

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	VI
<b>Grußwort</b> .....	VIII
<b>Autorenverzeichnis</b> .....	XI
<b>1 Qualitätssicherung und Qualifikation</b> .....	1
1.1 Technisches Sicherheitsmanagement für Versorgungsunternehmen .....	2
1.1.1 Einleitung .....	2
1.1.2 Qualität und Sicherheit .....	2
1.1.3 Organisation .....	3
1.1.3.1 Organisationsverschulden .....	3
1.1.3.2 Organisationsgrundsätze .....	3
1.1.3.3 Managementsysteme .....	4
1.1.4 Technisches Sicherheitsmanagement des DVGW .....	5
1.1.4.1 DVGW-Regelwerk .....	5
1.1.4.2 Aufbau- und Ablauforganisation .....	6
1.1.4.3 Anforderungen an das Personal .....	7
1.1.4.4 Bereitschaftsdienst .....	9
1.1.4.5 Beauftragtenwesen im Unternehmen .....	9
1.1.4.6 Beauftragung Dritter .....	9
1.1.4.7 Fortbildung und Unterweisung .....	10
1.1.4.8 Betriebs- und Dienstanweisungen .....	10
1.1.4.9 Umsetzung .....	10
1.1.5 Zusammenfassung .....	10
1.2 Qualitätsmanagement und Gütesicherung im Leitungsbau .....	11
1.2.1 Grundlagen .....	11
1.2.2 Qualitäts- bzw. Gütesicherungssysteme .....	13
1.2.3 Betriebliches Managementsystem (BMS) .....	14
1.2.4 DVGW-Arbeitsblatt GW 301 (Januar 2021) .....	17
1.2.4.1 Allgemeines .....	17
1.2.4.2 Geltungsbereich .....	17
1.2.4.3 Anforderungen und Qualifikation der Verantwortlichen Fachaufsichten ...	18
1.2.4.4 Anforderungen und Qualifikation der Verantwortlichen Schweißaufsichten .....	19

1.2.4.5	Anforderungen und Qualifikation der Verantwortlichen Verbindungs-aufsichten .....	20
1.2.4.6	Qualifikationen des Fachpersonals .....	20
1.2.4.7	Gerätetechnische Ausrüstung .....	21
1.2.4.8	Betriebliches Managementsystem .....	22
1.2.4.9	Betriebshof und Baustelle .....	22
1.2.5	DVGW-Arbeitsblatt GW 302 (September 2001) .....	22
1.2.5.1	Allgemeines .....	22
1.2.5.2	Geltungsbereich .....	23
1.2.5.3	Anforderungen und Qualifikation der Verantwortlichen Fachaufsicht .....	24
1.2.5.4	Anforderungen und Qualifikation der Verantwortlichen Schweißauf-sichten .....	25
1.2.5.5	Qualifikationen des Fachpersonals .....	25
1.2.5.6	Gerätetechnische Ausrüstung .....	26
1.2.5.7	Betriebliches Managementsystem .....	26
1.2.6	DVGW-Arbeitsblatt GW 302-1 (Entwurfssfassung Oktober 2022) .....	26
1.2.6.1	Überarbeitung der DVGW-Regelwerksreihe grabenlose Bauweisen .....	26
1.2.6.2	Änderungen der Konformitätsbewertung gemäß DVGW-Arbeitsblatt GW 302-1 (Entwurf; Stand Oktober 2022) .....	28
1.2.7	AGFW-Arbeitsblatt FW 601 (Januar 2016) .....	29
1.2.7.1	Allgemeines .....	29
1.2.7.2	Geltungsbereich .....	29
1.2.7.3	Anforderungen und Qualifikation der Fachaufsicht .....	29
1.2.7.4	Anforderungen und Qualifikation der Verantwortlichen Schweißaufsicht ..	30
1.2.7.5	Qualifikationen des Fachpersonals .....	30
1.2.7.6	Gerätetechnische Ausrüstung .....	31
1.2.7.7	Betriebliches Managementsystem .....	31
1.2.8	DVGW-Arbeitsblatt GW 381 (Mai 2015) .....	31
1.2.9	Internationale Managementsysteme zur Qualitäts- und Gütesicherung ..	32
1.2.9.1	Safety Certificate Contractors (SCC) .....	32
1.2.9.2	Qualitätsmanagementsysteme nach DIN EN ISO 9001 (November 2015) .....	32
1.2.9.3	Umweltmanagementsysteme nach DIN EN ISO 14001 (November 2015) ..	34
1.2.9.4	Managementsysteme für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit DIN ISO 45001 (Juni 2018) .....	34
1.2.9.5	Energiemanagementsysteme nach DIN EN ISO 50001 (Dezember 2018) .....	35
1.2.10	Präqualifikation .....	36
1.2.11	Hilfestellung bei der Erfüllung von Regelwerksanforderungen .....	36
1.2.12	Mitgeltende Technische Regeln und Vorschriften .....	36

1.3	Qualifikation im Leitungsbau – Aus-, Fort- und Weiterbildung .....	38
1.3.1	Erstausbildung – das duale System .....	39
1.3.1.1	Anlagenmechaniker – Schwerpunkt Rohrsystemtechnik .....	40
1.3.1.2	Geprüfter Verteilernetztechniker .....	41
1.3.1.3	Ausbildung im Rohrleitungs- und Kanalbau .....	44
1.3.2	Fort- und Weiterbildung .....	45
1.3.2.1	Geprüfter Netzmeister .....	46
1.3.2.2	E-Learning .....	49
<b>2</b>	<b>Planung von Wasserverteilungsanlagen .....</b>	<b>51</b>
2.1	Europäische Normung und deutsches Regelwerk .....	52
2.2	Begriffe gemäß DIN EN 805 .....	52
2.3	Grundsätze und Ziele der Planung .....	53
2.4	Wasserqualität .....	54
2.4.1	Werkstoffe .....	54
2.4.2	Verhinderung von Rückfluss .....	54
2.4.3	Stagnation .....	54
2.4.4	Verbindungen zu anderen Systemen .....	55
2.5	Trassierung .....	55
2.5.1	Leitungsführung im Grundriss .....	56
2.5.2	Leitungsführung im Längsschnitt .....	56
2.6	Kreuzung von Verkehrswegen und Gewässern .....	60
2.7	Sicherheitsstreifen .....	63
2.8	Erwerb von Leitungsrechten .....	64
2.9	Netzformen und Lage des Behälters .....	64
2.10	Drücke in Verteilungsnetzen/Druckzonen .....	66
2.11	Mindest-(Schutz-)Abstände zu Bauwerken, anderen Leitungen, Eisenbahnanlagen und Bundesfernstraßen .....	68
2.12	Anlagen in der Wasserverteilung .....	69
2.12.1	Speicheranlagen .....	69
2.12.1.1	Aufgaben .....	69
2.12.1.2	Lage und Funktion .....	69
2.12.1.3	Behältergrundrisse .....	70
2.12.1.4	Baustoffe .....	71
2.12.1.5	Bemessung .....	72
2.12.1.6	Allgemeine Anforderungen .....	73
2.12.2	Förderanlagen .....	73
2.12.2.1	Planungsgrundsätze .....	73
2.12.2.2	Betriebsdaten von Pumpen .....	74

2.12.2.3	Kreiselpumpen- und Anlagenkennlinien . . . . .	77
2.12.2.4	Beispiele für die Anordnung verschiedener Pumpenbauarten . . . . .	81
2.12.3	Druckerhöhungs- und Druckminderanlagen . . . . .	81
2.12.3.1	Druckerhöhungsanlagen (DEA) . . . . .	81
2.12.3.2	Druckminderanlagen . . . . .	82
2.12.4	Messtechnik . . . . .	84
2.12.4.1	Niveaumessungen . . . . .	84
2.12.4.2	Wasserzählung und Wassermessung . . . . .	85
2.12.4.3	Druckmessung . . . . .	88
2.13	Rohrleitungsberechnung . . . . .	91
2.13.1	Bedarf der öffentlichen Wasserversorgung . . . . .	91
2.13.1.1	Schwankungen des Tageswasserbedarfs im Laufe des Jahres . . . . .	92
2.13.1.2	Schwankungen des stündlichen Wasserbedarfs im Laufe des Tages . . . . .	92
2.13.2	Verbrauchsmengenermittlung . . . . .	93
2.13.3	Bestimmung von Druckverlusten und Dimensionierung von Rohrleitungen	97
2.13.4	Übungsbeispiele . . . . .	100
2.14	Widerlager . . . . .	104
2.14.1	Theoretische Grundlagen . . . . .	104
2.14.1.1	Längskraft und resultierende Kraft . . . . .	105
2.14.1.2	Fläche zwischen Rohrleitungsteil und Betonwiderlager . . . . .	106
2.14.1.3	Fläche zwischen Grabenwand und Betonwiderlager . . . . .	106
2.14.1.4	Widerlagerlänge . . . . .	107
2.14.2	Widerlagerarten und -formen . . . . .	107
2.14.3	Berechnungsbeispiel für waagerecht verlegte Rohrbögen . . . . .	109
2.15	Längskraftschlüsige Muffenverbindungen für Rohrleitungen . . . . .	111
2.15.1	Bauarten längskraftschlüsiger Muffenverbindungen . . . . .	111
2.15.2	Bemessung zugfester Muffenverbindungen . . . . .	113
<b>3</b>	<b>Tiefbauarbeiten . . . . .</b>	<b>119</b>
3.1	Bodenmechanische Grundlagen . . . . .	120
3.1.1	Boden als Baugrund und Baustoff . . . . .	120
3.1.1.1	Einteilung der Fest- und Lockergesteine . . . . .	120
3.1.1.2	Bodenarten, Bodengruppen, Bodenklassen . . . . .	121
3.1.2	Bodenkennwerte und ihre Anwendung . . . . .	125
3.1.2.1	Wichtigste Bodenkennwerte . . . . .	126
3.1.2.2	Dichte und Wichte der Böden . . . . .	128
3.1.3	Laborversuche . . . . .	130
3.2	Baustellen- und Trassenvorbereitung . . . . .	134
3.2.1	Schutz unterirdischer Anlagen . . . . .	134

---

3.2.1.1	Einhaltung von Auskünften .....	134
3.2.1.2	Pflichten des ausführenden Bauunternehmers .....	135
3.2.2	Sicherung von Baustellen an Straßen .....	135
3.2.2.1	Anordnungen und Richtlinien .....	137
3.2.2.2	Verkehrssicherung an Arbeitsstellen .....	137
3.2.2.3	Sicherung des Baustellenverkehrs .....	138
3.2.3	Vorbereitung der Baumaßnahme .....	139
3.2.3.1	Baustelleneinrichtung .....	139
3.2.3.2	Arbeitssicherheit und Unfallverhütung .....	140
3.2.3.3	Vorbereitungsmaßnahmen .....	140
3.3	Herstellung von Rohrgräben und Baugruben .....	141
3.3.1	Arten der Rohrgrabenausführung .....	141
3.3.1.1	Unterscheidungskriterien für Rohrgräben .....	141
3.3.1.2	Festlegung der Rohrgrabentiefe .....	142
3.3.1.3	Festlegung der Rohrgraben- und Baugrubenbreite .....	143
3.3.2	Sicherheitstechnische Baumaßnahmen .....	146
3.3.2.1	Allgemeine Sicherheitshinweise .....	146
3.3.2.2	Standsicherheit der Grabenwände .....	147
3.3.2.3	Verbaumaßnahmen .....	149
3.3.3	Aushub unter Grundwasserabsenkung .....	151
3.3.3.1	Offene Wasserhaltung .....	151
3.3.3.2	Geschlossene Wasserhaltung .....	152
3.3.3.3	Wasserhaltung für tiefe Baugruben .....	154
3.4	Verfüllung und Oberflächenherstellung .....	155
3.4.1	Einleitung .....	155
3.4.2	Bettung und Verfüllung .....	156
3.4.2.1	Bettung und Leitungszone .....	156
3.4.2.2	Verfüllung der Gräben .....	158
3.4.3	Verdichtungsanforderungen .....	158
3.4.4	Verdichtungsprüfungen .....	160
3.4.4.1	Allgemein .....	160
3.4.4.2	Beschreibung der verschiedenen Prüfverfahren .....	162
3.4.5	Wiederherstellung von Verkehrsflächen .....	168
3.4.5.1	Bautechnische Grundsätze .....	168
3.4.5.2	Herstellung des Oberbaus .....	168
<b>4</b>	<b>Korrosionsschutz .....</b>	<b>173</b>
4.1	Allgemeines .....	174
4.2	Elektrochemische Vorgänge bei der Korrosion .....	175

4.3	Grundlagen des Korrosionsschutzes .....	176
4.3.1	Passiver Außenschutz durch Rohr umhüllungen .....	176
4.3.2	Aktiver kathodischer Korrosionsschutz .....	178
4.3.2.1	Aktiver Schutz durch galvanische Anoden .....	179
4.3.2.2	Aktiver Schutz durch Fremdstrom .....	180
4.4	Anwendung des KKS .....	181
4.5	Potenzial als Schutzkriterium .....	181
4.6	Schutz von erdverlegten Rohrleitungen .....	182
4.6.1	Planungsmessungen .....	182
4.6.2	Projektierter Rohrleitung .....	182
4.6.3	Bestehende Rohrleitung .....	182
4.7	Konstruktive Maßnahmen und Messstellen .....	183
4.7.1	Messstelle im Schilderpahl .....	184
4.7.2	Betonsäule mit Messkasten .....	185
4.8	Kabel-/Rohrleitungsanschluss .....	185
4.9	Wahl des kathodischen Schutzverfahrens .....	186
4.10	Fremdstromschutzanlagen .....	186
4.11	Inbetriebnahme .....	188
4.12	Nachmessung .....	188
4.13	Einmessung von Fehlern .....	188
4.14	Beeinflussungen durch KKS .....	188
4.15	Wartung und Nachmessung .....	189
4.16	Fernüberwachung des KKS .....	190
4.16.1	Netzunabhängige Fernüberwachung in Messstellen .....	193
4.16.2	Netzversorgte Fernüberwachung in Schutzanlagen .....	193
4.17	Nutzen und Kosten des KKS .....	194
<b>5</b>	<b>Rohrsysteme und Rohrwerkstoffe für Gas- und Wasserleitungen .....</b>	<b>197</b>
5.1	Allgemeines .....	198
5.2	Stahlrohre .....	199
5.2.1	Anwendungsbereiche .....	199
5.2.2	Technische Lieferbedingungen für Stahlrohre .....	199
5.2.3	Herstellung von Stahlrohren .....	201
5.2.3.1	HFI-längsnahtgeschweißte Stahlrohre .....	201
5.2.3.2	Unterpulver(UP)-geschweißte Längs- und Spiralnahtrohre .....	202
5.2.4	Bauelemente für Rohrleitungen .....	204
5.2.5	Korrosionsschutz .....	204
5.3	Druckrohre und Formstücke aus duktilem Gusseisen .....	205
5.3.1	Allgemeines .....	205

---

5.3.2	Anwendungsbereiche .....	206
5.3.3	Herstellung duktiler Gussrohre .....	208
5.4	Rohrverbindungstechnik von metallischen Rohren sowie von Formstücken und Armaturen .....	208
5.4.1	Allgemeines .....	208
5.4.2	Muffensysteme .....	209
5.4.3	Formstücke .....	212
5.5	Kunststoffrohre .....	213
5.5.1	Allgemeines .....	213
5.5.2	PE-Rohre .....	213
5.5.3	Verbindungstechniken für Kunststoffrohre .....	214
5.5.4	Sonstige Kunststoffrohre .....	215
5.5.5	Zementgebundene Rohre .....	216
5.6	Verlegetechniken und Baurichtlinien für Stahlrohre .....	216
5.6.1	Transport und Lagerung von Stahlrohren und Leitungsteilen .....	216
5.6.2	Einbau der Rohre und Rohrleitungsteile .....	217
5.7	Herstellung von Rohrbögen .....	217
5.8	Prüfung der Rohrumbüllung .....	218
5.9	Einbautechniken und Baurichtlinien für Gussrohrleitungen .....	218
5.9.1	Transport und Lagerung von Gussrohren und Leitungsteilen .....	218
5.9.2	Einbau der Rohre und Rohrleitungsteile .....	218
5.9.3	Einbau von Armaturen .....	219
5.10	Verlegetechniken und Baurichtlinien für Kunststoffleitungen .....	220
5.10.1	Transport und Lagerung von Kunststoffrohren .....	220
5.11	Verlegung der Rohre und Rohrleitungsteile .....	220
<b>6</b>	<b>Armaturen in der Wasser- und Gasversorgung .....</b>	<b>223</b>
6.1	Geschichtliche Entwicklung .....	224
6.2	Grundbauarten .....	225
6.3	Anforderungen .....	227
6.4	Normung und Regelwerke .....	228
6.4.1	Regelwerke für Gasarmaturen .....	228
6.4.2	Regelwerke für Wasserarmaturen .....	229
6.5	Typische Konstruktionselemente von Armaturen .....	229
6.5.1	Double-Block-and-Bleed-Abdichtsystem .....	231
6.6	Unterteilung der Armaturen nach Armaturengruppen .....	232
6.6.1	Schieber .....	232
6.6.2	Keilschieber .....	232
6.6.3	Plattenschieber/Drehschieber .....	233

6.6.4	Hähne .....	235
6.6.5	Ventile .....	236
6.6.5.1	Be- und Entlüftungsventile .....	239
6.6.6	Rückflussverhinderer .....	241
6.6.6.1	Rückschlagklappen .....	241
6.6.6.2	Rückschlagventile .....	242
6.6.6.3	Kombiniertes Freistrom-Rückschlagventil .....	242
6.6.7	Hausanschlussarmaturen/Anbohrarmaturen .....	243
6.6.8	Hydranten .....	245
6.6.8.1	Anforderungen an Hydranten .....	246
6.6.8.2	Allgemeine Konstruktionsmerkmale .....	247
6.6.8.3	Überflurhydranten .....	248
6.6.8.4	Unterflurhydranten .....	248
6.6.8.5	Auswahlkriterien .....	249
6.6.8.6	Anordnung im Netz .....	250
6.6.8.7	Betrieb von Hydranten .....	251
6.6.8.8	Überprüfung der Hydranten .....	252
6.6.9	Klappen .....	252
<b>7</b>	<b>Gas-Druckregel- und Messanlagen (GDRM-Anlagen)</b> .....	255
7.1	Grundsätzliches .....	256
7.1.1	Technische Regeln .....	256
7.1.2	Anwendungsbereich .....	257
7.1.3	Planungsgrundsätze und Anlagenaufbau .....	258
7.1.4	Planung von Gas-Druckregel- und Messanlagen .....	259
7.1.5	Geltungsbereich und Art der Nutzung .....	261
7.1.6	Eingangs-, Ausgangsdruck .....	261
7.1.7	Ermittlung Durchflussmenge (Leistungsfähigkeit/Kapazität/ Auslegungsdurchfluss) .....	261
7.1.8	Gasbedarf/Gasabsatz .....	263
7.1.9	Regelschienen, Unterschiede und jeweiliger Zweck .....	263
7.2	Projektieren von GDRM-Anlagen .....	264
7.2.1	Bauliche Ausführung .....	264
7.2.2	Gas-Druckregelungen nach DVGW-Arbeitsblatt G 459-2 .....	266
7.2.3	Anlagen nach dem ursprünglichen DVGW-Arbeitsblatt G 490-1 (jetzt DVGW-Arbeitsblatt G 491) .....	266
7.2.4	Anlagen nach DVGW-Arbeitsblatt G 491 („Aufstellung in Werkhallen“) ..	267
7.2.5	Anlagen nach DVGW-Arbeitsblatt G 491 .....	267
7.2.6	Bauteile und Baugruppen einer GDRM-Anlage .....	268

7.2.7	Absperreinrichtungen .....	269
7.2.8	Druckbehälter in Rohrleitungen von Energieanlagen .....	271
7.2.9	Sicherheits- und Regeleinrichtungen .....	274
7.2.10	Gas-Druckregelgeräte .....	276
7.2.11	Rohr- und Funktionsleitungen .....	278
7.2.12	Elektrische Anlagen .....	279
7.3	Gasmessungen .....	281
7.3.1	Geltungsbereich .....	281
7.3.2	Messfunktion .....	281
7.3.3	Einteilung der Gaszähler .....	281
7.3.4	Anforderungen an Messanlagen .....	282
7.3.5	Messtechnik .....	282
7.3.6	Auswahl der Gaszähler .....	283
7.3.7	Möglichkeiten der Fehlmessung bzw. Beeinträchtigung der Festigkeit ..	283
7.3.8	Druckerfassung .....	283
7.3.9	Messen des Gasverbrauchs .....	284
7.3.10	Eichpflicht .....	291
7.4	Prüfungen .....	292
7.4.1	Prüfungen durch den Hersteller .....	292
7.4.2	Prüfungen am Aufstellungsort durch Sachverständige/Sachkundige (benannte Personen) .....	292
7.4.3	Elektrische Prüfungen am Aufstellungsort durch befähigte Personen ..	293
7.4.4	Prüfungen für Gasanlagen mit maximal zulässigen Betriebsdrücken $p_u > 16$ bar .....	293
7.4.5	Gefährdungsbeurteilung hinsichtlich Explosionsgefährdungen in GDRM-Anlagen .....	293
7.5	Nachweis der Prüfungen .....	294
<b>8</b>	<b>Planung und Bau von Gas- und Wasseranschlussleitungen .....</b>	<b>297</b>
8.1	Historie der Gas- und Wasserversorgung .....	298
8.2	Terminologie .....	299
8.3	Allgemeines .....	299
8.3.1	Rohrleitungsbau .....	301
8.3.2	Leitungstiefbau .....	301
8.4	Gasanschlussleitungen .....	302
8.4.1	Technische Regeln .....	302
8.4.2	Bestandsschutz .....	303
8.4.3	Planung .....	304
8.4.4	Bemessung der Gasanschlussleitung .....	305

8.4.5	Auswahl der Bauteile .....	306
8.4.5.1	Allgemeines .....	306
8.4.5.2	Anschluss an die Versorgungsleitung .....	308
8.4.5.3	Absperrmöglichkeiten außerhalb von Gebäuden .....	309
8.4.5.4	Gasströmungswächter .....	311
8.4.5.5	Rohre .....	313
8.4.5.6	Rohrverbindungen .....	313
8.4.5.7	Gas-Hauseinführung .....	314
8.4.5.8	Isolierstück .....	316
8.4.6	Bau .....	317
8.4.6.1	Leitungsbau .....	317
8.4.6.2	Rohrgraben und Leitungsverlegung .....	317
8.4.7	Druckprüfung .....	318
8.4.8	In- und Außerbetriebnahme .....	319
8.4.9	Verwahren und passive Sicherung .....	319
8.4.10	Dokumentation und Rückverfolgbarkeit .....	320
8.4.11	Kennzeichnung .....	320
8.4.12	Information des Anschlussnehmers .....	320
8.5	Wasseranschlussleitungen .....	320
8.5.1	Technische Regeln .....	320
8.5.2	Planung .....	321
8.5.2.1	Absperrarmaturen in der Anschlussleitung .....	322
8.5.3	Hydraulische Bemessung .....	323
8.5.4	Auswahl der Bauteile .....	325
8.5.4.1	Allgemeines .....	325
8.5.4.2	Anbohrarmatur .....	326
8.5.4.3	Rohre .....	328
8.5.4.4	Wasser-Hauseinführung .....	328
8.5.4.5	Mantelrohr .....	328
8.5.4.6	Hauptabsperreinrichtung .....	329
8.5.4.7	Isolierstück .....	329
8.5.4.8	Klemmverbinder und Steckverbinder .....	329
8.5.4.9	Korrosionsschutz .....	329
8.5.5	Verlegung .....	330
8.5.5.1	Rohrgraben .....	330
8.5.5.2	Rohrvortrieb .....	330
8.5.5.3	Rohrverlegung .....	330
8.5.5.4	Einbau von Armaturen .....	331
8.5.6	Druckprüfung .....	331
8.5.7	Einmessung und Beschilderung .....	331

---

8.6	Einführung ins Gebäude .....	331
8.6.1	Allgemeines .....	331
8.6.2	Übergabeplätze .....	332
8.6.2.1	Hausanschlussnische .....	333
8.6.2.2	Hausanschlusswand .....	333
8.6.2.3	Hausanschlussraum .....	334
8.6.2.4	Hausanschlusssschränke und -mauerkästen .....	334
8.6.2.5	Anschlusssschächte .....	334
8.6.3	Mehrspartenhauseinführung (MSHE) .....	335
8.6.3.1	MSHE für unterkellerte Gebäude .....	336
8.6.3.2	MSHE für nicht unterkellerte Gebäude .....	338
<b>9</b>	<b>Verbindungstechniken</b> .....	<b>341</b>
9.1	Stahlschweißen .....	342
9.1.1	Anforderungen an den Schweiß(fach)betrieb nach Gesetzen, Normen und Richtlinien .....	342
9.1.2	DIN EN ISO 3834 als Basis für alle Schweißbetriebe .....	343
9.1.3	Prüfbescheinigung nach DIN EN 10204 .....	344
9.1.4	Ausführungsstandards .....	345
9.1.5	Herstellung von Schweißverbindungen .....	347
9.1.6	Schweißen .....	349
9.1.7	DVGW GW 350 – Durchführung der Schweißung .....	353
9.1.8	Prüfung und zerstörungsfreie Prüfung gemäß DIN EN ISO 9712 .....	353
9.1.9	Dokumentation .....	355
9.2	PE-Schweißen .....	359
9.2.1	PE-Rohre in der Gas- und Wasserversorgung .....	359
9.2.2	Komponenten des Rohrsystems .....	360
9.2.3	Technische Vorschriften und Empfehlungen .....	360
9.2.4	Kunststoffe in der Gas- und Wasserversorgung .....	361
9.2.5	Vom Rohstoff zum Kunststoff .....	363
9.2.6	Vom Monomer zum Polymer .....	363
9.2.7	Bindungskräfte innerhalb von Molekülen .....	364
9.2.8	Zwischenmolekulare Kräfte .....	364
9.3	Thermoplaste .....	365
9.3.1	Formänderungsverhalten von Thermoplasten .....	366
9.3.2	Amorphe Thermoplaste .....	367
9.3.3	Teilkristalline Thermoplaste .....	368
9.3.4	Polyethylen .....	369
9.3.5	Eigenschaften von Polyethylen .....	370

9.3.6	Klassifizierung der PE-Werkstoffe nach der Zeitstandfestigkeit .....	371
9.3.7	Vernetztes Polyethylen .....	372
9.3.8	Zusammenfassung der Materialkenndaten .....	374
9.4	Von der Mindestfestigkeit zum zulässigen Innendruck .....	374
9.4.1	Erforderliche Mindestfestigkeit (MRS) .....	374
9.4.2	Sicherheitsfaktor (SF) .....	374
9.4.3	Durchmesser-Wanddicken-Verhältnis (SDR) .....	375
9.4.4	Zulässige Druckstufen für Gas- und Trinkwasserleitungen .....	375
9.5	Kennzeichnung und Lieferformen .....	377
9.5.1	Farbliche Kennzeichnung der Rohre .....	377
9.5.2	Weitere Kennzeichnung der Rohre .....	378
9.5.3	Lieferformen .....	379
9.6	Fließverhalten von Polyethylen .....	380
9.7	Heizelementstumpfschweißen (HS) .....	381
9.7.1	Allgemeines .....	381
9.7.2	Qualifikationen Schweißer und Schweißaufsicht .....	382
9.7.3	Anforderungen an Schweißgeräte und Schweißmaschinen .....	382
9.7.3.1	Spanneinrichtungen .....	382
9.7.3.2	Führungselemente .....	382
9.7.3.3	Heizelement .....	383
9.7.3.4	Planhobel .....	383
9.7.3.5	Antrieb .....	383
9.7.4	Wartung und Pflege .....	383
9.7.5	Werkzeuge und Geräte .....	383
9.7.6	Maßnahmen vor dem Stumpfschweißen .....	384
9.7.7	Berechnung der Schweißkraft .....	386
9.8	Heizwendelschweißen (HM) .....	386
9.8.1	Allgemeines .....	386
9.8.2	Prinzip des Heizwendelschweißens (HM) .....	388
9.8.3	Bifilare und monofilare PE-Schweißfittinge .....	389
9.8.4	PE-Schweißindikator .....	389
9.8.5	Abkühlzeiten von Heizwendelformteilen .....	390
9.9	Schweißgeräte, Werkzeuge und Zubehör .....	390
9.9.1	Allgemeines .....	390
9.9.2	Schweißgeräte für Heizwendelschweißung .....	390
9.9.3	Schweißparameter und Geräteeinstellung .....	391
9.9.4	Rückverfolgbarkeit (traceability) .....	391
9.9.5	Wartung .....	391
9.9.6	Geräte, Werkzeug, Zubehör und Hilfsmittel für HM .....	392

9.9.7	Qualifikationen Schweißer und Schweißaufsicht .....	392
9.9.8	Verfahrensablauf Heizwendelschweißen (HM) .....	393
9.10	Prüfen und Bewerten von PE-Schweißverbindungen .....	393
9.10.1	Allgemeines .....	393
9.10.2	Prüfverfahren für Schweißverbindungen .....	394
9.10.3	Visuelle Prüfung .....	394
9.10.4	Druckprüfung .....	395
9.10.5	Durchstrahlungs- und Ultraschallprüfung .....	396
9.10.6	Zerstörende Prüfung für Baustelle und Werkstatt .....	396
9.10.7	Radialer Schälversuch .....	396
9.10.7.1	Torsionsscherversuch .....	397
9.11	Merkmale, Beschreibung und Bewertung von Fehlern nach DVS 2202 ..	398
9.12	Fehlervermeidung beim Schweißen von Polyethylen .....	399
9.13	Anforderungen an die Qualitätssicherung beim Verlegen .....	399
9.14	Mechanisches Verbinden von PE-Rohren in der Gas- und Wasser- verteilung .....	400
9.14.1	Anwendungsbereich .....	400
9.14.2	Erforderliche Qualifikationen .....	400
9.14.3	Einteilung der mechanischen Verbinder .....	401
9.14.3.1	Allgemeines .....	401
9.14.3.2	Klemmverbinder .....	401
9.14.3.3	Steckverbinder .....	402
9.14.3.4	Flanschverbinder .....	402
9.14.3.5	Anbohrarmaturen/Schellenverbinder .....	402
9.14.3.6	Pressverbinder .....	403
<b>10</b>	<b>Grabenlose Bauweisen (Neulegungs- und Rehabilitationsverfahren)</b> .....	405
10.1	Allgemeines .....	406
10.2	Deutsches, europäisches und internationales Regelwerk für graben- lose Bauweisen .....	407
10.2.1	DVGW-Regelwerk für grabenlose Bauweisen .....	408
10.2.2	Europäisches (EN) und internationales (ISO) Regelwerk .....	409
10.3	Übersicht und Einteilung grabenloser Bauweisen .....	411
10.3.1	Rehabilitation .....	411
10.3.1.1	Sanierung .....	415
10.3.1.2	Erneuerung .....	415
10.3.2	Grabenlose Neulegung .....	415
10.4	Rehabilitationsziele .....	415

10.5	Voraussetzungen und Auswahlkriterien .....	416
10.6	Grabenlose Neulegungsverfahren .....	417
10.6.1	Rohrvortrieb .....	417
10.6.1.1	Herstellung der Baugruben .....	418
10.6.1.2	Bedeutung der Bodeneigenschaften .....	420
10.6.2	Rohrvortriebsverfahren .....	420
10.6.2.1	Nichtsteuerbare Rohrvortriebsverfahren .....	421
10.6.2.2	Steuerbare Rohrvortriebsverfahren .....	422
10.6.3	Bau von Dükern und Infrastrukturtunneln .....	428
10.6.3.1	Bau von Dükern .....	428
10.6.3.2	Bau von Infrastrukturtunneln .....	430
10.6.4	Spülbohrverfahren .....	431
10.6.5	Fräsen- und Pflugverfahren .....	432
10.6.5.1	Pflugverfahren .....	432
10.6.6	Grabenlose Neulegung von Anschlussleitungen .....	433
10.7	Grabenlose Rehabilitationsverfahren .....	434
10.7.1	Allgemeines .....	434
10.7.2	Zementmörtelauskleidung .....	434
10.7.2.1	Reinigungsverfahren .....	435
10.7.2.2	Verfahrensweise der Zementmörtelauskleidung .....	436
10.7.2.3	Inbetriebnahme von Rohrleitungen mit Zementmörtelauskleidungen ..	436
10.7.3	Schlauchlining-Verfahren .....	437
10.7.3.1	Allgemeines .....	437
10.7.3.2	Vorarbeiten .....	438
10.7.3.3	Nacharbeiten .....	439
10.7.4	Schlauchlining mit rückseitiger Verklebung .....	439
10.7.4.1	Allgemeines .....	439
10.7.4.2	Gewebeschlauchverfahren .....	439
10.7.4.3	Glasfaserverstärkter Gewebeschlauch .....	441
10.7.5	Vor Ort härtendes Schlauchlining .....	441
10.7.5.1	Glasfaserliner .....	441
10.7.5.2	Glasfaserverstärkter Nadelfilzliner .....	442
10.7.6	Lining mit eingezogenen Schläuchen .....	443
10.7.7	Rohreinzug/Rohreinschub mit Ringraum .....	445
10.7.8	Close-Fit-Lining .....	446
10.7.9	Berstverfahren .....	448
10.7.10	Press-Zieh-Verfahren .....	450
10.7.11	Hilfsrohrverfahren .....	452
10.8	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung .....	453

---

<b>11</b>	<b>Technische Regeln für Gasinstallationen</b>	457
11.1	Allgemeines .....	458
11.1.1	Wichtige Begriffe und Einheiten .....	460
11.2	Anforderungen an die Gasinstallation .....	462
11.2.1	Allgemeine Anforderungen .....	462
11.2.2	Brandschutztechnische Anforderungen .....	462
11.2.2.1	Primäre und sekundäre Brandschutzmaßnahmen .....	463
11.2.2.2	Mauer- und Deckendurchführungen .....	464
11.2.3	Schutz der Gasleitung vor Manipulationen .....	467
11.2.3.1	Aktive Schutzmaßnahmen – der Gasströmungswächter .....	467
11.2.3.2	Passive Schutzmaßnahmen .....	469
11.3	Leitungsanlage .....	470
11.3.1	Arbeiten an Gasleitungen .....	470
11.3.2	Verwahren von Gasleitungen .....	470
11.3.3	Materialien und Verbindungstechniken .....	471
11.3.3.1	Anschluss von Gasgeräten .....	472
11.3.3.2	Verbindungstechniken für Kupferrohre .....	473
11.3.3.3	Verbindungstechniken für Edelstahlrohre .....	474
11.3.3.4	Verbindungstechniken für Stahlrohre .....	475
11.3.4	Verlegung von Gasleitungen .....	477
11.3.4.1	Verdeckte Verlegung von Gasleitungen .....	477
11.3.4.2	Verlegung von Gasleitungen in Fußböden .....	478
11.3.5	Verbindungstechnik zwischen Erdgas-Netzanschluss und Gas- installationen .....	479
11.3.6	Prüfungen und Inbetriebnahme von Leitungsanlagen .....	480
11.3.6.1	Prüfung auf Gebrauchsfähigkeit .....	482
11.3.7	Betrieb von Gasinstallationen .....	485
11.4	Aufstellung und Betrieb von Gasgeräten .....	485
11.4.1	Gasgerätearten .....	485
11.4.2	Aufstellräume für Gasgeräte .....	486
11.4.3	Aufstellung und Betrieb von Gasgeräten der Art A .....	487
11.4.4	Aufstellung und Betrieb von Gasgeräten der Art B .....	487
11.4.5	Aufstellung und Betrieb von Gasgeräten der Art C .....	488
11.5	Abgasanlagen .....	488
<b>12</b>	<b>Betrieb und Instandhaltung von Gasverteilungsanlagen</b>	491
12.1	Betrieb und Instandhaltung von Gasverteilungsanlagen bis 16 bar	
	Betriebsdruck .....	492
12.1.1	Grundsätze .....	492

12.2	Maßnahmen der Instandhaltung .....	493
12.2.1	Instandhaltung .....	493
12.2.2	Überwachung .....	493
12.2.2.1	Inspektion .....	493
12.2.2.2	Funktionsprüfung (Anlagen) .....	493
12.2.3	Wartung .....	494
12.2.4	Instandsetzung .....	494
12.2.5	Verbesserung .....	494
12.3	Instandhaltungsstrategien .....	494
12.4	Einteilung Gasversorgungsnetze und Regelwerke .....	495
12.5	Inbetriebnahme von Leitungen .....	496
12.6	Außerbetriebnahme von Leitungen .....	497
12.7	Ein-/Verbindung mit dem vorhandenen Gasrohrnetz .....	497
12.7.1	Allgemeines .....	497
12.7.2	Einbindung mittels Überschieber .....	498
12.7.3	Einbindung mittels Absaugen .....	499
12.7.4	Einbindung durch Inertisieren .....	499
12.7.5	Anwendung der Einbindeverfahren .....	500
12.8	Reparaturarbeiten von Gasleitungen .....	500
12.9	Gasrohrnetzüberprüfung .....	501
12.9.1	DVGW-Regelwerk .....	501
12.9.2	Überprüfen von Gasrohrnetzen bis 16 bar Betriebsdruck entsprechend DVGW-Arbeitsblatt G 465-1 .....	502
12.9.2.1	Anforderungen an Netzbetreiber, Fachfirmen und Fachkräfte .....	502
12.9.2.2	Überprüfungsmaßnahmen .....	502
12.9.2.3	Überprüfungsmethoden .....	504
12.9.3	Beurteilung von Leckstellen an erdverlegten und freiliegenden Gasleitungen in Gasrohrnetzen gemäß DVGW-Merkblatt G 465-3 .....	505
12.9.3.1	Ursachen von Leckstellen .....	505
12.9.3.2	Einflussgrößen auf die Gasausbreitung .....	506
12.9.3.3	Leckklassifikation .....	506
12.9.4	Gasspür- und -konzentrationsmessgeräte gemäß DVGW-Merkblatt G 465-4 .....	508
12.9.5	Bedeutung der Organisation .....	509
12.9.6	Anforderungen an Gasversorgungsunternehmen und zertifizierte Dienstleistungsunternehmen für die Gasrohrnetzüberprüfung .....	509
12.10	Odorierung .....	510
12.10.1	Anforderungen an Odoriermittel .....	510
12.10.2	Odoriermittelkonzentration .....	510
12.10.3	Handhabung von Odoriermitteln .....	510

---

12.10.4	Kontrolle der Odorierung .....	511
12.10.5	Sicherheitsmaßnahmen .....	512
12.10.6	Unfallverhütung – Maßnahmen zur persönlichen Sicherheit .....	513
12.11	Inbetriebnahme und Instandhaltung von Gasdruckregelanlagen .....	513
12.11.1	Definitionen .....	513
12.11.2	Fristen für die Überwachung und Wartung .....	516
12.11.3	Allgemeine Hinweise .....	516
<b>13</b>	<b>Betrieb und Instandhaltung von Energieanlagen der Gasinfrastruktur mit einem Betriebsdruck &gt; 16 bar</b> .....	<b>519</b>
13.1	Allgemeines .....	520
13.2	Hochdruckanlagen der Erdgasversorgung .....	522
13.2.1	Gashochdruckspeicher .....	522
13.2.1.1	Hochdruck-Gasbehälter .....	523
13.2.1.2	Untertagespeicher .....	524
13.2.1.3	Porenspeicher .....	524
13.2.1.4	Flüssigerdgasspeicher .....	526
13.2.2	Gashochdruckleitungen .....	527
13.2.3	Bauteile des Gashochdrucknetzes .....	528
13.2.3.1	Rohrleitungen .....	528
13.2.3.2	Stahlrohre .....	529
13.2.3.3	Formstücke .....	529
13.2.3.4	Armaturen .....	529
13.2.3.5	Flüssigkeitssammler .....	530
13.2.3.6	Molchschieleusen .....	532
13.2.4	Schweißtechnik .....	532
13.2.4.1	Steignaht- und Fallnahtschweißen .....	533
13.2.4.2	Schweißarbeiten an in Betrieb befindlichen Gashochdruckleitungen .....	534
13.2.4.3	Schweißnahtfehler .....	534
13.2.4.4	Prüfung der Schweißnähte .....	535
13.2.5	Druckprüfung .....	535
13.3	Inbetriebnahme .....	537
13.3.1	Begasen (Entlüften) der Leitung .....	539
13.3.2	Außerbetriebsetzung .....	540
13.3.3	Entspannen .....	541
13.3.4	Einsatz von Ejektoren und Turbolüftern .....	543
13.3.5	Außerbetriebnahme .....	544
13.3.6	Stilllegung .....	544
13.3.7	Leitungsinspektion .....	545

13.3.8	Wartung .....	546
13.3.9	Betriebsmolchung .....	548
13.4	Instandsetzungsarbeiten (Reparaturen) .....	549
13.4.1	Arbeitsvorbereitung .....	550
13.4.2	Arbeiten in gasfreiem Zustand .....	551
13.4.3	Arbeiten unter Gas .....	552
13.4.4	Temporäre Instandsetzungen .....	553
13.4.5	Stopple-Verfahren .....	553
13.4.6	Anbohrung .....	555
13.4.7	Mechanische Beschädigungen .....	556
13.5	Zukunft der Gastransportleitungen .....	557
<b>14</b>	<b>Betrieb und Instandhaltung von Wasserverteilungsanlagen .....</b>	<b>559</b>
14.1	Umfang von Wasserverteilungsanlagen .....	560
14.2	Betriebsführung, Betrieb und Instandhaltung von Anlagen .....	560
14.2.1	Betrieb einer Anlage .....	560
14.2.2	Instandhaltung .....	561
14.3	Instandhaltungsziele .....	562
14.4	Abgrenzung Instandhaltungsstrategien .....	562
14.5	Modelle der Instandhaltungsstrategie .....	562
14.5.1	Instandhaltungsstrategien der Zukunft – darauf kommt es an .....	562
14.6	Wasserbehälter .....	563
14.6.1	Betriebshandbuch .....	563
14.6.2	Betriebsaufgaben .....	564
14.6.3	Behälterbewirtschaftung .....	565
14.6.4	Erhaltung der Beschaffenheit des gespeicherten Trinkwassers .....	566
14.6.5	Kontrolle und Wartung der technischen Anlagen und des Bauwerks .....	566
14.6.6	Reinigung und Desinfektion des Speicherraums .....	566
14.6.7	Feststellung und Behebung von Schäden an Behältern .....	567
14.7	Rohrnetz .....	568
14.7.1	Rohrnetzbetrieb .....	568
14.7.2	Außer- und Wiederinbetriebnahme von Leitungen .....	569
14.7.3	Netzumstellungen und Einrichtung von Ersatzversorgungen .....	570
14.7.4	Verlegung von Ersatzleitungen .....	571
14.7.5	Inbetriebnahme neuer Wasserleitungen .....	573
14.7.6	Messungen im Rohrnetz .....	575
14.7.7	Überprüfen der Zugänglichkeit und Funktionsfähigkeit der Anlagenteile .....	576
14.7.8	Zugänglichkeit der Leitungen und Auffindbarkeit der Anlagenteile .....	576
14.7.9	Zustand und Funktionsfähigkeit der Anlagenteile .....	577

14.7.10	Überwachung und Sicherung der Wasserverteilungsanlagen im Bereich von Fremdbaustellen .....	581
14.7.11	Vorübergehende Außerbetriebnahme .....	581
14.7.12	Neue Leitungsführung als Vorausmaßnahme .....	581
14.7.13	Allgemeine Sicherungsmaßnahmen .....	581
14.7.14	Besondere Sicherungsmaßnahmen an Leitungskreuzungen .....	581
14.7.15	Besondere Sicherungsmaßnahmen an parallel geführten Baugruben ..	582
14.7.16	Besondere Sicherungsmaßnahmen bei Baumpflanzungen im Bereich von Leitungen .....	583
14.7.17	Überwachung der Trinkwassergüte im Rohrnetz .....	585
14.7.18	Verkeimung des Rohrnetzes .....	585
14.7.19	Leitungsspülen .....	586
14.7.20	Erhöhung des Chlorgehaltes im Trinkwasser .....	587
14.7.21	Leitungsdesinfektion .....	587
14.8	Wasserverluste .....	588
14.8.1	Scheinbare Wasserverluste .....	589
14.8.2	Reale Wasserverluste .....	589
14.8.3	Netzanalyse zur Ermittlung von Leckverlusten .....	591
14.8.4	Verfahren der Leckortung .....	593
14.8.5	Akustische und elektroakustische Leckortung .....	593
14.8.6	Leckortung mittels Korrelation .....	594
14.8.7	Leckortung mit Sonderverfahren .....	596
14.8.8	Rohrnetzschäden – Ursachen und Instandsetzung .....	596
14.8.9	Rohrbrüche .....	596
14.8.10	Undichte Rohrverbindungen .....	599
14.8.11	Korrosionsschäden .....	600
14.8.12	Armaturenschäden .....	601
14.9	Reinigung von Wasserleitungen .....	603
14.9.1	Mechanische Reinigung .....	603
14.9.2	Reinigung von Hand .....	603
14.9.3	Hydraulische Reinigung .....	603
14.9.4	Wasserhochdruckreinigung .....	604
14.9.5	Wasserhöchstdruckreinigung .....	604
14.10	Wasserzählieranlagen .....	604
14.11	Wasserzählerschächte .....	605
14.12	Zählerschränke .....	606
14.13	Inspektion, Auswechseln und Instandsetzen von Wasserzählern .....	606
14.13.1	Inspektion von Wasserzählern .....	606
14.13.2	Auswechseln von Wasserzählern .....	606
14.13.3	Instandsetzen von Wasserzählern .....	607

14.14	Frostschutz und Auftauen von Rohrnetzanlagen .....	607
14.14.1	Frostschutz .....	607
14.14.2	Auftauen von Rohrnetzanlagen .....	608
14.15	Einbeziehen von Wasserleitungen in den Hauptpotenzialausgleich von elektrischen Anlagen .....	608
14.16	Schadenshaftung aus dem Betrieb von Wasserverteilungsanlagen und der Wasserlieferung .....	609
14.17	Gefährdungshaftung .....	609
14.18	Verschuldenshaftung .....	610
14.19	Produkthaftung .....	610
14.20	Haftung bei Versorgungsstörungen .....	610
14.21	Schadensregulierung .....	610
<b>15</b>	<b>Planung, Bau, Betrieb und Instandhaltung von Wärmeverteilssystemen .....</b>	<b>613</b>
15.1	Energieerzeugung .....	618
15.1.1	Heizwerke (HW) .....	620
15.1.2	Heizkraftwerke .....	621
15.1.2.1	Dampfturbinenanlagen .....	621
15.1.2.2	Gasturbinenanlagen .....	623
15.1.2.3	Gas- und Dampfturbinenanlagen .....	623
15.1.2.4	Organic-Rankine-Cycle-Anlagen (ORC) .....	623
15.1.2.5	Blockheizkraftwerke (BHKW) .....	625
15.1.2.6	Brennstoffzellen .....	626
15.1.2.7	CO <sub>2</sub> -Einsparpotenzial durch regenerative Brennstoffe .....	626
15.1.3	Großwärmepumpen .....	627
15.1.4	Industrielle Abwärme .....	628
15.1.5	Erdwärme/Geothermie .....	629
15.1.6	Solarthermie .....	629
15.1.7	Wärmespeicher .....	630
15.2	Verlegeverfahren/Verlegesysteme .....	632
15.2.1	Anforderungen an Verlegesysteme .....	632
15.2.2	Freileitungen .....	633
15.2.3	Gebäudeleitungen .....	634
15.2.4	Kunststoffmantelrohre (KMR) nach AGFW FW 401 .....	635
15.2.5	Stahlmantelrohre (SMR) nach AGFW FW 410 .....	636
15.2.5.1	Allgemein .....	636
15.2.5.2	Kompensation .....	638
15.2.5.3	Vorspannung .....	638

15.2.5.4	Wärmedämmung und Vakuum .....	639
15.2.5.5	Korrosionsschutz .....	639
15.2.6	Flexible Rohrsysteme nach AGFW FW 420 .....	640
15.2.6.1	Flexible Systeme mit polymeren Mediumrohren (PMR) – FW 420-1 .....	641
15.2.6.2	Flexible Systeme mit Metall-Mediumrohren (MMR) – FW 420-3 .....	647
15.2.6.3	Flexible Systeme mit glatten Stahlmediumrohren – FW 420-2 .....	648
15.2.6.4	Flexible Systeme für das grabenlose Rohreinziehverfahren nach FW 438 .....	649
15.2.7	Kanalleitungen .....	649
15.2.8	Gießverfahren .....	651
15.2.9	Schüttverfahren .....	651
15.3	Verlegetechnik .....	652
15.3.1	Grundlagen der Verlegetechnik bei Systemen ohne direkte Erdlast .....	652
15.3.1.1	Vorspannen von Stahlrohren .....	654
15.3.1.2	Rohrhalterungen .....	656
15.3.1.3	Dehnungsausgleicher .....	659
15.3.2	Verlegetechnik von Kunststoffverbundmantelrohren (KMR) .....	664
15.3.2.1	Einsatzbereiche .....	664
15.3.2.2	Besonderheiten bei der Anwendung .....	664
15.3.2.3	Wesentliche Elemente zur Kosteneinsparung .....	665
15.3.2.4	Systemkomponenten .....	665
15.3.2.5	Muffen .....	667
15.3.2.6	Endabschottungen .....	669
15.3.2.7	Endmuffen .....	670
15.3.2.8	Dehnpolster .....	670
15.3.2.9	Erdeinbauarmaturen .....	672
15.3.2.10	Einmalkompensatoren .....	674
15.3.2.11	Wanddurchführungen .....	675
15.3.2.12	Lecküberwachungs- und Fehlerortungssysteme .....	677
15.3.3	Rohrstatik von KMR .....	678
15.3.3.1	Dehnungen bei KMR .....	678
15.3.3.2	Natürlicher Festpunkt .....	680
15.3.3.3	Dehnkraft .....	683
15.3.3.4	Gleitbereich und Haftbereich .....	684
15.3.3.5	Spannungsermittlung bei KMR .....	684
15.3.3.6	Verlegemethode: Begrenzung der Vorlauf-/Betriebstemperatur .....	685
15.3.3.7	Verlegemethode: Maximale Verlegelänge .....	685
15.3.3.8	Verlegemethode: Thermisches Vorspannen .....	686
15.3.3.9	Verlegemethode: Kaltverlegung (Betriebliche Selbstvorspannung) .....	690
15.3.3.10	Statische Auslegung von KMR-Systemen .....	695

15.3.4	Richtungsänderungen .....	701
15.3.5	Hausanschlussleitungen .....	702
15.3.6	Systemübergänge .....	706
15.3.7	Qualitätssicherung der Verbindungen von KMR .....	706
15.3.7.1	Durchstrahlungsprüfung der Schweißverbindungen an FW-Mediumrohren .....	708
15.3.7.2	Dichtheitsprüfung der Schweißverbindungen an FW-Mediumrohren ....	708
15.4	Betrieb und Instandhaltung von Fernwärmeverteilsystemen .....	710
15.4.1	Inbetrieb- und Außerbetriebnahme von Fernwärmeleitungen .....	710
15.4.2	Übernahme von Fernwärmeleitungen .....	713
15.4.3	Störungsbeseitigung an Fernwärmeverteilsystemen .....	713
15.4.4	Instandhaltung von Fernwärmeverteilungsanlagen .....	715
15.4.4.1	Begriffe .....	715
15.4.4.2	Dokumentation der Instandhaltung .....	717
15.5	Ermittlung von Wasserverlusten in Fernwärmeverteilsystemen .....	717
15.5.1	Grundlagen .....	717
15.5.2	Betriebliche Verfahren .....	718
15.5.3	Optische Verfahren .....	718
15.5.4	Thermografie .....	718
15.5.5	Korrelation .....	719
15.5.6	Tracerstoffe .....	719
15.5.7	Wanddickenmessung mittels Prüfholz .....	720
15.5.8	Systemspezifische bzw. integrierte Verfahren .....	720
15.6	Bereitschafts- und Entstördienst Rechtsgrundlagen .....	720
15.7	Arbeits- und Gesundheitsschutz bei Arbeiten an Fernwärmeverteilungssystemen .....	721
15.8	Qualifikation des Personals .....	724
15.9	Wartung und Inspektion von Geräten und Fahrzeugen .....	724
<b>16</b>	<b>Grundlagen der Messtechnik .....</b>	<b>727</b>
16.1	Messen in Versorgungsanlagen .....	728
16.1.1	Allgemeines .....	728
16.1.2	Grundsätze zum Messen und Prüfen .....	728
16.2	Messen physikalischer und elektrischer Größen .....	729
16.2.1	Druckmessungen .....	729
16.2.2	Temperaturmessungen .....	735
16.2.3	Durchfluss- und Mengenmessungen .....	737
16.2.4	Messung elektrischer Größen .....	740
16.3	Eichrechtliche Vorschriften von Zähl- und Messeinrichtungen .....	741

16.3.1	Allgemein .....	741
16.3.2	Gasmengenmessungen .....	743
16.3.3	Kaltwassermengenmessungen, Wärmezähler .....	745
16.4	Zeitverhalten von Messeinrichtungen in Regelungsanlagen .....	746
16.4.1	Bauglieder einer Steuerkette .....	746
16.4.2	Regelungsanlagen .....	747
<b>17</b>	<b>Fernwirktechnik .....</b>	<b>751</b>
17.1	Allgemeines .....	752
17.2	Richtungen der Informationsübertragung .....	752
17.3	Fernwirkinformationen .....	754
17.3.1	Meldungen .....	754
17.3.2	Messwerte .....	755
17.3.3	Zählwerte .....	755
17.3.4	Befehle .....	755
17.4	Übertragungswege .....	756
17.4.1	Eigenes Fernmeldekabelnetz .....	756
17.4.2	Standleitungen .....	757
17.4.3	Funkdienste .....	757
17.4.4	Internet mit DSL und VPN-Tunneling .....	758
17.5	Fernwirk-Unterstationen und Kommunikationsprotokolle .....	760
17.6	Kommunikationsprotokolle .....	760
17.7	Leitstelle .....	760
17.7.1	Leitstelle – Hardware .....	761
17.7.2	Leitstelle – Software .....	762
17.7.2.1	SCADA-Funktionen für Energieversorgungsnetze (SCADA = Supervisory, Control and Data Acquisition) .....	762
17.7.2.2	HEO-Funktionen für elektrische Energieversorgungsnetze (HEO = Höhere Energieeinsatz- und Optimierungsfunktionen) .....	764
17.7.2.3	HEO-Funktionen für Gasnetze .....	764
17.7.2.4	HEO-Funktionen für Wassernetze .....	764
17.7.2.5	HEO-Funktionen für Fernwärmennetze .....	765
17.8	Hinweise und Erfahrungen .....	765
<b>18</b>	<b>Vermessung und Planwerke .....</b>	<b>767</b>
18.1	Allgemeines .....	768
18.1.1	Einteilung des Vermessungswesens in Zuständigkeiten .....	768
18.1.2	Notwendigkeit des Einsatzes fachkundigen Personals .....	769

18.2	Lagemessung .....	770
18.2.1	Einmessungsgrundlagen .....	770
18.2.1.1	Örtliche Koordinaten .....	770
18.2.1.2	Ebene geodätische Koordinaten .....	771
18.2.1.3	Geografische Koordinaten .....	774
18.2.1.4	Bezugsfläche für die Lagemessung/Lagefestpunktnett .....	775
18.2.2	Vermessungstechnische Ausrüstung .....	776
18.2.2.1	Hilfsgeräte .....	776
18.2.2.2	Instrumente und Zubehör .....	777
18.2.3	Strecken .....	780
18.2.3.1	Geradenabsteckung .....	781
18.2.3.2	Streckenmessung .....	784
18.2.4	Winkel .....	785
18.2.4.1	Winkelmessung allgemein .....	787
18.2.4.2	Rechte Winkel .....	788
18.2.5	Strecken und Winkel .....	790
18.2.5.1	Berechnung einer Horizontalstrecke .....	790
18.2.5.2	Bestimmung einer unzugänglichen Strecke (indirekte Streckenmessung) .....	791
18.2.6	Einmessungsverfahren .....	792
18.2.6.1	Verfahren mit Längenmess- und Rechtwinkelgeräten .....	793
18.2.6.2	Polarverfahren .....	795
18.2.6.3	GNSS (Globales Navigationssatellitensystem) .....	797
18.2.6.4	Vermessung in und mit digitalen Bildern .....	804
18.3	Mathematische Grundlagen für einfachere vermessungstechnische Berechnungen .....	806
18.3.1	Rechtwinkliges Dreieck .....	806
18.3.2	Allgemeines Dreieck .....	807
18.3.3	Kreis .....	807
18.3.4	Berechnung einer Horizontalentfernung zweier Punkte aus rechtwinkligen Koordinaten (Gauß-Krüger-Koordinaten) .....	808
18.4	Höhenmessung .....	808
18.4.1	Grundlagen .....	808
18.4.1.1	Überdeckungsmaße .....	808
18.4.1.2	Höhen über Normalnull/Normalhöhennull .....	809
18.4.2	Instrumente, Zubehör, Hilfsgerät .....	809
18.4.3	Nivellement .....	812
18.4.4	Überprüfen eines Nivellierinstruments .....	815
18.4.5	Längs- und Querprofile .....	816
18.4.6	Trigonometrische Höhenbestimmung .....	821

18.5	Anfallende Aufgaben vor und während der Leitungsverlegung .....	823
18.5.1	Bauvorbereitende allgemeine und vermessungstechnische Arbeiten .....	823
18.5.2	Baubegleitende vermessungstechnische Arbeiten .....	824
18.6	Planwerk .....	825
18.6.1	Bestandteile/Gliederung .....	825
18.6.2	Aktualitätsanforderungen .....	830
18.6.3	Produktionsmittel/Informationsträger für das Planwerk .....	831
18.6.4	Geografische Informationssysteme (GIS) .....	833
18.7	Vergabe von vermessungstechnischen Leistungen .....	835
18.8	Schlussbetrachtung .....	836
<b>19</b>	<b>Sicherheit, Gesundheits- und Umweltschutz .....</b>	<b>839</b>
19.1	Arbeitsschutzmanagement – Allgemeine Grundsätze .....	840
19.2	Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Rohrleitungsbauarbeiten .....	841
19.2.1	Allgemeine Anforderungen .....	841
19.2.1.1	Leitung und Aufsicht .....	841
19.2.1.2	Koordinierung .....	841
19.2.1.3	Arbeitsmedizinische Betreuung .....	842
19.2.1.4	Persönliche Schutzausrüstungen .....	842
19.2.1.5	Erste Hilfe und Rettung .....	843
19.2.1.6	Verkehrssicherung .....	844
19.2.2	Gefährdung durch bestehende Anlagen .....	844
19.2.2.1	Maßnahmen zum Schutz von Versorgungsanlagen .....	845
19.2.2.2	Elektrische Freileitungen .....	846
19.2.2.3	Betreten unterirdischer Anlagen .....	846
19.2.3	Mechanische Gefährdungen .....	847
19.2.3.1	Hebezeugbetrieb .....	847
19.2.3.2	Abladen, Transportieren, Lagern und Stapeln von Lasten .....	849
19.2.3.3	Betrieb von Maschinen .....	849
19.2.3.4	Verlegen/Einbauen von Rohrleitungen, Armaturen und Schächten .....	850
19.2.3.5	Reinigen von Rohrleitungen .....	851
19.2.4	Gefährdungen durch spezielle physikalische Einwirkungen .....	851
19.2.4.1	Lärm .....	851
19.2.4.2	Nichtionisierende Strahlung .....	852
19.2.4.3	Ionisierende Strahlung .....	852
19.2.5	Elektrische Gefährdungen .....	853
19.2.6	Brand- und Explosionsgefährdungen .....	853
19.2.7	Gefahrstoffe .....	854
19.2.8	Schweiß-, Schneid- und verwandte Arbeiten .....	854

19.2.9	Zusätzliche Bestimmungen für Arbeiten in Rohrleitungen und Schächten .....	856
19.2.9.1	Gemeinsame Bestimmungen .....	856
19.2.9.2	Ergänzende Bestimmungen für Rohrleitungen mit einem Lichtmaß bis 800 mm .....	857
19.2.10	Zusätzliche Bestimmungen für die Prüfung von Rohrleitungen mit Druckgas oder Druckwasser .....	857
19.3	Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Arbeiten an Gas- und Wasserleitungen .....	858
19.3.1	Arbeits- und Gesundheitsschutz .....	858
19.3.2	Erstickungs-, Vergiftungs- und Explosionsgefahr .....	860
19.3.2.1	Erstickungsgefahr .....	860
19.3.2.2	Vergiftungsgefahr .....	861
19.3.2.3	Explosionsgefahr .....	861
19.3.3	Ermittlung gesundheitsschädlicher oder explosionsfähiger Erdgas-Luft-Gemische .....	863
19.3.4	Atemschutz .....	863
19.3.5	Schutzmaßnahmen beim Befahren von gasgefährdeten Räumen .....	865
19.3.6	Maßnahmen zur Gefährdungsvermeidung im Rohrnetzbereich .....	866
19.3.6.1	DGUV-Information 203-090 „Arbeiten an in Betrieb befindlichen Gasleitungen“ .....	867
19.3.6.2	Geltungsbereich, Begriffe .....	867
19.3.6.3	Auswahl geeigneter Personen .....	867
19.3.6.4	Aufsicht .....	868
19.3.6.5	Persönliche Schutzausrüstung .....	869
19.3.6.6	Überprüfung auf Leckgas .....	870
19.3.6.7	Arbeitsverfahren .....	870
19.3.6.8	Arbeiten im gasfreien Zustand .....	871
19.3.6.9	Vorübergehende Absperreinrichtungen .....	871
19.3.6.10	Anbohren .....	874
19.3.6.11	Gasfreie Druckanbohrarmaturen für PE-Leitungen .....	875
19.3.6.12	Gas-Anbohrarmaturen für Guss- und Stahlrohre .....	875
19.3.6.13	Arbeiten unter kontrollierter Gasausströmung .....	876
19.3.6.14	Elektrische Überbrückung .....	876
19.3.6.15	Schutzbereich .....	878
19.3.6.16	Feuerarbeiten .....	878
19.3.6.17	Arbeiten an Hochdruckleitungen .....	880
19.3.6.18	Entspannen vor dem Öffnen von Leitungsteilen .....	881
19.3.6.19	Brandbekämpfung .....	881
19.3.7	Gefahren bei Arbeiten an Gas- und Wasserleitungen .....	882

---

19.3.8	Sicheres Werkzeug .....	882
19.3.9	Leitern .....	883
19.3.10	Persönliche Schutzausrüstung .....	883
19.3.10.1	Kopfschutz .....	883
19.3.10.2	Augenschutz .....	883
19.3.10.3	Gesichtsschutz .....	884
19.3.10.4	Gehörschutz .....	884
19.3.10.5	Fußschutz .....	884
19.3.10.6	Handschutz .....	884
19.3.10.7	Warnkleidung .....	885
19.3.10.8	Absturzsicherung .....	885
19.4	Umweltschutz und Aufgaben des Umweltschutzes .....	885
19.4.1	Umweltrecht .....	887
19.4.2	Begriffe im Umweltschutz .....	887
19.4.3	Klima-, Atmosphären- und Luftgefährdung .....	897
19.4.3.1	Treibhauseffekt .....	897
19.4.3.2	Abbau und Schutz der Ozonschicht .....	901
19.4.3.3	Smog .....	902
19.4.4	Beauftragter im Umweltschutz .....	905
19.4.4.1	Verantwortung und Pflichten .....	905
19.4.4.2	Rechtliche Forderungen zur Bestellung von Beauftragten .....	906
19.4.5	Abfallwirtschaft .....	907
19.4.5.1	Rechtliche Regelungen .....	907
19.4.5.2	Begriffserklärung .....	907
19.4.5.3	Grundsätze der Abfallwirtschaft .....	908
19.4.5.4	Handhabung der Entsorgung .....	908
19.4.5.5	Transport von Abfällen .....	908
19.4.5.6	Verpackungsverordnung .....	909
19.4.5.7	Entsorgung von Straßenaufbruch und Erdaushub .....	909
19.4.5.8	Technische Regeln der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): „Anforderungen an die stoffliche Verwertung von mineralischen Reststoffen/Abfällen“ .....	911
19.4.6	Gefahrstoffe .....	912
19.4.6.1	Rechtliche Regelungen .....	912
19.4.6.2	Gefahrstoffeigenschaften § 3 GefStoffV .....	913
19.4.6.3	Pflichten als Hersteller oder Einführer von Gefahrstoffen .....	913
19.4.6.4	Pflichten des Verwenders von Gefahrstoffen .....	916
19.4.7	Asbest und asbesthaltige Erzeugnisse .....	920
19.4.7.1	Asbest und Asbestarten .....	920
19.4.7.2	Gesundheitsgefahr .....	920

19.4.7.3	Rechtliche Regelungen .....	921
19.4.7.4	Standardisierte Arbeitsverfahren .....	923
19.4.7.5	Transport .....	923
19.4.7.6	Entsorgung .....	926
19.4.7.7	Maßnahmen nach GefStoffV und TRGS 519 .....	927
19.4.8	Baumschäden durch Erdgas .....	927
19.4.9	Gefahrgüter .....	928
19.4.9.1	Rechtliche Regelungen .....	928
19.4.9.2	Gefahrgutbeförderungsgesetz .....	929
19.4.9.3	Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt – GGVSEB .....	929
19.4.9.4	Gefahrgutklassen .....	929
19.4.9.5	Klassifizierungscode „KC“ .....	931
19.4.9.6	Beförderungsbedingungen – Maßnahme .....	932
19.4.9.7	Frei- und Beförderungsgrenzen .....	932
19.4.9.8	Ermittlung der Beförderungsmenge nach Tabelle 1.1.3.6.3 ADR .....	940
19.4.10	Gewässerschutz .....	942
19.4.10.1	Wassergefährdende Stoffe .....	942
19.4.10.2	Desinfektionsmittelhaltiges Wasser .....	944
19.4.11	Lärmschutz .....	946
19.4.11.1	Rechtliche Regelungen .....	946
19.4.11.2	Begriffserklärung .....	946
19.4.11.3	Lautstärke – Gehörgefährdung – Einwirkzeit .....	946
19.4.11.4	Lärmbereiche nach Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung .....	947
19.4.11.5	Gehörschädigung .....	947
19.4.11.6	Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) .....	949
19.4.11.7	Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm (TA Lärm) .....	949
19.4.11.8	Schutz gegen Baulärm .....	950
19.4.11.9	Lärmschutz an Rohrleitungsanlagen .....	950
19.4.12	Anwendungen des Umweltschutzes im Rohrleitungsbau .....	952
<b>20</b>	<b>Planung, Vergabe, Baudurchführung und Abrechnung .....</b>	<b>953</b>
20.1	Planung .....	955
20.1.1	Grundlagenermittlung und Vorplanung .....	955
20.1.2	Genehmigungsplanung .....	956
20.1.3	Ausführungsplanung .....	957
20.2	Vergabe .....	958
20.2.1	Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen (VOB) .....	960
20.2.1.1	VOB Teil A .....	961

20.2.1.2	VOB Teil B .....	962
20.2.1.3	VOB Teil C .....	963
20.2.2	Arten der Ausschreibung und Vergabe .....	964
20.2.3	Leistungsbeschreibung und Leistungsverzeichnisse .....	965
20.2.4	Ausschreibungsverfahren .....	967
20.2.4.1	Einzelvergabe .....	967
20.2.4.2	Meterpreisvergabe .....	967
20.2.4.3	Jahresvergabe .....	968
20.2.5	Wertung der Angebote und Vergabe .....	968
20.2.6	Vertragsarten und allgemeine Vertragsbedingungen .....	970
20.2.7	Vertragsbedingungen und Technische Regeln für den Tief- und Rohrbau .....	971
20.3	Baudurchführung .....	973
20.3.1	Arbeitsvorbereitung .....	973
20.3.2	Örtliche Bauleitung .....	974
20.4	Aufmaß und Abrechnung .....	975
20.5	Einfluss des Auftraggebers auf Bauablauf und Baukosten .....	976
<b>Stichwortverzeichnis</b>	.....	979
<b>Inserentenverzeichnis</b>	.....	1004