

<p align="center">Technische Richtlinie der öffentlich-rechtlichen Rundfunkanstalten in der Bundesrepublik Deutschland</p>	<p align="center">Richtlinie Nr. 5 R 21</p>
<p>Bearbeiter dieses Heftes: Konferenz Programmverbreitung Herausgeber: Institut für Rundfunktechnik</p>	<p>2. Auflage</p>
	<p>26 Seiten</p>
	<p>Datum: 30.6.2016</p>
<p align="center">Richtlinien für Bauteile aus glasfaserverstärkten Kunststoffen für Rundfunkantennenanlagen</p>	

Schutzrechte - Hinweis:

Es kann nicht gewährleistet werden, dass alle in dieser Richtlinie enthaltenen Forderungen, Vorschriften, Richtlinien, Spezifikationen und Normen frei von Schutzrechten Dritter sind.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Zitierfreiheit des Urheberrechtsgesetzes ist ohne vorherige schriftliche Zustimmung des IRT nicht zulässig.

Inhaltsverzeichnis:

1.	Allgemeines	4
1.1	Geltungsbereich	4
1.2	Technische Vorschriften	4
2.	Stand sicherheits- und Formänderungsnachweise	4
2.1	Baustoffe	4
2.2	Lastannahmen	4
2.3	Querschwingungen	5
2.4	Stand sicherheitsnachweis	5
2.5	Zylinderstöße	5
2.6	Formänderungsnachweise	5
2.6.1	Formänderung durch Windeinwirkung	5
2.6.2	Formänderung infolge Sonneneinstrahlung	5
3.	Bauliche Durchbildung	6
3.1	Werkstoffe	6
3.1.1	Harze	6
3.1.2	Verstärkungsmittel	6
3.2	Laminataufbau	6
3.3	Herstellung von GFK-Bauteilen	6
3.3.1	Herstellung von Wickelzylindern	6
3.3.2	Herstellung von Formteilen	9
3.3.3	Fehler im Laminat	9
3.4	Stöße und Anschlüsse	9
3.4.1	Allgemeines	9
3.4.2	Nichtteilbare Stoßverbindungen	10
3.4.3	Teilbare Stoßverbindungen	10
3.4.4	Anschluss von Antennenzylindern an die Unterkonstruktion	11
3.4.5	Lotrechtstellung des Zylinders	11
3.5	An- und Einbauteile	16
3.5.1	Allgemeines	16
3.5.2	Durchführungen und Montageöffnungen	16
3.5.3	Oberer Zylinderabschluss	16
3.5.4	Einrichtungen zur Montage von Zubauten und zur Kontrolle der Außenwand von Antennenzylindern	16
3.5.5	Blitzschutz	17
3.5.6	Maßnahmen zur Dämpfung von Querschwingungen	17
3.6	Korrosionsschutz von Stahlbauteilen	18

4.	Transport und Montage	18
5.	Fertigungskontrollen und Abnahmen	19
5.1	Überwachung der Fertigung durch den Hersteller	19
5.2	Werkstoffnachweis	19
5.3	Fertigungskontrolle	19
5.4	Werkstoffeigenschaften	19
5.5	Kontrollen am Bauteil	20
5.6	Ortsabnahme vor der Montage	20
5.7	Abnahme des montierten Antennenzyinders	20
5.8	Gewährleistungsprüfung	21
6.	Überwachung	21
7.	Instandsetzung	22
7.1	Allgemeines	22
7.2	Beseitigung von Schäden	22
7.3	Oberflächensanierung	22
7.3.1	Vorbehandlung	22
7.3.2	Erneuerung der Außenschicht	23
Anlage 1 Technische Vorschriften		24
Anlage 2 Werkstoffprüfung		26

1. Allgemeines

1.1 Geltungsbereich

(1) Die Richtlinien gelten für Antennenverkleidungen aus selbsttragenden GFK-Zylindern und für nicht-selbsttragende Eisschutzkonstruktionen aus GFK-Material.

(2) Sie enthalten Erläuterungen, Definitionen und Vorschriften für die Herstellung, Lieferung, Montage und Instandsetzung solcher Bauteile.

(3) Unabhängig von diesen Richtlinien gelten die gegebenenfalls erforderlichen Leistungsverzeichnisse der jeweiligen Ausschreibung.

1.2 Technische Vorschriften

(1) Bei der Herstellung, Lieferung, Montage und Instandsetzung müssen alle einschlägigen DIN- bzw. DIN EN-Normen und gegebenenfalls baubehördliche Auflagen sowie Auflagen nach dem Luftverkehrsgesetz beachtet werden. Eine Zusammenstellung der wichtigsten Vorschriften ist in Anlage 1 aufgeführt.

(2) Die Auftragsabwicklung (Beschaffung der Baugenehmigung, Bestellung des Prüfers, Fertigungsfreigabe, Fertigungs- und Bauüberwachung, Abnahmeuntersuchungen) wird vom Auftraggeber selbst oder von einem bevollmächtigten Dritten (z. B. Ingenieurbüro, Antennenfirma) vorgenommen.

(3) Innerhalb einer zu vereinbarenden Frist sind die vollständigen Zeichnungsunterlagen, der Laminaufbau und die prüffähige Statik vom Auftragnehmer zur Prüfung vorzulegen.

(4) Die Prüfung der rechnerischen und konstruktiven Nachweise und der Bemessung ist anerkannten Fachleuten auf dem Gebiet der Anwendung glasfaserverstärkter Kunststoffe im Bauwesen zu übertragen. Dies gilt für den Prüfsachverständigen ebenso. Die Auswahl des Prüfers erfolgt in Abstimmung mit der Bauaufsichtsbehörde und dem Auftraggeber.

(5) Bei jedem Bauvorhaben ist zu prüfen, ob die zum Einsatz kommenden Bauteile aus faserverstärkten Baustoffen einer Zustimmung im Einzelfall bedürfen.

(6) Nach abgeschlossener Prüfung, die vom Auftraggeber veranlasst wird, erfolgt die Fertigungsfreigabe.

2. Standsicherheits- und Formänderungsnachweise

2.1 Baustoffe

(1) Alle zur Herstellung verwendeten Werkstoffe müssen mindestens den Anforderungen der DIN EN 13121-1 entsprechen. Bei der Bemessung darf außerdem von den unter 3.2 angegebenen Mindestkenngrößen ausgegangen werden. Die Einhaltung dieser Mindestkenngrößen ist durch Prüfungen nach 5 nachzuweisen.

(2) Es dürfen für die Bemessung höhere Werte zugrunde gelegt werden, wenn der Hersteller dies vor der Berechnung garantiert und die Kenngrößen nachweist.

2.2 Lastannahmen

Wenn vom Auftraggeber nicht anders verlangt, sind die Lastannahmen entsprechend des Eurocodes in der jeweils gültigen Fassung zu verwenden.

2.3 Querschwingungen

Es ist zu untersuchen, ob Querschwingungen mit schädigendem Einfluss auftreten können. Gegebenenfalls müssen Maßnahmen nach 3.5.6 ergriffen werden. Angaben über die Unterkonstruktion stellt der Auftraggeber zur Verfügung.

2.4 Standsicherheitsnachweis

(1) Der Standsicherheitsnachweis ist nach DIN EN 13121-3 zu führen. Dabei ist sowohl die Tragsicherheit als auch die Gebrauchstauglichkeit nachzuweisen. Es ist zu berücksichtigen, dass der verwendete Matrixwerkstoff (Harz) ein HDT von $\geq 80^\circ \text{C}$ aufweisen muss.

(2) Bei Flanschverbindungen ist eine Vorspannung von mindestens dem 1,5fachen der Schraubenlast aufzubringen.

2.5 Zylinderstöße

(1) Der Tragfähigkeitsnachweis ist für den Bereich der Zylinderstöße sowie für den Anschluss des Zylinderschaftes an die Unterkonstruktion entsprechend DIN EN 13121-3, Abschnitt 10.7 zu führen.

(2) Innen- und Außenlaminat sind möglichst in gleicher Dicke auszuführen.

2.6 Formänderungsnachweise

Funktechnische Gründe machen in der Regel eine Beschränkung der Formänderung des GFK-Zylinders notwendig. Die nachzuweisenden Grenzwerte der Verformungen werden vom Auftraggeber vorgegeben. Formänderungen werden durch Windlast und durch einseitige Sonneneinstrahlung hervorgerufen. Für den Nachweis ist nur der Wert heranzuziehen, der einzeln die größte Formänderung ergibt.

2.6.1 Formänderung durch Windeinwirkung

Wenn vom Auftraggeber nicht andere Bedingungen gestellt werden, ist der Nachweis für eine um 50 % verringerte Windlast nach DIN EN 1991-1-4 bzw. DIN EN 1993-3-1 in der jeweils gültigen Fassung zu führen.

2.6.2 Formänderung infolge Sonneneinstrahlung

(1) Für die Berechnung ist ein lineares Temperaturgefälle von 20°K zwischen Sonnen- und Schattenseite des Zylinders zugrunde zu legen, sofern vom Auftraggeber keine anderen Angaben gemacht werden.

(2) Es kann mit einem Ausdehnungskoeffizienten von $\alpha = 2 \cdot 10^{-5} (1/\text{K})$ gerechnet werden, soweit nicht geringere Werte bekannt sind und durch eine anerkannte Materialprüfanstalt nachgewiesen wurden.

3. Bauliche Durchbildung

3.1 Werkstoffe

3.1.1 Harze

(1) In Abwägung der mechanischen und elektrischen Eigenschaften können alle UP-Harze mit einem HDT $\geq 80^\circ\text{C}$, alle bekannten Vinylesterharze (VE-Harze) und auch EP-Harze eingesetzt werden.

(2) Alle UP- und VE-Harze sind hinreichend UV-beständig. Nur EP-Harze sind mit einem UV-Schutz zu versehen.

3.1.2 Verstärkungsmittel

(1) Als Verstärkungsmittel sind die Glasfasern vom Typ E oder ECR einzusetzen. Sie erfüllen alle Bedingungen hinsichtlich Witterungseinflüssen und mechanischer Eigenschaften.

(2) Bei der Festlegung ist ein maximales Fadengewicht von 2400 tex einzuhalten.

(3) Größere mittlere Fadendurchmesser als $21\ \mu\text{m}$ müssen begründet und deren Anwendung muss zugestimmt werden.

3.2 Laminataufbau

(1) Das Laminat tragender Bauteile ist so aufzubauen, dass die in Tabelle 1 aufgeführten Mindestkenngrößen erreicht werden. Ein reines $\pm\alpha$ -Laminat (Kreuzlaminat) ist nicht zulässig.

(2) Weil der GFK-Zylinder und Bauteile im GFK-Zylinder maßgeblich die Strahlungseigenschaften der Antennen beeinflussen, muss die mechanische Gestaltung aller Elemente in enger Absprache mit dem Antennenhersteller erfolgen.

(3) Die Zylinderwanddicken müssen die statischen, dynamischen und elektrischen Anforderungen erfüllen und sollten möglichst klein gehalten werden. Die aus hochfrequenztechnischen Gründen zulässigen Maximalwerte gibt der Antennenhersteller vor. Dabei sind Laminataufbau und Zusammensetzung des Oberflächenschutzes zu berücksichtigen. Die Wanddicken können gegebenenfalls schussweise abgestuft werden.

(4) Der vorgesehene Laminataufbau ist in einem Laminatplan darzustellen. Er muss für jeden Teil des Zylinders (Schuss, Stoßverbindung) folgende Angaben enthalten:

- Harzmischung, Harzkomponenten und Verstärkungsmittel nach Art, Menge und Lagenzahl;
- Gesamtlaminatdicken an den verschiedenen Punkten, die Dicken des tragenden Laminats und der inneren und äußeren Schutzschichten.

3.3 Herstellung von GFK-Bauteilen

3.3.1 Herstellung von Wickelzylindern

(1) Wickelzylinder sind maschinell zu fertigen. Die Anwendung von Handlaminier- und Schleuderverfahren bedarf der Zustimmung des Auftraggebers.

(2) Beim Wickel-, Schleuder- und Handlaminierverfahren müssen die einzelnen Schichten Nass-in-Nass aufgebracht werden. Ist dies nicht möglich (z. B. bei Laminatstoßverbindungen), muss das Trägerlaminat nach Aushärtung vorher z. B. durch geeignete Strahlverfahren oder Schleifen bis zum tragenden Laminat aufgeraut werden.

(3) Beim Strahlen sind Randbedingungen wie z. B. Korngröße und Kornform des Strahlgutes auf das Laminat abzustimmen.

(4) Nach dem mechanischen Aufrauen sind die Flächen sorgfältig von Strahlgut und Schleifstaub zu reinigen. Dabei dürfen keine lösemittelhaltigen Reinigungsmittel verwendet werden.

(5) Wickelzylinder werden von innen nach außen aufgebaut. Demgemäß erhalten sie eine Innenschicht, die tragende Schicht, und eine Außenschicht als Oberflächenschutz.

a) Innenschicht (Gelcoat-Schicht)

Sie muss harzreich mit ausreichender Überdeckung des eventuell vorgesehenen Faservlieses ausgeführt sein. Vlieslage und Gelcoat-Schicht sind mit einer Schichtdicke von 0,5 mm auszuführen. Eine Einfärbung ist nicht zulässig.

b) Tragende Schicht

Die Glasanteile der unidirektionalen Lagen sollen 50 bis 70 Gewichtsprozent der Schicht betragen. Es muss eine gute Bindung zwischen Harz und Glasfaser erzielt werden. Die Verstärkungsmittel müssen ein Optimum zwischen zulässiger Wandstärke und statischen Erfordernissen darstellen. Eine Einfärbung ist nicht zulässig.

c) Außenschicht (Topcoat-Schicht)

Die Außenschicht muss wie die Innenschicht harzreich sein. Sie ist mit einem Glas- oder Synthesevlies oder einer Fasermatte zu verstärken. Diese verstärkte Schutzschicht muss mindestens 0,5 mm und soll nicht mehr als 0,8 mm betragen. Die Außenschicht hat die Aufgabe des Witterungsschutzes, insbesondere des Schutzes gegen UV-Strahlung, wenn nicht eine Beschichtung erfolgt. Das Einfärben der Topcoat-Schicht ist aufgrund der geringen Farbbeständigkeit zu vermeiden.

d) Beschichtung

Die Farbgebung ist über das Aufbringen eines geeigneten Beschichtungssystems zu realisieren. Hierbei dürfen keine elektrisch leitfähigen oder ferromagnetischen Farbpigmente verwendet werden. Der Farbton, die Größe und die Reihenfolge der Farbfelder werden in der Regel von den Flugaufsichtsbehörden im Zuge der Baugenehmigung festgelegt.

	Wickellaminat		Stoß- oder Überlaminat N/mm ²
	0/90° ± 45°-Wickel N/mm ²	0/90°-Wickel N/mm ²	
Bruchfestigkeit bei Zug			
Für die Druckfestigkeit dürfen dieselben Werte angenommen werden			
in Längsrichtung β_{lzB}	≥ 140	≥ 100	≥ 100
in Umfangsrichtung β_{uzB}	≥ 200	≥ 200	≥ 120
Bruchfestigkeit bei Biegung			
in Längsrichtung β_{lbB}	≥ 180	≥ 140	≥ 100
in Umfangsrichtung β_{ubB}	≥ 300	≥ 300	≥ 120
Elastizitätsmodul bei Zug			
in Längsrichtung E_{lz}	≥ 16000	≥ 10000	—
in Umfangsrichtung E_{uz}	≥ 19000	≥ 18000	—
Elastizitätsmodul bei Biegung			
in Längsrichtung E_{lb}	≥ 18000	≥ 9000	≥ 7500
in Umfangsrichtung E_{ub}	≥ 20000	≥ 18000	≥ 7500
Als Rechenwert darf ohne Nachweis angesetzt werden			
Lochleibung $\sigma_{l,k}$	≥ 150	≥ 150	
Scherung (Laminat) τ_k	≥ 40	≥ 40	
Scherung (Klebung) $\tau_{k,interlaminar}$	≥ 10	≥ 10	≥ 10

Tabelle 1 Mindestkenngrößen für Laminat

3.3.2 Herstellung von Formteilen

(1) Formteile (z. B. Konsolen, Hauben, Abdeckungen) können aus entsprechend geeignetem GFK-Material voll, ohne und mit Schaumkern gefertigt sein. Da Schaumkerne hochfrequenztechnische und bauphysikalische Nachteile haben können, bedarf ihre Anwendung der Zustimmung des Auftraggebers.

(2) Formteile müssen eine ausreichende Wanddicke zum Schutz gegen mechanische Beschädigung wie z.B. Hagelschlag haben. Formteile mit Schaumkern müssen wenigstens 3 mm dicke Deckschichten aufweisen. Hiervon darf nur in Ausnahmefällen abgewichen werden.

(3) Formteile sollen aus Gründen der Kraftführung keine scharfen Ecken haben.

(4) Für Schaumkerne ist ein geschlossenzelliger Schaum zu verwenden. Eine ausreichende Haftung zwischen Schaumkern und Laminat muss gewährleistet sein.

(5) Wenn der Schaumkern von Formteilen tragende Funktion haben soll, ist ein gesonderter Nachweis über Tragfestigkeit und Schubverhalten erforderlich.

3.3.3 Fehler im Laminat

(1) Luftblasen und Poren dürfen die Festigkeit und die Oberflächengüte nicht beeinflussen. Die Porentiefe soll 0,5 mm nicht überschreiten.

(2) Luftblasen in der tragenden Schicht sind möglichst zu vermeiden

(3) Fremdkörpereinschlüsse, die sich negativ auf die statischen, dynamischen und elektrischen Anforderungen auswirken, sind nicht zulässig. Gegebenenfalls muss der Auftragnehmer die Unbedenklichkeit nachweisen und prüfen lassen.

(4) Ansonsten gilt DIN EN 13121-3, Tabelle 32

3.4 Stöße und Anschlüsse

3.4.1 Allgemeines

(1) Die gebräuchlichste Stoßverbindung ist der überlamierte Stumpfstoß. Andere Stoßverbindungen, die den Vorteil der Teilbarkeit eines Zylinders zu Transport- und Montagezwecken haben, erfordern besondere Sorgfalt hinsichtlich Planheit, Abdichtung und Ausrichtung des Zylinders. Stoßverbindungen müssen auf die Antennen abgestimmt werden. Die Anzahl an Schüssen soll möglichst gering sein, sofern nicht Gewichts- und Abmessungsbeschränkungen für die Schüsse gegeben sind.

(2) Schweißverbindungen, die in der Nähe von glasfaserverstärkten Kunststoffen ausgeführt werden, müssen so ausgeführt werden, dass durch die Wärmeeinwirkung der Kunststoff keine Veränderung seiner Festigkeits- und Verformungseigenschaften erfährt.

(3) Flanschringe sind, soweit sie nicht über- oder einlamiert werden, zum GFK-Schaft hin gegen Eintritt von Feuchtigkeit abzudichten (Bild 1). Das dafür geeignete dauerelastische Dichtungsmaterial ist anzugeben. Alle anderen Einbauteile sollten nicht zum Schaft hin abgedichtet werden, da ansonsten entsprechend auftretendes Kondenswasser nicht abfließen kann.

(4) Der zusammengepresste GFK-Werkstoff neigt zum Kriechen. Die Flanschverschraubungen müssen deshalb vom Auftragnehmer nach frühestens 24h, besser nach 48h, kontrolliert und nachgespannt werden. Danach sind die Schrauben zu kontern.

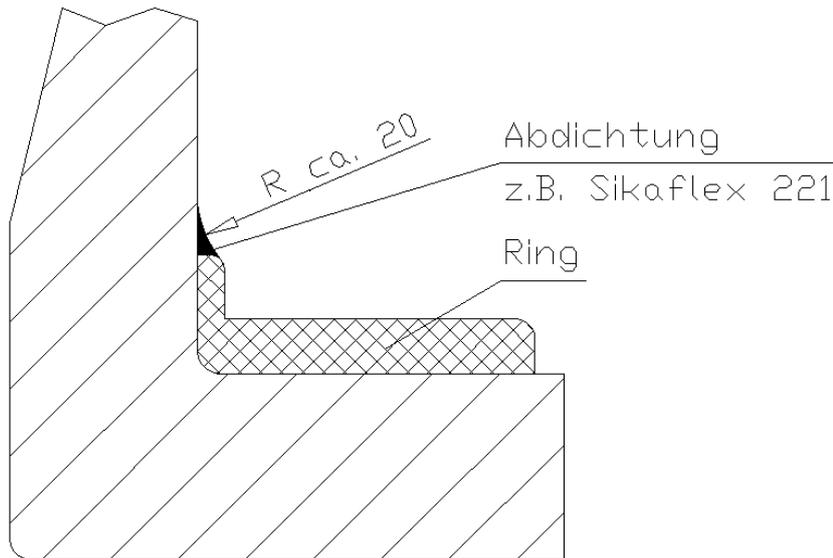


Bild 1 Beispiel für die Abdichtung an einem Stahlflansching

3.4.2 Nichtteilbare Stoßverbindungen

(1) Der Stumpfstoß ist bezüglich der Wanddicke symmetrisch auszuführen. Bei konstruktiver Ausbildung als beidseitig gleich dicker, überlaminierter Stumpfstoß (Bild 2) oder als beidseitig überlaminierter, geschäfteter Stoß (Bild 3) soll die Gesamtdicke des inneren und äußeren Überlaminats unter Berücksichtigung der Herstellbedingungen den 1,5fachen Wert der rechnerisch erforderlichen Dicke nicht überschreiten.

(2) Ist ein Stoß nicht mit beidseitigem Überlaminat herzustellen (bei kleinen Zylinderdurchmessern), so sind die Verbindungen durch ein einseitiges Überlaminat (Bild 4) auszuführen. In diesem Fall kann zur Fixierung innen ein Muffenring eingeklebt werden.

(3) Die Länge des Überlaminats darf an jeder Seite des Stoßes den Wert von $20 \cdot t_{\max}$ nicht überschreiten. Die Dicke des Überlaminats muss mit einer Neigung von etwa 1:(4 bis 10) bis auf den Wert Null verringert werden. t_{\max} ist die größte am Stoß auftretende Einzeldicke. Die Fläche des Zylinderschaftes, auf die das Überlaminat aufgebracht werden soll, ist unmittelbar vor dem Überlaminieren sorgfältig aufzurauen und zu reinigen (siehe dazu Anmerkungen in 3.3.1).

(4) Das Überlaminat kann aus einem Mischlaminat von Wirrfasermatten und Geweben bzw. Unidirektional-(UD-)Gelegen oder aus einem reinen Wirrfaserlaminat hergestellt werden. Die Gewebe- bzw. DU-Lagen sollten ein Flächengewicht von 600 g/m^2 nicht überschreiten.

(5) Andere nichtteilbare Verbindungsstrukturen bedürfen der Zustimmung des Auftraggebers und sind durch Versuch nachzuweisen.

3.4.3 Teilbare Stoßverbindungen

a) Flanschverschraubung mit einem Schraubenkranz

Die Schrauben sind auf einem Schraubenkranz zweckmäßigerweise im Inneren des Zylinders angeordnet (Bild 5.1 bis 5.3). Dadurch wird die Montage und Wartung der Schrauben erleichtert. Die Schrauben pressen in der Regel zwei Stahlringe (Flach- oder Winkelprofil) zusammen, zwischen denen das umgelenkte Laminat der Zylinderwandung als Wulst gehalten wird.

Die Schrauben werden wegen ihrer exzentrischen Lage zum Kraftfluss in der Zylinderwandung auf Zug und Biegung beansprucht. Sie müssen vorgespannt werden, um ein Klaffen der Fuge zu verhindern. Gegebenenfalls ist die Verwendung von Dehnschrauben mit Dehnhülsen angebracht.

- b) Andere Stoßverbindungen
Die Anwendung anderer Stoßverbindungen als in a) beschrieben bedarf der Zustimmung des Auftraggebers.

3.4.4 Anschluss von Antennenzyklindern an die Unterkonstruktion

Die Lasten aus dem Zylinderschaft sind sicher in die Unterkonstruktion einzuleiten. Dies geschieht zweckmäßig durch Zwischenschaltung eines zylindrischen Innenringes aus Stahl (Bild 6.1 und 6.2) oder eines innenliegenden, angewickelten GFK-Flansches (Bild 7).

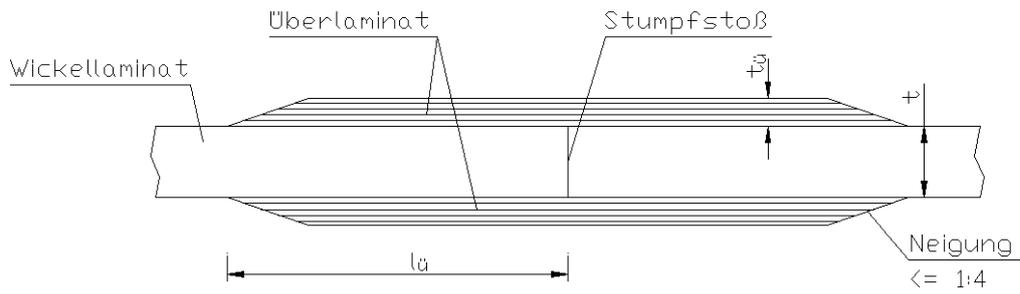
- a) Stahlflansch
Zur Verbindung des Zylinderschaftes mit dem zylindrischen Stahlring ist dieser auf den Wickeldorn aufzuziehen und bei der Herstellung des Schaftes mit einzuwickeln bzw. einzulaminieren. Die Dicke des Schaftes im Bereich des Stahlringes muss mindestens das 1,5fache des rechnerisch erforderlichen Wertes betragen. Diese Aufdickung muss mindestens 100 mm länger sein als der einlamierte Stahlring und darf insgesamt nicht kürzer als $0,3 D$ sein. Danach ist die Aufdickung mit einer Neigung von 1:(6 bis 10) auf die rechnerisch erforderliche Schaftdicke abzumindern. Das einlamierte Stahlteil darf auf der Kontaktseite zum Laminat nicht verzinkt sein.
- b) Schrauben
Die Kräfte aus dem überlamierten Stahlring können über einen angeschweißten horizontalliegenden Stahlflansch durch Ankerschrauben in die darunter stehende Tragkonstruktion weitergeleitet werden. Um die Weiterleitung der Ankerlasten zu gewährleisten, werden von außen Pratzen aufgesetzt, die mit einer geklebten HV-Verbindung mit dem GFK-Schaft verbunden sind. Die HV-Verbindungsschrauben verbinden den inneren Stahlring kraftschlüssig mit dem Zylinder und den Pratzen. Jede Patze wird ausgesteift und wird mit sechs Schrauben, die beidseitig von der Versteifung, je Seite drei, angeordnet sind, verschraubt.

Durch die Ankerschrauben, die konzentrisch angeordnet sind entsteht ein steifer Ring. Für den Standsicherheitsnachweis darf dies als eine Einheit angesetzt werden. Der Abstand der Ankerschrauben untereinander sollte nicht größer als 200 mm sein. Die Vorspannung hat entsprechend der Vorgaben zu erfolgen.

- c) GFK-Flansch
Soll der Antennenzylinder mit einem GFK-Flansch an die Unterkonstruktion angeschlossen werden, so ist ein innenliegender, angewickelter Flansch (Bild 7) gegenüber einem anlamierten Flansch (Bild 8) zu bevorzugen.
- d) Andere Konstruktionen
Die vorgesehene Anschlusskonstruktion muss mit dem Auftraggeber abgesprochen werden. Insbesondere bedürfen andere Konstruktionen als die in a) bis c) beschriebenen der Zustimmung.

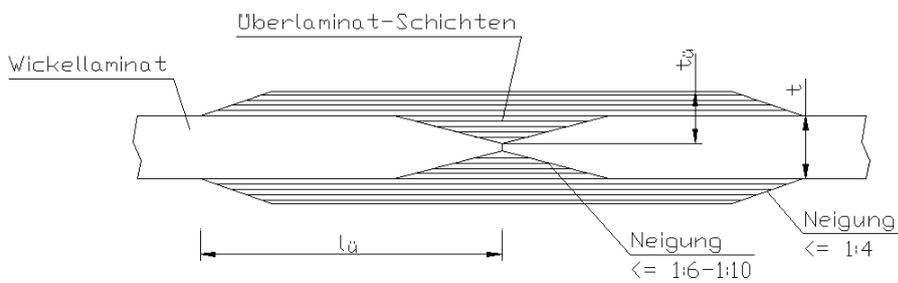
3.4.5 Lotrechtstellung des Zylinders

Die Ausrichtung der Flansch- bzw. Einspannvorrichtung der einzelnen Zylinderschüsse muss gewährleisten, dass die maximale Abweichung der gesamten Zylinderlänge von der Lotrechten $0,2^\circ$ nicht übersteigt und innerhalb der in der DIN 4131 Abschnitt 8.9 bzw. DIN EN 1993-3-1, Anhang NA.C in der jeweils gültigen Fassung geforderten Grenzen liegt. Hierbei ist der kleinere Wert maßgebend.



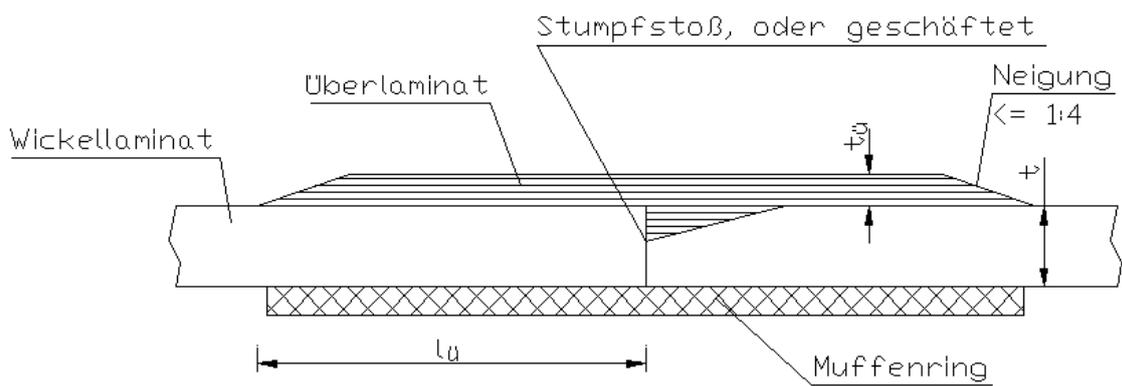
$$16 \times t_{\max} \leq l_{\ddot{u}} \leq 20 \times t_{\max}$$

Bild 2 Beidseitig überlaminierter Stumpfstoß



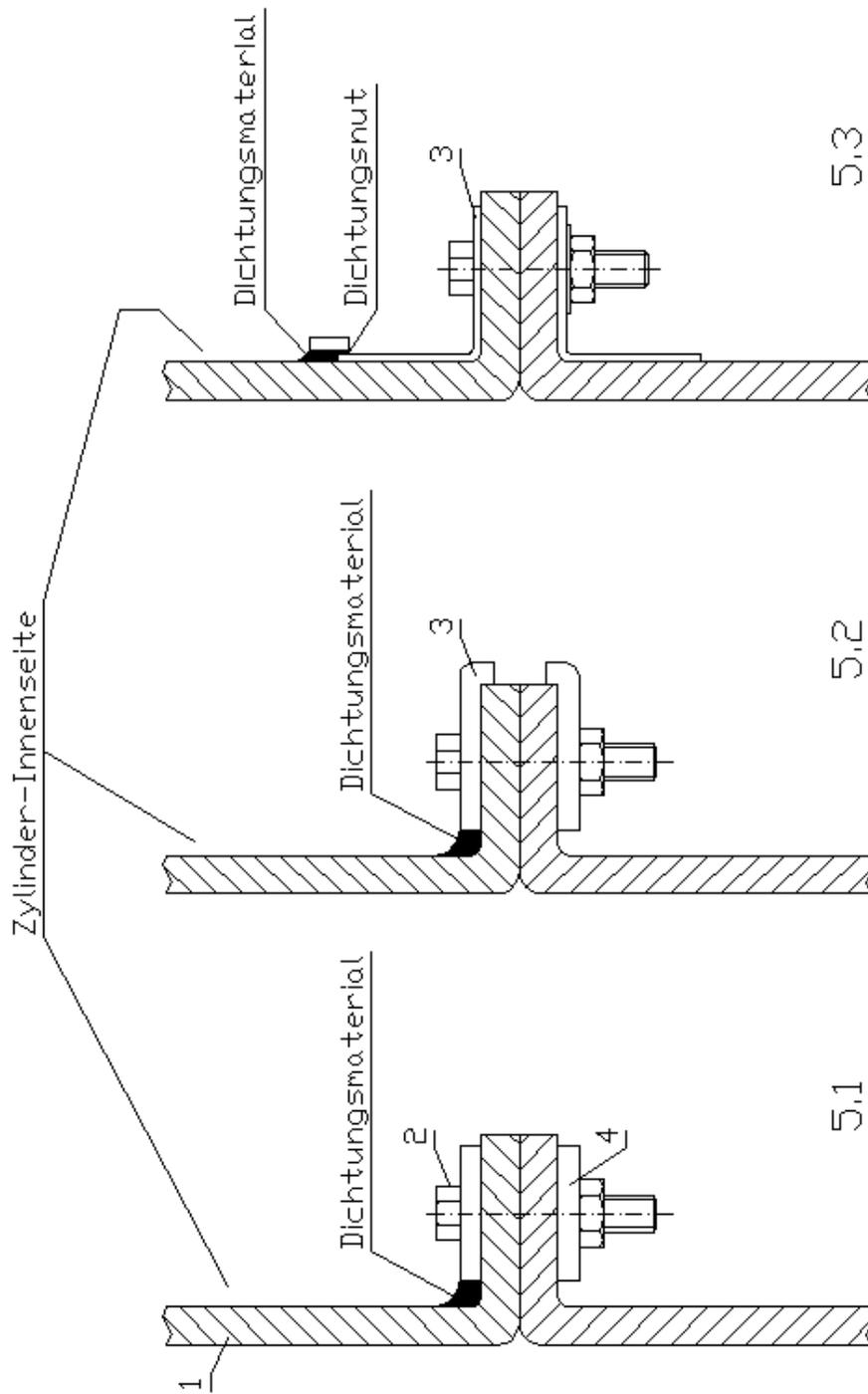
$$16 \times t_{\max} \leq l_{\ddot{u}} \leq 20 \times t_{\max}$$

Bild 3 Beidseitig überlaminierter, geschäfteter Stumpfstoß



$$16 \times t_{\max} \leq l_{\ddot{u}} \leq 20 \times t_{\max}$$

Bild 4 Einseitig überlaminierter Stumpfstoß oder Schäftung mit eingeklebtem Muffenring



- 1 = GFK
- 2 = vorgespannte Schraube
- 3 = Winkelmaterial
- 4 = Flachmaterial

Bild 5.1 bis 5.3 Flanschverschraubungen

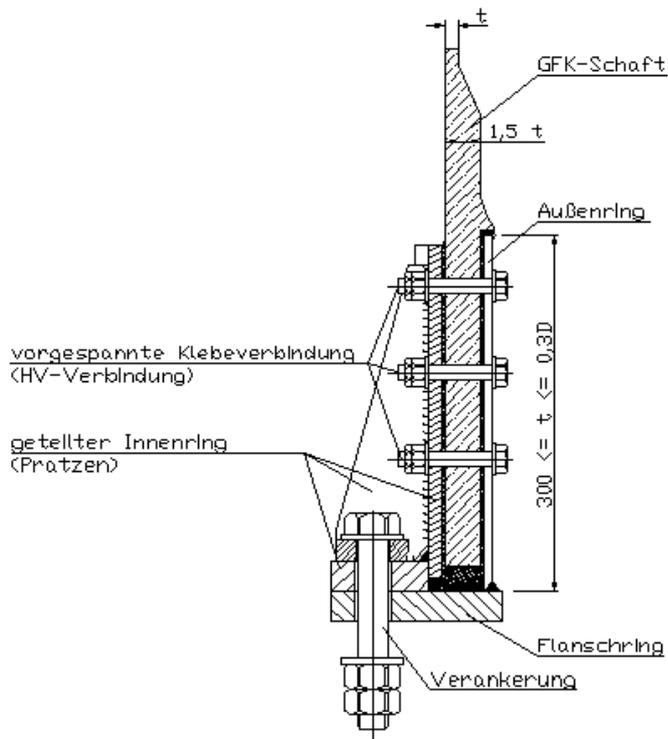


Bild 6.1 Stahlinnenflansch

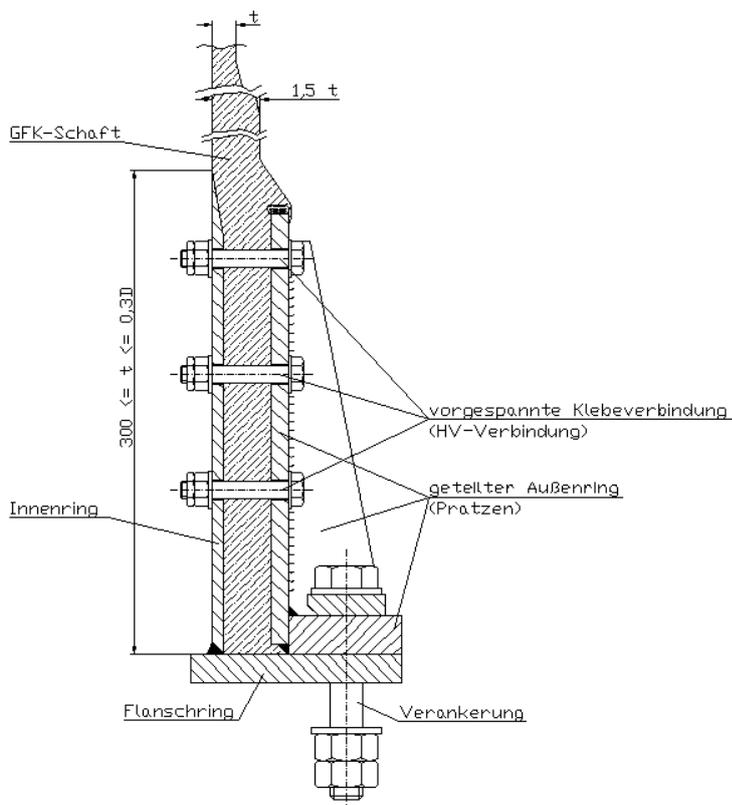


Bild 6.2 Stahlausenflansch

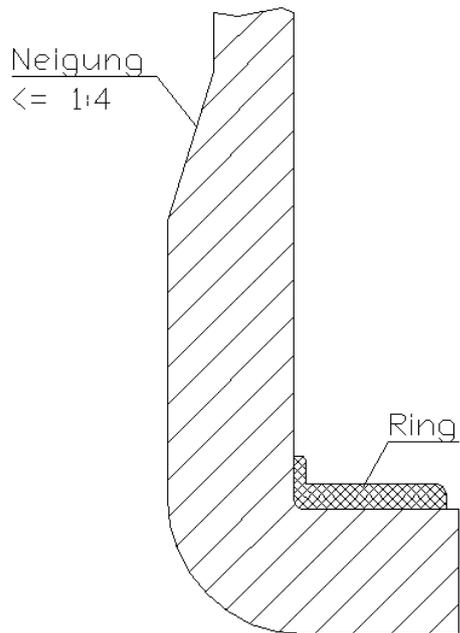


Bild 7 GFK-Flansch gewickelt

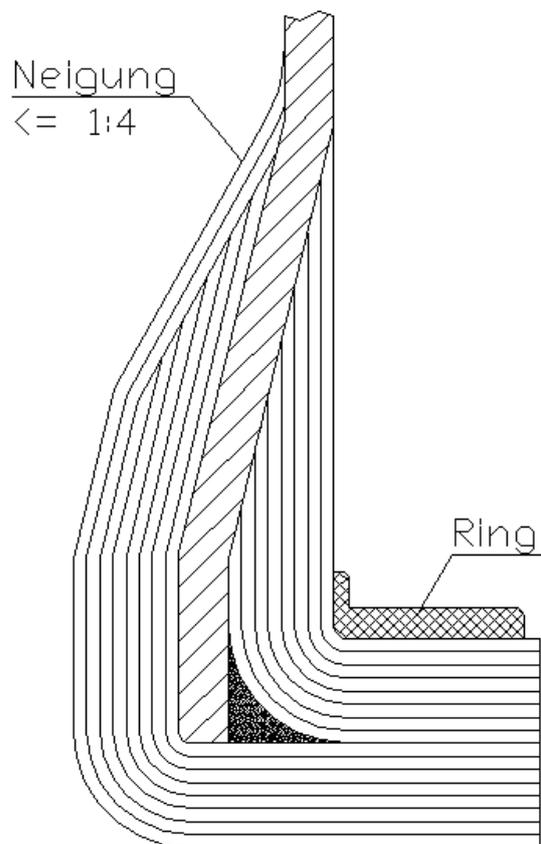


Bild 8 Handlaminiertes GFK-Flansch

3.5 An- und Einbauteile

3.5.1 Allgemeines

(1) Alle Konstruktionsteile, die an einem Antennenzyylinder angebracht werden, müssen in der Statik berücksichtigt werden. Dies gilt in gleicher Weise auch für Durchführungen und Montageöffnungen (siehe **3.5.2**).

(2) Für nachträgliche Montagen und das Anbringen von Durchführungen ist gegebenenfalls der statische Nachweis zu führen.

(3) Die Konstruktion der Zubauten muss werkstoffgerecht sein. Schraubenlöcher sind nur zu bohren, wobei das umliegende Laminat nicht beschädigt werden darf. Die Schnittflächen von Schraubenlöchern müssen mit einem geeigneten Harz versiegelt werden. Es können auch die Schrauben unter Verwendung eines geeigneten Harzes oder Klebers so eingesetzt werden, dass die Schnittstellen versiegelt sind.

(4) Werden Konstruktionsteile anlaminiert, muss die Außenhaut entsprechend **3.3.1** vorbereitet werden.

(5) Innenliegende Steigleitern und Steigschutzsysteme sind nicht Bestandteil dieser Richtlinie. Sie gehören in der Regel zum Lieferumfang der Antenne.

3.5.2 Durchführungen und Montageöffnungen

Sind Durchführungen oder Montageöffnungen erforderlich, so sind die dadurch bedingten Querschnittschwächungen durch ausreichende, nach DIN EN 13121-3 bemessene, Verstärkungen auszugleichen.

3.5.3 Oberer Zylinderabschluss

(1) Der Zylinder wird oben mit einem begehbaren Abschluss versehen. Der Abschluss erhält eine Entlüftung, einen nach oben zu öffnenden und verriegelbaren Klappdeckel mit einer Öffnung von mindestens 60 cm x 45 cm. Die Öffnungen müssen gegen Eindringen von Schwallwasser geschützt sein. Der Klappdeckel ist im Bereich der Steigleiter anzuordnen.

(2) Auf dem Zylinderabschluss muss - wenn nichts anderes vereinbart wurde - ein demontierbares Geländer angebracht werden, 110 cm hoch mit Fuß- und Knieleiste. Die Fußleiste darf das Abfließen von Wasser nicht verhindern.

(3) Wird eine Blitzfangeinrichtung (siehe auch **3.5.5**) montiert die kein Geländer darstellt, so muss auf dem Zylinderdeckel ein nach DIN EN 795 bemessener Anschlagpunkt vorgesehen und als solche gekennzeichnet werden.

(4) Erforderlichenfalls sind Halterungen und Kabeldurchführungen für die Flugwarnbeleuchtung vorzusehen.

3.5.4 Einrichtungen zur Montage von Zubauten und zur Kontrolle der Außenwand von Antennenzyklindern

(1) Werden zu Montagezwecken am Antennenzyylinder Montageösen oder -öffnungen vorgesehen, so ist darauf zu achten, dass Metallteile nur an Stellen angeordnet werden dürfen, wo sie die HF-Abstrahlung nicht beeinträchtigen.

(2) Am oberen Ende des Antennenzyklinders sind Einrichtungen zum Befahren von außen vorzusehen. Diese können mit dem oberen Zylinderabschluss (**3.5.3**) kombiniert oder gesondert montiert werden. Es können Ösen oder Ausleger sein, deren Anzahl und Lage so zu wählen ist, dass die gesamte Oberfläche zugänglich ist. Der Einhängpunkt muss 60 cm vor der Zylinderwand liegen. Die Belastungsfähigkeit muss mindestens 8 kN betragen. Eine entsprechende Kennzeichnung muss dauerhaft angebracht sein.

3.5.5 Blitzschutz

(1) Am oberen Zylinderabschluss müssen Blitzauffangspitzen so montiert werden, dass sie ausgewechselt werden können. Es sind in der Regel vier Ableitungen erforderlich, die alle Metallteile des GFK-Zylinders mit der Fußkonstruktion und mit der Ableitung des Antennentragwerkes verbinden.

(2) Für die Ausführung der Blitzschutzeinrichtung gelten die jeweils vier Teile der DIN EN 62305 / VDE 0185-305

3.5.6 Maßnahmen zur Dämpfung von Querschwingungen

(1) Schlanke Bauwerke mit kreiszylindrischem oder nahezu kreiszylindrischem Querschnitt (Sechs- oder Achteck) neigen zu winderregten mechanischen Schwingungen. Hierbei können bei schlanken Zylindern die Schwingungen quer zur Windrichtung (Querschwingungen) infolge periodischer Windwirbelablösungen eine Gefährdung der Standsicherheit wegen Materialermüdung darstellen.

(2) Sind aufgrund der Untersuchungen nach **2.3** Querschwingungen mit schädigenden Auswirkungen zu erwarten, so sind zu ihrer Vermeidung oder Begrenzung mechanisch wirksame Maßnahmen (z.B. mechanische Schwingungsdämpfer) vorzusehen. Aerodynamisch wirksame Maßnahmen (z.B. Scruton-Wendeln) sollten nicht mehr eingesetzt werden, da deren Wirksamkeit bei Mehrmassenschwingern, wie sie z.B. ein FMT darstellt, nicht nachgewiesen ist.

a) Mechanische Schwingungsdämpfer

Mechanische Schwingungsdämpfer sind in der Regel an der Spitze von GFK-Zylindern einzubauen. Der Einbau an anderer Stelle als der Bauwerksspitze ist gesondert zu untersuchen, um dessen Wirksamkeit für das gesamte Gebäude nachzuweisen. Sofern sie nicht geschützt im GFK-Zylinder untergebracht werden können, ist ein eigenes Gehäuse vorzusehen.

Als System ist nur der passive Einmassen-Schwingungsdämpfer mit mehrfacher Aufhängung und Stoßdämpfern zugelassen. Andere Dämpfersysteme bedürfen der Zustimmung des Auftraggebers.

Die Bemessung des mechanischen Schwingungsdämpfers hat unter Berücksichtigung des Gesamtbildes GFK-Zylinder (mit und ohne Ein- und Anbauten) und dem darunter stehenden Tragwerk zu erfolgen. In einer Schwingungsanalyse ist zu klären, welche Schwingungsform Schäden durch Materialermüdung erwarten lässt und welche Maßnahmen Schutz vor Schäden versprechen.

Mechanische Schwingungsdämpfer müssen folgende Merkmale aufweisen:

- Robuste Ausführung
- Einfache Überprüfbarkeit der Funktionsfähigkeit
- Einfache Erkennbarkeit beim Versagen von Bauteilen
- Einfache Arretierungsmöglichkeit der Dämpfermasse im Falle der Störung
- Möglichst geringer Wartungsaufwand; die Wartungsintervalle sollen mehr als ein Jahr betragen.
- Blitzeinschläge, Kondenswasser und Temperatureinflüsse dürfen die Funktion nicht beeinträchtigen.
- Der Durchstieg vom Steigweg des GFK-Antennenzylinders durch den Schwingungsdämpfer zur Ausstiegsklappe der Zylinderabdeckung muss gewährleistet sein.
- Der Bereich unterhalb des Dämpfers ist gegen Beschädigung infolge Abstürzens gelöster Teile aus dem Dämpfersystem zu schützen.

b) Scruton-Wendeln

Scruton-Wendeln erhöhen die Windbelastung des Antennenzylinders und deren Wirkung ist bei vielen Mehrmassenschwingern (z.B. FMT oder -Maste) nicht immer gegeben. Sie sollen nicht mehr verwendet werden.

3.6 Korrosionsschutz von Stahlbauteilen

(1) Stahlbauteile müssen in geeigneter Weise zuverlässig gegen Korrosion geschützt werden (siehe 5 R 1, Pkt. 9). Bereits bei der Konstruktion der Teile ist darauf zu achten, dass ein optimaler Schutz gewährleistet werden kann.

(2) Alle Stahlteile müssen stückverzinkt werden. Die Verwendung nichtrostender Stähle ist zulässig. Beschädigungen feuerverzinkter Teile sind zu vermeiden. Bei Beschädigungen ist gemäß Richtlinie 5 R 1, Pkt. 9.1 (2) zu verfahren.

(3) Stahlbauteile, die einlaminiert werden und bei denen in der Auslegung eine Haftung zwischen Stahl und GFK berücksichtigt wird, müssen an diesen Stellen eine haftungsfähige Oberfläche haben. Dies kann durch eine metallisch blanke Oberfläche oder bei verzinkten Bauteilen durch Anschleifen oder Sweepstrahlen erreicht werden.

(4) Nicht überlamierte verzinkte Stahlbauteile werden mit einer geeigneten Beschichtung nach DIN EN ISO 12944 versehen.

(5) Übergänge von Bauteilen, bei denen die Gefahr besteht, dass sich Wasser/Feuchtigkeit sammeln und nicht abfließen kann, müssen mit einem geeigneten Material abgedichtet werden.

(6) Dem Auftraggeber oder seinem Beauftragten muss Gelegenheit gegeben werden, die Verzinkung vor der Beschichtung bzw. vor einer Überlaminierung abzunehmen.

4. Transport und Montage

(1) Nach der Ausrichtung der Schüsse im Werk sind diese in ihrer Lage zueinander unverwechselbar und dauerhaft zu kennzeichnen.

(2) Der Transport von GFK-Teilen, insbesondere von selbsttragenden Zylindern, muss möglichst schonend erfolgen, damit das Laminat nicht beschädigt wird. Ketten und Metallseile sind als Anschlagmittel nicht zugelassen. Vorzugsweise sind breite Textilbänder zu verwenden. Es sind nur flächenhafte Auflager (z. B. Holz oder gepolsterte Metallkonsolen) vorzusehen.

(3) Verfahren und Durchführung der Montage sind unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten mit dem Auftraggeber abzusprechen.

(4) Um Beschädigungen zu vermeiden, müssen geeignete Montagehilfen eingeplant werden. Die Montagehilfen müssen statisch berücksichtigt und fachgerecht in die Konstruktion einbezogen werden. Keilen zum Ausrichten der Zylinder bei der Montage ist wegen der Gefahr der Beschädigung der GFK-Flansche (Delaminieren) nur dann erlaubt, wenn sichergestellt ist, dass keine Beschädigung hervorgerufen wird.

(5) Transport- und Montageschäden dürfen nur nach vorheriger Absprache mit dem Auftraggeber oder seinem Beauftragten und der Herstellerfirma ausgebessert werden. Hierfür gelten die Ausführungen in 7.

5. Fertigungskontrollen und Abnahmen

(1) Die Einhaltung der an das Bauwerk zu stellenden Bedingungen ist durch Kontrollen während der Fertigung und nach bestimmten Fertigungszuständen sowie nach der endgültigen Montage am Aufstellungsort zu prüfen.

(2) Alle Prüfungen sind durch Protokoll zu belegen.

(3) Die Prüfungen werden von einem vom Auftraggeber beauftragten Sachverständigen oder fallweise von einem Sachkundigen, im folgenden Prüfer genannt, durchgeführt.

(4) Der Hersteller stellt einen vom Sachverständigen anerkannten Sachkundigen bereit. Die für die Prüfung erforderlichen Prüfgeräte und Werkzeuge stellt der Hersteller zur Verfügung. Die zusätzliche Verwendung eigener Messgeräte des Sachverständigen oder Prüfers bleibt davon unberührt.

5.1 Überwachung der Fertigung durch den Hersteller

Der Hersteller hat die Eigenschaften der tragenden Zylinderteile, ihre Abmessungen sowie die Verbindungen (Überlamine) der Teile miteinander zu überwachen.

5.2 Werkstoffnachweis

Der Hersteller hat die folgenden Nachweise über die einzelnen Ausgangsstoffe für den GFK-Werkstoff zu erbringen und dem Prüfer vorzulegen:

- Herstell-, Liefer- und Verarbeitungsdatum;
- Eignung für Herstellung von GFK-Bauteilen gemäß DIN EN 13121-1
- Diese Nachweise können durch Werkzeugnisse oder Übereinstimmungsnachweise nach DIN EN 10204 erbracht werden.

5.3 Fertigungskontrolle

Der Hersteller hat durch geeignete Prüfungen an jedem Teil des Antennenzylinders die verarbeiteten Werkstoffe und den Laminataufbau gemäß dem der Statik zugrundeliegenden Laminatplan zu kontrollieren und nachzuweisen.

5.4 Werkstoffeigenschaften

(1) Die Werkstoffeigenschaften, die der statischen Berechnung zugrunde gelegt werden, sind von einem unabhängigen Prüfinstitut nachzuweisen

(2) Zur Ermittlung der Werkstoffeigenschaften sind geeignete Prüfungen am fertig hergestellten Bauteil gemäß **5.5 (d)** durchzuführen.

(3) Das Prüfprogramm wird vom Prüfer im Einvernehmen mit dem Auftraggeber festgelegt und sollte der Ausschreibung beigelegt werden.

Anlage **2** enthält den Vorschlag für einen Prüfplan, wenn noch keine Grundsatzuntersuchungen an den zur Anwendung kommenden Laminaten durchgeführt worden sind oder keine statistisch abgesicherten Kennwerte vorliegen.

5.5 Kontrollen am Bauteil

Am fertiggestellten Antennenzylinder sind im Werk vom Auftraggeber oder seinem Beauftragten zu prüfen:

- a) Bauwerksgeometrie
 - Übereinstimmung mit der geprüften Ausführungszeichnung
 - Ausrichtung der Flansch- bzw. Einspannvorrichtung (vgl. 3.4.5)
- b) Oberflächenbeschaffenheit
 - Aushärtung
 - Abdeckung der Glasfasern
 - Lufteinschlüsse
 - Fremdkörpereinschlüsse
 - Delaminationen
- c) Verbindungskonstruktion
 - Dicke der Überlamine
 - Abdichtung gegen Metallkonstruktion
 - Planheit der Schraubenkränze
 - Montagekennzeichnung
 - Korrosionsschutz
 - Montierbarkeit
- d) Belastungs- und Schwingungsversuch möglichst am stehend montierten Zylinder zur Ermittlung von
 - Elastizitätsmodul, Dehnsteifigkeit
 - Eigenfrequenz
 - log. Dämpfungsdekrement

5.6 Ortsabnahme vor der Montage

Nach dem Transport zum Aufstellungsort findet in Anwesenheit eines Sachkundigen des Zylinderherstellers vor der Montage eine Ortsabnahme durch den Auftraggeber oder seinen Beauftragten statt. Es wird festgestellt, ob durch den Transport Schäden aufgetreten sind. Zur Beseitigung eventuell aufgetretener Schäden ist nach 6. zu verfahren.

5.7 Abnahme des montierten Antennenzylinders

(1) Die Abnahmeprüfung wird vom Auftraggeber oder seinem Beauftragten vorgenommen. Sie erstreckt sich u.a. auf

- Lotrechtstellung
- Auflage der Flansche
- Abdichtung der Stoßverbindungen
- Vorspannung der Verschraubung
- Montageschäden
- Korrosionsschutz der Stahlbauteile
- Schwingungskontrolle bei eingebautem Dämpfer

(2) Die Schwingungskontrolle soll die Übereinstimmung mit der Annahme der Schwingungsberechnung im Standsicherheitsnachweis prüfen. Dazu sind die Strukturdämpfung und die Eigenfrequenz des errichteten Antennenträgers (GFK-Zylinder mit Unterbau) zu messen.

(3) Bei späterer Montage der Einbauten müssen die Schwingungsmessungen gegebenenfalls wiederholt werden.

(4) Gemäß 3.4.1 sind nach frühestens 24h, besser nach 48h, die Schrauben infolge Kriechen nachzuziehen.

5.8 Gewährleistungsprüfung

(1) Vor Ablauf der Gewährleistungsfrist ist eine Kontrolle vorzunehmen, die sich zumindest auf die folgenden Punkte erstreckt:

- Oberflächen des Zylinders auf Verwitterung und Beschädigung
- Dichtigkeit von Flanschen, Zylinderabschluss und Durchführungen
- Zustand der Blitzschutzeinrichtung (Auffangspitzen, Anschlüsse)
- Zustand der Flugwarnbeleuchtung
- Flanschverbindungsschrauben (Anzug, Vollzähligkeit, Sicherung)
- Korrosionsschutz von Stahlbauteilen

(2) Gegebenenfalls ist der Schwingungsversuch nach 5.7. zu wiederholen.

6. Überwachung

Bauteile aus GFK werden nach dem Stand der Technik für eine Lebensdauer von 25 Jahren entsprechend der Vorgaben des DIBt ausgelegt. Das bedeutet nicht, dass die Bauwerke nach 25 Jahren abgebaut oder stillgelegt werden müssen. Sie sind nach dieser Zeit von einem Sachverständigen / Sachkundigen in Augenschein zu nehmen, um den Zustand des Bauwerkes zu beurteilen. Sollten sich Mängel zeigen, die die Standsicherheit gefährden, so sind nähere Untersuchungen notwendig. Dies kann eine schwingungstechnische Untersuchung oder eine kleine Probennahme sein.

- Bei der schwingungstechnischen Untersuchung sind markante Eigenwerte, Frequenzen, und die log. Dekremente der Dämpfung δ zu ermitteln. Die log. Dekremente sind die eigentliche Beurteilungsgröße, wenn nicht aus früheren Untersuchungen die Eigenwerte des Bauwerkes bekannt sind. Für FMT ist ein Wert von $\delta \leq 0,08$ als unauffällig anzusehen, bei abgespannten Masten sollte für den Eigenwert, der durch den aufgesetzten Antennenträger bestimmt wird, das log. Dekrement $\delta \leq 0,10$ sein. Bei größeren Werten sind zusätzliche Betrachtungen notwendig.
- An kleinen Proben, Kernbohrung im Fußbereich und oder an Flanschverbindungen, sind Torsionskriechversuche und Haft- und interlaminare Scherversuche der Schichten untereinander durchzuführen. Bei den Torsionskriechversuchen muss

$$kn = (\varphi_{24h} - \varphi_{1h}) / \varphi_{1h} * 100 \% \leq 13 \% \text{ sein.}$$

Die Haftungsgrößen bei senkrechtem Abzug muss $\sigma_{\perp} \geq 2 \text{ N/mm}^2$ sein und die Interlaminare Schubspannung $\tau_{\#} \geq 5 \text{ N/mm}^2$.

Bei kleineren Werten sind zusätzliche Betrachtungen notwendig.

7. Instandsetzung

7.1 Allgemeines

(1) Instandsetzungsarbeiten an GFK-Teilen dürfen nur von Fachkräften vorgenommen werden, die fachliche und praktische Kenntnisse im Laminieren haben. Diese sind nachzuweisen.

(2) Es darf nur Material verwendet werden, das auf Kunststoff und Struktur der Glasfaser des instandzusetzenden Zylinders abgestimmt ist. Zweckmäßigerweise wird der Hersteller zu Rate gezogen.

(3) Die Verarbeitungsrichtlinien des Materiallieferanten sind genauestens einzuhalten. Dies gilt besonders auch für die Festlegungen hinsichtlich der Witterungsverhältnisse und der Verarbeitungstemperatur.

(4) Die HF-technischen Eigenschaften des Antennenzylinders dürfen durch die Instandsetzungsarbeiten nicht beeinträchtigt werden. Insbesondere dürfen die Beschichtungsstoffe keine elektrisch leitfähigen oder ferromagnetischen Farbpigmente enthalten.

(5) Die Reparaturanweisungen und die zur Verwendung vorgesehenen Materialien sind dem Auftraggeber bekanntzugeben.

7.2 Beseitigung von Schäden

(1) Ein Schaden muss von einem Sachverständigen geprüft und bewertet werden. Aufgrund der Bewertung wird das Vorgehen für eine Reparatur festgelegt.

(2) Lose und nichthaftende Teile im Schadensbereich des GFK-Zylinders sind sorgfältig zu entfernen. Brandstellen von Blitzeinschlägen müssen, wenn sie die Standsicherheit beeinträchtigen sollten, vollständig beseitigt und entsprechend ausgebessert werden. Randflächen sind vorsichtig anzurauen. Siehe dazu **3.3.1**

(3) Schraubenlöcher sind nach Absprache mit dem Auftraggeber und dem Antennenhersteller mit geeigneten Edelstahl oder Kunststoffschrauben und Dichtringen zu schließen. Öffnungen von mehr als Faustgröße müssen beidseitig überlaminiert werden, wobei die Gesamtdicke des Überlaminates mindestens der Dicke des Schaftes an der Stelle entsprechen muss.

(4) Der Auslauf des Überlaminates sollte 1:(4 bis 10) sein

7.3 Oberflächensanierung

7.3.1 Vorbehandlung

(1) Die gesamten Flächen eines GFK-Zylinders sind durch Abwaschen mit neutralem, netzmittelhaltigem und in Wasser gelöstem Reinigungsmittel zu reinigen.

(2) Gelöster Schmutz und Rückstände des Reinigungsmittels sind durch Nachwaschen mit sauberem Wasser sorgfältig zu entfernen.

(3) Die neu zu beschichtende Oberfläche ist nach Vorgaben des Herstellers oder eines Sachverständigen fachgerecht aufzubereiten.

(4) Der Schleifstaub ist durch Abreiben mittels nichtfasernder Putztücher oder Schwämmen (Ledertüchern) zu beseitigen.

7.3.2 Erneuerung der Außenschicht

(1) Die gereinigten Flächen des GFK-Zylinders erhalten nach Anforderung und Anweisung des Auftraggebers eine Außenbeschichtung, die auch als Flugwarnanstrich ausgeführt sein kann.

(2) Die Beschichtung besteht aus einem geeigneten Beschichtungssystem, welches mit dem Auftraggeber abgestimmt sein muss, wobei der Deckanstrich folgende Anforderungen erfüllen muss:

- Hohe Witterungsbeständigkeit
- Hohe Farbtonbeständigkeit bei Flugwarnanstrichen
- Beständigkeit gegen Auskreiden

(3) Die Beschichtung darf die Strahlungseigenschaften der Antenne nicht beeinträchtigen.

(4) Die Überstreichbarkeit der gesamten Beschichtung muss ohne besondere Aufwendungen gegeben sein.

Anlage 1 Technische Vorschriften

DIN EN ISO 178	Kunststoffe - Bestimmung der Biegeeigenschaften
DIN 267	Schrauben, Muttern und ähnliche Gewinde und Formteile
DIN EN ISO 527	Kunststoffe - Bestimmung der Zugeigenschaften Teil 1: Allgemeine Grundsätze Teil 2: Prüfbedingungen für Form- und Extrusionsmassen
DIN EN ISO 898	Mechanische Eigenschaften von Verbindungselementen Teil 1: Schrauben Teil 2: Muttern
DIN EN 1990	Eurocode 0: Grundlagen der Tragwerksplanung
DIN EN 1991	Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke
DIN EN ISO 1461	Durch Feuerverzinken auf Stahl aufgebrachte Zinküberzüge (Stückverzinken) Anforderungen und Prüfungen
DIN EN 1993-3-1	Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten Teil 3-1: Türme, Maste und Schornsteine - Türme und Maste
DIN 4131	Antennentragwerke aus Stahl
DIN EN 10 204	Metallische Erzeugnisse - Arten von Prüfbescheinigungen
DIN EN ISO 12 944	Beschichtungsstoffe - Korrosionsschutz von Stahlbauten durch Beschichtungssysteme Teil 1: Allgemeine Einleitung Teil 4: Arten von Oberflächen und Oberflächenvorbereitung Teil 5: Beschichtungssysteme Teil 7: Ausführung und Überwachung der Beschichtungsarbeiten
DIN EN 13 121	Oberirdische GFK-Tanks und -Behälter Teil 1: Ausgangsmaterialien; Spezifikations- und Annahmebedingungen Teil 2: Verbundwerkstoffe; Chemische Widerstandsfähigkeit Teil 3: Auslegung und Herstellung Teil 4: Auslieferung, Aufstellung und Instandhaltung
DIN 16 945	Reaktionsharze, Reaktionsmittel und Reaktionsharzmassen Prüfverfahren
DIN 16 946	Reaktionsformstoffe, Gießharzformstoffe Teil 1: Prüfverfahren Teil 2: Typen
DIN 18 363	VOB Teil C: Anstricharbeiten
DIN 18 364	VOB Teil C: Oberflächenschutzarbeiten an Stahl
DIN 18 384	VOB Teil C: Blitzschutzanlagen
DIN EN 1090-1,-2	Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken
DIN 53 457	Prüfung von Kunststoffen Bestimmung des Elastizitätsmoduls im Zug-, Druck- und Biegeversuch
DIN 61 850	Textilglas und Verarbeitungshilfsmittel; Begriffe
DIN 61 853	Textilglas; Textilglasmatten für die Kunststoffverstärkung; Teil 1: Technische Lieferbedingungen Teil 2: Einteilung, Anwendung

DIN 61 854	Textilglas; Textilglasgewebe für die Kunststoffverstärkung... Teil 1: Technische Lieferbedingungen Teil 2: Typen
DIN EN 62 305 / VDE 0185-305	Blitzschutzanlagen Teil 1: Allgemeine Grundsätze Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen
VDI 2230	Systematische Berechnung hochbeanspruchter Schraubenverbindungen
Pflichtenheft Nr. 5/7.1	Antennenanlagen für die Frequenzbereiche I, II, III und IV/V
Richtlinie Nr. 5 R 1	Allgemeine Richtlinie für Antennentragwerke

Anlage 2 Werkstoffprüfung**Anlage 2.1 Vorschrift**

Sämtliche Prüfungen erfolgen nach DIN 13121, Teil 3, Anhang D und sind entsprechend zu dokumentieren

Anlage 2.2 Stichprobenentnahme und Stichprobenumfang

Stichproben sollen repräsentativ für das Werkstück sein und müssen alle Fertigungs- und Belastungsbereiche umfassen.

Je größer der Stichprobenanteil ist, desto sicherer ist die Aussagefähigkeit. Aus praktischen Gründen kann die Anzahl der Stichproben pro Prüfvorgang auf 6 begrenzt werden.

Anlage 2.3 Vorschlag für einen Prüfplan zur Ermittlung der Werkstoffkennwerte

- a) Bestimmung des Glasgehalts
- b) Ermittlung des Laminataufbaus
- c) Kurzzeit-Zugversuch bei Raumtemperatur zur Bestimmung von
 - Zugfestigkeit
 - Bruchdehnung
 - Elastizitätsmodulan mindestens 6 Stichproben in Normalrichtung.
- d) Kurzzeit-Biegeversuch (3-Punkt) bei Raumtemperatur zur Bestimmung von
 - Biegefestigkeit
 - Durchbiegung f bis zum Bruch
 - Bruchdehnung
 - Biege-Elastizitätsmodul
 - 24h - Biegekriechversuchan mindestens je 6 Proben in Normalrichtung und in Tangentialrichtung.
- e) Kurzzeit-Zugversuch bei Raumtemperatur an Proben aus repräsentativen Zylinder- und Stoßverbindungen. Bei teilbaren Stoßverbindungen werden die Proben in Normalrichtung aus der Zylinderverbindung entnommen und gemäß Auflagen der Statik verschraubt.
Ermittelt werden
 - Lastverformungsdiagramm und Versagensbild.
- d) Kurzzeit-Biegeversuch bei Raumtemperatur an Proben gemäß e.) zur Ermittlung von
 - Lastverformungsdiagramm und Versagensbild.
- e) Schwingungsversuch an Streifenproben von Zylinderwandung und Zylinderverbindung.
Die Proben werden einseitig eingespannt und zu Schwingungen angeregt.
Ermittelt werden
 - Biege-Elastizitätsmodul und log. Dämpfungsdekrement.
- f) Für Baumusteruntersuchungen
kann zur Ermittlung von Biegesteifigkeit und Biegefestigkeit ein Biegeversuch am eingespannten Kragarm durchgeführt werden, wobei Belastung bis zum Bruch erfolgt.