

0.	Vorbemerkungen	
0.1	Formelzeichen, Einheiten.....	2
0.1.1	Formelzeichen	2
0.1.2	Bezugsbasis und Einheiten für Drücke.....	7
0.1.3	Bezugsbasis und Einheiten für Temperaturen	9
0.2	Druck- und Temperaturangaben für Druckgeräte.....	11
0.2.1	Begriffe, Definitionen	11
0.2.2	Zulässige Parameter	12
0.2.3	Arbeitsparameter	13
0.2.4	Auslegungsparameter.....	15
0.2.5	Berechnungsparameter	18
0.2.6	Ratingparameter	19
0.2.7	Prüfparameter.....	20
0.2.8	Belastungen durch Druck und Temperatur	21
0.3	Ausgewählte äußere Belastungen	23
0.3.1	Ständig wirkende Belastungen durch Gewichte	23
0.3.2	Witterungsbedingte Lasten	27
0.3.3	Reibungskräfte an Rohrhalterungen	29
0.3.4	Sonstige Belastungen.....	34

1. Strömungstechnische Berechnungen

1.1	Grundlagen der strömungstechnischen Berechnungen	36
1.1.1	Innerer Rohrdurchmesser	36
1.1.2	Grundgleichungen für den Druckverlust	41
1.1.3	Verlustbeiwerte	48
1.1.4	Berechnung von Rohrleitungs-Netzen.....	56
1.2	Wasserleitungen	57
1.2.1	Kaltwasserleitungen.....	57
1.2.2	Feuerlöschwasserleitungen	68
1.2.3	Warm- und Heißwasserleitungen.....	69
1.2.4	Leitung für Sattwasser (Siedewasser)	74
1.3	Ölleitungen und andere Flüssigkeitsleitungen	77
1.4	Dampfleitungen.....	82
1.5	Luft- und Gasleitungen	90
1.5.1	Stoffwerte	90
1.5.2	Berechnung des Druckverlustes.....	94
1.5.3	Rohrleitungen der Gasversorgung.....	96
1.6	Feststoffleitungen	101
1.6.1	Einteilung, Kenngrößen.....	101
1.6.2	Homogene und pseudohomogene hydraulische Förderung	106
1.6.3	Heterogene hydraulische Förderung	107
1.6.4	Pneumatische Förderung	110
1.6.5	Praktische Berechnung.....	112

1.7	Warmhalteleitungen	119
1.7.1	Allgemeines	119
1.7.2	Berechnung	120
1.8	Berechnung von Dampfabblaseleitungen.....	128
1.8.1	Grundlagen	128
1.8.2	Kritische Geschwindigkeit an der Mündung.....	130
1.8.3	Unterkritische Geschwindigkeit an der Mündung	130

2. Berechnung der Wärme- und Temperaturverluste

2.1	Berechnungsgrundlagen.....	134
2.1.1	Formelzeichen, Begriffe	134
2.1.2	Auslegungsbedingungen	137
2.1.3	Wärmeübergangszahlen	139
2.1.4	Oberflächentemperatur, Über- und Untertemperatur	144
2.1.5	Wärmeleitfähigkeit von Dämmstoffen.....	145
2.1.6	Wärmedurchgangskoeffizient und Wärmedurchgangswiderstand	154
2.1.7	Zuschläge für Einbauten und Rohrhalterungen	155
2.2	Wärmeverluste und Wärmeeinträge	164
2.2.1	Grundgleichungen	164
2.2.2	Ungedämmte Rohrleitungen.....	165
2.2.3	Gedämmte Rohrleitungen.....	166
2.2.4	Gedämmte ebene Flächen (Platten)	178
2.3	Temperaturänderung längs einer Rohrleitung.....	180
2.4	Bemessung der Dämmdicke nach der Oberflächentemperatur	182
2.4.1	Berechnungsgrundlagen.....	182
2.4.2	Berührungsschutz.....	182
2.4.3	Schwitzwasserdämmung	185
2.5	Auskühlzeiten abgesperrter Flüssigkeitsleitungen	189
2.6	Wirtschaftliche Dämmschichtdicken	193
2.7	Sonstige Bemessungsregeln	196
2.7.1	Mindestdämmdicken nach der Energieeinsparverordnung	196
2.7.2	Mindestdämmdicken an Halterungen.....	197
2.7.3	Bemessung nach der Wärmestromdichte	197
2.7.4	Auslegungsempfehlungen	199

3. Zulässige Spannungen und Bruchhypthesen für Festigkeitsberechnungen

3.1	Werkstoffkennwerte	202
3.1.0	Vorbemerkungen.....	202
3.1.1	Stahl.....	202
3.1.2	Stahlguss	210
3.1.3	Gusseisen	210

3.1.4	Kupfer und Aluminium	211
3.1.5	Thermoplastische Kunststoffe	212
3.1.6	Duroplastische Kunststoffe.....	213
3.2	Festigkeitshypothesen.....	215
3.2.1	Notwendigkeit von Festigkeitshypothesen.....	215
3.2.2	Gestaltänderungs-Energie-Hypothese (GEH).....	215
3.2.3	Schubspannungs-Hypothese (SSH).....	215
3.2.4	Normalspannungs-Hypothese (NH).....	216
3.3	Zulässige Spannungen	217
3.3.1	Gemeinsamkeiten	217
3.3.2	Festigkeitskennwerte für Metalle	222
3.3.3	Festigkeitskennwerte für Kunststoffe	223
3.4	Primär- und Sekundärspannungen, Spannungsspitzen	224
3.4.1	Einteilung	224
3.4.2	Primärspannungen	224
3.4.3	Sekundärspannungen	225
3.4.4	Spannungsspitzen	226
3.4.5	Begrenzung der Spannungen	226
3.4.6	Begrenzung der Spannungen in Rohrleitungssystemen	228
3.5	Bruchmechanik	230
3.5.1	Aufgaben der Bruchmechanik	230
3.5.2	Grundlagen	231
3.5.3	Bruchmechanische Konzepte.....	236
3.5.4	Berechnungsmethoden	236
3.5.5	Anforderungen an die Prüftechnik zur Feststellung von Ungänzen...	238
3.5.6	Anwendungsbeispiele.....	239

4. Festigkeitsberechnung von Rohren und Bauteilen

4.1	Grundlegende Betrachtungen zum geraden Rohr unter Innendruckbelastung	242
4.1.1	Vorbemerkungen.....	242
4.1.2	Grundgleichungen	242
4.1.3	Schweißnahtfaktor.....	249
4.1.4	Bestellwanddicke.....	250
4.1.5	Ovalität (Unrundheit).....	252
4.1.6	Aufdachungen und Abflachungen (Einbeulungen)	253
4.2	Berechnung von Umlenkungen auf Innendruck	255
4.2.1	Wanddickenbestimmung von Biegungen unter Anwendung des Kräftegleichgewichts (Flächenvergleichsmethode).....	255
4.2.2	Wanddickenbestimmung nach der rechnerischen Mindestwanddicke des geraden Rohres	260
4.2.3	Berücksichtigung von Formabweichungen durch Unrundheit	261
4.2.4	Wellenbildung am Intrados in Längsrichtung der Biegung	267

4.2.5	Berücksichtigung von Biegemomenten aus dem Rohrleitungssystem	268
4.2.6	Berechnung von Segmentkrümmern und Gehrungen auf Innendruck.....	268
4.3	Reduzierungen (Erweiterungen).....	270
4.4	Ebene Böden	272
4.4.1	Geflanschte Böden	272
4.4.2	Verschweißte Böden (Vorschweißblinddeckel)	275
4.5	Gewölbte Böden	278
4.5.1	Übersicht	278
4.5.2	Halbkugelböden.....	278
4.5.3	Torisphärische Böden	279
4.5.4	Ausschnitte in gewölbten Böden.....	281
4.6	Abzweige und Ausschnitte	284
4.6.1	Allgemeines	284
4.6.2	Bauformen für Abzweige	286
4.6.3	Berechnung	292
4.7	Kugelformstücke, zylindrische Y-Formstücke, Ausschnitte in Böden	293
4.8	Rohre unter äußerem Überdruck	295
4.8.1	Grundregeln	295
4.8.2	Kritischer Druck	296
4.8.3	Elastisches Einbeulen nach AD 2000 B 6	298
4.8.4	Plastisches Einbeulen nach AD 2000-Merkblatt B 6	300
4.8.5	Berechnung nach DIN EN 13480-3	300
4.9	Anbauteile als integrale Halterungsanschlüsse	301
4.9.1	Grundlagen	301
4.9.2	Allgemeine Randbedingungen und zulässige Spannungen	302
4.9.3	Definitionen und geometrische Grenzen	303
4.9.4	Spannungsanalyse für das Grundrohr unter Einbeziehung der lokalen Spannungen.....	304
4.10	Ermüdung	305
4.10.1	Grundlagen	305
4.10.2	Spitzenspannungen durch Innendruck bei ermüdungs- gefährdeten Rohrleitungsbauten.....	308
4.10.3	Spitzenspannungen durch Temperaturbelastung.....	310
4.10.4	Lineare Temperaturänderungen.....	311
4.10.5	Kombination von Druck- und Temperaturschwankungen	313
4.11	Kriechen und Relaxieren.....	315
4.11.1	Unterschiede zwischen Kriechen und Relaxieren.....	315
4.11.2	Erschöpfung durch Kriechen	316
4.11.3	Erschöpfung durch Kriechen und Ermüden	317
4.12	Besonderheiten bei Rohrleitungen aus Gusseisen, Aluminium und nichtmetallischen Werkstoffen	319

4.12.1	Vorbemerkungen.....	319
4.12.2	Gusseisen	319
4.12.3	Aluminium, Kupfer und andere NE-Metalle	319
4.12.4	Thermoplaste.....	320
4.12.5	Duroplaste	320
4.12.6	Rohrleitungsteile aus Glas	321

5. Berechnung von Flanschverbindungen

5.1	Allgemeines	324
5.2	Berechnungsgrundlagen.....	326
5.2.1	Berechnungsumfang und -voraussetzungen	326
5.2.2	Schraubenvorspannung	328
5.2.3	Belastungen.....	332
5.2.4	Dichtheitsnachweis.....	334
5.3	Genormte Flanschverbindungen	338
5.3.1	Bestandteile genormter Flanschverbindungen.....	338
5.3.2	Ratingparameter nach DIN EN-Reihe 1092	339
5.3.3	Verbindungsmitte.....	343
5.3.4	Dichtungen.....	350
5.4	Relaxation von Dehnschrauben.....	351
5.5	Ausblässicherheit von Flanschverbindungen	356

6. Rohrleitungssystem-Analyse

6.1	Allgemeines	360
6.2	Elastizität des Rohrleitungssystems	361
6.3	Belastungen des Rohrleitungssystems	364
6.4	Beanspruchung des Rohrleitungssystems	367
6.4.1	Allgemeines	367
6.4.2	Spannungen aufgrund ständig wirkender Belastungen	371
6.4.3	Spannungen aufgrund ständig und gelegentlich wirkender Belastungen	373
6.4.4	Spannungen infolge von Wärmeausdehnung und Wechselbeanspruchung	374
6.4.5	Zusätzlicher Nachweis für den Zeitstandbereich.....	375
6.4.6	Spannungen infolge einmaliger Lagerstellenverschiebung	376
6.4.7	Nachweis der Anschlussbelastungen.....	376
6.4.8	Beanspruchbarkeit eines Rohrleitungssystems	377
6.5	Wärmespannungen infolge von Wandtemperaturdifferenzen	378
6.6	Ermittlung der Lasten für Bauangaben.....	379
6.6.1	Übersicht der Lastfälle	379
6.6.2	Bezeichnung der Lasten für Bauangaben	380
6.6.3	Lastfall „Eigengewicht“.....	380

6.6.4	Lastfall „Behinderte Wärmeausdehnung“	381
6.6.5	Lastfall „Reibung“	381
6.6.6	Lastfall „Innendruck“	383
6.6.7	Spezielle Belastungen	383
6.7	Berücksichtigung von Erdbebenbelastungen.....	384
6.7.1	Allgemeine Vorgehensweise	384
6.7.2	Ersatzstatische Erdbebenanalyse.....	385
6.7.3	Erdbebenanalyse mit Antwortspektrenmethode	388
6.7.4	Nichtlineare Untersuchungen mit synthetischen Zeitverläufen	390
6.7.5	Berechnung auf der Grundlage von DIN EN 13480-3	391
6.7.6	Berechnung nach KTA-Regelwerk.....	391
6.8	Rechenprogramme für Rohrleitungssystem-Analysen	392
6.8.1	Berechnungsablauf.....	392
6.8.2	Aufbereitung der Rohrleitungsgeometrie.....	392
6.8.3	Definition der Lastfälle	393
6.8.4	Definition der Spannungsabsicherung	394
6.8.5	Definition der Überlagerungen für die Belastungsauswertung	395
6.8.6	Durchführung der Berechnungen und Ergebnisauswertung	395
6.8.7	Weitere Arbeitsschritte.....	396

7. Einfache statische Berechnungen

7.1	Grundlagen	402
7.1.1	Anwendungsbereich, Formelzeichen.....	402
7.1.2	Elastizitätsmodul.....	403
7.1.3	Wärmeausdehnung.....	404
7.1.4	Wärmeausdehnungskoeffizient	405
7.1.5	Schweißnahtfaktor	408
7.1.6	Vorhandene Spannungen bei ständig wirkenden Lasten	410
7.1.7	Vorhandene Spannungen bei Wärmeausdehnungen	411
7.2	Rohrleitungen ohne Dehnungsausgleich.....	413
7.2.1	Behinderte Wärmeausdehnung in Längsrichtung des Rohres	413
7.2.2	Seitlich ausknickende Rohrleitungen.....	414
7.3	Elastizitätskriterium für oberirdische Systeme.....	417
7.3.1	Definition nach DIN EN 13480-3.....	417
7.3.2	Anwendungshinweise	418
7.4	L-, Z- und U-Ausgleicher	422
7.4.1	Gemeinsamkeiten	422
7.4.2	L-Ausgleicher	428
7.4.3	Z-Ausgleicher	435
7.4.4	U-Ausgleicher	439
7.5	Anschlussbelastungen	443
7.5.1	Definitionen	443
7.5.2	Zulässige Anschlussbelastungen für Flanschverbindungen.....	449

7.5.3	Zulässige Anschlussbelastungen für Armaturen	452
7.5.4	Zulässige Anschlussbelastungen für Aggregate und andere Druckgeräte	456
7.6	Stützweiten und Kraglängen	457
7.6.1	Berechnungsgrundlagen.....	457
7.6.2	Modifizierte Stützweiten und Kraglängen ohne Einzelmassen.....	459
7.6.3	Genormte und konfektionierte Stützweiten und Kraglängen.....	461
7.7	Belastungen an Bauwerkanschlüssen	465
7.7.1	Bauwerkanschlüsse.....	465
7.7.2	Lagerstellenbelastung	466
7.7.3	Belastung der Bauwerkanschlüsse	469
7.8	Erdverlegte Rohrleitungen	470
7.8.1	Mindestwanddicken für Rohrleitungen aus Stahl	470
7.8.2	Bemessung mittels Nenn-Ringsteifigkeiten.....	470

8. Berechnung von Rohrhalterungen

8.1	Allgemeines	476
8.2	Anwendung der DIN EN 13480-3	477
8.3	Sicherheitskonzepte	478
8.3.1	Anwendungsunterschiede in den Sicherheitskonzepten.....	478
8.3.2	σ -zul-Konzept	478
8.3.3	Methode der Teilsicherheitsbeiwerte	479
8.3.4	Anbindung einer Rohrhalterung an das Tragwerk	481
8.4	Stützweitenberechnung.....	483
8.4.1	Berechnungsgrundlagen.....	483
8.4.2	Berechnung der Stützweiten	485
8.4.3	Anhaltswerte für Stützweiten	488
8.5	Bauangaben für Belastungen an Rohrhalterungen.....	490
8.6	Auflagerarten und Belastungen	491
8.7	Berechnungsgrundlagen für Rohrhalterungen.....	495
8.7.1	Spannungsnachweise.....	495
8.7.2	Bemessungsspannung dynamisch beanspruchter Bauteile	501
8.7.3	Stabilitätsnachweise	502
8.7.4	Vergleich verschiedener Regelwerke	504
8.7.5	Experimentelle Auslegung und Überprüfung von Standard- rohrhalterungen.....	506
8.8	Berechnung von Stützkonstruktionen	507

9. Berechnung von Schlauchleitungen und Kompensatoren

9.1	Grundlagen	510
9.1.1	Auslegungsgrundlagen	510
9.1.2	Standardbaureihen	510

9.1.3	Auswahlkriterien	511
9.2	Ermittlung der Bewegungsgrößen.....	512
9.2.1	Allgemeines	512
9.2.2	Wärmeausdehnungen.....	512
9.2.3	Druckdehnungen	513
9.2.4	Schwingungen	514
9.2.5	Sonstige Bewegungen.....	515
9.3	Schlauchleitungen	516
9.3.1	Allgemeines	516
9.3.2	Schlauchleitungen aus Elastomer	517
9.3.3	Schlauchleitungen aus Kunststoffen	518
9.3.4	Metallische Wickelschlauch-Leitungen	518
9.3.5	Wellenschlauch-Leitungen	519
9.4	Schiebe- und Dreh-Kompensatoren.....	526
9.4.1	Zulässige Parameter, Verstellwege	526
9.4.2	Schiebe-Kompensatoren	526
9.4.3	Dreh-Kompensatoren	527
9.5	Balg-Kompensatoren.....	528
9.5.1	Allgemeines	528
9.5.2	Kompensatoren in Rohrleitungssystemen.....	528
9.5.3	Weichstoff-Kompensatoren	532
9.5.4	Elastomer-Kompensatoren (Gummi-Kompensatoren)	533
9.5.5	PTFE-Kompensatoren	535
9.5.6	Metall-Kompensatoren	536
9.6	Kräfte und Momente bei metallischen Balg-Kompensatoren	543
9.6.1	Allgemeines	543
9.6.2	Axialkraft infolge Innendruck	543
9.6.3	Verstellkräfte und -momente von Kompensatoren	544
9.6.4	Sonstige anlagenbedingte Kräfte	547
9.6.5	Kräfte und Momente in Kompensationssystemen	549
9.6.6	Führungen kompensierter Systeme.....	555

10. Flüssigkeitsdynamische Berechnungen

10.1	Instationäre Strömungsvorgänge, Druckstoß	560
10.2	Vereinfachte Berechnungen.....	568
10.2.1	Ermittlung der Schallgeschwindigkeit	568
10.2.2	Druckstöße und dynamische Kräfte	569
10.3	Rechenverfahren für komplexe Systeme.....	572
10.4	Berechnungsbeispiele	573
10.4.1	Berechnungsgrundlage.....	573
10.4.2	Pumpenausfall	573
10.4.3	Turbinenschluss.....	574
10.5	Fluid-Struktur-Wechselwirkung	579

11.	Erdverlegte Kunststoffmantelrohr-Systeme	
11.1	Allgemeines	590
11.2	Auslegung langer, gerader Leitungsabschnitte	591
11.2.1	Einteilung	591
11.2.2	Kaltverlegung mit niedrigem Spannungsniveau (VA).....	591
11.2.3	Kaltverlegung mit hohem Spannungsniveau (VB).....	594
11.2.4	Vorgewärmte Verlegung (VC)	595
11.2.5	Verlegung mit Einmalkompensatoren (VD)	596
11.3	Kompensation der Endverschiebungen	597
11.4	Systemgerechte Trassierung	600
11.5	Abzweige und Hausabgänge.....	602
11.6	Grundlagen der Elastizitätsberechnung bei KMR-Systemen	604
11.6.1	Überblick, Formelzeichen	604
11.6.2	Reibungskraft F_R' bei Axialverschiebung	604
11.6.3	Axialkräfte infolge inneren Überdruckes.....	611
11.6.4	Bettungskraft Q_v' infolge Querverschiebung	615
11.6.5	Resultierender Bettungswiderstand	620
11.7	Doppelrohre	625
11.7.1	Unterschiede gegenüber Einzelrohrverlegung.....	625
11.7.2	Berechnung	629
12.	Berechnung warmgehender erdverlegter Stahlmantelrohrsysteme	
12.1	Allgemeines	632
12.2	Lagerung des Mediumrohres im Mantelrohr.....	633
12.3	Lagerbelastungen infolge Eigengewicht.....	636
12.4	Querbelastungen in abgewinkelten Vorspannstrecken	637
12.5	Querbelastungen infolge behinderter Dehnung.....	638
12.6	Reaktionen und Verschiebungen an den Kompensationsstellen ..	638
12.7	Axialbelastungen der Koppelpunkte.....	639
12.7.1	Vorbemerkungen.....	639
12.7.2	Grundlagen der Berechnung von Vorspannstrecken.....	639
12.7.3	Mechanisches Vorspannen.....	641
12.7.4	Thermisches Vorspannen	645
12.7.5	Verschiebung und Belastung des Koppelpunktes bei Betrieb ..	652
12.7.6	Berechnung der Verschiebungen und Belastungen mit Computer-Programmen	657
12.8	Anwendungsbeispiel.....	657

13.	Berechnung kaltgehender erdverlegter Rohrleitungen	
13.1	Einleitung	662
13.2	Mechanisches System „Fahrbahn-Boden-Rohr“	663
13.2.1	Mechanische Eigenschaften der Rohrwerkstoffe	664
13.2.2	Mechanische Eigenschaften der Boden- und Verfüllmaterialien ..	668
13.2.3	Verlege- und Einbaubedingungen	673
13.2.4	Belastungsverhältnisse	677
13.3	Berechnungsverfahren für erdverlegte Rohrleitungen	684
13.3.1	Allgemeines	684
13.3.2	Berechnung gegen Innendruck	686
13.3.3	Beanspruchungen in Rohrumfangsrichtung durch den erdverlegten Zustand.....	689
13.3.4	Beanspruchungen in Rohrlängsrichtung durch den erdverlegten Zustand.....	737
13.4	Berechnung mit der Finite-Elemente-Methode	755
13.5	Sicherheitskonzepte für erdverlegte Rohrleitungen	756
13.5.1	Anstrengungs- bzw. Festigkeitshypothesen	757
13.5.2	Deterministisches Sicherheitskonzept.....	759
13.5.3	Probabilistisches Sicherheitskonzept.....	761
13.5.4	Nutzungsdauer von Kunststoffrohren bei Belastungsschwankungen.....	764

14. Lärmschutz bei Rohrleitungen

14.1	Vorbemerkungen.....	766
14.2	Lärmquellen von Rohrleitungen.....	766
14.3	Lärmemission von Armaturen.....	769
14.3.1	Grundlagen, Voraussetzungen.....	769
14.3.2	Schalldämmung infolge der Armaturenwandung	771
14.3.3	Schalldruckpegelanteil infolge der Armaturenbauart	772
14.3.4	Schalldruckpegel von Armaturen für Gase und Dämpfe	774
14.3.5	Schalldruckpegel von Armaturen für Flüssigkeiten	776
14.3.6	Armaturen mit kleinem Druckgefälle.....	780
14.4	Strömungslärm	781
14.4.1	Gase und Dämpfe.....	781
14.4.2	Flüssigkeiten.....	783
14.4.3	Feststoffe	783
14.5	Schallübertragung innerhalb der Rohrleitung	784
14.6	Schall in geschlossenen Räumen.....	784
14.6.1	Schallabstrahlung und Schalldämmung	784
14.6.2	Luftschallausbreitung im Raum	786
14.6.3	Überlagerung von Schallpegeln.....	788
14.7	Zulässige Schallemissionen.....	790

15. Auslegung von Abblasystemen	
15.1 Vorbemerkungen.....	794
15.2 Zuleitung zum Sicherheitsventil.....	799
15.2.1 Auslegungsgrundlagen	799
15.2.2 Erforderlicher Innendurchmesser	800
15.2.3 Maximal zulässige Länge der Zuführungsleitung	805
15.3 Abblaseleitung und -schacht.....	807
15.3.1 Auslegungsgrundlagen	807
15.3.2 Dimensionierung von Abblasystemen ohne Schalldämpfer oder Erweiterung	808
15.3.3 Dimensionierung von Abblasystemen mit Schalldämpfer oder Erweiterung	811
15.3.4 Eigengegendruck.....	814
15.3.5 Kontrolle auf unzulässige Schallgeschwindigkeit.....	817
15.3.6 Dimensionierung von Staustufen.....	819
15.4 Notwendigkeit eines Abblaseschalldämpfers	820
15.4.1 Austrittsquerschnitt der Abblasemündung	820
15.4.2 Berechnung der Austrittsgeschwindigkeit.....	821
15.4.3 Schallleistungspegel	821
15.4.4 Schallausbreitung im Freien	822
15.4.5 Zulässige Immissionsrichtwerte	824
15.4.6 Erfordernis eines Abblaseschalldämpfers	825
15.5 Kräfte beim Abblasevorgang	826
16. Auslegung von Ausblasystemen	
16.1 Beschreibung des Reinigungsverfahrens	830
16.2 Berechnungsgrundlage.....	832
16.2.1 Sauberkeitskriterium.....	832
16.2.2 Erforderlicher Massenstrom zum Ausblasen	832
16.3 Strömungstechnische Berechnung des Ausblasystems	835
16.3.1 Ausblasemündung	835
16.3.2 Gegendruck nach Drosselventil.....	836
16.3.3 Auslegungsdruck der provisorischen Ausblaseleitung	837
16.3.4 Kontrolle auf unzulässige Schallgeschwindigkeit	838
16.3.5 Auslegungsdruck und Druckverlust der Zuführungsleitung	839
16.3.6 Berechnungsablauf	839
16.4 Ermittlung der Schallemissionen	840
16.5 Kräfte an der Ausblasemündung	841
17. Dämpfung von Rohrleitungsschwingungen	
17.1 Einleitung	844
17.2 Bewertung von Rohrleitungsschwingungen	845

17.3	Dynamische Halterungen für Rohrleitungen	847
17.4	Viskoelastische Flüssigkeitsdämpfer	848
17.5	Einbau von Rohrleitungsdämpfern	856
17.6	Dämpferauswahl und -berechnung	857
17.7	Verfahren zur Reduzierung von Schwingungen.....	859

18. Häufig verwendete Berechnungs-Software

18.0	Vorbemerkungen	868
18.1	Strömungstechnische Berechnungen	869
18.1.1	Programmsystem SINETZ, SINETZfluid, SINETZFW	869
18.1.2	Programm sisHYD zur hydraulischen und thermischen Rohrnetzberechnung	871
18.1.3	LV-Programme: Module Bereich Strömungstechnik	873
18.2	Berechnung der Dämmung und der Wärmeverluste	874
18.2.0	Vorbemerkung	874
18.2.1	Programm TechCalc®	874
18.2.2	LV-Programme: Modul Bereich Wärmeleitung.....	876
18.2.3	Programm FERO: Modul zur Berechnung von Dämmdicken.....	876
18.2.4	Programm WTB	877
18.2.5	Programm ROCKASSIST.....	878
18.3	Festigkeitsberechnungen.....	878
18.3.1	Programmsystem FERO	878
18.3.2	Programm PROBAD	880
18.3.3	Mathcad-Dateien KONDROL.....	881
18.3.4	LV-Programme: Module Festigkeitsberechnungen.....	882
18.3.5	Programm AD	884
18.3.6	Programm CENFLA für Flanschverbindungen	885
18.3.7	Programm ADRIESS 2000 und ACRIESS.....	886
18.3.8	FEM-Programmpaket ANSYS	886
18.3.9	Dimensionierungs-Software DIMy für Druckgeräte	887
18.4	Rohrleitungssystem-Analyse	888
18.4.1	Programmsystem ROHR2	888
18.4.2	Programmsystem KWUROHR / AREVAROHR	891
18.4.3	Programmsystem P10 (Pipe-Stress-Analysis).....	892
18.4.4	Programmsystem EASYPIPE, EASYPLOT und KEDRU	893
18.4.5	Programmsystem BENTLEY® AUTOPIPE™	894
18.5	Betriebsbegleitende Berechnungen	895
18.5.1	Programm MLM/ConLife zur Lebensdauerüberwachung	895
18.5.2	Programm „Boiler Lifetime Monitoring“ zur Lebensdauerüberwachung	896
18.5.3	Programm FERO: Modul zur Betriebsüberwachung	897
18.6	Programm FLEXPERTE zur Auswahl von Kompensatoren	898
18.7	Berechnung von Rohrhalterungen.....	899

18.7.1	Berechnung von Hilfs- und Stützkonstruktionen (Stahltragwerke)	899
18.7.2	Programm LICAD zur Auswahl und Berechnung von Standardhalterungen	899
18.7.3	Programm PSS 2005 zur Auswahl und Berechnung von Standardhalterungen	901
18.7.4	Programm FLEXPERTE zur Auswahl und Berechnung von HYDRA Standardhalterungen	902
18.7.5	Programm HTA zur Auswahl und Berechnung von Ankerschienen, Applikationen für Powerclick	902
18.8	Berechnung erdverlegter Rohrleitungen	903
18.8.1	Kaltgehende erdverlegte Rohrleitungen	903
18.8.2	Programm sisKMR zur Berechnung warmgehender Kunststoffmantelrohrleitungen	904

19. Verzeichnis der Normen und Regeln

19.0	Vorbemerkungen.....	908
19.1	Deutsche Normen.....	908
19.1.1	DIN-Normen.....	908
19.1.2	DIN EN-Normen.....	910
19.1.3	DIN EN ISO-Normen	919
19.1.4	DIN ISO-Normen	920
19.2	Deutsche Regeln	920
19.2.1	AD 2000-Merkblätter	920
19.2.2	AGFW-Informationen, -Richtlinien und -Arbeitsblätter.....	922
19.2.3	AGI-Arbeitsblätter.....	922
19.2.4	BGR - Berufsgenossenschaftliche Regeln für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit	922
19.2.5	BIA-Informationen des Instituts für Arbeitsschutz	923
19.2.6	DVGW-Regelwerk.....	923
19.2.7	DVS-Merkblätter und -Richtlinien	923
19.2.8	DWA-Regelwerk (DWA- und ATV-DWK-Arbeitsblätter)	924
19.2.9	FDBR-Normen, FDBR-Richtlinien, Verbändevereinbarungen	924
19.2.10	KTA: Sicherheitstechnische Regeln des Kerntechnischen Ausschusses	925
19.2.11	RAL-Druckschriften	925
19.2.12	VDI-Richtlinien	926
19.2.13	VDMA-Einheitsblätter	926
19.2.14	VdTÜV-Merkblätter	927
19.2.15	VGB-Richtlinien und VGB-Standards	927
19.2.16	Spezielle Werknormen	928
19.3	Internationale und ausländische Normen und Regeln.....	928
19.3.1	ISO-Normen.....	928
19.3.2	Großbritannien	928

19.3.3	Frankreich	929
19.3.4	USA.....	929
19.4	Inaktuelle Normen und Regeln	931
19.4.1	Inaktuelle Normen.....	931
19.4.2	Inaktuelle Regeln	932

20. Literaturverzeichnis

.....	933
-------	-----

21. Stichwortverzeichnis

.....	951
-------	-----