....	575
3.5.6.12	Verstöße gegen das Eichgesetz .....	575
3.5.7	DAkKS-Kalibrierung durch akkreditiertes Labor .....	576
3.6	Prozessanalysenmesstechnik .....	580
3.6.1	Einleitung.....	580
3.6.2	Definitionen.....	582
3.6.3	Die Messaufgabe.....	585
3.6.3.1	Das PAT-Messstellenblatt .....	587
3.6.3.2	Prozessdesign, Messaufgaben und PAT-Lösung .....	588
3.6.3.3	Lösung bereits gelöster und/oder zu erneuernder Messaufgaben ..	596
3.6.3.4	Verbesserung des Prozessverständnis – Beitrag neuer Messaufgaben.....	597
3.6.4	PAT-Einsatz und Nutzen .....	597
3.6.4.1	Übersicht .....	597
3.6.4.2	PAT in der Biotechnologie .....	601
3.6.5	Messverfahren und Gerätetechnik .....	603
3.6.5.1	Einleitung.....	603
3.6.5.2	Optische Verfahren .....	604



3.6.5.3	TDL-Gasanalysesensoren .....	613
3.6.5.4	Paramagnetische Sauerstoffsensoren.....	616
3.6.5.5	TOC-Analysatoren .....	617
3.6.5.6	pH-Sensoren .....	617
3.6.5.7	Gaswarnsensorik.....	620
3.6.6	PAT Technologietrends .....	623
3.6.6.1	Mikromechanische Spektrometer .....	623
3.6.6.2	Quantenkaskadenlaser.....	624
3.6.6.3	Datengetriebene Analyseinformation .....	625
3.6.6.4	Technologie Roadmap für Prozesssensoren.....	627
3.6.7	Betrieb und Instandhaltung von PAT-Messtechnik.....	628
3.6.7.1	Betreuung von prozessanalysetechnischen Systemen.....	628
3.6.7.2	Instandhaltung von prozessanalysetechnischen Systemen.....	630
3.6.7.3	Aspekte zur Organisationsstruktur der Prozessanalysenmess- technik.....	639
<b>4</b>	<b>Prozessstelltechnik (Aktorik).....</b>	<b>645</b>
4.1	Ventile .....	649
4.1.1	Hubventile .....	650
4.1.1.1	Ventilgehäuse und Anschlüsse.....	652
4.1.1.2	Ventilgarnitur.....	653
4.1.1.3	Abdichtung (innere und äußere Dichtheit) .....	658
4.1.1.4	Sonderausführungen .....	661
4.1.2	Membranventile.....	661
4.1.3	Drehkegelventile .....	662
4.1.3.1	Drehkegelventilgehäuse .....	662
4.1.3.2	Stellelemente von Drehkegelventilen .....	663
4.1.3.3	Wellenlagerung und -abdichtung .....	665
4.1.3.4	Sonderausführungen .....	665
4.1.4	Klappen .....	666
4.1.4.1	Klappengehäuse.....	668
4.1.4.2	Stellelemente von Klappen.....	669
4.1.4.3	Lagerung und Abdichtung der Klappenwelle .....	671
4.1.4.4	Sonderausführungen .....	672
4.1.5	Hähne .....	673
4.1.5.1	Hahngehäuse .....	673
4.1.5.2	Stellelemente von Kugelhähnen .....	674
4.1.5.3	Stellelemente von Kükenhähnen .....	674
4.1.5.4	Abdichtung der Wellendurchführungen.....	674
4.1.5.5	Sicherheitsbetrachtungen .....	675
4.1.6	Schieber .....	675
4.1.6.1	Schiebergehäuse.....	676

4.1.6.2	Stellelemente von Schiebern.....	676
4.1.6.3	Abdichtung der Schieberstange.....	677
4.1.7	Auswahlkriterien und Anwendungshinweise .....	677
4.1.7.1	KV-Wert und Stellverhältnis.....	677
4.1.7.2	Berechnung des erforderlichen $K_V$ -Werts.....	678
4.1.7.3	Inhärente Kennlinien.....	684
4.1.7.4	Einsatzgrenzen .....	685
4.1.7.5	Werkstoffe .....	685
4.1.7.6	Leichte und schwere Baureihen .....	686
4.1.7.7	Umweltverträglichkeit, Arbeits- und Betriebssicherheit .....	687
4.1.7.8	Geräuschentwicklung.....	687
4.1.8	Berechnungsverfahren .....	690
4.2	Antriebe .....	693
4.2.1	Pneumatische Membranantriebe .....	693
4.2.1.1	Allgemeines und einfachwirkende Membran-Hubantriebe .....	693
4.2.1.2	Membran-Schwenkantriebe.....	698
4.2.1.3	Doppeltwirkende Membranantriebe.....	698
4.2.2	Pneumatische Kolbenantriebe .....	699
4.2.2.1	Einfache Kolbenantriebe .....	699
4.2.2.2	Doppelkolbenantriebe .....	700
4.2.3	Elektrische Antriebe.....	702
4.2.4	Hydraulische Antriebe .....	705
4.2.5	Stellkräfte und Stellgeschwindigkeiten .....	706
4.2.6	Auswahlkriterien .....	706
4.3	Anbaugeräte.....	707
4.3.1	Aufgaben von Anbaugeräten.....	707
4.3.2	Stellungsregler.....	707
4.3.2.1	Pneumatische Stellungsregler.....	708
4.3.2.2	Elektronische Stellungsregler .....	709
4.3.2.3	Anbau des Stellungsreglers.....	714
4.3.2.4	Kommunikationstechnologie.....	715
4.3.2.5	Asset Management durch Stellungsregler .....	716
4.3.3	Stellventilzubehör .....	717
4.3.3.1	Magnetventile.....	718
4.3.3.2	Grenzsignalgeber .....	718
4.3.3.3	Stellungsrückmelder.....	719
4.3.3.4	Zuluftreduzierstation.....	719
4.3.3.5	Verblockrelais .....	720
4.3.3.6	Volumenstromverstärker.....	720
4.3.3.7	Schnellentlüfter.....	720
4.3.4	Automatisierung großer Antriebe.....	720
4.3.5	Künftige Entwicklung.....	721
4.4	Weitere Prozessstelltechnik.....	723

4.4.1	Regelkonzepte für Fluidströme .....	723
4.4.1.1	Drosselregelung.....	727
4.4.1.2	Bypassregelung.....	727
4.4.1.3	Drehzahlregelung.....	729
4.4.1.4	Veränderung der Schaufelgeometrie.....	729
4.4.2	Arbeitsmaschinen.....	730
4.4.3	Antriebe für Arbeitsmaschinen .....	733
4.4.4	Verwendung von Arbeitsmaschinen zur Prozessregelung .....	736
<b>5</b>	<b>Prozessleitfunktionen .....</b>	<b>745</b>
5.1	Anforderungen an Systeme der Prozessleitebene .....	747
5.1.1	Anforderungen und Stand der Basisautomatisierung .....	747
5.1.2	Systemtechnik.....	749
5.1.2.1	Zentrale und dezentrale Automatisierungssysteme .....	749
5.1.2.2	Anzeige-/Bedien-Komponente (ABK).....	750
5.1.2.3	Prozessnahe Komponente (PNK) .....	751
5.1.2.4	Anzeige-/Bedien- und prozessnahe Komponente (ABPNK) .....	752
5.1.3	Kommunikation mit Sensoren und Aktoren.....	753
5.1.3.1	Anschlusstechnologien .....	753
5.1.3.2	Diskussion verschiedener Anschlusstechnologien .....	754
5.1.3.3	Rangierung .....	755
5.1.3.4	Funktionalität der Feldebene.....	756
5.1.4	Prozessnahe Automatisierungsfunktionen .....	757
5.1.5	Gehobene Methoden der Prozessautomatisierung.....	758
5.1.6	Anzeige- und Bedienfunktionen .....	759
5.1.7	Rezeptfahrweise nach NAMUR.....	760
5.1.8	Orchestrierung von Automatisierungssystemen .....	760
5.1.8.1	Server und virtualisierte Systeme .....	761
5.1.8.2	Schnittstellen.....	761
5.1.9	Verfügbarkeit .....	762
5.1.9.1	Fehler und mögliche Gegenmaßnahmen .....	762
5.1.9.2	Redundanz .....	763
5.1.9.3	Rekonfigurierung .....	765
5.1.10	Zeitverhalten.....	766
5.2	Technische Systeme der Prozessleitebene.....	768
5.2.1	Übersicht .....	768
5.2.2	Prozessleitsysteme.....	768
5.2.2.1	Wesentliche Eigenschaften .....	769
5.2.2.2	Struktur dezentraler Prozessleitsysteme.....	770
5.2.2.3	Prozessnahe Komponente (PNK) .....	772
5.2.2.4	Systembus.....	773
5.2.2.5	Engineering-Komponente und Engineering-Werkzeuge .....	774

5.2.2.6	Offener Betriebs-/Werksbus .....	776
5.2.2.7	Unterstützung von Qualitätssicherung, Qualifizierung, Validierung..	777
5.2.2.8	Höherwertige Funktionen .....	778
5.2.2.9	Controller Performance Management .....	782
5.2.2.10	Informationsschutz für Automatisierungssysteme .....	782
5.2.2.11	Lebenszyklus der PLS .....	783
5.2.2.12	Die Zukunft des PLS .....	784
5.2.2.13	Alternativen zum PLS .....	784
5.2.2.14	Auswahlkriterien und Anwendungshinweise .....	787
5.2.3	Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) .....	791
5.2.3.1	Hardware und Systemsoftware .....	792
5.2.3.2	Hochverfügbare und sicherheitsgerichtete SPS .....	797
5.2.3.3	Programmierung .....	798
5.2.3.4	Trends .....	800
5.2.3.5	Auswahlkriterien und Anwendungshinweise .....	801
5.2.4	SPS-basierte Prozessleitsysteme (SPS-Systeme) .....	802
5.2.4.1	Grundsätzliches zu SPS-basierten Prozessleitsystemen .....	802
5.2.4.2	Mindestvoraussetzungen .....	803
5.2.4.3	Auswahlkriterien für SPS-Systeme .....	804
5.2.4.4	SPS-System oder PLS? .....	807
5.2.5	Kompaktregler .....	808
5.2.5.1	Industrieregler und Prozessregler .....	809
5.2.5.2	Stand der Technik bei den Kompaktreglern .....	811
5.2.5.3	Entwicklungstrends .....	814
5.2.5.4	Auswahlkriterien und Hinweise für die Anwendung .....	815
5.3	Industrielle Regelungen .....	819
5.3.1	Herausforderungen der Prozessregelung .....	819
5.3.2	Hierarchie der Regelungsfunktionen in der Prozessindustrie .....	821
5.3.3	PID-Basisregelungen .....	823
5.3.3.1	PID-Regelalgorithmus .....	823
5.3.3.2	PID-Reglereinstellung .....	827
5.3.4	Erweiterte Regelungsstrukturen .....	831
5.3.4.1	Kaskadenregelung .....	831
5.3.4.2	Verhältnisregelung .....	832
5.3.4.3	Störgrößenaufschaltung .....	834
5.3.4.4	Totzeitkompensation .....	835
5.3.4.5	Split-Range-Regelung .....	837
5.3.4.6	Override-Regelung .....	837
5.3.4.7	Gain Scheduling .....	838
5.3.4.8	Pufferstandregelung .....	838
5.3.4.9	Entkopplung .....	840
5.4	Modulare Automatisierung .....	843
5.4.1	Einleitung .....	843

5.4.2	Engineering-Prozess modularer Anlagen.....	844
5.4.3	Automatisierung modularer Anlagen.....	845
5.4.4	Inhalte des Module Type Package.....	846
5.4.5	Aufbau des Module Type Package.....	846
5.4.6	Bedienbildbeschreibung.	848
5.4.7	Zustandsbasierte Prozessführung .....	850
5.4.8	Diagnose & Maintenance-Informationen .....	850
5.4.9	Zusammenfassung und Ausblick.....	851
5.5	Automatisierung von Chargenprozessen .....	853
5.5.1	Einleitung.....	853
5.5.2	Anlagentypen von Chargenprozessen .....	854
5.5.2.1	Einordnung nach Produktvarianz.....	854
5.5.2.2	Einordnung nach physischer Struktur .....	855
5.5.3	Begriffe und Modelle zur Strukturierung und Automation .....	856
5.5.3.1	Historie und Ziele der Standardisierung .....	856
5.5.3.2	Einordnung in die Automationsebenen .....	858
5.5.3.3	Anlagenmodell (physisches Modell).....	860
5.5.3.4	Prozessmodell, Prozedurmodell (Rezepthierarchie).....	862
5.5.3.5	Rezept-Typen (Rezeptmodell), Rezeptaufbau .....	864
5.5.3.6	Historisierung Produktionsdaten / Produktverfolgung .....	866

5.5.3.7	Weiterführende Standardisierungsaktivitäten.....	867
5.5.4	Realisierung der Rezeptfahrweise .....	870
5.5.4.1	Analyse und Entwurf Prozessstrukturen.....	870
5.5.4.2	Erweiterte Rezeptfunktionalitäten.....	877
5.5.5	Projektimplementierung und Bedienung .....	881
5.5.5.1	Leittechnische Komponenten für die Rezeptfahrweise.....	881
5.5.5.2	Zustandsmodell.....	885
5.5.5.3	Nutzung der Rezeptfunktionen.....	885
5.5.6	Anwendung von Funktionsstandards in der Projektierung.....	886
5.5.6.1	Möglichkeiten für Standards bei der Projektierung von Chargenprozessen .....	887
5.5.6.2	Effekte .....	888
5.5.7	Auswahl und Nutzen von Standard-Software zur Rezeptfahrweise.....	889
5.5.7.1	Aspekte der Bewertung.....	889
5.5.7.2	Nutzen von Standardsoftware für Chargenautomation für den diskontinuierlich Anlagenbetrieb .....	890
5.6	Modellbasierte prädiktive Regelung (MPC) und Softsensoren.....	894
5.6.1	MPC in der Automatisierungshierarchie.....	896
5.6.2	Grundprinzip der prädiktiven Regelung.....	899
5.6.3	Projektabwicklung und MPC-Programmsysteme .....	907
5.6.4	Aktuelle Entwicklungstrends .....	909
5.6.5	Softsensoren .....	913
5.6.6	Zusammenfassung .....	916
5.7	Überwachungs- und Managementfunktionen.....	919
5.7.1	Control Performance Monitoring (CPM) .....	919
5.7.1.1	Bewertung der Regelgüte, Benchmarking .....	924
5.7.1.2	Erkennung oszillierender Regelkreise.....	926
5.7.1.3	Erkennung von Nichtlinearitäten .....	927
5.7.1.4	Erkennung von Aktorproblemen – Ventilstiktion.....	929
5.7.1.5	Erkennung von zu konservativer bzw. zu aggressiver Reglereinstellung .....	933
5.7.1.6	Anwendung von CPM-Systemen in der Prozessindustrie .....	935
5.7.2	Prozessdiagnose und Störungsfrüherkennung .....	936
5.7.2.1	Entwicklung von Systemen zur Störungsfrüherkennung mit MDA-Methoden.....	939
5.7.2.2	MDA-Software-Werkzeuge .....	943
5.8	Mensch-Prozess-Kommunikation .....	946
5.8.1	Einleitung.....	946
5.8.2	Aufgabenbezogene Strukturierung.....	947
5.8.3	Informationskodierung .....	950
5.8.3.1	Informationsdarstellung .....	950
5.8.3.2	Verteilung.....	951

5.8.3.3	Füllgrad.....	951
5.8.3.4	Kodierung.....	952
5.8.3.5	Auffälligkeit.....	952
5.8.3.6	Konsistenz.....	952
5.8.4	Gestaltung von Bedienbildern.....	952
5.8.4.1	Grundstruktur.....	952
5.8.4.2	Bedienfließbild.....	953
5.8.4.3	Verlaufsanzeigen.....	956
5.8.4.4	Kurvenbild.....	958
5.8.5	Faceplates.....	959
5.8.6	Gestaltung von Meldungen.....	959
5.8.6.1	Konfiguration von Meldungen.....	960
5.8.6.2	Alarmmanagement.....	961
5.8.7	Gestaltung von Leitwarten.....	963
5.8.8	Zusammenfassung und Ausblick.....	963
<b>6</b>	<b>Höhere Ebenen: Informationsverbund und MES.....</b>	<b>967</b>
6.1	Ebenenmodell des Informationsverbunds.....	969
6.1.1	Funktionshierarchie des Informationsverbunds.....	969
6.1.2	Integrationskonzepte im Informationsverbund.....	972
6.1.2.1	Integration entlang von Geschäftsprozessen.....	972
6.1.2.2	Die Qualität als integrierender Faktor.....	975
6.1.3	Zusammenfassung.....	976
6.2	Manufacturing Execution Systems (MES).....	977
6.2.1	Produktionstypen in der Prozessindustrie.....	977
6.2.2	Motivation für die Entwicklung von MES.....	978
6.2.3	Definition von MES und Literaturüberblick.....	981
6.2.4	MES-Funktionsumfang.....	982
6.2.5	Betriebliche Kennzahlen.....	986
6.2.6	Typische Arbeitsprozesse und systemtechnische Ausprägungen ...	987
6.2.6.1	Typische Arbeitsprozesse der Betriebsführung.....	987
6.2.7	Typische MES-Systemkonstellationen.....	993
6.2.8	Typische Zuordnung von MES-Funktionen auf IT-Systeme.....	996
6.2.9	Planung und Projektabwicklung von MES-Projekten.....	999
6.3	Digitale Transformation in der Prozessindustrie.....	1003
6.3.1	Verfahrenstechnische Anlagen als cyber-physische Produktionssysteme.....	1003
6.3.2	Herausforderungen.....	1004
6.3.2.1	Offene Schnittstellen.....	1006
6.3.2.2	Offene Architekturen.....	1007
6.3.2.3	Engineeringmethoden für offene Systeme.....	1008
6.3.3	Lösungsansätze der Prozessindustrie.....	1009

6.3.3.1	Offene Schnittstellen .....	1009
6.3.3.2	Offene Architekturen.....	1010
6.3.4	Anwendungsbereiche.....	1013
6.3.4.1	Flexibilität durch Modularisierung .....	1013
6.3.4.2	Qualitätsmanagement durch Big Data .....	1013
6.3.4.3	Neue Formen der Mensch-Technik-Kooperation .....	1014
6.3.5	Ausblick .....	1015
6.4	Logistik und Prozessautomation .....	1020
6.4.1	Logistikbegriff und -bereiche.....	1021
6.4.2	Produktionsnahe Logistik und logistische Produktionseinheiten...	1023
6.4.3	Integration logistischer Produktionseinheiten .....	1024
6.4.3.1	Steuerungspyramide .....	1025
6.4.3.2	Schwachstellen und Herausforderungen .....	1027
6.4.4	Neue Automatisierungsansätze für die Logistik.....	1029
6.4.4.1	Verwaltungsschale und Digitaler Zwilling .....	1029
6.4.4.2	Smart Factory.....	1031
6.4.4.3	Industrie 4.0-fähige Fördertechnik .....	1033
6.4.5	Lösungsansätze für die produktionsnahe Logistik der Prozessindustrie .....	1034
6.4.5.1	Namur Open Architecture.....	1034
6.4.5.2	Namur Modul-Type-Package .....	1035
6.4.6	Fazit .....	1037
6.5	IT-Security in der (Prozess-)Automatisierung .....	1040
6.5.1	Einleitung.....	1040
6.5.2	Besonderheiten der „vernetzten Produktion“ in Industrie 4.0 .....	1041
6.5.2.1	Auftragsgesteuerte Produktion in Wertschöpfungsnetzwerken .....	1042
6.5.2.2	Vernetzung von Maschinen und Anlagen .....	1043
6.5.3	Organisation, Prozesse und Zuständigkeiten.....	1044
6.5.3.1	Managementsystem für Informationssicherheit (ISMS).....	1044
6.5.3.2	Sicherheitsprozess .....	1045
6.5.3.3	Rollen und Zuständigkeiten.....	1046
6.5.3.4	Kompetenzen .....	1048
6.5.4	Risiko-Management .....	1049
6.5.4.1	Zu schützende Unternehmenswerte (Assets) als Basis für die Risikobetrachtung .....	1049
6.5.4.2	Daten(-fluss)-Analyse und Datenklassifikation .....	1051
6.5.4.3	Risikoanalyse in der Produktion .....	1052
6.5.4.4	Notfallmanagement und Wiederherstellung .....	1054
6.5.5	Segmentierung von Geräten, Anlagen und Netzen .....	1054
6.5.5.1	Trennung von Office und Produktion.....	1055
6.5.5.2	Trennung von Anlagen-Subnetzen .....	1055
6.5.5.3	Zonenübergänge .....	1055



6.5.5.4	Funktechnologien .....	1056
6.5.5.5	Fernzugriffe.....	1056
6.5.5.6	[nicht relevant] .....	1057
6.5.5.7	Kryptographie.....	1057
6.5.5.8	[nicht relevant] .....	1057
6.5.5.9	Kontrolle der Netzkommunikation..	1057
6.5.6	Sicheres Identitäts- Management .....	1058
6.5.6.1	Benutzerkonten in Betriebssystem und Applikation.....	1058
6.5.6.2	[nicht relevant] .....	1059
6.5.6.3	[nicht relevant] .....	1059
6.5.6.4	Identifikation, (starke) Authentisierung und Autorisierung .....	1059
6.5.6.5	Maschine-zu- Maschine-Kommuni- kation.....	1059
6.5.6.6	[nicht relevant] .....	1059
6.5.6.7	[nicht relevant] .....	1059
6.5.6.8	Verzeichnisdienste für die Verwaltung von Identitäten.....	1059
6.5.7	Sicherheit von Software in der Produktion .....	1060
6.5.7.1	Softwaresicherheit....	1060
6.5.7.2	Software-Pflege und -Wartung.....	1061
6.5.7.3	Software-Gover- nance.....	1061
6.5.7.4	Whitelisting und Systemhärtung .....	1063
6.5.8	[nicht relevant] .....	1063
6.5.9	Standards, Dokumente und Organisationen .....	1063
6.5.9.1	[nicht relevant] .....	1063
6.5.9.2	Standards und Richtlinien .....	1063

6.5.10	Übersicht der BSI-Standards zur Informationssicherheit.....	1065
<b>7</b>	<b>Planen, Errichten und Betreiben automatisierungs- technischer Einrichtungen.....</b>	<b>1069</b>
7.1	Engineering.....	1071
7.1.1	Einleitung.....	1071
7.1.2	Aufgaben der PLT-Planung.....	1074
7.1.3	PLT-Planungsumfang einer typischen prozesstechnischen Anlage mittlerer Größe.....	1075
7.1.4	Planungsphasen.....	1076
7.1.4.1	Pre-FEED.....	1076
7.1.4.2	FEED (Front-End Engineering Design).....	1076
7.1.4.3	Detailplanung (DP) .....	1077
7.1.4.4	Zeitstrahl der Planungsphasen.....	1078
7.1.5	Wichtige Dokumente für die PLT-Planung.....	1078
7.1.5.1	PLT-Stellenverzeichnis .....	1078
7.1.6	Weitere Planungsschwerpunkte .....	1084
7.1.7	Werkzeuge des Engineering .....	1087
7.1.8	Automatisierungskonzepte .....	1090
7.1.9	Visualisierungskonzepte.....	1091
7.1.10	Automatisierungssysteme .....	1093
7.1.11	PLT-Detailengineering.....	1098
7.1.12	2D – 3D Planung.....	1098
7.1.13	Der digitale Zwilling der Anlage.....	1098
7.1.14	Zusammenfassung .....	1102
7.2	Merkmalleisten-Technik.....	1102
7.2.1	Einführung .....	1102
7.2.2	Standardisierte Schnittstelle zur Datenübertragung .....	1103
7.2.2.1	Merkmale und Merkmalleisten .....	1104
7.2.2.2	Übertragung der Struktur- und der Transaktionsdaten .....	1109
7.2.3	Workflow des Datenaustausches .....	1110
7.2.4	Existierende Schnittstellen und Werkzeuge .....	1112
7.2.5	Zusammenfassung .....	1114
7.3	Funktionale Sicherheit .....	1117
7.3.1	Einleitung.....	1117
7.3.2	Lebenszyklusmodell .....	1120
7.3.3	Management der funktionalen Sicherheit.....	1120
7.3.4	Risiko und Sicherheitsbetrachtung .....	1122
7.3.5	Anforderungen an PLT-Sicherheitsfunktionen .....	1124
7.3.6	Abgrenzung von PLT-Sicherheitseinrichtungen zu anderen PLT-Einrichtungen.....	1126
7.3.7	Realisierung von PLT-Sicherheitseinrichtungen .....	1128

7.3.8	Geräte für PLT-Sicherheitseinrichtungen.....	1131
7.3.9	Realisierung von PLT-Sicherheitsfunktionen im betrieblichen Prozessleitsystem.....	1138
7.3.10	Sicherheitsvalidierung, Betrieb und Instandhaltung von PLT-Sicherheitseinrichtungen.....	1139
7.3.11	Änderungen an PLT-Sicherheitseinrichtungen .....	1142
7.3.12	Security für PLT-Sicherheitseinrichtungen.....	1142
7.4	Montage .....	1147
7.4.1	Allgemeines zur Elektromontage.....	1147
7.4.2	Baustelleneinrichtung.....	1151
7.4.3	Dokumente / Dokumentation .....	1151
7.4.4	Montage-Vergabearten.....	1157
7.4.5	Potenzialausgleich.....	1160
7.4.6	Schaltraum .....	1163
7.4.7	Kabelschott .....	1165
7.4.8	Verlegearten nach MBO (Musterbauordnung).....	1170
7.4.9	Kabelträgersysteme .....	1170
7.4.10	Schutzrohre / Elektroinstallationsrohrsystem.....	1173
7.4.11	Klemmkästen / Verteileranlagen.....	1175
7.4.12	Reinräume .....	1176
7.4.13	Luftverteiler.....	1176
7.4.14	Prüfung nach der Montage.....	1179
7.4.15	Montage der Feldbusse .....	1180
7.5	Trainingssimulatoren (OTS).....	1186
7.5.1	Einleitung.....	1186
7.5.2	Aufbau eines Trainingssimulators.....	1188
7.5.3	Nutzen und Aufwand.....	1192
7.5.3.1	Nutzen .....	1192
7.5.3.2	Aufwand .....	1194
7.5.4	Planung und Durchführung von OTS-Projekten.....	1195
7.5.5	Lebenszyklus und Wartung des Trainingssimulators .....	1197
7.5.6	Zukünftige Trends im Bereich der Trainingssimulatoren.....	1198
7.6	Inbetriebnahme .....	1200
7.6.1	Einleitung.....	1200
7.6.2	Funktionsprüfung .....	1201
7.6.2.1	Funktionsprüfung des Prozessleitsystems .....	1201
7.6.2.2	Hardware (Loop-Checks, Stellenprüfung).....	1201
7.6.3	Herstellen der Betriebsbereitschaft.....	1202
7.6.3.1	Montagekontrolle.....	1202
7.6.3.2	Reinigen der Anlage .....	1203
7.6.4	Inbetriebnahme der Anlage .....	1204
7.6.5	Weitere Aufgaben .....	1205
7.6.5.1	Ausbildung des Personals.....	1205

7.6.5.2	Revision der Dokumentation .....	1206
7.6.5.3	Übergabe der Dokumentation .....	1206
7.6.6	Virtuelle Inbetriebnahme.....	1206
7.7	Ganzheitliche Instandhaltung – Strukturen und Strategien.....	1210
7.7.1	Einführung .....	1210
7.7.2	Begriff und Definitionen.....	1212
7.7.3	Ziele .....	1220
7.7.4	Strategien und Konzepte.....	1222
7.7.4.1	Strategien .....	1222
7.7.4.2	Konzepte .....	1226
7.7.5	Strukturen.....	1231
7.7.6	IT-Systeme für die Instandhaltung.....	1238
7.7.6.1	Bausteine von IPS-Systemen.....	1239
7.7.6.2	Weiterentwicklungstrends der IT-gestützten Instandhaltung .....	1243
7.7.7	Zusammenfassung .....	1245
7.8	Plant Asset Management .....	1247
7.8.1	Einführung .....	1247
7.8.2	Aufgaben und Ziele von PAM.....	1248
7.8.3	Kernfunktionen von PAM.....	1249
7.8.4	Anforderungen an PAM-Systeme und -Komponenten.....	1250
7.8.5	Realisierung von PAM-Modellen .....	1252
7.8.6	Wirtschaftlichkeit von PAM-Anwendungen .....	1254

## Anhang A

<b>1</b>	<b>Die VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) .....</b>	<b>1259</b>
1.1	Aufgaben der GMA.....	1259
1.2	Mitgliedschaft in der GMA.....	1261
1.3	Struktur der GMA .....	1261
1.4	Informationen aus der Arbeit der GMA .....	1262
1.5	VDI/VDE-Richtlinien.....	1262
1.6	Ehrungen und Preise .....	1263
1.7	Nationale und internationale Kooperationen .....	1263
1.8	Geschäftsstelle.....	1263
<b>2</b>	<b>NAMUR – Interessengemeinschaft Automatisierungstechnik der Prozessindustrie .....</b>	<b>1264</b>
2.1	Der Verband.....	1264
2.2	Vision/Mission .....	1265

2.3	Mitgliedschaft .....	1266
2.4	Tätigkeiten .....	1266
2.5	NAMUR-Empfehlungen und -Arbeitsblätter .....	1267
2.6	Arbeitsfelder der NAMUR .....	1267
2.6.1	Arbeitsfeld 1 Planung und Errichtung.....	1267
2.6.2	Arbeitsfeld 2 Prozess- und Betriebsführungssysteme .....	1268
2.6.3	Arbeitsfeld 3 Feldgeräte .....	1268
2.6.4	Arbeitsfeld 4 Betrieb und Instandhaltung.....	1268
2.7	Wichtige Partner .....	1269
<b>3</b>	<b>ZVEI.....</b>	<b>1270</b>
3.1	Überblick .....	1270
3.2	Aufgaben .....	1270
3.3	Organisation .....	1271
3.4	Fachverband Automation .....	1271
3.4.1	Technische Arbeit .....	1272
3.4.2	FB Messtechnik und Prozessautomatisierung.....	1272
3.4.2.1	Organisation .....	1273
3.4.2.2	Arbeitsschwerpunkte des Fachbereichs Messtechnik und Prozessautomatisierung .....	1273
<b>4</b>	<b>Interessengemeinschaft Regelwerke Technik (IGR) e. V. ...</b>	<b>1274</b>
4.1	Wandel in Chemie- und Pharmaunternehmen .....	1274
4.2	Wahrnehmung der Betreiberverantwortung .....	1275
4.3	Struktur der Interessengemeinschaft Regelwerke Technik .....	1275
4.4	Ein Resümee aus heutiger Sicht .....	1277
<b>5</b>	<b>DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik und Informationstechnik in DIN und VDE e. V. ..</b>	<b>1277</b>
5.1	Arbeitsweise .....	1277
5.2	Ziele der DKE.....	1278
5.3	Organisation .....	1278
5.4	Automatisierungstechnik in der DKE.....	1279
<b>6</b>	<b>AMA Verband für Sensorik und Messtechnik .....</b>	<b>1282</b>
6.1	Digitalisierung und Vernetzung als Chance.....	1282
6.2	Mission: Hersteller, Anwenderindustrie und Wissenschaft verbinden.....	1283

<b>7</b>	<b>Plattform Industrie 4.0 .....</b>	<b>1284</b>
----------	--------------------------------------	-------------

## **Anhang B**

<b>Autoren .....</b>	<b>1287</b>
----------------------	-------------

<b>Abkürzungsverzeichnis.....</b>	<b>1299</b>
-----------------------------------	-------------

<b>Stichwortverzeichnis.....</b>	<b>1319</b>
----------------------------------	-------------