

# Inhaltsverzeichnis

## Kapitel 1    **Staatlich anerkannte Prüfstellen und die gesetzlichen Rahmenbedingungen**

*Daniel Heitzmann und Jürgen Kramny*

1.1	Einleitung .....	3
1.1.1	Verbraucherschutz .....	4
1.1.2	Historie Prüfstellenwesen .....	4
1.2.	Gesetzliche und normative Rahmenbedingungen .....	5
1.2.1	Gesetze .....	6
1.2.2	Rechtsverordnungen .....	6
1.2.3	Verwaltungsvorschriften .....	6
1.2.4	Mess- und Eichgesetz (MessEG) .....	7
1.2.5	Mess- und Eichverordnung (MessEV) .....	8
1.2.6	Gesetzliches Messwesen – Allgemeine Regelungen (GM-AR) .....	10
1.2.7	PTB-Anforderungen (PTB-A) .....	11
1.2.8	PTB-Prüfregeln (PTB-PR) .....	12
1.2.9	Europäische Messgeräterichtlinie (2004/22/EG und 2014/32/EU) .....	12
1.3	Zuständige Stellen und ihre Aufgaben .....	13
1.3.1	Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) .....	13
1.3.1.1	Regelermittlungsausschuss (REA) .....	14
1.3.1.2	Ausschuss der Konformitätsbewertungsstellen (AdKBS) .....	14
1.3.1.3	Vollversammlung für das Mess- und Eichwesen (VV) .....	15
1.3.1.4	PTB-Arbeitskreis Elektrizitätsmessung, Smart Metering, Elektromobilität (ELSE) im Kontext der VV .....	16
1.3.2	Arbeitsgemeinschaft Mess- und Eichwesen (AGME) .....	16
1.3.3	Eichaufsichtsbehörden (Eichdirektionen) .....	17
1.3.4	Deutsche Akademie für Metrologie (DAM) .....	17
1.3.5	Verbände und Vereinigungen .....	17
1.3.5.1	Verband der Elektrotechnik, Elektronik, Informationstechnik e.V. (VDE) .....	17
1.3.5.2	Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (DKE) .....	19
1.3.5.3	Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN) .....	19
1.3.5.4	Forum für Netztechnik und Netzbetrieb (FNN) .....	19
1.3.5.5	Deutsche Akkreditierungsstelle (DAkkS) .....	20
1.3.5.6	Agentur für Messwertqualität und Innovation e.V. (a:m+i) .....	20
1.3.5.7	European Cooperation in Legal Metrology (WELMEC) .....	21
1.3.5.8	CEN, CENELEC, ETSI, ISO, IEC und ITU .....	21
1.3.5.9	Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML) .....	22
1.4.	Die staatlich anerkannten Prüfstellen .....	22
1.4.1	Antrag und Anerkennung .....	22
1.4.2	Anforderungen an die Prüfstellen .....	23
1.4.2.1	Qualitätsmanagementsystem (QMS) .....	24
1.4.2.2	Aufbau eines Qualitätsmanagementsystems .....	25

1.4.3	Haftpflichtversicherung der Prüfstellen . . . . .	27
1.4.4	Leitung und stellvertretende Leitung . . . . .	27
1.4.4.1	Antrag . . . . .	28
1.4.4.2	Sachkunde . . . . .	28
1.4.4.3	Öffentliche Bestellung . . . . .	28
1.4.5	Bezeichnung und Anzeige der staatlich anerkannten Prüfstellen . . . . .	29
1.4.6	Durchführung von Eichungen durch staatlich anerkannte Prüfstellen . . . . .	29
1.4.7	Durchführung von Befundprüfungen durch staatlich anerkannte Prüfstellen . . . . .	30
1.4.8	Verlängerung der Eichfrist aufgrund von Stichprobenverfahren (§ 35 MessEV) . . . . .	30
1.4.9	Prüfungsunterlagen . . . . .	31
1.4.10	Verantwortung der Prüfstellenleitung . . . . .	31
1.4.11	Kennzeichen der staatlich anerkannten Prüfstellen . . . . .	32
1.5	Kennzeichnung von Messgeräten beim Inverkehrbringen . . . . .	33
1.5.1	Kennzeichnung bis zum 31.12.2014 . . . . .	33
1.5.1.1	Kennzeichnung national geregelter Messgeräte . . . . .	33
1.5.1.2	Kennzeichnung EWG-geregelter Messgeräte . . . . .	34
1.5.1.3	Kennzeichnung MID-geregelter Messgeräte . . . . .	35
1.5.2	Kennzeichnung ab 1.1.2015 . . . . .	35
1.5.3	Kennzeichnung national geregelter Messgeräte . . . . .	36
1.6.	Neue Herausforderungen . . . . .	36
1.6.1	Qualität . . . . .	37
1.6.2	Prüftechnik . . . . .	40
1.7	Ausblick . . . . .	43
1.8	Quellenverzeichnis . . . . .	44
1.8.1	Gesetze, Verordnungen und Richtlinien . . . . .	44
1.8.2	Normen . . . . .	44
1.8.3	Internetseiten . . . . .	45
<b>Kapitel 2</b>	<b>Regeln für Produkte, Prozesse und Messgrößen-Definitionen</b>	
	<i>Martin Kahmann</i>	
2.1	Einführung . . . . .	49
2.2	Regeln für Produkte und Prozesse . . . . .	49
2.2.1	Europäische Richtlinien . . . . .	50
2.2.2	Deutsche Gesetze, Verordnungen und Anerkannte Regeln der Technik .	50
2.2.3	Normen und Standards . . . . .	51
2.3	Regeln für mathematisch-physikalische Messgrößen-Definitionen . . .	52
<b>Kapitel 3</b>	<b>Technik der Ferrariszähler</b>	
	<i>Ulrich Leveke, Bernd Schulz und Otmar Akemeier-Mehret</i>	
3.1	Technik der Ferrariszähler . . . . .	59
3.1.1	Allgemeines . . . . .	59
3.1.2	Wirkungsweise des Induktionsmesswerks . . . . .	60

3.1.3	Ersatzschaltbild und Zeigerdiagramm . . . . .	60
3.1.4	Die Fehlerkurve und ihre Optimierung . . . . .	66
3.1.5	Einflussgrößen . . . . .	71
3.1.5.1	Spannungseinfluss . . . . .	71
3.1.5.2	Frequenzeinfluss . . . . .	72
3.1.5.3	Temperaturabhängigkeit . . . . .	73
3.1.5.4	Einfluss von Oberschwingungen . . . . .	73
3.1.5.5	Einflüsse von Überstrom und Kurzschluss . . . . .	74
3.1.5.6	Fremdfeldeinfluss . . . . .	74
3.1.5.7	Einfluss stoßweiser Belastung . . . . .	74
3.1.5.8	Schräglageabhängigkeit . . . . .	75
3.1.5.9	Lastkurve eines Wechselstromzählers . . . . .	75
3.1.6	Aufbau eines Wechselstromzählers . . . . .	75
3.1.7	Wirkungsweise der Drehstromzähler für Wirkverbrauch . . . . .	76
3.1.7.1	Drehmomentabgleich . . . . .	77
3.1.7.2	Drehfeldeinfluss . . . . .	78
3.1.7.3	Vierleiterzähler . . . . .	79
3.1.7.4	Dreileiterzähler . . . . .	81
3.1.8	Wirkungsweise der Drehstromzähler für Blindverbrauch . . . . .	82
3.1.9	Zähler zum Anschluss an Messwandler . . . . .	83
3.1.10	Zusatzeinrichtungen . . . . .	84
3.2	Schaltungsarten in der Übersicht . . . . .	86
3.2.1	Allgemeines . . . . .	86
3.2.2	Einpolige Wechselstrom-Wirkverbrauchszähler . . . . .	87
3.2.3	Dreileiter-Drehstrom-Wirkverbrauchszähler . . . . .	89
3.2.4	Vierleiter-Drehstrom-Wirkverbrauchszähler . . . . .	90
3.2.5	Dreileiter-Drehstrom-Blindverbrauchszähler mit $60^\circ$ -Abgleich . . . . .	93
3.2.6	Dreileiter-Drehstrom-Blindverbrauchszähler mit $90^\circ$ -Abgleich . . . . .	93
3.2.7	Vierleiter-Drehstrom-Blindverbrauchszähler mit $90^\circ$ -Abgleich . . . . .	94
3.2.8	Messsätze . . . . .	94
3.3	Herstellungsprozess elektromechanischer Zähler – Das Beispiel C114 . . . . .	94
3.3.1	Herstellungsprozess allgemein . . . . .	94
3.3.2	Herstellungsprozess Komponenten und Baugruppen . . . . .	96
3.3.2.1	Herstellung Grundplatte, Klemmenblock, Isolierstück und Kappe . . . . .	96
3.3.2.2	Herstellung Messwerkträger . . . . .	97
3.3.2.3	Herstellung Läufer . . . . .	98
3.3.2.4	Herstellung Leistungsschild . . . . .	99
3.3.2.5	Herstellung Strom- und Spannungsklemmen . . . . .	99
3.3.2.5.1	Stromklemmen . . . . .	99
3.3.2.5.2	Spannungsklemmen . . . . .	100
3.3.2.6	Herstellung Zählwerk . . . . .	100

3.3.2.6.1	Herstellung Zählwerksbock . . . . .	100
3.3.2.6.2	Herstellung Zahlenrollen und Zahlenrollentreibe . . . . .	101
3.3.2.6.3	Montage Zählwerk . . . . .	101
3.3.2.7	Herstellung Strom- und Spannungsspulen . . . . .	102
3.3.2.7.1	Stromspulen . . . . .	102
3.3.2.7.2	Spannungsspulen . . . . .	102
3.3.2.8	Herstellung Strom- und Spannungskern . . . . .	103
3.3.2.8.1	Stromkern . . . . .	103
3.3.2.8.2	Spannungskern . . . . .	103
3.3.2.8.3	Stromkerne und Spannungskerne glühen . . . . .	104
3.3.2.8.4	Stromkerne und Spannungskerne lackieren . . . . .	104
3.3.3	Herstellungsprozess Baugruppen Spannungssystem, Stromsystem zum Messwerk . . . . .	105
3.3.3.1	Herstellung Spannungssystem . . . . .	105
3.3.3.2	Herstellung Stromsystem . . . . .	106
3.3.3.3	Herstellung Messwerk . . . . .	106
3.3.4	Zählermontage, Hochspannungsprüfung und Reinigung . . . . .	107
3.3.4.1	Zählermontage . . . . .	107
3.3.4.2	Prüfung der Isolierung von Elektrizitätszählern (Hochspannungsprüfung) . . . . .	108
3.3.4.3	Reinigung der Zähler . . . . .	108
3.3.5	Herstellungsprozess Justierung und Endprüfung . . . . .	109
3.3.5.1	Haupteinstellung – Justierung . . . . .	109
3.3.5.2	Einstellung und Überprüfung Stillstand – Anlauf . . . . .	110
3.3.5.3	Überprüfung des Zählwerks . . . . .	111
3.3.5.4	Endprüfung – Richtigkeitsprüfung . . . . .	111
3.3.6	Plombierung und Verpackung . . . . .	111
3.3.6.1	Plombierung . . . . .	111
3.3.6.2	Verpackung . . . . .	112
3.3.7	Qualitätssichernde Maßnahmen und gesetzliches Messwesen . . . . .	113
3.3.7.1	Qualitätssichernde Maßnahmen . . . . .	113
3.3.7.2	Gesetzliches Messwesen am Herstellungsstandort – innerstaatlich nach ungarischem Eichrecht . . . . .	113
3.3.7.3	Gesetzliches Messwesen am Herstellungsstandort – europäisch . . . . .	113
3.3.7.4	Gesetzliches Messwesen am Herstellungsstandort – innerstaatlich nach deutschem Eichrecht . . . . .	114
3.3.7.5	Präqualifizierungsaudit durch Kunden . . . . .	114
3.4	Literatur/Quellen . . . . .	114
Kapitel 4	<b>Elektronische Zähler</b>	
	<i>Martin Kahmann, Manfred Buschke, Heiko Hardtstock, David Kramer, Norbert Malek und Wolfram Schmelzer</i>	
4.1	Hauptbaugruppen des Zählers . . . . .	119
4.2	Anpassung an die Messstromstärke . . . . .	123

4.2.1	Messwiderstände (Shunts) . . . . .	124
4.2.2	Elektronisch fehlerkompensierte Stromwandler . . . . .	127
4.2.3	Mischstrombelastbare, transformatorische Wandler . . . . .	131
4.3	Anpassung an die Messspannung . . . . .	135
4.3.1	Widerstandsteiler . . . . .	136
4.3.2	Spannungstransformator . . . . .	137
4.4	Produktbildung und Spannungsfrequenzwandlung . . . . .	138
4.4.1	Übersicht, Time-Division-Prinzip und Spannungs-/ Frequenzwandlung . . . . .	138
4.4.2	Hall-Prinzip . . . . .	145
4.4.3	Analog-Digital-Wandler . . . . .	149
4.4.4	Mikrorechner . . . . .	158
4.4.5	Zähler-Chips . . . . .	166
4.5	Tarifwerke . . . . .	170
4.5.1	Tarifwerkfunktionen . . . . .	170
4.5.2	HalbleiterSpeicher . . . . .	174
4.5.3	Bedienelemente . . . . .	178
4.5.4	Displays . . . . .	180
4.5.5	Statusein- und -ausgänge . . . . .	186
4.6	Versorgung . . . . .	190
4.6.1	Versorgungsquellen . . . . .	190
4.6.2	Netzteilschaltungen . . . . .	191
4.6.3	Überspannungsschutz und Isolationsfestigkeit . . . . .	194
4.6.4	Gleichspannungsquellen in Zählern . . . . .	195
4.7	Gehäuse . . . . .	197
4.7.1	Äußere Form . . . . .	197
4.7.2	Klemmenblock . . . . .	203
4.7.3	Sicherung gegen Eingriff . . . . .	206
4.8	Sonderthema: Kompensation von Zähler-Messfehlern durch das Prinzip der zwei Gleichungen . . . . .	207
4.8.1	Grundprinzip . . . . .	207
4.8.2	Astasierung (Gleichzeitige Methode) . . . . .	208
4.8.3	Offset-Kompensation (Sequenzielle Methode) . . . . .	209
4.9	Sonderthema: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) . . . . .	211
4.9.1	Anforderungen an die elektromagnetische Verträglichkeit . . . . .	211
4.9.2	Störungarten und Störquellen . . . . .	212
4.9.3	Maßnahmen zur Erhöhung der Störfestigkeit . . . . .	214
4.10	Blindleistungsmessung . . . . .	216
4.10.1	Schaltung ohne zusätzlichen Phasenschieber zur Messung von Grundschwingungs-Verschiebungsblindarbeit („Kunstschaltung“) . . . . .	217
4.10.2	Schaltung mit zusätzlichen Phasenschiebern zur Messung von Grundschwingungs-Verschiebungsblindarbeit . . . . .	218
4.10.3	Digitale Schaltungen . . . . .	219
4.10.4	Kombinierte Wirk-/Blindarbeitszähler („Kombi-Zähler“) . . . . .	220
4.11	Sonderthema: FNN-Zähler . . . . .	222

4.11.1	eHZ – Zähler mit Steckkontakt . . . . .	222
4.11.2	SyM <sup>2</sup> – modular, echtzeituhrlös, downloadfähig . . . . .	223
4.11.3	EDL-Zähler und MUC – Paten des Messsystems nach EnWG . . . . .	225
4.11.4	MessSystem 2020 . . . . .	227
4.12	Abkürzungen . . . . .	231
4.13	Literatur/Quellen . . . . .	232
<b>Kapitel 5</b>	<b>Messwandler</b>	
	<i>Holger Herbert Däumling und Christian Meiners</i>	
5.1	Einführung . . . . .	239
5.2	Aufbau . . . . .	239
5.2.1	Mechanischer Aufbau der Messwandler . . . . .	239
5.2.2	Grundlagen der Magnetik . . . . .	241
5.2.3	Stromwandler: Aufbau, messtechnische Eigenschaften . . . . .	243
5.2.4	Spannungswandler: Aufbau, messtechnische Eigenschaften . . . . .	248
5.2.5	Kombiwandler . . . . .	252
5.2.6	Wandler für Bahnen . . . . .	253
5.3	Zusammenschaltung von Wandlern und Zählern . . . . .	256
5.4	Kippschwingungen (Ursachen, Maßnahmen) . . . . .	257
5.4.1	Einphasige Kippschwingungen . . . . .	258
5.4.2	Dreiphasige Kippschwingungen . . . . .	264
5.4.3	Sonderformen der Kippschwingung . . . . .	268
5.4.4	Zusammenfassung . . . . .	268
5.5	Wandlerleitungen: Absicherung, Erdung . . . . .	268
5.6	Wandlerbebürdung . . . . .	269
5.6.1	Unterbürdung von Stromwandlern . . . . .	270
5.6.2	Unterbürdung von Spannungswandlern . . . . .	270
5.7	Literatur/Quellen . . . . .	271
<b>Kapitel 6</b>	<b>Elektronische Wandler</b>	
	<i>Hans-Dieter Schlemper und Jakob Widmer</i>	
6.1	Einführung . . . . .	275
6.2	Stromwandler . . . . .	275
6.2.1	Elektronische Stromwandler . . . . .	275
6.2.2	Rogowski-Spule . . . . .	277
6.2.3	Magnetooptische Sensoren . . . . .	279
6.2.3.1	Einfache Ausführungen . . . . .	280
6.2.3.2	Temperaturstabile und erschütterungsunempfindliche Ausführungen . . . . .	280
6.2.4	Ausführungsbeispiele . . . . .	283
6.3	Spannungswandler . . . . .	283
6.3.1	Kapazitive elektronische Wandler . . . . .	283
6.3.2	Ohmsche Teiler . . . . .	285
6.3.3	Elektrooptische Sensoren (Pockels-Effekt) . . . . .	285
6.3.4	Ausführungsbeispiele . . . . .	286

6.4	Schnittstellen . . . . .	286
6.4.1	Analoge Kleinsignalschnittstellen . . . . .	287
6.4.2	Digitale Schnittstellen . . . . .	287
6.5	Energiezählung in Anlagen mit nichtkonventionellen Wählern . . . . .	289
6.5.1	Anforderungen an den Zähler . . . . .	290
6.5.2	Funktionen des Zählers . . . . .	290
6.5.3	Genauigkeit . . . . .	291
6.5.4	Dynamik . . . . .	293
6.5.5	Kommunikation, Schnittstellen und Protokolle . . . . .	294
6.5.6	Zugriffsschutz und Datensicherheit am Zähler . . . . .	294
6.5.7	Anwendungsbeispiel . . . . .	295
6.5.8	Betriebserfahrungen . . . . .	296
6.6	Ausblick . . . . .	296
6.7	Literatur/Quellen . . . . .	297

## Kapitel 7 **Tarifschaltuhren**

*Karsten Peterson und Martin Kahmann*

7.1	Einführung . . . . .	301
7.2	Entwicklung der Uhren und ihrer Genauigkeit . . . . .	302
7.3	Funkuhren . . . . .	303
7.4	Schaltuhrfunktionen . . . . .	305
7.5	Ausblick . . . . .	309
7.6	Literatur/Quellen . . . . .	310

## Kapitel 8 **Rundsteuertechnik**

*Joachim Dobberstein und Andreas Tarsoly*

8.1	Einführung . . . . .	313
8.2	Tonfrequenz-Rundsteuertechnik . . . . .	314
8.2.1	Prinzip – Grundlagen . . . . .	314
8.2.2	Signalverteilung . . . . .	317
8.2.3	Zentrales und dezentrales Systemkonzept der Tonfrequenz-Rundsteuertechnik . . . . .	321
8.2.4	Wirkungskette und vereinfachte Systemkonfiguration der Tonfrequenz-Rundsteuertechnik . . . . .	324
8.2.5	Rundsteuerleitsystem . . . . .	325
8.2.6	Lokale Sendersteuereinheit . . . . .	327
8.2.7	Rundsteuersender . . . . .	327
8.2.8	Tonfrequenz-Rundsteuerankopplungen . . . . .	329
8.2.8.1	Serienankopplung . . . . .	330
8.2.8.2	Parallelankopplung . . . . .	332
8.2.9	Rundsteuerempfänger . . . . .	335
8.2.10	Rundsteuerempfänger als Modul in elektronischen Elektrizitätszählern . . . . .	340
8.2.11	Ausblick . . . . .	340

8.3	Funkrundsteuertechnik . . . . .	341
8.3.1	Prinzip – Grundlagen . . . . .	341
8.3.2	Systemkonfiguration . . . . .	343
8.3.3	Funkrundsteuerzentrale . . . . .	344
8.3.4	Zentralrechner . . . . .	344
8.3.5	Funkrundsteuerempfänger . . . . .	345
8.4	Ausblick . . . . .	348
8.4.1	Vergleich von Tonfrequenz-Rundsteuertechnik und Funkrundsteuertechnik . . . . .	348
8.4.2	e*Nergy von e*Message . . . . .	348
8.4.3	Steuerbox . . . . .	348
8.5	Literatur/Quellen . . . . .	349
<b>Kapitel 9</b>	<b>M-Bus:Ein standardisiertes Kommunikationssystem für Messgeräte</b>	
	<i>Werner Domschke und Andreas Bolder</i>	
9.1	Vorbemerkungen . . . . .	353
9.2	Forderungen . . . . .	353
9.3	Die Wärmezählernorm . . . . .	355
9.4	Die Umsetzung der Zählerkommunikation in eine eigene Normenreihe . . . . .	356
9.4.1	EN 13757 – Die Kommunikationsnorm für alle Zähler . . . . .	356
9.4.2	Die einzelnen Teile der Normenreihe . . . . .	357
9.4.2.1	EN 13757-1 Kommunikationssysteme für Zähler – Teil 1: Datenaustausch . . . . .	358
9.4.2.2	EN 13757-2 Kommunikationssysteme für Zähler – Teil 2: Drahtgebundene M-Bus-Kommunikation . . . . .	359
9.4.2.3	EN 13757-3 Kommunikationssysteme für Zähler – Teil 3: Anwendungsprotokolle . . . . .	360
9.4.2.4	EN 13757-4 Kommunikationssysteme für Zähler und deren Fernablesung – Teil 4: Zählerauslesung über Funk (Fernablesung von Zählern im SRD-Band) . . . . .	361
9.4.2.5	EN 13757-5 Kommunikationssysteme für Zähler – Teil 5: Weitervermittlung für den drahtlosen M-Bus . . . . .	362
	1. Routerbasiertes Protokoll . . . . .	363
	2. Aktuelles Protokoll . . . . .	363
	3. Single-Hop-Wiederholungsprotokoll . . . . .	363
9.4.2.6	EN 13757-6 Kommunikationssysteme für Zähler – Teil 6: Lokales Bussystem . . . . .	364
9.4.2.7	EN 13757-7 Kommunikationssysteme für Zähler – Teil 7: Transport- und Sicherheitsdienste . . . . .	365
9.4.2.8	Communication systems for meters – Part x: Accompanying TR to EN 13757-2, -3 and -7, Examples and supplementary information . . . . .	365
9.5	Der M-Bus unter dem Gesichtspunkt der Interoperabilität . . . . .	366

9.5.1	Positionspapier der Figawa . . . . .	366
9.5.2	Vorgaben der EU . . . . .	366
9.5.3	Gründung der OMS-Group . . . . .	367
9.6	Die OMS-Group . . . . .	368
9.6.1	Die Organisation der OMS-Group . . . . .	368
9.6.2	Anwendungsspektrum . . . . .	370
9.6.3	Das Open Metering System (OMS) . . . . .	371
9.6.3.1	OMS-Specification Volume 1, General Part . . . . .	372
9.6.3.2	OMS-Specification Volume 2, Primary Communication . . . . .	372
9.6.3.3	OMS-Specification Volume 3, Tertiary Communication . . . . .	374
9.6.3.4	OMS Technical Report 01 Security . . . . .	374
9.6.3.5	OMS Technical Report 02, wired M-Bus . . . . .	374
9.6.3.6	OMS Technical Report 03: XML Key Exchange . . . . .	375
9.6.3.7	OMS Conformance Test . . . . .	375
9.6.4	Datensicherheit und Datenschutz . . . . .	376
9.6.5	Zertifizierung . . . . .	378
9.6.6	Gewerke übergreifende Systeme . . . . .	379
9.7	Smart Metering . . . . .	380
9.7.1	Umsetzung der EU-Richtlinien in Deutschland . . . . .	380
9.7.2	BSI-Schutzprofile und Technische Richtlinie . . . . .	381
9.7.2.1	Multi Utility-Ansatz . . . . .	381
9.7.2.2	wireless M-Bus und OMS als Bestandteil der Technischen Richtlinie BSI TR-03109 . . . . .	381
9.7.3	Das Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende . . . . .	382
9.8	Internet of Things (IoT) . . . . .	384
9.9	Literatur/Quellen . . . . .	386

## Kapitel 10 **Datenkommunikation**

*Michael Arzberger, Arndt Bleckmann, Andrzej Cwik, Edwin Fischer,  
Michael Koch, Anil Mengi und Thomas Wolski*

10.1	Einleitung . . . . .	391
10.2	Öffentlicher Mobilfunk . . . . .	392
10.2.1	Entwicklung der Technologien und des Marktes „Öffentlicher Mobilfunk“ . . . . .	392
10.2.2	GSM – Global System for Mobile Communication . . . . .	394
10.2.2.1	CSD – Circuit Switched Data . . . . .	395
10.2.2.2	General Packet Radio Service – GPRS . . . . .	396
10.2.2.3	Zukunft der GSM-Technologie . . . . .	398
10.2.3	UMTS – Universal Mobile Telecommunications System . . . . .	398
10.2.4	LTE – Long Term Evolution . . . . .	399
10.2.5	Aspekte der Funknetzplanung oder „Der Weg in den Zählerschrank“ . . . . .	400
10.2.5.1	Wie plant ein Mobilfunknetzbetreiber seine Netzabdeckung? . . . . .	401
10.2.5.2	Wie kann die Funkabdeckung in Gebäuden ermittelt werden? . . . . .	402

10.2.6	SIM-Karte . . . . .	404
10.2.7	Zukünftige Entwicklungen: NB-IOT / LTE-M / 5G . . . . .	406
10.2.8	Frequenzen . . . . .	408
10.2.9	Zusammenfassung und Ausblick. . . . .	410
10.3	450-MHz-Funknetze in der Fernmess- und Fernwirkechnik. . . . .	411
10.3.1	Energiewirtschaftliche Anforderungen im Bereich „intelligente Energienetze“ . . . . .	411
10.3.2	450-MHz-Funknetz im energiewirtschaftlichen Messwesen . . . . .	412
10.3.2.1	Örtliche Verfügbarkeit. . . . .	412
10.3.2.2	Resilienz und Verfügbarkeit . . . . .	413
10.3.2.3	Geringe Latenz und Priorisierung von Daten . . . . .	413
10.3.2.4	Zukunftsfähigkeit . . . . .	414
10.3.2.5	Zwischenfazit . . . . .	415
10.3.3	Internationale Erfahrungen und Entwicklungen . . . . .	415
10.3.4	Endgeräte. . . . .	416
10.3.5	Fazit. . . . .	416
10.4	Powerline Communications-Technologien im 3-500 kHz für Smart Grid- und Smart Metering-Anwendungen . . . . .	417
10.4.1	Einleitung . . . . .	417
10.4.2	PLC-Technologien im 3-500 kHz-Band . . . . .	417
10.4.2.1	PLC-Technologien im CENELEC-Band . . . . .	418
10.4.2.2	PLC Technologien im 150-500 kHz-Band . . . . .	419
10.4.3	Technische Anwendungen von G3-PLC mit Blick auf die Vernetzung. . . . .	421
10.4.4	Powerline Communications auf der Mittelspannung . . . . .	423
10.4.5	Fazit. . . . .	425
10.5	BPL Powerline Communication . . . . .	425
10.5.1	Breitband Powerline im praktischen Einsatz . . . . .	427
10.5.2	Breitband-Powerline-System . . . . .	428
10.5.3	Das OSI-Referenzmodell . . . . .	429
10.5.4	Die Stromnetze als Übertragungsmedium. . . . .	430
10.5.5	Beeinflussung der Datenübertragung auf dem Stromnetz. . . . .	431
10.5.6	Dämpfung auf dem Stromnetz . . . . .	431
10.5.7	Breitband Powerline-Technologie. . . . .	432
10.5.8	Das BPL-Netzwerk . . . . .	436
10.5.9	Die BPL-Zelle . . . . .	437
10.5.10	Intelligentes Repeating . . . . .	438
10.5.11	Dynamisches Routing . . . . .	439
10.5.12	Dynamische Zelltopologie . . . . .	440
10.5.13	Zusammenfassung. . . . .	441
10.6	Abkürzungen. . . . .	442
10.7	Literatur/Quellen . . . . .	442

<b>Kapitel 11</b>	<b>Schnittstellen, Protokolle und Standards für den Datenaustausch</b>
	<i>Janosch Wagner und Martin Wisy</i>
11.1	Einleitung . . . . .
11.2	ISO-Referenzmodell . . . . .
11.2.1	Application Layer . . . . .
11.2.2	Presentation Layer . . . . .
11.2.3	Session Layer . . . . .
11.2.4	Transport Layer . . . . .
11.2.5	Network Layer . . . . .
11.2.6	Link Layer . . . . .
11.2.7	Physical Layer . . . . .
11.2.7.1	RS-232 . . . . .
11.2.7.2	RS-485 . . . . .
11.2.7.3	M-Bus und wireless M-Bus . . . . .
11.2.7.4	Optische Schnittstelle (IEC 62056-21) . . . . .
11.2.7.5	Current Loop / Elektrische Schnittstelle (IEC 62056-21) . . . . .
11.3	Generelle Sicherheitsfunktionen bei der Datenübertragung . . . . .
11.4	IEC 62056-21, die frühere IEC-1107 . . . . .
11.4.1	Grundkonzepte . . . . .
11.4.2	Bitserielle Übertragung an der optischen und elektrischen Schnittstelle . . . . .
11.4.3	Flussteuerung . . . . .
11.4.4	Timeouts . . . . .
11.4.5	Auswahl der Baudrate . . . . .
11.4.6	Break Signal . . . . .
11.4.7	Adressierung der Endgeräte . . . . .
11.4.8	Zustandsautomat und Betriebsmodi . . . . .
11.4.8.1	Datenübertragung nach „Mode A“ . . . . .
11.4.8.2	Datenübertragung nach „Mode B“ . . . . .
11.4.8.3	Datenübertragung nach „Mode C“ . . . . .
11.4.8.4	Datenübertragung nach „Mode D“ . . . . .
11.4.8.5	Datenübertragung nach „Mode E“ . . . . .
11.4.9	Telegrammaufbau und Inhalte . . . . .
11.4.9.1	Standarddatensatz . . . . .
11.4.9.2	Telegramme im Programmiermodus . . . . .
11.5	DLMS/COSEM . . . . .
11.5.1	Grundprinzip einer Auslesung per DLMS/COSEM . . . . .
11.5.2	Modellierung . . . . .
11.5.3	Identifikation per OBIS . . . . .
11.6	SML, Smart Message Language . . . . .
11.7	IP-Telemetrie . . . . .
11.8	LMN, Local Metrological Network (für Elektrizitätszähler) . . . . .
11.8.1	Adressvergabe über HDLC . . . . .
11.8.2	Zusammenspiel symmetrische Verschlüsselung – TLS . . . . .

11.9	WAN-Schnittstelle SMGw . . . . .	494
11.9.1	Protokollstack an der WAN-Schnittstelle . . . . .	495
11.9.2	Kommunikationsszenarien und Client/Server-Betrachtung . . . . .	498
11.9.3	Genutzte HTTP-Operationen . . . . .	499
11.9.4	Datenmodell an der WAN-Schnittstelle . . . . .	500
11.10	Abkürzungen, Akronyme, Begriffe und ergänzende Hinweise. . . . .	504
11.11	Normen . . . . .	506
11.12	Literatur. . . . .	508
 <b>Kapitel 12 Allgemeine Anforderungen an die Elektroinstallationstechnik von heute und morgen</b>		
<i>Johannes Hauck</i>		
12.1	Einführung. . . . .	511
12.2	Neue Anforderungen und Vorgaben im Bereich der allgemeinen Hausinstallation . . . . .	511
12.2.1	Exkurs: Selektive Gruppen-FI-Schutzschalter . . . . .	513
12.2.2	Ausstattungswerte als Orientierung . . . . .	513
12.2.3	Leitungsgebundene Übertragung von Tarif- und Verbrauchsinformationen . . . . .	514
12.3	Neue Anforderungen bedingt durch Energieeffizienzmaßnahmen und Energiemanagement. . . . .	515
12.4	Neue Anforderungen für den Anschluss von Erzeugeranlagen im Niederspannungsnetz durch die VDE-AR-N 4105. . . . .	516
12.5	Anforderungen bedingt durch die Integration von kommunikationstechnischen Einrichtungen in den Zählerplatz . . . . .	517
12.6	Bestehende elektrische Anlagen . . . . .	519
12.6.1	Erhaltung eines sicheren Zustands . . . . .	520
12.6.2	Anpassungen aufgrund geänderter Nutzungsbedingungen. . . . .	520
12.7	Fazit. . . . .	521
12.8	Literatur/Quellen. . . . .	522
 <b>Kapitel 13 Zählerparkmanagement</b>		
<i>Steffen Schüller, Horst Süßmilch und Matthias Weber</i>		
13.1	Allgemeines. . . . .	525
13.2	Gerätebeschaffung. . . . .	526
13.2.1	Auswahl der Lieferanten . . . . .	526
13.2.2	Technische Spezifikation. . . . .	527
13.2.2.1	Definition und Zweck . . . . .	527
13.2.2.2	Allgemeine Anforderungen. . . . .	528
13.2.2.3	Besondere Anforderungen. . . . .	528
13.2.3	Bemusterung . . . . .	530

13.2.4	Qualitätskontrolle . . . . .	531
13.2.4.1	Neue Herausforderungen . . . . .	531
13.2.4.2	Qualitätskontrolle bei Gerätelieferung . . . . .	532
13.2.4.3	Qualitätskontrolle im Netz . . . . .	534
13.3	Lagermanagement . . . . .	535
13.3.1	Lagerung und Verpackung . . . . .	535
13.3.2	Annahmeprüfung . . . . .	538
13.3.3	Lieferunterlagen vom Lieferer . . . . .	539
13.3.4	Gerätedisposition . . . . .	540
13.3.5	Elektronischer Lieferschein . . . . .	540
13.4	Transport und Bewirtschaftung . . . . .	541
13.4.1	Lieferunterlagen vom Messstellenbetreiber . . . . .	541
13.4.1.1	Allgemein . . . . .	541
13.4.1.2	Gerätedokumentation für das Fachpersonal . . . . .	541
13.4.1.3	Kundeninformationskarte . . . . .	542
13.4.2	Transportbedingungen . . . . .	542
13.4.3	Geräterücknahme . . . . .	543
13.4.4	Reklamationen . . . . .	546
13.4.5	Transport von Befundprüfungs- und Stichprobengeräten . . . . .	546
13.4.6	Geräteverwaltung . . . . .	548
13.5	Schlussbetrachtungen . . . . .	549
13.6	Literatur/Quellen . . . . .	550
<b>Kapitel 14</b>	<b>Datenerfassung – Die Wertschöpfungskette zwischen Gateway-Administrator und ERP-System</b>	
	<i>Martin Maier und Alois Schmid</i>	
14.1	Einleitung . . . . .	555
14.2	„Alte Welt“ – Aktueller Stand der Datenverwaltung . . . . .	556
14.2.1	Erfassung von Energiedaten . . . . .	557
14.2.2	Verwaltung von Energiedaten . . . . .	557
14.2.3	Austausch von Energiedaten . . . . .	557
14.3	Entwicklungen in der Messdatenverwaltung . . . . .	557
14.4	Unterschiedliche Lösungsvarianten . . . . .	560
14.5	Best Practice . . . . .	564
14.5.1	Systemarchitektur MDM . . . . .	564
14.5.2	Funktionen und Komponenten . . . . .	566
14.5.2.1	Datensicherheit und Datenschutz . . . . .	567
14.5.2.2	Erfassung von Energiedaten . . . . .	568
14.5.2.3	Verwaltung von Energiedaten . . . . .	569
14.5.2.4	Auswertung von Energiedaten . . . . .	569
14.5.2.5	Austausch von Energiedaten . . . . .	570
14.5.2.6	Weitere Funktionen . . . . .	571
14.5.2.6.1	Gerätemanagement . . . . .	571
14.5.2.6.2	Störungsmanagement und Befundprüfung . . . . .	572

14.5.2.6.3	Tarifmanagement . . . . .	572
14.5.3	Implementierung . . . . .	573
14.6	Fazit und Ausblick . . . . .	573
14.7	Literatur/Quellen . . . . .	574
<b>Kapitel 15</b>	<b>Sicherheitstechnische und funktionale Vorgaben für das intelligente Messsystem und dessen sicheren Betrieb</b>	
	<i>Holger Bast und Frank Drees</i>	
15.1	Einleitung . . . . .	577
15.2	Zertifizierung von IT-Produkten und Managementsystemen . . . . .	577
15.2.1	Zertifizierung nach Common Criteria . . . . .	578
15.2.2	Zertifizierung nach Technischen Richtlinien . . . . .	578
15.2.3	Zertifizierung nach IT-Grundschutz . . . . .	579
15.3	Prüfstandards für sichere IT-Produkte . . . . .	579
15.3.1	Schutzprofile nach Common Criteria für IT-Produkte . . . . .	580
15.3.2	Technische Richtlinien des BSI für IT-Produkte . . . . .	582
15.4	Funktionale Systemarchitektur des Smart Meter Gateways . . . . .	583
15.4.1.1	Das Lokale Metrologische Netz – LMN . . . . .	584
15.4.1.2	Das Weitverkehrsnetzwerk – WAN . . . . .	585
15.4.1.3	Das Heimnetz – HAN . . . . .	586
15.4.1.3.1	CLS-Schnittstelle (IF_GW_CLS) . . . . .	586
15.4.1.3.2	Letztverbraucher-Schnittstelle (IF_GW_CON) . . . . .	586
15.4.1.3.3	Servicetechniker-Schnittstelle (IF_GW_SRV) . . . . .	586
15.5	Das Schutzprofil für das Smart Meter Gateway . . . . .	587
15.5.1	Bedrohungen . . . . .	587
15.5.2	Annahmen . . . . .	588
15.5.3	Sicherheitspolitiken . . . . .	588
15.5.4	Sicherheitsziele . . . . .	589
15.6	Technische Richtlinie BSI TR-03109 . . . . .	591
15.6.1	Aufbau der Technischen Richtlinie . . . . .	592
15.6.1.1	TR-03109-1 Anforderungen an die Interoperabilität der Kommunikationseinheit eines intelligenten Messsystems . . . . .	593
15.6.1.2	TR-03109-2 Anforderungen an die Funktionalität und Interoperabilität des Sicherheitsmoduls . . . . .	593
15.6.1.3	TR-03109-3 Kryptographische Vorgaben – Kryptographische Vorgaben für die Infrastruktur von intelligenten Messsystemen . . . . .	593
15.6.1.4	TR-03109-4 Smart Metering PKI – Public Key Infrastruktur für Smart Meter Gateways . . . . .	593
15.6.1.5	TR-03109-5 Kommunikationsadapter . . . . .	594
15.6.1.6	TR-03109-6 Smart Meter Gateway-Administration . . . . .	594
15.7	Funktionale Vorgaben für das Smart Meter Gateway . . . . .	594
15.7.1	Kommunikationsprotokolle . . . . .	594

15.7.1.1	Allgemeine Anforderungen . . . . .	595
15.7.1.2	Anforderungen an die Protokolle im LMN . . . . .	595
15.7.1.2.1	Anwendungsfälle im LMN . . . . .	595
15.7.1.2.2	Absicherung der Kommunikationsverbindungen in das LMN . . . . .	596
15.7.1.2.3	Kommunikationsprotokolle im LMN . . . . .	596
15.7.1.3	Anforderungen an die Protokolle im WAN . . . . .	598
15.7.1.3.1	Anwendungsfälle im WAN . . . . .	598
15.7.1.3.2	Absicherung der Kommunikationsverbindungen in das WAN . . . . .	601
15.7.1.3.3	Kommunikationsprotokolle im WAN . . . . .	602
15.7.1.3.4	Zeitsynchronisation . . . . .	604
15.7.1.3.5	Wake-Up Service . . . . .	606
15.7.1.4	Anforderungen an die Protokolle im HAN . . . . .	606
15.7.1.4.1	Anwendungsfälle im HAN . . . . .	606
15.7.1.4.2	Kommunikationsprotokolle im HAN . . . . .	607
15.7.2	Tarifierung . . . . .	607
15.7.2.1	Anwendungsfälle für Regelwerke . . . . .	608
15.7.2.1.1	TAF 1 – Datensparsame Tarife (nach § 40 Abs. 5 EnWG) . . . . .	608
15.7.2.1.2	TAF 2 – Zeitvariable Tarife (nach § 40 Abs. 5 EnWG) . . . . .	609
15.7.2.1.3	TAF 3 – Lastvariable Tarife . . . . .	610
15.7.2.1.4	TAF 4 – Verbrauchsvariable Tarife . . . . .	612
15.7.2.1.5	TAF 5 – Ereignisvariable Tarife . . . . .	613
15.7.2.1.6	TAF 6 – Abruf von Messwerten im Bedarfsfall . . . . .	614
15.7.2.1.7	TAF 7 – Zählerstandsgangmessung . . . . .	614
15.7.2.1.8	TAF 8 – Erfassung von Extremwerten für Leistung . . . . .	614
15.7.2.1.9	TAF 9 – Abruf der Ist-Einspeisung einer Erzeugungsanlage . . . . .	615
15.7.2.1.10	TAF 10 – Abruf von Netzzustandsdaten . . . . .	615
15.7.2.1.11	TAF 11 – Steuerung von unterbrechbaren Verbrauchseinrichtungen und Erzeugungsanlagen . . . . .	615
15.7.2.1.12	TAF 12 – Prepaid Tarif . . . . .	616
15.7.2.1.13	TAF 13 – Bereitstellung von Messwertsätzen zur Visualisierung für den Letztverbraucher über die WAN-Schnittstelle . . . . .	617
15.7.3	Tarifierungslogik . . . . .	617
15.7.3.1	Messwerterfassung . . . . .	618
15.7.3.2	Messwertverarbeitung und -auslieferung . . . . .	618
15.8	Sicherer Betrieb des intelligenten Messsystems . . . . .	619
15.8.1	Technische Richtlinie BSI TR-03109-6 . . . . .	619
15.8.1.1	Definition der Anwendungsfälle . . . . .	620
15.8.1.2	Erfassung der Assets im Betrieb des Administrators . . . . .	620
15.8.1.3	Beschreibung der relevanten Bedrohungen . . . . .	621
15.8.1.4	Festlegung von Mindestmaßnahmen . . . . .	621
15.8.2	Auditierung und Zertifizierung . . . . .	622
15.8.3	Erste Marktmodelle . . . . .	623
15.8.4	Weitere Informationen . . . . .	623
15.9	Weiterentwicklung der Dokumente . . . . .	624

15.10	Fazit . . . . .	625
15.11	Literatur/Quellen . . . . .	626
<b>Kapitel 16</b>	<b>Power-Quality- und Synchrophasor-Messtechnik</b>	
<i>Jean-Pierre Braun und Christian Mester</i>		
16.1	Einführung . . . . .	631
16.2	Messung der Versorgungsqualität . . . . .	631
16.2.1	Kenngrößen der Versorgungsqualität . . . . .	632
16.2.2	Messgeräte für die Versorgungsqualität . . . . .	634
16.2.3	Netzfrequenz, Effektivwert und Höhe der Versorgungsspannung . . . . .	637
16.2.4	Oberschwingungen und Zwischenharmonische . . . . .	637
16.2.5	Unsymmetrie der Versorgungsspannung (nur in dreiphasigen Netzen) . . . . .	639
16.2.6	Flicker . . . . .	640
16.2.7	Einbrüche, Überhöhungen und Unterbrechungen der Versorgungsspannung . . . . .	641
16.2.8	Kalibrierung, Bauartprüfung und Zertifizierung . . . . .	642
16.3	Phasor Measurement Units (PMU) . . . . .	645
16.3.1	Phasoren und Phasoren-Messung mit PMUs . . . . .	646
16.3.2	Phasoren bei vom Nennwert abweichenden Frequenzen . . . . .	647
16.3.3	Frequenz und Frequenzänderungsrate . . . . .	650
16.3.4	Fehler einer PMU-Messung . . . . .	650
16.3.5	Implementierung realer PMUs . . . . .	650
16.3.6	Prüfung und Kalibrierung von PMUs . . . . .	651
16.4	Literatur/Quellen . . . . .	651
<b>Kapitel 17</b>	<b>Prüftechnik für Elektrizitätszähler</b>	
<i>Enrico Mohns, Peter Räther, Andreas Suchy, Kristian Dauke und Martin Kahmann</i>		
17.1	Darstellung und Weitergabe der Einheit Watt . . . . .	655
17.2	Normalmessgeräte und -einrichtungen . . . . .	656
17.2.1	Das Primär-Normal für elektrische Wirkleistung . . . . .	656
17.2.2	Weitergabe der Einheit Watt mit Sekundärnormalen . . . . .	659
17.2.2.1	Prüfmittel . . . . .	659
17.2.2.2	Aufbau und Wirkungsweise von Sekundärnormalen . . . . .	662
17.2.2.2.1	Messgrößenwandler . . . . .	662
17.2.2.2.2	Messwerke . . . . .	664
	a) Thermisch multiplizierende Messwerke . . . . .	664
	b) Digital multiplizierende Messwerke . . . . .	666
	c) Nach dem Time-Division-Verfahren multiplizierende Messwerke . . . . .	667
17.3	Messtechnische Weitergabe der Einheit – Einrichtungen und Prozesse . . . . .	669
17.3.1	Rückführung auf höherwertige Normale . . . . .	669
17.3.2	Messunsicherheiten . . . . .	671

17.3.3	Darstellung und Weitergabe des Watt im internationalen Kontext . . . . .	672
17.3.3.1	Internationale Vergleiche . . . . .	672
17.3.3.2	Calibration and Measurement Capabilities – CMCs . . . . .	672
17.4	Prüfstationen . . . . .	672
17.4.1	Prüfstationstechnik am Beispiel von Prüfstationen für Typprüfungen .	673
17.4.1.1	Aufbau und Funktionsweise einer transformatorischen Prüfstation . .	674
17.4.1.2	Aufbau und Funktionsweise der elektronischen Zählerprüfstation . .	675
17.4.2	Neue Herausforderung „Intelligentes Messsystem“ . . . . .	678
17.4.2.1	Prüfaspakte Smart-Meter-Gateway . . . . .	679
17.4.2.2	Prüfaspakte Moderne Messeinrichtungen . . . . .	681
17.5	Literatur/Quellen . . . . .	683

## Kapitel 18 Prüftechnik für Messwandler

*Hans-Georg Latzel und Enrico Mohns*

18.1	Die Eichung von Messwandlern . . . . .	687
18.2	Der Prüfkreis . . . . .	691
18.2.1	Das Prinzip . . . . .	691
18.2.2	Richtigkeitsprüfung von Stromwandlern . . . . .	693
18.2.3	Richtigkeitsprüfung von Spannungswandlern . . . . .	695
18.3	Die Wandlermesseinrichtung – eine „Waage“ für Messwandler . . . . .	697
18.3.1	Typen/Entwicklungsgeschichte . . . . .	697
18.3.2	Anforderungen an Wandlermesseinrichtungen für die Eichung . . . . .	699
18.4	Normalwandler . . . . .	701
18.4.1	Normalstromwandler . . . . .	701
18.4.2	Normalspannungswandler . . . . .	703
18.5	Normbüren . . . . .	704
18.5.1	Normbüren für Stromwandler . . . . .	705
18.5.2	Normbüren für Spannungswandler . . . . .	706
18.5.3	Bauarten . . . . .	707
18.5.4	Bürdenmessung . . . . .	708
18.6	Bereitstellung von Prüfströmen und -spannungen . . . . .	709
18.7	Neuere Entwicklungen im Bereich der Prüftechnik für Messwandler .	710
18.7.1	Teilbare Stromwandler und CT-Analyser . . . . .	710
18.7.2	Trennstromwandlerprüfung . . . . .	712
18.7.2.1	Aufgabe der Trennstromwandler . . . . .	712
18.7.2.2	Vor-Ort-Prüfverfahren . . . . .	713
18.7.3	Prüftechnik für nichtkonventionelle Messwandler . . . . .	714
18.7.3.1	Wandlermesseinrichtungen für nichtkonventionelle Messwandler .	715
18.7.3.2	Prüfbüren für analoge nichtkonventionelle Messwandler . . . . .	718
18.8	Literatur/Quellen . . . . .	718

<b>Kapitel 19</b>	<b>Prepayment</b>	
	<i>Karsten Peterson</i>	
19.1	Einleitung . . . . .	723
19.2	Vom Münzzähler zum modernen „Zweiwege“-Chippkartensystem . . . . .	724
19.3	Geräteausführungen . . . . .	727
19.4	Fazit und Zukunftsaussichten für Vorkassezähler und neue Services . . . . .	730
19.5	Prepayment im Kontext der Energiewende . . . . .	731
19.6	Literatur/Quellen: . . . . .	732
<b>Kapitel 20</b>	<b>Das Messstellenbetriebsgesetz und die Rolle der Bundesnetzagentur</b>	
	<i>Jan-Hendrik vom Wege und Simone Mühe</i>	
20.1	Überblick und Einführung . . . . .	735
20.1.1	Europarechtliche Vorgaben und Kosten-Nutzen-Analyse . . . . .	735
20.1.2	Intelligente Messsysteme und moderne Messeinrichtungen . . . . .	735
20.2	Verantwortlichkeit des grundzuständigen Messstellenbetreibers für den Rollout . . . . .	736
20.2.1	Genehmigung und Anzeige der Wahrnehmung der Grundzuständigkeit . . . . .	736
20.2.2	Umfang der Grundzuständigkeit für den Messstellenbetrieb . . . . .	737
20.2.3	Ausschreibung der Grundzuständigkeit . . . . .	737
20.2.4	Entflechtung des grundzuständigen Messstellenbetreibers . . . . .	738
20.2.5	Wechsel des Messstellenbetreibers . . . . .	739
20.2.6	Liegenschaftsmodell . . . . .	740
20.3	Anforderungen an moderne Messeinrichtungen und intelligente Messsysteme . . . . .	741
20.3.1	Moderne Messeinrichtungen . . . . .	741
20.3.2	Intelligente Messsysteme . . . . .	741
20.4	Einbaupflichten für intelligente Messsysteme . . . . .	742
20.4.1	Einbau intelligenter Messsysteme . . . . .	742
20.4.2	Technische Möglichkeit des Einbaus intelligenter Messsysteme . . . . .	743
20.4.3	Wirtschaftliche Vertretbarkeit: Preisobergrenzen und Kostenregulierung . . . . .	743
20.4.4	Ausreichende Erfüllung der Einbauverpflichtung . . . . .	746
20.4.5	Bestandsschutz . . . . .	746
20.4.6	Übergangsvorschrift für die Beladung von Elektrofahrzeugen . . . . .	748
20.4.7	Standard- und Zusatzleistungen . . . . .	748
20.5	Einbaupflichten für moderne Messeinrichtungen . . . . .	749
20.6	Informationspflichten für grundzuständige Messstellenbetreiber . . . . .	750
20.6.1	Veröffentlichung von Informationen über den Rollout und von Preisblättern für Standard- und Zusatzleistungen . . . . .	750
20.6.2	Information der konkret Betroffenen über einen bevorstehenden Einbau . . . . .	750
20.7	Abschluss von Messstellenverträgen . . . . .	751

20.8	Abrechnung des Entgelts für Messstellenbetrieb . . . . .	752
20.9	Datenkommunikation . . . . .	753
20.9.1	Sternförmige Kommunikation und Interimsmodell . . . . .	753
20.9.2	Berechtigte und Häufigkeit der Datenübermittlung . . . . .	754
20.10	Aufgaben und Aufsichtspflichten der Bundesnetzagentur . . . . .	754
20.10.1	Präventive Regulierungsinstrumente. . . . .	755
20.10.1.1	Festlegungen . . . . .	755
20.10.1.2	Genehmigung und Anzeige der Wahrnehmung der Grundzuständigkeit . . . . .	757
20.10.1.3	Informationen und Bericht der Bundesnetzagentur . . . . .	757
20.10.2	Repressive Regulierungsinstrumente . . . . .	758
20.10.2.1	Aufsichtsmaßnahmen . . . . .	758
20.10.2.2	Verfahren und Rechtsschutz . . . . .	758
20.11	Literatur/Quellen . . . . .	759
<b>Kapitel 21</b>	<b>Backend-Systeme für SMGW</b>	
	<i>Christian Hofmann</i>	
21.1	Einleitung . . . . .	763
21.2	Entwicklung der aktuellen IT-Systemlandschaften im deutschen Energiemarkt auf Basis der jeweiligen regulatorischen Vorgaben . . . . .	763
21.3	Neue gesetzliche Rahmenbedingungen. . . . .	768
21.3.1	Allgemein . . . . .	768
21.3.2	Gateway-Administrator. . . . .	773
21.4	Schutzprofile und Schutzziele für Smart Metering-Infrastrukturen . . . . .	774
21.4.1	Schutzziele und Schutzmaßnahmen . . . . .	774
21.4.2	Schutzprofile für SMGW und technische Richtlinie TR-03109 . . . . .	777
21.5	Das Interimsmodell . . . . .	782
21.6	Auswirkung des GDEW und referenzierter Dokumente auf die Systeminfrastrukturen . . . . .	784
21.6.1	Messdatenempfang . . . . .	784
21.6.2	EMT-Umsysteme . . . . .	785
21.6.3	Systeminfrastruktur des grundzuständigen Messstellenbetreibers . . . . .	786
21.7	Auswirkung des GDEW auf die Systemausprägungen. . . . .	789
21.7.1	Systemausprägung SMGW-Administration . . . . .	789
21.7.2	Systemausprägung Messdatenempfang für EMT . . . . .	792
21.7.2.1	Integrierter Messdatenempfang im EDM-System. . . . .	793
21.7.2.2	Messdatenempfang über MDM-System . . . . .	793
21.7.2.3	Messdatenempfang über erweitertes Head-End-System. . . . .	795
21.8	Fazit . . . . .	796
21.9	Literatur . . . . .	796

**Kapitel 22 Steuern über das intelligente Messsystem**

*Peter Zayer*

22.1	Einleitung . . . . .	801
22.2	Rechtliche Grundlagen . . . . .	801
22.2.1	Gesetz zur Digitalisierung der Energiewende . . . . .	801
22.2.2	EEG 2017 . . . . .	802
22.2.3	Mindestanforderungen des BSI . . . . .	803
22.3	Ausgangslage . . . . .	804
22.4	Netzbetriebliche Anforderungen an die Steuerung von Kundenanlagen . . . . .	805
22.4.1	Netzbetriebliche Anwendungsfälle . . . . .	805
22.4.1.1	Netzkritische Funktionen . . . . .	806
22.4.1.2	Netzdienliche Funktionen . . . . .	806
22.4.1.3	Übersicht über die Anwendungsfälle . . . . .	806
22.5	Mindestanforderungen und Empfehlungen an eine Steuerbox und deren Systemarchitektur . . . . .	808
22.5.1	Einordnung . . . . .	808
22.5.2	Anforderungen an die Steuerfunktionen . . . . .	809
22.5.2.1	Bauliche Anforderungen . . . . .	809
22.5.2.2	Funktionale Anforderungen . . . . .	809
22.5.3	Anwendungsfälle . . . . .	813
22.5.4	Offene Punkte und Fragen . . . . .	814
22.6	BDEW-Ampelmodell . . . . .	816
22.6.1	Beschreibung und Ziel . . . . .	816
22.6.2	Umsetzung in der Praxis . . . . .	817
22.6.3	Handlungsempfehlungen . . . . .	818
22.7	Koordinierungsfunktion auf Betriebsebene . . . . .	819
22.7.1	Grundfunktion der Koordinierung . . . . .	819
22.7.2	Umsetzung Schaltprozess . . . . .	820
22.8	Fazit . . . . .	822
22.9	Glossar . . . . .	823
22.10	Literatur/Quellen . . . . .	825

**Kapitel 23 DIN SPEC 33440**

**Ergonomische Gestaltung von Interaktionsschnittstellen und Produkten für Smart Grid und Elektromobilität**

*Ahmet E. Çakir*

23.1	Einleitung . . . . .	829
23.2	Zum Hintergrund der Festlegungen von DIN SPEC 33440 . . . . .	829
23.2.1	Technische Konzepte und Akzeptanz . . . . .	829
23.2.2	Ergonomie – Schaffen und Messen der Akzeptanz . . . . .	830
23.2.3	Zielpopulation und Nutzungskontext . . . . .	832
23.3	Inhaltliches . . . . .	832

23.3.1	Übersicht . . . . .	832
23.3.2	Benutzerdialog . . . . .	833
23.3.3	Gestaltung und Anordnung von Interaktionselementen (Ein- und Ausgabe) . . . . .	834
23.3.4	Benutzerführung . . . . .	836
23.3.5	Technische Dokumentation . . . . .	836
23.3.6	Entwicklung von ergonomischen Produkten und Dienstleistungen . . . . .	837
23.4	Ausblick . . . . .	837
23.5	Normen . . . . .	838
23.6	Anhang . . . . .	839
<b>Kapitel 24</b>	<b>Datenschutzrechtliche Aspekte beim Smart Metering</b>	
	<i>Peter Büttgen, Katharina Schlender und Michael Kiometzis</i>	
24.1	Einführung . . . . .	845
24.2	Datenschutz und Smart Metering . . . . .	845
24.3	Messstellenbetriebsgesetz – die bereichsspezifische Datenschutzregelung für Smart Metering . . . . .	847
24.3.1	Allgemeine Grundsätze des Datenschutzes . . . . .	848
24.3.2	Datenerhebung im Smart Meter Gateway . . . . .	851
24.3.3	Datenübermittlung an die berechtigten Stellen . . . . .	851
24.3.3.1	Smart Meter Gateway-Administrator . . . . .	852
24.3.3.2	Letzverbraucher und Anlagenbetreiber . . . . .	853
24.3.3.3	Messstellenbetreiber . . . . .	854
24.3.3.4	Netzbetreiber . . . . .	854
24.3.3.5	Bilanzkreisverantwortliche und Bilanzkoordinatoren . . . . .	855
24.3.3.6	Energielieferanten und Direktvermarktungsunternehmer nach dem Erneuerbare-Energien-Gesetz . . . . .	855
24.3.4	Behandlung der verschiedenen Daten . . . . .	856
24.3.4.1	Verbrauchswerte . . . . .	856
24.3.4.2	Einspeisewerte . . . . .	859
24.3.4.3	Netzzustandsdaten . . . . .	859
24.3.5	Datenschutzmanagement . . . . .	860
24.4	Fazit . . . . .	862
<b>Verzeichnisse</b>		
	Autoren und Überarbeiter sowie Herausgeber der 3. Auflage . . . . .	864
	Autoren und Überarbeiter sowie Herausgeber der 2. Auflage . . . . .	868
	Autoren und Herausgeber der 1. Auflage . . . . .	872
	Stichworte . . . . .	877
	Inserenten . . . . .	906