

STRADTMANN

STAHLROHR- HANDBUCH

11. AUFLAGE

zusammengestellt von Dieter Schmidt unter
Mitarbeit von Walter G. von Baeckmann
Karl-Heinz Brensing · Gunther Dette · Guido
Dolder · Heinrich Engelmann · Robert
Gillesen · Manfred Klöpsch · Karl Kubat †
Werner Lindow · Helmut Pirchl · Baldur
Sommer · Bernd Thier · Manfred Weber
Walter Zimnik



VULKAN-VERLAG

Inhaltsverzeichnis

<i>Geleitwort des Stahlrohrverband e. V.</i>	<i>V</i>
<i>Vorwort</i>	<i>VII</i>
<i>Autorenverzeichnis</i>	<i>IX</i>
<i>I Einleitung</i>	<i>1</i>
 <i>II Rohrstähle</i>	
1. Allgemeine Einteilung der Stahlsorten	5
2. Herstellung des Rohrvormaterials	6
2.1. Schmelzen	6
2.2. Vergießen	9
2.3. Warmformgebung	10
2.3.1. Vormaterial für nathlose Rohre	11
2.3.2. Vormaterial für geschweißte Rohre	13
2.4. Äußere und innere Beschaffenheit des Rohrvormaterials	14
2.5. Wärmebehandlung	15
3. Werkstoffeigenschaften	24
3.1. Kennzeichnung und Prüfung	24
3.1.1. Mechanisch-technologische Eigenschaften	24
3.1.2. Physikalische Eigenschaften	26
3.1.3. Verhalten gegenüber chemischen Agenzien	27
3.2. Einfluß auf die Werkstoffeigenschaften	27
3.2.1. Stahlzusammensetzung und Gefügeausbildung	28
3.3. Schweißen	32
3.3.1. Allgemeine Anforderungen an geschweißte Bauteile	32
3.3.2. Einfluß der chemischen Zusammensetzung	33
4. Benennung der Stähle	36
4.1. Systematik der Werkstoffnummern	36
4.2. Kurznamen der Stahlsorten	36
5. Vorschriften für Stahlrohre	39
5.1. Allgemeine Anforderungen	39
5.2. Allgemeine Vorschriften	40
5.3. Rohrnormen-Übersicht	41
6. Stähle für Rohre und Zubehör	42

6.1.	Nahtlose Rohre – Stahlgüten	42
6.1.1.	Nahtlose Rohre aus unlegierten Stählen	42
6.1.2.	Nahtlose Rohre aus Feinkornbaustählen für besondere Anforderungen	42
6.1.3.	Nahtlose Rohre aus warmfesten Stählen und hochwarmfesten Stählen	43
6.1.4.	Nahtlose Rohre aus kaltzähren Stählen	44
6.1.5.	Nahtlose Rohre aus nichtrostenden Stählen	44
6.2.	Geschweißte Rohre – Stahlgüten	55
6.2.1.	Geschweißte Rohre aus unlegierten Stählen	55
6.2.2.	Geschweißte Rohre aus Feinkornbaustählen für besondere Anforderungen	70
6.2.3.	Geschweißte Rohre aus warmfesten Stählen	70
6.2.4.	Geschweißte Rohre aus kaltzähren Stählen	70
6.2.5.	Geschweißte Rohre aus nichtrostenden Stählen	70
6.3.	Nahtlose und geschweißte Rohre – Stahlgüten	70
6.3.1.	Rohre für Fernleitungen für brennbare Flüssigkeiten und Gase	70
6.3.2.	Ölfeldrohre	84
6.3.3.	Rohre für Wasserleitungen	85
6.4.	Stähle für Rohrvormaterial	85
6.4.1.	Allgemeine Baustähle	85
6.4.2.	Wetterfeste und verschleißfeste Baustähle	89
6.4.3.	Warmfeste und kaltzähre Stähle	89
6.4.4.	Höherfeste und hochfeste schweißgeeignete Feinkornbaustähle	98
6.4.5.	Hochwarmfeste Stähle	98
6.4.6.	Druckwasserstoffbeständige Stähle	114
6.4.7.	Nichtrostende Stähle	114
6.4.8.	Hitzebeständige Stähle	128
6.4.9.	Vergütungs- und Einsatzstähle	128
6.5.	Warmfeste schweißgeeignete Stähle für Flansche	132
6.6.	Schraubenstähle	132
6.6.1.	Unlegierte Stähle	132
6.6.2.	Warmfeste Stähle	132
6.7.	Stähle für Halterungen bei hohen Betriebstemperaturen	132
6.7.1.	Stähle für Schweißkonstruktionen	132
6.7.2.	Warmfester und hitzebeständiger Stahlguß	132
6.8.	Stähle für Schweißzusätze	132
7.	Schrifttum	140

III Herstellverfahren

1.	Einleitung	143
2.	Nahtlose Rohre	146
2.1.	Schrägwalz-Pilgerschrittverfahren	148
2.2.	Stopfenwalzverfahren	153
2.3.	Rohrkontiverfahren	156
2.4.	Stoßbankverfahren	161
2.5.	Ziehpreßverfahren	162
2.6.	Rohrstrangpreßverfahren	164

2.7.	Schrägwalzverfahren	165
2.7.1.	Asselwalzverfahren	165
2.7.2.	Diescherwalzverfahren	167
3.	Kaltweiterverarbeitung von Röhren	167
3.1.	Kaltziehen	168
3.2.	Kaltpilgern	172
4.	Geschweißte Rohre	174
4.1.	Preßschweißverfahren	175
4.1.1.	Feuerpreßschweißen (Fretz-Moon-Verfahren)	175
4.1.2.	Widerstandspreßschweißen	176
4.1.2.1.	Gleichstromverfahren	176
4.1.2.2.	Niederfrequenzverfahren	176
4.1.2.3.	Hochfrequenzverfahren	177
4.2.	Schmelzschweißverfahren	183
4.2.1.	Unterpulver-Schweißverfahren	183
4.2.2.	Schutzgas-Schweißverfahren	186
4.2.3.	Längsnahtrohrherstellung (U-O-Verfahren)	188
4.2.4.	Spiralrohrherstellung	191
4.2.4.1.	Spiralrohrherstellung mit gemeinsamen Form- und Schweißanlagen	193
4.2.4.2.	Spiralrohrherstellung mit getrennten Form- und Schweißanlagen	196
5.	Schrifttum	200

IV Bemessung von Stahlrohren

1.	Druckabfallberechnung	201
1.1.	Rohrdurchmesser	201
1.2.	Druckabfall in geraden Röhren kreisförmigen Querschnitts	204
1.3.	Druckabfall in Bogen kreisförmigen Querschnitts	208
1.4.	Druckabfall in Einzelwiderständen	208
1.5.	Hinweise zur Druckabfallberechnung	209
1.6.	Druckabfall in Wasserleitungen	213
1.7.	Druckabfall in Gas- und Luftleitungen	226
1.8.	Druckabfall in Dampfleitungen	235
1.9.	Druckabfall in Ölleitungen	240
2.	Wärmedämmung	244
2.1.	Theoretische Grundlagen	244
2.2.	Ausführung	249
3.	Festigkeitsberechnung von Stahlrohren	253
3.1.	Allgemeines	253
3.2.	Stahlrohre unter Innendruck nach DIN 2413 (Entwurf April 1989)	257
3.2.1.	Rohrleitungen für vorwiegend ruhende Innendruckbeanspruchung bis zu 120 °C Berechnungstemperatur	262
3.2.2.	Rohrleitungen für vorwiegend ruhende Innendruckbeanspruchung über 120 °C Berechnungstemperatur	264
3.2.3.	Rohrleitungen für schwellende Innendruckbeanspruchung	265

3.3.	Rohre als druckführende Teile von Druckbehältern nach AD-Merkblättern	268
3.3.1.	Zylindrische Druckbehältermäntel unter innerem Überdruck (AD Merkblatt B1, Aug. Juni 86)	277
3.3.2.	Zylindrische Schalen unter äußerem Überdruck (AD-Merkblatt B6, Aug. Jan. 86)	278
3.4.	Rohre als druckführende Teile von Dampfkesseln nach TRD der Reihe 300	282
3.4.1.	Zylinderschalen unter innrem Überdruck (TRD 301)	284
3.4.2.	Berechnung von Rohrbogen (TRD 301, Anlage 2)	287
3.4.3.	Zylinderförmige Schalen unter äußerem Überdruck (TRD 306)	288
3.5.	Eingeerdete Stahlrohre	295
3.6.	Formstücke aus Stahlrohren (AD-Merkblatt B9 Aug. Juni 86)	297
3.7.	Zylinderschalen mit Ausschnitten (TRD 301)	299
3.8.	Sonstige Vorschriften	302
3.8.1.	Acetylenleitungen TRAC 204	303
3.8.2.	Rohrleitungen zur Beförderung brennbarer Flüssigkeiten (TRbF 212)	305
3.8.3.	Rohre in Wärmeübertragungsanlagen (DIN 4754 Aug. 1.1980)	306
3.9.	Stützweite von Stahlrohren	306
3.10.	Hydraulischer Druckstoß in Rohren	307
4.	Schrifttum	310

V Rohrverbindungen

1.	Einleitung	313
2.	Übersicht und Einteilung	313
2.1.	Lösbare Verbindungen	313
2.1.1.	Flanschverbindungen	313
2.1.2.	Muffenverbindungen	317
2.1.3.	Rohrverschraubungen	318
2.1.4.	Sonderverbindungen	321
2.2.	Unlösbare Verbindungen	323
2.2.1.	Schweißverfahren	323
2.2.2.	Schweißverbindungsform	324
2.2.3.	Wärmebehandlung von Schweißverbindungen	326
2.2.4.	Schweißnahtfehler; Schweißnahtprüfung	327
3.	Betriebliche und planerische Aspekte	328
3.1.	Normierung von Rohrleitungsverbindungen	328
3.2.	Sicherheit/Dichtheitsgrad/Leckagerisiko	328
3.3.	Werkstoffe, Werkstoffbeständigkeit	330
3.4.	Mechanische Beanspruchung, Prüf- und Berechenbarkeit von Rohrverbindungen	330
3.4.1.	Flanschverbindungen	330
3.4.2.	Schweißverbindungen	331
3.5.	Lösbarkeit, Montage	332
3.6.	Reinhaltung, Spülbarkeit	333
3.7.	Verschiedenes	333
3.8.	Kostenbetrachtung	333
4.	Schrifttum	334

VI Formstücke

1.	Allgemeines	335
2.	Richtungsänderungen des Rohrstranges	335
3.	Querschnittsänderungen des Rohrstranges	348
4.	Wanddicken/Werkstoffänderung des Rohrstranges	352
5.	Stromvereinigung – Stromtrennung	352
6.	Rohrverschlüsse	356
7.	Form-Schweißen	364
8.	Schrifttum	364

VII Korrosion und Korrosionsschutz

1.	Allgemeines	365
2.	Korrosionsmedien und Schutzmöglichkeiten	366
2.1.	Korrosion in der Atmosphäre und in Gasen	367
2.2.	Wässer	367
2.3.	Erdböden	368
2.3.1.	Einteilung nach Bodenarten	371
2.3.2.	Spezifischer Bodenwiderstand	371
3.	Korrosionsverhalten von Rohrstählen	372
3.1.	Unlegierte und niedriglegierten Stähle	372
3.2.	Nichtrostende Stähle	373
4.	Korrosionsschutzbeschichtungen	373
4.1.	Außenschutz	374
4.1.1.	Oberflächenvorbereitung	374
4.1.2.	Phosphatieren	375
4.1.3.	Korrosionsschutz-Beschichtungen	376
4.1.4.	Temporärer Korrosionsschutz	376
4.1.5.	Rohrumhüllungen	378
4.1.6.	Baustellenumhüllung	381
4.1.7.	Schutz von Fernwärmeleitungen	383
4.2.	Innenschutz	383
4.2.1.	Epoxidharzauskleidung	383
4.2.2.	Auskleidung auf bituminöser Basis	383
4.2.3.	Auskleidung mit Zementmörtel	384
4.3.	Metallische Überzüge	384
4.3.1.	Feuerverzinkung	384
4.3.2.	Elektrolytische Überzüge	385
4.3.3.	Plattieren	385
4.4.	Emaillieren	386
5.	Elektrochemischer Korrosionsschutz	386
5.1.	Kathodischer Schutz	386
5.2.	Kathodischer Korrosionsschutz durch galvanische Anoden	388
5.3.	Kathodischer Korrosionsschutz durch Fremdstrom	389
5.4.	Kathodischer Schutzbereich von Rohrleitungen	392

5.5.	Nachmessung und Überwachung des kathodischen Schutzes	393
5.6.	Kathodischer Schutz bei Streustromeinfluß	395
5.7.	Kathodischer Schutz für Stahlrohre von Gasaußendruckkabeln	397
5.8.	Lokaler kathodischer Schutz von Rohrleitungen in Industrieanlagen	397
5.9.	Kathodischer Innenschutz	398
5.10.	Anodischer Korrosionsschutz	399
6.	Maßnahmen bei der Hochspannungsbeeinflussung von Rohrleitungen	401
6.1.	Kurzzeitbeeinflussung	401
6.2.	Langzeitbeeinflussung	406
7.	Schrifttum	407
7.1.	Deutsche Normen	407
7.2.	DVGW-Arbeitsblätter, VDI-Richtlinien, VDE-Bestimmungen	408
7.3.	AfK-Empfehlungen	409
7.4.	Technische Regeln für brennbare Flüssigkeiten	409
7.5.	Bücher und Veröffentlichungen	409

VIII Anwendungsgebiete

1. Rohrleitungen in Wärmekraftwerken

1.1.	Typische Schaltungsbeispiele	413
1.1.1.	Kondensations-Kraftwerke	413
1.1.2.	Heizkraftwerke	418
1.1.3.	Industriekraftwerke	420
1.2.	Bestimmung des lichten Rohrdurchmessers	422
1.3.	Werkstoffauswahl	423
1.4.	Wanddickenberechnung	424
1.5.	Elastizitätsberechnung	425
1.6.	Rohrunterstützungen und -Aufhängungen	429
1.7.	Armaturen	434
1.7.1.	Absperrarmaturen	434
1.7.2.	Rückschlagventile und -Klappen	441
1.7.3.	Regelventile	443
1.7.4.	Sicherheitsventile	443
1.7.5.	Sonderarmaturen	447
1.7.6.	Kondensatableiter	452

2. Fernwärmeleitungen

2.1.	Einleitung	454
2.2.	Planung	455
2.2.1.	Auslegung und Dimensionierung	455
2.2.1.1.	Hydraulik	456
2.2.1.2.	Festigkeit	457
2.2.1.3.	Wärmeverluste	458
2.2.2.	Bauplanung	459

2.2.3.	Weitere Planungsaufgaben	460
2.3.	Leitungsbau	461
2.3.1.	Tiefbau	461
2.3.2.	Verlegeverfahren	461
2.3.2.1.	Freileitungen	462
2.3.2.2.	Kanalverlegung	463
2.3.2.3.	Kunststoff-Mantelrohre	464
2.3.2.4.	Stahlmantelrohre	466
2.3.2.5.	Asbestzement-Mantelrohre	468
2.3.2.6.	Bitumengießverfahren	469
2.4.	Rohrleitung und Zubehör	469
2.4.1.	Mediumrohr	470
2.4.2.	Rohrformstücke	471
2.4.3.	Rohrhalterungen	472
2.4.4.	Armaturen	473
2.4.5.	Kompensation	473
2.5.	Wärmedämmung	474
2.6.	Schächte	474

3. Rohrleitungen für hydroelektrische Kraftanlagen

3.1.	Allgemeines	476
3.2.	Bauarten	476
3.2.1.	Die Kavernen-Kraftanlage	476
3.2.2.	Oberirdisch verlegte Druckleitung mit Expansionen	479
3.2.3.	Oberirdisch verlegte starre Druckleitung	479
3.2.4.	Eingegrabene starre Druckleitung	480
3.2.5.	Verteilleitungen	480
3.3.	Bauelemente	481
3.3.1.	Wasserfassung	481
3.3.2.	Zylinderschütze	483
3.3.3.	Rohre	484
3.3.4.	Schweißnahtformen	486
3.3.5.	Abstützungen	488
3.3.6.	Expansionen	488
3.3.7.	Fixpunkte	489
3.3.8.	Mannlöcher	490
3.3.9.	Flanschverbindungen	490
3.3.10.	Abzweigrohre	493
3.4.	Materialqualitäten	495
3.4.1.	Allgemeine Schweißbarkeit, Kerbzähigkeit-Steilabfall, Festigkeit, Glühen	495
3.4.2.	Kesselbleche	496
3.4.3.	Feinkornstähle	496
3.4.4.	Thermisch vergütete schweißbare Stähle	496
3.5.	Berechnung	497
3.5.1.	Festigkeit	497

3.5.1.1.	Allgemeines	497
3.5.1.2.	Belastungen	497
3.5.1.3.	Berechnungsmethoden	498
3.5.2.	Hydraulische Berechnung	503
3.5.2.1.	Druckleitungen	503
3.5.2.2.	Verteilungen	503
3.6.	Ortsmontagen	503
3.6.1.	Montage im Tagbau	503
3.6.2.	Montage unter Tag	506
3.6.3.	Vormontage in einer Feldwerkstatt	508
3.6.4.	Montage großer Verteilungen	510
3.7.	Wartung und Betrieb	513

4. Rohrleitungen in verfahrenstechnischen Anlagen

4.1.	Berechnung – Beanspruchung – Auslegung	515
4.1.1.	Wärmedehnung	515
4.1.2.	Elastizitätsberechnung	515
4.1.3.	Kompensation	516
4.1.4.	Druckstöße	518
4.1.5.	Auslegung der Rohrleitungen für oszillierende Verdrängerpumpen	519
4.1.6.	Gaspulsation	521
4.2.	Planung und Abwicklung	521
4.2.1.	Arbeitsablauf der Rohrleitungsplanung	521
4.2.2.	R & I-Fließbild	524
4.2.3.	Rohrleitungsspezifikation	524
4.2.4.	EDV-Einsatz bei der Rohrleitungsplanung	526
4.3.	Rohrleitungstechnik – Betriebstechnik	528
4.3.1.	Fertigung	528
4.3.2.	Betriebssicherheit	531
4.3.2.1.	Verfahrenstechnische Lösungen der Sicherheitsprobleme am Druckbehälter	532
4.3.2.2.	Sicherheitsschaltung am Polymerisationsreaktor	533
4.3.2.3.	Überdruck- und Unterdruckabsicherung	534
4.3.2.4.	Sicherheitstechnische Checkliste	536
4.4.	Werkstoffe	538
4.4.1.	Beanspruchung durch Druckwasserstoff	538
4.4.2.	Rohre aus korrosionsbeständigen Stählen	539
4.5.	Erfahrungen – Schäden	540
4.5.1.	Wasserstoffinduzierte Spannungsrißkorrosion an Rohrleitungen aus hochfesten Stählen	541
4.5.2.	Überbeanspruchung von Rohrleitungsteilen durch Temperaturgradienten im Rohrwerkstoff beim Anfahren	543
4.5.3.	Folgeschäden durch Nicht-Berücksichtigung der instationären Rohrleitungsdehnung bei katalytischen Prozessen	544
4.5.4.	Erosions- und Korrosionsschäden an Rohrleitungen unter hohem Druck mit korrosiven Gasen gesättigter Flüssigkeiten	546

4.5.5.	Schaden an einer austenitischen Leitung infolge Spannungsrißkorrosion durch Aufkonzentration von Chloriden auf der Rohraußenseite durch Verdampfung der durch eine undichte Isolierung eingebrachten Feuchtigkeit	548
--------	---	-----

5. Rohrfernleitungen für gasförmige, flüssige und feste Transportgüter

5.1.	Einführung	550
5.2.	Transportmedien	552
5.3.	Planung und Entwurf	554
5.3.1.	Trassierung und Rechtserwerb	555
5.3.2.	Vermessung	556
5.3.3.	Konstruktion	557
5.3.3.1.	Fließbilder	557
5.3.3.2.	Rechnergestützte Konstruktion	558
5.3.3.2.1.	Eingangsdaten für das Konstruieren	560
5.3.3.2.2.	Hardware	561
5.3.3.2.3.	Konstruktionsarten	561
5.3.4.	Bauteile	567
5.3.4.1.	Stahlrohre und Formstücke	567
5.3.4.1.1.	Festigkeit und Zähigkeit	567
5.3.4.1.2.	Sicherheitsbeiwerte	569
5.3.4.2.	Absperrarmaturen	569
5.3.4.3.	Molchschießen	571
5.3.4.4.	Dehnungsausgleicher	572
5.4.	Leitungsbau	573
5.4.1.	Schweißtechnik	573
5.4.2.	Verlegung	574
5.4.3.	Kreuzungsbauwerke	575
5.4.3.1.	Straßen und Bahnkreuzungen	575
5.4.3.2.	Wasserlaufkreuzungen	577
5.4.	Druckprüfungen	580

6. Seeverlegte Leitungen für Öl und Gas

6.1.	Allgemeines	581
6.2.	Transportalternativen	581
6.3.	Öl- und Gasleitungen in der Nordsee	584
6.4.	Fernleitungen in sehr tiefem Wasser	587
6.5.	Verlegetechnik	589
6.5.1.	Technische Planung	589
6.5.2.	Lay-Barge-Methode	590
6.5.2.1.	Verlegeschiiff	591
6.5.2.2.	Verlegevorgang	596
6.5.2.3.	Festigkeitsfragen	597
6.5.2.4.	Komponenten des Rohres	600

6.5.2.5.	Schweißverfahren	603
6.5.2.6.	Einbettung und Sicherung	607
6.5.2.7.	Überwachung	609
6.5.3.	Reel-Ship-Methode	609
6.5.4.	Bottom-pull-Methode	612
6.6.	Leitungseinbindungen	613

7. Transport fester Stoffe in Rohrleitungen

7.1.	Das Förderprinzip und seine Varianten	617
7.1.1.	Hydraulische Förderung	618
7.1.2.	Pneumatische Förderung	618
7.1.3.	Hydro-pneumatische Förderung	619
7.1.4.	Vertikale Förderung	619
7.1.5.	Horizontale Förderung	623
7.2.	Berechnung strömungstechnischer Rohrförderung	627
7.2.1.	Berechnung hydraulischer Rohrförderung	627
7.2.1.1.	Homogene hydraulische Förderung	627
7.2.1.2.	Pseudohomogene hydraulische Förderung	628
7.2.1.3.	Heterogene hydraulische Förderung	629
7.2.2.	Berechnung pneumatischer Förderung	632
7.2.2.1.	Flugförderung	632
7.2.2.2.	Strähnen-, Ballen- und Dünenförderung	632
7.2.2.3.	Propfen-, Schub- und Fließförderung	633
7.2.2.4.	Berechnung horizontaler pneumatischer Förderung	633
7.2.2.5.	Berechnung vertikaler pneumatischer Förderung	637
7.3.	Förderanlagen	638
7.3.1.	Komponenten von Strömungsförderanlagen	638
7.3.2.	Beispiele von Strömungsförderanlagen	639
7.4.	Rechenbeispiele	640
7.4.1.	Rechenbeispiele – Hydraulische Förderung	640
7.4.2.	Rechenbeispiel – Pneumatische Förderung	646

8. Schrifttum	651
-------------------------	-----

IX Normung

1.	Allgemeines	657
2.	DIN-Normen	658
2.1.	Normen für Stahl allgemein	659
2.2.	Grundnormen für Rohrleitungen	663
2.3.	Normen für Rohre	665

2.3.1.	Berechnungsnormen	665
2.3.2.	Maßnormen	678
2.3.3.	Gütenormen und Technische Lieferbedingungen	681
2.3.4.	Prüfnormen	686
2.4.	Normen für Rohrformstücke	687
2.5.	Normen für Flansche, Dichtungen und Schrauben	690
2.6.	Armaturennormen	698
2.7.	Anwendungsnormen	701
2.8.	Schweißtechnische Normen	703
3.	In Deutschland angewendete technische Regeln, die nicht im DIN-Normenwerk enthalten sind	704
3.1.	AD-Merkblätter	704
3.2.	Dampfkessel-Bestimmungen (TRD)	704
3.3.	Bestimmungen über brennbare Flüssigkeiten (TRbF)	705
3.4.	Regelwerke des DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.	705
3.5.	Technische Regeln für Gashochdruckleitungen (TRGL)	705
4.	Ausländische und internationale Normen	705
4.1.	Amerikanische Normen	706
4.1.1.	Einführung	706
4.1.2.	ANSI-Normen	706
4.1.3.	API-Normen	707
4.1.4.	ASTM-Normen	707
4.1.5.	Amerikanische Flanschabmessungen	708
4.2.	Britische Normen	716
4.3.	Französische Normen	716
4.4.	Europäische Normen	716
4.5.	Internationale Normen	717

X Anhang Gegenüberstellung der gesetzlichen und technischen Einheiten mit Umrechnungsfaktoren

1.	Einleitung	719
2.	Vorsätze zu den Einheiten und ihre Kurzzeichen	721
3.	SI-Basisgrößen und Basiseinheiten	722
3.1.	Übersicht	722
3.2.	SI-Basisgrößen „Länge“	722
3.3.	SI-Basisgröße „Masse“	722
3.4.	SI-Basisgröße „Zeit“ (auch Zeitspanne, Dauer)	722
3.5.	SI-Basisgröße „elektr. Stromstärke“	723
3.6.	SI-Basisgröße „Temperatur“	723
4.	Gesetzliche abgeleitete SI-Einheiten und gesetzliche abgeleitete Einheiten	723
4.1.	Abgeleitete Größe „Kraft“	724
4.2.	Abgeleitete Größe „Druck, Festigkeit (mechan. Spannung)“	724
4.3.	Abgeleitete Größe „Energie, Arbeit, Wärmemenge“	725

4.4.	Abgeleitete Größe „Leistung, Energiestrom, Wärmestrom“	725
4.5.	Abgeleitete Größe „Dichte“, Formzeichen ρ	726
4.6.	Abgeleitete Größe „Frequenz“ (Periodenfrequenz)	726
4.7.	Abgeleitete Größe „Drehzahl“ (Umdrehungsfrequenz)	726
4.8.	Abgeleitete Größe „Viscosität“ (Zähigkeit)	726
5.	Zusammenstellung einiger Umrechnungsfaktoren	727

<i>XI</i>	<i>Stichwortverzeichnis</i>	729
-----------	---------------------------------------	-----

<i>Firmenverzeichnis zum Anzeigenteil</i>	
---	--

Anzeigenseite 37