E DIN EN 14015:2025-10 (D/E)

Erscheinungsdatum: 2025-09-05

Auslegung und Herstellung standortgefertigter, oberirdischer, stehender, zylindrischer, geschweißter Flachboden-Stahltanks für die Lagerung von Flüssigkeiten bei Umgebungstemperatur und höheren Temperaturen; Deutsche und Englische Fassung prEN 14015:2025

Specification for the design and manufacture of site built, vertical, cylindrical, flat-bottomed, above ground, welded, steel tanks for the storage of liquids at ambient temperature and above; German and English version prEN 14015:2025

Inhalt

Seite

Europäisches Vorwort 19
Einleitung 20
1 Anwendungsbereich 22
2 Normative Verweisungen 22
3 Begriffe, Symbole und Abkürzungen 25
3.1 Begriffe 25
3.2 Symbole 28
3.3 Abkürzungen 30
4 Festzulegende Angaben und Anforderungen 30
4.1 Vom Besteller festzulegende Angaben 30
4.2 Zwischen Besteller und Tankhersteller zu vereinbarende Angaben 30
4.3 Vom Tankhersteller zu liefernde Angaben 30
4.4 Vom Stahlhersteller zu liefernde Angaben 30
4.5 Zwischen Tankhersteller und Stahlhersteller zu vereinbarende Angaben 30
4.6 Zwischen Besteller und Schwimmdachlieferant zu vereinbarende Angaben 30
4.7 Zwischen Tankhersteller und Schwimmdachlieferant zu vereinbarende Angaben 31
4.8 Vom Schwimmdachlieferanten zu liefernde Angaben 31
4.9 Zwischen Besteller und Lieferant des Aluminium-Kugelsegmentdachs zur Abdeckung eines offenen Stahltanks zu vereinbarende Angaben 31
4.10 Zwischen Tankhersteller und Lieferant des Aluminium-Kugelsegmentdachs zu vereinbarende Angaben 31
4.11 Vom Lieferanten des Aluminium-Kugelsegmentdachs zu liefernde Angaben 31
5 Anforderungen 31
5.1 Auslegungsdruck 31
5.2 Auslegungswandtemperatur 32
5.2.1 Höchste Auslegungswandtemperatur 32
5.2.2 Niedrigste Auslegungswandtemperatur 32
5.3 Auslegungsdichte 33
5.4 Streckgrenze 33
5.5 Kompatibilität der Werkstoffe zwischen Lagergut und Tank 33
6 Werkstoffe 33
6.1 Unlegierte Stähle 33
6.1.1 Bleche 33
6.1.2 Stahlbauprofile 37
6.1.3 Schmiedestücke 38
6.1.4 Rohre 39
6.1.5 Schweißzusätze 39
6.1.6 Anforderungen an die Charpy-V-Kerbschlagarbeit unlegierter Stähle 39
6.1.7 Anbauteile 40
6.1.8 Zulässige Dickenabweichungen 41
6.2 Nichtrostende Stähle 41
6.2.1 Werkstoffauswahl 41
6.2.2 Bleche und gezogene Erzeugnisse 43
6.2.3 Schmiedestücke 43

6.2.4 Rohre . . . 44
6.2.5 Schweißzusätze . . . 44
6.3 Anker und lasttragende Schrauben . . . 44
7 Auslegungslasten . . . 46
7.1 Lasten . . . 46
7.2 Lastwerte . . . 47
7.2.1 Lasten durch das Lagergut . . . 47
7.2.2 Lasten durch Innendruck . . . 47
7.2.3 Lasten aus Temperatureinwirkungen . . . 47
7.2.4 Eigenlasten . . . 47
7.2.5 Lasten aus Dämmungen . . . 47
7.2.6 Verteilte Nutzlasten . . . 47
7.2.7 Einzellasten . . . 47
7.2.8 Schneelasten . . . 47
7.2.9 Regenlasten . . . 48
7.2.10 Wind . . . 48
7.2.11 Seismische Lasten . . . 58
7.2.12 Lasten durch angeschlossene Rohrleitungen und Anbauteile . . . 58
7.2.13 Lasten aus Fundamentsetzungen . . . 59
7.2.14 Sonderlasten . . . 59
7.2.15 Lastkombinationen . . . 59
8 Tankböden . . . 61
8.1 Allgemeines . . . 61
8.2 Werkstoffe . . . 61
8.3 Auslegung . . . 64
8.4 Fertigung . . . 65
9 Mantelauslegung . . . 67
9.1 Auslegungs- und Prüfspannung . . . 67
9.2 Lasten durch Lagergut . . . 69
9.3 Wind- und Unterdrucklasten . . . 71
9.3.1 Versteifungsringe . . . 71
9.3.2 Hauptversteifungsringe . . . 72
9.3.3 Auslegung von Zusatzversteifungsringen (Windverbänden) . . . 76
9.3.4 Axialdruck im Mantel . . . 78
9.4 Auslegung von Tanks für erhöhte Temperaturen . . . 78
9.4.1 Auswirkungen der erhöhten Temperatur auf die festgelegte Mindeststreckgrenze oder die 0,2-%-Dehngrenze von Stählen . . . 78
9.4.2 Auswirkungen der erhöhten Temperatur auf den Elastizitätsmodul von Stählen . . . 79
9.5 Zusätzliche Anwendung des Eurocodes . . . 80
10 Auslegung von Festdächern . . . 80
10.1 Lasten . . . 80
10.2 Dacharten . . . 80
10.3 Dachbleche mit Stützkonstruktion . . . 81
10.3.1 Auslegung der Dachstützkonstruktion . . . 81
10.3.2 Auslegung von Dachblechen . . . 81
10.3.3 Dachblechdicke . . . 82
10.3.4 Werkstoffe für die Konstruktion der Dachbauglieder . . . 82
10.3.5 Schweißen von Dachblechen . . . 82
10.3.6 Schweißnaht . . . 82
10.3.7 Tragkonstruktionen . . . 82
10.4 Dachbleche ohne Stützkonstruktion (Membrandächer) . . . 83
10.5 Druckbeanspruchte Fläche der Mantel-Dach-Verbindung . . . 84
10.6 Interne Schwimmdächer . . . 89
11 Auslegung von Schwimmdächern . . . 89
11.1 Allgemeines . . . 89
11.2 Ausführungsarten von Schwimmdächern . . . 89
11.2.1 Allgemeines . . . 89
11.2.2 Membran-Metallschwimmdach . . . 90
11.2.3 Doppeldeck-Metallschwimmdach . . . 91
11.2.4 Nichtmetall-Schwimmdach in Sandwichflachbauweise . . . 92
11.3 Auslegung . . . 93

11.3.1 Allgemeines . . . 93
11.3.2 Schwimmfähigkeit . . . 94
11.3.3 Konstruktive Auslegung . . . 98
11.3.4 Stabilität des Dachs unter Windlast . . . 99
11.3.5 Pontonmannlöcher . . . 99
11.3.6 Dachmannloch . . . 99
11.3.7 Zentriervorrichtung und Verdrehsicherung . . . 99
11.3.8 Schwimmdachentwässerung . . . 100
11.3.9 Notentwässerungseinrichtungen . . . 102
11.3.10 Ablauföffnungen . . . 103
11.3.11 Automatische Lüfter und Be- und Entlüftungsöffnungen am Rand . . . 103
11.3.12 Dichtungen . . . 104
11.3.13 Stützen . . . 104
11.3.14 Füllstandspeileinrichtung . . . 106
11.3.15 Rollleiter . . . 106
11.3.16 Erdungskabel . . . 107
11.3.17 Schaumwand . . . 107
11.4 Vorfertigung im Werk . . . 107
11.5 Kennzeichnung, Verpackung, Handhabung und Transport . . . 107
11.5.1 Allgemeines . . . 107
11.5.2 Reparatur nach Schäden im Werk . . . 108
11.6 Montage . . . 108
11.7 Schweißen . . . 108
11.7.1 Allgemeines . . . 108
11.7.2 Stützen . . . 108
11.7.3 Schottwände . . . 108
11.8 Inspektion und Prüfung . . . 109
11.8.1 Schweißnähte . . . 109
11.8.2 Pontons . . . 109
11.8.3 Überprüfungen . . . 109
11.8.4 Entwässerungseinrichtungen . . . 109
11.9 Dokumentation . . . 110
12 Tankverankerung . . . 110
12.1 Allgemeines . . . 110
12.1.1 Bedingungen für Tankverankerungen . . . 110
12.1.2 Tankinhalte, die zum Widerstandsgewicht des Tanks beitragen . . . 110
12.1.3 Stabilitätsgleichung . . . 112
12.1.4 Gleitreibung . . . 113
12.1.5 Durch Kippen verursachte Drucklasten im Mantel . . . 113
12.2 Befestigung der Verankerung . . . 114
12.3 Ankerschrauben oder -bänder . . . 114
12.3.1 Zulässige Zugspannung . . . 114
12.3.2 Querschnittsfläche . . . 114
12.3.3 Ankerlast zur Verhinderung des Abhebens . . . 115
13 Anbauteile . . . 116
13.1 Stutzen und Mannlöcher . . . 116
13.1.1 Allgemeines . . . 116
13.1.2 Mantelstutzen (ausgenommen Mannlöcher) . . . 116
13.1.3 Dachstutzen (ausgenommen Mannlöcher) . . . 117
13.1.4 Mannlöcher im Tankmantel und im Dach . . . 119
13.2 Stutzenverstärkungen . . . 120
13.3 Blockflanschverbindungen mit Stiftschrauben . . . 129
13.4 Stutzenlasten . . . 129
13.5 Bündige Reinigungsöffnungen und Entwässerungssümpfe . . . 129
13.5.1 Allgemeines . . . 129
13.5.2 Bündige Reinigungsöffnungen . . . 129
13.5.3 Entwässerungssümpfe . . . 129
13.5.4 Kombinierter Entwässerungs- und Reinigungssumpf . . . 129
13.6 Einzelheiten zum Schweißen von Stutzen . . . 130
13.7 Flansche . . . 130

13.8 Wärmebehandlung von Stutzen nach dem Schweißen 130
13.9 Heiz- und/oder Kühlsysteme 131
13.10 Treppen und Laufstege 133
13.11 Geländer 133
13.12 Leitern 134
13.13 Erdanschlüsse 134
13.14 Permanente Anbauteile 135
13.15 Temporäre Anbauteile 135
13.16 Dämmung 135
14 Anforderungen an das Be- bzw. Entlüftungssystem 135
14.1 Allgemeines 135
14.2 Zweck der Be- und Entlüftung 135
14.3 Be- und Entlüftungskapazität 136
14.3.1 Allgemeines 136
14.3.2 Einstelldruck von Überdruck-/Unterdruckausgleichsventilen relativ zum Auslegungs- und Prüfdruck von Tanks (siehe 5.1 und 9.1.1) 136
14.4 Anforderungen an Auslegung/Einbau von Notsystemen zum Überdruckausgleich 136
14.4.1 Fehlfunktion eines Deckgassystems 136
14.4.2 Andere mögliche Ursachen 137
14.5 Anforderungen an Auslegung/Einbau von Notsystemen zum Unterdruckausgleich 137
15 Fertigung von Tankbauteilen im Werk 137
15.1 Allgemeines 137
15.2 Anlieferung und Identifizierung der Materialien 137
15.3 Handhabung und Lagerung der Materialien 138
15.4 Materialkennzeichnung 138
15.5 Vorbereitung von Blechen und zulässige Maßabweichungen 138
15.6 Vorbereitung von Stutzenbauteilen 139
15.7 Umformen von Blechen und zulässige Maßabweichungen 139
15.8 Öffnungen 139
15.8.1 Stutzen 139
15.8.2 Sichtfenster 140
15.8.3 Stutzen für Rührwerke 140
15.8.4 Reinigungsöffnungen 140
15.8.5 Verstärkungsbleche 140
15.8.6 Einschweißbleche 140
15.9 Schweißen 140
15.10 Oberflächenzustand 141
15.11 Kennzeichnung für die Errichtung 141
15.12 Verpackung, Handhabung und Transport zur Baustelle 141
16 Errichtung am Standort und zulässige Maßabweichungen 142
16.1 Allgemeines 142
16.2 Gründungen 142
16.2.1 Allgemeines 142
16.2.2 Zulässige Abweichungen am Rand 143
16.2.3 Zulässige Abweichungen der Gründungsoberfläche 143
16.2.4 Abweichungen nach der Flüssigkeitsdruckprüfung 143
16.3 Verankerungen 144
16.4 Handhabung und Lagerung 144
16.5 Maßnahmen bei Transport- und Handhabungsschäden 144
16.6 Bodenbleche 144
16.7 Zulässige Maßabweichungen des Mantels 145
16.7.1 Zulässige Abweichungen für die Montage des untersten Mantelschusses an den Tankboden 145
16.7.2 Zulässige Abweichungen von der Mantelgeometrie 146
16.7.3 Zulässige Abweichungen von der Lotrechten 146
16.7.4 Kantenversatz bei Mantelblechen 146
16.7.5 Zulässige Abweichungen der Form von Schweißverbindungen 147

16.7.6 Haupt- und Zusatzversteifungsringe (Windverbände) . . . 147
16.8 Festdächer . . . 147
16.8.1 Allgemeines . . . 147
16.8.2 Gespärre . . . 147
16.8.3 Dachbleche . . . 148
16.8.4 Dachhaut und Gespärre . . . 148
16.8.5 Dächer mit Reißnaht . . . 148
16.9 Stutzen . . . 148
16.10 Anbauteile an der Tankaußenseite . . . 148
16.11 Anbauteile im Tankinnern . . . 148
16.12 Temporäre Anbauteile . . . 148
17 Zulassung von Schweißverfahren und Schweißern . . . 149
17.1 Allgemeines . . . 149
17.2 Schweißverfahrensprüfung . . . 149
17.2.1 Allgemeines . . . 149
17.2.2 Schweißen der Prüfstücke . . . 149
17.2.3 Untersuchung und Prüfung der Prüfstücke . . . 149
17.2.4 Messung des Ferrit-Gehalts in austenitisch-ferritischen Stählen . . . 150
17.3 Bericht über die Qualifizierung des Schweißverfahrens (WPQR) . . . 150
17.3.1 Ausstellung . . . 150
17.3.2 Geltungsbereich . . . 150
17.4 Prüfung von Schweißern und Benutzern von Schweißeinrichtungen . . . 150
17.5 Arbeitsproben für die Produktionskontrolle . . . 151
17.5.1 Horizontale Schweißnähte . . . 151
17.5.2 Vertikale Schweißnähte . . . 151
18 Schweißen . . . 151
18.1 Allgemeines . . . 151
18.2 Reihenfolge der Schweißarbeiten . . . 151
18.3 Schweißen von Tankböden . . . 151
18.3.1 Entfernen von Beschichtungen . . . 151
18.3.2 Bodenrandbleche . . . 152
18.3.3 Bodenbleche . . . 152
18.4 Schweißverbindung zwischen Mantel und Boden . . . 152
18.5 Schweißen des Tankmantels . . . 152
18.6 Schweißen des Tankdachs . . . 152
18.7 Temporäre Schweißnähte . . . 152
18.8 Atmosphärische Bedingungen . . . 152
18.9 Vorwärmen . . . 153
18.10 Wärmebehandlung nach dem Schweißen . . . 153
18.11 Reparaturschweißen . . . 154
19 Prüfung und Inspektion . . . 154
19.1 Allgemeines . . . 154
19.2 Qualifizierung von ZfP-Personal . . . 155
19.3 Prüfverfahren . . . 155
19.4 Art der Inspektionen und Untersuchungen . . . 155
19.4.1 Inspektion der Werkstoffe . . . 155
19.4.2 Untersuchung der Schweißkanten und der Vorbereitungen für die Montage . . . 155
19.4.3 Sichtprüfung während der Fertigung und Errichtung . . . 156
19.4.4 Art und Umfang von Schweißnahtuntersuchungen und -prüfungen . . . 156
19.4.6 Zusätzliche Untersuchungen an fehlerhaften Schweißnähten . . . 162
19.4.7 Allgemeines . . . 162
19.5 Unterdruckprüfung mit Saugglocke . . . 163
19.6 Eindringprüfung . . . 164
19.7 Magnetpulverprüfung . . . 164
19.8 Nekalprüfung . . . 164
19.8.1 Verstärkungsbleche . . . 164
19.8.2 Schweißnähte an Festdächern, Dachstutzen und Dach-Mantel-Verbindungen . . . 164

19.8.3 Mantel-Boden-Verbindungen mit beidseitig geschweißten Kehlnähten . . . 164
19.9 Durchstrahlungsprüfung . . . 165
19.9.1 Allgemeines Verfahren . . . 165
19.9.2 Lagerung der Filme . . . 165
19.10 Ultraschallprüfung . . . 166
19.11 Zulässigkeitskriterien für Unregelmäßigkeiten . . . 166
19.12 Zulässige Unterschreitung der Wanddicke nach dem Schleifen . . . 169
19.13 Überprüfung der Maße . . . 169
19.14 Flüssigkeits- und Gasdruckprüfungen . . . 169
19.14.1 Allgemeines . . . 169
19.14.2 Füllstand für die Flüssigkeitsdruckprüfung . . . 170
19.14.3 Gasdruck während der Prüfung . . . 170
19.14.4 Bedingungen für die Durchführung . . . 170
19.14.5 Untersuchung während des Befüllens . . . 171
19.14.6 Füllen . . . 171
19.14.7 Überprüfung und Gasdruckprüfung des Daches (gültig für alle Arten von Festdachtanks) 173
19.14.8 Prüfung der Tankstabilität bei Unterdruck (Vakuumprüfung) . . . 173
19.14.9 Setzung des Tanks während der Flüssigkeitsdruckprüfung . . . 174
19.15 Überprüfungen bei leerem Tank . . . 178
19.16 Anbauteile . . . 178
19.16.1 Anbauteile an der Tankaußenseite . . . 178
19.16.2 Anbauteile im Tankinnern . . . 179
20 Dokumentation und Fabrikschild . . . 179
20.1 Dokumentation . . . 179
20.2 Fabrikschild . . . 181
Anhang A (normativ) **Angaben und Anforderungen, die zu dokumentieren sind . . . 183**
A.1 Vom Besteller zu liefernde Angaben . . . 183
A.2 Vereinbarungen zwischen Besteller und Hersteller . . . 185
A.3 Vom Hersteller zu liefernde Angaben . . . 186
A.4 Vom Stahlhersteller zu liefernde Angaben . . . 187
A.5 Zwischen Tankhersteller und Stahlhersteller zu vereinbarende Angaben . . . 187
A.6 Zwischen Besteller und Schwimmdachlieferant zu vereinbarende Angaben . . . 187
A.7 Zwischen Tankhersteller und Schwimmdachlieferant zu vereinbarende Angaben . . . 187
A.8 Vom Schwimmdachlieferanten zu liefernde Angaben . . . 187
A.9 Zwischen Besteller und Lieferant des Aluminium-Kugelsegmentdachs zur Abdeckung eines offenen Stahltanks zu vereinbarende Angaben . . . 188
A.10 Zwischen Tankhersteller und Lieferant des Aluminium-Kugelsegmentdachs zu vereinbarende Angaben . . . 188
A.11 Vom Lieferanten des Aluminium-Kugelsegmentdachs zu liefernde Angaben . . . 189
A.12 Zwischen Tankhersteller und Lieferant der Ringspaltabdichtungen für Schwimmdächer zu vereinbarende Angaben (sofern zutreffend) . . . 189
A.13 Vom Lieferanten der Ringspaltabdichtungen für Schwimmdächer zu liefernde Angaben (sofern zutreffend) . . . 189
Anhang B (informativ) **Erwägungen zum Betrieb und zur Sicherheit von Lagertanks . . . 190**
B.1 Allgemeines . . . 190
B.2 Tanktyp . . . 190
B.2.1 Lagergut . . . 190
B.2.2 Auswahl des Lagertanktyps anhand des besten Wirkungsgrades in Bezug auf die Minderung der Emission von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) . . . 190
B.2.3 Klimatische und geologische Bedingungen am Standort . . . 193
B.3 Erwägungen zu Gefahren für Gesundheit, Sicherheit und Umwelt . . . 193
B.4 Anbauteile an Tanks für Sicherheits- und Feuerlöscheinrichtungen . . . 194
Anhang C (normativ) **Anforderungen an interne Schwimmdächer . . . 195**
C.1 Allgemeines . . . 195
C.2 Arten von internen Schwimmdächern . . . 196
C.3 Anforderungen an Auslegung und Ausführung . . . 199
C.3.1 Auslegung . . . 199

C.3.2 Werkstoffe . . . 204
C.3.3 Ausrüstungsteile von internen Schwimmdächern . . . 205
C.4 Einbau . . . 209
C.4.1 Untersuchung des Tanks . . . 209
C.4.2 Untersuchung und Einbau des internen Schwimmdachs . . . 209
C.4.3 Prüfungen . . . 209
C.5 Dokumentation . . . 210
Anhang D (informativ) **Detaillierte Anforderungen an die Auslegung von Schwimmdächern** . . . 211
D.1 Allgemeines . . . 211
D.2 Auslegungsfälle . . . 212
D.2.1 Allgemeines . . . 212
D.2.2 Normalbetrieb . . . 212
D.2.3 Windlasten . . . 213
D.2.4 250 mm Regenwasser . . . 213
D.2.5 Zwei undichte Pontons und eine undichte Mittelmembran . . . 214
D.2.6 Auf seinen Stützen ruhendes Dach . . . 214
D.2.7 Auslegungssonderfälle . . . 215
D.3 Lastbedingungen . . . 216
D.3.1 Allgemeines . . . 216
D.3.2 Eigengewicht . . . 216
D.3.3 Eigengewicht der Rollleiter + Schienen der Rollleiter . . . 217
D.3.4 Hydrostatische Lasten . . . 218
D.3.5 Windlasten (siehe auch EN 1991-1-4) . . . 221
D.3.6 Belastung der Membran . . . 224
D.3.7 Beullasten bei Pontons . . . 225
D.3.8 Belastung der Dachstützen . . . 227
D.4 Spannungsüberprüfungen . . . 229
D.5 Maximale Höhe der Flüssigkeit auf der Oberseite der Mittelmembran . . . 230
Anhang E (normativ) **Anforderungen an Ringspaltabdichtungen für Schwimmdächer** . . . 232
E.1 Allgemeines . . . 232
E.2 Auslegung von Dichtungen und Dichtungswerkstoffe . . . 232
E.3 Werkstoffauswahl . . . 233
E.4 Arten von Dichtungen für Schwimmdächer . . . 234
E.4.1 Allgemeines . . . 234
E.4.2 Funktionen der Ringspaltabdichtungen . . . 234
E.4.3 Arten von Ringspaltabdichtungen . . . 235
E.5 Sekundärdichtungen und Witterungsschutz . . . 242
E.5.1 Sekundärdichtungen . . . 242
E.5.2 Witterungsschutz . . . 244
E.6 Teile eines Schwimmdachs, die mit einer ordnungsgemäßen Dichtungsauslegung verknüpft sind . . . 244
E.6.1 Schaumwand . . . 244
E.6.2 Erdanschlüsse . . . 244
E.6.3 Brandmeldeanlage . . . 245
E.6.4 Maximale Betriebshöhe der Dichtung . . . 245
E.7 Einbau . . . 245
E.8 Inspektion und Prüfung . . . 245
E.9 Dokumentation . . . 246
Anhang F (normativ) **Auswahl von unlegierten und nichtrostenden Stahlwerkstoffen nach alternativen Spezifikationen zu denen in 6.1 und 6.2** . . . 247
F.1 Alternative Nationale Normen . . . 247
F.2 Unlegierter Stahl . . . 247
F.2.1 Allgemeine Anforderungen . . . 247
F.2.2 Chemische Zusammensetzung . . . 247
F.2.3 Mechanische Eigenschaften . . . 250
F.2.4 Kerbschlagbiegeversuche . . . 251
F.3 Nichtrostender Stahl . . . 253

F.3.1 Allgemeine Anforderungen . . . 253
F.3.2 Chemische Zusammensetzung und Sorten von nichtrostendem Stahl . . . 253
F.3.3 Mechanische Eigenschaften und Kerbschlagzähigkeit . . . 253
F.3.4 Kerbschlagbiegeversuche . . . 254
Anhang G (informativ) **Empfehlungen für Vorkehrungen zur Erdbebensicherheit von Lagertanks 255**
G.1 Einleitung . . . 255
G.2 Verweisungen . . . 255
G.3 Allgemeines . . . 255
G.3.1 Erdbebeneinwirkungen . . . 255
G.4 Ablaufdiagramme zur Berechnung der hydrodynamischen Effekte in vertikalen zylindrischen Tanks . . . 259
G.5 Vertikale, starre, zylindrische Tanks mit Bodenlagerung, an der Gründung befestigt . . . 267
G.5.1 Horizontale Erdbebeneinwirkung . . . 267
G.5.2 Vertikale Erdbebeneinwirkung . . . 270
G.6 Flexible Wand, impulsive Komponente, horizontale Erdbebeneinwirkung . . . 271
G.7 Wechselwirkungen zwischen Boden und Bauwerk bei Tanks mit Bodenlagerung . . . 273
G.7.1 Allgemeines . . . 273
G.7.2 Näherungsverfahren . . . 273
G.8 Überlagerung der impulsiven und konvektiven Drücke . . . 275
G.9 Überlagerung der Drücke infolge horizontaler und vertikaler Komponenten der Erdbebeneinwirkung — Ringspannungen . . . 275
G.10 Seismische Basischubkraft und Kippmoment . . . 276
G.11 Seismische Antwort . . . 277
G.11.1 Allgemeines . . . 277
G.11.2 Vertikale Membrandruckspannungen . . . 277
G.11.3 Manteldruck bei unverankerten Tanks (0,785 < AR ≤ 1,54) — Vertikale Membrandruckkräfte und -spannungen in der Wand infolge des Abhebens . . . 278
G.11.4 Abhebehöhe des Mantels und Abhebelänge des Bodenblechs . . . 278
G.11.5 Radiale Membranspannungen im Bodenblech . . . 281
G.11.6 Plastische Rotation des Bodenblechs . . . 281
G.12 Stabilitätsnachweise für Stahltanks . . . 282
G.12.1 Ringspannungen . . . 282
G.12.2 Nachweis der meridionalen (axialen) Druckbeanspruchung bei gleichzeitigem Innendruck . . . 282
G.13 Praktisches Beispiel für die Berechnung der seismischen Auslegung eines unverankerten Lagertanks . . . 285
G.13.1 Allgemeines . . . 285
G.13.2 Seismische Daten . . . 286
G.13.3 SSE-Auslegung . . . 288
G.13.4 Eigenperioden . . . 289
G.13.5 Nachweis der Ringspannungen . . . 291
Anhang H (informativ) **Empfehlungen für spezielle Tankbodenausführungsarten . . . 306**
H.1 Allgemeines . . . 306
H.2 Nicht vollflächig unterstützte Böden . . . 306
H.3 Doppelböden . . . 308
H.3.1 Allgemeines . . . 308
H.3.2 Begriffe . . . 308
H.3.3 Allgemeine Anforderungen . . . 308
H.3.4 Ausführungsarten . . . 309
H.3.5 Planung . . . 310
H.3.6 Auslegung . . . 311
H.3.7 Werkstoffe . . . 313
H.3.8 Vorbereitung . . . 313
H.3.9 Einbau . . . 313
H.3.10 Annehmbare Abweichungen des oberen Bodens von den festgelegten Maßen . . . 314
H.3.11 Schweißen . . . 314
H.3.12 Inspektion nach Einbau der Leckschutzauskleidung . . . 316

H.3.13 Kennzeichnung . . . 316
H.3.14 Leckanzeigesystem der Klasse 1 . . . 317
H.3.15 Weitere Leck-/Leckageanzeigesysteme . . . 321
H.3.16 Berechnungsanforderungen . . . 321
H.4 Hochbehälter oder balkenaufgelagerte Tanks . . . 321
Anhang I (informativ) **Empfehlungen für Tankgründungen** . . . 322
I.1 Allgemeines . . . 322
I.2 Bodenuntersuchung . . . 322
I.2.1 Allgemeines . . . 322
I.2.2 Grundwasserspiegel . . . 322
I.2.3 Seismische Untersuchungen . . . 322
I.2.4 Zu vermeidende Standorte . . . 323
I.3 Gründungsauslegung . . . 323
I.3.1 Allgemeines . . . 323
I.3.2 Lastbedingungen . . . 323
I.3.3 Für den Boden zulässige Auflagerdrücke . . . 323
I.3.4 Setzungsschätzungen oder -vorhersagen . . . 323
I.3.5 Bodenverbesserung und Pfahlgründung . . . 324
I.3.6 Widerstand gegen Abheben . . . 324
I.4 Ausführungsarten von Gründungen . . . 325
Anhang J (informativ) **Beispiele für die Berechnung der Mantelstabilität und von Versteifungsringen** . . . 326
J.1 Praktische Beispiele für die Auslegung von zusätzlichen Versteifungsringen (Windverbände) . . . 326
J.2 Beispiel 1 . . . 326
J.3 Beispiel 2 . . . 330
Anhang K (normativ) **Auslegungsregeln für Tanks mit Reißnähten in der Dach-Mantel-Verbindung** 337
K.1 Allgemeines . . . 337
K.1.1 Zweck . . . 337
K.1.2 Reißverhalten bei unverankerten Festdachtanks . . . 337
K.1.3 Reißverhalten bei verankerten Festdachtanks . . . 338
K.2 Ausführung . . . 338
K.3 Werkstoffe . . . 339
K.4 Auslegungsregeln . . . 339
Anhang L (informativ) **Beurteilung von Einstelldrücken von Druck-/Unterdruckausgleichsventilen in Bezug auf den Auslegungs- und Prüfdruck von Tanks** . . . 344
L.1 Allgemeines . . . 344
L.2 Beispiel A: Tank mit hohem Druck . . . 344
L.3 Beispiel B: Tank mit niedrigem Druck . . . 345
Anhang M (informativ) **Tankverankerung** . . . 348
Anhang N (informativ) **Einzelheiten zum Schweißen von Anbauteilen** . . . 360
N.1 Eingeschweißte Anbauteile . . . 360
N.2 Aufgeschweißte Anbauteile . . . 362
N.3 Blockflanschverbindungen mit Stiftschrauben . . . 363
N.4 Dachstutzen . . . 364
Anhang O (informativ) **Bündige Tanktüren und Entwässerungssümpfe** . . . 366
O.1 Bündige Tanktüren . . . 366
O.1.1 Allgemeines . . . 366
O.1.2 Bündige Tanktüren mit Einschweißblechverstärkung . . . 366
O.1.3 Bündige Tanktüren mit Verstärkungsblech . . . 369
O.2 Entwässerungssümpfe . . . 372
O.3 Kombinierter Entwässerungs- und Reinigungssumpf . . . 372
Anhang P (informativ) **Heiz- und/oder Kühlsysteme** . . . 375
P.1 Allgemeines . . . 375
P.2 Wärmeübertragungsmittel . . . 375
P.3 Arten von Heiz- oder Kühleinrichtungen . . . 375

P.4 Einbau **376**
Anhang Q (informativ) **Empfehlungen für die Auslegung und Anbringung der Dämmung** **378**
Q.1 Allgemeines **378**
Q.2 Auslegungserwägungen **379**
Q.2.1 Allgemeines **379**
Q.2.2 Eigenlast **379**
Q.2.3 Windlasten **379**
Q.2.4 Wärmeausdehnung **379**
Q.2.5 Bewegung durch Flüssigkeitsdruck **380**
Q.3 Mechanische Befestigung **380**
Q.3.1 Allgemeines **380**
Q.3.2 Angeschweißte Halterungen **380**
Q.3.3 Angeklebte Halterungen **383**
Q.3.4 Außen angebrachte Tragrahmen **384**
Q.3.5 Sekundäre Stützglieder **384**
Q.3.6 Dachdämmung **384**
Q.4 Einzelheiten der Auslegung **384**
Q.4.1 Stutzen und Mannlöcher **384**
Q.4.2 Verbindungen von Treppen **385**
Q.4.3 Halterungen im Bereich von Versteifungsringen (Windverbänden) **385**
Q.4.4 Dachüberstand **385**
Q.4.5 Versteifungsringe (Windverbände) **386**
Q.4.6 Außenliegende Versteifungsringe (Windverbände) und Dämmung zwischen Tankboden und -mantel **386**
Q.5 Korrosionsschutz **386**
Q.6 Dämmung **386**
Q.6.1 Allgemeines **386**
Q.6.2 Stutzenverbindungen und Mannlöcher **388**
Q.6.3 Versteifungsringe (Windverbände) **389**
Q.7 Verkleidung **390**
Q.7.1 Allgemeines **390**
Q.7.2 Seitenwandverkleidung **391**
Q.7.3 Dachverkleidung **391**
Q.8 Befestigung der Dämmung **392**
Q.8.1 Dämmplatten oder -blöcke mit Metallverkleidung **392**
Q.8.2 Einbringen von Schaum hinter die Metallverkleidung am Standort **392**
Q.8.3 Sprühschaum **393**
Q.8.4 Dächer **393**
Q.9 Brandgefahr **393**
Anhang R (normativ) **Oberflächenbeschaffenheit** **394**
R.1 Mit dem Lagergut in Kontakt stehende interne Oberflächen **394**
R.1.1 Allgemeines **394**
R.1.2 Tanks aus unlegierten Stählen **394**
R.1.3 Tanks aus nichtrostendem Stahl **394**
R.2 Äußere Oberflächen **397**
R.2.1 Allgemeines **397**
R.2.2 Tanks aus unlegierten Stählen **397**
R.2.3 Tanks aus nichtrostendem Stahl **397**
Anhang S (normativ) **Freitragende Aluminiumdächer für Lagertanks** **398**
S.1 Allgemeines **398**
S.1.1 Zweck **398**
S.1.2 Definition **399**
S.1.3 Allgemeine Anwendung **399**
S.1.4 Besonderheiten **399**
S.2 Werkstoffe **400**
S.2.1 Allgemeines **400**
S.2.2 Konstruktiver Rahmen **400**

S.2.3 Dachplatten . . . 400
S.2.4 Schrauben und Befestigungsmittel . . . 400
S.2.5 Dichtstoffe und Flachdichtungswerkstoffe . . . 400
S.2.6 Scheiben für Oberlichter . . . 401
S.3 Zulässige Spannungen . . . 401
S.3.1 Aluminiumbauglieder . . . 401
S.3.2 Aluminiumplatten (siehe S.2.3) . . . 401
S.3.3 Schrauben und Befestigungsmittel . . . 401
S.4 Auslegung . . . 401
S.4.1 Auslegungsgrundsätze . . . 401
S.4.2 Auslegungslasten . . . 403
S.4.3 Innendruck . . . 403
S.5 Befestigung des Dachs . . . 404
S.5.1 Lastabtragung . . . 404
S.5.2 Dachstützen . . . 404
S.5.3 Trennung zwischen Kohlenstoffstahl und Aluminium . . . 404
S.5.4 Erdung . . . 404
S.6 Physikalische Eigenschaften . . . 404
S.6.1 Größen . . . 404
S.6.2 Kugelsegmentradius . . . 405
S.7 Plattformen, Laufstege und Geländer . . . 405
S.8 Zubehörteile . . . 405
S.8.1 Dachluken . . . 405
S.8.2 Dachstutzen und Messluken . . . 405
S.8.3 Oberlichter . . . 405
S.9 Abdichtung am Mantel . . . 405
S.10 Prüfung . . . 406
S.10.1 Dichtheitsprüfung . . . 406
S.11 Fertigung und Errichtung . . . 406
S.11.1 Allgemeines . . . 406
S.11.2 Fertigung . . . 406
S.11.3 Schweißen . . . 406
S.11.4 Untersuchungsberichte . . . 406
S.11.5 Versand und Handhabung . . . 406
S.11.6 Errichtung . . . 407
S.11.7 Ausführungsqualität . . . 407
S.12 Geforderte Informationen und das Verfahren zur Überprüfung der Stabilität des Mantels unter den vom Kugelsegmentdach aufgebrachten Lasten . . . 407
S.12.1 Für den INPUT erforderliche Daten . . . 407
S.12.2 Messung des Tankmantels . . . 407
S.12.3 Lasten . . . 408
S.12.4 Überprüfung des Tragwerks . . . 408
Anhang T (informativ) **Finite-Elemente-Methode (FEA) — Anforderungen bezüglich der Anwendung der FEA zur Unterstützung einer zur Genehmigung vorgelegten Tankauslegung** . . . 410
T.1 Allgemeines . . . 410
T.2 Spezialanforderung an die Auslegung . . . 410
T.3 FEA-Auslegungsbericht . . . 410
Anhang U (informativ) **Analysengestützte Auslegung — Auf Spannungskategorien beruhende Verfahren** . . . 413
U.1 Vorwort . . . 413
U.2 Spannungskategorisierung . . . 413
U.3 Vergleichsspannung . . . 415
U.3.1 Allgemeines . . . 415
U.3.2 Globale Störstelle . . . 416
U.3.3 Lokale Störstelle . . . 416
U.3.4 Primärspannung . . . 416

U.3.5 Sekundärspannung **417**
U.3.6 Spitzenspannung **417**
U.3.7 Spezielle Symbole und Abkürzungen **417**
U.4 Anforderungen an die Verfahren zur Spannungsbestimmung **418**
U.4.1 Annahme linearer Elastizität **418**
U.4.2 Auswahl von Verfahren zur Bestimmung von Spannungen **418**
U.5 Klassifizierung der Spannungen **419**
U.6 Verfahren der Spannungsanalyse **422**
U.7 Beurteilungskriterien **424**
U.7.1 Allgemeines **424**
U.7.2 Begrenzung von äquivalenten primären Spannungen **425**
U.7.3 Begrenzung von äquivalenten Spannungsbereichen, die aus primären und sekundären Spannungen resultieren **426**
Anhang V (informativ) **Umweltauswirkungen** **427**
V.1 Umweltverträglichkeitsbewertung **427**
V.1.1 Einleitung **427**
V.1.2 Anlagenemissionen **427**
V.1.3 Emissionsüberwachung **427**
V.1.4 Philosophie für Abfackeln/Abblasen **428**
V.1.5 Schallschutz **428**
V.1.6 Externe Verkehrsinfrastruktur **428**
V.1.7 Wasserabförderung **428**
V.2 Allgemeine Sicherheitsanforderungen **429**
V.2.1 Ansatz für die Sicherheitsphilosophie **429**
V.2.2 Die Anlage und ihre Umgebung **429**
V.2.3 Standortanalyse **429**
V.2.4 Klimatische Gegebenheiten **430**
V.2.5 Seismologie **430**
V.2.6 Standort **431**
V.3 Gefährdungsbeurteilung **432**
V.3.1 Allgemeines **432**
V.3.2 Beurteilung **432**
V.3.3 Verbesserung der Sicherheit **436**
V.4 Sicherheitstechnische Auslegung und Konstruktion **437**
V.4.1 Einleitung **437**
V.4.2 Auslegung **437**
V.4.3 Überprüfungen **440**
V.5 Sicherheit während des Betriebs **441**
V.5.1 Vorbereitungen für den Anlagenbetrieb **441**
V.5.2 Sicherheit während des Anlagenbetriebs **441**
Anhang W (normativ) **In der Auslegung nach Eurocode 3 zu verwendende Teilsicherheitsbeiwerte** **442**
W.1 Allgemeines **442**
W.2 Teilsicherheitsbeiwerte **442**
Literaturhinweise **443**

Bilder

Bild 1 — Niedrigste Auslegungswandtemperatur, bei der jede Stahlsorte eingesetzt werden kann **37**
Bild 2 — Zulässige Dickenabweichungen von Blechen **41**
Bild 3 — Windsog über einem Kugelsegmentdach **50**
Bild 4 — Kugelsegmentdach **51**
Bild 5 — Windsog über Kegeldächern **55**
Bild 6 — Bereiche von verschiedenen Soglasten über Kegeldächern **56**
Bild 7 — Typische Tankbodenkonstruktionen **64**

Bild 8 — Typische Ausführung der Verbindung von Bodenblechen bis zum Rand unter Mantelblechen für Tanks ohne Bodenrandbleche 66
Bild 9 — Typische Ausführung der Verbindung von Bodenrandblechen unter Mantelblechen für Tanks mit Bodenrandblechen 66
Bild 10 — Anordnung von Mantelblechen 69
Bild 11 — Durch einen Versteifungsring geführte Treppe 74
Bild 12 — Typische druckbeanspruchte Flächen an der Mantel-Dach-Verbindung 87
Bild 13 — Typisches Membrandach 91
Bild 14 — Typischer Tank mit Membranschwimmdach 91
Bild 15 — Typisches Doppeldeckdach 92
Bild 16 — Typischer Tank mit Doppeldeckschwimmdach 92
Bild 17 — Typisches Schwimmdach in Sandwichflachbauweise 93
Bild 18 — Schwimmdachkonfiguration, bei der Mittelmembran und zwei benachbarte Pontonzellen vollständig überflutet sind 95
Bild 19 — Schematische Darstellung der Neigung des Dachs 95
Bild 20 — Durchhängen der Membran aufgrund von Wasseransammlung 96
Bild 21 — Schwimmdachkonfiguration, bei der zwei benachbarte Pontonzellen undicht sind . . 97
Bild 22 — Flexibles Gestell in einem Doppeldeckdach (schraffierte Fläche) 98
Bild 23 — Bewegungen um die Führungsstange 100
Bild 24 — Zu einem Mittelsumpf hin abfallende Membran 101
Bild 25 — Membran, die sich aufgrund von Dampfdruck unterhalb der Mittelmembran nach oben wölbt, mit sekundären Sümpfen 102
Bild 26 — Automatische Lüfter 104
Bild 27 — Dachmanschetten, die von ausreichender Länge sein müssen, um über dem endgültigen Regenwasserspiegel zu stehen 105
Bild 28 — Kippprüfung bei unverankerten Tanks 111
Bild 29 — Dachstutzen mit Flansch (siehe Tabelle 27) 116
Bild 30 — Typische Ausführung eines Mannlochs im Tankmantel 118
Bild 31 — Beispiel eines verschraubten Dachmannlochs 119
Bild 32 — Verstärkung von bodennahen Stutzen 121
Bild 33 — Manteleinschweißblech als Verstärkung (siehe 13.1.4) 123
Bild 34 — Verstärkung des Mantelstutzens 124
Bild 35 — Dickerer Stutzen als Mantelverstärkung 125
Bild 36 — Alternativer Rohrstutzen als Verstärkung (siehe 13.1.5) 126
Bild 37 — Diagramm zur Ermittlung der Dicke einer Rohrstutzenverstärkung (siehe 13.2.2) . . . 128
Bild 38 — Öffnungen für Stutzen, die Mantelnähte schneiden 131
Bild 39 — Einzelheiten zum Auftragsschweißen bei Stutzen 132
Bild 40 — Typische Details eines Erdanschlusses 134
Bild 41 — Zusätzliche Untersuchungen an fehlerhaften Schweißnähten 163
Bild 42 — Maximale differentielle Umfangssetzung zwischen höchsten und niedrigsten Punkten 175
Bild 43 — Radiale Setzung 176
Bild 44 — Kantensetzung 176
Bild 45 — Wellen im Tankboden 177
Bild 46 — Hohlraum durch nicht aufliegende Bodenbleche 177
Bild 47 — Flächenneigung 178
Bild B.1 — Flussdiagramm für die Auswahl des Lagertanktyps anhand des Parameters „Wahrer Dampfdruck“ 192
Bild C.1 — Beispiel für den Einbau eines typischen Schwimmdachs in einem Festdach-Lagertank 197
Bild C.2 — Beispiele für verschiedene Ausführungsarten von Schwimmdächern 199
Bild C.3 — Dachrandlüfter (schaufelförmige Hauben) 203
Bild C.4 — Typische Ausführung von Stütze und Entlüfter 206
Bild D.1 — Schematische Darstellung des Dachs 211
Bild D.2 — Normalbetrieb eines Membrandachs 213
Bild D.3 — Wasseransammlung mit einer Höhe von 250 mm auf einem Membrandach 213
Bild D.4 — Schwimmfähigkeit bei zwei undichten Schwimmzellen und undichter Mittelmembran 214
Bild D.5 — Typische Anordnung der Dachstützen 215

Bild D.6 — Verziehen eines Membrandachs aufgrund einer Kombination aus Dampfansammlung und außermittigem Lastangriff 216
Bild D.7 — Typische Anordnung einer Rollleiter 217
Bild D.8 — Anforderungen bezüglich der Hinzufügung von Verstrebungen in Leiter- und Schienensegmenten zur Verhinderung von deren Biegung und Torsion unter den anwendbaren Lasten 218
Bild D.9 — Schematische Darstellung der durch das Lagergut bedingten auf den Schwimmdachponton wirkenden hydrostatischen Lasten 219
Bild D.10 — Hydrostatischer Druck im Innern von undichten Pontons 220
Bild D.11 — Typische Position des auf der Mittelmembran angesammelten Wassers 221
Bild D.12 — Werte für Cp_{mean}, den für Schwimmdächer von offenen Lagertanks geltenden mittleren Unterdruckkoeffizienten bei verschiedenen Höhen (hr) des Schwimmdachs in Bezug auf die Tankmantelhöhe (H) 223
Bild D.13 — Am Innenrand wirkende Lasten 225
Bild D.14 — Schematische Darstellung der von der Membran auf den Ponton übertragenen Kraft 226
Bild D.15 — Modi des Beulens von Schwimmdächern 226
Bild D.16 — Für den Beulwiderstand zur Verfügung stehendes Material 227
Bild D.17 — Exzentrizität einer Podeststütze (Dachstütze) 229
Bild D.18 — Dachstützenmanschette im Verhältnis zu 250 mm Wasser 231
Bild E.1 — Verschiedene Arten von flüssigkeitsmontierten mechanischen Gleitblechdichtungen 238
Bild E.2 — Verschiedene Arten von im Dampfraum montierten Dichtungen 240
Bild E.3 — Verschiedene Arten von flüssigkeitsmontierten Dichtungen 242
Bild E.4 — Randmontierte Sekundärdichtung 243
Bild E.5 — Gleitblechmontierte Sekundärdichtung 244
Bild F.1 — Anforderungen an die Prüftemperatur zum Nachweis der Mindestwerte der Charpy-V-Kerbschlagarbeit 252
Bild G.1 — Überblick über den Berechnungsablauf 260
Bild G.2 — Starre Wand, impulsive Komponente, horizontale Erdbebeneinwirkung 261
Bild G.3 — Flexible Wand, impulsive Komponente, horizontale Erdbebeneinwirkung 262
Bild G.4 — Horizontale Erdbebeneinwirkung, konvektive Komponente 263
Bild G.5 — Starre Wand, vertikale Erdbebeneinwirkung 264
Bild G.6 — Flexible Wand, horizontale Erdbebeneinwirkung 265
Bild G.7 — Starre Wand — Ringspannungen und Prozess der Auslegung der Tankstabilität 266
Bild G.8 — Erhöhung der vertikalen Membrankraft infolge des Abhebens (Nu) 278
Bild G.9 — Abhebehöhe 279
Bild G.10 — Abhebelänge des Bodenblechs 280
Bild G.11 — Abhebelänge des Bodenblechs 281
Bild G.12 — Rotation des Bodenblechs 282
Bild G.13 — Horizontales impulsives 5-%-Spektrum für SSE 288
Bild G.14 — Horizontales konvektives 0,5-%-Spektrum für SSE 288
Bild G.15 — Vertikales elastisches 5-%-Spektrum für SSE 289
Bild H.1 — Bodenblech auf Linienauflagern aus Beton 307
Bild H.2 — Bodenblech auf Stahlauflagern 307
Bild H.3 — Annehmbare Möglichkeiten für die Verbindung des Zwischenraums mit dem Tankmantel 310
Bild H.4 — Trennverbindung zwischen zwei Überwachungsbereichen mit Riffelblechboden (ähnlich bei Drahtgeflecht und Blechen) 312
Bild H.5 — Alternative Schweißverbindung 312
Bild H.6 — Tankbauwerk mit Schale 318
Bild J.1 — Detailzeichnung für Beispiel 1 330
Bild J.2 — Detailzeichnung für Beispiel 2 335
Bild K.2 — Kegeldach 338
Bild K.3 — Kugelsegmentdach 338
Bild K.4 — Verbindungen zwischen Dach und oberem Mantelschuss: Dach am Dacheckring angeschweißt 341
Bild K.5 — Verbindungen zwischen Dach und oberem Mantelschuss: Dach am oberen Mantelschuss angeschweißt 343

Bild L.1 — Beispielbild zur Ermittlung von Einstelldrücken von Ventilen 344
Bild L.2 — Schematische Darstellung von Beispiel A 345
Bild L.3 — Schematische Darstellung von Beispiel B 347
Bild M.1 — Typische Ausführung eines Ankerbands 349
Bild M.2 — Typische Ausführung einer Ankerschraube mit individueller Ankerstütze 350
Bild M.3 — Notation von Ankerstützen 352
Bild M.4 — Lastverteilung 354
Bild M.5 — Typische Ausführung einer Ankerschraube mit durchgehendem Stützring 355
Bild M.6 — Beispiel einer Ankerstütze 357
Bild N.1 — Einzelheiten zum Schweißen bei eingeschweißten Anbauteilen 362
Bild N.2 — Einzelheiten zum Schweißen bei aufgeschweißten Anbauteilen 363
Bild N.3 — Einzelheiten zum Schweißen bei Blockflanschverbindungen mit Stiftschrauben 364
Bild N.4 — Einzelheiten zum Schweißen bei Dachstutzen 365
Bild O.1 — Typische bündige Tür mit Einschweißblechverstärkung für eine 915 mm × 1 230 mm große Öffnung 367
Bild O.2 — Typische bündige Tür mit Einschweißblechverstärkung für eine 300 mm × 1 230 mm große Öffnung 368
Bild O.3 — Typische bündige Tür mit Verstärkungsblech für eine 915 mm × 1 230 mm große Öffnung 370
Bild O.4 — Typische bündige Tür mit Verstärkungsblech für eine 300 mm × 1 230 mm große Öffnung 371
Bild O.5 — Typische Ausführung von Entwässerungssümpfen 372
Bild O.6 — Typische Ausführung eines kombinierten Entwässerungs- und Reinigungssumpfes . 374
Bild Q.1 — Halterungsplatten 382
Bild Q.2 — Halterungswinkel und -bleche 383
Bild Q.3 — Typische Ausführung von Stutzen oder Mannlöchern mit Flansch 385
Bild Q.4 — Typische Anordnung, die den Abschluss der Dämmung im Bereich des Tankbodens zeigt 387
Bild Q.5 — Typische Ausführung einer ausschließlich am Mantel befestigten Dämmung unter dem Dachüberstand 388
Bild Q.6 — Typische Ausführung von Stutzen oder Mannloch mit zusätzlicher Abzweigungsdämmung 389
Bild Q.7 — Typische Ausführung einer örtlichen Dämmung am Versteifungsring (Windverbände) 390
Bild S.1 — Typische Einzelheiten eines geodätischen Aluminium-Kugelsegmentdachs 398
Bild S.2 — Auflagerung des Kugelsegments 408
Bild U.1 — Einzelheit des Bereichs der Schweißnaht, der vom Schweißnahtfaktor betroffen ist . 414

Tabellen

Tabelle 1 — Symbole 28
Tabelle 2 — Abkürzungen 30
Tabelle 3 — Grenzwerte des Auslegungsdrucks für Tanks 31
Tabelle 4 — Niedrigste Auslegungswandtemperatur auf Grundlage der LODMAT 33
Tabelle 5 — Warmgewalzte Erzeugnisse mit einer Streckgrenze ≤ 275 N/mm^2 34
Tabelle 6 — Warmgewalzte Erzeugnisse mit einer Streckgrenze > 275 N/mm^2 und ≤ 355 N/mm^2 34
Tabelle 7 — Warmgewalzte Erzeugnisse mit einer Streckgrenze > 355 N/mm^2 35
Tabelle 8 — Warmgewalzte Erzeugnisse zur Verwendung bei erhöhten Temperaturen (> 100 °C) 35
Tabelle 9 —Charpy-V-Kerbschlagarbeit von Typen der Stahlsorten 35
Tabelle 10 — Stahlbauteile 38
Tabelle 11 — Bedingungen für den Verzicht auf den Nachweis der Kerbschlagarbeit 40
Tabelle 12 — Nichtrostende Stähle zur Herstellung von Tanks 42
Tabelle 13 — Zulässige Werkstoffe für Schrauben 44
Tabelle 14 — Charakteristische Werte für die 0,2-%-Dehngrenze für Schrauben nach EN ISO 3506-1 46

Tabelle 15 — Parameter, die zur Berechnung der Windsoglasten über Kugelsegmentdächern benötigt werden . . . 52
Tabelle 16 — $C_{pe,10}$-Werte für Kegeldächer . . . 56
Tabelle 17 — Parameter, die zur Berechnung der Windsoglasten über Kegeldächern benötigt werden . . . 57
Tabelle 18 — Mindestwerte für die Bodenblech-Nenndicke . . . 62
Tabelle 19 — Kehlnahtdicke für Mantelblechdicken kleiner als Bodenblech- oder Bodenrandblechdicke . . . 67
Tabelle 20 — Festgelegte Mindestnenndicke der Mantelbleche . . . 68
Tabelle 21 — Widerstandsmomente von Versteifungsringen . . . 72
Tabelle 22 — Mindestmaße der Winkel . . . 76
Tabelle 23 — Mindestmaße des Dacheckrings . . . 89
Tabelle 24 — Festlegungen zu Ankerlasten und Spannungen . . . 115
Tabelle 25 — Spezifikation von Schraubenwerkstoffen . . . 115
Tabelle 26 — Mindestwert der Stutzenwanddicke . . . 117
Tabelle 27 — Maße von Dachstutzen . . . 117
Tabelle 28 — Mindestmaße von Dachmannlöchern . . . 119
Tabelle 29 — Zulässige Abweichungen der Gründungsoberfläche . . . 143
Tabelle 30 — Maximale Abweichungen zwischen Auslegungsprofil und Profil des fertigen Tanks 146
Tabelle 31 — Kantenversatz bei senkrechten Verbindungen . . . 146
Tabelle 32 — Zulässige Abweichungen der Form von Schweißverbindungen . . . 147
Tabelle 33 — Anforderungen an die Wärmebehandlung von Stutzen nach dem Schweißen . . . 153
Tabelle 34 — Art und Umfang der Schweißnahtuntersuchungen und -prüfungen für unlegierte Stähle und nichtrostende Stähle . . . 156
Tabelle 35 — Umfang von Durchstrahlungs- und Ultraschallprüfungen von Schweißnähten an Mantelblechen aus unlegierten Stählen . . . 160
Tabelle 36 — Umfang von Durchstrahlungs- und Eindringprüfungen von Schweißnähten an Mantelblechen aus nichtrostendem Stahl . . . 161
Tabelle 37 — Umfang von Delta-Ferrit-Messungen an austenitisch-ferritischen Stählen . . . 161
Tabelle 38 — Zulässigkeitskriterien für Unregelmäßigkeiten . . . 166
Tabelle 39 — Stadien der Befüllung des Tanks während der anfänglichen Flüssigkeitsdruckprüfung . . . 172
Tabelle 40 — Liste der Unterlagen . . . 179
Tabelle D.1 — Liste von maßgeblichen Variablen bei Schwimmdächern . . . 211
Tabelle D.2 — Spannungsüberprüfungen für detaillierte Spannungsanalyse eines Dachs . . . 230
Tabelle E.1 — Hinweise zu häufig verwendeten Polymerwerkstoffen für bestimmte Lagergüter . 234
Tabelle F.1 . . . 249
Tabelle F.2 — Bedingungen für den Verzicht auf den Nachweis der Kerbschlagarbeit . . . 251
Tabelle G.1 — Dämpfungsverhältnis . . . 257
Tabelle G.2 — Verhaltenskoeffizient . . . 257
Tabelle G.3 — Verankerung . . . 258
Tabelle G.4 — Zulässige Spannungen . . . 282
Tabelle G.5 — Fertigungsklasse . . . 284
Tabelle G.6 — Zulässige Druckspannungen . . . 285
Tabelle G.7 — Grundlagen für die Auslegung . . . 285
Tabelle G.8 — SSE-Beschleunigungen . . . 286
Tabelle G.9 — OBE-Beschleunigungen . . . 287
Tabelle G.10 — Bodenklasse . . . 287
Tabelle G.11 — Bodenklassen/Auslegungsspektrumsperioden . . . 287
Tabelle G.12 — Vertikale Auslegungsbeschleunigungen . . . 288
Tabelle G.13 — Berechnung der äquivalenten gleichmäßigen Manteldicke . . . 289
Tabelle G.14 — Impulsiver Modus . . . 290
Tabelle G.15 — Konvektiver Modus . . . 290
Tabelle G.16 — Tabelle zur Ermittlung des Faktors ζ für jeden Mantelschuss . . . 291
Tabelle G.17 — Tabelle zur Ermittlung des Wertes I'(xn) . . . 291
Tabelle G.18 — Tabelle zur Ermittlung des Wertes Ci(ξζ) für jeden Mantelschuss . . . 292
Tabelle G.19 — Auslegungswerte zur Verwendung in Tabelle G.20 . . . 292

Tabelle G.20 — Tabelle zur Berechnung von $pc(\xi,\zeta,\theta,t)$ für jeden Mantelschuss 293
Tabelle G.21 — Tabelle zur Berechnung von $pvf(\zeta,t)$ für jeden Mantelschuss 294
Tabelle G.22 — Tabelle zur Berechnung der erforderlichen Mantelschussdicke aufgrund eines seismischen SSE-Ereignisses 294
Tabelle G.23 — Massen und Schwerpunkte 295
Tabelle G.24 — Teil des Tankinhalts, der zur Verhinderung des Kippens verwendet werden darf 296
Tabelle G.25 — Verhältnis der Tankverankerung 296
Tabelle G.26 — Abheben des Bodenblechs 297
Tabelle G.27 — Radiale Membranspannung im Bodenblech 297
Tabelle G.28 — Rotation des Bodenblechs 298
Tabelle G.29 — Maximale axiale Druckspannung aufgrund des Kippmoments 299
Tabelle G.30 — Maximale axiale Druckspannung aufgrund des Kippmoments 301
Tabelle G.31 — Nachweis des elastischen Beulens 302
Tabelle G.32 — Nachweis des elastisch-plastischen Beulens 302
Tabelle G.33 — Schlussfolgerung zu den Druckspannungen 303
Tabelle G.34 — Nachweis des Gleitens 304
Tabelle G.35 — Nachweis der Schwapphöhe 304
Tabelle J.1 — Parameter der Mantelschüsse und berechnete Werte von $\mathbf{H_e}$ 327
Tabelle J.2 — Parameter der Mantelschüsse und berechnete Werte von H_e 331
Tabelle K.1 — Eigenschaften von Kegel- oder Kugelsegmentdächern 337
Tabelle M.1 — Notation von Ankerstützen 351
Tabelle N.1 — Schweißnahtmaße von eingeschweißten Anbauteilen 360
Tabelle S.1 — Schrauben und Befestigungsmittel (SI) 401
Tabelle U.1 — Bewertung der auftretenden Spannungen und Spannungskombinationen gegenüber den zulässigen 413
Tabelle U.2 — Schweißnahtfaktoren 414
Tabelle U.3 — Für S275-Werkstoffe nach EN 10025 anwendbare Auslegungsspannungen 414
Tabelle U.4 — Für S275-Werkstoffe nach EN 10025 zulässige Spannungen und zulässige Spannungskombinationen 415
Tabelle U.5 — Symbole, Beschreibungen und Einheiten 417
Tabelle U.6 — Klassifizierung von Spannungen für einige typische Fälle 420
Tabelle U.7 — Veranschaulichung der Beurteilungskriterien 425
Tabelle W.1 — Teilsicherheitsbeiwerte für Flüssigkeitslasten nach EN 1993-4-2 442