

Inhaltsverzeichnis

Häufig benutzte Symbole	XXIV
Abkürzungen	XXVII
1 Grundlagen der Werkstoffkunde und der Korrosion	1
1.1 Schweißtechnik erfordert die Werkstoffkunde	1
1.2 Aufbau metallischer Werkstoffe	2
1.2.1 Bindungsformen der Metalle	2
1.2.1.1 Metallische Bindung	4
1.2.1.2 Ionenbindung (heteropolare Bindung)	5
1.2.1.3 Atombindung (kovalente Bindung)	5
1.2.2 Gitteraufbau der Metalle	6
1.2.2.1 Gitterbaufehler (Realkristalle)	7
1.2.3 Gefüge, Korn, Kristallit, Korngröße	12
1.3 Mechanische Eigenschaften der Metalle	15
1.3.1 Verformungsvorgänge im Idealkristall	15
1.3.2 Verformung und Verfestigung in technischen Werkstoffen	16
1.3.3 Verfestigung	18
1.3.4 Einfluß der Korngrenzen	19
1.4 Phasenumwandlungen	22
1.4.1 Phasenumwandlung flüssig-fest	24
1.4.1.1 Primärkristallisation von (reinen) Metallen	24
1.4.1.2 Primärkristallisation von Legierungen	27
1.4.2 Phasenumwandlungen im festen Zustand	30
1.4.2.1 Diffusionskontrollierte Phasenumwandlungen	32
1.4.2.2 Diffusionslose Phasenumwandlungen (Martensitbildung)	34
1.5 Thermisch aktivierte Vorgänge	38
1.5.1 Diffusion	38
1.5.1.1 Nichtstationäre Diffusionsvorgänge	40
1.5.2 Erholung und Rekristallisation	42
1.5.3 Warmverformung	45
1.6 Grundlagen der Legierungskunde	46
1.6.1 Aufbau und Eigenschaften der Phasen	46
1.6.1.1 Mischkristalle	46
1.6.1.1.1 Substitutionsmischkristalle	46
1.6.1.1.2 Einlagerungsmischkristalle	48
1.6.1.2 Intermediäre Verbindungen	48
1.6.2 Zustandsschaubilder	49
1.6.2.1 Zustandsschaubild für vollkommene Löslichkeit im flüssigen und festen Zustand	50
1.6.2.2 Eutektische Systeme	51

1.6.2.3	Systeme mit begrenzter Löslichkeit	53
1.6.2.4	Systeme mit intermediären Phasen	53
1.6.2.5	Systeme mit Umwandlungen im festen Zustand	55
1.6.3	Nichtgleichgewichtszustände	55
1.6.3.1	Kristallseigerung	55
1.6.3.2	Entartetes Eutektikum	57
1.6.4	Aussagefähigkeit und Bedeutung der Zustandsschaubilder für das Schweißen	57
1.6.4.1	Abschätzen des Schweißverhaltens	57
1.6.4.2	Mechanische Gütewerte	58
1.6.5	Dreistoffsysteme	59
1.6.5.1	Ternäre Schaubilder in ebener Darstellung	61
1.6.5.1.1	Isothermische Schnitte	61
1.6.5.1.2	Vertikalschnitte	62
1.6.5.1.3	Quasibinäre Schnitte	62
1.7	Grundlagen der Korrosion	63
1.7.1	Definitionen und Begriffe	64
1.7.2	Elektrochemische Vorgänge	65
1.7.3	Korrosionsvorgänge in wässrigen Lösungen	68
1.7.3.1	Wasserstoffkorrosion (Säurekorrosion)	70
1.7.3.2	Sauerstoffkorrosion	70
1.7.3.3	Das Korrosionsverhalten beeinflussende Faktoren	71
1.7.3.3.1	Ionenkonzentration	71
1.7.3.3.2	Sauerstoffgehalt	74
1.7.3.3.3	Elektrolyttemperatur	75
1.7.3.3.4	Strömungsgeschwindigkeit	76
1.7.3.3.5	Medienkonzentration	77
1.7.4	Elektrochemische Polarisierung	77
1.7.4.1	Stromdichte-Potential-Kurven	78
1.7.4.2	Aktivierungspolarisation	79
1.7.4.3	Konzentrationspolarisation	80
1.7.5	Passivität	81
1.7.6	Korrosionsarten	83
1.7.6.1	Korrosionsarten ohne mechanische Beanspruchung	83
1.7.6.1.1	Kontaktkorrosion	84
1.7.6.1.2	Lochkorrosion (Lochfraß)	84
1.7.6.1.3	Spaltkorrosion (Berührungskorrosion)	86
1.7.6.1.4	Selektive Korrosion	87
1.7.6.1.5	Korrosionsvorgänge in besonderen Umgebungen	88
	Atmosphärische Korrosion	88
	Mikrobiologische Korrosion	90
1.7.6.2	Korrosionsarten mit mechanischer Beanspruchung	91
1.7.6.2.1	Spannungsrißkorrosion (SpRK)	91
1.7.6.2.2	Kavitation(skorrosion)	93
1.7.6.2.3	Erosion(skorrosion)	94
1.7.6.2.4	Reibkorrosion („Fressen“)	94
1.7.7	Gestaltungsrichtlinien; Werkstoffwahl	94
1.7.7.1	Spalt-, Berührungskorrosion	98
1.7.7.2	Konzentrationselemente	98
1.7.7.3	Wasserlinienkorrosion, atmosphärische Korrosion	98
1.7.7.4	Kontaktkorrosion	99

1.7.7.5	Spannungsrißkorrosion (SpRK)	99
1.7.7.6	Besonderheiten beim Schweißen	100
1.7.8	Hinweise zum Korrosionsschutz	101
1.7.8.1	Aktive Schutzverfahren	101
1.7.8.1.1	Inhibitoren	101
1.7.8.1.2	Kathodischer Korrosionsschutz	103
1.7.8.1.3	Anodischer Korrosionsschutz	105
1.7.8.2	Passive Schutzverfahren	106
1.7.8.2.1	Organische Beschichtungen	106
1.7.8.2.2	Anorganische Überzüge	106
1.7.8.2.3	Metallische Überzüge	107
1.8	Aufgaben zu Kapitel 1	110
1.9	Schrifttum	121
2	Stähle–Werkstoffgrundlagen	123
2.1	Allgemeines	123
2.2	Einteilung der Stähle	124
2.3	Stahlherstellung	125
2.3.1	Erschmelzungsverfahren	125
2.3.1.1	Sekundärmetallurgie	128
2.3.2	Vergießungsverfahren; Desoxidieren	130
2.3.2.1	Vergießen und Erstarren des Stahles	131
2.3.2.2	Unberuhigt vergossener Stahl; Kennzeichen FU (U)	132
2.3.2.3	Beruhigt vergossener Stahl; Kennzeichen (R)	132
2.3.2.4	Besonders beruhigt vergossener Stahl; Kennzeichen FF (RR)	133
2.4	Das Eisen-Kohlenstoff-Schaubild (EKS)	133
2.5	Die Wärmebehandlung der Stähle	136
2.5.1	Glühbehandlungen	138
2.5.1.1	Spannungsarmglühen	138
2.5.1.2	Normalglühen	139
2.5.2	Härten und Vergüten	140
2.5.2.1	Härten	140
2.5.2.2	Vergüten	143
2.5.3	Die Austenitumwandlung dargestellt im ZTU- und ZTA-Schaubild	145
2.5.3.1	ZTU-Schaubilder für kontinuierliche Abkühlung	148
2.5.3.2	ZTU-Schaubilder für isothermische Wärmeführung	150
2.5.3.3	Möglichkeiten und Grenzen der ZTU-Schaubilder	150
2.5.3.4	Anwendbarkeit der ZTU-Schaubilder auf Schweißvorgänge	152
2.5.3.4.1	Allgemeines Verfahren	154
2.5.3.4.2	Isothermisches Schweißen	154
2.5.3.4.3	Stufenhärtungsschweißen	155
2.5.3.5	ZTA-Schaubilder	155
2.5.3.5.1	Isothermische ZTA-Schaubilder	156
2.5.3.5.2	Kontinuierliche ZTA-Schaubilder	157

2.6 Festigkeitserhöhung metallischer Werkstoffe	157
2.6.1 Prinzip der Festigkeitserhöhung	157
2.6.2 Abschätzen der maximalen Festigkeit	158
2.6.2.1 Theoretische Schubfestigkeit	158
2.6.2.2 Theoretische Kohäsionsfestigkeit	159
2.6.3 Methoden zum Erhöhen der Festigkeit	159
2.6.3.1 Kaltverfestigung	159
2.6.3.2 Mischkristallverfestigung	160
2.6.3.3 Ausscheidungshärtung	161
2.6.3.4 Korngrenzenhärtung	165
2.6.3.5 Martensithärtung	165
2.6.3.6 Thermomechanische Behandlung	167
2.7 Unlegierte und (niedrig-)legierte Stähle	167
2.7.1 Wirkung der Legierungselemente	167
2.7.2 Unlegierte Baustähle nach DIN EN 10025-2	168
2.7.3 Stähle für den Maschinen- und Fahrzeugbau	171
2.7.3.1 Vergütungsstähle	174
2.7.3.2 Einsatzstähle	175
2.7.4 Warmfeste Stähle	177
2.7.5 Kaltzähe Stähle	182
2.7.6 Feinkornbaustähle	184
2.7.6.1 Normalgeglühte Feinkornbaustähle	188
2.7.6.1.1 Terrassenbruch	189
2.7.6.2 Thermomechanisch gewalzte Feinkornbaustähle	190
2.7.6.2.1 Metallkundliche Grundlagen; Stahlherstellung	191
2.7.6.2.2 Eigenschaften und Verarbeitung	192
2.7.6.2.3 DIN EN 10028-5: Feinkornbaustähle, thermomechanisch umgeformt	195
2.7.6.2.4 DIN EN 10208: Stahlrohre für Rohrleitungen für brennbare Medien	195
2.7.6.3 Vergütete Feinkornbaustähle	196
2.8 Korrosionsbeständige Stähle	198
2.8.1 Erzeugen und Erhalten der Korrosionsbeständigkeit	198
2.8.2 Korrosionsverhalten der Stähle in speziellen Medien	200
2.8.3 Werkstoffliche Grundlagen	201
2.8.3.1 Die Zustandsschaubilder Fe-Cr, Fe-Ni	201
2.8.3.2 Das Zustandsschaubild Fe-Cr-Ni	202
2.8.3.3 Einfluß wichtiger Legierungselemente	203
2.8.3.3.1 Nickel	203
2.8.3.3.2 Kohlenstoff	204
2.8.3.3.3 Stickstoff	204
2.8.3.3.4 Molybdän	205
2.8.3.3.5 Silicium	205
2.8.3.3.6 Wasserstoff	205
2.8.3.4 Ausscheidungs- und Entmischungsvorgänge	206
2.8.3.4.1 Interkristalline Korrosion (IK)	206
Gegenmaßnahmen	208
2.8.3.4.2 Sigma-Phase (σ -Phase)	208
2.8.3.4.3 475 °C-Versprödung	209
2.8.4 Einteilung und Stahlsorten	212
2.8.4.1 Martensitische Chromstähle	213
2.8.4.2 Ferritische Chromstähle	213

2.8.4.3	Austenitische Chrom-Nickel-Stähle	215
	Stickstofflegierte austenitische Stähle	218
2.8.4.4	Austenitisch-ferritische Stähle (Duplexstähle)	219
2.9	Aufgaben zu Kapitel 2	222
2.10	Schrifttum	233
3	Einfluß des Schweißprozesses auf das Verhalten und die Eigenschaften der Verbindung	235
3.1	Schweißbarkeit – Begriff und Definition	235
3.1.1	Schweißbeignung	236
3.1.2	Schweißsicherheit	236
3.1.3	Schweißmöglichkeit	236
3.1.4	Bewertung und Folgerungen	237
3.2	Schweißbeignung der Stähle	237
3.2.1	Unlegierte Stähle	237
3.2.1.1	Erschmelzungs- und Vergießungsart	237
3.2.1.2	Chemische Zusammensetzung	238
3.2.2	Legierte Stähle	241
3.3	Wirkung der Wärmequelle	242
3.3.1	Temperatur-Zeit-Verlauf	243
3.3.2	Eigenspannung; Schrumpfung, Verzug	247
3.3.2.1	Querschrumpfung	250
3.3.2.2	Winkelschrumpfung	250
3.3.2.3	Längsschrumpfung	251
3.3.2.4	Haupteinflüsse auf Schrumpfungen und Spannungen	251
3.3.2.4.1	Wärmemenge und Schweißverfahren	251
3.3.2.4.2	Werkstoffeinfluß	252
3.3.2.4.3	Konstruktionseinfluß	252
3.3.3	Metallurgische Wirkungen des Temperatur-Zeit-Verlaufs	252
3.3.3.1	Sauerstoff	254
3.3.3.2	Stickstoff	255
3.3.3.3	Wasserstoff	256
3.4	Das Sprödbruchproblem	259
3.4.1	Werkstoffmechanische Grundlagen	259
3.4.2	Probleme konventioneller Berechnungskonzepte	261
3.4.3	Sprödbruchbegünstigende Faktoren	263
3.4.3.1	Werkstoffliche Faktoren	264
3.4.3.2	Konstruktive Faktoren	265
3.4.4	Maßnahmen zum Abwenden des Sprödbruchs	266
3.5	Fehler in der Schweißverbindung	266
3.5.1	Metallurgische Fehler	267
3.5.1.1	Die Wirkung der Gase	268
3.5.1.1.1	Verhindern der Gasaufnahme	269
3.5.1.2	Fehler beim Schweißbeginn und Schweißende	269

3.5.1.3	Probleme des Einbrands	271
3.5.1.4	Einschlüsse; Schlacken	272
3.5.1.5	Zündstellen	273
3.5.1.6	Rißbildung im Schweißgut und in der WEZ	274
3.5.2	Bewertung der Fehler	283
3.6	Aufgaben zu Kapitel 3	286
3.7	Schrifttum	293
4	Schweißmetallurgie der Eisenwerkstoffe	295
4.1	Aufbau der Schweißverbindung	295
4.1.1	Vorgänge im Schweißbad	296
4.1.1.1	Die Primärkristallisation der Schweißschmelze	296
4.1.1.2	Massentransporte im Schweißbad	303
4.1.2	Werkstoffliche Vorgänge in der WEZ	305
4.1.3	Die WEZ in Schweißverbindungen aus umwandlungsfähigen Stählen	306
4.1.3.1	Der Einfluß des Nahtaufbaus; Einlagen- Mehrlagentechnik	312
4.1.3.2	Eigenschaften und mechanische Gütewerte	314
4.1.3.2.1	Härteverteilung	315
4.1.3.2.2	Mechanische Eigenschaften des Schweißguts	318
4.1.3.2.3	Mechanische Eigenschaften der WEZ	321
4.1.3.3	Vorwärmen der Fügeteile	323
4.1.3.4	Einfluß der Stahlherstellungsart und der chemischen Zusammensetzung	329
4.1.3.4.1	Seigerungen	329
4.1.3.4.2	Alterungsprobleme	330
4.1.4	Verbinden unterschiedlicher Werkstoffe	330
4.2	Zusatzwerkstoffe und Hilfsstoffe zum Schweißen unlegierter Stähle und Feinkornbaustähle	332
4.2.1	Konzepte der Normung	332
4.2.2	Metallurgische Betrachtungen	333
4.2.3	Schweißzusätze für Stähle mit einer Mindeststreckgrenze bis 500 N/mm ²	333
4.2.3.1	Stabelektroden für das Lichtbogenhandschweißen (DIN EN 499)	333
4.2.3.1.1	Aufgaben der Elektrodenumhüllung	333
4.2.3.1.2	Metallurgische Grundlagen	335
4.2.3.1.3	Eigenschaften der wichtigsten Stabelektroden	337
	Sauerumhüllte Stabelektroden (A)	337
	Rutilumhüllte Stabelektroden (R)	338
	Basischumhüllte Stabelektroden (B)	338
	Zelluloseumhüllte Stabelektroden (C)	340
4.2.3.1.4	Bedeutung des Wasserstoffs	340
4.2.3.1.5	Normung der umhüllten Stabelektroden	344
4.2.3.2	Schweißzusätze für das Schutzgasschweißen	347
4.2.3.2.1	WIG-Schweißen	347
4.2.3.2.2	MSG-Schweißen	349
4.2.3.3	Schweißzusätze für das UP-Schweißen	357
4.2.3.3.1	Drahtelektroden	357

4.2.3.3.2	Schweißpulver	360
	Schmelzpulver	362
	Agglomerierte Pulver	362
	Metallurgisches Verhalten der Schweißpulver	363
4.2.4	Schweißzusätze für Stähle mit einer Mindeststreckgrenze über 500 N/mm ²	368
4.3	Schweißen der wichtigsten Stahlsorten	368
4.3.1	Unlegierte niedriggekohlte C-Mn-Stähle	368
4.3.1.1	Baustähle nach DIN EN 10025-2	373
4.3.1.1.1	Gütegruppen (Stahlgütegruppen)	376
4.3.1.1.2	Wahl der Gütegruppe	377
4.3.2	Feinkornbaustähle; normalgeglüht und thermomechanisch behandelt	378
4.3.2.1	Allgemeine Konzepte	378
4.3.2.2	Einfluß der Abkühlbedingungen auf die mechanischen Gütewerte der Verbindung	379
4.3.2.3	Fertigungstechnische Hinweise	383
4.3.2.3.1	Nahtvorbereitung	383
4.3.2.3.2	Wärmebehandlung	384
4.3.2.3.3	Schweißtechnologie	386
4.3.2.3.4	Rißerscheinungen	386
4.3.2.4	Schweißzusatzwerkstoffe	387
4.3.2.4.1	Stabelektroden	387
4.3.2.4.2	Drahtelektroden; Schweißpulver (UP-Schweißen)	389
4.3.2.4.3	Drahtelektroden; Schutzgase (MSG-Schweißen)	392
4.3.3	Feinkornbaustähle; vergütet	392
4.3.4	Höhergekohlte Stähle	396
4.3.5	Warmfeste Stähle	400
4.3.5.1	Ferritische Stähle (ferritisch-perlitisch)	401
4.3.5.2	Ferritische Stähle (ferritisch-bainitisch)	401
4.3.5.3	Ferritische Stähle (martensitisch)	403
4.3.5.4	Austenitische Stähle	405
4.3.5.5	Versprödungs- und Rißmechanismen	405
4.3.5.5.1	Wiedererwärmungsriß (Ausscheidungsriß)	405
4.3.5.5.2	Anlaßversprödung	406
4.3.6	Kaltzähe Stähle	407
4.3.7	Korrosionsbeständige Stähle	408
4.3.7.1	Einfluß der Verarbeitung auf das Korrosionsverhalten	408
4.3.7.2	Konstitutions-Schaubilder	411
4.3.7.3	Martensitische Chromstähle	416
4.3.7.4	Ferritische und halferritische Stähle	419
4.3.7.5	Austenitische Chrom-Nickel-Stähle	425
4.3.7.5.1	Primärkristallisation	426
4.3.7.5.2	Heißrißbildung	427
4.3.7.5.3	Messerlinienkorrosion	430
4.3.7.5.4	Metallurgie des Schweißens	431
4.3.7.6	Austenitisch-ferritische Stähle (Duplexstähle)	434
4.3.8	Verbinden/Auftragen unterschiedlicher Werkstoffe	440
4.3.8.1	Austenit-Ferrit-Verbindungen	440
4.3.8.2	Schweißplattieren	442
4.3.8.3	Schweißpanzern	445

4.4 Eisen-Gußwerkstoffe	450
4.4.1 Stahlguß (G, GS, GX)	450
4.4.1.1 Stahlguß für allgemeine Verwendungszwecke	450
4.4.1.1.1 Fertigungsschweißen	452
4.4.1.1.2 Instandsetzungsschweißen	453
4.4.1.1.3 Konstruktionsschweißen	453
4.4.1.2 Hochfester schweißgeeigneter Stahlguß	453
4.4.1.3 Legierter Stahlguß	455
4.4.2 Gußeisen (EN-GJL, alt: GG; EN-GJS, alt: GGG; GGV)	455
4.4.2.1 Gußeisen mit Lamellengrafit (EN-GJL, alt: GG)	457
4.4.2.1.1 Artgleiches Schweißen (Gußeisenwarmschweißen)	460
4.4.2.1.2 Artfremdes Schweißen (Gußeisenkaltschweißen)	463
4.4.2.2 Gußeisen mit Kugelgrafit (EN-GJS, alt: GGG)	463
4.4.2.2.1 Artgleiches Schweißen	464
4.4.2.2.2 Artfremdes Schweißen	464
4.4.2.2.3 Legiertes (austenitisches) Gußeisen mit Kugelgrafit	466
4.4.3 Temperguß (EN-GJMW, alt: GTW; EN-GJMB, alt: GTS)	466
4.4.3.1 Weißer Temperguß (EN-GJMW, alt: GTW)	466
4.4.3.2 Schwarzer Temperguß (EN-GJMB, alt: GTS)	467
4.5 Aufgaben zu Kapitel 4	470
4.6 Schrifttum	487
5 Schweißmetallurgie der nichteisenmetallischen Werkstoffe	493
5.1 Die WEZ in Schweißverbindungen aus Nichteisenmetallen	493
5.1.1 Einphasige Werkstoffe	494
5.1.2 Mehrphasige Werkstoffe	495
5.1.3 Ausscheidungshärtende Legierungen	495
5.1.4 Hochreaktive Werkstoffe	497
5.1.5 Kaltverfestigte Werkstoffe	498
5.2 Schwermetalle	498
5.2.1 Kupfer und Kupferlegierungen	499
5.2.1.1 Hinweise zum Schweißen	501
5.2.1.1.1 Kupfer	501
5.2.1.1.2 Kupferlegierungen	505
Kupfer-Zink-Legierungen (Messinge)	506
Kupfer-Zinn-Legierungen (Zinnbronzen)	507
Kupfer-Aluminium-Legierungen (Aluminiumbronzen)	508
Kupfer-Nickel-Legierungen	509
5.2.2 Nickel und Nickellegierungen	510
5.2.2.1 Einfluß der Legierungselemente auf das Schweißverhalten	514
5.2.2.2 Schweißmetallurgie	515
5.2.2.2.1 Allgemeine Werkstoffprobleme	515
Nickel-Chrom-(Eisen-)Legierungen	516
Molybdänhaltige Nickelbasis-Legierungen	516
Ausscheidungshärtende Nickelbasis-Legierungen	517
5.2.2.3 Schweißpraxis	519

5.3 Leichtmetalle	520
5.3.1 Aluminium und Aluminiumlegierungen	520
5.3.1.1 Lieferformen	522
5.3.1.2 Bezeichnungsweise	523
5.3.1.3 Metallurgisch bedingte Schweißdefekte	525
5.3.1.3.1 Heißrisse	525
5.3.1.3.2 Spannungsrisse	526
5.3.1.3.3 Poren	526
5.3.1.4 Aluminium-Knetlegierungen	526
5.3.1.5 Aluminium-Gußlegierungen	527
5.3.1.6 Ausscheidungshärtende Aluminiumlegierungen	527
5.3.1.7 Aluminium-Sonderlegierungen	533
5.3.1.7.1 Aluminium-Lithiumlegierungen	533
5.3.1.7.2 Aluminium-Druckgußlegierungen	533
5.3.1.7.3 Dispersionshärtende Aluminiumlegierungen	534
5.3.1.8 Schweißzusatzwerkstoffe	535
5.3.1.9 Schweißpraxis	535
5.3.1.9.1 Vorbereitende Maßnahmen	535
5.3.1.9.2 Schweißverfahren	538
Wolfram-Inertgasschweißen (WIG)	538
Metall-Inertgasschweißen (MIG)	539
Laserschweißen	540
5.3.2 Magnesium und Magnesiumlegierungen	540
5.3.3 Beryllium	542
5.4 Hochschmelzende und hochreaktive Werkstoffe	543
5.4.1 Titan und Titanlegierungen	543
5.4.1.1 Eigenschaften und Schweißverhalten der Titanwerkstoffe	546
5.4.1.1.1 Unlegiertes Titan	546
5.4.1.1.2 Alpha- und Nah-Alpha-Legierungen	547
5.4.1.1.3 Alpha-Beta-Legierungen	547
5.4.1.1.4 Beta-Legierungen	549
5.4.1.1.5 Titan-Sonderlegierungen	549
5.4.1.2 Metallurgisch bedingte Schweißnahtdefekte	550
5.4.1.3 Schweißpraxis	551
5.4.2 Molybdän und Molybdänlegierungen	552
5.4.3 Zirkonium und Zirkoniumlegierungen	553
5.4.4 Tantal und Tantallegierungen	554
5.5 Aufgaben zu Kapitel 5	556
5.6 Schrifttum	463
6 Anhang	567
6.1 Prüfung auf Heißrißanfälligkeit	567
6.1.1 Verfahren mit Selbstbeanspruchung der Probe	568
6.1.2 Verfahren mit Fremdbeanspruchung der Probe	568
6.2 Prüfung auf Kaltrissigkeit	571
6.2.1 Implant-Test	571
6.2.2 Der <i>Pellini</i> -Versuch	574

6.3	Der Kerbschlagbiegeversuch (DIN EN 10045)	575
6.4	Der instrumentierte Kerbschlagbiegeversuch	579
6.5	Das COD-Konzept von <i>Cottrell</i> und <i>Wells</i>	582
6.6	Schrifttum	583
7	Sachwortverzeichnis	584