

# DIN EN 13121-3:2008-09 (D)

## Oberirdische GFK-Tanks und -Behälter - Teil 3: Auslegung und Herstellung; Deutsche Fassung EN 13121-3:2008

---

Inhalt	Seite
Vorwort .....	16
Einleitung .....	19
1 Anwendungsbereich .....	20
2 Normative Verweisungen .....	20
3 Begriffe .....	23
4 Symbole und Abkürzungen .....	24
5 Bereitstellende und zu dokumentierende Angaben und Anforderungen.....	26
5.1 Allgemeines .....	26
5.2 Dem Hersteller bereitstellende Unterlagen.....	26
5.3 Vom Hersteller vorzulegende Unterlagen.....	27
5.4 Abschließende Dokumentation.....	27
6 Werkstoffe .....	28
6.1 Allgemeines .....	28
6.2 Chemieschutzschicht.....	28
6.2.1 Allgemeines .....	28
6.2.2 Thermoplastische Auskleidungen.....	28
6.2.3 Auskleidungen auf Harzbasis .....	28
6.3 Entflammbarkeit .....	29
6.4 Elektrischer Widerstand .....	29
7 Mechanische Eigenschaften .....	29
7.1 Allgemeines .....	29
7.2 Wärmeformbeständigkeitstemperatur .....	29
7.3 Laminataufbau .....	29
7.4 Einzelschichtdicke .....	31
7.5 Lamineigenschaften.....	31
7.6 Interlaminare Schubfestigkeit.....	31
7.6.1 Laminat.....	31
7.6.2 Thermoplastische Auskleidungen.....	31
7.7 Schälfestigkeit .....	32
7.7.1 Schälfestigkeit zwischen Laminatschichten .....	32
7.8 Ermittlung der physikalischen Eigenschaften der Werkstoffe und der zulässigen Auslegungsfaktoren.....	32
7.8.1 Allgemeines .....	32
7.8.2 Standardmäßige Auslegung.....	32
7.8.3 Weiterentwickelte Auslegung .....	33
7.8.4 Auslegungsfaktoren.....	34
8 Ermittlung von Auslegungsdehnung und -belastungen.....	37
8.1 Allgemeines .....	37
8.2 Zulässige Auslegungsdehnung .....	38
8.2.1 Allgemeines .....	38
8.2.2 Zulässige Dehnung des Harzes $\epsilon_{ar}$ .....	38
8.2.3 Grenzdehnung des Laminats $\epsilon_L$ oder der Laminatschicht $\epsilon_l$ .....	38
8.2.4 Maximal zulässige Dehnung der Laminatschicht $\epsilon_D$ .....	38
8.2.5 Zulässige Dehnung $\epsilon_{test}$ unter Prüfbedingungen.....	39
8.3 Zulässige Belastungen des Laminats .....	39

8.4	Auslegung des Laminats .....	39
8.5	Laminatdicke .....	40
9	Auslegung .....	40
9.1	Einführung .....	40
9.2	Bestimmung der äußeren Belastungen .....	41
9.2.1	Schneelasten .....	41
9.2.2	Wind .....	41
9.2.3	Erdbebenlasten .....	42
9.2.4	Lasten aufgrund der Isolierung .....	42
9.2.5	Lasten aufgrund von Anschlüssen .....	42
9.2.6	Bewegung durch Rührwerke .....	42
9.2.7	Verkehrslasten durch Personen .....	42
9.3	Zeichnungen und Konstruktionsberechnungen .....	42
9.4	Berechnungsgrößen .....	43
9.4.1	Auslegungstemperatur <i>TS</i> .....	43
9.4.2	Druck .....	43
10	Entwurfsauslegung .....	43
10.1	Symbole und Einheiten .....	43
10.2	Stehende Behälter oder Tanks, Zylinder unter Last ( $t < 0,01D$ ) .....	45
10.2.1	Belastung in Umfangsrichtung .....	45
10.2.2	Kombinierte axiale Belastung .....	45
10.3	Zylinderschalen unter Druckbelastung — Kritische Beulkriterien .....	47
10.3.1	Allgemeines .....	47
10.3.2	Kritische Beullast in axialer Richtung .....	47
10.3.3	Kritischer Beuldruck in Umfangsrichtung .....	48
10.3.4	Kombinierte axiale und radiale Drucklasten .....	48
10.3.5	Kritischer Beuldruck für eine Zylinderschale mit äußeren oder inneren Versteifungsringen .....	54
10.4	Kegelschalen .....	57
10.4.1	Allgemeine Anforderungen .....	57
10.4.2	Flachkegelförmige Böden .....	60
10.4.3	Kegelförmige Böden unter Innendruck .....	60
10.4.4	Kegelförmige Böden unter Außendruck .....	62
10.4.5	Kegelförmige Deckel .....	64
10.5	Gewölbte Böden .....	66
10.5.1	Allgemeine Anforderungen .....	66
10.5.2	Gewölbte Böden unter Innendruck .....	70
10.5.3	Stabilität gewölbter Böden unter Außendruck .....	71
10.6	Runde ebene Böden .....	71
10.6.1	Vollflächig gelagerte Flachbodentanks .....	71
10.6.2	Flachbodenbehälter unter Druck .....	79
10.6.3	Ausführungen mit gewölbten und kegelförmigen Böden .....	82
10.6.4	Freitragende Flachböden .....	100
10.6.5	Trägergestützte runde Flachböden .....	100
10.6.6	Runde Flachdeckel .....	100
10.7	Rundnähte .....	100
10.7.1	Allgemeines .....	100
10.7.2	Ausführung ohne thermoplastische Auskleidung .....	106
10.7.3	Ausführung mit thermoplastischer Auskleidung .....	106
10.8	Öffnungen, Abzweige und Verstärkungslaminat .....	107
10.8.1	Allgemeines .....	107
10.8.2	Symbole .....	107
10.8.3	Forderungen hinsichtlich der Verstärkung an Öffnungen .....	108
10.8.4	Ausziehlast .....	133
10.8.5	Verhinderung von Abschälen .....	134
10.8.6	Blockflanschverbindungen .....	134
10.8.7	Schraubverbindungen .....	135
10.8.8	Zugangs- und Revisionsöffnungen .....	135
10.8.9	Eckverstärkungen an Abzweigen .....	137
10.9	Ebene Platten .....	138
10.9.1	Allgemeines .....	138

10.9.2	Symbole.....	138
		Seite
10.9.3	Plattenformen und Lasten .....	139
10.9.4	Auslegungsverfahren für alle Plattenformen .....	139
10.9.5	Rechtwinklige Platten .....	139
10.9.6	Runde Platten .....	146
10.9.7	Verschraubte runde Blindflansche.....	149
10.10	Rechteckige Tanks .....	156
10.10.1	Allgemeine Ausführungstypen rechteckiger Tanks .....	156
10.10.2	Auslegung von Versteifungsrippen.....	158
10.11	Liegende Behälter .....	159
10.11.1	Allgemeines .....	159
10.11.2	Analyse für starre Tragsättel.....	165
10.11.3	Behälter auf flexiblen Auflagern oder in Schlingen.....	179
10.11.4	Analyse für auf Längsträgern gelagerte Behälter.....	186
11	Geschraubte Flanschverbindungen .....	186
11.1	Allgemeines .....	186
11.2	Vollflächige Flansche (mit vollflächigen Dichtungen).....	204
11.2.1	Allgemeines .....	204
11.2.2	Symbole.....	209
11.2.3	Schraubenkräfte und -flächen.....	210
11.2.4	Auslegung von vollflächigen Festflanschen .....	211
11.2.5	Verschraubung .....	211
11.3	Flansche mit Bund und Metall-Stützring.....	212
11.3.1	Allgemeines .....	212
11.3.2	Der Lastdurchmesser $G_1$ des Flanschs mit Bund ergibt sich aus Gleichung (161) .....	217
11.3.3	Wirksamer Dichtungsdurchmesser $G'$ .....	217
11.3.4	Auf den Flanscbund wirkende Lasten .....	218
11.3.5	Hebelarme der Kräfte .....	218
11.3.6	Dicke des Flanscbunds .....	218
11.3.7	Schraubenflächen und -kräfte.....	218
11.3.8	Schublast an der Bundverbindung.....	219
11.3.9	Auslegung des Stahlstützrings.....	219
11.3.10	Auflagerlast.....	219
11.4	Vorgeformte Flansche.....	219
11.5	Stumpf und fest verbundene Flansche .....	220
11.6	Flansche mit Bund und nicht metallischem Stützring .....	220
12	Auflager .....	221
12.1	Allgemeines .....	221
12.2	Stehende Tanks .....	221
12.2.1	Flachbodentanks .....	221
12.3	Auflager und Halterungen für Behälter .....	221
12.3.1	Allgemeine Hinweise.....	221
12.3.2	Auflager und Halterungen für stehende Behälter .....	222
12.4	Erdbebenlasten.....	235
12.5	Konstruktionsberechnung für Verankerungen von Tanks und Behältern .....	235
12.5.1	Allgemeines .....	235
12.5.2	Auslegung gegen Abheben .....	236
12.5.3	Auslegung der Ankerschrauben.....	236
12.5.4	Temperatureinflüsse .....	237
13	An- und Einbauteile.....	237
13.1	Allgemeines .....	237
13.2	Innen liegende An- und Einbauteile .....	237
13.3	Außen liegende An- und Einbauteile.....	237
13.4	Hebevorrichtungen.....	238
14	Berücksichtigung von Punktlasten .....	238
14.1	Allgemeines .....	238

Seite

14.2	Symbole .....	238
14.3	Berechnung der Kraft- und Momentenresultierenden .....	238
14.4	Berechnung von Laminatdehnungen .....	239
15	Qualitätskontrolle .....	239
15.1	Allgemeines .....	239
15.2	Anforderungen an die Produktionsstätten .....	240
15.2.1	Allgemeines .....	240
15.2.2	Lagerung der Ausgangswerkstoffe .....	240
15.2.3	Fertigungsbereich .....	240
15.2.4	Bedingungen für das Laminieren .....	240
15.3	Vom Hersteller zu erstellende Dokumentation .....	241
15.3.1	Technische Unterlagen .....	241
15.3.2	Erforderliche Aufzeichnungen und Dokumentation zu Ausgangswerkstoffen .....	241
15.3.3	Erforderliche Unterlagen über die Fertigung .....	241
15.3.4	Erforderliche Dokumentation zur Qualitätskontrolle .....	242
15.4	Fertigung .....	262
15.4.1	Allgemeines .....	262
15.4.2	Herstellung thermoplastischer Auskleidungen .....	262
15.4.3	Laminatherstellung .....	263
15.4.4	Fehler in Laminaten .....	264
15.4.5	Aushärtung .....	264
15.5	Prüfungen nach Abschluss der Fertigung .....	264
15.5.1	Sichtprüfung und Maßprüfung .....	264
15.5.2	Durchzuführende physikalische Prüfungen .....	265
15.5.3	Prüfung von Wandungsausschnitten .....	265
15.6	Experimentelles Konstruktionsprüfverfahren .....	266
15.6.1	Einleitung .....	266
15.6.2	Allgemeines .....	266
15.6.3	Herstellung von Baumustern von Tanks oder Behältern .....	267
15.6.4	Prüfungen an den Tank- oder Behälterbaumustern .....	267
16	Standortgefertigte Tanks und Behälter .....	268
16.1	Allgemeines .....	268
16.2	Auslegung .....	268
16.2.1	Laminatverbindungen .....	268
16.2.2	Auslegung von Flachböden .....	268
16.2.3	Oben offene Tanks .....	268
16.2.4	Temperatur .....	268
16.2.5	Schraubverbindungen .....	268
16.3	Fertigung .....	268
16.3.1	Thermoplastschweißen .....	268
16.3.2	Laminieren .....	269
16.3.3	Aushärten .....	269
16.3.4	Prüfplatten .....	269
16.4	Prüfung .....	269
16.4.1	Allgemeines .....	269
17	Kennzeichnung .....	269
<b>Anhang A (informativ) Produktprüfung für die Serienproduktion oder die Fertigung von Losen.....</b>		<b>271</b>
A.1	Erst-Typprüfung (ITT) .....	271
A.2	Stichprobenprüfung .....	271
A.2.1	Allgemeines .....	271
A.2.2	Losfreigabeprüfungen (BRT) .....	272
A.2.3	Prozesskontrollprüfungen .....	273
A.3	Prüfdokumente und -bescheinigungen .....	273
A.3.1	Allgemeines .....	273
A.3.2	Kennzeichnung .....	273
A.3.3	Auslieferung, Aufstellung, Instandhaltung .....	273
<b>Anhang B (informativ) Ableitung der Laminatkennwerte von den Kennwerten der Laminatschichten .....</b>		<b>274</b>

Seite

B.1	Allgemeines .....	274
B.2	Schicht-/Laminatdicke .....	274
B.3	Laminatmoduln.....	277
B.4	Bestimmung der Biegesteifigkeit des Laminats .....	278
B.5	Bestimmung der Laminatdehnungen aus den Lastresultierenden.....	278
<b>Anhang C (normativ) Druck- und Dichtheitsprüfung .....</b>		<b>281</b>
C.1	Allgemeines .....	281
C.2	Offene Tanks und Behälter.....	281
C.3	Geschlossene Tanks und Behälter.....	282
C.3.1	Prüfung bei maximaler statischer Druckhöhe (Dichtheitsprüfung) .....	282
C.4	Flüssigkeitsdruckprüfung .....	282
C.4.1	Prüfung in Betriebslage .....	282
C.4.2	Prüfung in anderer als Betriebslage.....	282
C.4.3	Gasdruckprüfung .....	282
C.4.4	Unterdruckprüfung.....	282
<b>Anhang D (normativ) Prüfverfahren.....</b>		<b>283</b>
D.1	Allgemeines .....	283
D.1.1	Prüfungen.....	283
D.1.2	Genauigkeit des Prüfgeräts.....	283
D.2	Glühverlust.....	283
D.3	Schweißnahtfestigkeit bei thermoplastischen Kunststoffen.....	283
D.4	Biegeversuch an Schweißverbindungen bei thermoplastischen Kunststoffen .....	284
D.4.1	Einleitung .....	284
D.4.2	Versuchsanordnung.....	284
D.4.3	Probekörper .....	286
D.4.4	Prüfverfahren .....	287
D.4.5	Anforderungen an die Biegeprüfung.....	287
D.4.6	Prüfbericht .....	288
D.5	Bestimmung der Einheitszugfestigkeit bei Bruch von Laminaten.....	288
D.5.1	Probekörper und Prüfverfahren.....	288
D.5.2	Einfache Laminat.....	288
D.5.3	Kombinierte Laminat.....	289
D.6	Einheitszugmodul von Laminaten .....	289
D.7	Interlaminare Schubfestigkeit von Laminaten .....	293
D.7.1	Form der Probekörper.....	293
D.7.2	Anzahl der Probekörper.....	293
D.7.3	Durchführung.....	293
D.7.4	Ergebnisse .....	293
D.7.5	Prüfbericht .....	294
D.8	Bestimmung der interlaminaren Schubfestigkeit der Verbindung zwischen thermoplastischer Auskleidung und Laminat oder zwischen Laminatschichten .....	296
D.8.1	Form der Probekörper.....	296
D.8.2	Anzahl der Probekörper.....	296
D.8.3	Durchführung.....	296
D.8.4	Prüfbericht .....	296
D.9	Schälfestigkeit der Verbindung zwischen Laminatschichten .....	303
D.9.1	Form der Probekörper.....	303
D.9.2	Anzahl der Probekörper.....	303
D.9.3	Durchführung.....	303
D.9.4	Prüfbericht .....	303
D.10	Prüfung des Kurzzeit-Kriechverhaltens bei Biegebeanspruchung.....	303
D.10.1	Allgemeines .....	303
D.10.2	Definitionen.....	304
D.10.3	Prüfgerät.....	304
D.10.4	Probekörper .....	307
		Seite
D.10.5	Durchführung.....	307
D.10.6	Berechnung.....	307
D.11	Barcol-Härte .....	309
D.12	Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit.....	309

D.13	Reststyrolgehalt (Polyesterharze).....	309
D.14	Acetonprüfung für Polyesterharze.....	309
D.14.1	Allgemeines.....	309
D.14.2	Durchführung.....	309
D.14.3	Auswertung der Prüfung.....	309
D.15	Hochspannungsprüfung thermoplastischer Schweißnähte .....	309
D.15.1	Allgemeines.....	309
D.15.2	Prüfgerät.....	310
D.15.3	Durchführung.....	310
D.16	Zeitstand-Kriechverhalten bei Biegebeanspruchung .....	310
D.16.1	Allgemeines.....	310
D.16.2	Definitionen .....	310
D.16.3	Prüfgerät.....	311
D.16.4	Probekörper.....	311
D.16.5	Durchführung.....	311
D.16.6	Berechnung.....	311
D.17	Gummihärte.....	313
D.18	Prüfung des Flammpunktes .....	313
D.19	Prüfung der Wärmeformbeständigkeit .....	314
D.20	Biegefestigkeit von Laminaten.....	314
<b>Anhang E (normativ) Zulassungsprüfung für Laminierer.....</b>		<b>315</b>
E.1	Allgemeines.....	315
E.2	Prüfung von Laminierern .....	315
E.3	Durchführung.....	315
E.4	Probekörper.....	316
E.5	Prüfung der Probekörper .....	316
E.5.1	Allgemeines.....	316
E.5.2	Prüfverfahren 1 .....	316
E.5.3	Prüfverfahren 2 .....	317
E.6	Mindestanforderungen für die Zulassung.....	317
E.7	Prüfbescheinigung .....	317
E.8	Geltungsdauer und Erneuerung der Bescheinigung .....	317
E.9	Geltungsbereich.....	318
<b>Anhang F (normativ) Zulassungsprüfung für Schweißer .....</b>		<b>319</b>
F.1	Allgemeines.....	319
F.1.1	Einleitung.....	319
F.1.2	Wargasschweißen .....	319
F.1.3	Heizelementschweißen .....	319
F.1.4	Schweißverfahren.....	319
F.2	Anforderungen für die Prüfung.....	320
F.2.1	Werkstoffe .....	320
F.2.2	Schweißverfahren.....	320
F.2.3	Nahtarten .....	320
F.3	Durchführung.....	320
F.4	Probekörper.....	321
F.4.1	Nahtverbindung in Platten .....	321
F.4.2	Abzweigverbindungen .....	321
F.4.3	Kennzeichnung.....	321
F.5	Prüfung der Probekörper .....	321
F.6	Mindestanforderungen für die Zulassung.....	322
F.7	Prüfbescheinigung .....	322
F.8	Geltungsdauer und Erneuerung der Bescheinigung .....	322
F.9	Geltungsbereich.....	322
		Seite
<b>Anhang G (informativ) Beanspruchung durch Punktlasten — Berechnungsverfahren .....</b>		<b>324</b>
G.1	Allgemeines.....	324
G.2	Punktlasten an Druckbehälterschalen .....	324
G.2.1	Allgemeines.....	324
G.2.2	Radiallasten an Zylinderschalen.....	326
G.2.3	Auf Zylinderschalen von außen aufgebraachte Momente.....	414

<b>G.2.4</b>	<b>Auswirkung von äußeren Kräften und Momenten auf Abzweige</b>	<b>415</b>
<b>Anhang H</b>	<b>(informativ) Auslegungsverfahren für gewickelte Lamine</b>	<b>416</b>
<b>H.1</b>	<b>Allgemeines</b>	<b>416</b>
<b>H.2</b>	<b>Eigenschaften fadengewickelter Lamine</b>	<b>417</b>
<b>H.2.1</b>	<b>Einheitsmodul</b>	<b>417</b>
<b>H.2.2</b>	<b>Einheitsmodul des Laminats</b>	<b>417</b>
<b>H.2.3</b>	<b>Einheitslast des Laminats bei unidirektionaler Belastung</b>	<b>417</b>
<b>H.2.4</b>	<b>Einheitslast des Laminats bei kombinierter Belastung</b>	<b>417</b>
<b>H.3</b>	<b>Auslegungsverfahren</b>	<b>419</b>
<b>H.3.1</b>	<b>Allgemeines</b>	<b>419</b>
<b>H.3.2</b>	<b>Vollflächig unterstützte ebene Böden</b>	<b>421</b>
<b>H.3.3</b>	<b>Zylinderschalen mit Versteifungsringen</b>	<b>421</b>
<b>H.4</b>	<b>Instabilität in Längsrichtung</b>	<b>423</b>
<b>Anhang I</b>	<b>(normativ) Technische Anforderungen für Formflansche</b>	<b>443</b>
<b>I.1</b>	<b>Allgemeines</b>	<b>443</b>
<b>I.1.1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>443</b>
<b>I.1.2</b>	<b>Konstruktionsanforderungen</b>	<b>443</b>
<b>Anhang J</b>	<b>(informativ) Schalen unter Windlast mit Werten nach Vorschriften für Metall</b>	<b>445</b>
<b>J.1</b>	<b>Symbole</b>	<b>445</b>
<b>Anhang K</b>	<b>(informativ) Auslegung von liegenden Behältern</b>	<b>450</b>
<b>K.1</b>	<b>Allgemeines</b>	<b>450</b>
<b>K.2</b>	<b>Änderung des Dehnungswertes für Behälter auf starrem Sattel</b>	<b>450</b>
<b>K.2.1</b>	<b>Allgemeines</b>	<b>450</b>
<b>K.2.2</b>	<b>Korrekturfaktor</b>	<b>450</b>
<b>K.3</b>	<b>Liegende Behälter auf zwei durchgehenden Längsträgern</b>	<b>458</b>
<b>K.3.1</b>	<b>Allgemeines</b>	<b>458</b>
<b>K.3.2</b>	<b>Symbole</b>	<b>458</b>
<b>K.3.3</b>	<b>Maximale Dehnungsbeanspruchung in der Schale</b>	<b>462</b>
<b>Anhang ZA</b>	<b>(informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der EG-Richtlinie 97/23//EG</b>	<b>464</b>
	<b>Literaturhinweise</b>	<b>466</b>