
Inhaltsverzeichnis

Einführung	1
1 Physikalische Grundlagen	3
1.1 Ultraschallwellen	3
1.1.1 Ausbreitungsgeschwindigkeit	4
1.1.2 Wellenlänge	4
1.1.3 Wellenarten	6
1.1.3.1 Longitudinalwellen	6
1.1.3.2 Transversalwellen	8
1.1.3.3 Oberflächenwellen (Rayleighwellen)	9
1.1.3.4 Plattenwellen (Lambwellen)	9
1.2. Verhalten der Wellen an Grenzflächen	10
1.2.1 Grenzflächen senkrecht zur Schallrichtung	10
1.2.2 Grenzflächen schräg zur Schallrichtung	12
1.2.2.1 Reflexion	12
1.2.2.2 Brechung	13
1.2.2.3 Wellenumwandlung	13
1.2.2.4 Grenzwinkel (Kritische Winkel)	17
1.2.2.5 Streifender Einfall von Schallwellen	21
1.2.2.5.1 Nebenechos durch teilweise Wellenum-	
wandlung und Reflexion	21
1.2.2.5.2 Zusatzechos durch Mehrfachreflexion	24
1.2.3 Schallschwächung	26
1.2.3.1 Absorption	26
1.2.3.2 Streuung	26
1.3. Ultraschallerzeugung und -verfahren	27
1.4 Technische Darstellungsmöglichkeiten von Ultraschallanzeigen	32
2 Ultraschallprüfsysteme	35
2.1 Prüfgeräte	35
2.1.1 Analoggeräte	35

2.1.1.1	Blockschaltbild	35
2.1.1.2	Baustufen des US-Gerätes	36
2.1.2	Digitalgeräte	39
2.1.2.1	Blockschaltbild	39
2.1.2.2	Mikroprozessor und Auswertung der Signale	39
2.1.3	Allgemeine Einstellungen am Ultraschallgerät nach DIN EN 583-1	39
2.1.4	Generelle Anwendung von digitalen Ultraschallgeräten	40
2.2	Prüfköpfe	40
2.2.1	Schallfelder	40
2.2.1.1	Nahfeld und Fernfeld	41
2.2.1.2	Divergenz und Bündeldurchmesser	43
2.2.1.3	Schallfeld und Prüfkopfeigenschaften nach DIN EN 583-1	44
2.2.2	Senkrechtprüfköpfe	47
2.2.2.1	Normalprüfköpfe	47
2.2.2.2	Sende-Empfangs-Prüfköpfe	48
2.2.3	Winkelprüfköpfe	51
2.2.4	Sonderprüfköpfe	53
2.2.4.1	Tauchtechnikprüfköpfe	53
2.2.4.2	Fokusprüfköpfe	54
2.2.4.3	SEL-und SEK-Prüfköpfe	55
2.2.4.4	Oberflächenwellen-Prüfköpfe	57
2.2.4.5	Rohrprüfköpfe	58
2.2.4.6	Hochtemperaturprüfköpfe	59
2.2.4.7	Prüfköpfe zur Trockenankopplung	61
2.3	Charakterisierung und Verifizierung der Ultraschallprüfausrüstung	61
2.3.1	Ultraschallprüfgerät nach DIN EN 583-1 und DIN EN 12668-1	61
2.3.1.1	Gerätekontrolle nach DIN EN 12668-3	62
2.3.1.1.1	Linearität der Zeitachse	62
2.3.1.1.2	Linearität der Verstärkung	62
2.3.1.2	Gerätekontrolle nach ASME-Code, Sect. V, Artikel 4	63
2.3.1.2.1	Gerätegrundeinstellung	63
2.3.1.2.2	Linearität der Amplitudenregelung	63
2.3.1.2.3	Linearität der Bildschirmhöhe	63
2.3.1.2.4	Simulatorkontrolle	64
2.3.2	Ultraschallprüfköpfe nach DIN EN 583-1 und 12668-2	64
2.3.2.1	Ultraschallprüfkopfkalibrierung nach DIN EN 12668-3	64
2.3.2.1.1	Kontrolle des Schallaustrittspunktes	64
2.3.2.1.2	Kontrolle des Einschallwinkels	65
2.3.3	Ultraschallprüfkopfkalibrierung nach ASME-Code, Sect. V, Artikel 4	65
2.3.4	Gesamtverifizierung des Prüfsystems nach DIN EN 12668-3	67
2.3.4.1	Äußeres Erscheinungsbild	67

2.3.4.2	Prüfempfindlichkeit und Signal-Rausch-Abstand	67
2.3.4.3	Impulsdauer	68
2.3.5	Protokollierung der Kalibrierergebnisse	68
3	Justierung	71
3.1	Justierung mit analogen Ultraschallgeräten	71
3.1.1	Entfernungsjustierung	71
3.1.1.1	Senkrechteinschallung	71
3.1.1.1.1	Normalprüfköpfe	71
3.1.1.1.2	Sende-Empfangs-Prüfköpfe	73
3.1.1.2	Schrägeinschallung	75
3.1.1.2.1	Schallwegjustierung	77
3.1.1.2.2	Justierung im Projektionsabstand	78
3.1.1.2.3	Schallbündelversatz	82
3.1.1.3	Justierung anderer Werkstoffe als Stahl	82
3.1.2	Empfindlichkeitsjustierung	85
3.1.2.1	Echohöhenbewertung	85
3.1.2.2	Logarithmischer Maßstab	85
3.1.2.3	Empfindlichkeitseinstellung	87
3.2	Justierung mit digitalen Ultraschallgeräten	87
3.2.1	Bedienkonzepte	88
3.2.2	Funktionsgruppen	91
3.2.3	Justierung der Entfernungsanzeige	91
3.2.4	Justierung der Empfindlichkeit	96
3.3	Koordinatenfestlegung	96
3.3.1	Festlegung eines Bezugssystems	96
3.3.2	Einschallposition und Einschallwinkel	97
3.3.3	Reflektorlagenbestimmung bei der Senkrechteinschallung	97
3.3.4	Reflektorlagenbestimmung bei der Schrägeinschallung	99
3.3.4.1	Das Fehlerdreieck	99
3.3.4.2	Vorgehensweise für die Koordinatenfestlegung	100
3.3.4.2.1	Festlegung der Längskoordinate	101
3.3.4.2.2	Festlegung der Tiefenkoordinate	101
3.3.4.2.3	Festlegung der Querkoordinate	102
4	Justier- und Vergleichsreflektoren	105
4.1	Begriffsbestimmung	105
4.2	Vorbemerkung	105
4.3	Justierreflektoren	106
4.3.1	Auswahl und Anforderungen	106
4.3.2	Typische Justierreflektoren	106
4.3.2.1	Rückwand	106

4.3.2.2	Kreisbogen	107
4.3.2.3	Flachbodenbohrung	107
4.3.2.4	Querbohrung	108
4.3.2.5	Nut	109
4.3.3	Anwendung von Justierreflektoren	110
4.4	Typische Justier- und Vergleichskörper	111
4.5	Abstands- und Größengesetze für verschiedene Reflektoren	120
4.5.1	Abstandsgesetze	120
4.5.1.1	Rückwand	120
4.5.1.2	Kreisscheibe	120
4.5.1.3	Querbohrung	121
4.5.1.4	Weitere Vergleichsreflektoren	122
4.5.2	Größengesetze	123
4.5.2.1	Kreisscheibe	123
4.5.2.2	Querbohrung	123
4.5.2.3	Kugel	123
4.6	Größenbestimmung von Inhomogenitäten nach DIN EN 583-5	126
4.6.1	Beschreibung von Inhomogenitäten	126
4.6.1.1	Ortung von Inhomogenitäten	126
4.6.1.2	Orientierung von Inhomogenitäten	126
4.6.1.3	Beurteilung von Mehrfachanzeigen	126
4.6.1.4	Formen von Inhomogenitäten	127
4.6.1.5	Maximale Echohöhe von Inhomogenitäten	127
4.6.2	Größe von Inhomogenitäten	127
4.6.2.1	Techniken mit maximaler Echohöhe	127
4.6.2.2	Techniken mit Prüfkopfbewegung	128
4.6.2.3	Techniken mit Schallbündelfokussierung	129
4.6.2.4	Anwendung mathematischer Algorithmen	129
4.6.2.5	Zusatztechniken zur Größenbestimmung	129
5	Anzeigenbewertung I (Vergleichskörpermethode)	131
5.1	Vergleichskörpermethode	133
5.1.1	Direkter Echohöhenvergleich	134
5.1.2	Vergleichshöhenverfahren	135
5.1.3	Vergleichslinienverfahren	135
5.1.4	Anwendung der Vergleichskörpermethode	137
5.2	Abtastverfahren	137
6	Anzeigenbewertung II (AVG-Methode)	143
6.1	Allgemeines AVG-Diagramm	143
6.2	Spezielles AVG-Diagramm	145
6.2.1	Bezugshöhenverfahren	146

6.2.1.1	Allgemeines	146
6.2.1.2	Vorgehensweise	146
6.2.1.3	Entfernungsjustierung	147
6.2.1.4	Empfindlichkeitsjustierung	147
6.2.1.5	Anzeigenbewertung	148
6.2.2	Bezugslinienverfahren	149
6.2.2.1	Allgemeines	149
6.2.2.2	Vorgehensweise	150
6.2.2.3	Entfernungsjustierung	150
6.2.2.4	Empfindlichkeitsjustierung	151
6.2.2.5	Anzeigenbewertung	153
6.2.3	Transferkorrektur bei Senkrechtprüfköpfen	153
6.2.4	Transferkorrektur bei Winkelprüfköpfen	153
6.2.5	Schallschwächungskorrektur bei Senkrechtprüfköpfen	155
6.2.6	Schallschwächungskorrektur bei Winkelprüfköpfen	156
6.2.6.1	Pauschal durch eine Transferkorrektur	156
6.2.6.2	Wegabhängige Berücksichtigung der Schallschwächung	157
6.2.6.3	Schallschwächungsmessung am Beispiel der Schweißnahtprüfung	158
6.3	AVG-Vorsatzskalen	160
6.4	AVG-Verfahren mit Phased-Array	160
7	Ankopplungstechnik	161
7.1	Ankopplung	161
7.2	Oberflächenzustand nach DIN EN 583	161
7.3	Kopplungsmittel	163
7.4	Ankopplungstechniken	164
7.4.1	Kontakttechnik	164
7.4.2	Fließwassertechnik	166
7.4.2.1	Spalttechnik	166
7.4.2.2	Kühlkammertechnik	166
7.4.2.3	Strahltechnik	167
7.4.2.4	Tauchtechnik (Pfüzentechnik)	168
7.5	Ankopplungskontrolle	170
7.6	Abtastgeschwindigkeit nach DIN EN 583-1	171
8	Wanddickenmessung	173
8.1	Messungen mit Analoggeräten	173
8.1.1	Einfachmessung	173
8.1.2	Mehrfachechomethode	175
8.1.3	SE-Prüfköpfe	176
8.2	Messungen mit Digitalgeräten	177

8.2.1	Senkrechtprüfkopf ohne Vorlaufstrecke	179
8.2.2	Senkrechtprüfkopf mit Vorlaufstrecke	180
8.2.3	SE-Prüfköpfe	181
8.3	Einflussgrößen und Grenzen der Waddickenmessung	182
8.3.1	Messgenauigkeit	182
8.3.1.1	Prüfsystemabhängige Faktoren	182
8.3.1.2	Prüfbereich	182
8.3.1.3	Ablesefehler	183
8.3.1.4	Echoamplitudeneinstellung	183
8.3.1.5	Linearitätsabweichungen	184
8.3.2	Werkstückeinflüsse	185
8.3.3	Werkstoffeinflüsse	185
8.3.4	Temperatureinfluss	186
8.3.5	Zusammenfassung	188
8.4	Spezielle Anwendungen der Waddickenmessung	189
8.4.1	Beschichtete Oberflächen	189
8.4.2	Glasfaserverstärkte Kunststoffe	190
8.4.3	Offshore-Messungen	192
8.4.4	Waddickenmessungen bei höheren Temperaturen	193
8.5	Waddickenmessung nach ASME-Code	194
9	Prüfung von Grobblechen, Stäben, gewalztem Halbzeug	197
9.1	Prüfung von Grobblechen nach SEL-072	197
9.2	Prüfung von Grobblechen nach DIN EN 10160	200
9.2.1	Flächenprüfung der Klassen S_0 und S_1	200
9.2.2	Flächenprüfung der Klassen S_2 und S_3	201
9.2.3	Randzonenprüfung	201
9.2.4	Empfindlichkeitsjustierung und Ungänzengrößenbestimmung	201
9.2.5	Abnahmekriterien	201
9.3	Prüfung von Grobblechen nach DIN EN 10307	203
9.3.1	Prüfklassen	204
9.3.2	Flächen- und Randzonenprüfung	204
9.3.3	Zulässigkeitskriterien	205
9.4	Prüfung von Grobblechen nach ASME-Code	205
9.5	Prüfung von Stäben aus Stahl nach DIN EN 10308	207
9.5.1	Prüfzeitpunkt und -umfang	207
9.5.2	Prüfsystem, Justierung und Durchführung der Prüfung	209
9.5.3	Bewertung von Anzeigen	210
9.6	Prüfung von gewalztem Halbzeug	212
9.6.1	Automatisierte Ultraschallprüfung v. Band/Blech	
n.	DIN EN ISO 10893-9	212
9.6.1.1	Prüfzeitpunkt und -umfang	212

9.6.1.2	Prüfsystem, Justierung und Durchführung der Prüfung . . .	213
9.6.1.3	Bewertung von Anzeigen	214
9.6.2	Prüfung von gewalztem Halbzeug nach SEP 1920	215
9.6.3	Prüfung von gewalztem Halbzeug nach ASME-Code	215
9.7	Prüfanlagen und Auswertung der Prüfergebnisse	216
10	Prüfung von Rohren	221
10.1	Nahtlose Rohre	221
10.1.1	Fehlerarten	221
10.1.2	Manuelle Prüfung	222
10.1.3	Automatische Prüfanlagen	224
10.1.4	Prüfung nach DIN EN ISO 10893-10	234
10.1.4.1	Prüfverfahren	234
10.1.4.2	Bezugsstandards	234
10.1.4.3	Einstellung und Überprüfung der Prüfanlage	234
10.1.4.4	Zulässigkeitsbedingungen	234
10.1.5	Prüfung nach SEP 1915	235
10.1.6	Prüfung nach SEP 1918	237
10.1.7	Prüfung nach ASME-Code	238
10.2	Geschweißte Rohre	239
10.2.1	Prüfanordnungen	240
10.2.2	Automatische Prüfanlagen	240
10.2.3	Prüfung nach DIN EN ISO 10893-11	243
10.2.3.1	Prüfverfahren	244
10.2.3.2	Bezugsstandards, Einstellung und Überprüfung der Prüfanlage	244
10.2.3.3	Zulässigkeitsbedingungen	244
10.2.4	Prüfung nach SEP 1916	244
10.2.5	Prüfung nach SEP 1917	245
10.2.6	Prüfung nach ASME-Code	245
10.3	Spezielle Rohrprüfungen nahtloser und geschweißter Stahlrohre	246
10.3.1	Automatis. Ultraschalldickenprüfung v. Rohren n. DIN EN ISO 10893-12	246
10.3.1.1	Prüfverfahren	246
10.3.1.2	Bezugsstandards, Einstellung und Überprüfung der Prüfanlage	246
10.3.1.3	Zulässigkeitsbedingungen	246
10.3.2	Automatisierte Rohrprüfung auf Dopplungen und der Rohrenden nach DIN EN ISO 10893-8	246
10.3.2.1	Prüfung auf Dopplungen	247
10.3.2.1.1	Prüfverfahren	247

10.3.2.1.2	Bezugsstandards, Einstellung und Überprüfung der Prüfanlage	247
10.3.2.1.3	Zulässigkeitsbedingungen	248
10.3.2.2	Rohrendenprüfung	248
11	Prüfung von Schmiedestücken	251
11.1	Herstellungsbedingte Fehler	251
11.1.1	Fehler vom Gießprozess	251
11.1.2	Fehler aus dem Verformungsprozess	252
11.1.3	Fehler vom Wärmebehandlungsprozess	255
11.2	Prüftechnik	257
11.2.1	Prüfzeitpunkt	257
11.2.2	Prüftechnische Kriterien	257
11.2.3	Manuelle, mechanisierte und automatisierte Prüfung	258
11.3	Prüfung nach SEP 1921	263
11.3.1	Prüfumfang und -zeitpunkt	263
11.3.2	Prüfsystem, Justierung und Durchführung der Prüfung	263
11.3.3	Bewertung von Anzeigen	263
11.4	Prüfung nach DIN EN 10228-3	266
11.4.1	Prüfumfang und -zeitpunkt	266
11.4.2	Prüfsystem, Justierung und Durchführung der Prüfung	269
11.4.3	Bewertung von Anzeigen	269
11.5	Prüfung nach ASME-Code	270
11.5.1	Prüfumfang und -zeitpunkt	271
11.5.2	Prüfsystem, Justierung und Durchführung der Prüfung	272
11.5.3	Bewertung von Anzeigen	274
12	Prüfung von Gussstücken	277
12.1	Herstellungsbedingte Fehler	277
12.2	Prüfbarkeit und Prüftechnik	279
12.2.1	Stahlguss	279
12.2.2	Gusseisen	280
12.3	Prüfung von Stahlguss für allgemeine Verwendung n. DIN EN 12680-1	284
12.3.1	Prüfumfang und -zeitpunkt	284
12.3.2	Prüfverfahren, Prüfsystem, Justierung und Durchführung der Prüfung	284
12.3.3	Bewertung von Anzeigen	285
12.4	Prüfung v. Stahlguss für hochbeanspruchte Bauteile n. DIN EN 12680-2 ..	288
12.4.1	Prüfsystem, Justierung und Durchführung der Prüfung	288
12.4.2	Bewertung von Anzeigen	289
12.5	Prüfung nach ASME-Code	290

12.5.1	Prüfumfang und -zeitpunkt	290
12.5.2	Prüfsystem, Justierung und Durchführung der Prüfung	291
12.5.3	Bewertung von Anzeigen	292
12.6	Prüfung von Gusseisen mit Kugelgraphit nach DIN EN 12680-3	292
12.6.1	Prüfsystem, Justierung und Durchführung der Prüfung	292
12.6.2	Bewertung von Anzeigen	292
12.7	Prüfung von Gussstücken aus Gusseisen mit Kugelgraphit nach SEP 1924	294
12.7.1	Prüfumfang und -zeitpunkt	294
12.7.2	Prüfsystem, Justierung und Durchführung der Prüfung	294
12.7.3	Bewertung von Anzeigen	295
13	Prüfung von Schweißverbindungen	297
13.1	Der Aufbau von Schweißnähten	297
13.2	Stoß- und Fugenformen	298
13.3	Mechanisierte und automatisierte Prüfung	300
13.4	Schweißnahtfehler	301
13.4.1	Flächenhafte Fehler	301
13.4.2	Volumenhafte Fehler	302
13.4.3	Einteilung von Ungänzen an Metallen nach DIN EN ISO 6520	303
13.4.4	Bestimmung des Anteils von Ungänzen an Metallen nach EN ISO 5817	307
13.5	Spezielle Schweißverfahren	308
13.5.1	Engspaltschweißen	308
13.5.2	Widerstandspunktschweißen	310
13.6	Ultraschallprüfung von Schmelzschweißverbindungen n. DIN EN 12062	315
13.6.1	Prüfumfang und Zeitpunkt	316
13.6.2	Auswahl des Prüfverfahrens und Durchführung der Prüfung	316
13.6.3	Bewertung von Anzeigen	317
13.7	Prüfung nach AD-Merkblatt HP 5/3 (2000) und Anlage HPO	317
13.7.1	Prüfumfang und -zeitpunkt	317
13.7.2	Prüfsystem, Justierung und Durchführung der Prüfung	318
13.7.3	Bewertung von Anzeigen	318
13.8	Prüfung nach Druckgeräterichtlinie DIN EN 13445-5	323
13.8.1	Prüfverfahren und Prüfumfang	323
13.8.2	Bewertung von Anzeigen	323
13.9	Prüfung nach DIN EN ISO 11666, 17640 und 23279, DIN EN ISO 5817	324
13.9.1	Prüfumfang und -zeitpunkt	324
13.9.2	Prüfsystem, Justierung und Durchführung der Prüfung	325
13.9.3	Bewertung von Anzeigen	327
13.10	Ultraschallprüfung von Schweißnähten nach KTA 3201.3	330
13.10.1	Prüfumfang und -zeitpunkt	330
13.10.2	Prüfsystem, Justierung und Durchführung der Prüfung	331

13.10.3	Bewertung von Anzeigen	331
13.11	Ultraschallprüfung von Schweißnähten nach ASME-Code	332
13.11.1	Prüfumfang und -zeitpunkt	332
13.11.2	Prüfsystem, Justierung und Durchführung der Prüfung	333
13.11.3	Bewertung von Anzeigen	333
14	Besondere Prüftechniken I (Spezielle Bauteile)	337
14.1	Gekrümmte Bauteile	337
14.1.1	Schallfeldveränderungen	337
14.1.2	Prüfkopfanpassung nach DIN EN 583-2	338
14.1.2.1	Geometrieklassen für Prüfobjekte	338
14.1.2.2	Prüfköpfe mit Anpassung in Längsrichtung	339
14.1.2.2.1	Konvexe Prüffläche	339
14.1.2.2.2	Konkave Prüffläche	339
14.1.2.3	Prüfköpfe mit Anpassung in Querrichtung	340
14.1.2.3.1	Konvexe Prüffläche	340
14.1.2.3.2	Konkave Prüffläche	340
14.1.2.4	Prüfköpfe mit Anpassung in Längs- und Querrichtung	340
14.1.2.5	Prüfkopfanpassung nach ASME-Code	340
14.1.3	Auswahl des Einschallwinkels	341
14.1.4	Entfernungsjustierung	342
14.1.5	Empfindlichkeitsjustierung	345
14.2	Plattierte Bauteile	346
14.2.1	Herstellung von Plattierungen	346
14.2.2	Kriterien für prüftechnische Festlegungen	346
14.2.3	Justierung und allgemeine Prüftechnik	348
14.2.3.1	Prüfung auf Bindefehler im Interface mit Senkrechtprüfkopf	348
14.2.3.2	Prüfung auf Risse und Schlackeneinschlüsse mit Winkelprüfkopf	350
15	Besondere Prüftechniken II (Spezielle Techniken)	353
15.1	Tandem- und LLT-Technik	353
15.1.1	Tandemtechnik	353
15.1.1.1	Prüftechnik	353
15.1.1.2	Prüfzonen	354
15.1.1.3	Entfernungsjustierung	354
15.1.1.4	Empfindlichkeitsjustierung	357
15.1.2	LLT-Technik	357
15.2	TOFD-Technik	361
15.2.1	Einführung	361
15.2.2	Prinzip des Verfahrens	361

15.2.3	Prüftechnik und Einstellung des Prüfsystems	364
15.2.4	Anwendungen der TOFD-Technik	368
15.2.5	Vorteile, Grenzen und Akzeptanzkriterien der TOFD-Technik	370
15.3	Gruppenstrahlertechnik (Phased Array)	374
15.3.1	Prüfgerätesysteme	374
15.3.2	Anwendungen der Phased-Array-Technik	379
15.3.3	Fehlerrekonstruktion und -klassifizierung	384
15.3.4	Vor- und Nachteile der Phased-Array-Technik	387
15.4	Prüfung bei höheren Temperaturen	387
15.4.1	Einleitung	387
15.4.2	Ultraschallankopplung	387
15.4.2.1	Kontaktlose Verfahren	388
15.4.2.1.1	Magnetostriktive Verfahren	388
15.4.2.1.2	Piezoelektrische Verfahren	390
15.4.2.1.3	Elektromagnetische Verfahren	390
15.4.2.1.4	Thermoakustische Verfahren	393
15.4.2.2	Ultraschallankopplung im Kontaktverfahren mit Ankopplungsmitteln	393
15.4.2.3	Ultraschallankopplung im Kontaktverfahren ohne Ankopplungsmittel	396
15.4.3	Ultraschallausbreitung	397
15.4.4	Prüfung von Schmiedeblocken bei höheren Temperaturen	400
15.5	Luftschall-Technik	405
15.5.1	Einführung	405
15.5.2	Prüftechnik	406
15.5.2.1	Kapazitive Prüfköpfe	406
15.5.2.2	Piezokomposite Prüfköpfe	406
15.5.2.3	Prüfsysteme	408
15.5.3	Prüfverfahren	410
15.5.4	Anwendungen	411
16	Besondere Prüftechniken III (Spezielle Werkstoffe)	415
16.1	Austenitische Werkstoffe	415
16.1.1	Physikalische Grundlagen	415
16.1.2	Prüftechnik	416
16.1.2.1	Fokussierung des Schallbündels	416
16.1.2.2	Longitudinalwellen-Winkelprüfköpfe	416
16.1.2.3	Breitbandige hochbedämpfte Prüfköpfe	416
16.1.2.4	Schmalbandsendertechnik	417
16.1.2.5	Signalverarbeitungstechnik	417
16.1.3	Anwendungen	418
16.2	Gusswerkstoffe	420

16.2.1	Stahlformguss	420
16.2.2	Gusseisen	422
16.2.3	Schalenhartguss	424
16.3	Kunststoffe	428
16.3.1	Zielstellung für Ultraschallprüfungen	428
16.3.2	Justierung und Justierkörper	429
16.3.3	Bewertung	431
17	Normen, Regelwerke, Prüfanweisungen, Verfahrensbeschreibungen, Protokollierung, Dokumentation	435
17.1	Normen, Regelwerke	435
17.2	Prüfanweisungen	439
17.3	Verfahrensbeschreibungen	443
17.4	Protokollierung und Dokumentation	451
18	Sachwortverzeichnis	457